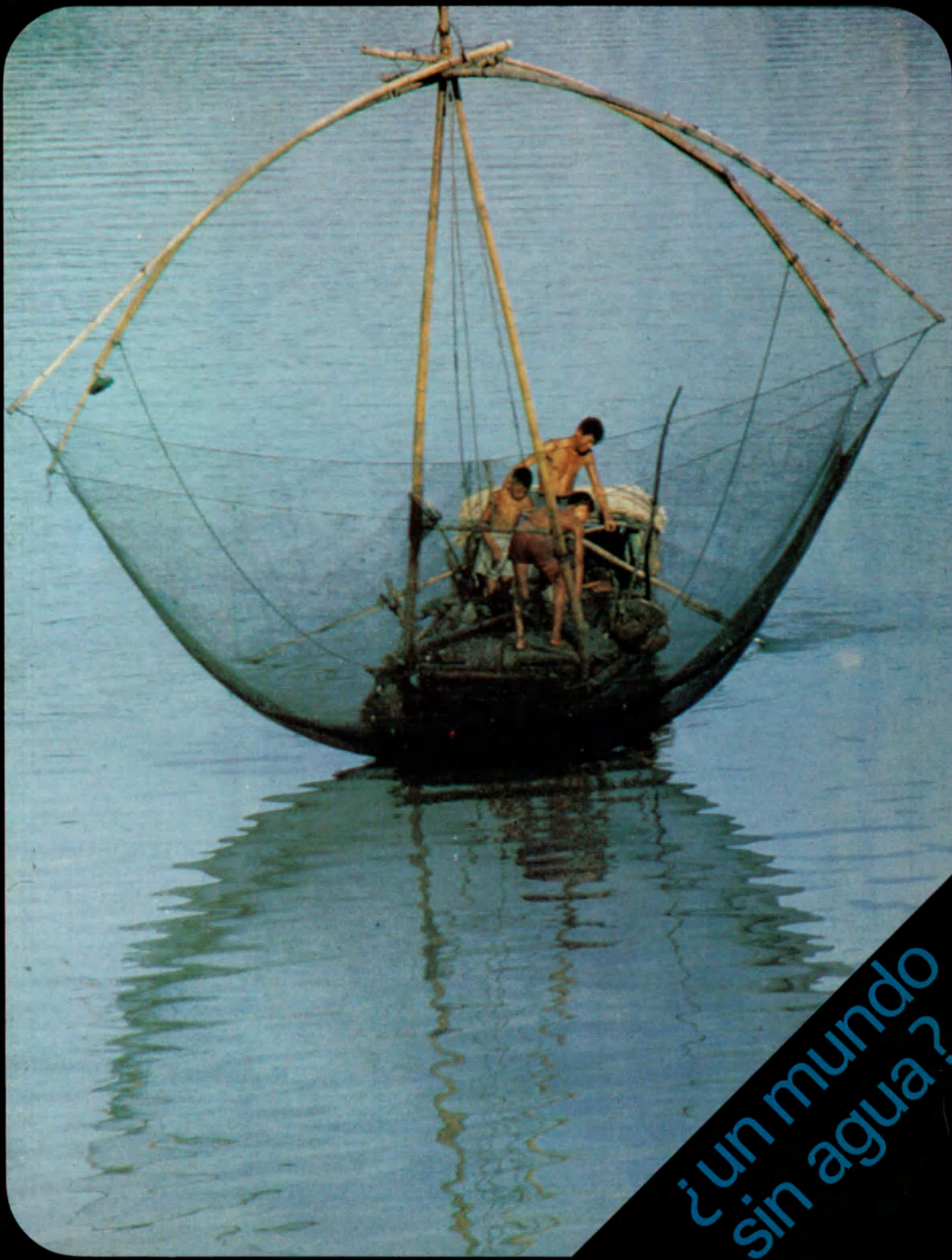
El Correo de la unesco

Una ventana abierta al mundo

Febrero 1978 (año XXXI) 3.50 francos franceses



¿un mundo sin agua?



Foto © National Museum of Ireland, Dublin, Irlanda

Cristo celta

Este crucifijo de bronce dorado procede de Irlanda y es del siglo VII. Cristo en la cruz aparece rodeado por los cuatro evangelistas. Es de admirar la calidad de la decoración, con sus motivos (especialmente las espirales) de origen celta, anteriores al cristianismo. Durante los siglos VI y VII Irlanda conoció un magnífico florecimiento cultural.

El Correo de la unesco

FEBRERO 1978 AÑO XXXI

PUBLICADO EN 17 IDIOMAS

Español	Japonés	Portugués
Inglés	Italiano	Neerlandés
Francés	Hindi	Turco
Ruso	Tamul	Urdu
Alemán	Hebreo	Catalán
Arabe	Persa	

Publicación mensual de la UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura)

Venta y distribución

Unesco, place de Fontenoy, 75700 París

Tarifas de suscripción :
un año : 35 francos - dos años : 58 francos.
Tapas para 11 números : 24 francos.

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 o de la Redacción de la revista En cambio, los títulos y los pies de fotos son de la incumbencia exclusiva de esta última.

Redacción y Administración :
Unesco, Place de Fontenoy, 75700 París

Jefe de Redacción :
René Caloz

Subjefe de Redacción :
Olga Rödel

Redactores Principales :
Español : Francisco Fernández-Santos
Francés :
Inglés :
Ruso : Victor Goliachkov
Alemán : Werner Merkli (Berna)
Arabe : Abdel Moneim El Sawi (El Cairo)
Japonés : Kazuo Akao (Tokio)
Italiano : Maria Remiddi (Roma)
Hindi : H. L. Sharma (Delhi)
Tamul : M. Mohammed Mustafa (Madrás)
Hebreo : Alexander Broido (Tel Aviv)
Persa : Fereydun Ardalan (Teherán)
Portugués : Benedicto Silva (Rio de Janeiro)
Neerlandés : Paul Morren (Amberes)
Turco : Mefra Arkin (Estambul)
Urdu : Hakim Mohammed Said (Karachi)
Catalán : Frederic Rahola (Barcelona)

Redactores :
Español : Jorge Enrique Adoum
Francés :
Inglés : Roy Malkin

Documentación : Christiane Boucher
Ilustración : Ariane Bailey
Composición gráfica : Robert Jacquemin

La correspondencia debe dirigirse al Director de la revista.

ISSN 0304-310 X
N° 2 - 1978 MC 77-3-340

páginas

4 **AGUA PARA SOBREVIVIR**
por Yahia Abdel Mayid

5 **¿ HABRA AGUA EN EL AÑO 2015 ?**
por Valentin Korzun y Alexei Sokolov

8 **LA CONFERENCIA DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL AGUA**

10 **LAS CIUDADES TIENEN SED**

15 **EL EXTRAÑO CASO DEL H_2O**
por Michel Batisse

17 **ICEBERGS PARA EL DESIERTO**
por Paul-Emile Victor

18 **BAJO LOS HIELOS DEL ARTICO**
Fotos

23 **LA MAQUINA DEL CLIMA**
por Jerry Pournelle

25 **LA HIDROLOGIA, ESA CIENCIA MODERNA VIEJA DE 5.000 AÑOS**
por Raymond L. Nace

29 **MARINEROS EN TIERRA**
Insólita lección de ecología en los pantanos de Sumatra
por Gérard Francillon

34 **LATITUDES Y LONGITUDES**

2 **TESOROS DEL ARTE MUNDIAL**
IRLANDA : Cristo celta



Foto Roland Michaud © Rapho, Paris

Nuestra portada

A medida que aumenta, la población mundial debe hacer frente a una demanda cada vez mayor de sus limitados recursos de agua dulce. Y, sin embargo, con demasiada frecuencia se despilfarra, contamina y emponzoña esa agua, imponiendo a los sistemas de suministro un rendimiento que no podrá durar mucho tiempo. Si se quiere evitar una crisis mundial de los recursos hídricos del planeta, es preciso emprender proyectos de largo alcance a fin de abastecer de agua pura a cada uno de sus habitantes, preservando al mismo tiempo el delicado equilibrio ecológico de los ríos y los lagos. En la portada, tres prescadores chinos en el río Yang Tse Kiang, cerca de la ciudad de Nankín.

Agua para sobrevivir

por Yahia Abdel Mayid

PARA que la humanidad pueda hacer frente a todas las tareas que tiene ante sí y satisfacer así sus aspiraciones a una vida mejor, más digna, más justa y más segura, necesitará disponer de agua en cantidad creciente.

Imposible pensar en elevar el nivel de vida sin un aprovisionamiento suficiente de agua de buena calidad para cubrir las necesidades básicas de la existencia humana.

Las audaces resoluciones adoptadas en los últimos años por las Conferencias de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente, sobre la Alimentación y sobre los Asentamientos Humanos se quedarán en papel mojado a menos que se tomen las medidas indispensables para incrementar las disponibilidades de agua limpia con que satisfacer las crecientes necesidades.

Naturalmente, lo principal es incrementar la cantidad de agua potable con destino al consumo humano y a la ganadería. Estamos tan habituados a obtener el agua que necesitamos abriendo simplemente el grifo que no siempre nos damos cuenta de lo preciosa que el agua es para otros. Más de las tres cuartas partes de la población rural de los países en vías de desarrollo carecen de agua en cantidad suficiente y de calidad aceptable para satisfacer sus necesidades esenciales.

La escasez y la mala calidad del agua son el origen de algunas de las peores enfermedades a que la humanidad se halla todavía expuesta. Permitir que tal situación persista sería un baldón para toda nuestra civilización.

Pero a la necesidad de agua potable hay que añadir la de agua de riego. Sólo una parte relativamente pequeña de la superficie cultivable del mundo consiste en tierras de regadío, y ni siquiera el potencial que representan esas tierras se aprovecha plenamente.

Dada la actual crisis mundial de la energía, la energía hidroeléctrica adquiere una importancia particular en gran número de países en desarrollo. Señalemos que en este punto el potencial aun no aprovechado es muy grande.

Otro sector de suma importancia es la industria, en la que el agua resulta esencial tanto en los procesos de enfriamiento como en los de limpieza. De la sed industrial de agua puede juzgarse si se piensa que en los países muy desarrollados el volumen de agua para la industria supera a menudo el destinado a usos agrícolas y domésticos.

Tan enormes necesidades sólo podrán satisfacerse si los gobiernos y la comunidad internacional en su conjunto son capaces de llevar a cabo un gran esfuerzo para movilizar los recursos que la solución del problema del agua requiere.

La envergadura del esfuerzo a realizar es verdaderamente impresionante. Financieramente, puede cifrarse en decenas y aun centenares de miles de millones de dólares.

Pero, además, la ejecución de tan ingentes programas requiere un esfuerzo sin precedentes para formar los necesarios ingenieros, geólogos, administradores, etc., a un ritmo mucho más rápido que hasta ahora.

Para hacer frente a la creciente demanda mundial de agua no podemos contentarnos con obtener nuevos recursos hídricos. Además, hay que evitar el derroche y la excesiva explotación de las aguas subterráneas. Por fortuna, es enorme la cantidad de agua que puede economizarse si se mejoran el suministro y el empleo del agua y se bonifican las corrientes, los ríos y los lagos cuya agua era antes limpia pero que han sufrido los efectos de la contaminación.

YAHIA ABDEL MAYID, *ingeniero hidrólogo sudanés, Ministro de Riegos y de Energía Hidroeléctrica del Sudán, fue el Secretario General de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua. Es miembro de diversas comisiones y comités internacionales que se ocupan de hidrología.*





Más de mil millones de personas —la mitad de ellas niños— que viven en las zonas rurales de los países en desarrollo carecen de un suministro satisfactorio de agua potable. Mujeres y niños tienen que dedicar a menudo gran parte de sus esfuerzos, en algunas regiones la mitad de su tiempo, a ir por agua lejos de sus hogares.

¿Habrá agua en el año 2015?

A comienzos del siglo XXI las existencias de agua dulce de las regiones habitadas estarán al borde del agotamiento

por V. I. Korzun y A. A. Sokolov

EL volumen global de las reservas de agua es bastante conocido y se expresa con una cifra enorme: 1.386 millones de kilómetros cúbicos. Uniformemente repartido, ese volumen formaría sobre el globo entero una capa líquida de 3.700 metros. Como el grueso de las existencias de agua se halla concentrado en el océano mundial (1.338 km^3, o sea el 96,5 % del total), quizá tengan razón quienes opinan que nuestro planeta debería llamarse "Océano" en lugar de "Tierra".

En virtud del ininterrumpido circuito océano-atmósfera-tierra-océano (el llamado "ciclo hidrológico"), el agua, a diferencia de otros recursos naturales como el petróleo, el gas, el carbón, etc., posee la extraordinaria propiedad de que, por mucha que se consuma en la vida y en las actividades humanas, no disminuye su cantidad total en la Tierra. A lo largo del ciclo se restablecen su calidad y su aptitud para ser nuevamente utilizada.

Carecemos de datos objetivos que permitan suponer la existencia de un intercambio unilateral entre la atmósfera y el espacio extraterrestre capaz de originar a la larga el agotamiento de las reservas de agua y la transformación de nuestro planeta en un páramo sin vida.

Tan optimista perspectiva no significa, empero, que el problema del agua no se plantee con toda su agudeza. Por desgracia, el hombre ha abusado por largo tiempo de la abundancia del agua y de su capacidad de regeneración y de autodepuración. Sin compartir los tétricos pronósticos de los futurólogos, debemos decir rotundamente que el agua es, hoy, uno de los problemas socioeconómicos más graves y acuciantes.

Para vivir y desenvolverse, los hombres no necesitan cualquier clase de agua sino, ante todo, agua potable, dulce. Pero la masa fundamental de agua está concentrada en el océano mundial y es amarga, salada. Para poder usarla hay que potabilizarla, operación que todavía resulta demasiado onerosa. En casos de extrema necesi-

VALENTIN IGNATIEVICH KORZUN, *presidente del Comité nacional soviético para el Programa Hidrológico Internacional de la Unesco, es director adjunto de la Oficina Central del Servicio Hidrometeorológico de la Unión Soviética. Es autor de unos treinta estudios sobre hidrología.*

ALEXEI ALEXANDROVICH SOKOLOV, *profesor de hidrología, es miembro del comité nacional soviético para el Programa Hidrológico Internacional de la Unesco y director del Instituto Hidrológico de la Oficina Central del Servicio Hidrometeorológico de la Unión Soviética. Ha escrito un centenar de artículos y libros sobre los recursos hídricos del planeta.*

dad, y allí donde conviene desde el punto de vista económico, las aguas del mar son utilizadas y lo serán cada vez más. Sin embargo, no cabe exagerar su papel en el balance hídrico mundial.

A tenor del minucioso inventario efectuado por los científicos soviéticos durante el Decenio Hidrológico Internacional, las existencias globales de todo género de aguas de origen continental —ríos, lagos, manantiales subterráneos, nieves y glaciares— se evalúan en 35 millones de km^3, o sea, aproximadamente, el 2,2 % del volumen total de agua existente en la Tierra.

Su volumen aparece todavía menor si tenemos en cuenta que la masa fundamental —más de 24 millones de km^3, es decir, el 70 % — se "conserva" en los glaciares y en la cobertura de nieve del Artico, la Antártida y Groenlandia y es difícilmente accesible para su utilización práctica.

Más de 10,5 millones de km^3 forman el volumen de las aguas subterráneas potables que en muchos países son la principal o una de las principales fuentes de abastecimiento. El uso de las aguas subterráneas se ve muy limitado por la desigual ubicación de las reservas y por la necesidad de impedir que se agoten. Y para ello es preciso que el consumo de esas aguas no supere la tasa de su compensación gracias a la filtración de las precipitaciones naturales y de las aguas ya utilizadas por el hombre.

La principal reserva de agua para el consumo de nuestra especie en la mayoría de las naciones, hoy y durante un largo periodo todavía, son los ríos y lagos, cuya capacidad dista mucho de ser ilimitada : según los datos más recientes no pasa de 95.000 km^3, lo que representa apenas el 0,26 % del volumen total de agua dulce, o el 0,007 % de toda el agua de la Tierra.

En los continentes la mayor parte del agua dulce proviene de la evaporación de la capa superficial del océano : cayendo en forma de precipitaciones atmosféricas, alimenta las reservas de agua continentales. Así, pues, el océano actúa como un gigantesco desalinizador natural, como un sistema de reconstitución cuantitativa y cualitativa de las reservas de agua dulce.

Según las últimas estadísticas, sobre la tierra firme caen al año 119.000 km^3 de precipitaciones atmosféricas. De esa cantidad, cerca de 45.000 km^3 son transportados al mar por los ríos y unos 2.000 por los glaciares del Artico y de la Antártida.

El caudal de los ríos (45.000 km^3) que anualmente se forma a expensas de las precipitaciones viene a representar las reservas renovables (algo así como los intereses del capital hídrico) que pueden utilizarse sin perjuicio sensible para ese capital (es decir, para las reservas permanentes).

Por tanto, el quid de la cuestión no es que haya poca agua en la Tierra sino, *en primer lugar,* que las reservas renovables de agua dulce son limitadas (algunas regiones del planeta experimentan un déficit agudo que se agrava con el aumento de la población y el desarrollo de la industria y de la agricultura) y, *en segundo lugar,* que una utilización desordenada e incluso bárbara de aquéllas conduce a su agotamiento y a su manifiesto deterioro cualitativo, con el consiguiente detrimento irreparable para el mundo animal y vegetal y la alteración del equilibrio ecológico en la biosfera.



Foto Léon Herschtritt, París

En las sociedades modernas ningún sector industrial puede desarrollarse sin agua. Para extraer una tonelada de petróleo hacen falta 10 m^3 ; para fabricar una tonelada de fibras sintéticas, 5.600 m^3 ; una central térmica de un millón de kilovatios de potencia invierte al año entre 1.200 y 1.600 millones de m^3.

Pero lo que impulsa en primer término la demanda es el incremento cada vez más rápido de la población terrestre que, desde el año 1900, se ha duplicado con creces, pasando de 1.670 millones de habitantes a algo más de 4.000 millones. Los demógrafos predicen que para el año 2015 llegará a 7.000 u 8.000 millones.

Ahora bien, para calcular la demanda futura de agua no basta con tomar en con-



Foto © Wertheimer, París

Contradicciones del agua

Tres imágenes de las relaciones, a veces dramáticas, del hombre con el agua. A la izquierda : en Bol, cerca del lago Chad, hay que extraer el agua de los pozos mediante un sistema de balancín. A la derecha : en el río Meade, al norte de Alaska, los esquimales deben romper a menudo el hielo para pescar. Abajo : en Camboya, un campesino atraviesa con su búfalo un río en plena crecida. En el sudeste asiático las inundaciones destruyen cada año más de cinco millones de hectáreas de cultivos y los ahogados se cuentan por millares.



Foto Georg Gerster, Zurich © Rapho, Paris



sideración el crecimiento demográfico ; hay que prever, además, la elevación del nivel de vida, estrechamente vinculada al aumento del consumo de agua. Mientras desde 1900 la población creció en 2,2 veces, ese consumo se multiplicó por 7 : de 400 a 2.800 km³ al año. Es de notar que el consumo por habitante se triplicó, debido en buena parte al desarrollo de la población urbana, que es gran consumidora de agua. Si en 1900 el consumo global per capita arrojaba un promedio anual de 240 m³, para 2015, según nuestros pronósticos, habrá llegado a 1.130 m³.

Mientras a comienzos de siglo la industria sólo consumía 30 km³, en 1975 ya empleaba 630 km³ al año, es decir más de veinte veces más. Durante el mismo periodo la agricultura pasó a consumir unas seis veces más (de 350 a 2.100 km³ al año).

Según nuestros cálculos, hacia 2015 la industria consumirá 2.750 y la agricultura 4.700 km³ al año. La demanda anual para las necesidades individuales (domésticas) se elevará a 650 km³. El consumo global en todo el planeta llegará a 8.500 km³ al año.

Si eso es mucho o es poco, depende del punto de referencia. Si, según hemos dicho antes, se toma como índice de las disponibilidades renovables el caudal medio anual de los ríos (45.000 km³), el consumo de agua previsto para 2015 representaría el 19 % del caudal de todos los ríos del planeta.

A primera vista, de esto se desprende una conclusión optimista : para el año 2015 la demanda no excederá de la quinta parte de las reservas renovables de agua dulce. Más exacto es, sin embargo, comparar esa demanda con *los recursos que realmente pueden ser aprovechados* y no con el caudal total de los ríos.

Ello coloca sobre el tapete una cuestión todavía sin resolver : ¿qué parte alícuota del caudal medio global de aguas fluviales puede utilizarse realmente?

Es obvio que en virtud de las grandes fluctuaciones que experimenta el caudal de los ríos de un año a otro, y aun dentro de un mismo año, si no se lo regula, solamente podemos utilizar su parte constante, o sea cerca del 25%. Mediante la construcción de embalses cabe aprovechar hasta el 50% en el mejor de los casos.

Añadamos que el caudal de los ríos está muy desigualmente repartido. El planeta se divide en una zona con exceso de humedad y escasez de calor, y otra con penuria hídrica y abundancia térmica, abarcando esta última el 30% de Europa, el 60% de Asia, casi toda Australia, la mayor parte de Africa, las regiones occidentales de América del Norte y cerca del 30% de América del Sur.

