

*Jouanolle*



Una ventana abierta al mundo

# El Correo

Enero 1974 (año XXVII) - Precio: 2,40 francos franceses

La  
energía  
en el  
mundo

LO QUE EL SOL  
NOS PROMETE





TESOROS  
DEL ARTE  
MUNDIAL

84

**SIERRA LEONA**

***El alma de un jefe***

Esta espléndida cabeza de piedra, de tamaño natural (23 cm), es obra de un artista de un pueblo extinguido de Sierra Leona. Sólo se conocen unas pocas de esas cabezas, todas ellas encontradas en el territorio de los mendes, uno de los pueblos de Sierra Leona, que allí se instalaron hace tres siglos. Los mendes solían llamarlas «Mahaenyé» (alma del jefe) y les atribuían poderes sobrenaturales. El ejemplar reproducido en esta página se conserva en el Museo de Etnología de Basilea, Suiza.

ENERO 1974  
AÑO XXVII

**PUBLICADO EN 15 IDIOMAS**

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

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

Tarifa de suscripción anual : 24 francos.

★

Los artículos y fotografías de este número que llevan el signo © (copyright) no pueden ser reproducidos. Todos los demás textos e ilustraciones pueden reproducirse, siempre que se mencione su origen de la siguiente manera : "De EL CORREO DE LA UNESCO", y se agregue su fecha de publicación. Al reproducirse los artículos y las fotos deberá hacerse constar el nombre del autor. Por lo que respecta a las fotografías reproducibles, serán facilitadas por la Redacción siempre que el director de otra publicación las solicite por escrito. Una vez utilizados estos materiales, deberán enviarse a la Redacción tres ejemplares del periódico o revista que los publique. Los artículos firmados expresan la opinión de sus autores y no representan forzosamente el punto de vista de la Unesco o de la Redacción de la revista.

★

**Redacción y Administración**  
Unesco, Place de Fontenoy, 75700-París

**Director y Jefe de Redacción**  
Sandy Koffler

**Subjefe de Redacción**  
René Caloz

**Asistente del Jefe de Redacción**  
Olga Rödel

**Redactores Principales**

Español : Francisco Fernández-Santos  
Francés : Jane Albert Hesse  
Inglés : Ronald Fenton  
Ruso : Georgi Stetsenko  
Alemán : Werner Merkli (Berna)  
Arabe : Abdel Moneim El Sawi (El Cairo)  
Japonés : Kazuo Akao (Tokio)  
Italiano : Maria Remiddi (Roma)  
Hindi : Ramesh Bakshi (Delhi)  
Tamul : N.D. Sundaravivelu (Madrás)  
Hebreo : Alexander Peli (Jerusalén)  
Persa : Fereydund Ardalan (Teherán)  
Portugués : Benedicto Silva (Rio de Janeiro)  
Neerlandés : Paul Morren (Amberes)  
Turco : Mefra Telci (Estambul)

**Redactores**

Español : Jorge Enrique Adoum  
Inglés : Howard Brabyn  
Francés : Philippe Ouannès

**Ilustración :** Anne-Marie Maillard

**Documentación :** Christiane Boucher

**Composición gráfica**  
Robert Jacquemin

La correspondencia debe dirigirse al Director de la revista.

4 JAN. 1974

**LO QUE EL SOL  
NOS PROMETE**

Página

4	<b>BALANCE DE LA ENERGIA EN EL MUNDO</b> Presente y futuro de los recursos planetarios <i>por Harry Lustig</i>
6	<b>LAS CINCO GRANDES FUENTES DE ENERGIA</b> Carbón, petróleo, gas natural, uranio, energía hidráulica
14	<b>LA UNESCO Y LAS NUEVAS PERSPECTIVAS SOBRE LA ENERGIA SOLAR</b> <i>por Rolf E. Glitsch</i>
16	<b>LO QUE EL SOL NOS PROMETE</b> Los campos insospechados que se abren a su aplicación <i>por Peter E. Glaser</i>
21	<b>LA « GRANJA SOLAR »</b>
22	<b>ATRAPANDO EL SOL CON ESPEJOS</b> Fotos
24	<b>DEL HORNO SOLAR A LA PRESA MARINA</b> Calefacción, refrigeración, desalamiento, iluminación, cocinas, etc. <i>por Dan Behrman</i>
26	<b>LA « CASA DEL SOL »</b> Fotos
28	<b>EL POZO DEL CONOCIMIENTO</b> De como una bomba solar instalada en una escuela transforma la vida en un oasis de Mauritania <i>por Howard Brabyn</i>
30	<b>CONTRA LA SED Y EL CALOR, EL SOL DE AFRICA</b>
32	<b>CAZADORES DE SOL EN LAS ESTEPAS DEL ASIA CENTRAL</b> <i>por Vadim Orlov</i>
38	<b>LAS COSECHAS DEL SOL</b> <i>por Alexander Shajov</i>
41	<b>LATITUDES Y LONGITUDES</b>
42	<b>LOS LECTORES NOS ESCRIBEN</b>
2	<b>TESOROS DEL ARTE MUNDIAL</b> El alma de un jefe (Sierra Leona)



**Nuestra portada**

La inagotable fuente de energía que es el sol podría muy bien sustituir a los combustibles fósiles cuyo agotamiento se prevé para un futuro cercano. En nuestra portada, especialmente diseñada para el presente número de El Correo de la Unesco, el artista suizo Bernard A. Kesselring, de Zurich, nos muestra las gigantescas erupciones solares —que a veces pueden alcanzar una distancia de más de 600.000 kilómetros— y, abajo, en la Tierra, un gran reflector solar.

Nº 1 - 1974 MC 73-2-295





# BALANCE DE LA ENERGIA EN EL MUNDO

Frente a la amenaza de una penuria general,  
presente y futuro de los recursos planetarios

por  
**Harry Lustig**

Como consecuencia de los acontecimientos internacionales de estos últimos meses, la atención de la opinión pública se ha enfocado hacia la grave crisis de energía por la que atraviesa el mundo. La demanda total aumenta anualmente a un ritmo aproximado del cinco por ciento y las fuentes tradicionales de energía disminuyen rápidamente. Ni que decir tiene que urge sobremanera la solución del problema cuyas consecuencias conciernen no solamente a los países industrializados sino también a los que están en vías de desarrollo. Se calcula que hacia el año 2000 la población del mundo se habrá duplicado; pues bien, el simple mantenimiento de esa ingente masa de personas, sin pretender mejorar los niveles de vida, exigirá una producción de energía por lo menos tres veces mayor que la actual. La energía es la clave de la producción alimentaria e industrial, así como de la solución de otros problemas vitales para el desarrollo del mundo entero. De ahí que la cuestión de la energía sea desde hace muchos años motivo de grave preocupación para las Naciones Unidas y para la Unesco. En el artículo que a continuación publicamos se hace un balance global de la energía, del cual se deduce que tanto la solución de los problemas actuales como la satisfacción de las necesidades futuras exigen imperiosamente que se desarrollen de la manera más rápida posible otras fuentes de energía aparte de los combustibles fósiles. Una de esas fuentes, la que representa el sol, fue el tema debatido en un importante congreso internacional que se celebró el verano pasado en la Casa de la Unesco, en París. Otros artículos del presente número se refieren a las posibilidades de aplicación práctica de la energía solar en los próximos decenios.

HARRY LUSTIG, físico y educador nacido en Viena, especialista en recursos naturales, es profesor de física y decano del City College de la Universidad de Nueva York. Consejero de la Unesco en materia de energía solar, de 1970 a 1972 formó parte del Sector de Ciencias de la Organización. En la reunión de científicos celebrada en junio de 1973 para asesorar a la Unesco en su programa sobre la energía solar presentó un importante informe en uno de cuyos capítulos se basa el artículo que en estas páginas publicamos.

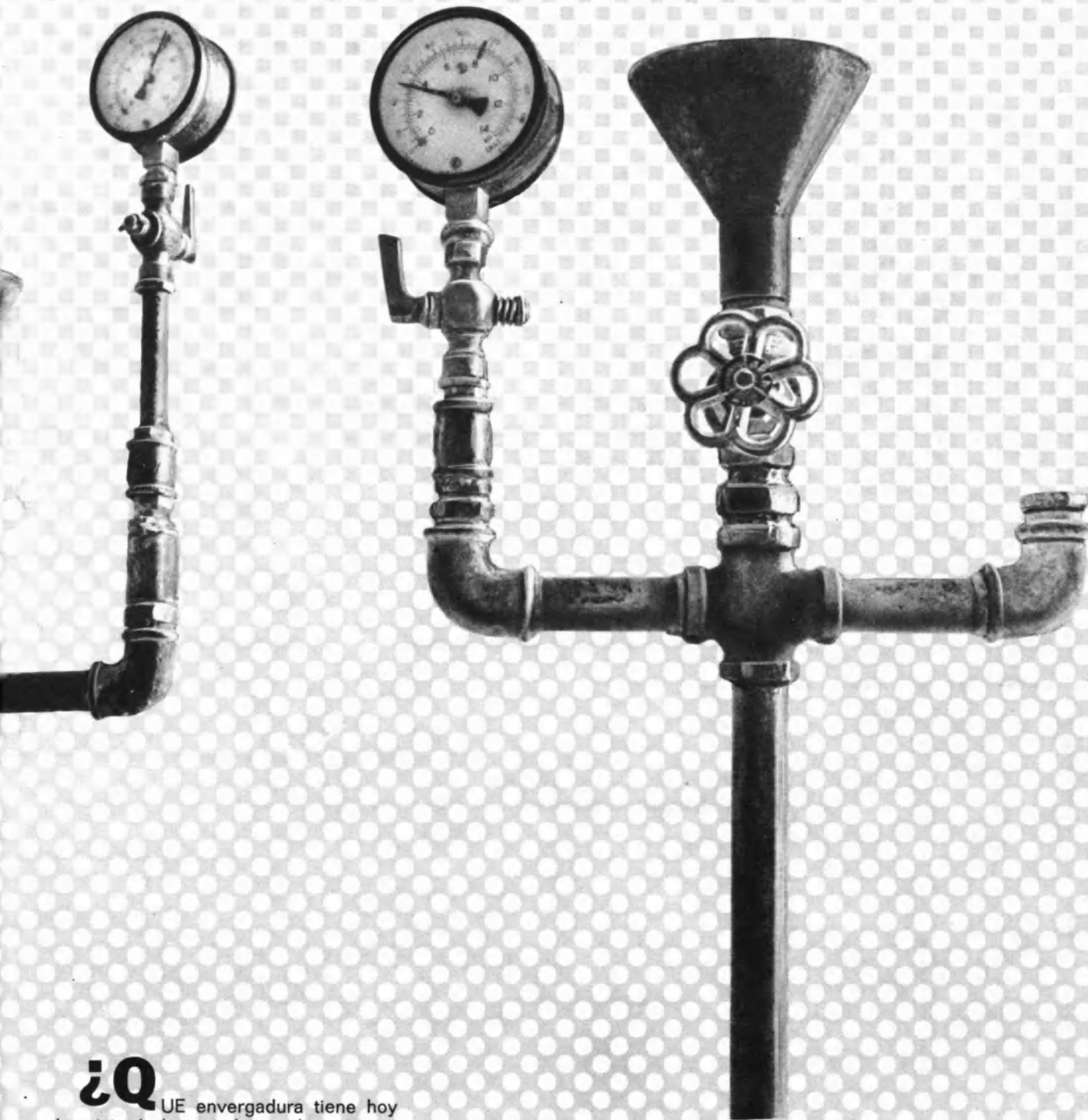


Foto Leonard Freed © Magnum, París

**¿QUÉ** envergadura tiene hoy la crisis de la energía y cuánto tiempo nos queda antes de que alcance proporciones desastrosas? ¿Qué plazo se requerirá para conseguir las necesarias innovaciones tecnológicas y para llevar a cabo los oportunos reajustes económicos y sociales? ¿Hasta qué punto es exacta nuestra evaluación de las reservas de combustibles fósiles?

¿Cuánto durarán las existencias mundiales de combustibles nucleares naturales y en qué medida son esperanzadoras las perspectivas de lograr la fusión controlada? ¿Cuáles son las disponibilidades relativas, las posibilidades de explotación y el costo (para la economía y para el medio ambiente) de los sucedáneos «naturales»: energía solar, energía eólica, energía geotérmica y energía maremotriz?

Por otra parte ¿no será utópico pensar que los habitantes de los países industrializados van a cambiar su modo

de vida con objeto de consumir menos energía? ¿Puede ser razonable y moral pedir a los países en desarrollo que renuncien a su afán de reducir su atraso energético relativo y de acercarse al nivel de vida de que gozan hoy los países desarrollados?

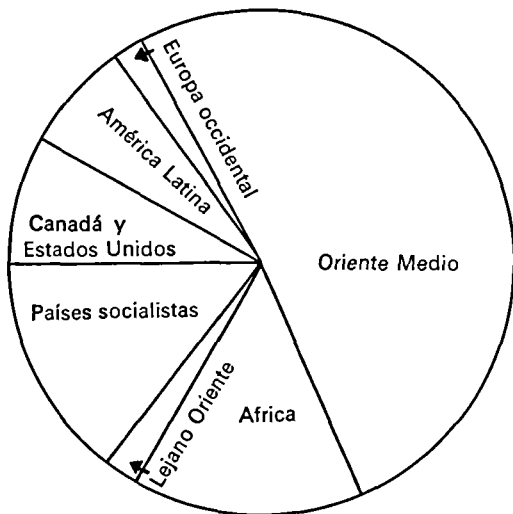
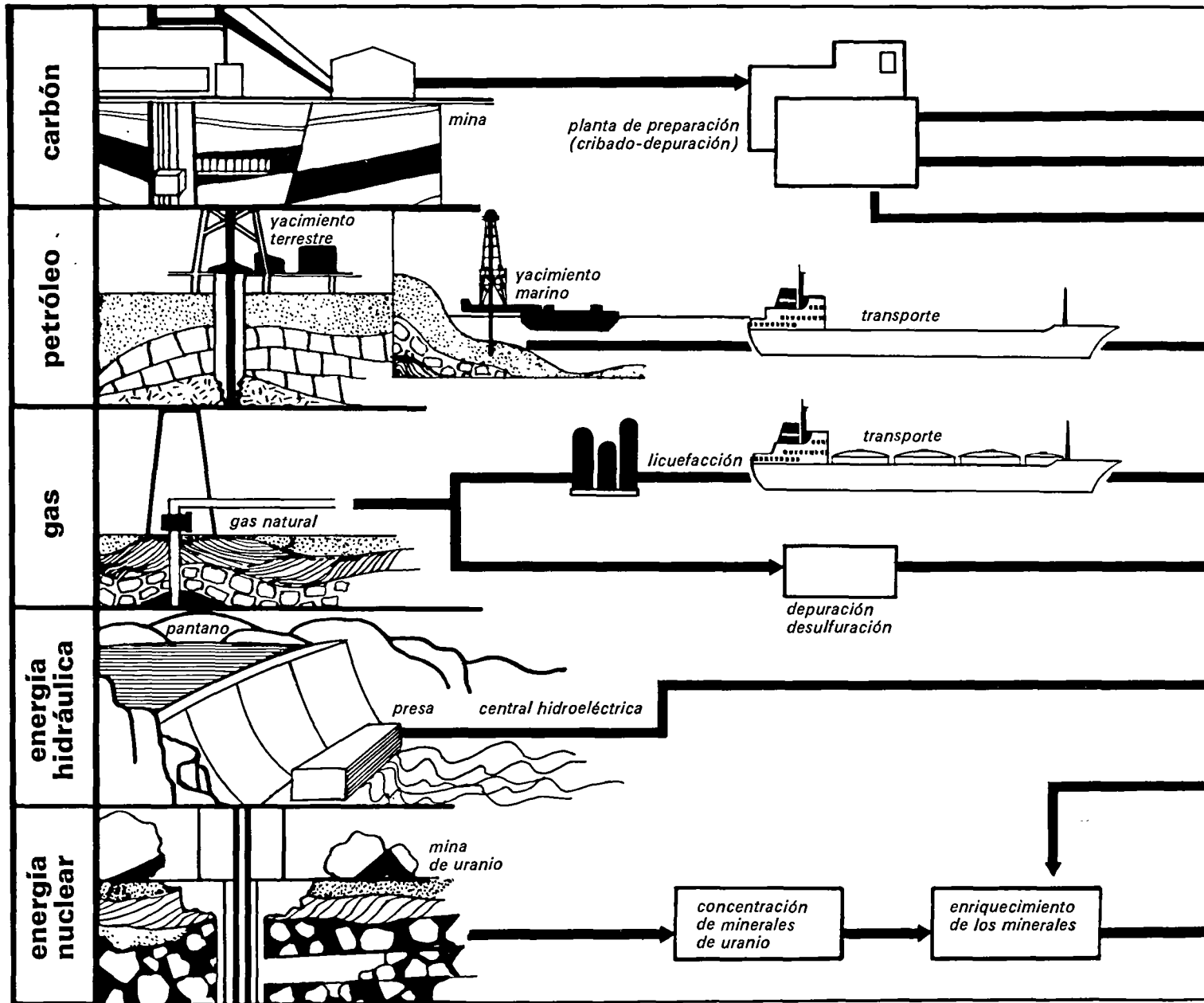
Suele decirse que el futuro de la energía solar dependerá en gran medida de la respuesta que se dé a todas esas preguntas. En efecto, para poder aprovechar esa energía, ya sea en pequeña o en gran escala, no se requieren progresos científicos fundamentales (a diferencia de lo que ocurre en el caso de la fusión nuclear) sino simplemente unos adelantos tecnológicos y una política de inversiones que reduzcan su costo. Por consiguiente,

los factores que van a determinar si la luz del sol puede llegar a ser un instrumento importante para satisfacer las necesidades energéticas del hombre son en gran parte de carácter económico, político y sociológico.

En lo que resta de siglo los Estados Unidos de América consumirán más energía que en toda su historia anterior: para el año 2000 su demanda anual de energía será probablemente el doble de la actual.

¿Cuál es la situación en el plano mundial? Hoy en día, los Estados Unidos —esto es, el 6 por ciento de la población mundial— consumen el 35 por ciento de la energía mundial. El aumento de su consumo anual de energía por persona es, más o menos,

# LAS CINCO GRANDES FUENTES



Reservas mundiales (1) en 1971

**CARBÓN**  
6.641.200 millones de toneladas

**PETROLEO**  
76.200 millones de toneladas

**GAS NATURAL**  
49.900.000 millones de metros cúbicos

**URANIO**  
761.400 toneladas

**ENERGIA HIDROELECTRICA**

Año de agotamiento de las reservas  
Previsiones optimistas (2)      Previsiones pesimistas (3)

2500      2083

2100      1992

2015      1994

Se agotarán entre 1980 y finales de siglo pero pueden aumentar enormemente con la introducción de los reactores nucleares de regeneración rápida. Las reservas podrían ser prácticamente ilimitadas si se empleara la fusión nuclear a base de deuterio.

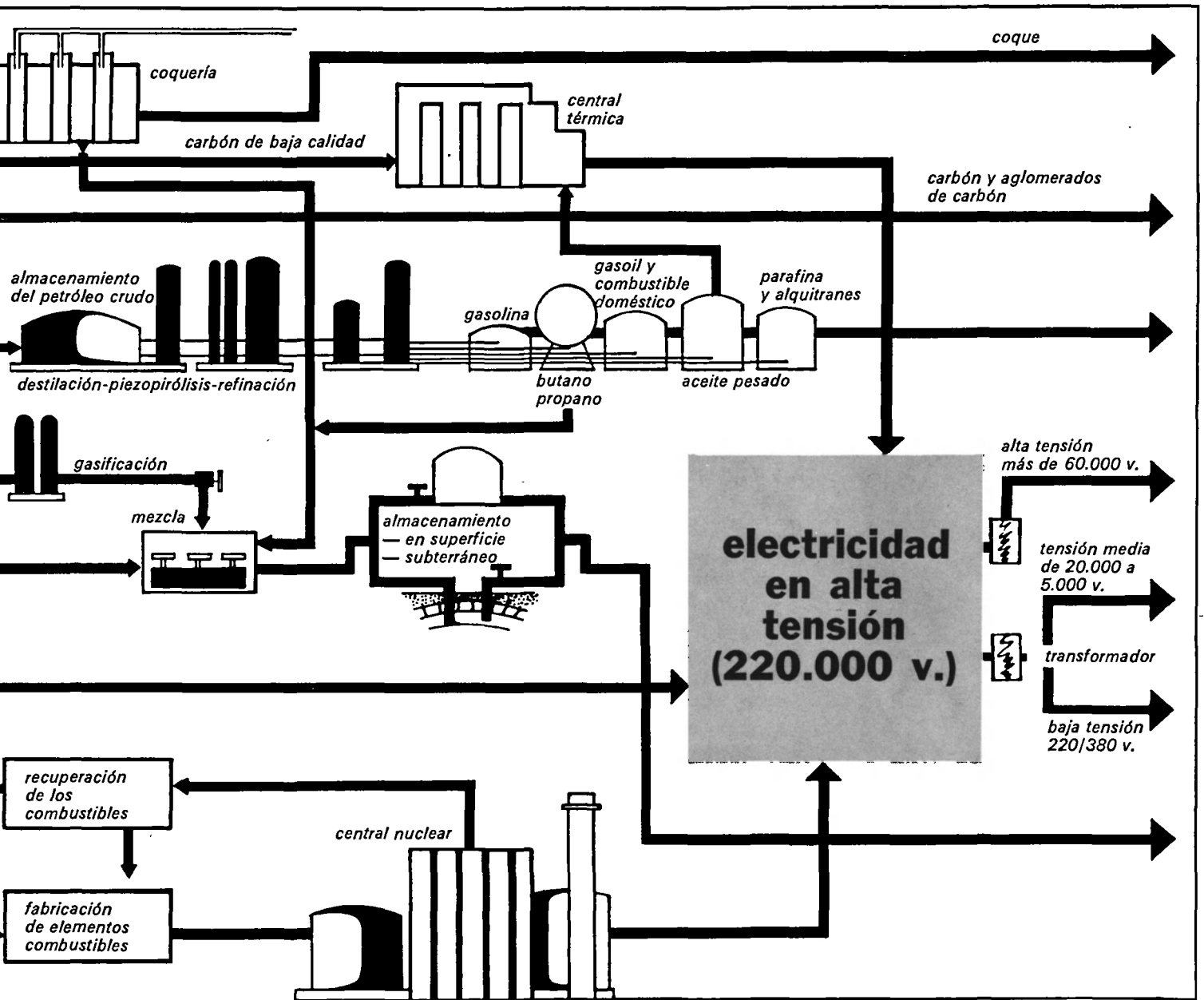
Su uso potencial es relativamente limitado, pero como fuente de energía es inagotable.