Europa, donde habita casi el 20% de la población terrestre, posee la menor cantidad de agua por habitante : sus disponibilidades de agua dulce representan el 7% de las reservas mundiales. Las de Asia —con

el 60% de la población mundial— equivalen tan sólo al 31% del total. Las reservas renovables de agua dulce en la parte más habitada del planeta son alrededor de 12.500 km^3, cifra no muy superior a la del consumo previsto para el año 2015.

Con todo, la complejidad del problema no estriba sólo en obtener la *cantidad de agua* indispensable para las necesidades crecientes de la sociedad humana. Igualmente angustioso es el problema del paulatino deterioro *cualitativo* de las reservas existentes. El volumen de los desagües industriales y domésticos que en todo el mundo afluyen a las corrientes o embalses asciende hoy, en números redondos, a la enorme cifra de 700 km^3, que para el año 2015 pasará de 2.000 km^3.

Para ser de nuevo utilizadas, las aguas residuales requieren, como mínimo, aunque se las filtre con técnicas modernas, ser disueltas con agua pura en la proporción de 1×10 (y en ciertas producciones químicas, en las de 1×100 e incluso de 1×200). Ello quiere decir que para el año 2015 se necesitarán unos 20.000 km^3, o sea, aproximadamente, el doble de las disponibilidades renovables de agua dulce en las regiones habitadas del planeta.

Teniendo presente todo esto y comparando las reservas reales con las necesidades previsibles del año 2015, no hay más remedio que concluir que a comienzos del siglo próximo las existencias de agua dulce se hallarán virtualmente al borde del agotamiento, al menos en lo que toca a la parte habitada del globo. Pero en determinadas regiones y cuencas se agotarán mucho antes : a finales de la presente centuria.

Sólo el aprovechamiento científico y combinado de las reservas, incluida la elaboración y aplicación de medidas sistemáticas para combatir a todos los niveles —nacional, regional y mundial— su contaminación y agotamiento, permitirá corregir drásticamente la previsión antes formulada en cuanto a las disponibilidades de agua para el año 2015.

Un complemento de importancia para la zona habitada podrían ser las existencias hídricas de la zona muy húmeda del globo, mucho menos poblada, en la que se concentra cerca del 50% de las reservas de agua dulce, y que hasta ahora no hemos tenido en cuenta en las previsiones para 2015. Para poder aprovecharlas habría que llevar a cabo grandes obras de ingeniería con vistas a la redistribución del caudal de los ríos entre los territorios húmedos y los secos. Pese a su gran complejidad y a la necesidad de realizar inversiones cuantiosas, estas medidas constituyen uno de los expedientes más viables para solucionar el problema del agua en diversos países.

En este orden de ideas, la North America Power and Water Alliance (NAWAPA) ha concebido el ambicioso proyecto de trasvasar hasta 196 km^3 de agua del caudal de los ríos Yukón, Frazer, Peace, Atabasca y, en particular, del Columbia con objeto de abastecer las regiones secas de Canadá y Estados Unidos. (Véase también el artículo de la pág. 23). En América del Sur existen anteproyectos encaminados a redistribuir las aguas del Amazonas y del Río de la Plata.

En Africa se contempla el trasvase de una porción considerable de las aguas del Congo al lago Chad para regar los territorios vecinos del Sáhara. En la Unión Soviética se estudia la desviación de una parte de las aguas del Obi y de los ríos septentrionales de la zona europea del país hacia el sur, es decir, hacia las regiones secas de las tierras del Volga, Asia Central y Kazajstán. Y en Australia, Paquistán y otros países se están realizando investigaciones análogas.

A este respecto, asoma en ocasiones el temor de que intromisiones de semejante envergadura en el entorno natural puedan acarrear imprevistas consecuencias negativas, llegando a modificar la inclinación del eje de rotación y el clima de la Tierra. Estudios y cálculos verificados en la Unión Soviética muestran, empero, que esos temores son infundados. Los trasvases en proyecto son de una magnitud insignificante en comparación con el volumen de agua (alrededor de 12.900 km^3) que participa en el ciclo hidrológico.

A la vista de la agravación del problema en numerosos países, la XIII Conferencia General de la Unesco (1964) adoptó un programa global de cooperación, el Decenio Hidrológico Internacional (DHI). Comprendía este programa más de 60 proyectos en cuya elaboración participaron científicos de 108 países, así como diversos organismos internacionales gubernamentales y no gubernamentales.

La experiencia adquirida por los países que participaron en el DHI ha sido expuesta en numerosos documentos de conferencias, seminarios y coloquios, así como en prontuarios y otras publicaciones internacionales. Pero, por valioso que fuera el trabajo realizado, la ejecución del programa del DHI mostró que no estaban resueltos todos los problemas y que el estudio de algunos de ellos se hallaba en mantillas.

Por eso, en 1975, recién terminado el DHI, con los auspicios de la Unesco y el activo concurso de los países miembros y de los organismos internacionales se

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua

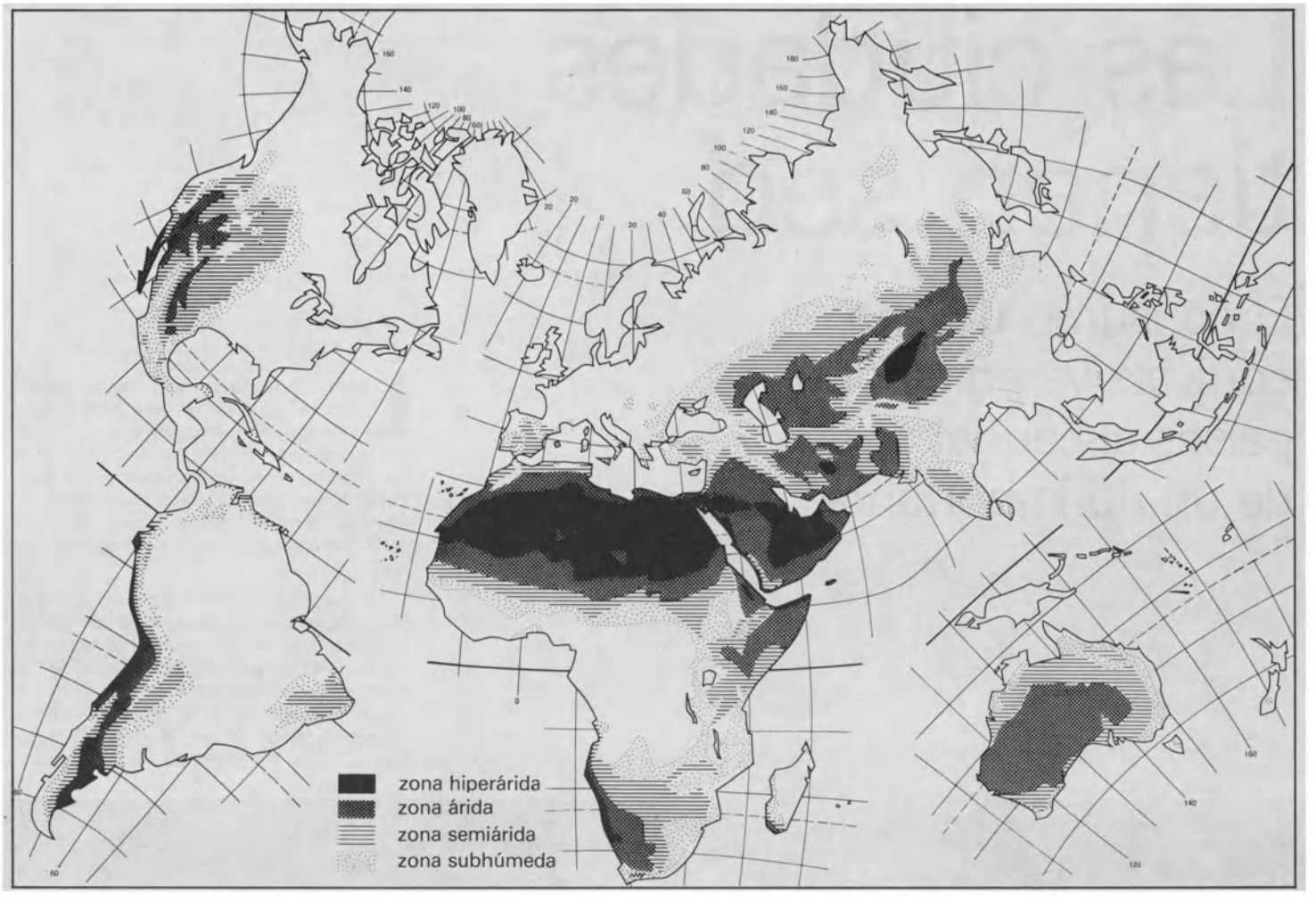
EN la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua, celebrada en Mar del Plata, Argentina, del 14 al 25 de marzo de 1977, participaron 1.500 representantes de 116 países. El propósito de tan vasto encuentro internacional era buscar los medios y arbitrios indispensables para satisfacer las vitales necesidades de agua de la comunidad mundial.

Para hacernos una idea de la magnitud del problema que la humanidad tiene que resolver, basten las siguientes cifras : hasta 1990 será preciso invertir en el mundo entero la suma de 100.000 millones de dólares para poder asegurar un suministro satisfactorio de agua a los habitantes de las ciudades y del campo, y otro tanto se necesitará para satisfacer las necesidades de la agricultura.

La Conferencia adoptó una serie de recomendaciones importantes, contenidas en el llamado Plan de Acción de Mar del Plata, que se refieren a numerosos aspectos del problema, tales como : evaluación cuantitativa y cualitativa de los recursos hídricos, particularmente del agua potable ; utilización racional del agua en la agricultura ; lucha contra el despilfarro y la contaminación del agua ; explotación de las pesquerías ; producción de energía hidroeléctrica ; navegación interior ; lucha contra las catástrofes naturales (sequías e inundaciones) ; información y participación del público ; cooperación internacional para el financiamiento de la explotación de los recursos hídricos ; cooperación técnica regional entre los países en desarrollo, etc.

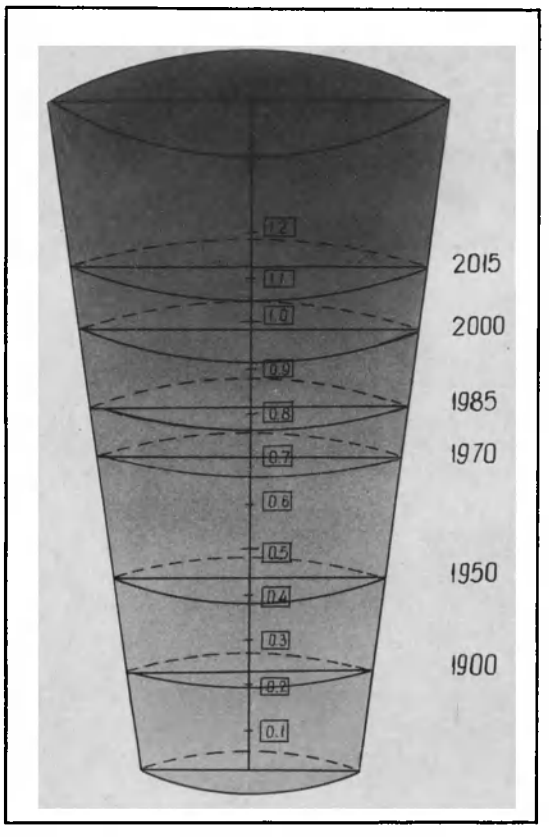
Varios organismos especializados de las Naciones Unidas —la Unesco, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Organización Meteorológica Mundial (OMM), el Unicef, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)— participan activamente, cada uno en la esfera de su competencia, en la elaboración concertada de programas hidrológicos en todo el mundo.

La Conferencia recomendó que las Naciones Unidas proclamen "Decenio Internacional del Agua Potable y del Saneamiento Ambiental" el de 1980-1989, dedicándolo a la realización de los planes hidrológicos nacionales, en función de los objetivos específicos fijados por cada país y de acuerdo con su situación económica, social y sanitaria.



Las tierras áridas

La Unesco acaba de publicar un nuevo mapa de la distribución mundial de las regiones áridas en el que se tienen en cuenta los progresos alcanzados respecto al conocimiento de los climas, los suelos y la vegetación. Reproducimos aquí una versión simplificada de dicho mapa. En él puede advertirse que la falta de agua afecta a grandes extensiones del mundo entero. Incluso en las regiones llamadas "subhúmedas" el aprovisionamiento de agua plantea graves problemas.



Hasta el año 2015

El consumo de agua en el mundo entero aumenta constantemente. Este diagrama muestra la evolución del consumo medio por persona —en millones de litros por año— desde 1900 y las previsiones hasta 2015. En las cifras están comprendidas las necesidades de la industria y de la agricultura. Cabe recordar que la población mundial, que era de 1.600 millones en 1900, supera actualmente los 4.000 millones y será de unos 7.000 millones hacia el año 2000.

emprendió otro vasto programa de cooperación internacional a largo plazo : el Programa Hidrológico Internacional (PHI), que prevé el intercambio de datos en materia de obtención, tratamiento y análisis de la información hidrológica ; la elaboración de modelos físicos y matemáticos de fenómenos y procesos hidrológicos, naturales u originados por el hombre ; el perfeccionamiento de los métodos de cálculo hidrológico y la incorporación de la informática a los circuitos automatizados de administración de las reservas de agua ; el empleo de nuevos métodos y técnicas para el estudio de esas reservas (satélites artificiales, radar, etc.); la ayuda para formar hidrólogos y demás técnicos especializados.

La única garantía de que vaya a resolverse el problema del agua en la Tierra está en la cooperación creciente de los científicos de todo el mundo que participan en el Programa Hidrológico Internacional de la Unesco, cuyo cumplimiento se lleva a cabo con el concurso activo de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), la Asociación Internacional de Ciencias Hidrológicas, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y otras organizaciones internacionales.

Valentín Korzun y Alexei Sokolov

Las ciudades tienen sed

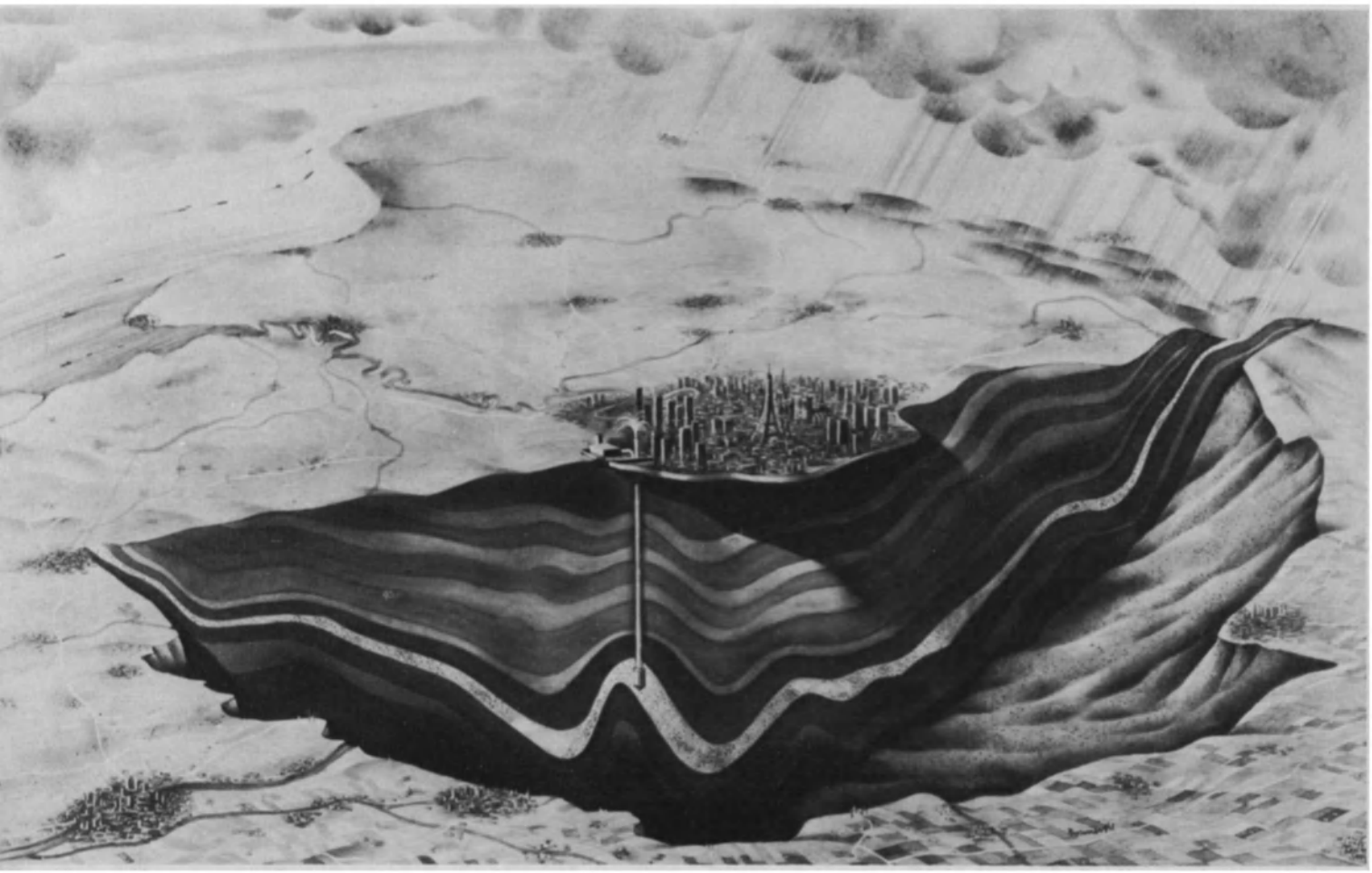
El consumo urbano equivale ya en algunos países al caudal de un río importante

LA ciudad entraña una concentración de las actividades humanas y, por tanto, paralelamente al crecimiento de la población urbana, un incremento de las industrias y de los servicios. Pues bien, el futuro próximo de las ciudades depende estrechamente del agua, recurso vital para toda comunidad humana, por pequeña que sea.

Ya en 1971, en el marco del Decenio Hidrológico Internacional, un grupo de trabajo formado por iniciativa de la Unesco y de la FAO emprendió el estudio de "la influencia del hombre sobre el ciclo del agua y los efectos de la urbanización y la industrialización sobre el medio hidrológico". De las primeras conclusiones a

Foto Gilles Peress © Magnum Photos, París





Dibujo de Bonneville © *Paris-Match*, París

Derrochar y contaminar

La civilización urbana es al mismo tiempo gran devoradora y gran contaminadora de agua. Para dar de beber a sus habitantes y alimentar sus industrias, la ciudad moderna tiene que ir a buscar el agua allí donde exista. A menudo ello implica la realización de obras de perforación y de conducción sumamente costosas, además de un derroche inquietante. En el dibujo de arriba, un corte de las capas geológicas de la región de París con indicación del acuífero albiano del que desde hace más de un siglo obtiene buena parte de su agua la capital francesa. A setecientos metros por debajo de ella yace un tesoro que por desgracia el hombre está despilfarrando : a pesar de las medidas de protección de las autoridades, el acuífero comienza a agotarse y el excesivo bombeo de agua provoca ciertos hundimientos del terreno. La otra cara del despilfarro es la contaminación, fenómeno hoy universal e inquietante. A la izquierda, un ejemplo, también parisiense : los edificios de la ciudad se reflejan en las contaminadas aguas del Sena donde flotan peces muertos.

que llegaron los expertos se desprendía que en realidad conocemos mal las consecuencias del aprovechamiento hidrológico intensivo en las zonas urbanas.

En 1975, el Consejo Intergubernamental del Programa Hidrológico Internacional aprobaba para 1975-1977 cinco proyectos relativos a las investigaciones sobre las cuencas hidrológicas urbanas, a la contaminación de las aguas subterráneas y a las relaciones entre los aspectos económicos, sociales y ecológicos de la hidrología urbana. Gracias a estas investigaciones, realizadas con los auspicios de la Unesco y en el marco de la cooperación entre los diversos organismos de las Naciones Unidas, podrá establecerse en 1979-1980 un programa con vistas a la planificación global de las existencias hídricas urbanas.

Tres son los problemas principales que dominan la "vida hidrológica" de toda ciudad moderna : el abastecimiento de agua, tanto potable como para otros usos (especialmente industriales) ; la evacuación de las aguas residuales (con todos los consiguientes problemas de contaminación) ; y la renovación de las reservas en todas sus formas (con sus problemas conexos de depuración de aguas residuales, etc.).

Así pues, a las ciudales hay que aprovisionarlas de agua, especialmente de agua potable con destino al consumo doméstico. La previsión sobre las necesidades varía entre 50 y más de 400 litros por habitante y día. El consumo de un sueco (en higiene y en los electrodomésticos) se calcula en 210 litros diarios. Naturalmente, esos usos domésticos necesarios sólo representan una parte de las necesidades totales. El volumen de agua que requieren, incluso en una gran ciudad, puede parecer reducido en comparación con el caudal de un río cualquiera. Pero no hay que olvidar que se trata de agua pura y que además existen otras necesidades que satisfacer, en particular la demanda industrial. El aprovisionamiento de agua canalizada a la industria constituye un elemento esencial del consumo.

Las ciudades tienen sed. En 1965, las necesidades globales de los Estados Unidos se calculaban en más de 1.000 metros cúbicos por segundo. Tal cifra será de 1.500 en 1980 y de más de 3.000 en 2020. Volúmenes de este orden corresponden al caudal de ríos importantes.

Esa agua hay que ir a veces a buscarla lejos. Así, un canal de 300 km abastece de agua potable a la ciudad alemana de Stuttgart. En Suecia se ha estudiado el establecimiento de una red de canalizaciones de 300 km para satisfacer las necesidades de la aglomeración de Malmoe-Lund-Helsingborg. En California, para hacer frente a la demanda de las ciudades, unida a la de la agricultura, se ha llevado a cabo el "California State Water Project" : un acueducto de 1.100 km de longitud y 167 metros cúbicos por segundo de caudal.

En otros casos se recurre a las capas de



Foto Sunil Junah - Unesco

La industrialización, fenómeno paralelo al de la urbanización, exige agua en cantidades cada vez mayores. Ni un solo gran sector industrial —desde la extracción del petróleo hasta las centrales térmicas, desde la fabricación de fibras artificiales hasta la siderurgia— puede desarrollarse sin el precioso líquido en abundancia. Tal superconsumo industrial acarrea el agotamiento y el deterioro de las reservas hídricas, afectando gravemente al medio ambiente. Y el problema se plantea tanto en los países

agua subterráneas. Ello origina a veces modificaciones en los sistemas naturales. En efecto, aparte de los casos en que hay que someter a tratamiento esa agua a causa de su mineralización, ocurre a menudo que el volumen de agua extraído sea excesivo, lo que impide que la capa subterránea pueda compensar su pérdida. Desciende así el nivel de las aguas, con consecuencias posibles para el nivel del suelo, que puede también bajar. Tal fenómeno se ha observado en los Estados Unidos, Japón y Suecia. En este último país, el 47 % del agua consumida en las ciudades proviene del subsuelo. La extracción del agua, unida al peso de las construcciones, ha originado hundimientos del terreno, especialmente en Estocolmo, algunos de cuyos edificios han sufrido graves daños. En otras ciudades se han observado hundimientos de 50 cm a 1 metro.

Por otro lado, hay que evacuar de la ciudad el agua residual y, a menudo, la de lluvia. Más de 300.000 km es la longitud total de las cloacas y tuberías de evacuación de las aguas pluviales en los Estados Unidos. En Suecia, país con una población veinte veces menor, esa cifra era de 35.000 km en 1971. Si se adicionan las longitudes respectivas del Nilo, del Amazonas y del conjunto formado por el Misisipí y el Misuri, se obtiene sólo la cifra de 20.000 km. Es decir que ha nacido una nueva geografía del agua.

Así pues, las ciudades modifican el circuito de las aguas. Los circuitos artificiales urbanos miden casi 7.000 km en Nueva York (cifra que corresponde sólo a la ciudad propiamente dicha, no a las totalidad de la aglomeración neoyorquina). También en Estados Unidos, la ciudad de Milwaukee, a orillas del lago Michigán, posee 60 km de corrientes de agua naturales, a los que deben añadirse 13 km de ribera lacustre; pero existen 900 km de cloacas y 1.300 km de tuberías sólo para evacuar las aguas residuales.

Ello afecta inevitablemente a los sistemas naturales. Las corrientes de agua quedan cubiertas y anexionadas por las redes artificiales de evacuación, y son muchas las que se convierten en simples cloacas. Cerca de Washington existía en 1913 una zona con 103 km de corrientes de agua. En 1966, la misma zona, antes rural y convertida ahora en suburbio, tenía ya sólo 43 km de corrientes de agua "naturales".

Pero las ciudades no sólo modifican la distribución de las aguas sino que además alteran su régimen. En efecto, la urbanización transforma el destino normal del agua de lluvia. En gran número de aglomeraciones se ha observado que el volumen de agua que se filtra en el suelo tiende a reducirse y el de la escorrentía a aumentar. La razón de ello es evidente : en las zonas urbanizadas el agua de lluvia no se precipita sobre un suelo natural sino generalmente sobre hectáreas y hectáreas de cemento y de alquitrán que impiden a las aguas de lluvia filtrarse en el suelo, por lo que deben ser evacuadas mediante las canalizaciones subterráneas o de superficie.

El resultado es que las precipitaciones no son amortiguadas por su filtración en el suelo : la "esponja" que antes absorbía una parte de ellas ha desaparecido. El agua de lluvia pasa íntegramente a la red de evacua-



Foto · Guy Van Berg, Bruselas

desarrollados como en los que están en vías de desarrollo. He aquí un ejemplo tomado de la India. A la izquierda, la factoría siderúrgica de Tata, en Jamshedpur ; en primer plano, el enorme estanque utilizado para enfriamiento en la factoría. Contraimagen de esta explotación industrial intensiva del agua, el pescador indio de la derecha se dedica tranquilamente a su actividad en armonía con la naturaleza.

ción que la conduce a las corrientes de agua por el camino más corto. Ello hace que las crecidas de los ríos sean hoy más graves qua antes de la urbanización. En Alemania, en un valle urbanizado desde hace treinta años, la lluvia origina actualmente una subida del nivel de las aguas dos veces mayor que en 1919, además de más rápida.

Los resultados son obvios. Según los estudios realizados en los Estados Unidos, las inundaciones tienden a ser más frecuentes y más importantes en las regiones urbanizadas, que suelen situarse justamente en las regiones llanas y junto a los ríos. El volumen de las inundaciones crece con el grado de urbanización. Recientemente se produjeron en Francia, cerca de Marsella, inundaciones súbitas y muy peligrosas en una zona donde las construcciones y las vías de comunicación han proliferado en los últimos quince años ; de tal catástrofe es en parte responsable el hormigón.

De ahí la necesidad de realizar toda una serie de obras de regulación : diques y presas destinados a controlar el caudal y evitar las inundaciones súbitas y violentas, etc. Desaparecida por obra del hombre la regulación natural, hay que sustituirla por un control artificial.

Como vemos, la ciudad modifica los cauces por los que discurre el agua, el régimen de ésta. Pero hay más : el agua misma es transformada por la urbanización, y ello en varias formas.

Por ejemplo, una ciudad como Filadelfia, en los Estados Unidos, produce diariamente 2.900 toneladas de sustancias contaminadoras. Con sus 330 km^2 de extensión y sus dos millones de habitantes, la aglomeración produce anualmente millón y medio de toneladas de residuos, además de los vertidos industriales. Y a ello hay que añadir, según los informes, los residuos producidos por el asfaltado de las calles (de 30 a 40 km de vías al año), el desgaste de cuatro millones de pares de zapatos y de más de dos millones de neumáticos, la erosión de los 650.000 edificios de la ciudad... y lo que en sus aceras dejan sus 250.000 animales. En todas las grandes aglomeraciones urbanas podrían hacerse cálculos semejantes.

Como es natural, una parte muy importante de esa "producción" debe ser evacuada por la red de avenamiento y las cloacas, a menudo con ayuda de las lluvias. Y es aquí donde las inundaciones pueden producir otros daños. En efecto, la primera avenida, la que barre calles y vías de comunicación, está siempre muy contaminada. De todos modos, la "carga" media de sedimentos en las corrientes de agua es mucho mayor a la salida de las zonas urbanizadas : de cinco a diez veces mayor que en las zonas rurales, en los casos más benignos. Según las observaciones efectuadas en la URSS, las lluvias depositan anualmente en el suelo de 20 a 30 toneladas de materiales disueltos por cada kilómetro cuadrado en las zonas urbanas, pero sólo de 5 a 10 en las rurales.

En Inglaterra se ha estudiado la composición del agua que discurre por una autopista ; inútil señalar que está lejos de ser pura. En Estocolmo se retiran anualmente de las calles 850.000 m^3 de nieve que se depositan en cuencas de recepción. Pues bien, se ha calculado que esa nieve contiene 30.000 kilos de plomo, 6.000 kilos de



Luchar contra la contaminación de las corrientes de agua por los vertidos industriales y domésticos es una de las primeras tareas ecológicas de la civilización industrial. Con tal fin se construyen junto a las grandes ciudades estaciones de depuración donde las aguas residuales se someten a un complicado proceso de decantación, filtrado, tratamiento químico y fermentación bacteriana capaz de devolverles su prístina pureza. En la foto, estanques e instalaciones de la gran estación depuradora de Kurianovo, en las cercanías de Moscú. Gracias a los 2.500.000 m^3 de aguas residuales que allí se depuran diariamente, para después verterse en el río Moskova, la capital soviética es una de las grandes ciudades que en el mundo poseen un río de aguas más puras, propicio a las diversiones veraniegas de sus habitantes.

Foto © APN, Moscú

productos petrolíferos y 130.000 kilos de sal.

Este tipo de contaminación ha originado un nuevo ciclo del agua : el de la depuración. Hoy no existe aglomeración urbana de importancia que no posea una o varias estaciones de depuración en las que las aguas residuales son generalmente sometidas a un proceso de decantación y después de fermentación bacteriana, para terminar con una segunda decantación. Por último, se las vierte en los ríos.

Pero no sólo hay que purificar el agua a la salida de las ciudades ; también debe hacerse, con gran frecuencia, a la entrada. Lo normal, en efecto, es que río arriba existan otras aglomeraciones o instalaciones industriales.

En los suburbios orientales de París puede beberse agua del Marne (afluente del Sena) gracias a una estación que diariamente depura 600.000 m^3 de agua. Pero téngase presente que para obtener esa agua microbiológicamente pura hay que tamizarla, tratarla sucesivamente con bióxido de cloro y con cloruro férrico, filtrarla y hacerla pasar por una estación de oxigenación. Como se ve, obtener agua pura no es nada sencillo.

En cuanto a las corrientes de agua que llamamos "naturales", lo son cada vez menos. Para bien como para mal. Las modificaciones a que se las somete pueden ser el resultado de una política decidida de conservación o de mejoramiento. Ejemplo de ello es la cuenca del Ruhr. Este río, que atraviesa una de las regiones más urbanizadas y más industrializadas del mundo, conserva a pesar de ello un agua muy pura. Las autoridades alemanas se han empeñado en que el río pueda seguir sirviendo para el consumo de los particulares y para su diversión. De ahí que se haga todo lo posible para que sus aguas no se contaminen. En efecto, el enorme volumen de aguas residuales producidas en la región se vierten en otro afluente del Rin, el Emscher, un poco más al norte.

Esta misma solución de especializar los ríos se ha previsto para el norte de Francia. En los Países Bajos se proyecta especializar los distintos brazos del delta del Rin.

Como vemos, las soluciones artificales ganan terreno en todas partes. Hasta el punto de que cabe preguntarse si no habrá que rehacer pronto los mapas de las redes fluviales en los manuales escolares.

Nota. Los datos que acaban de exponerse provienen de la obra *Hydrological effects of urbanization,* publicada por la Unesco en 1974.

El extraño caso del H_2O

por Michel Batisse

EL agua es el símbolo universal de la pureza y de la sencillez. Y, sin embargo, en la realidad nada es más raro que el agua pura ni menos simple que esta extraña substancia cuyas propiedades físicas, químicas y biológicas resultan completamente inesperadas.

El sabio griego Tales de Mileto creía que el agua era el principio de todas las cosas existentes. Más tarde, Empédocles de Agrigento, seguido por Platón y Aristóteles, la consideró como uno de los cuatro elementos básicos del Universo. Y desde entonces hasta fines del siglo XVIII nadie puso en duda que el agua fuera un elemento simple.

En 1775 un químico francés, Macquer, obtuvo algunas gotas de agua por combustión del hidrógeno. Pese a ello, tres años después escribía que el agua parece ser "una substancia inalterable e indestructible" que no puede ser descompuesta : tal era la tenacidad con que se mantenían las ideas de Platón y Aristóteles.

Pero de pronto una serie de experiencias químicas van a demoler las viejas nociones. El que primero pone manos a la obra es el físico y químico inglés Henry Cavendish, quien ya en 1781, al estudiar los gases, demostró que el agua es el resultado de una combinación del hidrógeno, llamado "aire inflamable", con el oxígeno de la atmósfera, llamado "aire vital".

Como sucede a menudo en los grandes momentos de la ciencia, por entonces los investigadores avanzaban en cierto modo como sonámbulos —según la expresión de Arthur Koestler— De ahí que les fuera difícil explicar los resultados de sus experimentos, tanto más cuanto que se ocupaban de diversos problemas a la vez. Y, como es también frecuente, la verdad estaba en el aire : eran muchos los que la presentían, particularmente en Inglaterra y en Francia.

Grandes científicos como Monge, Priestley y Watt contribuyeron al descubrimiento de la composición del agua. Pero es al ilustre químico francés Lavoisier, asistido por el futuro astrónomo Laplace, a quien corresponde el mérito de haber comprendido y explicado la verdad. En efecto, el 24 de junio de 1783 logra Lavoi-

MICHEL BATISSE, *físico e ingeniero, es Subdirector General Adjunto de la Unesco para las Ciencias del Medio y los Recursos Naturales.*

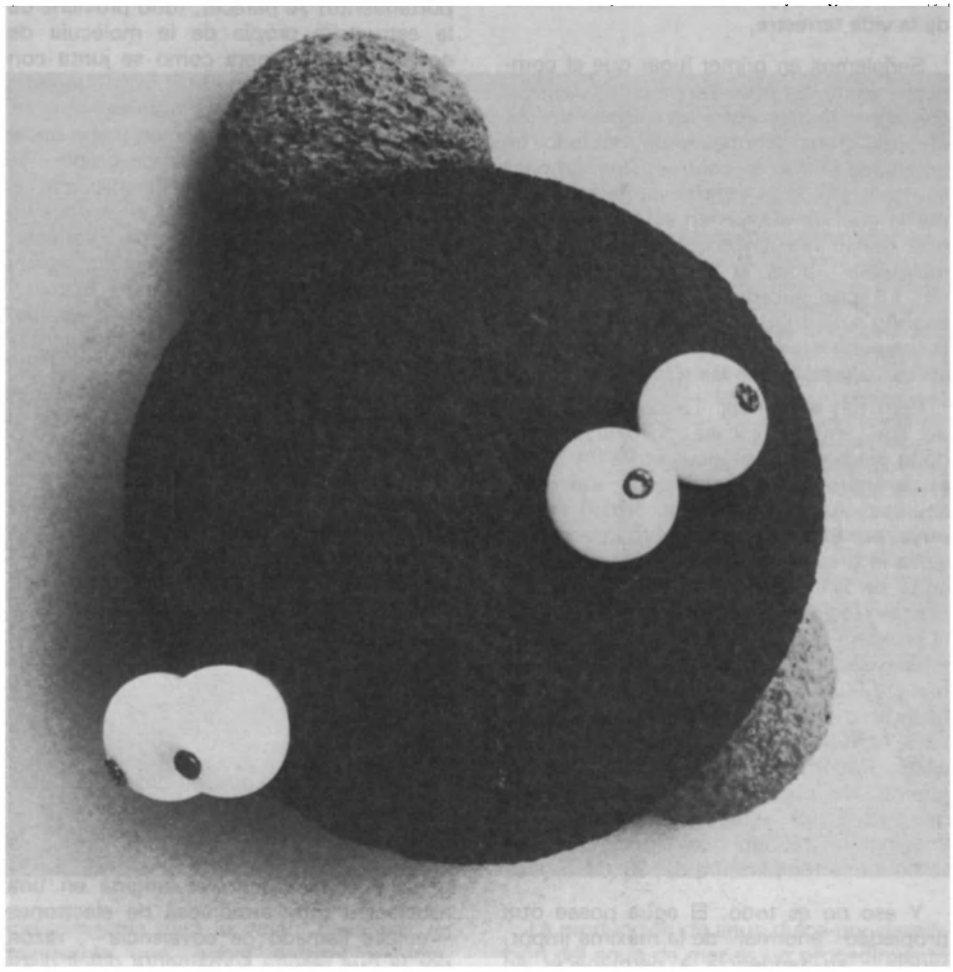


Foto © Photo Researchers, Nueva York



Foto © USIS, París

El agua, ese elemento aparentemente tan simple, posee una serie de complejas y extraordinarias propiedades que justamente hacen posible la vida en la Tierra. La maqueta de arriba (de una molécula de agua) pone bien de relieve esa sencillez estructural : la gran esfera negra representa el átomo de oxígeno con sus electrones (esferas blancas) y sus dos átomos de hidrógeno : es el conocido H_2O de la fórmula química. El hidrógeno, uno de los elementos que entran en la composición del agua, es también un ingrediente esencial de la atmósfera. A la izquierda, lo que parece un cuarto creciente lunar es en realidad la capa de hidrógeno que envuelve a la Tierra, fotografiada desde el espacio.

sier una verdadera síntesis del agua a partir del oxígeno y del hidrógeno, demostrando a las claras que es un compuesto de esos elementos. Poco tiempo después realiza la experiencia inversa de la descomposición del agua. Lavoisier fue, por lo demás, quien dio sus nombres actuales al oxígeno y al hidrógeno (este último quiere decir, justamente, "productor de agua").

Hoy día todo el mundo sabe que la molécula de agua resulta de la combinación de un átomo de oxígeno con dos de hidrógeno : molécula aparentemente simple pero cuyas propiedades extraordinarias constituyen el fundamento mismo de la vida terrestre.

Señalemos en primer lugar que el comportamiento del agua no es el que debiera ser, como lo demuestra un ejemplo trivial : el hielo flota. Normalmente, cuando un líquido se enfría, se contrae. Cuando pasa al estado sólido se contrae aun más, razón por la cual un cuerpo en estado sólido es más denso que en estado líquido. "Normalmente", pues, el hielo no debería flotar. Lo que sucede en realidad es que, cuando se enfría, el agua se contrae hasta la temperatura de 4°C, mas luego se dilata antes de transformarse en hielo.

Pero hay algo más. La compresibilidad del agua, que es escasa, disminuye cuando la temperatura se eleva entre 0 y 50°C, al contrario de lo que sucede con otros líquidos. Asimismo, su viscosidad disminuye en lugar de aumentar cuando se eleva la presión. Y si se compara el agua con otros compuestos de hidrógeno —como los que éste forma con el azufre o el selenio— se observa que el agua debería ser gaseosa a la temperatura ordinaria, hervir a 90°C bajo cero y transformarse en hielo a ... -100°C. Es evidente que, en tal caso, la vida en el planeta resultaría imposible. Recordemos que nuestro propio cuerpo está constituido en sus dos terceras partes por agua. ¿Cómo podríamos imaginar un mundo que "funcionara" en torno a una temperatura de -95°C?

Y eso no es todo. El agua posee otra propiedad "anormal" de la máxima importancia : su tendencia a permanecer en estado líquido y a no cambiar demasiado de temperatura. En efecto, es preciso emplear una gran cantidad de energía para transformarla en hielo o en vapor. Su "calor latente" de congelación o de evaporación es muy elevado ; o sea que no es la baja temperatura del hielo lo que enfría nuestras bebidas sino el "bombeo" de calor producido por su fusión.

Asimismo, se requiere una energía relativamente considerable para disminuir o elevar la temperatura del agua. Y es esta extraordinaria propiedad la que, tratándose de las enormes masas oceánicas del planeta, impide las grandes variaciones de temperatura entre el día y la noche o entre el verano y el invierno que de otro modo deberíamos soportar. El agua es nuestro gran regulador térmico. Sabido es, por lo demás, que los países sujetos a las influencias marítimas gozan de climas con muchos menos contrastes que los países continentales.

El agua tiene otras muchas propiedades curiosas, como su facilidad para disolver una gran cantidad de cuerpos (de ahí que rara vez sea pura), su fuerte tendencia a empapar las paredes de los tubos capilares y ascender por ellos, su propensión a dejarse atrapar inexorablemente, en la constitución de numerosas rocas, en forma de hidratos que, como el ópalo, adoptan a veces los colores más tornasolados.

¿Cuál es la razón de este extraño comportamiento? Al parecer, todo proviene de la estructura propia de la molécula de agua y de la manera como se junta con otras moléculas. Aunque la física moderna ya no permite que se representen los átomos por medio de dibujos, cabe hacer una representación geométrica simple ; de acuerdo con ella puede decirse que el átomo de oxígeno tiene seis electrones en su órbita "exterior", la cual, para ser estable, debería tener ocho. Por su parte, cada átomo de hidrógeno tiene un electrón en su órbita, que, para ser estable, debería tener dos. De esta manera, dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno "asocian" sus electrones exteriores para dar la configuración estable de la molécula de agua.

Pero esta asociación no se produce de cualquier manera : los dos átomos de hidrógeno van a colocarse a los lados del átomo de oxígeno, dando así a la molécula de agua una configuración muy particular, como si tuviera "orejas".

DE ello se derivan dos consecuencias de gran importancia. En primer lugar, la extremada estabilidad de la molécula de agua, debido a que el enlace entre el oxígeno y el hidrógeno se origina en una asociación muy armoniosa de electrones —enlace llamado de covalencia—, razón por la que resulta sumamente difícil disociar dicha molécula.

Ello explica por qué durante tanto tiempo se creyó que el agua era un cuerpo simple. Y explica también lo difícil que es aprovechar económicamente, como combustible, las inmensas cantidades de hidrógeno contenido en el agua de los mares, por ejemplo para el funcionamiento de los vehículos de motor. (Es verdad que el hidrógeno se utiliza para la propulsión de los cohetes espaciales, en los que su combustión con el oxígeno da como resultado, además, la "fabricación" de agua. Pero es un procedimiento demasiado costoso si se trata de emplearlo para la obtención de energía, ya que habría que producir previamente el hidrógeno necesario).