**6** Distribución geográfica de las reservas mundiales de petróleo (unos 91.000 millones de toneladas, el 1° de enero de 1973).

(1) Anuario Estadístico de las Naciones Unidas de 1972.  
(2) King Hubbert, Scientific American, septiembre de 1971.  
(3) Los límites del crecimiento, Informe del Club de Roma, 1972.

Gráfico tomado de L'énergie, revista del Ministerio de Desarrollo Industrial y Científico de Francia, Paris.

# TES DE LA ENERGIA MUNDIAL



De 1970 a 2000  
(o sea en 30 años)  
la demanda se  
multiplicará  
por

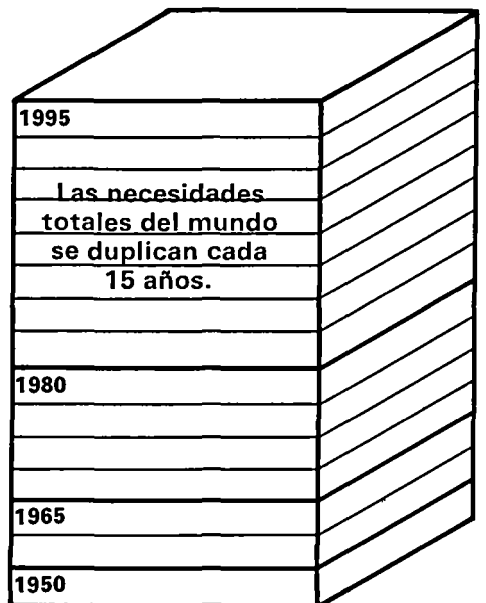
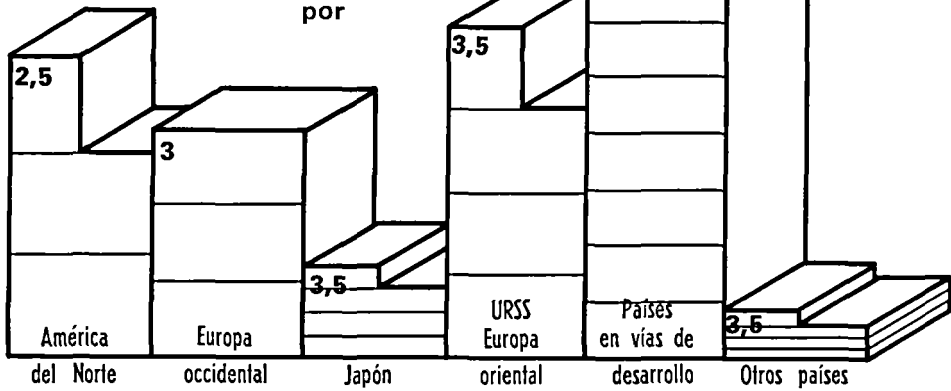




Foto H. Cartier-Bresson © Magnum, Paris

## BALANCE DE LA ENERGIA

(viene de la pág. 5)

del uno por ciento, mientras que el promedio mundial, que arranca de una base muy inferior, está creciendo al ritmo de un 1,3 por ciento.

Debido al crecimiento demográfico, mucho más rápido en ciertas partes del planeta, simplemente para mantenerse a la altura de ese crecimiento (y del 1,3 por ciento de aumento del consumo por habitante) será preciso que para el año 2000 las disponibilidades mundiales de energía se multipliquen por tres, y no por dos. Para esa fecha, la disparidad entre los Estados Unidos de América y los países en desarrollo seguirá siendo muy grande, y es posible que sólo llegue a desaparecer en un plazo de 300 años.

El consumo mundial de energía con fines industriales se duplica cada diez años. Si el ritmo de industrialización cambiara con la rapidez suficiente como para que los países en desarrollo pudiesen alcanzar en el año 2000 el nivel actual de vida de los Estados Unidos de América, el consumo mundial de energía sería unas 100 veces mayor que el actual.

Nuestras reservas de combustibles fósiles se crearon casi totalmente en el periodo cámbrico, que se inició hace unos 600 millones de años. El proceso persiste todavía, pero probablemente al mismo ritmo que en el pasado. Así pues, la acumulación natural en el futuro será absolutamente insignificante; cuando hayamos agotado lo que existe, no quedará nada.

Según el científico norteamericano King Hubbert, las reservas mundiales de petróleo quedarán agotadas el año 2100 y las de carbón el año 2500.

No parece, sin embargo, que King Hubbert haya tenido en cuenta más limitaciones que las relativas al descubrimiento de nuevas reservas y a su extracción, olvidando, por ejemplo, la posibilidad de que un país decida no exportar sus recursos a otro o las limitaciones que por razones ecológicas podrían imponerse al empleo de un combustible. Tampoco toma en consideración una posible manifestación inesperada de sensatez colectiva; por ejemplo, si todos los habitantes del mundo decidieran que el petróleo y el carbón deben conservarse y dedicarse a la industria petroquímica en vez de quemarlos como combustible, las existencias podrían durar mucho más tiempo.

La cifra máxima de producción mundial de petróleo se alcanzará entre el año 1985 y el año 2000. Para esta fecha —en la cual la tasa anual mundial de consumo de energía será tan sólo tres veces mayor que la actual— la mitad o más de las reservas mundiales de petróleo estarán ya agotadas. Es casi seguro que el gas y el petróleo van a dejar de ser una fuente importante de energía para la humanidad antes de mediados del siglo XXI.

En el caso del carbón, la situación resulta mucho más satisfactoria, tanto por lo que se refiere a la exactitud de la estimación de las reservas como en



Foto © Words and Pictures, Estocolmo

Una interminable hilera de bombas de extracción en un campo petrolífero. En contraste, una aislada torre petrolera.



lo tocante a su volumen. Ahora bien, si no se frena en un futuro próximo el actual aumento del ritmo de extracción, se llegará a la cifra máxima antes del año 2050, y las existencias quedarán agotadas para el año 2100. Debe asimismo señalarse que la extracción de carbón ha destruido y ensuciado a menudo el paisaje y que su combustión es causa de grave contaminación debido a las emanaciones de azufre y otros productos.

No obstante, a falta de sucedáneos no fósiles, el carbón se convertirá en la fuente principal de energía durante un futuro indeterminado y, aun siendo muy optimistas en lo que atañe al desarrollo de la energía nuclear y de la solar, el carbón aportará una contribución considerable al consumo creciente de energía durante por lo menos los 50 años próximos.

Aunque el problema de la energía nuclear suele plantearse en función de dos posibilidades —la fisión y la fusión—, para predecir lo que nos reserva el futuro hay que subdividir en dos categorías cada uno de esos dos métodos. Si, como parece probable, la fisión va a ser el único procedimiento utilizable, las perspectivas de una producción considerable y prolon-

gada de energía partiendo de ese sistema dependerán en gran medida de que se siga recurriendo a los reactores actuales, que emplean uranio 235, o de que empiecen a funcionar los reactores de regeneración o autorregenerables que utilizan como combustible el uranio 238 o el torio 232.

Según un informe de la Agencia de Energía Nuclear de la O.C.D.E. (Organización de Cooperación y Desarrollo Económico), de 1970 a 1980 se necesitarán 430.000 toneladas de óxido de uranio en todo el mundo, excluidas la URSS, Europa oriental y China. Hoy día, el óxido de uranio, cuya extracción cuesta más de 10 dólares por tonelada, no puede competir con los combustibles fósiles. Pero, aun incluyendo los minerales de menor calidad como fuente de abastecimiento,



Foto © Y. A. Chauvin, París

Moderno casco de seguridad para la protección de los trabajadores de las minas de carbón.



Géiser de agua caliente utilizado para obtener energía geotérmica.

Foto Georg Gerster © Rapho, París

resulta evidente que la era de la fisión nuclear del uranio 235 será muy breve y terminará probablemente antes de que empiece el siglo XXI.

La situación cambiaría radicalmente si resultara posible utilizar los reactores regeneradores en una escala industrial. Con este sistema podría disponerse como combustible para los reactores de fisión de una gran parte de las existencias de uranio y de torio. En tales condiciones, las reservas actuales de uranio podrían satisfacer las necesidades de energía del planeta

**SIGUE A LA VUELTA**

durante quizás los mil años próximos.

Todo parece indicar que los regeneradores entrarán en funcionamiento en los 20 años próximos, más o menos. Pero este progreso no resolverá totalmente la crisis de la energía. A decir verdad, suscitará nuevos problemas. Para empezar, la energía nuclear tiene en común con la solar la característica de que necesita un empleo intensivo de capital: el costo en capital, por kilovatio de capacidad de producción, de una central eléctrica nuclear es aproximadamente el doble que el de una central que utilice combustibles fósiles.

Pero, sobre todo, sus consecuencias para el medio ambiente son graves. No se trata fundamentalmente de un problema de contaminación del aire por las emanaciones, como ocurre con la combustión de materias fósiles, sino de la eliminación en las debidas condiciones de seguridad de los productos radioactivos de la fisión, del peligro (a decir verdad escaso) de que los reactores provoquen accidentes (que serían desastrosos), y de la contaminación térmica provocada por la enorme refrigeración que exigen las centrales de energía nuclear.

El control del proceso de fusión termonuclear —esto es, el de la bomba de hidrógeno— de modo tal que pueda aprovecharse como fuente de energía eficaz entraña un cierto número de problemas científicos que todavía no están plenamente dominados y de progresos tecnológicos que apenas han sido estudiados seriamente hasta la fecha. De ahí que la fusión siga siendo una posibilidad de muy incierto futuro.

Así pues, quizá sea prematuro preocuparse por las reservas de «materias primas» que la fusión requiere; no obstante, esa preocupación es pertinente ya que el hecho de lograr una fusión eficaz por medio de la reacción deuterio-tritio podría llevarnos hasta la segunda mitad del siglo XXI, pero no más allá.

En cambio, el progreso sería impresionante si se lograra la fusión mediante la reacción deuterio-deuterio. Un metro cúbico de agua contiene un número bastante grande de átomos de deuterio como para producir el mismo calor que el que origina la combustión de 300 toneladas de carbón o de 1.500 barriles de petróleo crudo. Ahora bien, el volumen total de los océanos es de unos 1.500 millones de kilómetros cúbicos. Si se extrajera del mar el deuterio suficiente para reducir su concentración inicial en un uno por ciento, la energía de que se dispondría mediante su fusión sería unas 500.000 veces mayor que el contenido de energía de las reservas mundiales de combustibles fósiles. Habrían de producirse otras muchas calamidades antes de que el planeta perdiera tales reservas de energía.

Hay tres fuentes de energía que no se agotan nunca: la radiación solar, la energía geotérmica y la energía de las mareas. Resulta relativamente

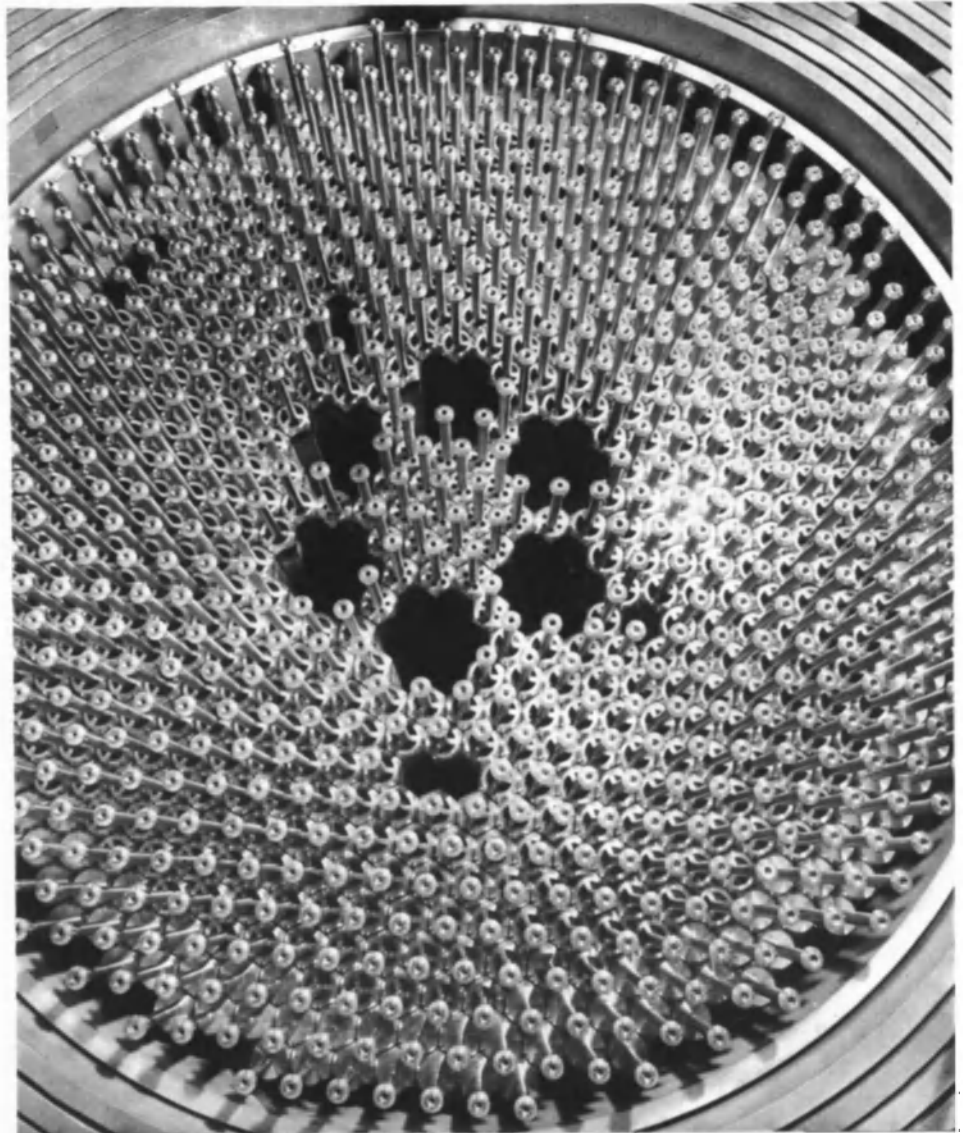


Foto © CEA, París

Numerosos son los países que llevan a cabo investigaciones sobre la utilización de la energía nuclear. Uno de los primeros en hacerlo fue la India que ya en 1954 decidió crear el Centro Bhabha de Investigaciones Atómicas en Trombay, cerca de Bombay (a la derecha). Arriba, la zona activa del reactor nuclear francés «Rapsodie», instalado en 1967 en Cadarache, no lejos de Marsella, por el Commissariat à l'Énergie Atomique.

sencillo evaluar la aportación aproximada de cada una de ellas, pero la tarea primordial y más difícil consiste en determinar en qué proporción podrían explotarse como calor aprovechable o convertirse en energía utilizable, habida cuenta de los conocimientos tecnológicos actuales, de los factores económicos y de los imperativos ecológicos.

La radiación solar total captada por la tierra equivale a 173 billones de kilovatios. El 30 %, más o menos, de esa energía vuelve inmediatamente al espacio por reflexión, un 4,7 % es absorbido por la atmósfera y por la superficie de las tierras y los océanos y un 23 % se consume en el ciclo hidrológico: evaporación, convección, precipitaciones y escorrentía superficial del agua.

Una pequeña proporción —el 0,2 % aproximadamente— es responsable de los diversos movimientos atmosféricos y oceánicos y de las olas del mar. Por último, una fracción más pe-



queña todavía —el 0,02 %, más o menos— es captada por la clorofila de las plantas verdes y, mediante la fotosíntesis, pasa a ser la fuente esencial de energía para el crecimiento de toda la materia viva (así como, en una proporción ínfima, de los combustibles fósiles).

En cuanto a la energía de las mareas, suponiendo que pudiera ser explotada de manera continua, nos proporcionaría una energía equivalente a 567.000 millones de kilovatios hora al año, es decir, menos del 1 % del consumo mundial de energía en 1970.

Respecto de la energía geotérmica, todos los métodos, ya existentes o en estudio, para su utilización consisten en extraer el calor de los volcanes o del agua caliente que contienen las arenas de las cuencas sedimentarias profundas. Desde 1904 funciona en Larderello (Italia) una instalación de producción de energía geotérmica que tiene actualmente una capacidad de 370.000 kilovatios. Las otras tres zonas principales de producción son la de los géiseres del norte de California, la de Wairakei en Nueva Zelanda, e Islandia.

Se ha calculado que las reservas de energía existentes en las principales zonas geotérmicas del mundo equivalen al consumo de energía en los Estados Unidos de América en 1970. Si se la explotara durante los 50 años próximos, su contribución al consumo anual de energía en el mundo, incluso en ese plazo limitado, sería inferior a la de la energía de las mareas.

Por ello, se estima que la aportación total de energía en la superficie de la Tierra se debe casi totalmente (en un 99,98 %) a la radiación solar; la aportación del sol a la energía de nuestro planeta es 5.000 veces mayor que la de todas las demás fuentes de energía juntas.

Con un rendimiento del 10 % en la captación y conversión de la energía solar, bastaría el 2 %, más o menos, de la superficie terrestre de los Estados Unidos de América para satisfacer las necesidades de energía de este país en el año 2000.

La capacidad total de la energía hidráulica en el mundo es de unos 3.000 millones de kilovatios, esto es, un tercio aproximadamente del actual consumo mundial de energía. Ahora bien, sólo se explota el 8,5 % de la energía hidráulica y las tres regiones del mundo que tienen las mayores posibilidades en ese sentido —África, América del Sur y Asia sudoriental— son también las menos adelantadas en el aspecto industrial.

La energía eólica o de los vientos tiene su origen en el sol, a través de la convección oceánica y atmosférica. Aunque cabría resucitar los molinos de viento como fuentes modestas de energía en ciertos puntos, no se puede recurrir a la energía eólica en gran escala o en un plano mundial.

En cuanto al último mecanismo de

Foto Cartier-Bresson © Magnum, Paris

SIGUE A LA VUELTA



### BALANCE DE LA ENERGIA (cont.)

absorción de energía solar por la Tierra, recientemente se han formulado en varios países recomendaciones encaminadas a aumentar la energía solar aprovechada mediante la fotosíntesis, cultivando para ello plantas y árboles idóneos en plantaciones solares especiales y recuperando la energía, ya sea mediante su combustión, ya sea gracias a su transformación en combustibles sintéticos.

Se ha propuesto, por último, crear plantaciones solares en satélites y recuperar la energía en grandes cantidades fuera de la atmósfera de la tierra.

No puede saberse todavía a ciencia cierta cuales de los muchos planes propuestos para el aprovechamiento de la energía solar resultarán más eficaces, ni tampoco el tiempo que habrá de transcurrir antes de que pueda aprovecharse en gran escala la energía solar. Pero si sabemos que el sol es, de entre todas las fuentes renovables de energía, la única que se presta seriamente a una explotación generalizada y permanente y que, a decir verdad, constituye la única alternativa a los reactores de regeneración o a la fusión termonuclear, por lo que a la solución de la crisis de la energía se refiere.

En los últimos años, los partidarios de la energía solar se han mostrado lo bastante realistas para reconocer que el sol no llegará a ser una importante fuente directa de energía hasta que el costo de su captación y conversión no sea por los menos comparable al de los combustibles tradicionales.

De todos modos, en su utilización directa como calor para calentar el agua y las viviendas y para destilar el agua, la energía solar compite ya en muchas regiones del mundo con la electricidad y con el petróleo.

No cabe duda de que los futuros progresos tecnológicos y la producción en masa rebajarán su costo; tampoco cabe duda de que subirá radicalmente el precio de los combustibles tradicionales. Pero sería temerario limitarse a esperar que surjan esas condiciones, ya que es muy posible que el punto crucial llegue en un momento y a un precio que tendrán consecuencias desastrosas para el nivel de vida de la humanidad.

**Presa hidroeléctrica y vista aérea de un gran delta con sus innumerables ramificaciones.**



Nos sentimos dispuestos a pagar un precio exorbitante por la energía en circunstancias especiales y para fines especiales o bien cuando las fuentes utilizadas tienen características especiales.

Este razonamiento sólo es serio a medias, ya que gran parte de la energía de precio alto se emplea en pequeñas cantidades y con fines de lujo, como es el caso de los relojes eléctricos o del programa espacial. Pero pasa a ser un argumento serio cuando se aplica a las zonas subdesarrolladas o poco pobladas del mundo. En ciertos puntos del planeta no se dispone en la actualidad de combustibles fósiles o de energía nuclear, y en ellos la energía solar puede ser la fuente óptima o la única esperanza de salir de sus padecimientos o de un nivel de vida terriblemente bajo.

En las zonas del centro y el oeste de África asoladas por la sequía, donde han perecido millones de reses y los seres humanos se están muriendo de hambre por no disponer de las aguas subterráneas, las bombas solares de agua, sin problemas de combustible ni de conservación o reparaciones, podrían resultar más eficaces y prácticas que las de aceite pesado, para las que es imprescindible transportar el combustible a lo largo de 800 kilómetros de desierto y que pueden resultar inservibles a la primera avería.