La segunda consecuencia es la disimetría eléctrica de la molécula de agua : a un lado, su componente de oxígeno, de carga negativa, y, al otro, su componente de hidrógeno, de carga positiva. De ahí que la molécula actúe como un pequeño imán, lo cual explica algunas de las anomalías descritas más arriba. Las interacciones eléctricas entre el hidrógeno de una molécula y los pares de electrones relativamente "libres" del oxígeno de otra dan lugar a un enlace molecular, llamado "enlace hidrógeno". Gracias al juego de estos enlaces cada molécula de agua tiene una tendencia a asociarse con otras cuatro.

Esta tendencia determina en el hielo ordinario una estructura cristalina rígida pero relativamente poco compacta, en la cual las moléculas de agua se hallan geométricamente dispuestas, más o menos como lo están en los cristales de nieve, y por las mismas razones. Ello hace que las moléculas se mantengan en su sitio, lo que determina que el hielo sea poco pesado. La estructura desordenada del agua líquida es, en efecto, más densa, más comprimida, porque en ella los enlaces hidrógenos son menos sistemáticos y se rompen a medida que se eleva la temperatura.

Inversamente, la estructura del hielo ordinario no resiste a una presión muy fuerte. Se ha podido descubrir la existencia de ocho nuevos tipos de hielo producidos a presiones de hasta 20.000 kg por cm^2, y que son más densos que el agua. Pero esos hielos de laboratorio no existen afortunadamente en la naturaleza. ¿Qué sucedería, en efecto, si el hielo del Polo Norte, en lugar de flotar, se hundiera acumulándose progresivamente en el fondo de los océanos? Indudablemente, nada bueno para la humanidad.

Los enlaces hidrógenos parecen determinar otras propiedades curiosas del agua. Son los que aseguran la cohesión entre las moléculas de las células vivas que están en gran parte compuestas de agua y son los responsables de que el agua no hierva sino a una temperatura relativamente alta. En realidad, estamos aún lejos de conocer todo lo relativo a un cuerpo tan complejo como es el agua líquida, y los físicos continúan formulando teorías y modelos para tratar de explicar todas sus propiedades.

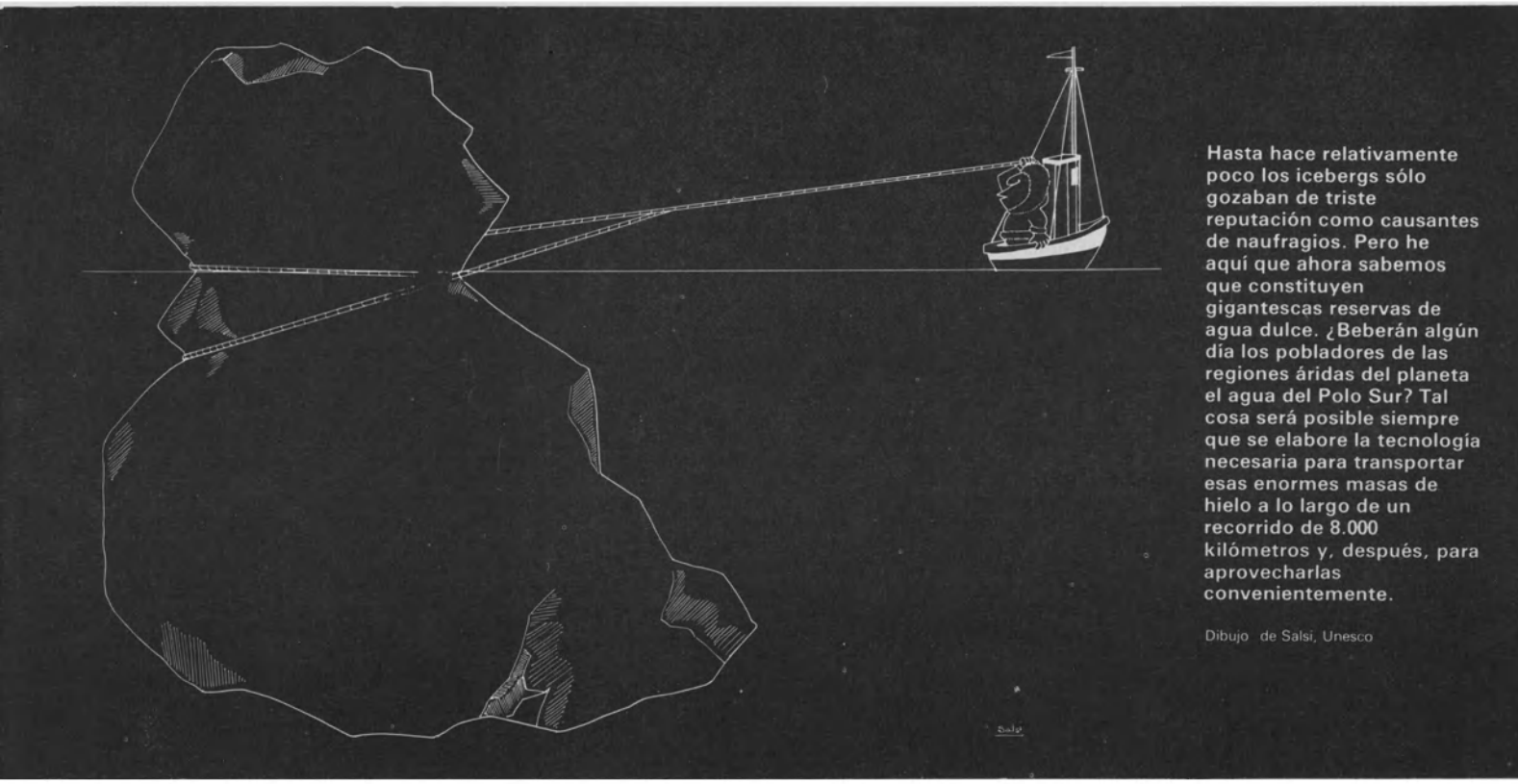
Quizá lo más paradójico sea que este líquido, aparentemente tan simple pero en realidad tan caprichoso, haya sido escogido como patrón de referencia para las medidas de temperatura (el agua, por definición, se congela a 0° y hierve a 100°C), para las medidas de calor (una caloría es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un gramo de agua en un grado) y para las medidas de masa (el gramo es la masa de 1 cm^3 de agua a 4°C).

Finalmente, lo más maravilloso es que sean precisamente las propiedades anormales de esta substancia única y extraña las que han determinado la naturaleza y la estructura del mundo físico y biológico del que formamos parte.

Michel Batisse

Icebergs para el desierto

por Paul-Emile Victor



Hasta hace relativamente poco los icebergs sólo gozaban de triste reputación como causantes de naufragios. Pero he aquí que ahora sabemos que constituyen gigantescas reservas de agua dulce. ¿Beberán algún día los pobladores de las regiones áridas del planeta el agua del Polo Sur? Tal cosa será posible siempre que se elabore la tecnología necesaria para transportar esas enormes masas de hielo a lo largo de un recorrido de 8.000 kilómetros y, después, para aprovecharlas convenientemente.

Dibujo de Salsi, Unesco

Si la Tierra fuera del tamaño de una naranja grande, toda el agua del mundo —todos los océanos, todos los mares, todos los lagos, todos los ríos, todas las aguas subterráneas, toda el agua en suspensión en el aire...— estaría representada proporcionalmente, sobre dicha naranja, por una gota minúscula delicadamente depositada con un cuentagotas.

Casi la totalidad de esa gota, o sea del 97 al 98 %, estaría formada por el agua salada de los mares y océanos. El resto, del 2 al 3 %, representaría el agua dulce indispensable para la vida : cantidad tan minúscula que, sobre nuestra naranja, tendría un volumen muy inferior al de una cabeza de alfiler.

Pero hay algo más grave aun : el 75 % de ese 2 a 3 % de agua dulce se encuentra en forma sólida (casquetes polares y glaciares), y sólo una pequeña proporción —menos del 1 %— en forma líquida inmediatamente disponible para el consumo humano. Y es esta cantidad infinitesimal la que despilfarramos sin control, la que contaminamos vergonzosamente y cuyo consumo aumenta a un ritmo cada vez más rápido.

Hay pues que ir a buscar el agua dulce allí donde se encuentra. Podemos recurrir a dos soluciones —y a dos solamente— : desalar el agua del mar o aprovechar las únicas reservas existentes de agua dulce, o sea el hielo de las regiones polares formado por la acumulación y la precipitación de la nieve a lo largo de muchos milenios.

La producción de agua dulce por desalación del agua de mar es un procedimiento sumamente costoso. En cambio, la producción de agua dulce por desplazamiento de los icebergs es económicamente competitiva y técnicamente viable.

Un iceberg es una masa sólida de agua dulce tan pura que a menudo se asemeja al agua destilada.

Se ha calculado que el casquete glaciar del continente antártico pierde cada año más de diez billones de metros cúbicos de hielo en forma de icebergs que van a fundirse en el Atlántico. Esta cifra es probablemente muy inferior a la realidad. En efecto, el iceberg más grande que se ha encontrado y medido hasta ahora (350 km de largo, 90 de ancho y cerca de 250 metros de espesor) representa por sí solo ocho billones de metros cúbicos : Bélgica entera habría podido instalarse en él. Pero es preciso tener en cuenta que el casquete polar recupera cada año la cantidad de hielo así perdida, y quizás reciba incluso

SIGUE EN LA PAG. 21

PAUL-EMILE VICTOR, *director de las expediciones polares francesas, es desde 1974 presidente del Grupo Paul-Emile Victor para la defensa del hombre y de su entorno. En 1934 organizó su primera expedición a Groenlandia ; en 1947 creó las Expediciones Polares Francesas, habiendo dirigido de 1948 a 1953 las que se llevaron a cabo en Groenlandia y organizado la que tuvo como destino la Tierra Adelia en la Antártida. Desde 1967 es jefe de la Expedición Glaciológica Internacional.*



Bajo los hielos del Artico

Estas sorprendentes fotografías fueron tomadas bajo el hielo en algunas de las 1.800 inmersiones realizadas durante las recientes expediciones soviéticas "Polo Norte", en el océano Artico. Científicos de numerosos países se esfuerzan por ampliar los conocimientos actuales en torno a la formación de los bancos de hielo y su desplazamiento sobre y bajo el agua, lo que redundará en beneficio de la navegación marítima y de la explotación de los recursos naturales de las aguas polares. El autor de las fotografías es V. Grichenko, jefe de misión, miembro del Instituto de Investigaciones Científicas en el Artico y el Antártico de Leningrado. Arriba : medición de la intensidad de la luz solar bajo un "techo" de hielo de 4 a 5 metros de espesor ; a la derecha, observación, a 8 metros de profundidad, de las extrañas formas que presentan los hielos sumergidos ; abajo, exploración bajo una isla de hielo a la deriva.





Fotos Y. Grichenko, URSS



Resulta tranquilizador —si se piensa transportar icebergs del continente antártico a las zonas áridas de la tierra— saber que no todos ellos tienen las enormes dimensiones del que aquí se ve (fotografiado por un satélite, a 900 km de altitud, en enero de 1977) : 74 km de largo por 40 de ancho y de 230 a 345 metros de espesor. Una masa de hielo de tal magnitud podría satisfacer durante varios siglos las necesidades de agua para el consumo doméstico en el Estado de California.

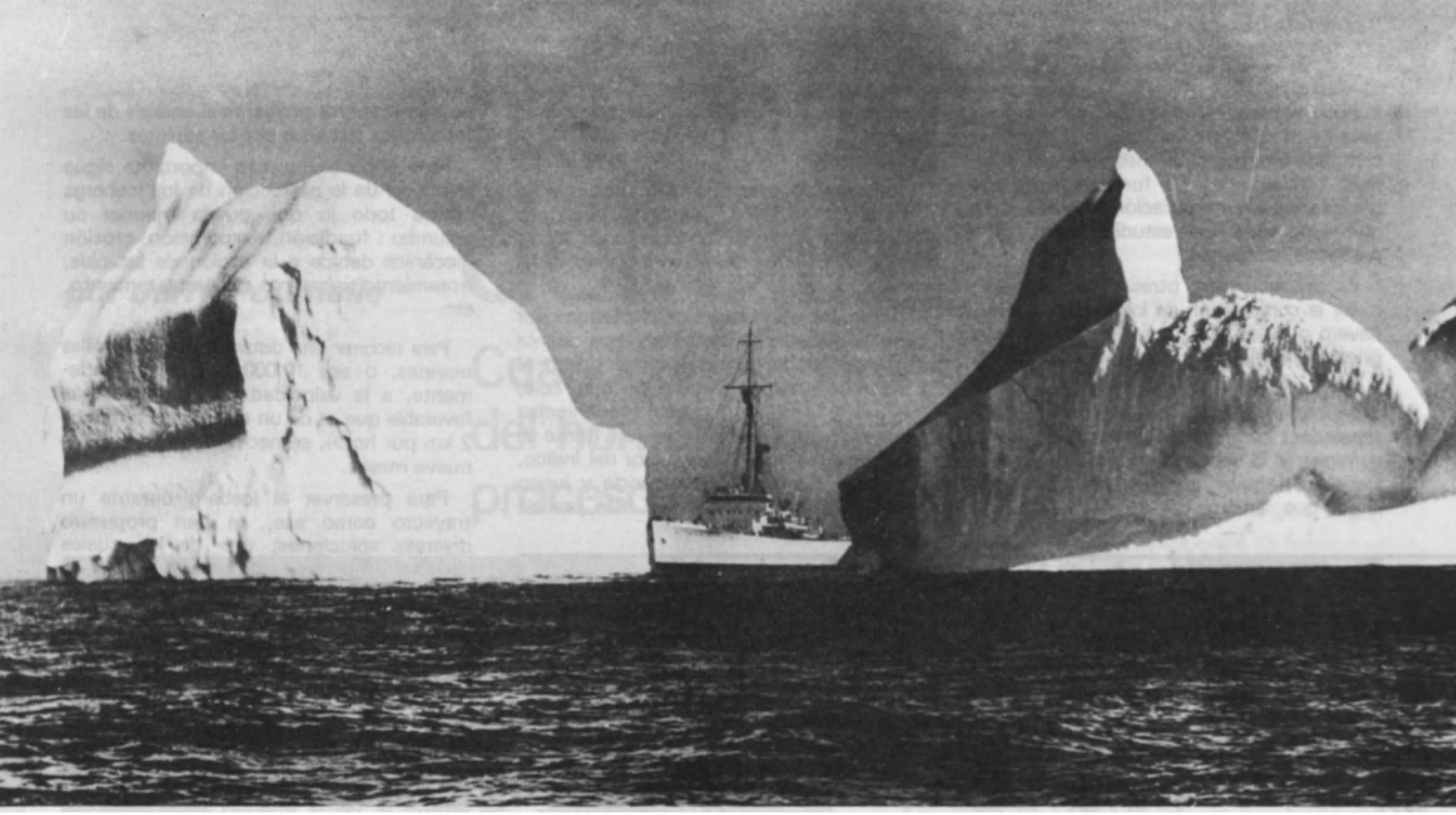


Fotos © USIS, París

A diferencia de los icebergs, formados de agua dulce y desprendidos de los glaciares continentales, los bancos de hielo son salados. En efecto, se forman por congelación del agua de mar y su espesor es de unos pocos metros. En la foto, el rompehielos atómico soviético *Arktika,* durante su travesía hasta el Polo Norte, a donde llegó el 17 de agosto de 1977. El fue el primer buque no submarino que realizó semejante hazaña.



Foto © Tass, Moscú



Los torreones de hielo del Artico

Los icebergs del Artico tienen, por lo general, formas menos regulares que los del Antártico, aunque también ellos son de agua dulce y se desprenden de los glaciares. Estas dos inmensas torres de hielo, que un guardacostas norteamericano vigila, se unen en la parte sumergida, formando en realidad un solo iceberg.

(viene de la pág. 17)

una cantidad mayor por la acumulación de las precipitaciones de nieve.

¿Cuánta agua transportaría un iceberg remolcado hasta un puerto del "cinturón de la sed" ? Tomemos como ejemplo concreto el proyecto de Arabia Saudita. Se trataría de desplazar un iceberg de 100 millones de toneladas, o de 100 millones de metros cúbicos, de dimensiones corrientes (de 1.200 a 1.500 metros de largo, de 300 a 400 de ancho y de 250 a 300 de espesor) cuyas nueve décimas partes se encuentran sumergidas en el mar.

La cantidad de agua recuperable a su llegada es enorme : unos 80.000 millones de litros. Y entre las múltiples utilizaciones de esa agua podemos considerar la siguiente : si se rodeara la ciudad de Yedda de un cinturón de parques de 20 km de largo por 2 de ancho, las precipitaciones pluviales de esa zona que actualmente no son sino de unos pocos centímetros podrían llegar a 2 metros por año. En poco tiempo Yedda se convertiría en el centro de un oasis lujuriante.

¿ Por qué ir a buscar icebergs en el Polo Sur y no en el Polo Norte que está más cerca del "cinturón de la sed" ?

Ante todo, porque los icebergs del Artico son, por lo general, una especie de catedrales de formas estrafalarias e irregulares, peligrosamente inestables. En segundo lugar, porque esos icebergs, que provienen de glaciares de montaña (de Groenlandia, por ejemplo), no tienen jamás el volumen necesario. Los icebergs antárticos, por el contrario, son "tabulares", tienen una forma generalmente regular y un volumen importante. La nieve acumulada en la meseta glaciar del Antártico se transforma poco a poco en hielo que fluye —el hielo es un fluido— muy lentamente hacia los bordes del continente. A veces forma un *ice-shelf,* plataforma o barrera de hielo bastante regular, de un espesor de 250 a 300 metros. Tal es el caso de la "barrera de Ross" cuya superficie es aproximadamente la de Francia : de forma triangular, está "amarrada" por dos de sus lados a la costa y su frente forma una "barrera", un acantilado de unos 50 metros de alto del cual se desprenden grandes bloques que forman icebergs tabulares de muy variadas dimensiones (*).

(*) Un iceberg tabular sumamente grande se halla fondeado, desde 1977, a lo largo de la parte norte de la península antártica (en la prolongación de la América del Sur). Sus dimensiones aproximadas son 90 km de largo y 35 de ancho y la cantidad de agua que contiene bastaría para satisfacer la demanda de la ciudad de Washington durante mil años, por lo menos.

Por otra parte, las corrientes provenientes del Artico y que "descienden" hacia el sur no suelen ser favorables a la navegación, a diferencia de las corrientes antárticas que "ascienden" hacia el norte. Y aunque el desplazamiento de esas inmensas islas de hielo se efectuará mediante remolcadores de gran potencia, habrá que aprovechar las corrientes, ya que, de lo contrario, tal desplazamiento sería mucho más lento y difícil.

El procedimiento es rentable : el metro cúbico de agua situado en Yedda en la primera experiencia de este tipo costaría aproximadamente 60 centavos de dólar, mientras que el precio del agua dulce obtenida por desalación sería, en el mismo sitio, de 80 centavos.

Pero ¿es el proyecto verdaderamente viable ?

La conferencia internacional sobre esta materia celebrada en la Universidad de Iowa, Estados Unidos, en octubre de 1977 llegó a la conclusión de que los problemas que plantea el proyecto pueden ser resueltos con la tecnología existente y que el agua de iceberg sería de 30 a 50 % más barata que el agua obtenida por desalación.

La idea de remolcar icebergs no es reciente. El renovado interés actual por ella (incluidas las reuniones internacionales celebradas en París y en Iowa en junio y en octubre de 1977, respectivamente) tuvo su origen en una consulta telefónica del príncipe Mohamed al-Faizal, de Arabia Saudita*, al autor del presente artículo, en septiembre de 1975 sobre la posibilidad de remolcar un iceberg para suministrar agua a su reino. Ello dio origen a estudios e investigaciones dirigidos por el ingeniero consultor Georges Mougin.

(*) Presidente de la sociedad "Iceberg Transport International Ltd.", auspiciadora, entre otras, de la conferencia de Iowa.

Poco sabemos aun de los icebergs. En vista de ello, se ha nombrado una comisión científica internacional, integrada por unos diez miembros —fundamentalmente glaciólogos— de reputación mundial, para que emprenda los estudios teóricos y prácticos necesarios.

Es preciso, entre otras cosas, conocer mejor la composición de los icebergs (nieve, nevero o hielo), sus tensiones internas, sus grietas, hendiduras y otros puntos débiles.

Un iceberg "aceptable" debe ser suficientemente voluminoso (100 millones de toneladas) para que, a su llegada, pueda suministrar la cantidad de agua requerida. Debe ser tabular, considerablemente más largo que ancho (a fin de facilitar el remolque), con una superficie plana y lo más compacto posible (sin grietas ni hendiduras).

Icebergs de este tipo (a menos que se descubran en ellos grietas o tensiones internas invisibles) se producen en el sector del Pacífico, en el del Atlántico y en el del Indico.

Según las observaciones efectuadas por las expediciones polares francesas acerca de la deriva de los icebergs en torno al continente antártico (expedición Berg-Eole, de 1971 a 1973), los icebergs provenientes de esas barreras se concentran frente al *ice-shelf* de Amery, en el sector del Indico, de donde derivan hacia el norte y luego desaparecen. Una detección más precisa podrá obtenerse mediante el análisis de las fotografías tomadas por los satélites.

Pero el problema más importante sigue siendo el de la protección de los icebergs contra todo lo que pueda mermar su volumen : fundición, evaporación, erosión mecánica debida a la acción de las olas, frotamiento inherente al desplazamiento, etc.

Para recorrer una distancia de 6.000 millas marinas, o sea 10.000 km, aproximadamente, a la velocidad de remolque más favorable que es de un nudo (más o menos 2 km por hora), se necesitarían de ocho a nueve meses.

Para preservar al iceberg durante un trayecto como ese, se han propuesto diversas soluciones, una de las cuales consiste en proteger las paredes verticales por medio de tablillas de un material reflector, dispuestas como en una persiana, y las paredes sumergidas mediante una cortina o "faldón" de un material aislante. El aislamiento propiamente dicho lo producirá el agua fría que irá a alojarse entre el faldón y la pared del iceberg. Una especie de manta, que se mantendría fija mediante dispositivos neumáticos, protegería la pared inferior de la masa de hielo.

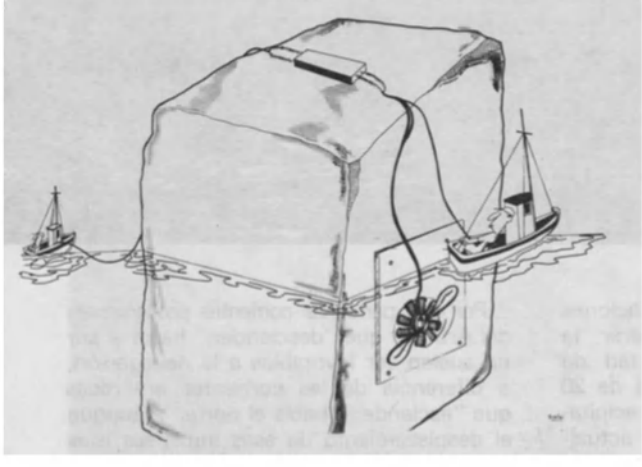
La fabricación y la colocación de todos esos elementos de protección en las aguas antárticas plantea problemas que habrá que resolver. El remolque propiamente dicho no plantea problemas de principio : los remolcadores actuales más grandes tienen una potencia de tracción de 125 toneladas. Para desplazar un iceberg de 100 millones de metros cúbicos, la tracción necesaria es de 600 a 700 toneladas : 5 o 6 remolcadores grandes.

Una vez llegado a su destino (o sea, en algunos casos, a varias decenas de kilómetros de la costa debido a la escasa profundidad de la plataforma continental y al calado del iceberg), habrá que recoger el agua de deshielo y bombearla a tierra a través de una red de tuberías. Para ello será preciso construir previamente todo un sistema de almacenamiento y distribución del agua, ya que esas instalaciones no existen en la mayoría de los países que tienen necesidad urgente de agua dulce.

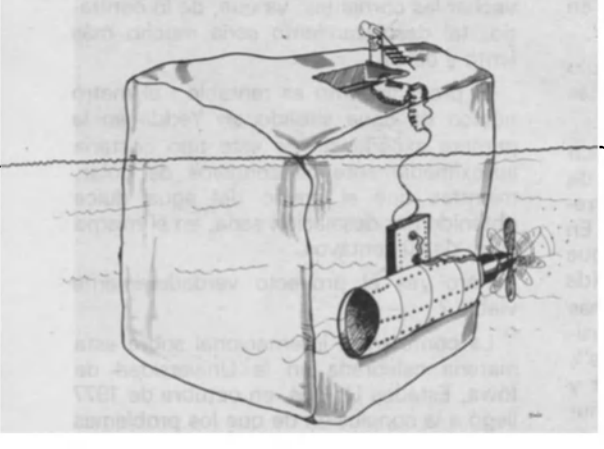
Paradójicamente, el calor del sol no basta para producir agua de deshielo en cantidad suficiente. Para acelerar la fundición habría que recurrir a la pulverización del agua del "lago" formado en la superficie del iceberg (a fin de que absorba el calor de la atmósfera), a la utilización del agua caliente del mar y a otras fuentes exteriores de calor. Es evidente que durante esta etapa deberá conservarse la protección externa o aislamiento del hielo.

La producción de agua dulce por desplazamiento de los icebergs es, sin duda alguna, uno de los proyectos más incitantes y originales de nuestra época. Y también uno de los más útiles, toda vez que está cercano el día en que la escasez de agua constituirá el problema más grave de la humanidad. Porque si el hombre puede sobrevivir 40 o 50 días sin comer, en determinadas condiciones moriría si permaneciera solamente cuatro sin beber.

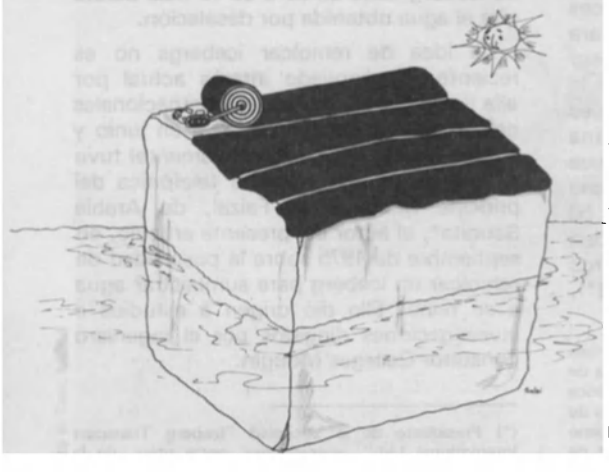
Paul-Emile Victor



Los icebergs pueden desplazarse por medio de remolcadores. Pero se han estudiado también otros procedimientos : por ejemplo, utilizar la diferencia de temperatura que existe entre el agua de deshielo del iceberg y la del océano para hacer funcionar una turbina. Al llegar a su destino —California, por ejemplo— la masa de hielo habría perdido, como "combustible", menos del dos por ciento del agua que contenía al partir de la Antártida.



Otro procedimiento, actualmente en estudio, es el de la autopropulsión del iceberg mediante la instalación de hélices o de ruedas de paletas en el iceberg, bajo la línea de flotación. La energía para su funcionamiento provendría, bien de motores colocados sobre el propio bloque de hielo, bien de embarcaciones que lo escoltarían.



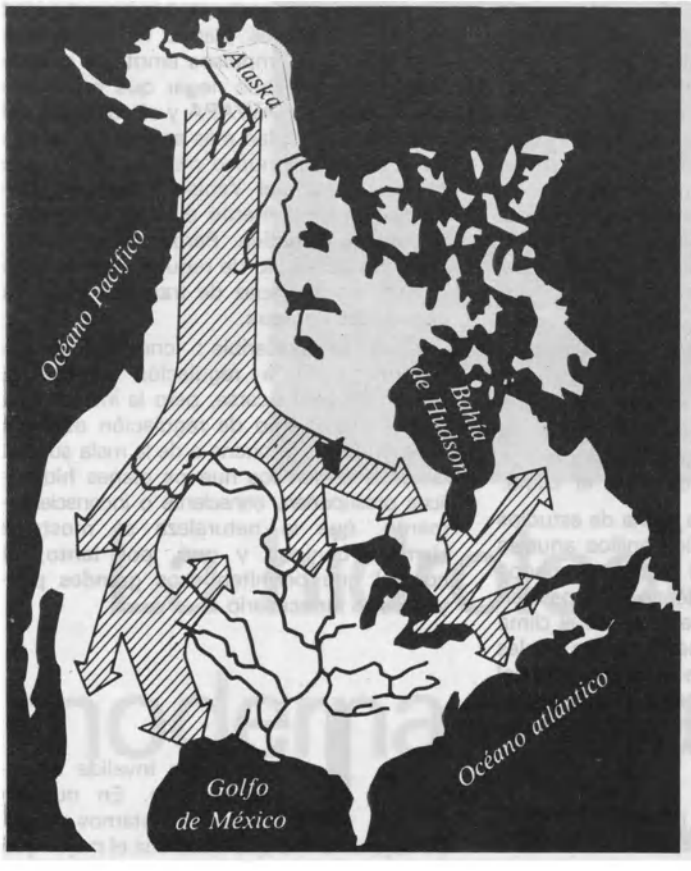
Para evitar la fundición excesiva del hielo durante su transporte, como consecuencia de la acción del sol y de los cálidos mares tropicales, se ha propuesto la colocación de "alfombras" protectoras sobre la superficie emergida. Se protegerían también las paredes laterales e el fondo del iceberg.

Dibujos de Salsi, Unesco

La máquina del clima

Cuando los gigantescos proyectos del hombre superen a los procesos de la naturaleza

por Jerry Pournelle



Dibujo © Westview Press, Inc., 1976, EUA

Proveerse de agua en Alaska y distribuirla por toda América del Norte —desde el Canadá hasta la parte septentrional de México, pasando por el centro y el oeste de los Estados Unidos— : tal es el proyecto gigantesco en el que participan esos tres países y que exigirá de 20 a 30 años de trabajos.

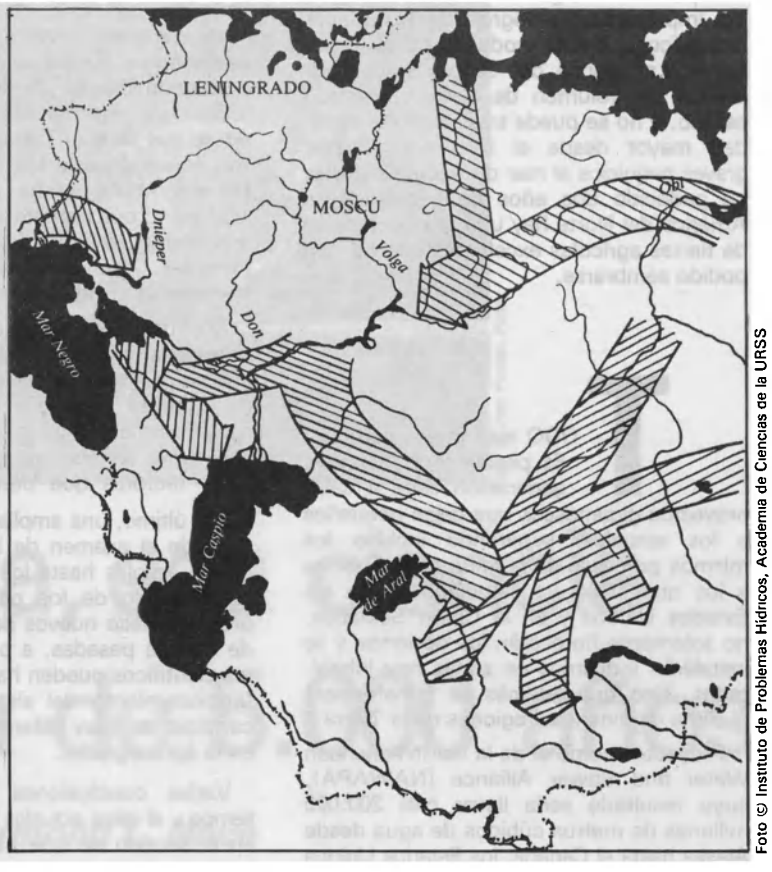


Foto © Instituto de Problemas Hídricos, Academia de Ciencias de la URSS

En la Unión Soviética se proyecta instalar todo un sistema de redistribución de las aguas. Se trata, principalmente, de suministrar a la región meridional del territorio el agua tomada de los ríos que se dirigen hacia el norte. Otro proyecto, a muy largo plazo, contempla la posibilidad de crear un verdadero mar interior en Siberia.

EL agua es y ha sido siempre el recurso esencial para toda civilización. Los países industrializados de hoy consumen unos 2.000 litros diarios por persona. La agricultura necesita cantidades ingentes de agua : 4.500 toneladas para producir una de arroz y casi 10.000 para una de algodón.

La sequía y las inundaciones han representado una doble plaga para la civilización a lo largo de la historia. Por ello, el control de los recursos hídricos ha constituido en toda época una de las tareas más importantes de los gobiernos. Hoy la amenaza de las sequías e inundaciones en gran parte del mundo no es tan grave como en otros tiempos pero siguen entrañando un peligro.

En California, por ejemplo, una sequía obliga a los agricultores y a los habitantes de las ciudades a someterse a un severo racionamiento de agua, con las consiguientes pérdidas que pueden cifrarse en miles de millones de dólares, mientras que, unos cientos de kilómetros más al norte, el Estado de Oregón padece inundaciones calamitosas.

La naturaleza ofrece al hombre enormes cantidades de agua, mucha más de la que resultaría necesaria para industrializar el mundo entero. Pero esa agua no se encuentra donde sería más útil para las civilizaciones humanas. La mayor parte de las corrientes de agua de la Unión Soviética fluyen hacia el Norte, por la tundra ártica que se extiende hasta más allá del Círculo Polar Artico, y desembocan en el océano Artico. Un volumen ingente de agua, que podría resultar de gran provecho en el Canadá, México y los Estados Unidos, se pierde en Alaska, donde no sirve prácticamente para nada. Por su parte, China suele padecer años alternos de sequía y de inundaciones.

Durante miles de años el hombre no ha tenido más remedio que acudir allí donde había agua, aunque las mismas civilizaciones primitivas intentaron de un modo u otro ordenar sus recursos hídricos. Hoy

JERRY POURNELLE, *escritor científico norteamericano, es autor de más de una docena de obras en su especialidad.*

día, en la era del espacio, no tendríamos por qué soportar sequías y crecidas. Podemos llevar el agua allí donde haga falta.

El Proyecto Hidráulico de California, en el oeste de los Estados Unidos, lleva ya el agua a varios miles de kilómetros, permitiendo así la existencia de ciudades como Los Angeles y convirtiendo regiones áridas en tierras que figuran entre las más productivas del mundo. En la Unión Soviética, la red de canales entre el Volga y el Don conduce el agua al mar Caspio, con lo cual se ha logrado contener provisionalmente el proceso de desecación del mayor mar de agua dulce del mundo.

A pesar de las grandes inversiones y de los impresionantes logros de los planes hidráulicos, queda todavía mucho por hacer. La cuenca del Caspio sigue recibiendo un volumen de agua demasiado escaso, y no se puede trasvasar una cantidad mayor desde el Don sin acarrear graves perjuicios al mar de Azov. California ha padecido dos años de sequía, y en América del Norte hay una gran extensión de tierras agrícolas excelentes que no han podido sembrarse.

TODO esto puede cambiar. Es posible que la nueva generación lleve a cabo proyectos gigantescos que dejen pequeños a los actuales, superando incluso los mismos procesos de la naturaleza. Gracias a los que están ya estudiándose en los Estados Unidos y en la Unión Soviética, no solamente florecerán los desiertos y se instalarán industrias en zonas hoy inhabitadas, sino que además se transformará el clima de extensas regiones de la Tierra.

Proyectos como el de la North American Water and Power Alliance (NAWAPA), cuyo resultado sería llevar casi 200.000 millones de metros cúbicos de agua desde Alaska hasta el Canadá, los Estados Unidos y México, y los planes soviéticos de trasvasar el agua de los ríos que fluyen hacia el norte a las regiones meridionales más habitables, requieren obras de ingeniería mucho más importantes que todo lo que se ha hecho hasta la fecha. Sin embargo, nadie pone en duda su viabilidad técnica. En ambos países hay otros proyectos en perspectiva que, aun siendo comparativamente modestos, resultan lo suficientemente grandes como para demostrar la posibilidad de desplazar enormes cantidades de agua a gran distancia. Los estudios que están realizando norteamericanos y soviéticos se centran ahora principalmente en los efectos económicos y ecológicos. ¿Podrán llevarse a cabo tales proyectos con los recursos disponibles y a un costo tolerable ?

Casi todos los estudios económicos revelan que, si bien las inversiones iniciales que corresponden a estos grandes proyectos hidráulicos son enormes (del orden de cientos de miles de millones de dólares), los beneficios son tan grandes que aquellas están plenamente justificadas. En un estudio soviético, por ejemplo, se señala que si se consiguiera devolver su nivel natural al mar Caspio y al mar de Azov, éstos podrían absorber ingentes cantidades de residuos agrícolas y de aguas negras, con un costo considerablemente inferior al de la construcción de instalaciones de depuración.

Queda el problema del medio ambiente. Hasta hace unos años ni siquiera cabía imaginar los posibles efectos ecológicos del trasvase de cantidades descomunales de agua. Simplemente, no se disponía de datos ni tampoco de teorías sólidas. La situación ha cambiado ahora. La sonda norteamericana "Viking" ha transmitido datos sobre las características climáticas y meteorológicas de Marte. La meteorología de este planeta es mucho más simple que la de la Tierra, pero los principios son esencialmente los mismos, de modo tal que Marte se ha convertido en un laboratorio que permite estudiar un sistema meteorológico simplificado y, con ello, formular nuevas teorías sobre los fenómenos atmosféricos.

Mientras tanto, gracias a los datos obtenidos por los satélites, resulta posible una visión global del tiempo y de los climas de la Tierra y estudiar los efectos de un ligero recalentamiento de los mares, la evolución de las mangas de aire y los otros factores que determinan el clima.

Por último, una amplia gama de estudios —desde el examen de los anillos anuales de los árboles hasta los testigos tomados en el fondo de los océanos— nos han proporcionado nuevos datos sobre el clima de épocas pasadas, a partir de los cuales los científicos pueden hacerse una idea del funcionamiento del sistema climático en condiciones muy diferentes, por ejemplo en la época glacial.

Varias conclusiones se imponen. El tiempo y el clima actuales no son "naturales" en el sentido de que hayan sido siempre lo que son hoy. Incluso en las épocas históricas se han producido grandes cambios climáticos. Groenlandia estuvo deshabitada hace siglos e Islandia era una tierra próspera todavía en el año 1200. Llovía mucho en zonas actualmente desérticas y florecían regiones hoy áridas.

Y, sin embargo, los cambios que nos describen los libros de historia son triviales en comparación con las alteraciones que puede suscitar la naturaleza en el régimen meteorológico de la Tierra. Hubo un tiempo en el cual una gran parte de América del Norte y de Asia estaba cubierta por inmensas capas de hielo. Los mares eran varios cientos de metros menos profundos que en la actualidad. Ninguna acción humana podrá compararse con los cambios fantásticos que ha soportado el clima de nuestro planeta, no una sino decenas de veces.

De la misma manera, las actividades hidráulicas del hombre no pueden compararse con las de la naturaleza, ya que los movimientos del agua que aquellas provocan pueden regularse, vigilarse e invertirse. Cuando la naturaleza empieza a transformar el clima, como resultado de las modificaciones de la órbita y de la inclinación de la Tierra, estamos ante un proceso aleatorio, incontrolado e incontrolable. En cambio, los embalses y las estaciones de bombeo están siempre sometidos a estricto control, por lo cual no solamente es posible combatir los efectos nocivos producidos por la acción humana sino incluso invertir el orden natural en caso necesario.

Habrá siempre quienes estimen que esta perspectiva resulta sobremanera inquietante, y los argumentos no les faltan. En definitiva, la oportunidad o inoportunidad de esos colosales planes hidráulicos es más asunto de impulsos emotivos que de opiniones. No cabe negar que proyectos como el de la NAWAPA y el soviético del Pechora —o el plan más ambicioso todavía de construir un nuevo mar de agua dulce en la cuenca del Yenisei— pueden perturbar tremendamente el régimen meteorológico y climático. Pero, por lo mismo, cabe la posibilidad de regular esos efectos cuando se es capaz de trasvasar grandes cantidades de agua.

¿Qué es preferible : controlar o no controlar ? Toda regulación implica el peligro de equivocarse, pero la inexistencia de un mecanismo de regulación equivale a depender de la buena o de la mala suerte. Quienes temen los nuevos planes hidráulicos presuponen, consciente o inconscientemente, que la naturaleza se mostrará siempre benigna y que, por tanto, el control que permiten esos grandes proyectos es innecesario.

LA historia invalida semejante tesis. En nuestro siglo XX estamos viviendo bajo un clima que quizá sea el mejor que haya habido nunca. Casi todos los estudios sobre los cambios climáticos de ciclo largo indican que estamos en vísperas de un nuevo cambio y que ese cambio supondrá un empeoramiento del clima. Es bastante posible que muy pronto termine la tendencia al calentamiento que ha predominado desde que la "pequeña época glacial" expulsó a los colonos vikingos de Groenlandia y redujo considerablemente la habitabilidad de Islandia.

Durante la Guerra de Independencia norteamericana, en el puerto de Nueva York se transportaron cañones sobre el hielo. En este siglo no ha habido heladas de tales proporciones. Ni siquiera la "Gran Helada" de 1976 puede compararse con las condiciones normales de 1776. Hoy parece darse la tendencia opuesta.

Es posible que gracias a la hidrología pueda invertirse esa tendencia. Por ejemplo, el plan soviético de convertir en un mar de agua dulce la cuenca del Yenisei propor-

SIGUE EN LA PAG. 33



¿De dónde viene, en definitiva, el agua que consumimos? ¿Cómo se alimentan las fuentes? He aquí algo que los hombres han tardado largo tiempo en descubrir. En la foto, una fuente pública de París.

Foto © Jean Pottier, París

La hidrología, esa ciencia moderna vieja de 5.000 años

por Raymond L. Nace

LA noción central de la hidrología es el ciclo hidrológico, es decir la circulación constante del agua a través del sistema océano-atmósfera-tierra-océano. Los océanos son a la vez fuente y destino final de toda el agua que circula en el mundo. Sin embargo, la noción de ciclo hidrológico sólo quedó exactamente definida hace unos 300 años, no siendo enunciada plena y claramente hasta un siglo después.

Las civilizaciones más antiguas surgieron en regiones áridas y semiáridas. Ello no fue, desde luego, por casualidad. Los hombres que vivían en las regiones áridas tenían que conocer las características del agua y ser capaces de influir en ellas para poder rebasar la fase de la mera superviviencia del nomadismo y conseguir la estabilidad y la seguridad.