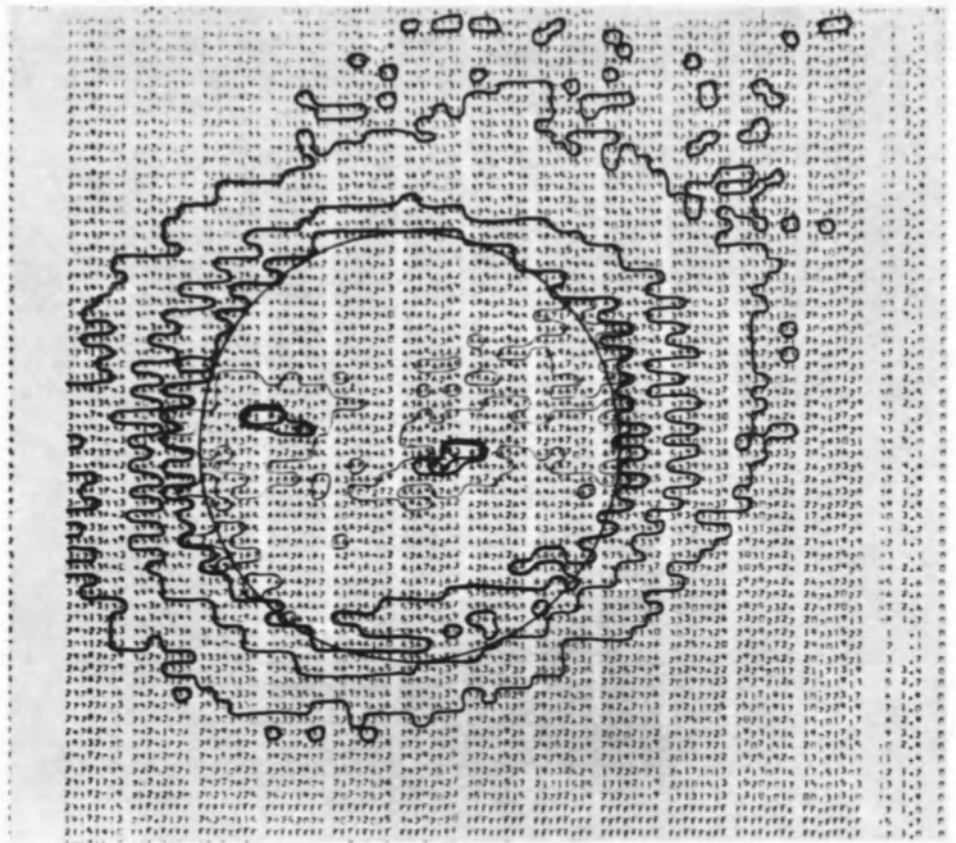
Prescindiendo de los aspectos políticos y ecológicos y del deseo de mejorar el destino de las naciones y pueblos pobres, la crisis de la energía es una crisis para el futuro, una crisis relativa al crecimiento previsto.

La razón de que tengamos esa sensación de crisis estriba, desde luego, en que el consumo mundial de energía no es constante ni siquiera crece en forma lineal sino exponencialmente.

Resulta evidente que no se podrá mantener el ritmo actual de aumento de la producción de energía, del consumo de materias primas, de la población y de la contaminación. Es éste un problema que tienen muy presente desde hace ya cierto tiempo los científicos y otros estudiosos que están intentando que el mundo y sus dirigentes lleguen a comprenderlo y a tomar las medidas pertinentes.

A pesar de que el afán actual por desarrollar la energía solar en los países industrializados nace de la preocupación que suscita el agotamiento de las disponibilidades de combustibles, será preciso frenar el aumento del consumo de energía por otras razones imperativas mucho antes de que se agoten de hecho esos recursos.

Desde luego, mucho dependerá del momento en que sobrevenga el estado de equilibrio y del nivel de consumo correspondiente. Si ese momento llega pronto, antes de que los niveles de consumo aumenten mucho más y antes de que mengüen gravemente las reservas de carbón, y en especial si funcionan ya para entonces los reactores de regeneración, el consumo de



Fotos © USIS, Paris

energía no aparecerá como limitado por su disponibilidad sino por su capacidad de carga y transmisión.

En tal caso, la característica esencial de la energía solar no será su condición de renovable sino el hecho de que no constituye un agente de contaminación. En efecto, no es solamente la contaminación del aire y del agua lo que puede imponer la interrupción del crecimiento exponencial antes de que la imponga cualquier otro factor sino precisamente la contaminación térmica, esto es, el problema de la eliminación del calor sobrante, que limitará el empleo de los combustibles fósiles y de la energía nuclear.

La energía solar que llega a la Tierra es un elemento del balance calórico, independientemente de que el hombre la aproveche pasajeramente o no. Se trata de la única fuente de energía que no engendra contaminación térmica. ■

Fotos © USIS, Paris



La corona solar fotografiada durante un eclipse de sol. Arriba, el sol tal como lo representa una computadora según los datos transmitidos por satélite.

# La Unesco y las nuevas perspectivas sobre la energía solar

por Rolf E. Glitsch

**H**ACE unos veinte años se pensaba que la energía solar podía constituir la solución ideal para las necesidades energéticas del mundo entero. Por desgracia, no parece que en todo este período se haya producido ningún progreso notable en cuanto a la transformación directa de la radiación solar en energía con fines de utilización práctica.

El hecho de que la utilización de la energía solar en gran escala no prosperara, fundamentalmente por razones de tipo económico, suscitó la decepción de muchos e hizo que otros se dedicaran exclusivamente a utilizarla en pequeña escala en los países en vías de desarrollo.

En esta situación ha intervenido un aspecto particularmente negativo de la contradicción que existe entre los países industrializados y los países en

Vista parcial del destilador solar de la granja estatal Bajardén, de Karakum, en el desierto turcomano de la URSS, reflejado en un espejo cóncavo (la fotografía aparece intencionalmente invertida). En los cinco últimos años el destilador ha suministrado tres toneladas de agua potable cada 24 horas para abreviar el ganado de la granja.



Foto © M. Koultarov, APN, Moscú

vías de desarrollo. Estos últimos, que por lo general se sitúan en el llamado «cinturón solar», son los que podrían beneficiarse en mayor grado de los descubrimientos y las aplicaciones en materia de energía solar.

En efecto, sus existencias de combustible son limitadas, sus medios de transporte son escasos y sus grupos de población están dispersos y aislados, por lo cual tienen gran necesidad de contar con pequeños aparatos que funcionen a base de la energía del sol, tales como bombas, refrigeradores, calentadores, secadoras; pero dada su falta de recursos científicos, económicos y de personal no pueden hacer gran cosa en este sentido.

En cambio, en los países industrializados, en los que existe abundancia de capitales y exceso de científicos y técnicos, ha sido escaso el interés por fomentar la inversión de recursos en el aprovechamiento de nuevas formas de energía.

Pero he aquí que en los tres años últimos esa actitud ha cambiado, con lentitud al comienzo y, más recientemente, de manera radical.

Hoy la opinión es unánime en reconocer que la tierra es un planeta pequeño con fuentes de energía sumamente limitadas; el costo del petróleo y del gas natural aumenta de manera acelerada en los países industrializados, tanto en términos económicos como políticos; los progresos en lo que respecta a los reactores nucleares autorregenerables y a la fusión controlada han sido lentos; la creciente inquietud por la contaminación y la protección del medio no sólo ha puesto en entredicho los resultados del consumo de los combustibles fósiles y nucleares sino que ha frenado la construcción de oleoductos y de centrales atómicas.

Por otra parte, ha habido algunos progresos tecnológicos interesantes, aunque ninguno constituya todavía una innovación espectacular en lo que respecta a la captación y transformación de la energía solar.

Es obvio que ha llegado el momento de adoptar nuevas tendencias y criterios para hacer frente a las necesidades de energía que van a experimentar las generaciones futuras.

La situación actual difiere notablemente de la que existía a comienzos del decenio de 1950-1959, cuando la Unesco comenzó a ocuparse de la energía solar en el marco de su programa internacional sobre las zonas áridas del mundo. En 1954, la Unesco y el Gobierno de la India organizaron en Nueva Delhi un coloquio internacional sobre la energía solar y la

energía eólica. Sus conclusiones pusieron de relieve las consecuencias sociales y políticas así como las posibilidades de utilización práctica de la energía emitida por el sol, tal como hicieron también diversos estudios técnicos encargados por la Unesco.

Pero, con la terminación del mencionado programa, el interés y la labor de la Organización en materia de energía solar decayeron como consecuencia del estancamiento que en todo el mundo experimentaban las actividades orientadas a su estudio.

También las Naciones Unidas —por conducto de su Consejo Económico y Social— han contribuido al desarrollo del estudio de la energía solar. Así, en agosto de 1961 convocaron en Roma un amplio coloquio sobre los medios prácticos para utilizar la energía del sol (así como la del viento y la de las fuentes geotérmicas). A esa reunión internacional concurren más de 800 científicos de unos 60 países.

**A**L analizar en su conjunto las actividades realizadas en los decenios de 1950 y 1960 con miras a fomentar la utilización de la energía del sol, se observa que la opinión pública la consideraba como un posible sustituto de otras fuentes de energía. Pero, toda vez que no existía una solución satisfactoria al problema del almacenamiento de la energía solar, tal manera de ver resultaba poco práctica.

Además, durante ese mismo periodo se produjo un cambio de relativa importancia: la producción centralizada de energía, nuclear o a base de carbón, petróleo y gas natural, así como su distribución en forma de energía eléctrica, con la ventaja de un suministro continuo, incluso a veces a través de redes internacionales, resultaban mucho más rentables que las pequeñas plantas aisladas que producían el tipo de energía requerido pero que a menudo no la transformaban en electricidad.

En cuanto a su utilización práctica, la energía solar no podía cumplir lo que, con razón o equivocadamente, la sociedad esperaba de ella, a saber: que pudiera sustituir las fuentes de energía existentes, que estuviera constantemente a disposición de los consumidores (lo que entrañaba un problema de almacenamiento) y, finalmente, que su costo fuera no sólo tan bajo como el de las otras fuentes de energía sino incluso menor.

Cuando la posibilidad de que se agotaran las fuentes de energía existentes llegó a constituir una preocupación grave y generalizada, la energía solar comenzó a considerarse como una fuente adicional capaz de compensar la diferencia entre las disponibilidades y las necesidades de energía. Así pasaron a segundo plano los problemas relativos al almacenamiento y, en cierta medida, las consideraciones de orden comercial.

En vista de ello, a comienzos de 1970 la Unesco volvió a ocuparse de esta cuestión y emprendió un modesto programa de educación, información y fomento de la cooperación internacional en materia de energía solar. Se concedieron becas a los científicos de los países en vías de desarrollo para que realizaran investigaciones al respecto, se prestó ayuda técnica a Cuba y a México y en 1972 se celebró en Niamey (Níger) un seminario sobre la energía solar y sus aplicaciones en África.

Tales actividades culminaron en la participación de la Unesco en el planeamiento y la organización de un congreso internacional sobre «El sol al servicio de la humanidad», que se celebró en julio de 1973 en la Casa de la Unesco, en París.

Con anterioridad al congreso se reunió en la misma ciudad un grupo de especialistas con el fin de asesorar a la Unesco en la elaboración de un posible programa sobre la energía solar. El grupo presentó a la Organización una serie de recomendaciones que podrían incorporarse a un amplio programa internacional y entre las cuales cabe mencionar las siguientes:

- Organización de cursos suplementarios de formación en cuestiones de energía solar, auspiciados por la Unesco, y ampliación de las becas que ésta concede actualmente;
- Creación de un servicio que facilite a los científicos, ingenieros, técnicos, estudiantes y usuarios potenciales de la energía solar en los Estados Miembros, información sobre los aspectos relativos a la educación, la investigación y las aplicaciones prácticas en esta esfera;
- Ayuda a las organizaciones no gubernamentales y a los seminarios y centros internacionales de estudios teóricos y prácticos en la materia;
- Cooperación con los Estados Miembros para elaborar y evaluar proyectos de investigación y aprovechamiento de la energía solar en escala nacional, regional y mundial. Esos proyectos deberían tener como finalidad la satisfacción de las necesidades agrícolas, industriales, domésticas y comunitarias y abarcar tanto los aparatos solares tradicionales como los procedimientos más recientes, por ejemplo las células solares o fotovoltaicas (véase el artículo de la página 16). Entre las técnicas y aparatos deberían figurar el estanque solar, las aplicaciones biológicas de la energía solar (por ejemplo en la construcción de invernaderos), la construcción de edificios con calefacción y refrigeración naturales, los hornos solares para la fabricación de ladrillos, las bombas solares y otras máquinas pequeñas.

La Unesco está estudiando actualmente estas propuestas con vistas a la elaboración de un programa que ofrezca nuevas posibilidades para la cooperación internacional en lo que respecta a la energía solar y a sus aplicaciones. ■

**ROLF E. GLITSCH**, geofísico especializado en el problema de los recursos naturales, es desde 1968 miembro del Sector de Ciencias de la Unesco. De 1964 a 1968 fue director adjunto de la Oficina de Ciencias de la Unesco para los Estados Arabes Instalada en El Cairo. Anteriormente se dedicaba a estudiar los problemas de la exploración de los recursos minerales.

# LO QUE EL SOL NOS PROMETE

Cómo utilizar una energía para cuya aplicación se están abriendo campos insospechados

por Peter E. Glaser

**L**OS niños franceses conocen bien el cuento del campesino, el estanque y el nenúfar. Se trata de lo siguiente: el nenúfar dobla de tamaño cada día. En un plazo de treinta días habrá cubierto todo el estanque, acabando con todas las criaturas que en él viven. El campesino no quiere que ocurra esto pero, como tiene otras muchas ocupaciones, decide aplazar el momento de cortar la planta hasta que ésta haya cubierto medio estanque. Y la pregunta es: ¿Qué día ocurrirá esto? Respuesta: el vigésimo-noveno día, con lo que al campesino sólo le quedará un día para salvar su estanque.

En los últimos tiempos ha cundido el interés por el tema de los límites del crecimiento o, dicho de otro modo, por la idea de que la sociedad debe encontrar la respuesta a ese problema del nenúfar y el estanque. Uno de los temas que más preocupan al público en general es la «crisis de la energía», engendrada por la producción y el consumo en ingentes proporciones de energía en los países más adelantados.

La pregunta que requiere una respuesta es ésta: ¿Ha alcanzado la sociedad un nivel de complejidad tecnológica que le permita aplicar la energía solar en su propio beneficio de un modo que sea compatible con el equilibrio de la naturaleza? La respuesta no es todavía evidente. Pero se está empezando a trabajar en ella.

La cantidad de energía que la Tierra recibe constantemente del sol es

**PETER E. GLASER**, norteamericano, es una de las autoridades mundiales en materia de utilización de la energía solar. En sus publicaciones y conferencias se ha ocupado frecuentemente de las posibilidades que la energía solar ofrece con vistas a la satisfacción de las futuras necesidades energéticas de la humanidad. Ha trabajado en numerosos proyectos en este campo y actualmente tiene a su cargo los estudios sobre la construcción de una estación satélite de energía solar. El Dr. Glaser ha sido Presidente de la Sociedad Internacional de Energía Solar, cuyo boletín dirige en la actualidad.

La energía solar que anualmente recibe el tejado de una casa es muy superior a la energía que en los países más industrializados se emplea para calentar o refrigerar esa misma casa. En el edificio de la foto, la energía emitida por el sol es absorbida por baterías de colectores instaladas en la azotea y pintadas de negro para facilitar la absorción. El agua así calentada se almacena en los depósitos cilíndricos. La experiencia muestra que con 100.000 calentadores solares de este tipo puede economizarse un millón de dólares de combustible.

enorme: unas 167.000 veces mayor que la que consumimos actualmente. Un metro cuadrado de tierra sometido directamente a los efectos de la iluminación solar recibe en energía el equivalente de un caballo de vapor o un kilovatio, más o menos, y trescientos metros cuadrados una energía suficiente, una vez transformada, para atender las necesidades de electricidad de una vivienda unifamiliar normal. Si instaláramos en unos 600 kilómetros cuadrados de desierto aparatos de conversión de la energía relativamente eficaces, obtendríamos toda la energía que necesita un país como los Estados Unidos de América.

El aprovechamiento de la energía solar plantea dos problemas obvios. En primer lugar, la energía solar no está a nuestra disposición constantemente. Es preciso, por ello, acumularla para poder alimentar un sistema de energía basado en su empleo por la noche y cuando las condiciones atmosféricas interrumpen su suministro.

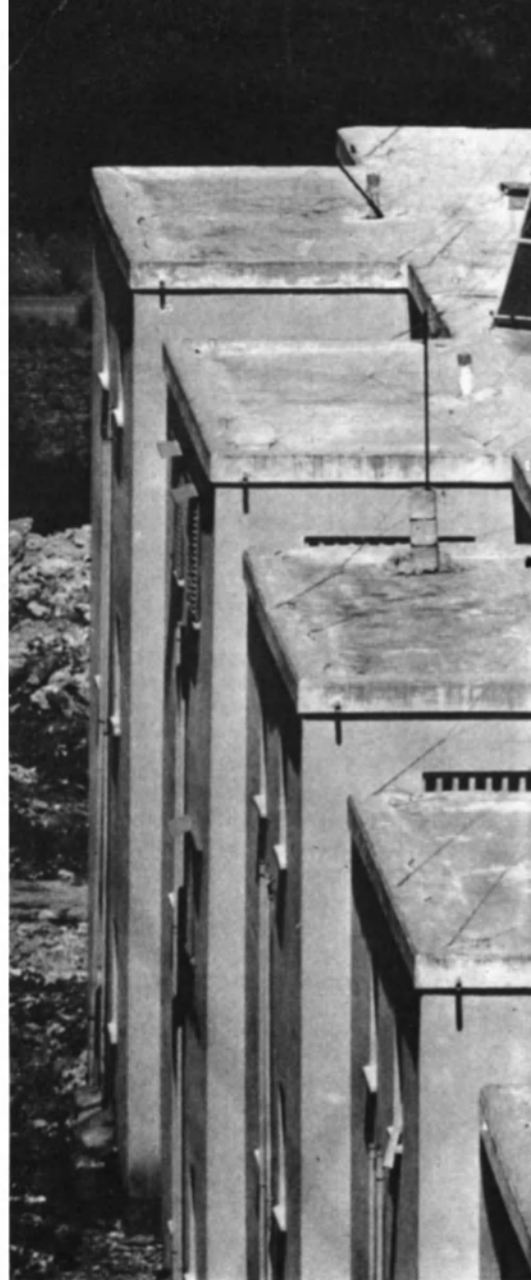
En segundo lugar, la energía solar es difusa. Aunque la cantidad total de energía es enorme, la disponible en un

punto dado no basta desde el punto de vista de su aprovechamiento. Es preciso, pues, captar esa energía y darle una forma útil.

La energía radiante del sol se puede convertir fácilmente en calor: basta con disponer de una superficie que pueda absorber la energía solar. Si esa superficie es negra, absorberá más del 95 % de la energía radiante, convirtiéndola en calor. Si se pone entonces en contacto con la superficie caliente un fluido, como el aire o el agua, se podrá transferir a éste la energía, utilizándola después con fines prácticos.

Los dos métodos básicos posibles son los colectores planos y los de concentración. En estos últimos se emplean para concentrar la energía solar reflectores parabólicos, cuya eficiencia es satisfactoria pero que han de seguir el movimiento del sol, por lo que resultan caros y muy complejos. Los colectores planos son más sencillos y baratos, pero no alcanzan grandes temperaturas y su eficiencia es menor.

Los colectores solares planos y recubiertos de cristal pueden proporcionar aire caliente o agua a





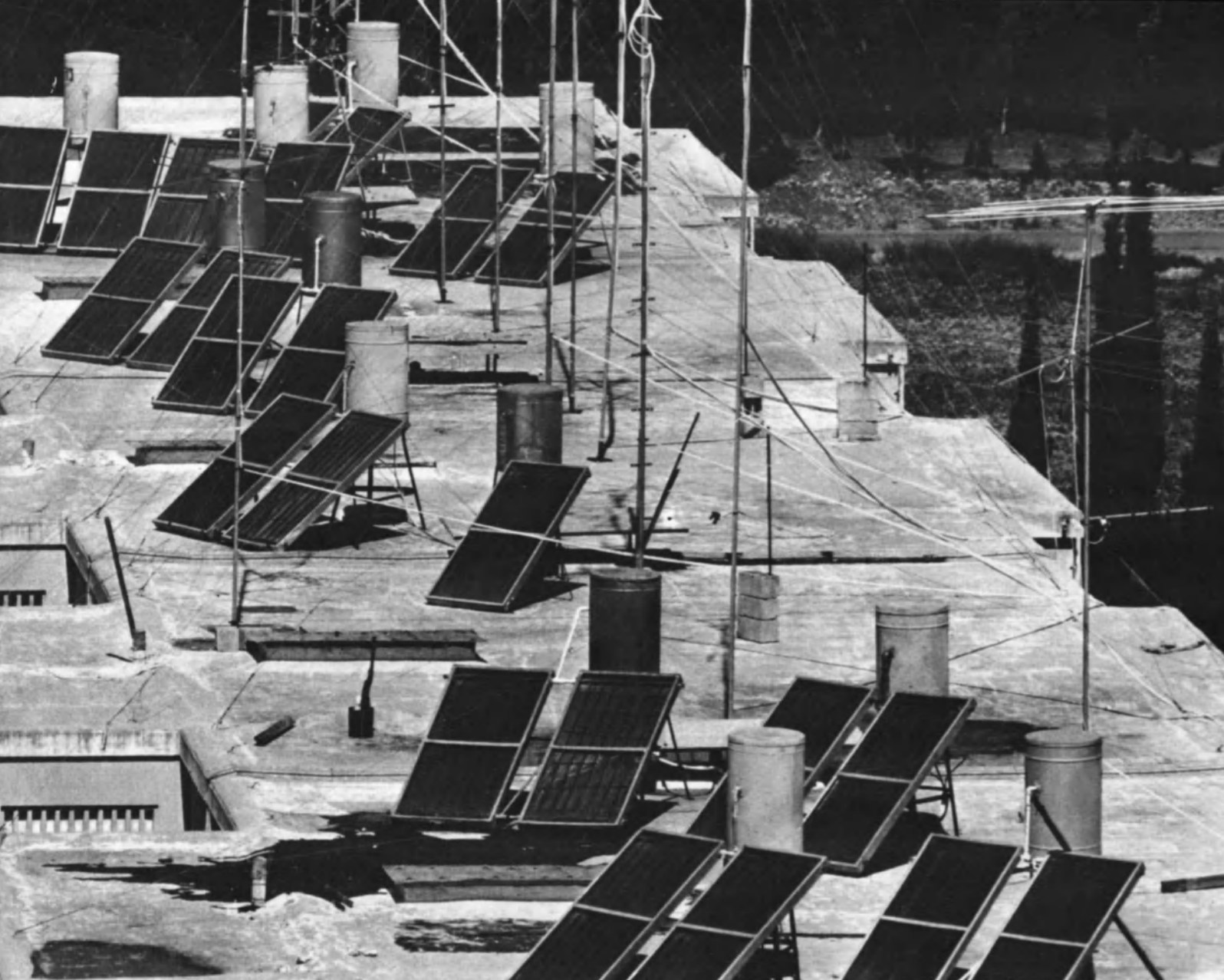


Foto Georg Gerster © Rapho, París

temperaturas de 38 a 93°C, lo cual resultará muy útil para calentar las casas o el agua de consumo doméstico, para secar las cosechas, etc.

Los colectores solares de concentración pueden suministrar cantidades de energía relativamente grandes a pequeños receptores, que funcionarán a una temperatura muy alta con fines de producción de vapor, de fusión de los metales y de tratamiento térmico de materiales.

En una docena larga de países, el agua suministrada a las viviendas se calienta a veces mediante la energía solar. Funcionan actualmente varios millones de calentadores solares de agua, principalmente en el Japón, Australia, Israel, los Estados Unidos de América y la URSS. El método empleado suele consistir en una plancha negra de metal colocada en una caja de cristal de poca profundidad que ocupa una superficie de 1 a 5 metros cuadrados en el techo de la casa. El agua circula por unos tubos unidos a la superficie metálica y, una vez caliente, se deposita en una cisterna aislada, que está habitualmente más alta que el colector. En las regiones

de clima soleado este sistema puede proporcionar la cantidad de agua caliente que necesita una familia normal. Si se desea, puede utilizarse como complemento el calor producido por un calentador eléctrico o por otra fuente calorífica.

Un aparato más sencillo consiste en una funda transparente de plástico parecida a un colchón neumático, cuya superficie inferior es negra y que se llena con agua fría por la mañana. La energía solar absorbida durante el día suministra agua caliente a última hora de la tarde. Este método está muy difundido en el Japón.

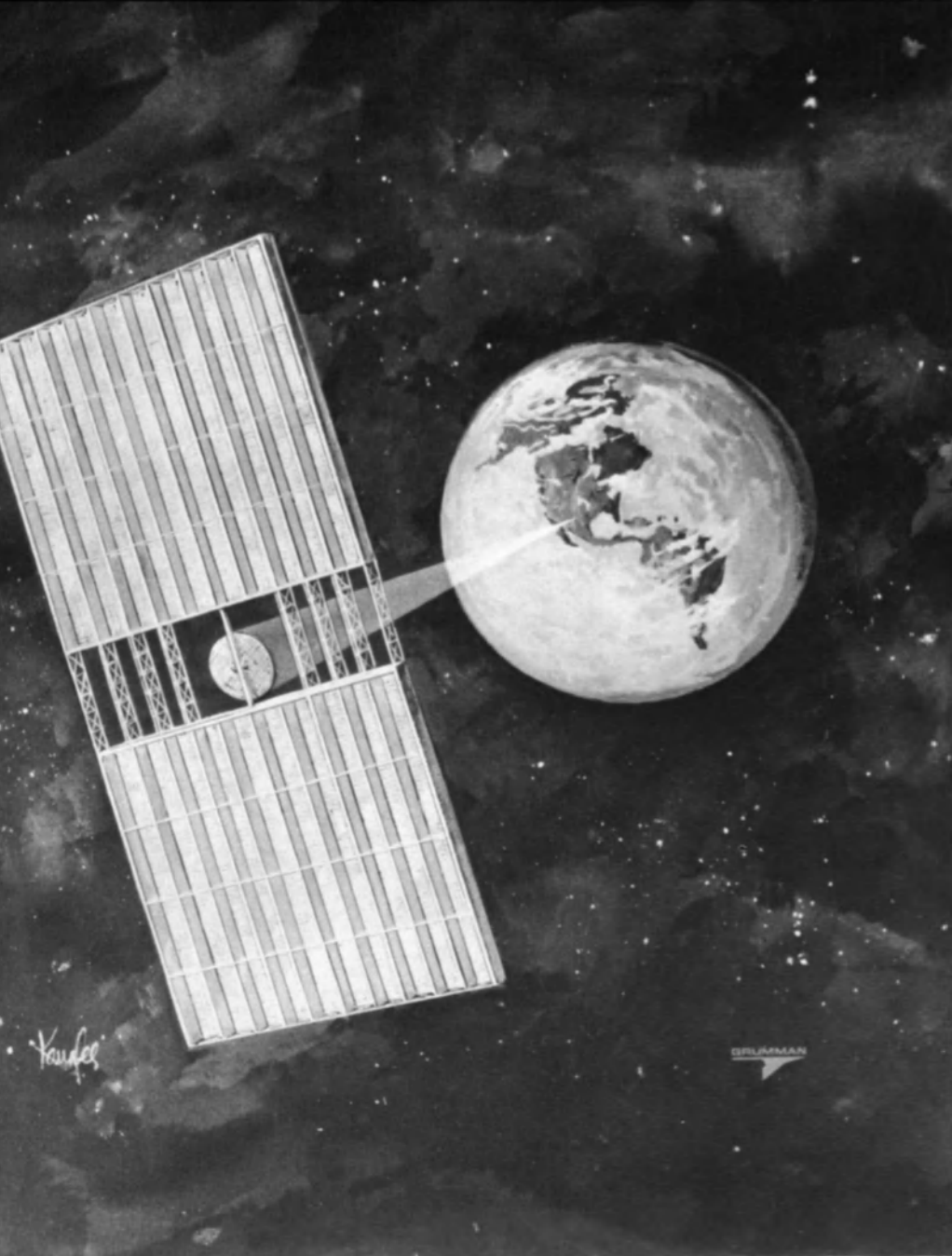
El principio utilizado en los calentadores solares de agua puede aplicarse también directamente para calentar las casas mediante la energía solar. Se han construido ya varias viviendas dotadas de sistemas de calefacción de este tipo. Ampliando los paneles de calefacción solar o utilizándolos en mayor número en el techo de una casa, el agua corriente de las cañerías puede absorber calor suficiente para satisfacer la mayoría de las necesidades de calefacción de las viviendas en zonas de clima soleado.

Habrá que montar asimismo un dispositivo de acumulación de calor con una capacidad suficiente para atender la mayor parte de la demanda de calor propia de uno o dos días de invierno normales. Cuando las condiciones atmosféricas sean desfavorables, se emplearán las fuentes clásicas de energía para enjugar el déficit de agua caliente.

También puede emplearse el aire como medio de transmisión del calor en los sistemas de calefacción de edificios que recurren a la energía solar. El aire circula junto a la superficie negra de unos paneles de cristal instalados en el techo; el aire ya caliente se envía después a las distintas habitaciones por medio de un sistema de ventiladores y tuberías de distribución.

En los 25 años últimos se han calentado con carácter experimental más de 20 casas o edificios de laboratorios utilizando la energía solar, al menos parcialmente. Han destacado en esta labor los Estados Unidos de América, Australia y el Japón. La mayoría de esas instalaciones han resultado muy eficaces. El ahorro de energía conseguido mediante el empleo de tal sis-

SIGUE A LA VUELTA



## DEL SUEÑO A LA REALIDAD.

Este proyecto audaz de una estación satélite de energía solar ha sido concebido por una empresa de Cambridge (Estados Unidos). La estación será puesta en órbita a 36.000 km de altitud donde puede disponerse de la energía solar prácticamente durante las 24 horas del día. La estación contará con dos paneles de células solares, cuyas dimensiones fabulosas son de  $5 \times 5$  km, es decir 25 kilómetros cuadrados cada una. Según sus inventores, la estación podrá convertir la energía solar directamente en electricidad y alimentar dos generadores de microondas incorporados a una antena de transmisión, de 1 km de diámetro, la cual enviará un haz de microondas a una antena receptora, de 7 km de diámetro, instalada en la tierra, la que a su vez lo transformará de nuevo en electricidad. Cómo lanzar al espacio un artefacto de proporciones tan gigantescas es otro problema. En todo caso, si se logra, la estación generará de 3.000 a 20.000 megavatios de energía eléctrica. A la derecha, la estación espacial norteamericana «Skylab I», fotografiada hace pocos meses desde el módulo de control de «Skylab II». Sus paneles de células solares tienen aproximadamente una potencia de 20 kilovatios. En el interior de la fotografía, y a efectos de comparación, una lámpara de silicio y otra de queroseno en una aldea de Paquistán. La de la izquierda es cuatro veces más brillante que la de queroseno. Actualmente se dispone de baterías que, gracias a las células solares de silicio, acumulan electricidad durante el día para alumbrar los hogares paquistaníes por la noche.

Foto © Arthur D Little, Inc., Cambridge, EUA

### LO QUE EL SOL NOS PROMETE (cont.)

tema de calefacción puede repercutir fuertemente en el consumo energético.

Los sistemas de refrigeración de las viviendas que se basan en los ciclos de absorción y refrigeración habrán de ser mejorados técnicamente antes de que resulte posible utilizar en ellos el agua o el aire calentados con energía solar en un colector instalado en el techo del inmueble.

La ventaja intrínseca de la refrigeración solar consiste en que las necesidades máximas coinciden más o menos con el momento en el cual se dispone de una cantidad máxima de energía para que funcione el sistema, esto es, cuando la radiación solar es más intensa. El colector solar que constituye la parte más costosa del sistema se puede emplear además durante casi todo el año si se combina la refrigeración con la calefacción.

En el perfeccionamiento de los aparatos necesarios para calentar o refrigerar las casas con energía solar se

ha llegado ya a una etapa tal que podrá disponerse de esos aparatos antes de diez años a condición de que exista un mercado lo suficientemente grande para ellos. Gracias a su empleo generalizado, los aparatos solares de calefacción y refrigeración podrían reducir considerablemente el consumo de electricidad producida por los medios tradicionales.

★

La ventaja fundamental de la conversión en energía de la radiación solar estriba en que no se deriva de ella prácticamente ninguno de los inconvenientes de carácter ecológico imputables a los sistemas, actuales o previstos, de producción de energía por medio de combustibles fósiles o nucleares.

Se han propuesto varias ideas ingeniosas en relación con el aprovechamiento en gran escala de la energía solar en nuestro planeta. Es todavía demasiado pronto para determinar cuál de ellas representará la alternativa

más factible a los métodos presentes de producción de energía. Lo importante es que en su mayoría se basan en una tecnología ya existente y en unos principios de física bien conocidos.

Todas las aplicaciones terrestres en gran escala de la energía solar requerirán una gran superficie de terreno, debido al carácter difuso de la radiación solar. Convendrá, por ello, concebir aparatos de conversión de la energía que puedan ya sea transformar directamente en electricidad la energía solar, ya producir temperaturas muy altas mediante procedimientos adecuados.

Para lograr un aprovechamiento eficaz de la energía solar en la Tierra serán factores muy importantes la capacidad de acumulación de energía cuando no brille el sol, la posibilidad de transmitir energía eléctrica a grandes distancias y la integración de la línea de transmisión en una red global de distribución.

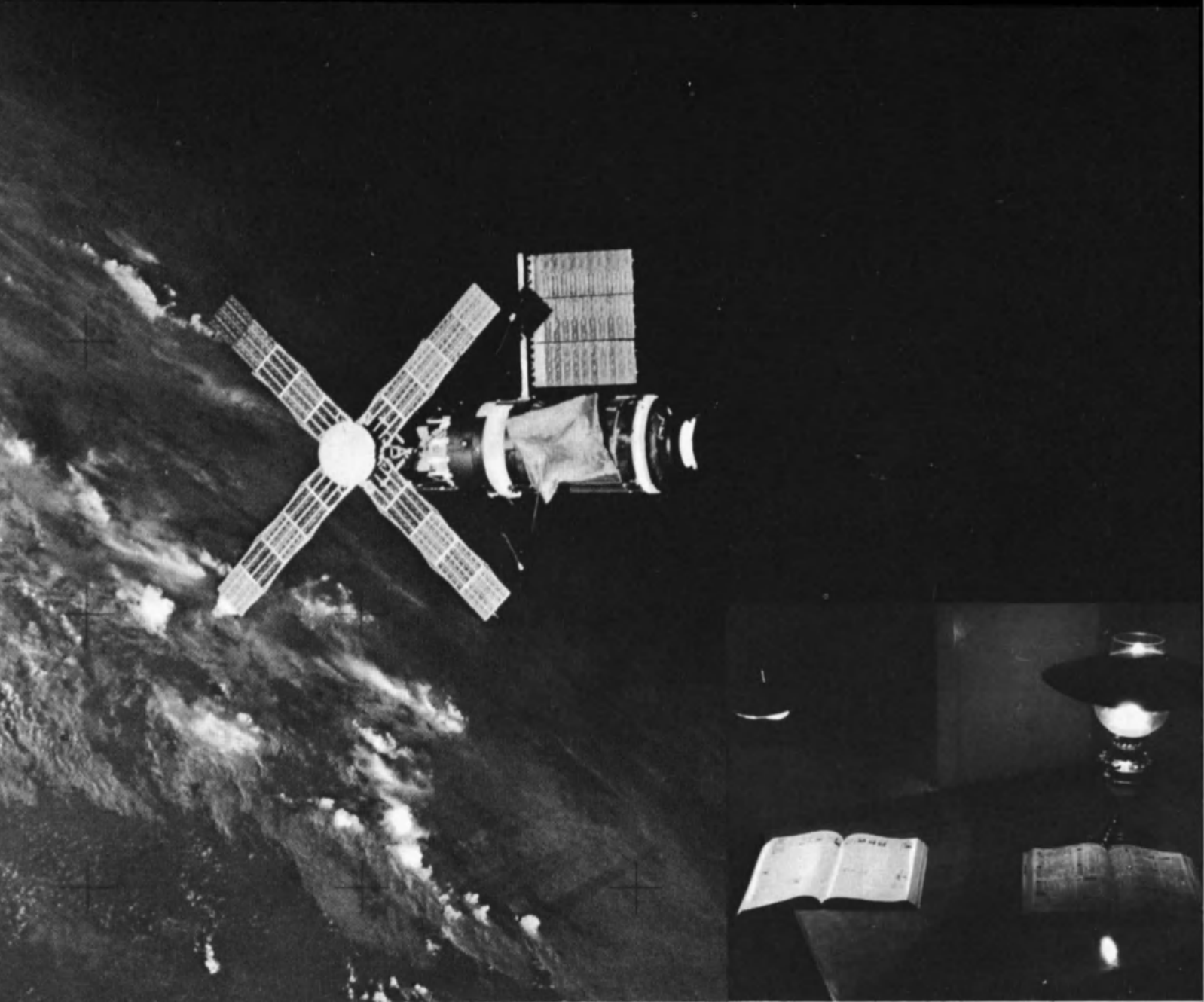


Foto NASA

Foto © Atomic Energy Centre, Lahore, Paquistán

La energía solar puede transformarse directamente en electricidad por medio de una batería compuesta de un cristal semiconductor como el silicio. Este sistema recibe el nombre de conversión fotovoltaica.

Contra lo que ocurre en la conversión termodinámica, en la fotovoltaica no existen partes móviles ni circulación de fluido alguno y no se consume ningún material. Una batería solar puede funcionar mucho tiempo sin necesidad de efectuar en ella operaciones de conservación o mantenimiento.

La primera batería solar funcionó con éxito en 1953. Baterías similares forman hoy parte integrante e indispensable del sistema energético de la mayoría de los vehículos espaciales. Gracias al programa de exploración del espacio, se dispone ya de una base tecnológica para lograr ulteriores progresos.

Los dos objetivos esenciales de la investigación son el aumento de la

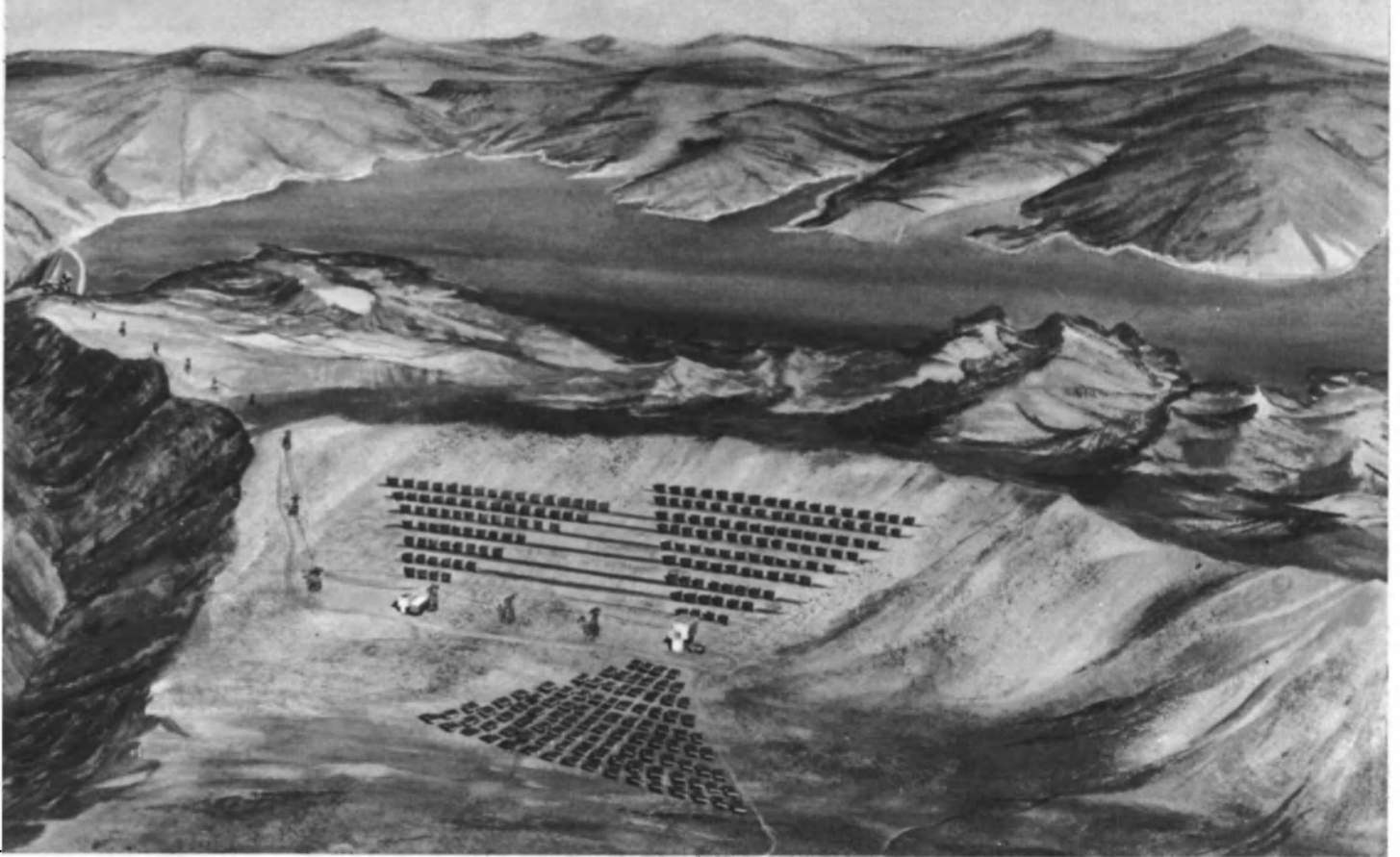
eficiencia y la reducción de los costos. Se ha obtenido ya una eficiencia del 16%. En el caso de las baterías solares de silicio, el máximo teórico es de un 23%. Esas baterías pueden comprarse hoy al precio de unos 20 dólares por vatio. Mediante el empleo de nuevas técnicas de producción de silicio monocristalino y el montaje automático de las baterías mediante métodos de producción en masa, en un plazo de diez años podría bajar el precio a un solo dólar por vatio.

En cuanto exista un mercado importante para ellas, el costo de las baterías solares de silicio podría ser sólo unas cinco veces mayor que el costo de una lámina de cristal. La arena de playa, que es el material que se utiliza para producir cristal laminado, es también la materia prima básica para las baterías solares.

Otra posibilidad de reducir los costos consistiría en concentrar parcialmente la radiación solar por medio

de espejos reflectores, con objeto de reducir al mínimo el número de baterías solares. Una gran instalación de espejos reflectores y de baterías solares podría constituir un sistema barato de conversión directa de la energía solar. Por ejemplo, cubriendo 2,6 kilómetros cuadrados con esos aparatos de sólo un 10% de eficiencia podrían producirse 180.000 kilovatios, brillando el sol. Como el sol no brilla constantemente, sería necesario acumular la energía en baterías o quizás produciendo hidrógeno por electrólisis.

La posibilidad de concentrar la energía solar para poder obtener vapor destinado a una central de energía ha apasionado siempre a los científicos. Un motor de vapor impulsado por la energía solar a través de un gran espejo que concentraba los rayos del sol en una caldera fue exhibida en una exposición celebrada en París en 1878. En 1901 en California y en 1913 en Egipto se construyeron instalaciones similares.



### LO QUE EL SOL NOS PROMETE (cont.)

Ultimamente se ha propuesto que las grandes centrales de energía solar funcionen conjuntamente con las de tipo tradicional y actualmente se estudian diversas modalidades de concepción de los colectores solares y los acumuladores calóricos. Sería preciso cubrir una gran extensión del desierto con una serie de espejos reflectores para concentrar la radiación solar en unos tubos de absorción. Se necesitarían por lo menos 26 kilómetros cuadrados para producir 1.000 megavatios.

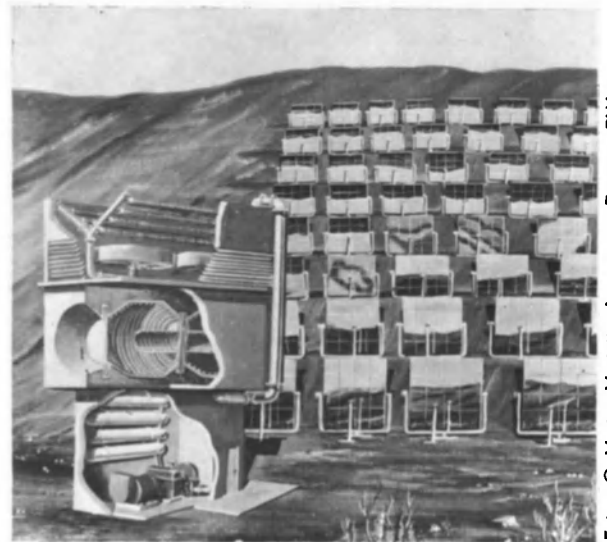
Se estima que esos tubos, que llevan un revestimiento de absorción selectiva de la radiación, pueden calentar hasta una temperatura de 538 °C un fluido que circule por ellos y que después transferirá el calor a unos acumuladores calóricos para poder utilizarlo durante los días nublados o por la noche. También se pueden emplear tuberías calóricas para transferir el calor desde el colector hasta los acumuladores. El calor pasa desde el acumulador al fluido en circulación, el cual impulsa unos generadores de turbina que producen electricidad.