Ya en el año 5000 antes de Cristo se practicaba el riego en algunas regiones de Asia sudoccidental, y hacia el año 4000 empiezan a aparecer ciudades rodeadas de tierras de regadío. La civilización sumeria surgió algunos siglos antes del año 3000 y su florecimiento estuvo vinculado con la extensión del regadío en las llanuras de Mesopotamia.

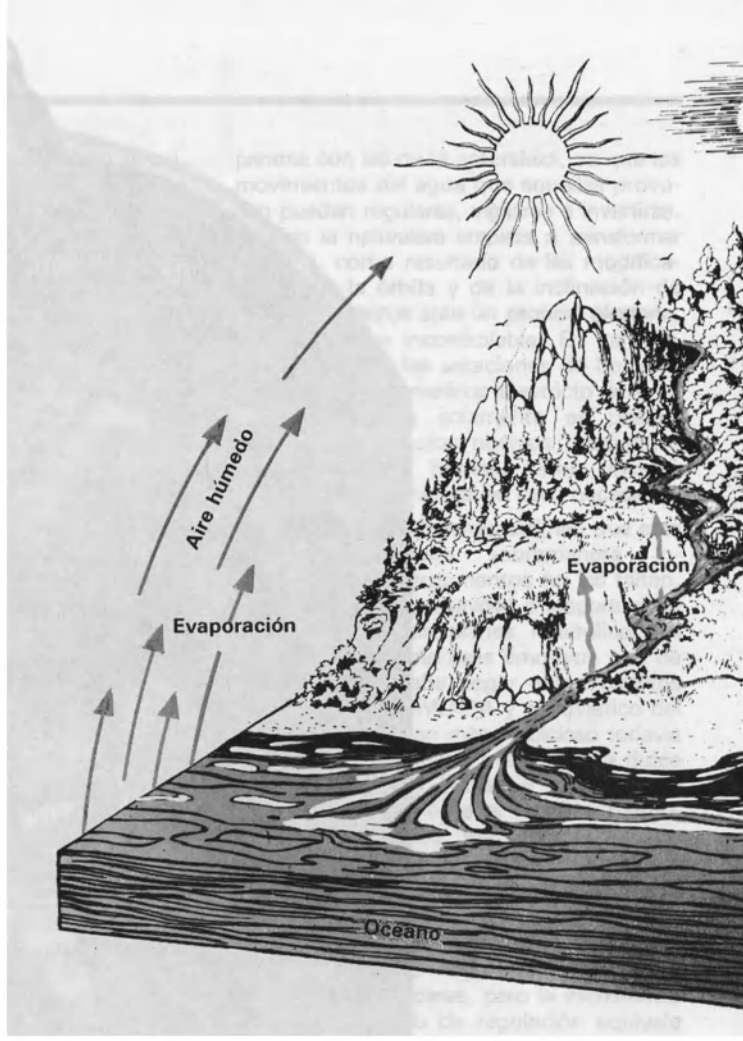
El riego con estanques, utilizando las aguas de crecida del Nilo, apareció más o menos al mismo tiempo que el riego extensivo en Mesopotamia. Los egipcios, que tenían un espíritu sumamente práctico, empezaron a observar, antes del año 3000, la altura de las crecidas anuales proporcionándonos así las medidas hidrológicas más antiguas que conocemos. A lo que parece, las inundaciones no despertaban en ellos ningún interés científico, pero la altura de la crecida indicaba la extensión de las tierras que quedarían inundadas y podía servir de base para determinar los impuestos que habían de gravar las cosechas.

El riego sistemático por medio de aguas subterráneas fue mucho más tardío que el aprovechamiento con ese fin de las aguas superficiales. Ya en el siglo VII antes de nuestra era se empleaba un sistema de utilización de las aguas subterráneas llamado *janat*. El janat consistía esencialmente en un túnel lateral de derivación cuya extremidad desembocaba en una capa freática. El agua que llegaba a la superficie, a la salida del túnel, podía encauzarse para proporcionar agua a los pueblos o a los campos. Es éste el método más eficaz de utilización de las aguas subterráneas antes de que el hombre inventara el pozo moderno y las bombas de motor. Se construyeron janats en Armenia, Persia, Afganistán, Africa del

RAYMOND L. NACE, *especialista en investigaciones hidrológicas del Departamento de Recursos Hídricos del Servicio Geológico de Estados Unidos, ha sido presidente del comité nacional norteamericano para el Decenio Hidrológico Internacional.*

El ciclo del agua

Los hombres han tardado siglos en descubrir que la naturaleza ha inventado el ciclo perpetuo del agua. La evaporación y la transpiración de los organismos vivos alimentan de humedad la atmósfera. A su vez, las lluvias que se precipitan de la atmósfera alimentan de agua océanos y continentes. Según ciertos cálculos, cada año caen como promedio sobre los contientes 106.000 km^3 de agua de lluvia (y casi cuatro veces más sobre los océanos), de los cuales el 68 % se evapora, el 31 % se pierde en el océano a través de los ríos y el 1 % se filtra en el subsuelo.



Norte y China, y muchos de ellos están todavía en uso.

En Asia, allí donde no era necesario el riego, surgió rápidamente la idea de medir la pluviosidad como base para determinar los impuestos sobre las cosechas. Se hicieron primero mediciones con este fin en la India, en el siglo IV antes de Cristo, época en la que suele situarse consiguientemente el nacimiento de la pluviometría. Sin embargo, en China se efectuaban ya observaciones meteorológicas hacia el año 1200 antes de nuestra era, y la pluviometría sistemática tenía sólidas bases mil años después. En el año 900 antes de Cristo existía ya una concepción dinámica del ciclo hidrológico, pero por aquella época China no ejercía influencia alguna en el pensamiento occidental.

Los antiguos griegos dieron gran impulso a esta ciencia en Occidente. Pensaban ellos que el universo está sometido a un orden y que, por consiguiente, es intelegible. Bien es verdad que las ideas de Aristóteles (384-322) eran casi totalmente erróneas. En efecto, el gran filósofo creía que el agua de los ríos se formaba esencialmente mediante una transformación del aire en agua en grandes cavernas subterráneas frías ; según él, la lluvia no podía constituir sino una débil proporción del caudal de las corrientes de agua.

Esta idea, vigente durante 2.000 años, fue el obstáculo intelectual que, hasta los albores de la Edad Moderna, impidió que se descubriera el ciclo del agua y su dinámica.

Pese a su habilidad consumada como ingenieros hidráulicos, los romanos desconocían también el ciclo hidrológico. Sin embargo, uno de ellos, Marco Vitrubio Polio, formuló una tesis no aristotélica : el agua evaporada forma nubes y la lluvia procedente de éstas penetra en el suelo y vuelve a surgir en forma de fuentes.

Pero en el siglo IV antes de nuestra era se inició una rápida decadencia intelectual, con el resultado de que las ciencias permanecieron prácticamente estancadas en Europa durante mil años.

Su despertar fue fuertemente estimulado en Italia por el genio universal de Leonardo de Vinci (1452-1519). De Vinci se interesaba mucho más por la hidráulica que por la hidrología, pero expresó a veces ideas que concuerdan con los principíos efectivos del ciclo hidrológico, tal como los conocemos hoy.

El gran artista y científico reconoció la importancia acuífera de las formaciones geológicas impermeables de los Alpes y comprendió muy bien cómo se recargan las capas freáticas y cómo se alimentan las fuentes de las tierras bajas. Otros fueron los que desarrollaron estas ideas, pero mucho más tarde.

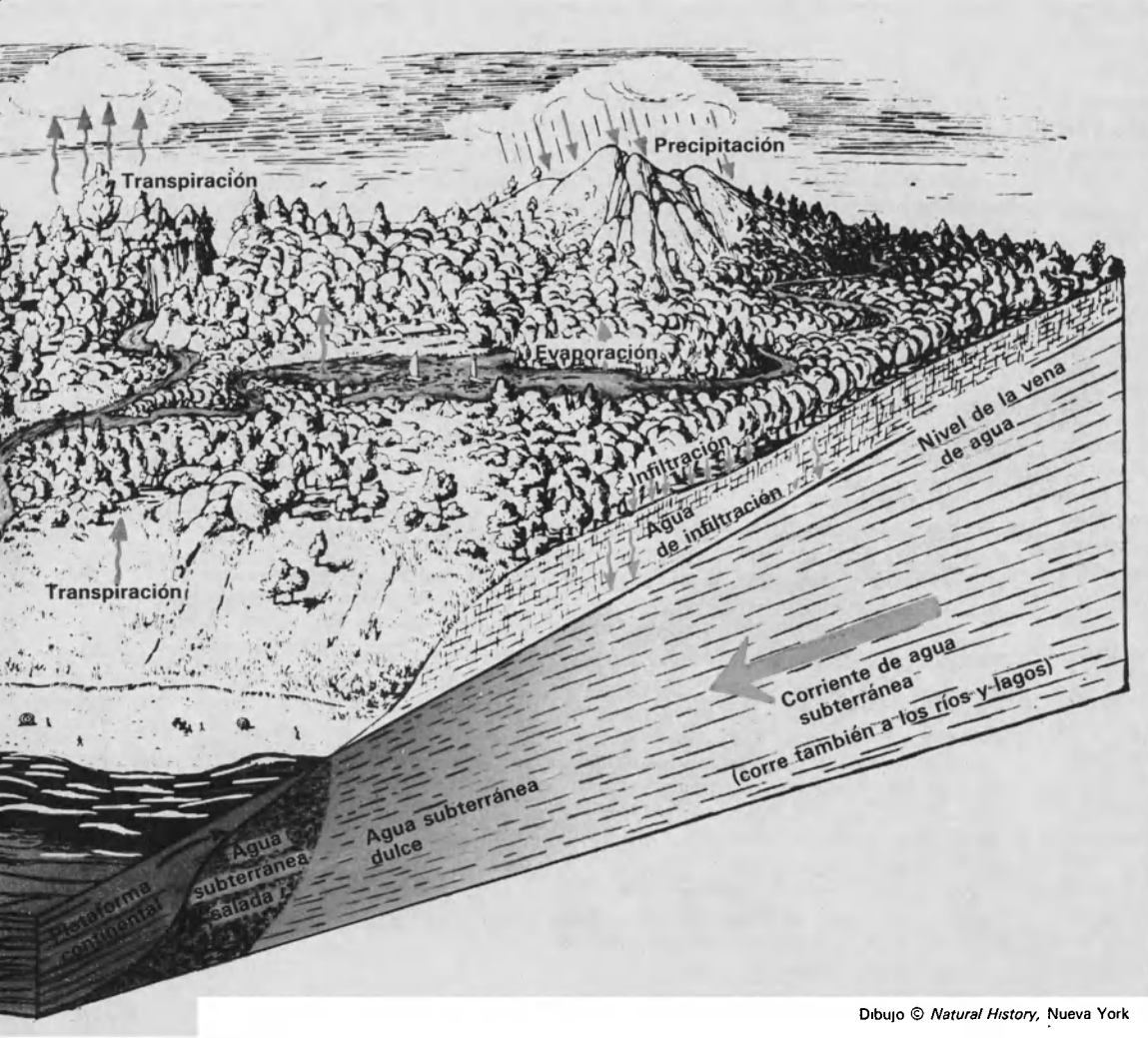
También en Francia hubo quienes empezaron a pensar de modo independiente, por ejemplo Bernard Palissy. Palissy publicó, en 1580, un libro en el cual afirmaba —por primera vez en la historia— que las fuentes se alimentan únicamente de agua de lluvia. Dio también una explicación correcta de los pozos artesianos, de las relaciones entre las aguas subterráneas y los ríos y, por último, del ciclo hidrológico en general. En lo tocante a los pozos artesianos, se adelantó en doscientos años a Erasmo Darwin, a quien se atribuye la "primera explicación exacta", en 1785.

En la historia de la hidrología y de las ciencias conexas, los comienzos del siglo XVII constituyeron un momento decisivo. Se inventaron entonces el barómetro, el termómetro hermético y el higrómetro. Ello hizo posible que se realizaran importantes progresos en meteorología y, como corolario, en hidrología. La primera red meteorológica internacional fue organizada hacia 1654 por Fernando II, Duque de Toscana. Se preparaba así el nacimiento de la hidrología verdaderamente científica, basada en el concepto de ciclo.

Pierre Perrault (1611-1680), jurista francés que se dedicó más tarde a la física, fue quien rompió definitivamente con las tradiciones consagradas a propósito del agua. Perrault, en su intento de medir por primera vez los factores hidrológicos, demostró que las precipitaciones en una parte dada de la cuenca superior del Sena eran por lo menos cien veces superiores al caudal de los ríos de esa zona. Esto venía a demoler el dogma secular según el cual las lluvias no podían ser el origen del caudal de las fuentes y corrientes de agua.

Perrault había observado la desaparición de ríos en simas en las zonas cársticas y la elevación de la capa freática cerca de París cuando subía el nivel del Sena. De ello dedujo, con razón, que el agua del río se infiltraba en los sedimentos de la llanura inundable de París.

No estudió Perrault la importancia de la evaporación marina y terrestre para la reconstitución del vapor de agua atmosférico, pero reconoció implícitamente el origen marino de una parte de la humedad atmosférica. En efecto, como un sexto de las precipitaciones van a parar al mar, tiene



Dibujo © *Natural History*, Nueva York

que haber un mecanismo de retorno sin el cual las masas de aire continentales quedarían muy pronto privadas definitivamente de vapor de agua.

Fue el astrónomo británico Edmund Halley (1656-1742) quien iba a completar el conocimiento del ciclo del agua en su parte atmosférica. Halley parece haber sido el primero que, en 1687, calculó la evaporación marina y atribuyó directamente a esta fuente de vapor de agua las precipitaciones sobre tierra firme.

En su país natal Halley llevó a cabo ciertos experimentos rudimentarios sobre la evaporación a determinadas temperaturas. Utilizaba para ello, en su laboratorio o gabinete, un plato con agua, colocado sobre una balanza, un termómetro y un brasero para mantener la temperatura del agua. En una audaz extrapolación, a partir de la evaporación observada durante dos horas en un plato de 25 centímetros de diámetro, calculó la evaporación anual total del Mediterráneo. Por sorprendente que parezca, el resultado de esos cálculos se acercaba bastante a la realidad.

Basándose en el caudal del Támesis, y mediante otra extrapolación, calculó el caudal de las corrientes de agua que desembocan en el Mediterráneo. Demostró también que la evaporación diaria de ese mar equivalía aproximadamente al triple del volumen de agua que recibía. Se le debe asimismo el descubrimiento del fenómeno de evaporación y de transpiración de las superficies terrestres, debido al cual hay una parte de las precipitaciones que no circula por las corrientes de agua.

Perrault partía del agua que existe ya en la atmósfera y describía el proceso por el que pasaba después de la precipitación. Halley descubrió que la principal fuente de vapor de agua son los océanos, y se esforzó por mostrar la existencia de un equilibrio en el ciclo completo del agua. Es cierto que las medidas y cálculos seguían siendo rudimentarios, pero aquellos grandes científicos pusieron esencialmente de manifiesto la noción de ciclo, que sólo cien años más tarde iba a quedar confirmada.

Un gran precursor, el químico francés Antoine-Laurent Lavoisier (1743-1794), demostró que el agua es un compuesto químico y logró sintetizarla quemando hidrógeno. De sus experimentos dedujo que el agua está compuesta, en peso, por 85 partes de oxígeno y 15 de hidrógeno (la proporción real es de 88,9 y 11,1). Con ello hacía su aparición la teoría atómica. El progreso siguiente se debió al inglés John Dalton (1766-1844).

En un libro de 1793, Dalton afirmó, basándose en varios experimentos, que el agua conserva su identidad química al evaporarse. Formuló también otro principio, que es hoy elemental pero que en aquella época revestía gran importancia, a saber : la evaporación de las superficies terrestres tiene que ser inferior a las precipitaciones ya que, en caso contrario, los ríos no tendrían agua. Abría de este modo Dalton el camino al cálculo de los balances hídricos y, que se sepa, fue el primero que intentó establecer un balance de ese tipo para una región de grandes dimensiones : Inglaterra y el País de Gales.

En 1845, Sir Robert Kane calculó la potencia hidráulica de los ríos irlandeses. Para ello se basó en estimaciones de su caudal obtenidas restando la evaporación de la precipitación, con lo que aceptaba la ecuación fundamental del balance hídrico : caudal = precipitación - evaporación.

En cuanto a las aguas subterráneas, esta parte de la hidrología no llegó a ser comprendida hasta que la geología se convirtió en una verdadera disciplina científica, lo cual ocurrió a principios del siglo XIX, en particular gracias a los trabajos del inglés William Smith (1769-1839), que encauzó la geología estratigráfica y estructural por los caminos que ha seguido desde entonces. En efecto, la estructura geológica de una región constituye, valga la expresión, la "fontanería" de las aguas subterráneas ; hay pues que conocerla a fondo para poder comprender las características del agua.

A partir de sus trabajos prácticos, como ingeniero y como topógrafo, Smith concibió métodos originales de avenamiento, inventó una teoría nueva (incorrecta) sobre la naturaleza de las fuentes y, por último, llegó a hacerse una idea general exacta del flujo de las aguas subterráneas. Su primer mapa geológico lo publicó en 1799. Su conocimiento de la geología y de las aguas subterráneas le permitió resolver el problema que planteaba el abastecimiento de agua a la ciudad de Scarborough. Para ello construyó un túnel de derivación en un acuífero artesiano ; mediante un sistema de regulación se podían aumentar las reservas en el periodo de alimentación y bombear más agua en verano.

Los trabajos hidrológicos de Smith representaban innovaciones muy ingeniosas para su época. Su labor cartográfica estratigráfica permitió la expansión de la hidrología subterránea en el siglo XIX.

A mediados de ese siglo se llevaron a cabo importantes investigaciones sobre las aguas subterráneas, particularmente en Francia.

El padre Paramelle (1790-1875), párroco de Saint-Jean-Lespinasse, estaba preocupado por la escasez de agua en la región calcárea de las Causses, en la periferia del Macizo Central francés. Como sabía que las lluvias bastaban para alimentar las corrientes de agua y las fuentes, dedicó nueve años a estudiar la hidrología de las formaciones rocosas y calcáreas, con éxito total. En 1831 renunció al sacerdocio y dedicó todo su tiempo a determinar emplazamientos para la excavación de pozos. En su libro sobre las fuentes afirmó haber descubierto diez mil fuentes subterráneas. En los centenares de lugares por él elegidos para la excavación de pozos, su proporción de éxitos y fracasos fue de 12 a 1. Su *Art de découvrir les sources,* publicado en 1856, es un jalón importante en la historia de la hidrología subterránea. Debe señalarse que Paramelle no tenía posibilidad alguna de consultar a ningún experto y era casi totalmente autodidacta.

Por su parte, los hidrólogos norteamericanos explotaron y desarrollaron los resultados de los estudios experimentales realizados antes en Europa. A partir de la segunda mitad del siglo XIX, América del Norte se convirtió en uno de los principales centros mundiales de los estudios hidrológicos, en particular en lo que se refiere a las investigaciones *in situ* y a las observaciones prácticas. Gracias a estos trabajos fue posible formular, someter a prueba y modificar diversas teorías que desembocaron en la creación y perfeccionamiento de métodos y de instrumentos.

En ese mismo siglo numerosos investigadores europeos centraron sus esfuerzos en la medición y en la compilación de datos. Entre los primeros estudios cabe citar los basados en los datos reunidos en el curso superior del Rin, cerca de Basilea, de 1825 a 1836 (Venturoli) y en el Garona, de 1837 a 1846 (Baumgarten).

El ingeniero hidráulico húngaro Pal Vasarhelyi (1795-1846) realizó en aquella época una labor muy notable al proceder al primer estudio hidrológico del Danubio medio (incluidos 95 kilómetros de rápidos). Este trabajo, realizado entre 1822 y 1840, ha sido poco estudiado por la mayoría de los historiadores, y, sin embargo, sirvió de base para todos los trabajos ulteriores de regulación del río y para los estudios posteriores del Danubio. Vasarhelyi confeccionó también planes de regulación del Tisza, en 1846. Además de la protección contra las inundaciones, se establecía en esos planes el avenamiento de tres millones de hectáreas de pantanos, que oponían un obstáculo difícilmente superable a la circulación y a la actividad de los hombres.

Si bien es cierto que las ideas relativas a la hidrología global han progresado durante unos 2.500 años, también lo es que la importancia del ciclo global sólo ha sido reconocida cabalmente hace más bien poco tiempo. En este sentido es mucho lo que debemos a los trabajos de los científicos rusos a partir de la segunda mitad del siglo XIX. De 1875 a 1911, A. I. Voveikov destacó la importancia del vapor de agua procedente del Atlántico en el régimen de lluvias de Rusia, y señaló el papel que desempeña la evaporación de las regiones forestales. Otros muchos hombres de ciencia rusos comprendieron también muy pronto que los balances térmicos e hídricos de la tierra están estrechamente relacionados entre sí.

El estudio de los balances hídricos del mundo constituyó uno de los objetivos más importantes del Decenio Hidrológico Internacional (1965-1974) que dio gran impulso a todos los aspectos de la hidrología y sentó las bases para un intercambio mundial de informaciones en esta materia.

El Programa Hidrológico Internacional, emprendido por la Unesco en 1975, está contribuyendo a la elaboración de políticas de desarrollo y administración racionales de los recursos hídricos del mundo, y fomentando de manera constante el estudio de la hidrología global del planeta.