Si esas instalaciones experimentales dan buenos resultados, se construirán en serie dentro de varios años, y las centrales de energía en gran escala pueden llegar a ser una realidad en un plazo de 20 o 30 años. El emplazamiento principal de tales centrales serían las zonas desérticas, que reciben una abundante cantidad de energía solar.

★

La energía solar alimenta los vientos. El potencial de energía de los vientos que soplan sobre la superficie conti-

Proyecto de una central combinada de energía solar e hidroeléctrica que va a instalarse en la presa de Horse Mesa, en Arizona (Estados Unidos). Mientras brilla el sol, el sistema de conversión solar reemplazará a la central hidroeléctrica en la producción de electricidad. La instalación incluirá una pequeña central experimental de energía solar (a la izquierda de la foto) y un módulo de producción de mayor potencia provisto de baterías gemelas con espejos reflectores. A la derecha, vista general de la instalación, con un turboalternador en la planta baja, una caldera recalentadora en el primer piso y un condensador de refrigeración del aire en la parte superior del edificio.



Fotos © Martin Marietta, Aerospace, Denver, EUA

ental de los Estados Unidos de América y sus costas supera, por lo menos en diez veces, las necesidades previstas de ese país en materia de electricidad para el año 2000. Los vientos son notablemente repetitivos y previsible. Un sistema a base de energía eólica podría contar con su propio dispositivo de acumulación de electricidad, basado por ejemplo en la electrólisis del agua para producir hidrógeno a fin de transmitirlo por tuberías como combustible complementario.

En 1915 se producían en Dinamarca 100 megavatios de electricidad por medio de la energía eólica. En el decenio de 1940-1949 funcionó con carácter experimental en Vermont (Estados Unidos) una máquina de 1.000 kilovatios. Los considerables progresos logrados en materia de concepción de aeroturbinas muy ligeras indican que

puede resultar factible la producción de energía eólica en pequeña y en gran escala. Se estima que la energía eólica podría suministrar el 20 % de la producción anual de electricidad en el año 2000. Estas previsiones se basan en el empleo de turbinas eólicas de una capacidad de 100 kilovatios a 2 megavatios.

★

La diferencia de temperatura entre la capa superior calentada por el sol y las aguas frías más profundas de los océanos puede utilizarse para alimentar motores térmicos de gran potencia. En 1928 se construyeron centrales de energía experimentales junto a las costas de Cuba y en 1956 junto a las de África. Esas instalaciones fracasaron debido a las limitaciones de diseño y a los daños producidos por un huracán. Si se desarrollara

adecuadamente el sistema, podría resultar posible explotar la ingente energía térmica acumulada, por ejemplo, en la Corriente del Golfo, con un potencial de 26 billones de kilovatios-hora al año.

Para extraer esta energía habría que anclar en la Corriente del Golfo barcos especiales (con una producción potencial de 500 megavatios). Las aguas calientes de la superficie pasan por unos permutadores térmicos que calientan un fluido, como el propano, el cual acciona a su vez enormes turbinas acopladas a generadores. El agua fría bombeada desde el fondo del mar circula por los permutadores térmicos para condensar ese fluido (el propano).

Se requieren motores térmicos que funcionen con una diferencia de temperatura de unos 4°C. Está previsto que el sistema tenga una eficiencia de menos del 15%. El problema principal consiste en fabricar permutadores térmicos muy eficaces y en diseñar las grandes turbinas que han de extraer la energía del fluido utilizado. Será preciso, además, escoger unos materiales que puedan soportar los efectos del agua del mar durante periodos muy largos de tiempo.

**L**OS sistemas terrestres de conversión de la energía solar presentan el inconveniente de que no puede disponerse constantemente de la luz del sol, que es además difusa. De ahí que todos los sistemas terrestres de captación de la energía solar requieran el empleo de superficies muy grandes y una gran capacidad de acumulación; sólo resultan pues económicos en un número limitado de emplazamientos geográficos.

El modo de superar estos obstáculos consiste en transportar los sistemas de conversión al espacio exterior, en el cual la energía solar es constante las 24 horas del día (menos 72 minutos durante los equinoccios, mientras el satélite atraviesa la sombra que proyecta la Tierra).

La utilización máxima de la energía solar se logra en una órbita alrededor del sol. La primera medida para aprovechar totalmente la energía solar consistirá en colocar un satélite en órbita en torno a la Tierra, con lo que la conversión de la energía solar se podrá llevar a cabo cuando resulte más eficaz, efectuándose únicamente en la Tierra la operación final. De un modo similar a las redes ya existentes de comunicaciones mundiales por medio de satélites, la energía obtenida en el espacio brinda la posibilidad de atender en una forma económicamente viable y ecológica y socialmente aceptable las futuras necesidades energéticas del planeta.

Se coloca una estación satélite de energía solar en una órbita sincrónica a 35.700 kilómetros del ecuador terres-

tre. Dos colectores solares simétricos convierten directamente la energía solar en electricidad por medio del proceso fotovoltaico. Esa electricidad pasa a unos generadores de microondas colocados en una antena de transmisión situada entre los dos colectores solares. La antena envía un haz de microondas a una antena receptora de la Tierra, en la cual la energía de las microondas puede convertirse de nuevo en electricidad. Se puede diseñar el satélite de modo tal que se produzca en la Tierra energía eléctrica del orden de 3.000 a 20.000 megavatios. Un sistema de satélites situados en una órbita adecuada podrían suministrar energía a la mayoría de los puntos geográficos, colocándose la antena receptora ya sea en tierra o bien en una plataforma sobre el agua, cerca de los principales centros de consumo.

El empleo del haz de microondas permite la transmisión cualesquiera que sean las condiciones meteorológicas, por lo que se pueden aprovechar plenamente las 24 horas de radiación solar en una órbita sincrónica.

Sólo se necesita un consumo limitado de carburante para regular la posición, a fin de eliminar las influencias que pueden perturbar la órbita, como son los efectos de la gravedad del sol y de la luna, la presión solar y la excentricidad de la Tierra.

La energía producida por la estación satélite de energía solar debe transmitirse a una antena receptora, situada en la superficie de la Tierra, y rectificarse acto seguido. La energía ha de poder transmitirse de un modo eficiente y en gran cantidad a lo largo de grandes distancias con unas pérdidas mínimas y sin dañar la ionosfera ni la atmósfera. Las densidades de flujo energético recibidas en la Tierra deben ser asimismo de un nivel tal que no produzcan efectos ecológicos o biológicos nocivos. Afortunadamente, el hombre tiene ya una considerable experiencia en materia de producción, transmisión y rectificación de microondas de gran energía.

El problema que plantea una estación satélite de energía solar capaz de producir 5.000 megavatios de energía en la Tierra consiste en colocar en órbita una carga útil de unas 10.000 toneladas y aproximadamente 12 toneladas anuales de carburante para las correcciones de posición.

Las aplicaciones de la energía solar están en una etapa inicial de desarrollo. Todavía es demasiado pronto para determinar cual de las técnicas actualmente en estudio resultará más útil a la larga.

En todo caso, el hecho de conseguir en los decenios próximos siquiera sea un pequeño número de aplicaciones interesantes de la energía solar permitirá a la humanidad pensar en su porvenir inmediato con la seguridad de que se podrán satisfacer las futuras necesidades de energía sin poner en peligro nuestro planeta. ■

## LA "GRANJA SOLAR"

El viejo método para accionar una turbina de vapor a base de energía solar es utilizar espejos o lentes ópticas, que captan la radiación solar y la enfocan en un punto concentrando calor suficiente para calentar una caldera y producir vapor. Este pone a su vez en marcha la turbina la cual hace girar una dinamo que produce electricidad.

La idea es sencilla pero no resulta económica. Como el sol no se mantiene inmóvil, hay que hacer girar los espejos o lentes mediante un complicado mecanismo que les permite seguir al astro en su recorrido celeste. Cuando las nubes cubren completamente el sol o incluso cuando una delgada neblina lo oscurece, el sistema no funciona bien. En tales casos la instalación produce una pequeña cantidad de calor, pero nada de vapor ni, por consiguiente, de electricidad.

Los investigadores suelen desechar hoy el sistema de espejos dedicando en cambio su atención a los colectores planos, cuyo ejemplo más sencillo es una superficie negra cubierta por una lámina de cristal. Se trata de una «superficie selectiva» que absorbe más calor del que irradia; el calor diferencial puede ser canalizado y utilizado. La placa solar capta el calor incluso cuando el sol no incide verticalmente en ella, por lo que no es preciso hacerla cambiar de posición.

Toda vez que estas superficies no concentran la luz solar tan intensamente como los espejos, sus dimensiones deben ser bastante grandes para captar el calor. El tamaño de los espejos es moderado (se miden en metros cuadrados); en cambio, las superficies selectivas, siendo como son poco costosas, pueden abarcar varias hectáreas. De ahí que haya surgido la idea de una «granja de energía solar» en la que el terreno aparece cubierto no por cultivos sino por colectores de la radiación solar.

El Dr. Aden P. Meinel, director del Centro de Ciencias Ópticas de la Universidad de Arizona, y su esposa, Marjorie Pettit Meinel, calculan que una superficie cuadrada de 118 kilómetros de lado situada en el sudoeste de Estados Unidos podría captar energía solar bastante para producir mil millones de kilovatios.

A su juicio, podría construirse en la zona del río Colorado una central que cubriría el diez por ciento de un desierto hoy totalmente deshabitado. El calor residual de las turbinas se utilizaría para desalar una cantidad suficiente de agua procedente del Océano Pacífico para satisfacer las necesidades diarias de 120 millones de personas.

Los esposos Meinel han ideado un colector plano para calentar su casa de Arizona y han recomendado la construcción de una granja experimental de media hectárea de extensión, con un presupuesto trienal de 4 millones de dólares, para ensayar su sistema. En uno de sus modelos de granja de energía solar proponen instalar cuatro series de colectores solares desde los cuales el calor iría a almacenarse en unos grandes tanques que alimentarían un conjunto de turbinas.

Evidentemente, con ello tendríamos una central eléctrica sin altas chimeneas que contaminen el aire. Los Meinel indican que debería prohibirse la entrada en la zona incluso de los vehículos de motor a fin de que el «smog» de los humos de escape no redujera la cantidad de energía procedente del sol. ■

# ATRAPANDO EL SOL CON ESPEJOS

Cuando la proliferación de rascacielos en el Tokio moderno privó de la luz del sol a su casa de dos pisos, de estilo tradicional, Yasuichi Yamashita, un hombre de negocios japonés, decidió que debía hacer algo para disfrutar nuevamente de la luz del día. Fue así cómo concibió un sistema de tres reflectores colocados uno en su propio patio y dos en el techo de un edificio cercano; el sistema entero es a base de espejos, pero la luz solar que ahora inunda su casa no es un espejismo.



Los dos espejos situados en el techo del edificio. Gracias a un sensor electrónico, el de abajo puede seguir automáticamente la trayectoria del sol. El espejo superior refleja la luz solar al patio de la casa de Yamashita donde un tercer espejo (abajo, mientras su propietario lo limpia) proyecta la luz al interior de la casa (derecha). Los esposos Yamashita afirman que no sólo disponen de luz y de calor sino que pueden incluso disfrutar por la noche del espectáculo de las estrellas sin necesidad de salir de su casa.



Fotos © Associated Press, París



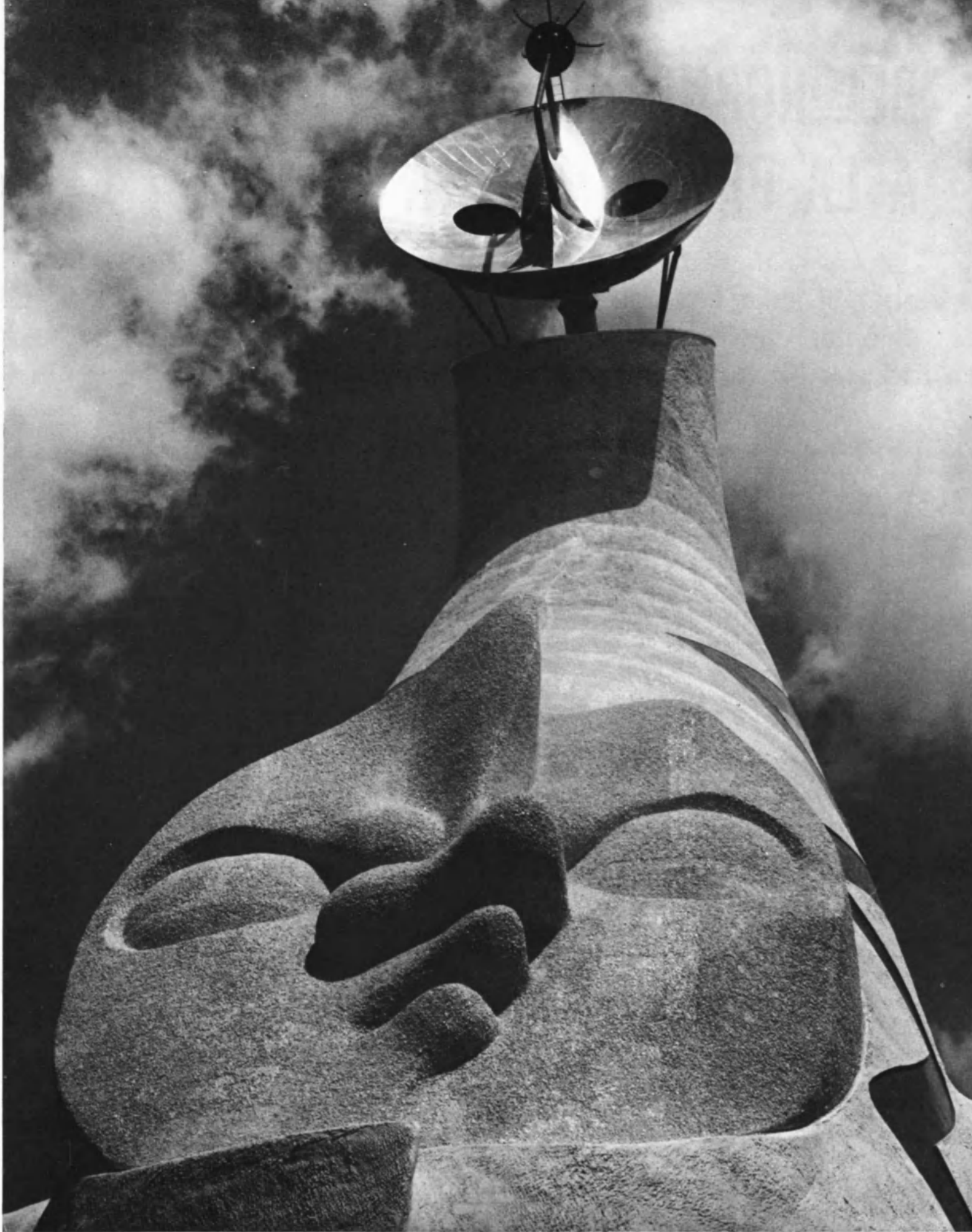


Foto © Paul Almsy

**LA TORRE DEL SOL**, que con sus 70 metros de altura dominaba la Exposición Universal celebrada en Osaka (Japón) en 1970. Con el disco dorado que remata la torre, en forma de espejo solar, se quiso simbolizar la dependencia en que la vida terrestre se halla respecto de la luz, el calor y la energía del sol.

# DEL HORNO SOLAR A LA PRESA MARINA

Las mil y una utilizaciones de la energía solar en todo el mundo: calentar y refrigerar las casas, desalar el agua, cocinar, etc.

por Dan Behrman

**E**N el horizonte científico internacional apuntan ya los primeros albores de lo que pretende ser un gran esfuerzo coordinado en escala mundial con vistas a incrementar la cantidad de energía que obtenemos del sol.

Eso es lo que se deduce, por ejemplo, de los resultados de una reunión celebrada en París por trece expertos de cuatro continentes cuya finalidad era asesorar a la Unesco sobre la manera de organizar un programa relativo a la energía solar. Esta mini-conferencia constituía sólo el umbral del gran congreso internacional sobre «El sol al servicio de la humanidad» organizado con los auspicios de la Unesco y al que asistieron 815 participantes de 59 países.

Pese a la enorme diferencia de proporciones, ambas conferencias eran complementarias. El congreso puso de manifiesto que, en un momento como el actual en que el mundo tiene que hacer frente a una penuria de combustibles fósiles (particularmente de petróleo y de gas) y a una contaminación cada vez más invasora, existen ya técnicas para captar y utilizar la energía solar.

Por su parte, la reunión de expertos dedicó sus sesiones a determinar en qué forma pueden ponerse esas técnicas a disposición tanto de los países desarrollados como de los que están en vías de desarrollo.

Los expertos propusieron que los

**DAN BEHRMAN** es un escritor científico de la Unesco que nuestros lectores conocen desde hace tiempo. Es autor de *El nuevo mundo de los océanos y de un libro sobre la Unesco y los problemas del medio*. Su última obra, *The man who loved bicycles (El hombre que amaba las bicicletas)*, apareció el año pasado en Nueva York.

Los hornos solares constituyen admirables instrumentos de análisis que sirven tanto para la investigación científica como para la producción industrial. A la derecha, el horno solar de Mont-Louis (Pirineos franceses), construido en 1952. No lejos de allí, en Odeillo, funciona desde 1968 el horno más grande del mundo, que puede alcanzar temperaturas de hasta 3.500 grados.

Foto René Burri © Magnum, París

hombres de ciencia de todo el mundo estudiaran la posibilidad de organizar un Decenio Internacional de la Energía Solar, que comprenda un «vasto programa de investigación y aplicación práctica con una base y una dirección internacionales». La propuesta fue suscrita con vigor en la sesión de clausura del congreso por su presidente, el profesor francés Pierre Auger.

Los expertos pidieron también a los Estados Miembros de la Unesco que consideraran «la posibilidad de crear una Comisión Internacional de Energía Solar para que dirija y coordine un futuro programa internacional más amplio en materia de energía solar». Para ello podría tomarse como modelo la Comisión Oceanográfica Intergubernamental, constituida con los auspicios de la Unesco y cuyo éxito es notorio.

El prudente optimismo de que dieron muestra los expertos se vio más que justificado por el congreso mismo. En las sesiones de éste varios científicos presentaron una serie de datos y cifras que muestran que en regiones tales

como el suroeste de los Estados Unidos o los Pirineos orientales franceses la energía solar resulta más barata que la electricidad para la calefacción de los edificios y empieza a poder competir con el petróleo y el gas, combustibles ambos cuyo precio no hará sino aumentar en el futuro.

Un grupo de estudios sobre la energía solar creado por la National Science Foundation y la NASA de los Estados Unidos ha llegado a la conclusión de que en el año 2020 el sol podría satisfacer el 35 por ciento de las necesidades nacionales en materia de calefacción y refrigeración de edificios, el 30 por ciento respecto del gas combustible, el 10 por ciento en la esfera de los combustibles líquidos y el 20 por ciento en lo que toca a la energía eléctrica.

Pero el grupo de expertos no afirmó que los norteamericanos tendrán que esperar cincuenta años para empezar a disfrutar de tales beneficios. Por el contrario, según ellos, si todo marcha bien la calefacción mediante energía





solar puede estar al servicio del público dentro de cinco años, la refrigeración dentro de seis o diez, los combustibles sintéticos obtenidos a partir de materias orgánicas dentro de cinco u ocho y la producción de electricidad dentro de diez o quince.

Uno de los hombres de ciencia que asistieron al congreso, el profesor Sean Wellesley-Miller, del Instituto de Tecnología de Massachussetts, tiene su propia solución para el problema del alto costo actual de las células solares:

«Imagine simplemente que en todas partes se utiliza la energía solar, produciendo energía a un coste ligeramente superior a los precios actuales. Imagine luego que yo propusiera la idea 'radical' de enviar equipos de exploración geológica a los desiertos del Oriente Medio en busca de petróleo y, una vez descubierto, levantar torres de perforación, extraer el combustible y transportarlo mediante oleoductos o mediante barcos de construcción especial al otro lado del

mundo donde se refinaría para entregarlo después mediante camiones cisterna a los diversos usuarios.

«Estoy seguro de que serían muchas las personas que demostrarían 'concluyentemente' que tal sistema no es económicamente viable.»

El profesor Wellesley-Miller habría podido añadir que las centrales de energía solar resultarían menos anti-económicas si se construyesen como se construyen los motores diesel, es decir en serie y no una a una.

El horno solar más poderoso del mundo (1.000 kilovatios), utilizado para producir materiales refractarios de gran pureza, es el de Odeillo, en los Pirineos franceses. La central sirve de base a un amplio programa nacional dirigido por el profesor Félix Trombe, quien inició sus trabajos inmediatamente después de la segunda guerra mundial utilizando reflectores de proyectores antiaéreos inservibles. Hoy es una de las primeras autoridades mundiales en materia de utilización de la energía solar.

El profesor Trombe se muestra particularmente orgulloso de lo que ha podido realizar en Chile. En la clara, seca y transparente atmósfera del desierto costero chileno, la pérdida de calor por radiación nocturna de la tierra al espacio es muy grande. Se han obtenido diferencias de temperatura de hasta 40°C entre un «cuerpo negro» aislado y el aire circundante.

Elaborado por Trombe, este procedimiento ha sido utilizado por científicos chilenos para desalar el agua salobre mediante congelación. El agua dulce así obtenida (10 litros diarios por metro cuadrado de estanque) se utiliza para cultivar tomates, rábanos y pepinos en invernaderos, gracias a lo cual los mineros de la zona, que trabajan en uno de los desiertos más secos del mundo, pueden tener un régimen alimenticio con hortalizas frescas.

Por su parte, la Unión Soviética está estudiando la construcción de centrales de energía solar en la soleada Asia central, donde las casas se refrigeran ya a veces mediante procedimientos

SIGUE A LA VUELTA



solares de carácter experimental. Por lo que respecta al Japón, es probablemente el primer país del mundo en cuanto al número de calentadores domésticos de agua a base de energía solar actualmente en servicio.

Aunque situado en latitudes más septentrionales, el Canadá puede ofrecer ya a otros países su experiencia en materia de utilización de la energía solar. Así, en el congreso de París se presentó un documento redactado por miembros del Brace Research Institute del Macdonald College de la Universidad McGill (Quebec) en el que se explicaba con detalle la construcción de una cocina a base de energía solar para alimentar a los 240 alumnos de una escuela de Haití.

Había solicitado la ayuda del Instituto la comunidad religiosa de las «Filles de la Sagesse» de Miragôane, en la isla del Caribe. El carbón, combustible tradicional, resultaba tan escaso y caro que, la escuela gastaba 60 dólares al mes simplemente para preparar el almuerzo de los alumnos.

Según el informe del Brace Institute, la construcción de la cocina solar costó en total 520 dólares, lo cual significa que quedó amortizada en menos de nueve meses gracias al ahorro de combustible conseguido.

A decir verdad, la energía solar ha demostrado por primera vez ser realmente económica en el tipo de situaciones absurdas que la llamada «sociedad opulenta» o «de consumo» provoca. Así, calentar una piscina con el sol puede representar un ahorro de varios centenares de dólares al mes. Y en aquellos países donde el agua fresca se vende al precio que en otros se paga por el vino, un alambique solar puede amortizarse rápidamente.

Como dice el norteamericano Aden P. Meinel, miembro del grupo de expertos de la Unesco, la energía solar ha dejado de ser un tema de curiosidad para científicos y está entrando «en el mundo industrial donde el dinero y los hombres dan las respuestas a las cuestiones esenciales».

El Dr. John Duffie, otro experto de la Unesco, que dirige el laboratorio de energía solar de la Universidad de Wisconsin (EUA), afirmó que el dinero no es suficiente: «Si yo le doy un dólar y usted me da a mí otro, ambos tendremos un dólar. Si yo le doy una idea y usted a mí otra idea, uno y otro tendremos dos ideas».

Esta es la óptica que los expertos propusieron adoptar a la Unesco. Es preciso hacer un balance de la información de que se dispone y establecer un centro de difusión que pueda hacerla llegar allí donde más se necesita.

A juicio de los expertos, se puede incrementar de varias maneras la capacidad para aprovechar la energía solar. Entre sus recomendaciones figura una pidiendo que la Unesco apoye actividades del tipo del seminario sobre la energía solar en África organizado en octubre de 1972 en

Niamey (Níger) o el curso de formación que auspició un año después en Perpiñán (Francia), con Félix Trombe. Pidieron también los expertos que se preste ayuda a los países que lo deseen para poner en marcha programas de investigación y aplicación cuyo financiamiento podría ser internacional.

Quizá el problema más arduo en materia de energía solar sea el del almacenamiento: ¿Qué cabe hacer cuando no brilla el sol? Dificilmente podían recomendar los expertos la solución propuesta por Jonathan Swift, el autor de *Los viajes de Gulliver*:

«Pasó ocho largos años trabajando en un proyecto para extraer rayos de sol de los pepinos que se colocarían en redomas herméticamente cerradas para después dejarlos salir y poder calentar así el aire en los veranos muy fríos.»

Por fortuna, las reservas de ingenio humano en nuestro planeta no están desvaneciéndose tan de prisa como las de combustibles fósiles. En el congreso de París se propusieron varias soluciones poco ortodoxas, casi todas ellas basadas en el supuesto de sentido común de que la mejor manera de recoger y almacenar la energía del sol es imitar a la naturaleza, empleando sus propios medios. Uno de estos es la fotosíntesis, proceso en virtud del cual las plantas elaboran hidratos de carbono (azúcares, féculas, celulosa) a partir del dióxido de carbono y del agua.

El científico norteamericano George C. Szego piensa que, cultivando árboles para hacer funcionar una central eléctrica, sería posible producir combustible a un costo ligeramente superior al de las actuales centrales a base de carbón y de petróleo.

El grupo de expertos creado por la NASA y por la National Science Foundation para estudiar la energía solar ha dispensado una acogida bastante favorable a esta propuesta. El grupo ha estimado que los obstáculos de tipo social no serían importantes; el único problema sería el del costo de la tierra.

Pero, además, el grupo indica otros varios modos de obtener una conversión similar de la luz solar en combustible. En muchos casos el producto final es el hidrógeno, combustible limpio y fácil de transportar. El hidrógeno podría producirse, por ejemplo, utilizando el mecanismo fotosintético de las plantas verdes o de las algas verdiazules.

Hay otro gas útil, el metano, que puede producirse dejando que las bacterias hagan su trabajo en los residuos sólidos. En esto no hay nada nuevo; muchas estaciones de depuración de las aguas cloacales satisfacen ya sus propias necesidades de energía mediante los gases que generan.

El referido informe de la NASA alude a otro proceso aun más antiguo, la combustión del carbón, bajo el nombre mucho más atractivo de «pirólisis».

## LA "CASA DEL SOL"

**H**AY quienes creen que, dentro de cincuenta años, podremos disponer en nuestros hogares de calefacción y de refrigeración a base de energía solar y quienes no están dispuestos a esperar tanto tiempo.

Entre estos últimos se cuenta Harold R. Hay, de Los Angeles, que ha inventado la expresión «arquitectura solar». En una ponencia presentada al congreso sobre «El sol al servicio de la humanidad» define ese tipo de arquitectura diciendo que se trata de «la integración interdisciplinaria de los conocimientos relativos a las fuerzas naturales de radiación, al diseño arquitectónico, a los materiales de construcción y al bienestar de los seres humanos».

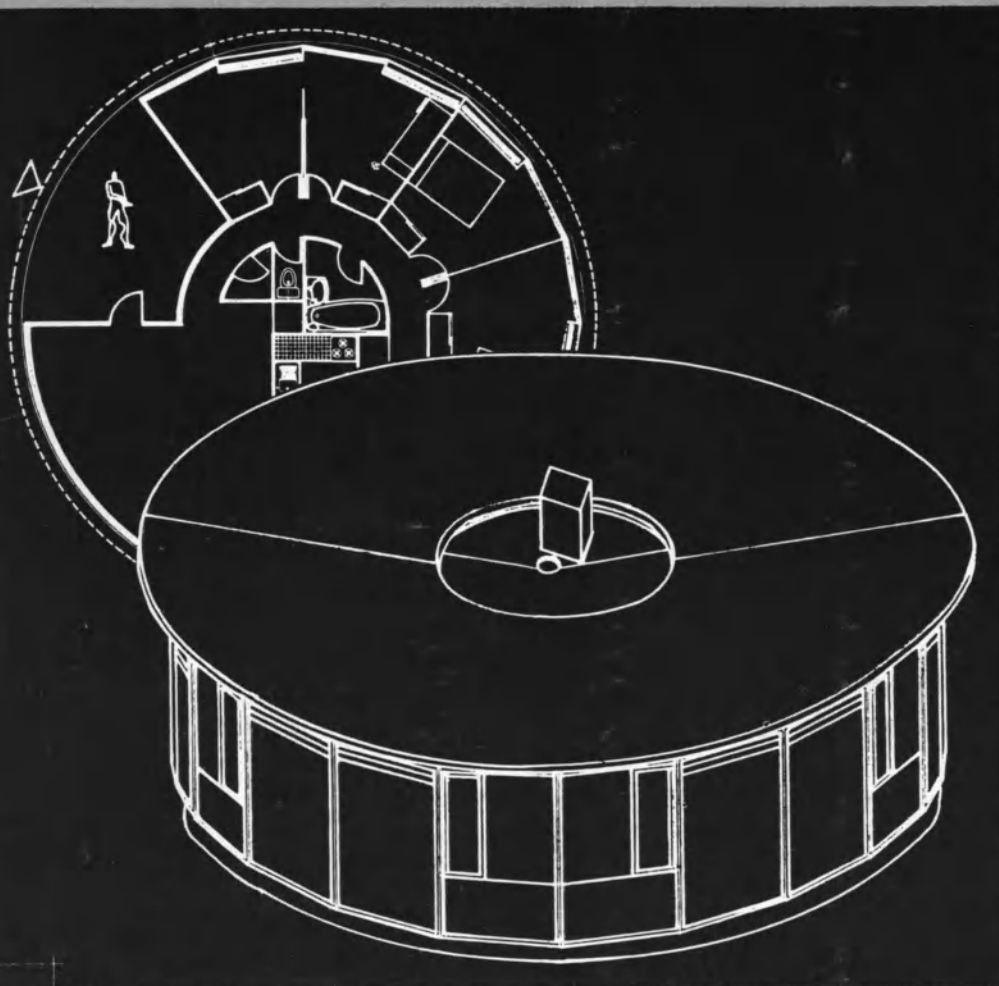
El primer experimento de Hay tuvo lugar en una casa de Phoenix (Arizona), donde logró producir calefacción y refrigeración construyendo en el tejado un estanque de 20 centímetros de profundidad. Gracias a unos paneles móviles, el estanque se calienta en invierno durante el día y basta protegerlo por la noche para que conserve su temperatura. En verano, se mantiene cubierto el estanque de día y por la noche se abren los paneles para poder evacuar el calor.

Posteriormente, Hay construyó una casa de arquitectura solar en Atascadero (California), en un lugar de experimentación que califica de «casi ideal para demostrar que el almacenamiento de calor proporciona una comodidad mayor que la obtenida mediante el despilfarro que supone el uso alternado de energía para obtener calefacción en las noches frías y refrigeración en las horas calurosas del día».

Para almacenar el calor, Hay prefiere —por ser de bajo costo y de fácil obtención— el agua, con la que llena unos tubos de plástico que introduce en las paredes construidas con bloques huecos de hormigón. Su inventor observa que este procedimiento natural de climatización de las viviendas es particularmente apropiado para los países en vías de desarrollo. Allí pueden construirse para sostener los tejados-estanques paredes de tierra, de ladrillo o de piedra, que son demasiado caras en los países industrializados. De este modo aquellos países no tienen que dedicar las escasas divisas de que disponen para adquirir motores ni compresores. El aire acondicionado natural puede ser especialmente útil en los hospitales ya que proporciona «un confort uniforme y tranquilo, sin ruidos, corrientes ni propagación de enfermedades producidos por la circulación del aire».

Este procedimiento beneficia, además, a las casas bajas, ya que en ellas es mucho mayor la relación entre la superficie del techo y la superficie total, y del techo dependen el almacenamiento y la salida del calor. Tal concepción arquitectónica va contra la tendencia general de construir edificios de altura monumental que se destacan solitarios en medio de un desierto de sitios para estacionamiento de vehículos.

Hay dice en su ponencia: «El uso y el valor de la tierra están cambiando de manera tal que tendrán repercusiones sobre el empleo de la energía solar la cual, a su vez, influirá en ella. El precio de la tierra puede elevarse dondequiera que los



Dibujo © Jacques Michel, Neuilly, Francia

Una casa de forma circular, construida hace diez años en una finca de Lissay, en el noreste de Francia, ha sido adaptada a fin de captar la energía solar mediante un sistema elaborado por dos franceses: el arquitecto Jacques Michel y el profesor Félix Trombe, director del Laboratorio de Energía Solar del Centro Nacional de Investigaciones Científicas de Odeillo, en los Pirineos franceses. En la fachada de la casa, y a pocos centímetros de las secciones de los muros de hormigón pintadas de negro, se colocan unos paneles verticales de «poliglás». Así se obtiene una especie de «invernadero» cuyas paredes absorben y almacenan el calor del sol. El aire frío de las habitaciones entra por unos respiraderos practicados en la base de las paredes, asciende a medida que se calienta y vuelve a salir a las habitaciones por la parte superior de los muros. Abajo, maqueta de un grupo de tres casas concebida por Jacques Michel sobre la base del mismo principio, que actualmente se construyen en Odeillo. El sol podrá suministrar las dos terceras o las tres cuartas partes de la calefacción requerida.

#### LA " CASA SOLAR " (cont.)

microclimas naturales reduzcan la necesidad de un consumo suplementario de energía y es posible que se exija que en los títulos de propiedad se indique el valor de la energía del sitio de construcción.

«Para conservar zonas vírgenes habrá que construir nuevas ciudades en los terrenos agrícolas abandonados y efectuar una planificación para un consumo cada vez menor de energía eléctrica y de combustible, gracias a la calefacción y la refrigeración naturales».



Foto © CNRS, Font-Romeu, Francia



Foto CSIRO, Victoria, Australia

La fabricación de calentadores solares de agua para uso doméstico ha constituido durante 15 años en Australia una pequeña aunque floreciente industria que cuenta con un considerable mercado exterior. En cambio, los destiladores aun no son de tipo comercial si bien se han construido y empleado con éxito algunos modelos. La Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation está llevando a cabo programas de investigación científica y en algunas universidades han comenzado los trabajos para la conversión de la energía solar mediante el empleo de células fotovoltaicas. A la izquierda, un tipo de calentador solar de agua instalado en una casa de Mount Eliza, en Victoria.

De como una bomba solar  
instalada en una escuela transforma  
la vida en un oasis de Mauritania



**EL POZO  
DEL  
CONOCIMIENTO**

**U**NA sogá, gastada y manchada por el roce constante de las manos, anudada a intervalos regulares, yace cuidadosamente enrollada junto a la boca del pozo. Nadie la ha tocado desde el día en que, nueve meses atrás, un habitante de Chinguetti tiró de ella para extraer del pozo el último cubo de agua. Por su sola presencia muda, esa sogá une un pasado sombrío a un presente esperanzador.

El hecho es que no se trata de un pozo corriente y que Chinguetti no es un pueblo cualquiera. Situado al este de Nuakchott, capital de Mauritania, se llega al oasis de Chinguetti —séptimo lugar sagrado del Islam— después de recorrer 700 kilómetros de pistas.

Allí, en pleno Sahel —esa región semiárida que, desde el límite sur del Sáhara, se extiende por el corazón de África desde Mauritania hasta el Sudán— se está sometiendo a la implacable prueba de la aplicación práctica un experimento crucial desde el punto de vista social y económico.

Junto al pozo que ha servido durante siglos, las cuerdas anudadas y los músculos nudosos han sido reemplazados por una clásica bomba hidráulica vertical que funciona con la energía solar captada y transformada por colectores instalados en el techo de la flamante escuela de Chinguetti.

La bomba funciona de cinco a siete horas por día y suministra a cada uno de los 3.000 habitantes de la localidad 20 litros diarios de agua, el doble de lo que consumían anteriormente.

Antes de que se instalara la bomba, un miembro de cada familia dedicaba media jornada diaria a extraer el agua necesaria para el hogar; a menudo se confiaba esa tarea a niños que tenían apenas seis años de edad.

Sacar el agua del pozo no era un trabajo agradable, pero el sitio constituía uno de los centros naturales de la vida social. Para muchos niños de Mauritania, lo que veían y escuchaban junto al pozo mientras esperaban su turno representaba una parte importante de su educación.

La instalación de una bomba solar, que iba a aumentar el suministro de agua, ¿no entrañaría al mismo tiempo el agotamiento de ese pozo del saber y la destrucción de uno de los puntos de convergencia de la vida social?

La solución lógica fue construir, a pocos pasos de distancia, una escuela cuyo techo serviría como colector de la energía solar; de esta manera el

pozo del conocimiento reviviría y se fortalecería la vida de la comunidad.

Pero luego surgieron otros problemas: ¿de qué estilo debería ser el edificio de la escuela? ¿Sería una construcción funcional y ultramoderna, o una de tipo tradicional en armonía con los hermosos edificios existentes, como la mezquita de Chinguetti?

La solución fue de lo más afortunado. Para alojar la bomba y los tanques de almacenamiento era forzoso construir una torre, y junto a ella se erigió el local de la escuela cuyo techo debía ser poco inclinado, casi plano, para que cumpliera bien su función de colector de la energía. La construcción del edificio estuvo a cargo de trabajadores de la localidad, bajo la dirección de un experimentado capataz de Senegal: en el África occidental, los senegaleses son tradicionalmente considerados expertos en albañilería.

Con su patio, sus pequeñas ventanas y su torre coronada con salientes de tipo tradicional que defienden el edificio y a sus habitantes «contra el mal», la escuela se integra perfectamente a las antiguas construcciones de Chinguetti.

Unos nueve meses después de terminados el local y las instalaciones, los latidos sordos de la bomba aportan a más de 3.000 personas la bendición del agua. De los sencillos controles necesarios para su funcionamiento se encarga un inexperimentado habitante del oasis. No habrá necesidad sino de una inspección técnica anual y los

constructores de la bomba consideran que funcionará todavía unos 15 o incluso 20 años. Han comenzado las clases y Chinguetti ha recuperado su modo tradicional de vida, libre ya de una tarea física y moralmente agobiadora y con agua en abundancia.

La historia de la bomba de Chinguetti se inició a comienzos del decenio de 1960, cuando el hoy difunto profesor Henri Masson, decano de la Universidad de Dakar, quien residió mucho tiempo en África, se dedicó a estudiar el problema del suministro de agua en esa región constantemente expuesta a la sequía.

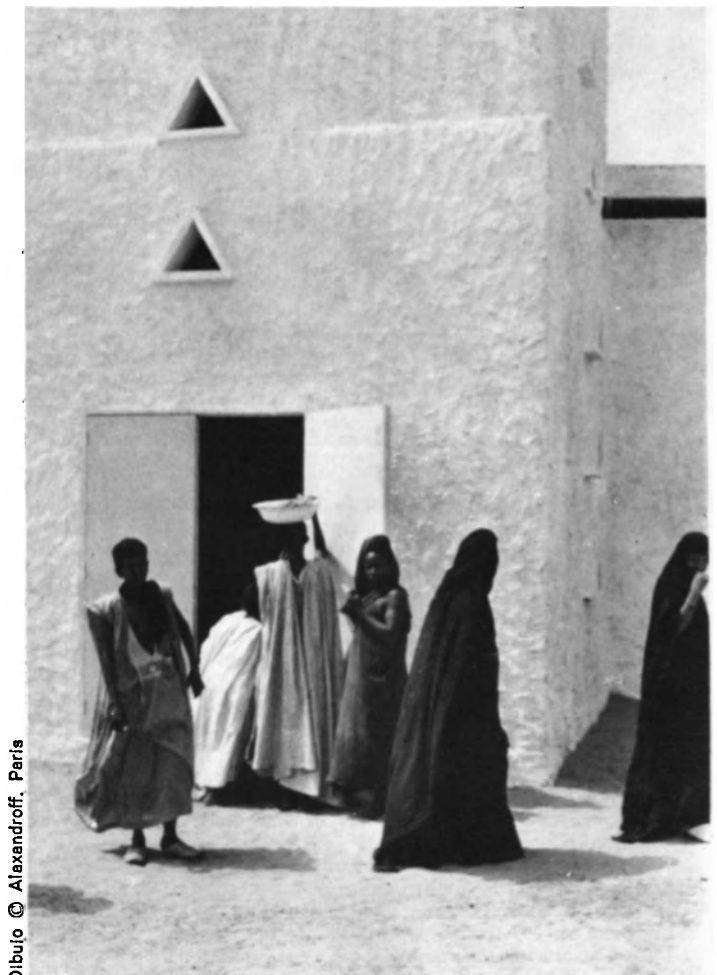
El profesor Masson sabía que a 10 o 20 metros de profundidad existían suficientes reservas de agua, de modo que, teóricamente, nada podía ser más fácil que perforar nuevos pozos o mejorar los ya existentes e instalar luego las tradicionales bombas que funcionan con motores de gasoil, largamente probados y seguros. En otras palabras, existía la tecnología necesaria y no faltaba sino aplicarla.

Pero la cuestión era la siguiente: ¿se trataba de la técnica apropiada para esa región de África? ¿Quién instalaría y mantendría en funcionamiento una maquinaria importada del extranjero a un precio considerable? ¿Cómo se transportarían las piezas de repuesto y los suministros de combustible a las comunidades remotas a través de extensiones desérticas?

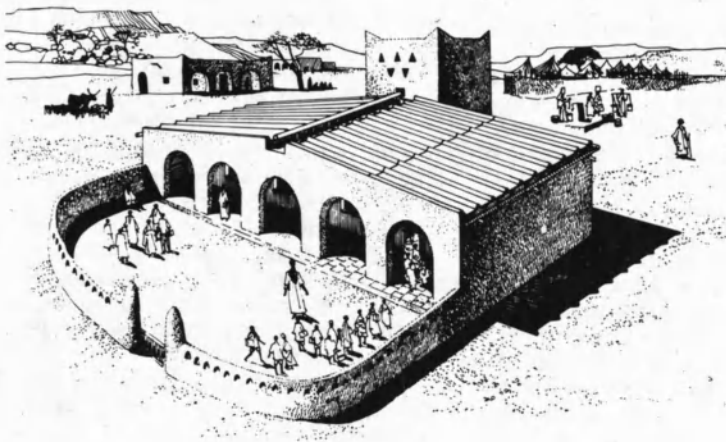
Las respuestas parecían evidentes. Existía la tecnología, pero no era la

**SIGUE EN LA PAG. 32**

La torre de la escuela de Chinguetti en la que se hallan instalados la bomba solar y los tanques de almacenamiento de agua.



Dibujo © Alexandroff, París



# Contra la sed y el calor, el sol de Africa

CHAD. Los colectores planos de energía solar, como los utilizados en Chinguetti, pueden adaptarse con facilidad al tejado de los edificios actuales. Así, en este proyecto de una escuela de Ati, Chad (izquierda), en cuyo techo se instalarán «canaletas» o «canales solares» que permitirán accionar una bomba hidráulica.