Raymond L. Nace

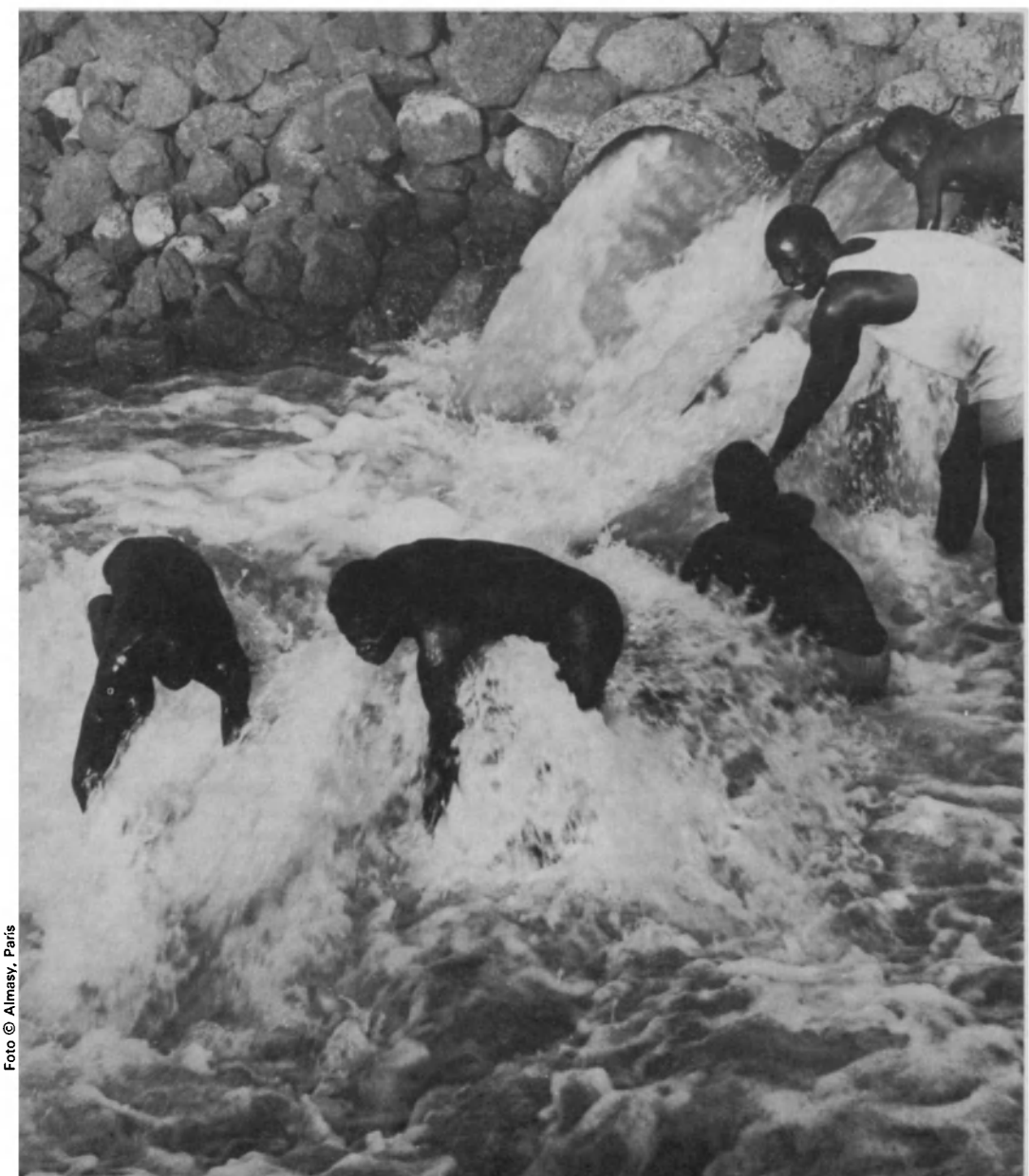


Foto © Almasy, París

Los ríos de la ceguera

En vastas regiones del mundo en desarrollo el agua, lejos de ser fuente de vida, provoca enfermedades extenuantes y a menudo fatales, como la malaria y la bilharziosis, cada una de las cuales afecta actualmente a unos 200 millones de personas. En Africa, cerca de 20 millones sufren de "ceguera fluvial" causada por un parásito que se desarrolla en los ríos de curso rápido, como éste en el cual trabajan risueños unos pescadores sudaneses.



Foto © Jef Bros, París

Canales de avenamiento construidos por los labriegos de Kampung Laut (Sumatra) para transformar la selva pantanosa en tierra apta para la agricultura.

Marineros en tierra

Insólita lección de ecología en los pantanos de Sumatra

por Gérard Francillon

Publicamos a continuación un estudio sobre la situación de los agricultores indonesios que han transmigrado a las selvas pantanosas del delta del Upang. El gobierno de Indonesia ha emprendido en dicha zona un importante proyecto de investigaciones sobre los aspectos sociales y ambientales de la explotación de esas selvas. El proyecto forma parte del programa de la Unesco "El hombre y la biosfera" que trata de establecer, apoyándose en las ciencias naturales y sociales, las bases para la utilización racional de los recursos naturales y el mejoramiento de las relaciones entre el hombre y el medio ambiente.

EL gobierno de Indonesia se enfrenta con graves problemas demográficos en Java y en Bali, dos islas en las que vive más del 65 por ciento de la población nacional en una superficie inferior al 10 por ciento de la totalidad del territorio.

Pese a sus impresionantes resultados, el control de la natalidad y el aumento de los rendimientos agrícolas no bastan para resolver esos problemas. La población de Java tenía ya, según el censo de 1973, una densidad de más de 600 habitantes por kilómetro cuadrado, cifra que excederá de 1.000 al iniciarse el siglo XXI. Y son las ciudades las que, en primer lugar, deberán absorber ese aumento de la población.

En tales condiciones, la transmigración aparece como el medio más racional y rápido para aliviar la tensión demográfica que sufren las islas centrales de Indonesia. La periferia está menos habitada. Así Kalimantán (parte indonesia de Borneo, la mayor isla del archipiélago y una de las tres más grandes del mundo) sólo tiene cinco millones y medio de habitantes y Sumatra, la segunda isla indonesia en extensión, 20 millones (lo que, de todos modos, representa un poco más de 40 habitantes por km^2).

Pero Sumatra tiene la ventaja de poseer todavía extensas selvas inhabitadas y prácticamente no explotadas, sin que el acceso a ellas presente mayores obstáculos. En cambio, la mayor parte de Kalimantán es de

---

GERARD FRANCILLON, *etnólogo francés, ha estudiado por cuenta de la Unesco las consecuencias del turismo intensivo en la sociedad y la cultura tradicionales de Bali. Ha realizado investigaciones similares en Padang, Sumatra. En 1974 participó en la Conferencia Regional de los Comités del MAB (programa "El hombre y la biosfera" de la Unesco), que se celebró en Kuala Lumpur, Malasia.*

acceso difícil ya que los rápidos que abundan en los ríos los hacen a menudo impracticables.

Los dos grandes ríos del sudeste de Sumatra son anchos y profundos en su curso inferior. Las capitales provinciales de Palembang y de Yambi, situadas a 40 o 60 km de la costa, son grandes puertos perfectamente accesibles a la navegación marítima. El esplendor del imperio de Sriviyaya, que floreció entre los siglos VII y XIII, da fe de la importancia que tales puertos tuvieron desde épocas tempranas en la historia de Sumatra.

A ambos lados de los ríos Musi y Batanghari y de sus vastos estuarios y deltas se extienden, a pocos metros de altitud, la mayor parte de los 13 millones de hectáreas de selvas pantanosas del archipiélago que el gobierno indonesio considera como las más apropiadas para la implantación de nuevas poblaciones.

Mas, para que el asentamiento sea duradero, no basta con derribar árboles y distribuir semillas. De ahí que el gobierno, consciente de la importancia de los fenómenos ecológicos que entraña todo proyecto de desarrollo, haya considerado necesario crear un organismo formado por especialistas en cuestiones del medio. Al comité indonesio del MAB (El hombre y la biosfera) se le encomendó la tarea de planificar y administrar el incremento de los recursos terrestres e hídricos. Con la ayuda del programa correspondiente de la Unesco, el comité emprendió la elaboración y coordinación de los estudios relativos al medio físico y humano y a la formación de jóvenes investigadores e ingenieros, tanto en el terreno como en el Instituto Agronómico de Bogor y el Instituto Tecnológico de Bandung.

El terreno lo constituyen, esencialmente, las 150.000 hectáreas de selva pantanosa del delta del Musi cuyos principales brazos son los ríos Banyuasín, Telang, el Musi propiamente dicho y el Upang. El proyecto experimental del delta del Upang, iniciado en 1974, sirve de laboratorio a los equipos de geólogos, hidrólogos, climatólogos y botánicos, a los que pronto se sumaron investigadores encargados de estudiar las posibles aplicaciones prácticas del proyecto : especialistas en materia de técnica forestal, oceanografía, lucha contra los diferentes parásitos, cultivo del arroz, piscicultura, economía rural, etc. Se trataba en realidad de ampliar el objetivo inicial consistente sobre todo en convertir el delta en un gran arrozal continuo. (El segundo plan ha previsto para el periodo de 1974 a 1978 la utilización de un millón de hectáreas de selvas pantanosas).

Teniendo en cuenta el entorno sumamente particular del delta, el estudio de los diversos grupos humanos allí asentados sólo podía realizarse con una perspectiva ecológica. Un equipo de investigadores formados en el Instituto Agronómico de Bogor realizó dicho estudio. A su vez, para la elaboración de los planes de aplicación del proyecto se solicitó la cooperación del comité indonesio del MAB y del sector de Ciencias Sociales de la Unesco.

Desde el punto de vista ecológico, ese proyecto iba a constituir un experimento en gran escala, una suerte de laboratorio gigantesco para la explotación de las selvas pantanosas, del que podrían beneficiarse varios países del sudeste asiático.

La finalidad esencial era estudiar, con la mayor precisión posible, la coexistencia de poblaciones transmigrantes de diferente origen y su adaptación al nuevo ambiente.

Se sabía de la existencia de transmigrantes espontáneos, pertenecientes al grupo étnico de los bugis, a los que hasta entonces no se había prestado asistencia alguna. Pero se ignoraba su número, la manera como se establecieron, sus formas de explotación de los recursos naturales y las causas profundas de su éxodo. Se sabía que habían desbrozado, roturado, regado y plantado sus tierras, prosperando sin consejos ni capitales ni maquinaria. Someras encuestas preliminares indujeron a suponer que esos bugis habían emigrado a causa de la presión demográfica de su península natal, la Célebes meridional. Y se creía que sus arrozales, al invadir la selva, habían ido degradando el medio ambiente y que al disminuir el rendimiento del arroz los bugis se vieron obligados a plantar cocoteros.

En vista de ello, se pensaba que los bugis tenían que conquistar nuevos arrozales a expensas de la selva y que, tras hacer fortuna en el delta, regresaban a su lugar natal o, por lo menos, añoraban el retorno.

Uno de los grandes méritos de los investigadores del Instituto Agronómico de Bogor es haber descubierto, tras una encuesta rigurosa, que los bugis no se vieron obligados en mayor medida que otros grupos a abandonar su península por la falta de tierras o por la inseguridad de su producción, y que era erróneo atribuir el bajo rendimiento exclusivamente al cultivo intensivo del arroz, el cual habría agotado el suelo despojándolo bruscamente de su manto forestal.

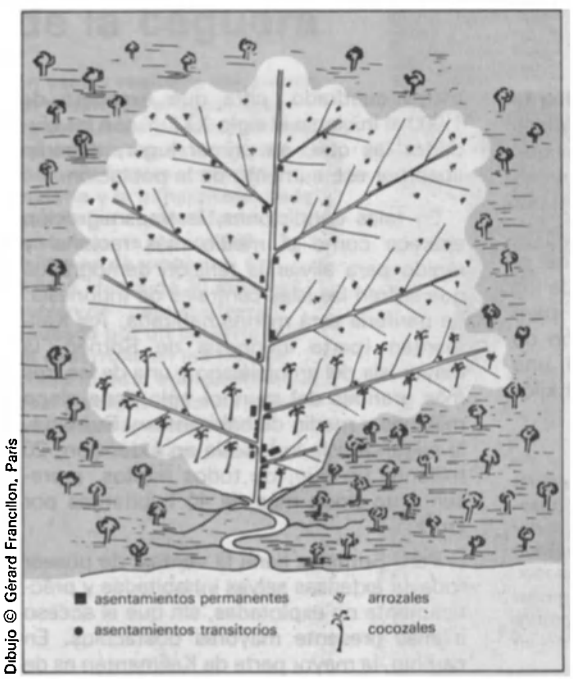
Los investigadores observaron también que eran los recién llegados y no los primeros transmigrantes quienes expresaban frecuentemente el deseo de volver a su región.

Finalmente, llegaron a la conclusión de que el orden y la disciplina de que daban muestras las colonias bugis no resultaban de un sometimiento habitual a las jerarquías tradicionales (puesto que éstas ya habían sido abolidas) sino de los vínculos casi filiales que unían a los jóvenes con los pioneros más antiguos y, en particular, con el primero de estos, el "jefe de canal"; y que a la intensidad y regularidad de sus esfuerzos se debían los mejores rendimientos, ya que los sistemas de avenamiento más antiguos eran los más adecuados y los terrenos roturados en primer lugar daban las más abundantes cosechas.

Pero cabe mencionar aun otro aspecto de la doble vida de los bugis. Marineros por tradición, han dejado huellas profundas en la historia del archipiélago malayo-indonesio, como navegantes desde luego pero también como fundadores de colonias. Justamente, *pasompé,* el emigrante, significa en lengua bugi "el que se hace a la vela".

Aunque es difícil señalar con exactitud el origen de la emigración secular de los

SIGUE EN LA PAG. 32



Dibujo © Gérard Francillon, París

Una estrategia contra los pantanos de la selva

Los bugis de Sumatra, que han transmigrado de otras islas indonesias, han creado asentamientos permanentes en las selvas pantanosas gracias a una red de pequeños canales de avenamiento a ambos lados de otro mayor, largo y recto, que comunica con un río. A los primeros colonos vienen a sumarse sus parientes, cada uno de los cuales desbroza únicamente la tierra necesaria para satisfacer las necesidades de su familia.



Con frecuencia los miembros del grupo étnico de los bugis —herederos de una larga tradición marítima— son no menos diestros como marineros que como labriegos. Su flota de veleros dedicados al comercio entre las islas indonesias se ha triplicado con creces en los últimos años. Arriba, marineros bugis interpretan una "danza del bauprés" en un barco anclado en el río Batang Hari (Sumatra) ; abajo, el cocinero de una embarcación cierne el arroz, alimento diario de la tripulación ; a la derecha, todos a cubierta.





Fotos © Jef Bros, París



Fotos © Jef Bros, París

Es tan grande el prestigio de que gozan los bugis como agricultores que, aunque muchos han emigrado muy recientemente a Sumatra, algunas viejas aldeas de la isla, como Sungsang (arriba), recurren a ellos para transformar en arrozales las selvas pantanosas adyacentes. Abajo, una flotilla de veleros bugis en el puerto de Palembang, Sumatra.



bugis, los historiadores están de acuerdo en que data de 1669, cuando la plaza de Macasar, en las Célebes, cayó en poder de los holandeses.

Tal acontecimiento iba a brindar a los bugis la oportunidad de emigrar a los estuarios y de fundar allí, durante siglo y medio, sultanatos que en su mayoría son aun prósperos, como los de Kutei, Selangor, Johor y Riau. Pero ya antes de aquella fecha habían alcanzado un nivel extraordinario de progreso y desarrollo. Piénsese que en 1638 el primer ministro de Makasar empleaba el latín para sus negociaciones oficiales ; que en 1640 un príncipe podía hacer construir cuarenta juncos en menos de cuarenta días para ir a guerrear, viajando él mismo en una galera con 400 remeros ; que en 1655 un sultán dirigía una flota de 1.183 juncos...

Debido a las guerras europeas de comienzos del siglo XIX y a sus repercusiones en los estrechos malayos, resultan un poco imprecisas las etapas de la expansión de los bugis, pero su influencia no decae hasta fines del siglo pasado. Se inicia entonces la decadencia de su poderío naval, hasta que, a partir de 1970, se crea una nueva flota destinada al tráfico entre los puertos de Java y el de Bima, al este, y los de Palembang y Yambi, al oeste. En 1971 esa flota contaba con 800 veleros, aproximadamente ; en 1976 eran 3.000 y quizá muchos más. Al mismo tiempo, las dimensiones de sus embarcaciones pasaban de 15 metros de largo a 25 e incluso a 30, y en el astillero de Palembang podían verse cascos de 40 metros de largo por 12 de ancho.

Esos veleros son, en su mayor parte, hermosos quechemarines inspirados en los bricbarcas del siglo pasado, o grandes balandros de fabricación económica y sencilla. Esta considerable flota transporta madera de construcción a Yakarta y a menudo regresa sin carga a Sumatra. No obstante, su rendimiento es suficiente para asegurar a cada miembro de la tripulación un salario anual promedio de unos 550 dólares norteamericanos. La renta de los bugis, ya sean marineros o labriegos, es muy superior al promedio nacional y, en todo caso, está muy por encima de lo indispensable para vivir.

En la realidad los bugis no tienen nada que ver con esas imágenes tradicionales que les presentan como aventureros y nómadas del mar, o como agricultores ambulantes que, de chamicera en chamicera, van destrozando alegremente el patrimonio forestal. Lo que sucede es que los bugis marineros, herederos de siglos de navegación por las islas, aprovechan metódicamente, aunque no sin audacia, todas las oportunidades que la historia les brinda para aumentar su poder, particularmente el económico.

Asimismo, los bugis labradores, continuadores de una tradición de varios siglos, saben escoger en las selvas que bordean los estuarios y las costas las brechas por donde van a explorar todos los afluentes de los grandes ríos y de los pantanos costeros. Esos ríos los han remontado y a veces se han establecido junto a ellos, tras sondear el suelo y determinar metódicamente los árboles que había que talar o que preservar.

Luego, lejos de la ribera o de la costa para poder disponer de una ancha faja de protección natural contra las posibles indiscreciones o incursiones de los extranjeros, a lo largo de los ríos y las zonas aledañas expuestos al monzón del norte, han excavado un canal largo y recto y, a ambos lados, como ramales del mismo, canales de avenamiento más pequeños para cada uno de los hermanos y de los primos que han seguido al precursor, al "jefe de canal".

Con el tiempo, un sistema hidrológico regular substituirá el curso de agua natural, mucho más caprichoso. Pasados diez o quince años, el jefe de canal, que habrá envejecido, decidirá abandonar el penoso cultivo del arroz de lluvia —en el que hay que entresacar y trasplantar incesantemente— y reemplazarlo por el del cocotero, que da fruto cada tres meses.

El viejo jefe verá agruparse en torno a su propio y primitivo canal los hogares permanentes de sus primeros compañeros de roturación que, al igual que él, se retirarán poco a poco al ejercicio de funciones más sociales que agrícolas, dejando a los jóvenes —sus hijos y sus sobrinos cercanos o lejanos, atraídos por su renombre— la tarea de llevar la roturación tan lejos como lo exija su creciente número.

Poco a poco la selva irá retrocediendo ante los arrozales que, a su vez, darán paso a los cocotales reconstituyendo así, gradualmente, un manto arbóreo artificial. Esta evolución ha alcanzado su etapa última —e ideal— en las costas sudoccidentales de Riau y de Johor, a ambos lados de los estrechos malayos.

Muchos bugis han sido marineros y labriegos, alternativamente, y en todas las familias hay de ambos, por lo menos entre los bugis de Boné, ya que los de Wajo son exclusivamente labriegos, mientras que los de Makasar son sólo marineros. Y esta es una de las principales razones del éxito alcanzado por los bugis de la costa sudoriental de Sumatra. La dualidad de sus actividades, de tecnología fácil y flexible, estrechamente ligadas en cada familia e incluso en cada individuo, permite a un bugi comunicarse de manera rápida y segura con los demás y participar, dondequiera que se encuentre, en la vida de todas las poblaciones bugis de Boné.

El estudio de esas poblaciones del delta del Upang constituye una empresa particularmente original que marca una etapa en la historia, sumamente corta aun, de la ecología humana.

Gérard Francillon

La máquina del clima

(viene de la pág. 24)

cionaría estabilidad climática a una gran parte de Siberia.

Pero podría producirse también otra tendencia climática, aun mal conocida. Un clima más caliente en las cercanías del Artico tendría quizá repercusiones en el casquete polar septentrional. No cabe precisar todavía en qué consistirían esas repercusiones. En efecto, no se sabe si las precipitaciones de nieve en el Artico aumentarían o disminuirían y, por consiguiente, si el casquete crecería o menguaría.

Ante tal incertidumbre, la reacción lógica consiste en decir : "Más vale que las cosas sigan su curso normal. ¿Por qué arriesgarse ? Si aumenta el tamaño del casquete polar, pueden convertirse en desiertos tierras actualmente cultivables ; si se reduce, el consiguiente ascenso del nivel del mar anegará las ciudades del litoral. Todo esto es demasiado peligroso, y nadie puede pensar seriamente en provocar tales cambios."

A juicio de muchos climatólogos estamos en vísperas de una nueva Era Glacial, y algunos piensan seriamente que la razón por la cual los glaciares no han emprendido todavía su marcha hacia el sur es el calor acumulado por el hombre en la tierra, no sólo directamente, mediante la quema de combustibles fósiles, sino también indirectamente, al aumentar el contenido de bióxido de carbono de la atmósfera (haciendo con ello que ésta retenga una mayor proporción del calor solar).

Otros creen que las partículas de humo que el hombre lanza a la atmósfera han reducido el volumen de la luz del sol que llega a la tierra y han contribuido al enfriamiento del planeta. Hay incluso quienes piensan que estos dos factores se han neutralizado mutuamente : el bióxido de carbono ha provocado una mayor retención del calor y las partículas de humo una mayor reflexión, con lo que no se ha producido efecto alguno.

Y ahora, para complicar el debate, nos llegan noticias inquietantes : muchos datos indican que el sol no emite siempre la misma cantidad de calor y de luz. El estudio de las manchas solares a partir de los testimonios históricos indica que hay periodos muy largos de "calma", sin manchas, lo cual incide en la emisión de calor y de luz por el sol.

Como vemos, la naturaleza tiene muchos modos de alterar nuestro clima. Tan sólo desde hace muy poco tiempo han sido los esfuerzos del hombre lo suficientemente grandes como para surtir algún efecto a este respecto.

El debate queda pues planteado así : ¿debemos lanzarnos a la tarea de trasvasar inmensas cantidades de agua —inmensas pero pequeñísimas en comparación con la contenida en las masas glaciares que invadieron los continentes hace apenas unos miles de años— o debemos contentarnos con que nuestro clima siga estando determinado por la naturaleza ?

Supongamos que continuáramos adelante con los proyectos previstos : los primeros en realizarse serán probablemente el de la NAWAPA, en América del Norte, y el soviético de trasvasar gran parte de las aguas del Pechora a la cuenca del Volga.

Este último proyecto proporcionaría agua suficiente para regar 10 millones de hectáreas, producir 3.000 millones de kilovatios-hora de electricidad y salvar al mar Caspio de la desecación y del aumento consiguiente de su salinidad. También aportaría agua al mar de Azov, devolviendo a su cuenca su salinidad natural.

El proyecto norteamericano de la NAWAPA es más ambicioso todavía porque afecta a tres países y porque abriría desiertos a la agricultura y proporcionaría agua suficiente para "lavar" los Grandes Lagos, devolviéndoles la pureza que tenían sus aguas antes de la industrialización.

Los efectos climáticos de ambos proyectos son relativamente fáciles de comprender. En el caso soviético, el aumento de la superficie de las dos grandes masas de agua —el mar Caspio y el de Azov— acarrearía el aumento de la evaporación y las consiguientes lluvias más al Este, en las regiones avenadas por los ríos a los que afecta este proyecto hidráulico, con lo que se llegaría pronto a un equilibrio. En la medida en que se produjeran cambios climáticos, éstos consistirían en el restablecimiento de las condiciones existentes antes de la industrialización de la región.

Análogamente, el proyecto de la NAWAPA se propone devolver a lagos y tierras las características que tenían antes de la explotación industrial y agrícola de esas regiones. Uno y otro proyectos proporcionarían asimismo agua para el riego, estabilizando con ello unas tierras que, debido a la explotación agrícola extensiva, se convierten en parameras durante los años secos.

Pero aun existe otra ventaja : el aumento de nuestros conocimientos. Aunque hay quienes piensan que es inmoral hacer experimentos con el tiempo y con el clima, conviene repetir una y otra vez que la propia naturaleza hace tales "experimentos", y en su caso no son en modo alguno controlables. Hoy disponemos de una tecnología que nos permite evaluar las modificaciones provocadas por nuestras actividades. Así, podemos vigilar los efectos climáticos de los proyectos de la NAWAPA y del Pechora y comprender de ese modo cuáles son los efectos meteorológicos de un gran movimiento de aguas.

Con ello resultarían posibles otros proyectos. Los estudios soviéticos sobre la cuenca del Yenisei no han pasado todavía de la fase inicial de la planificación, decisión sin duda muy prudente. La creación de un mar interior tan cerca del Artico tendría graves repercusiones sobre el clima, no solamente del Artico sino también del resto del mundo. Sería, pues, una locura lanzarse a realizar tan gigantesco proyecto sin conocer mejor esas repercusiones.

Pero es posible que un día tengamos que actuar así. Ni el sol ni la Tierra se mantienen invariables. El clima ha cambiado a lo largo de miles de años, y hoy estamos en el umbral de un nuevo cambio que, según todos los indicios, constituirá no un mejoramiento sino un empeoramiento del clima. A menos que intervengamos nosotros. Y no cabe duda de que podemos intervenir.

Jerry Pournelle

LATITUDES Y LONGITUDES

Libros recibidos

• *Introducción a la lengua y la literatura catalanas*
por A. Terry y J. Rafel
Ariel, Barcelona, 1977

• *Sobre el rigor poético en España y otros ensayos*
por José Manuel Blecua
Ariel, Barcelona, 1977

• *La luz y la oscuridad en el teatro de Buero Vallejo*
por J. Verdú de Gregorio
Ariel, Barcelona, 1977

• *Comedia : Paraíso*
de Dante Alighieri
Texto original y traducción, prólogo y notas de Angel Crespo
Seix Barral, Barcelona, 1977.

• *Autobiografía*
de Charles Darwin
(Dos volúmenes)
Alianza Editorial, Madrid, 1977

• *Poesía*
de Rubén Darío
Alianza Editorial, Madrid, 1977

• *El libro de las tierras vírgenes*
por Rudyard Kipling
(Dos volúmenes)
Alianza Editorial, Madrid, 1977

• *El fracaso de la escuela*
por John Holt
Alianza Editorial, Madrid, 1977

• *El Siglo de Hierro*
por Henry Kamen
Alianza Editorial, Madrid, 1977

• *Los amigos políticos. Partidos, elecciones y caciquismo en la Restauración (1875-1900)*
por José Varela Ortega
Alianza Editorial, Madrid, 1977

• *Las transformaciones del Estado contemporáneo*
por Manuel García Pelayo
Alianza Editorial, Madrid, 1977

• *Ecología y desarrollo*
por Ramón Tamames
Alianza Editorial, Madrid, 1977

• *Tesis sobre la ciudad del futuro*
por Alexander Mitscherlich
Alianza Editorial, Madrid, 1977

• *La comprensión humana, 1. El uso colectivo y la evolución de los conceptos*
por Stephen Toulmin
Alianza Editorial, Madrid, 1977

• *Literatura popular en España en los siglos XVIII y XIX*
por Joaquín Marco
(Dos volúmenes)
Taurus Ediciones, Madrid, 1977

• *Luis Cernuda*
(El escritor y la crítica)
Edición de Derek Harris
Taurus Ediciones, Madrid, 1977

• *Las bases moleculares de la memoria*
por E.M. Gurowitz
Taller de Ediciones JB, Madrid, 1977

• *Imperialismo y pensamiento burgués*
por José Acosta Sánchez
Editorial Fontanella, Barcelona, 1977

El castellano en la Unesco

El 30 de enero pasado se celebró en la Casa de la Unesco, en París, una ceremonia conmemorativa del milenario de la lengua castellana, o española, como hoy se la conoce en el mundo. Intervinieron en la misma los Delegados Permanentes de Argentina y de España en la Unesco, señores Massuh y Pérez Hernández. A continuación, el filólogo español señor Rafael Lapesa, secretario perpetuo de la Real Academia Española, pronunció una documentada conferencia sobre los orígenes y el desarrollo del castellano. Puso de relieve el señor Lapesa, con múltiples datos y ejemplos, el largo itinerario histórico y geográfico recorrido por este idioma que hoy hablan 300 millones de seres humanos, desde el humilde monje del monasterio de San Millán de la Cogolla (Logroño) que escribiera las famosas "Glosas Emilianenses" (primer documento escrito en la nueva lengua, hace ahora mil años) hasta los grandes escritores actuales de España e Hispanoamérica. Como conclusión de la ceremonia, se inauguró una exposición del libro español. Recordemos a nuestros lectores que en *El Correo* de agosto-septiembre pasados, dedicado a América Latina, se incluía un artículo del profesor argentino Marcos A. Morínigo en torno al mismo tema.

Energía solar para la televisión

Australia va a utilizar la energía solar para la instalación de un sistema de 13 estaciones de amplificación y retransmisión de comunicaciones telefónicas, emisiones de televisión y señales telegráficas, situadas a intervalos de 45 kilómetros. El país cuenta ya con 40 centros de energía solar que le han permitido dotar de servicio telefónico a las regiones más aisladas.

La computadora y el cerebro

Es improbable que las computadoras lleguen a igualar la inteligencia humana. Tal es la opinión que el investigador soviético Nicolai M. Amosov expresa en un artículo publicado en el último número de la revista trimestral de la Unesco *Impacto - Ciencia y sociedad* (Vol. 28, No. 1), dedicado al cerebro, la memoria y el aprendizaje. Entre los temas de los artículos restantes figuran el sueño, la comprensión del lenguaje y el papel que desempeñan los placebos en la curación de las enfermedades.

La contaminación en el Mediterráneo

Científicos de 78 laboratorios pertenecientes a 18 países de la cuenca del Mediterráneo se hallan trabajando en común para luchar contra la contaminación de ese mar que, aunque representa sólo el 1 % de la superficie global de los océanos, contiene cerca de la mitad de todo el alquitrán y el petróleo flotantes del mundo entero. La Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) de la Unesco participa en este esfuerzo de cooperación sin precedentes entre dichos países.

Para reducir las pérdidas de alimentos

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) ha creado un nuevo fondo de diez millones de dólares destinado a reducir las pérdidas posteriores a las cosechas (granos, raíces y tubérculos) en los países en desarrollo. Gracias a la utilización de técnicas de almacenamiento fácilmente adaptables a las zonas rurales, se espera disminuir dichas pérdidas por lo menos en un 50 por ciento hasta 1985.

Nuevo museo histórico en Arabia Saudita

El nuevo Museo de Arqueología y Etnografía de Riad (Arabia Saudita) —cuyas colecciones abarcan un periodo que va desde la temprana Edad de Piedra hasta el pasado reciente— da fe de la importancia que tuvo Arabia en la antigüedad como puente cultural y geográfico entre Oriente y Occidente. Entre las piezas del Museo figuran algunas de particular importancia, que datan de 4.000 años antes de nuestra era, descubiertas por el Departamento de Antigüedades de Arabia Saudita en las provincias orientales del reino.

Bosques para el desarrollo

La Agencia para el Desarrollo Internacional (AID) de Estados Unidos ha realizado estudios en Filipinas, Indonesia y Nepal con miras a fomentar la creación de granjas para el cultivo de ciertos árboles y plantas lignarias que al parecer podrían aprovecharse regularmente tres o cuatro años después de ser plantados. Resultan obvios los beneficios de esta actividad forestal que, a más de suministrar forraje y combustible doméstico, constituye una fuente de empleo y de energía para las industrias rurales y de otro tipo, particularmente la de fabricación de papel.

En comprimidos

• *Según una información de los expertos del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), cada año se vierten en los océanos del mundo seis millones de toneladas de petróleo.*

• *La República de Senegal ha ofrecido una contribución de un millón de dólares, en el espacio de cinco años, a la Universidad de las Naciones Unidas.*

• *El Unicef ha proporcionado una ayuda especial de 1.200.000 dólares a las víctimas de la sequía de Haití.*

• *Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la producción mundial de alimentos aumentó en 1977 solamente en 1,5 % mientras que el crecimiento demográfico fue de 2 %.*

BRODARD GRAPHIQUE, COULOMMIERS. — Dépôt légal C 1 — Février 1978 — IMPRIMÉ EN FRANCE *(Printed in France).*

Un manual de la Unesco para domesticar el sol



Precio : 1.300 pesetas
75 francos

261 páginas

La reciente —y creciente— demanda de energía en todo el mundo ha suscitado un gran interés por el estudio de nuevas fuentes de energía. De todas esas fuentes, la que aparece como más prometedora es la energía solar.

Las bases científicas de la utilización de esa energía fueron establecidas hace ya tiempo, pero su utilización en gran escala sólo es tecnológicamente posible desde hace poco.

La Unesco, que desde hace tiempo se preocupa insistentemente por el problema, encargó al autor, Wolfgang Palz, especialista en energía solar de la Comisión de las Comunidades Europeas, un estudio sobre la cuestión, en el que se basa el presente volumen, fruto de un largo trabajo de investigación.

El libro, escrito en un lenguaje sencillo perfectamente accesible a los no especialistas e ilustrado con profusión de fotos, diagramas y dibujos, examina detalladamente las últimas novedades en esta esfera, incluyendo los métodos para el uso del calor solar, la conversión termodinámica en energía dinámica y eléctrica y el desarrollo y aplicación de las células solares. Con él su autor abre un camino fundamental en un terreno hasta ahora tan poco explorado o explicado.

Editan conjuntamente el volumen la Unesco y la Editorial Blume. La exclusiva de venta corresponde en Francia a la Unesco y en España a la Editorial Blume (Milanesado, 21-23, Barcelona—17, España). En los demás países, a la Unesco y Blume indistintamente.

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.

ANTILLAS HOLANDESAS. C.G.T. Van Dorp & C°. (Ned. Ant.) N.V. Willemstad, Curaçao. — **ARGENTINA.** EDILYR S.R.L., Tucumán 1699 (P.B."A".), 1050, Buenos Aires. — **REP. FED. DE ALEMANIA.** Todas las publicaciones : S. Karger GmbH, Karger Buchhandlung, Angerhofstr. 9, Postfach 2, 8034 Germering / Munchen. Para "UNESCO KURIER" (edición alemana) únicamente : Colmantstrasse 22, 5300 Bonn. — **BOLIVIA.** Los Amigos del Libro, casilla postal 4415, La Paz ; Perú 3712 (Esq. España), 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). — **COLOMBIA.** J. Germán Rodriguez N., calle 17, No. 6-59, apartado aéreo 463 Girardot, Cundinamarca; Editorial Losada, calle 18 A, No. 7-37, apartado aéreo 5829, Bogotá, y sucursales : Edificio La Ceiba, oficina 804, calle 52, N° 47-28, Medellín.— **COSTA RICA.** Librería Trejos S.A., apartado 1313, San José. — **CUBA.** Instituto Cubano del Libro, Centro de Importación, Obispo 461, La Habana. — **CHILE.** Bibliocentro Ltda., Casilla 13731, Huérfanos 1160, of. 213, Santiago (21). **REPUBLICA DOMINICANA.** Librería Blasco, Avenida Bolívar, No. 402, esq. Hermanos Deligne, Santo Domingo. — **ECUADOR.** RAYD de publicaciones, Garcia 420 y 6 Diciembre, casilla 3853, Quito ; Casa de la Cultura Ecuatoriana, Núcleo del Guayas, Pedro Moncayo y 9 de Octubre, casilla de correos 3542, Guayaquil. — **EL SALVADOR.** Librería Cultural Salvadoreña, S.A., Calle Delgado No. 117, apartado postal 2296, San Salvador. — **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 Al- Andalus, Roldana, 1 y 3, Sevilla 4 ; LITEXSA, Librería Técnica Extranjera, Tuset, 8-10 (Edificio Monitor),Barcelona. — **ESTADOS UNIDOS DE AMERICA.** Unipub, P.O. Box 433, Murray Hill Station, Nueva York, N.Y. 10016. Para "El Correo de la Unesco" : Santillana Publishing Company Inc., 575 Lexington Avenue, Nueva York, N.Y. 10022. — **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 Paris (CCP Paris 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. — **JAMAICA.** Sangster's Book Stores Ltd., P.O. Box 366 ; 101 Water Lane, Kingston. — **MARRUECOS.** Librairie "Aux Belles Images", 281, avenue Mohammed V, Rabat ; "El Correo de la Unesco" para el personal docente : Comisión Marroquí para la Unesco, 20, Zenkat Mourabitine, Rabat (C.C.P. 324-45). — **MEXICO.** SABSA, Insurgentes Sur, No. 1032-401, México 12, D.F. Unicamente para las publicaciones : CILA (Centro Interamericano de Libros Académicos). Sullivan 31 bis, México 4, D.F. — **MOZAMBIQUE.** Instituto Nacional do livro e do Disco (INLD), Avenida 24 de Julho, 1921, r/c e 1° andar, Maputo. — **PANAMA.** Empresa de Distribuciones Comerciales S.A. (EDICO), Apartado postal 4456, Panamá Zona 5. — **PARAGUAY.** Agencia de Diarios y Revistas, Sra. Nelly de García Astillero, Pte. Franco 580, Asunción. — **PERU.** Editorial Losada Peruana, Jirón Contumaza 1050, apartado 472, Lima. — **PORTUGAL.** Dias & Andrade Ltda., Livraria Portugal, rua do Carmo 70, Lisboa. — **REINO UNIDO.** H.M. Stationery Office, P.O. Box 569, Londres S.E. 1. — **URUGUAY.** Editorial Losada Uruguay, S.A., Maldonado 1092, Montevideo. — **VENEZUELA.** Librería del Este, Av. Francisco de Miranda 52,Edificio Galipán, apartado 60337, Caracas ; La Muralla Distribuciones, S.A., Avenida 5a, 6a transversal, Residencia los Tulipanes, Edificio N° 5, Apto. 5B, Caracas.

Agua mucha agua pero...

En la Tierra abunda el agua. Y, sin embargo, sólo una fracción infinitesimal (aproximadamente la diezmilésima parte) es agua dulce de ríos y lagos, directamente aprovechable para el consumo humano. Mientras tanto, la demanda mundial aumenta constantemente. Resultado : la escasez de agua potable puede resultar pronto muy grave, incluso en zonas donde antes se consideraba elemento prácticamente inagotable.

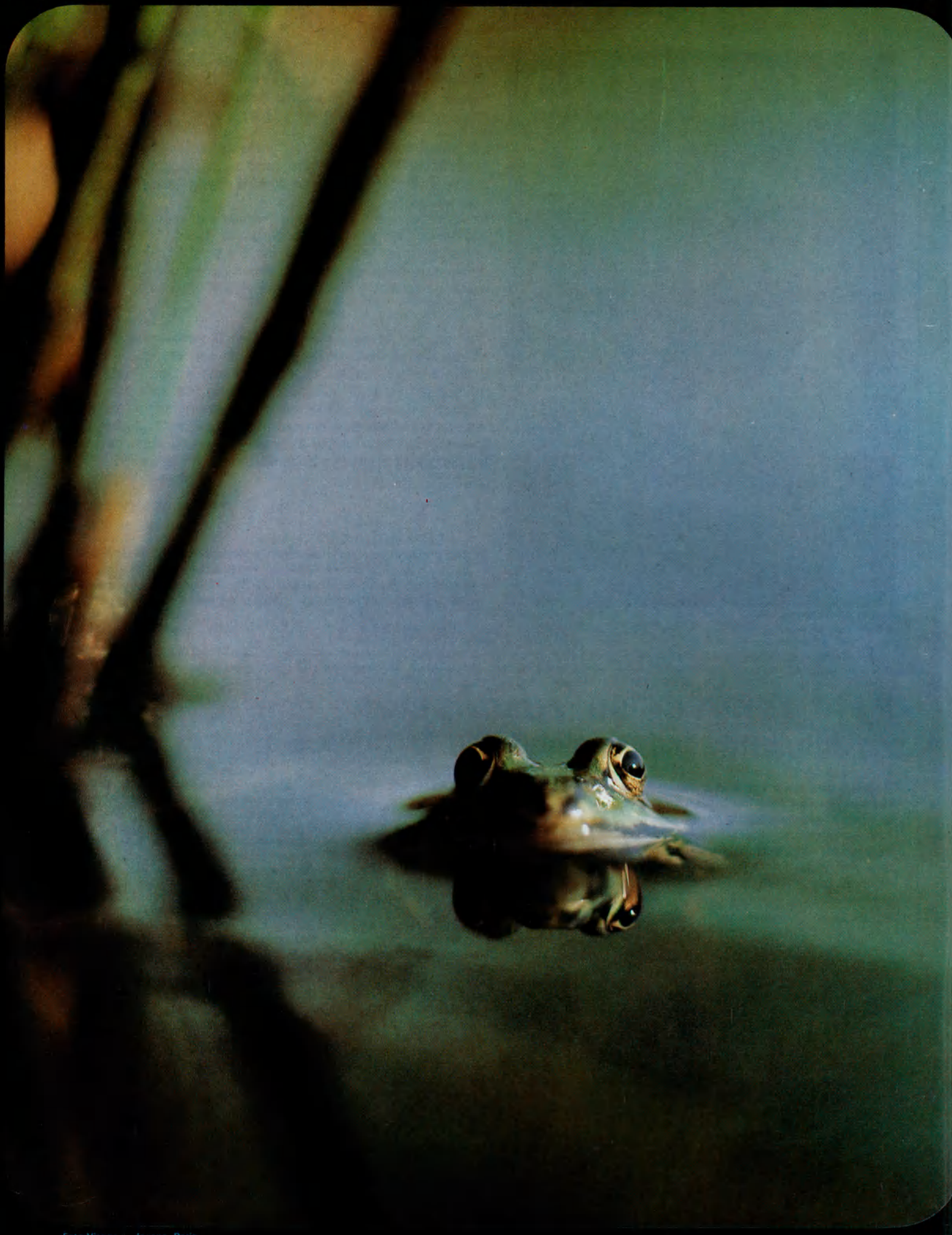


Foto Visage - Jacana, Paris