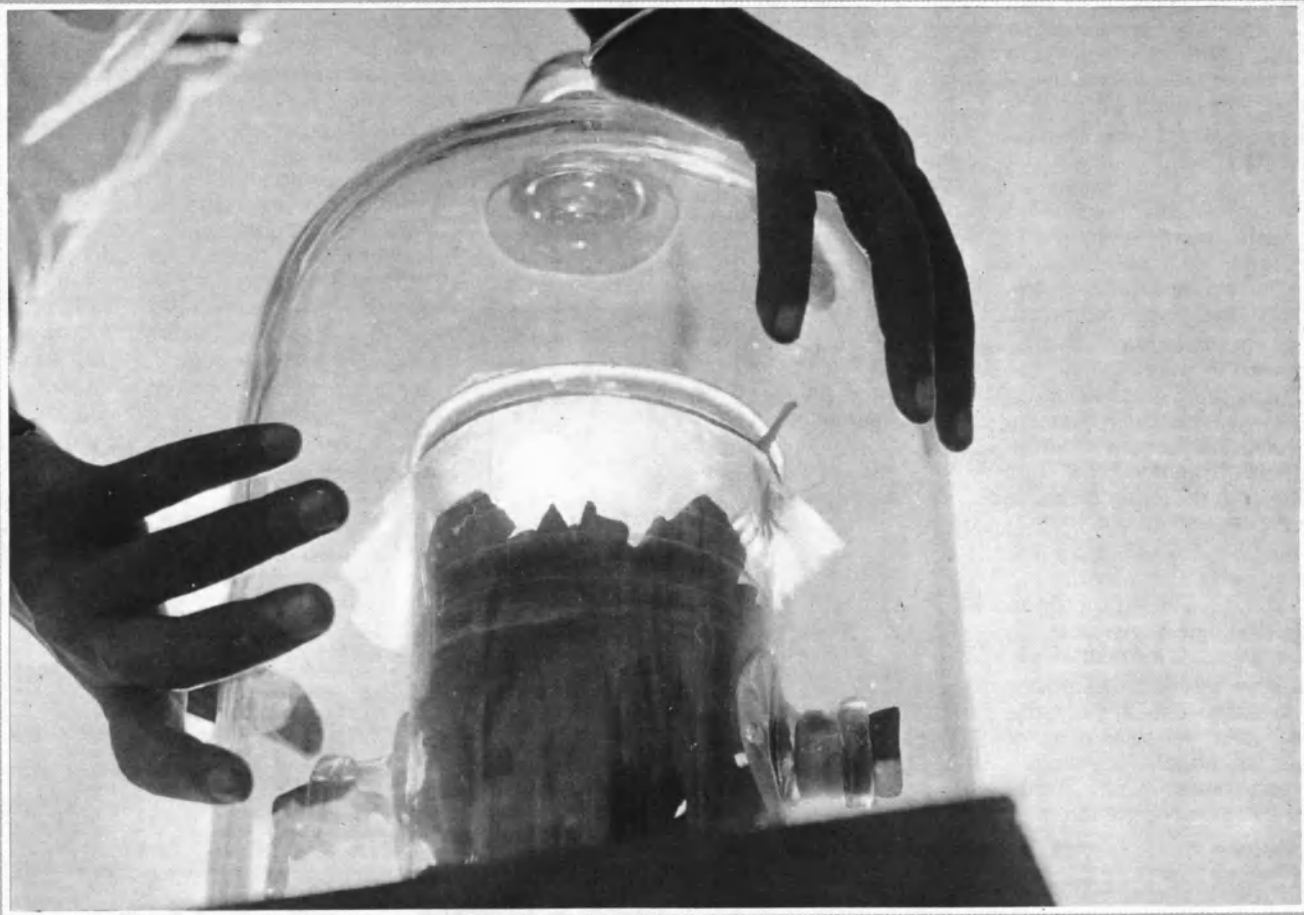
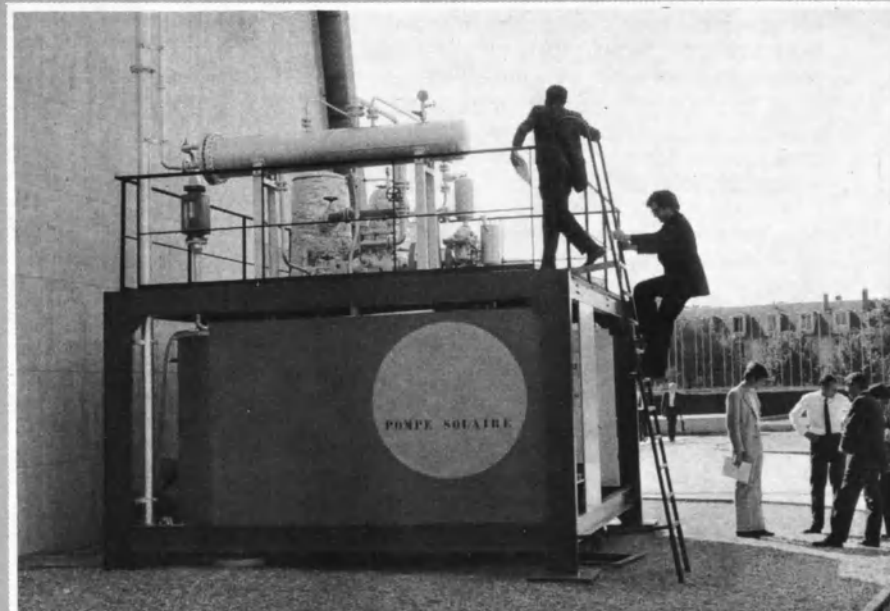


Foto Paul Almasy - Unesco, París

SENEGAL. Durante muchos años, la Universidad de Dakar ha sido uno de los principales centros mundiales de investigación sobre la energía solar. Fue allí donde se concibió y fabricó con éxito la bomba solar de Masson y Girardier. El Gobierno de Senegal fomenta las aplicaciones prácticas de esa fuente de energía y proyecta establecer en el interior del país algunos dispensarios médicos dotados de agua y electricidad suministradas por bombas o generadores solares. En la fotografía, un aparato para la absorción de la radiación solar en el Laboratorio de Energía Solar de la Universidad de Dakar.



Dos aspectos de la exposición organizada en el gran patio de la Casa de la Unesco, en París, durante el congreso mundial sobre «El sol al servicio de la humanidad» que se celebró en julio del año pasado. A la derecha, la bomba solar de Masson y Girardier, del tipo de la que se instaló en Chinguetti, y, en la página siguiente, un sencillo aparato experimental destinado a producir vapor mediante la radiación solar concentrada por un grupo de reflectores, para accionar una bomba.

**MAURITANIA.** La bomba-escuela de Chinguetti. A la par que suministran energía para el funcionamiento de la bomba hidráulica, los colectores solares refrigeran las aulas ubicadas bajo ellos, logrando que su temperatura disminuya hasta en cinco grados.

Dibujo © Alexandroff, Paris

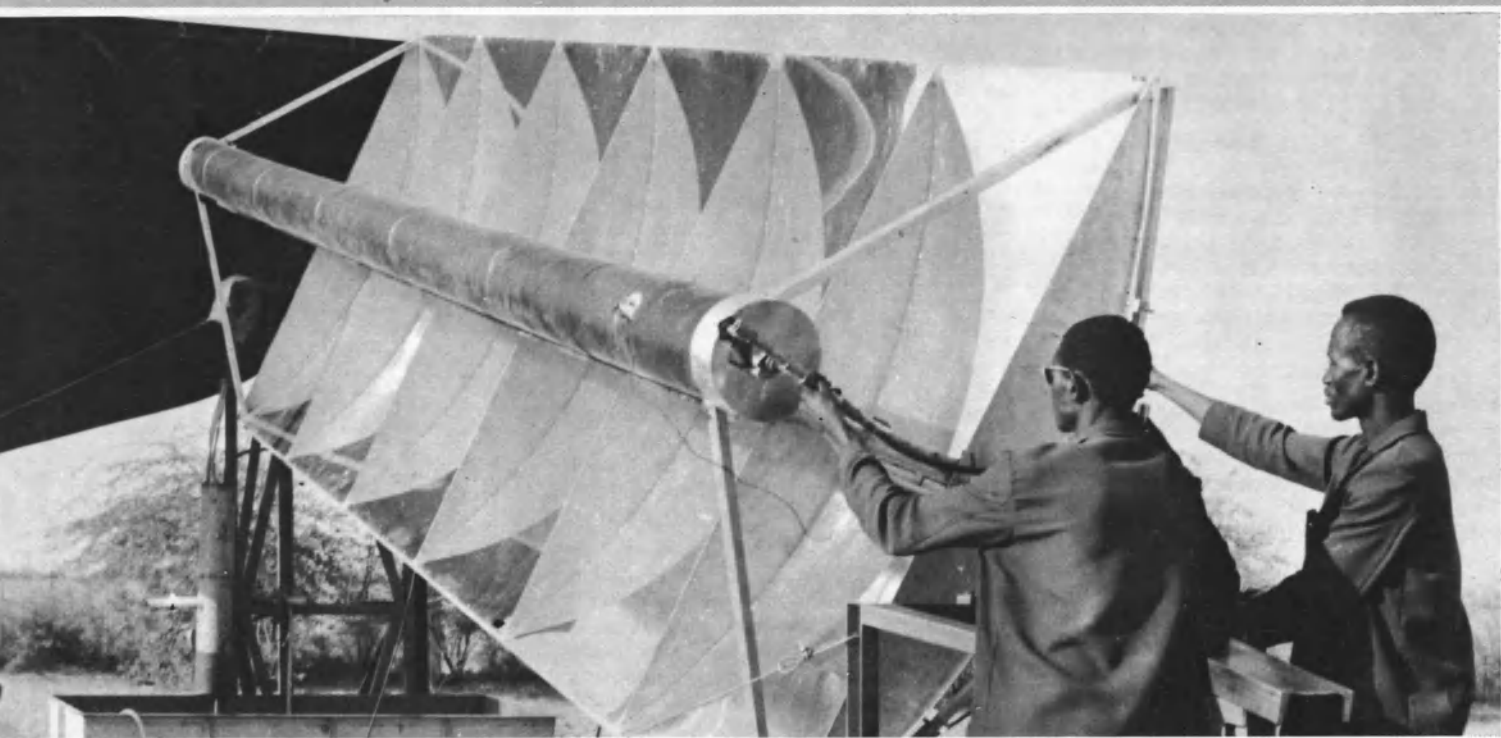
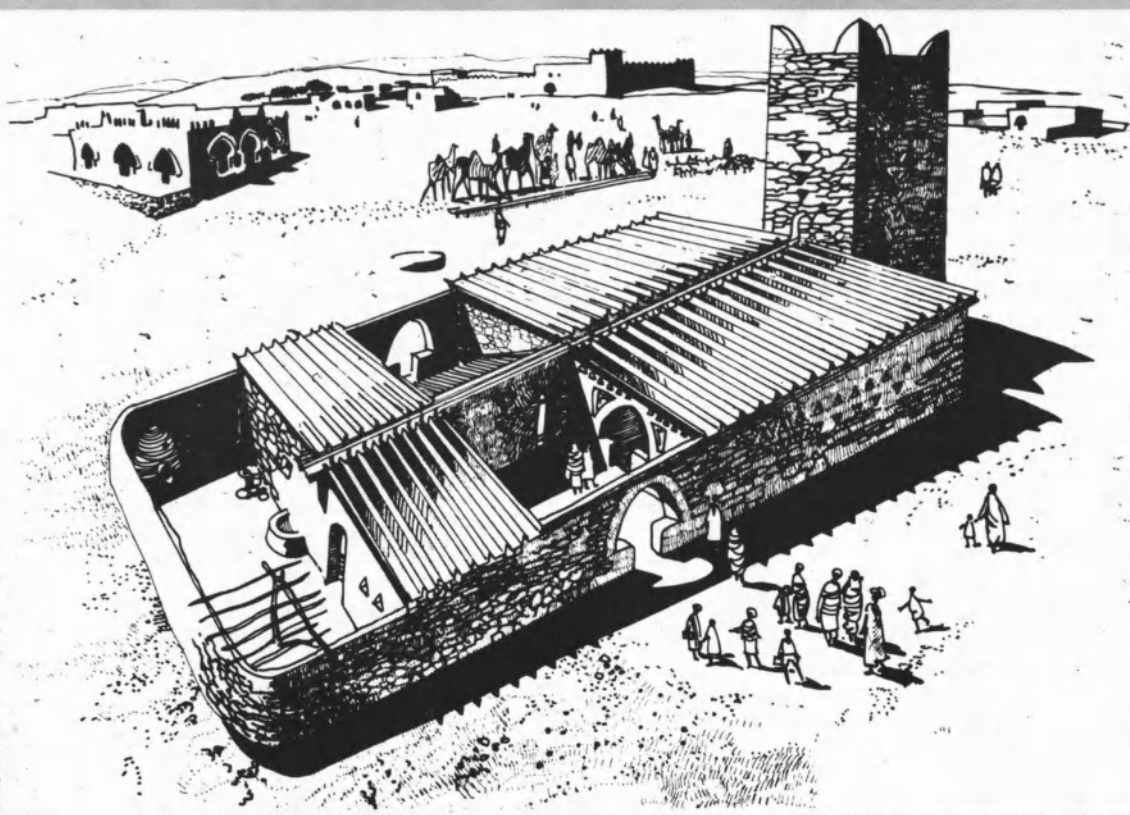
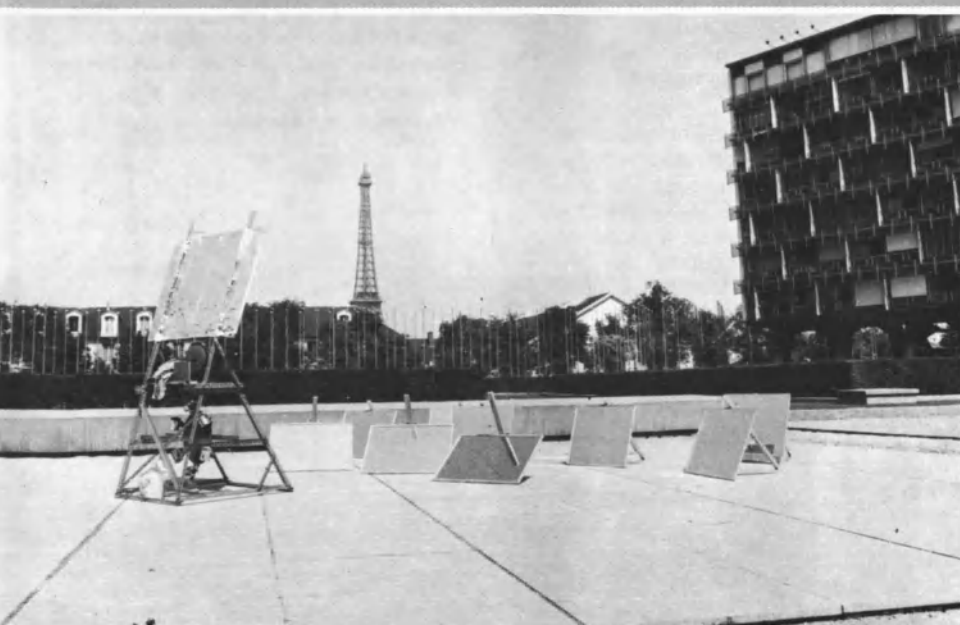


Foto © Michel Hettler, Paris



Fotos Dominique Roger - Unesco, Paris

**NIGER.** La Oficina de Energía Solar de Niger (ONERSOL), dirigida por el Dr. Abdou Moumouni, una de las principales autoridades africanas en materia de energía solar, está llevando a cabo un vasto programa de aplicación práctica de la energía del sol. Arriba, un colector de energía solar que semeja un inmenso aparato doméstico de calefacción, salvo que, en lugar de que un tubo central irradie el calor que será refractado por un espejo curvo, aquí es el espejo el que capta los rayos solares y los concentra en el tubo horizontal para calentar el agua en él contenida.

adecuada. Había pues que encontrar, por todos los medios, la manera de instalar un sistema de funcionamiento duradero, que prácticamente no necesitara mantenimiento alguno y que aprovechara la única fuente de energía que podía encontrarse en abundancia en aquel lugar: el sol.

En los laboratorios del Instituto de Física Meteorológica de la Universidad de Dakar, el profesor Masson y el joven ingeniero francés Jean-Pierre Girardier revisaron rápidamente los métodos conocidos de transformación de la energía solar.

La sugestiva idea inicial de emplear la conversión directa por medio de células solares de silicio (como las que se emplean en las naves espaciales) fue inmediatamente descartada a causa del costo que entrañaba.

Seguidamente se consideró la posibilidad de transformar la energía solar valiéndose de un ciclo térmico de alta temperatura, mediante el empleo de colectores del tipo de los espejos parabólicos que concentran los rayos del sol en un pequeño receptor capaz de producir, por ejemplo, vapor. (Se trata del mismo principio en virtud del cual puede prenderse fuego a un trozo de papel sometiéndolo a la acción del sol a través de una lente de aumento).

Pero hubo que abandonar este método por las dificultades prácticas que presentaba: los espejos son voluminosos, el viento y la arena los deterioran con facilidad, es preciso adaptarlos constantemente según el lugar que el sol ocupa en el cielo y las nubes, incluso las más pequeñas, reducen mucho su eficacia.

Era, pues, necesario encontrar un método más simple y seguro, que pudiera aplicarse en las duras condiciones de África. Los dos especialistas examinaron entonces el sistema de transformación de la energía solar mediante colectores fijos y planos.

El principio en que se basa este método de transformación de la energía es relativamente sencillo. El agua circula por un circuito cerrado de tubos que atraviesan los colectores; el sol calienta el agua y el calor así acumulado hace que un gas líquido, el butano por ejemplo, se expanda rápidamente produciendo una presión capaz de mover un émbolo que, a su vez, pone en funcionamiento una bomba. El gas pasa luego a un condensador donde se le somete a un proceso de enfriamiento y licuefacción mediante el agua fría bombeada del pozo, que después regresa al tanque de almacenamiento, con lo cual el ciclo vuelve a comenzar.

Aunque el principio es, en sí mismo, simple, su aplicación práctica exige una maquinaria de una concepción perfecta y de gran eficiencia que pueda funcionar con diferencias muy pequeñas de temperatura. La bomba de Chinguetti, por ejemplo, puede funcionar incluso cuando la temperatura del agua del pozo utilizada para enfriarla llega a ser tan alta que tiene hasta 35 grados centígrados, y la tem-

peratura de la que se encuentra en los colectores puede descender hasta 60 grados. De todos modos, los colectores planos pueden producir fácilmente temperaturas de 70 a 75 grados.

A las investigaciones de laboratorio realizadas con algunos prototipos estrictamente experimentales siguió la producción de cuatro modelos prácticos, los cuales se encuentran funcionando todavía.

El primero fue el de la bomba «Nadje», en 1966, a la que siguió, dos años después, la bomba «Segal»: ambas fueron instaladas inicialmente en el Instituto de Física Meteorológica de Dakar, en Senegal, pero la segunda fue trasladada posteriormente para que funcionara en el terreno, en un lugar cubierto de malezas. Luego vino la bomba «Onersol», instalada en Bossey-Bangú, cerca de Niamey, en Níger, bajo la dirección del experto Dr. Abdou Moumouni, Director de la Oficina de Energía Solar de Níger (ONERSOL) y una de las más destacadas autoridades africanas en la materia. Finalmente, en 1971 se procedió a la instalación de la bomba «Ouaga», en Uagadugú, Alto Volta, donde se realizó la primera experiencia de utilización del ciclo térmico a base del butano comercial.

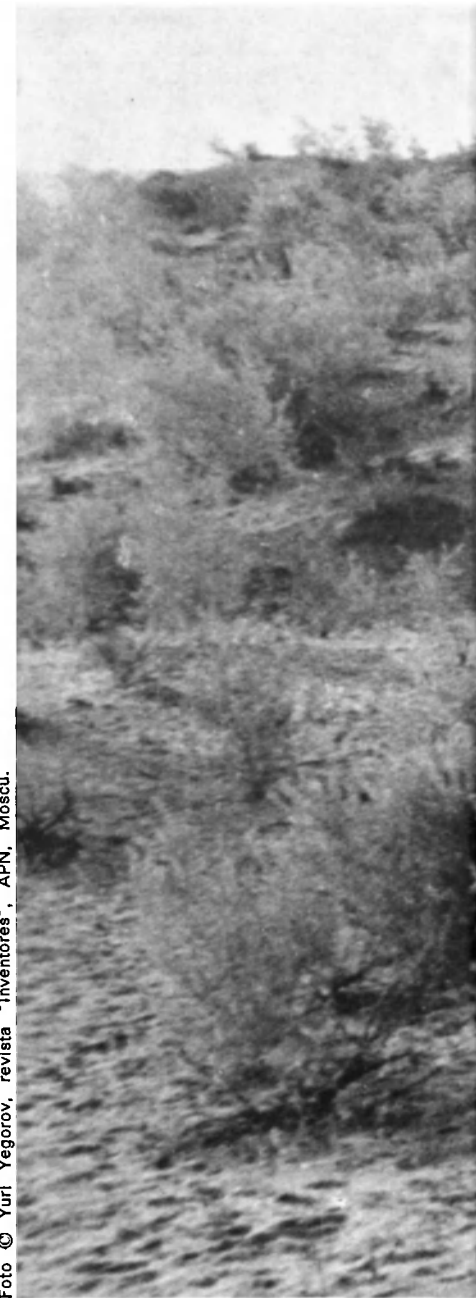
Para entonces, habiendo vuelto a Francia, Jean-Pierre Girardier se dedicaba a perfeccionar, en un rincón de la empresa en la cual trabajaba, la bomba de Chinguetti, la primera en su género que es enteramente funcional y concebida para que quede integrada a un edificio planeado en colaboración con «heliotécnicos» y arquitectos.

En París, Girardier se puso en contacto con dos arquitectos, los esposos Alexandroff, profesores de la Escuela de Bellas Artes de París y miembros de un grupo de enseñanza multidisciplinaria, el «Grupo del Tecer Mundo», formado por arquitectos, ingenieros, geógrafos, sociólogos, etc.

Su colaboración fue decisiva para el desarrollo de la bomba, ya que no sólo contribuyó a aumentar considerablemente su eficacia gracias a la construcción de colectores perfeccionados, conocidos con el nombre de «canaletas» o «canales solares», sino que además hizo que se enfocara la atención en las consecuencias económicas, culturales y sociológicas que entrañaba la introducción de una tecnología revolucionaria en una comunidad africana remota.

Tal fue, posiblemente, la primera realización técnica concebida tanto a partir de consideraciones sociológicas fundamentales como de los imperativos técnicos. No hay duda de que a todos cuantos se preocupan por el desarrollo del Tercer Mundo y que quieren estar seguros de que la tecnología adecuada sea aplicada en la forma adecuada y en el lugar y el momento precisos, podría aconsejarseles que hicieran un viaje a Chinguetti a contemplar la saga enrollada y a beber en el pozo del conocimiento. ■

Foto © Yuri Yegorov, revista "Inventores", APN, Moscú.



**El científico soviético O. Avezov, de la Academia de Ciencias de Uzbekistán, que contribuyó a inventar el destilador solar, transporta el aparato para someterlo a prueba en el desierto. El "pozo portátil", como suele llamárselo, está formado por paneles solares plegables que, una vez abiertos, captan la energía del sol y suministran agua potable.**





# CAZADORES DE SOL EN LAS ESTEPAS DEL ASIA CENTRAL

El agua potable, cincuenta veces  
más barata en el desierto

---

VADIM ORLOV, muy conocido en la URSS por sus trabajos de divulgación científica, es miembro de la redacción de Tecnología para los jóvenes, una de las revistas juveniles más populares de la Unión Soviética, cuya tirada es de dos millones de ejemplares.

por Vadim Orlov

**R**EFIRIENDOSE a Antón Chejov, Máximo Gorki relata en uno de sus ensayos la escena siguiente: «Un día lo encontré, sentado en su jardín, tratando en vano de atrapar con su sombrero un rayo de sol y ponérselo en la cabeza. El fracaso de su tentativa irritaba sobre manera al presunto cazador de sol y su rostro mostraba una creciente indignación. Por último, después de golpearse desconsolado la rodilla con su sombrero, se lo colocó bruscamente en la cabeza.»

Si he recordado esta anécdota es porque estoy convencido de que los científicos, en el fondo de su corazón, acarician el mismo sueño de captar los rayos del sol, y si no lo expresan directamente como Chejov es porque

SIGUE A LA VUELTA

## CAZADORES DE SOL (cont.)

desde hace tiempo acostumbran a emplear un lenguaje de fórmulas y cifras.

Los aparatos solares estuvieron de moda en el siglo XVIII. En 1741, Mijail Lomonosov presentó a la Academia de Ciencias de Rusia una comunicación en la que proponía estudiar «la posibilidad de obtener la fuerza eléctrica por medio de un instrumento que concentre los rayos solares». Algunos años después, en uno de los tratados de química de Lavoisier podía verse una ilustración en la que figuraba un imponente aparato para concentrar los rayos del sol.

Con una concepción más práctica del porvenir, los científicos de la segunda mitad del siglo XX han vuelto con renovado entusiasmo al antiguo problema de domeñar la energía solar. El físico francés Frédéric Joliot-Curie declaraba en 1950: «Si dispusiésemos de un equipo apropiado para utilizar únicamente el diez por ciento de la radiación solar que llega a una superficie equivalente, por ejemplo, a la de Egipto, obtendríamos la misma cantidad de energía que se produce actualmente en todo el mundo.»

Algunos fanáticos del progreso técnico, habituados a hacer juegos malabares con las cifras astronómicas sobre la producción de energía de las modernas instalaciones industriales, siguen considerando los aparatos para captar y transformar la energía solar como curiosidades técnicamente irrealizables. Se trata, sin embargo, de un error excusable: la máquina de vapor de Watts, el motor de Diesel, la turbina de Laval y los cohetes de Tsiolkovsky fueron para sus contemporáneos de vista corta poco más que atracciones de feria.

Los científicos soviéticos tienen plena conciencia de las posibilidades que encierra lo que muchos de ellos

llaman «el combustible noble»; en tal sentido han analizado cuidadosamente las ventajas y los inconvenientes que la utilización de la energía solar puede tener desde el punto de vista económico.

De esta manera se ha elaborado un plan global de investigaciones científicas y de aplicaciones prácticas en esta materia, basado en los principios establecidos para el desarrollo económico de la URSS y que contempla, entre otras cosas, el establecimiento de un sistema de riego de millones de hectáreas de pastos naturales y la perforación de decenas de miles de pozos de sondeo. En muchos casos convendrá que las bombas necesarias funcionen a base de energía solar, lo que permitirá mantener el ganado en pastos distantes de los centros de suministro eléctrico y ahorrar una cantidad considerable de rublos.

Aunque la tecnología solar se utiliza de preferencia en la agricultura, hay una vasta gama de posibilidades de aplicación en la vida diaria y el plan global contempla el establecimiento de

diversos laboratorios con este propósito.

Los científicos de Uzbekistán han concentrado sus esfuerzos en la transformación de la energía solar en electricidad mediante el empleo de semiconductores; basándose en este procedimiento, están construyendo calentadores de agua, cocinas, destiladores para desalar el agua y refrigeradores de uso doméstico.

Los especialistas de Turkmenistán trabajan en la elaboración de aparatos de aire acondicionado para las viviendas así como en la construcción de sistemas de suministro de agua potable para la ganadería.

En Georgia se investiga la posibilidad de suministrar calefacción a los edificios a base de la energía solar, mientras que en Armenia se trabaja en la construcción de talleres de fundición para obtener metales extremadamente puros.

Uno de los laboratorios del Instituto de Energía de la Academia de Ciencias de la URSS de Moscú, estudia los procesos físicos que permitan mejorar los parámetros técnicos de las instalaciones solares.

Foto © Revista «Inventores», APN, Moscú



Este programa científico concertado está comenzando a dar sus frutos en algunas regiones del Asia Central Soviética y de Transcaucasia. En la granja estatal de Shafirkán, en Uzbekistán, dedicada a la cría de corderos para la producción de astracán, se ha instalado una poderosa planta solar cuyo rendimiento diario aproximado es de cuatro toneladas métricas de agua desalada, a un costo de dos rublos por metro cúbico. Se trata de un éxito rotundo ya que en algunas regiones desérticas la misma cantidad de agua cuesta cien rublos. La planta funciona perfectamente inclusive en invierno.

Un grupo de especialistas e investigadores, bajo la dirección de Giyas Umarov, miembro correspondiente de la Academia de Ciencias de Uzbekistán, ha construido y ensayado con éxito un modelo de cocina solar y un destilador solar para desalar el agua. El calor de la cocina es producido por un colector parabólico plegable, de 1,20 m de diámetro. Con tiempo despejado alcanza una temperatura igual a la de un hornillo eléctrico de 800 vatios. El costo del modelo de tipo comercial no excede de 35 rublos.

La desaladora, llamada por sus inventores «pozo portátil», pesa sólo tres kilogramos y puede contener hasta dos litros de agua salada. Una fábrica que se construye actualmente en Bojara comenzará a lanzar al mercado estos productos en el presente año y cuando se halle en pleno funcionamiento producirá anualmente 25.000 calentadores de agua, cocinas y desaladoras del tipo indicado.

En los desiertos del Asia central, donde la temperatura a la sombra llega a veces a 50°, el problema de la conservación de alimentos resulta particularmente difícil. Los refrigeradores domésticos corrientes funcionan mediante la evaporación de un líquido refrigerante y, para ello, deben tener incorporada una bomba compresora, lo que vuelve más complicado el diseño del aparato y menos seguro su funcionamiento.

Orif Shodiev, miembro de la Facultad de Física del Instituto de Educación de Bojara, ha concebido un refrigerador a base de un refrigerante amoniacal sólido que se evapora directamente cuando lo calienta la energía solar, sin pasar al estado líquido, vol-

viendo luego a cristalizarse. Sin necesidad del compresor, este aparato es sencillo, de funcionamiento seguro, y mientras más calurosa es la estación, mayor es la cantidad de hielo que produce.

En la granja estatal de Bajarden, en el desierto turcomano de Karakum, funciona desde hace cinco años una planta desaladora solar única en el mundo. Cada día suministra tres toneladas de agua potable destinada a las ovejas. La instalación, enteramente automática, utiliza la energía solar tanto para extraer el agua salina del suelo como para desalarla.

Los elementos principales de esta instalación solar son un colector de 20 metros cuadrados y una batería solar cuya superficie aproximada es de un metro cuadrado. Su funcionamiento requiere 27 voltios y su producción de energía es de medio kilovatio. Gracias a un dispositivo automático, el colector sigue el trayecto del sol en el firmamento, se detiene y espera que vuelva a aparecer cuando lo ocultan las nubes y gira de occidente a oriente para recomenzar por la mañana. Un aparato de este tipo resulta particularmente rentable cuando las fuentes naturales

**SIGUE A LA VUELTA**

## PARA AFEITARSE COMO PARA COCINAR

Este aparato genera la electricidad suficiente para hacer funcionar una máquina de afeitar o un radio. Cinco células fotovoltaicas solares, contenidas en un cuerpo central en forma de bombilla, transforman directamente en electricidad la luz del sol reflejada en el espejo parabólico.

Pastores uzbekos reunidos para una comida al aire libre preparada en una cocina solar. El aparato fue concebido y construido en el ultramoderno Instituto de Física Aplicada de la Academia de Ciencias de Uzbekistán, de Tashkent.

Foto © Yuri Yegorov, revista «Inventores», APN, Moscú



de agua fresca se encuentran a más de 35 o 40 kilómetros de distancia.

Hasta hace poco no se tomaba en cuenta la radiación solar cuando se trataba de calcular el aislamiento térmico y la climatización de los edificios. Pero en los últimos años ha surgido en la URSS una nueva rama de la ciencia, a la que se ha dado el nombre de «actinometría» o heliotecnia de la construcción, que ha permitido efectuar numerosas correcciones en los cálculos precedentes.

Actualmente se está sometiendo a prueba en Turkmenistán una instalación que utiliza exclusivamente la energía solar y que puede suministrar aire acondicionado, agua caliente (hasta 300 litros diarios por familia) y calefacción central a un edificio de cuatro pisos. La instalación de tales aparatos incrementa el costo de la construcción únicamente en un 4 a 6 por ciento y, de todos modos, esa diferencia se amortiza en dos o tres años mediante el ahorro consiguiente en electricidad y combustible. En muchos lugares de la Unión Soviética se están construyendo edificios residenciales e industriales que emplean este sistema, particularmente en las zonas alejadas de las redes de suministro de energía eléctrica.

Algunos de los aparatos solares de la URSS ya no pueden en modo alguno ser considerados como pequeñas unidades. Por ejemplo, el gran horno solar que se está construyendo en Eriván, capital de Armenia, será único en su género. El diámetro del espejo parabólico será de 10 metros y el horno tendrá una potencia de 50 kilovatios a una temperatura de 4.000°. El horno solar de Eriván servirá tanto para las investigaciones científicas como para las aplicaciones industriales.

Prototipos de potencia menor están funcionando ya. Sólo con la energía solar es posible alcanzar el alto grado de pureza que actualmente se requiere para obtener materiales resistentes al calor, semiconductores, y nuevos compuestos químicos.

Los científicos afirman que se avicina una «era solar» en el campo de la energía, la cual comenzará si no en el siglo XX por lo menos en el XXI. En la exposición de pintura de «anticipación científica» titulada «El mundo de mañana», que se celebró en Moscú con ocasión del Congreso Mundial de Fuerzas de la Paz, se exhibió un cuadro realizado conjuntamente por el astronauta soviético Alexis Leonov y el pintor Alexander Sokolov: en él puede verse un gigantesco espejo satélite que ilumina vastas regiones de la tierra donde el tráfico terrestre y aéreo es muy intenso. ■

# Los "relojes de sol internos"

**E**L tema estudiado por una de las comisiones del congreso internacional sobre «El sol al servicio de la humanidad», que se celebró en la Casa de la Unesco, en París, en julio de 1973, fue «El sol y la vida», es decir los problemas relacionados con la biología.

Numerosas ponencias presentadas a dicha comisión ponían de relieve los aspectos benéficos y nocivos de la luz solar. Los rayos ultravioletas, por ejemplo, ejercen una acción saludable en el desarrollo y la calcificación de los huesos, pero pueden tener asimismo consecuencias perniciosas sobre la piel (véase la contraportada). En otras ponencias se estudiaban los efectos de las radiaciones solares en el sistema nervioso, el tiempo de reacción muscular, etc.

De especial interés fue la exposición del profesor J. Benoit, del «Collège de France», sobre sus experimentos con los patos. En efecto, estas aves reservan a los biólogos algunas sorpresas, entre ellas la existencia de un mecanismo fisiológico en virtud del cual la luz actúa sobre diversas glándulas: las radiaciones rojas y anaranjadas de la luz solar, por ejemplo, estimulan las glándulas endocrinas y provocan un desarrollo acelerado de las gonadas o glándulas sexuales. Este estímulo se produce, evidentemente, por intermedio de los ojos pero también puede ejercerse directamente en el hipotálamo.

Otra sorpresa fue el descubrimiento de ritmos biológicos que guardan relación con los ritmos de la radiación solar. Dicho de otro modo, los órganos viven de acuerdo con unos «relojes internos». Se sospechaba su existencia por las perturbaciones que causan en los pasajeros los viajes en avión, cuando en pocas horas recorren millares de kilómetros de distancia, y que alteran todos los ritmos biológicos (apetito, sueño, etc.). En el caso de un vuelo Nueva York-París, el ritmo vigilia-sueño tarda varios días en restablecerse y el ritmo de la temperatura una semana, mientras el de la actividad de algunas glándulas córtico-suprarrenales exige varias semanas para volver a su funcionamiento normal. Aun no se conocen bien ni se han explicado satisfactoriamente las causas ni los efectos de tales fenómenos.

Los experimentos del profesor Benoit con los patos han puesto de relieve la existencia de una relación entre la luz y el funcionamiento biológico de los seres vivos, lo que permite comprender mejor el problema de los ritmos. Por ejemplo, sometiendo a unos patos a la oscuridad total o, por el contrario, a una iluminación constante, se ha observado que en ambos casos se daban en ellos tres o cuatro ciclos sexuales al año en lugar de uno.

Estos descubrimientos marcan el comienzo de la «cronobiología», disciplina de considerable importancia toda vez que permite explicar las variaciones de la sensibilidad del organismo a las medicinas y a los productos tóxicos según las horas del día.

En experimentos realizados con ratas se ha advertido que, al inyectarles nicotina a diferentes horas del día, la mortalidad era del 83 por ciento a las 6 de la tarde y solamente del 8 por ciento a la una de la tarde. Asimismo, la sensibilidad a la penicilina varía en un 41 por ciento según la hora: el periodo más favorable es el comprendido entre las 7 de la noche y las 4 de la mañana.

El profesor Jean Dorst, del Museo de Historia Natural de Francia, ha dado noticia de otros experimentos relativos a las migraciones estacionales de los pájaros y de los peces. De sus observaciones se deduce que los pájaros son capaces de tener en cuenta la posición del sol a lo largo del día, de compensar su movimiento aparente y de introducir las correcciones necesarias a cada hora, lo que entraña la posesión de un «reloj interno» que informa al ave de la hora exacta. Ese «reloj», cuya existencia es ya evidente en numerosos animales, se basa en un conjunto de ritmos fisiológicos extremadamente precisos que tienen una relación directa o indirecta con el sol.

Tales estudios y experimentos permiten comprender mejor el funcionamiento de los «relojes internos» cuya existencia apenas se suponía hasta hace poco pero que se presentan actualmente como el resultado de la acción ejercida por el sol desde hace miles de millones de años. ■



# LAS "COSECHAS DEL SOL"

La irradiación de las semillas con impulsiones luminosas acrecienta el rendimiento agrícola

por Alexander Shajov

**P**ESE a ser una verdad conocida por todo el mundo que la energía solar constituye la base de la agricultura y la selvicultura, hoy somos sin embargo testigos de una sorprendente paradoja. Todos los países desarrollados, con objeto de acrecentar su producción agrícola, realizan gigantescos esfuerzos destinados a mejorar el estado del suelo (laboreos, abono y estercolado, mejora de tierras, irrigación, etc.) y, en cambio, conceden poca importancia al aumento de la utilización de la energía solar mediante los vegetales.

Desde hace muchos decenios, los expertos trabajan arduamente para conocer a fondo la fotosíntesis, es decir la facultad que poseen los vegetales, bajo la influencia de la luz solar, para asimilar gas carbónico del aire y desprender oxígeno. La fotosíntesis es el proceso fundamental de la nutrición de las plantas y de la formación de cualquier tipo de elemento orgánico en la superficie de nuestro planeta. Durante los últimos siglos, el estudio de este proceso nos ha permitido progresar considerablemente hacia la comprensión del mecanismo de la asimilación de la luz por las plantas y de la biosíntesis de los productos del metabolismo.

Sin embargo, las grandes esperanzas depositadas por los científicos en la posibilidad de un considerable crecimiento de la productividad agrícola gracias al aumento de la fotosíntesis, no han alcanzado el resultado previsto. Se ha llegado a la conclusión de que la evolución, durante millones de años, ha creado en los vegetales un aparato foliar capaz de captar y transformar la luz de una manera tan

perfecta que resulta extremadamente difícil, por no decir imposible, mejorar su estado actual y hacerlo más productivo.

Parece ser que las plantas han adquirido la facultad de asimilar una cantidad limitada de luz, a fin de que dosis más fuertes no perturben los procesos intracelulares. Incluso en los países con clima tropical, y a una temperatura óptima, las plantas no llevan a cabo una actividad de fotosíntesis muy fuerte.

Se considera que los vegetales asimilan tan sólo entre el 0,5 % y el 1 % de la cantidad global de energía solar absorbida por sus hojas. En las condiciones más favorables, en medio del campo, el máximo de asimilación de luz que las plantas pueden alcanzar llega al 4 o 5 %. Y este es el tope. Con todo, las decenas de años de trabajos infructuosos no han conseguido debilitar el deseo de los investigadores de descubrir la forma de aumentar la utilización de la luz por las plantas.

¿Pueden las plantas utilizar una dosis complementaria de energía lumínica si ésta se introduce en órganos vegetativos como las semillas, los pólenes o los tubérculos, que no ejercen ninguna actividad fotosintética? ¿No será, acaso, posible aumentar la productividad de los vegetales y, por consiguiente, las cosechas gracias a una intensificación de la luz solar? Mis colegas y yo llegamos a conclusiones positivas a fines de la década de 1950-1959, después de llevar a cabo, en la península de Kola, próxima al círculo polar, donde el sol jamás se pone, una serie de experimentos bajo la influencia de la iluminación solar permanente.

En el Gran Norte, el sol, casi a ras de horizonte, emite una cantidad relativamente importante de radiaciones rojas e infrarrojas. Estas últimas no ejercen ninguna función en la fotosíntesis, pero, en cambio, en estas latitudes son absorbidas por las plantas mucho más activamente que en las latitudes medias, como si de esta manera paliasen la falta de calor.

Esto nos sirvió de base para una hipótesis que hicimos pública en 1957: la hipótesis fototérmica de la adaptación de los vegetales a las condiciones polares. En ella queda subrayado el supuesto de la importancia de la utilización no fotosintética de la energía solar. La idea de la transformación no fotosintética de la energía solar por las plantas quedó probada cuando logramos observar la gran influencia que la luz concentrada ejerce sobre las semillas, los pólenes y los tubérculos, es decir sobre los órganos vegetativos que carecen de actividad fotosintética. Y cuando nuestras investigaciones pusieron de manifiesto que en las partes de la célula vegetal llamadas mitocondrios, peroxisomas y núcleo, los procesos bioquímicos se modifican por influencia de la luz, en realidad formulamos la teoría de la transformación no fotosintética de la energía solar por las plantas.

Amplias experiencias llevadas a cabo en la URSS en muy diferentes latitudes han demostrado que la transformación de la luz en los órganos vegetales no fotosintetizantes provoca modificaciones esenciales, que ponen de manifiesto la existencia de un nuevo proceso fotoenergético capaz de acrecentar la productividad vegetal. En los primeros años de nuestros trabajos sobre fotoenergética, aplicamos a los granos y plantas una fuerte «ducha solar» en forma de breves «chaparrones de luz»; es decir que sirviéndonos de un dispositivo óptico apropiado, los inundábamos con radiaciones de luz solar refleja y concentrada.

Con objeto de no quemar la muestra biológica, se la irradia intermitentemente, sirviéndose de impulsiones lumínicas cuya frecuencia oscila entre 1,10 y 100 por segundo. El intervalo que separa a dos de estos impulsos es del orden de una fracción de segundo. Durante el tiempo de irradiación la muestra recibe millares de fotoimpulsiones o «concentraciones de luz».

El tratamiento con luz de semillas de diferentes plantas (por ejemplo, el

ALEXANDER SHAJOV, especialista soviético en fisiología vegetal, es uno de los primeros investigadores científicos que han estudiado las técnicas destinadas a aumentar el rendimiento de los cultivos sometiendo las semillas, pólenes y tubérculos a una exposición concentrada de la luz solar. Actualmente dirige un equipo de investigaciones en el Instituto Timiryazev de Fisiología Vegetal de la Academia de Ciencias de la URSS, en Moscú.



tubérculo de la patata) acelera su germinación, aumenta su poder germinativo y el crecimiento de los brotes. Sólo si logran penetrar en la vida íntima de la célula (bombardeando millares de veces una hoja o un grano de polen) los quanta de luz podrán intervenir en los procesos fundamentales. Estimulan la formación de membranas en aquellas partes de la célula en cuyo seno se desarrollan los procesos energéticos y refuerzan la actividad de los fermentos que catalizan las reacciones bioquímicas. Pero lo más importante es que la irradiación por impulsiones luminosas influye en la síntesis de las proteínas y de los ácidos nucleicos, en los cromosomas y los genes, responsables de la herencia.

Por ejemplo, experimentos efectuados en tomates y pepinos han conseguido acrecentar el rendimiento de la cosecha temprana, en el Kazajstán, entre un 20 y un 30 %. El incremento global de la cosecha en las parcelas experimentales (de una extensión de 10 a 20 hectáreas) fue de un 15 a un 16 %. Además, se mejoró la calidad de los productos, aumentando

su contenido en azúcares y vitamina C. La irradiación de semillas con impulsiones luminosas es provechosa sobre todo para los cultivos de hortalizas en invernadero.

Se han obtenido muy prometedores resultados en algunas regiones remolacheras de la Unión Soviética. La irradiación llevada a cabo sobre la simiente de remolacha azucarera antes de sembrarla supuso un aumento no sólo de la cosecha, sino también del contenido de azúcar cuyo incremento osciló entre el 0,5 y el 1,5 %, alcanzando incluso mayores porcentajes. Por su parte, los seleccionadores de semilla sólo lograron, en un cuarto de siglo, un aumento de ese contenido en azúcar de un 0,5 a un 0,7 %.

En el Kazajstán, una irradiación por impulsiones de 45 minutos de duración, aplicada a tubérculos de patata, a pipas de melón y sandía y a granos de soja, acrecentó su rendimiento entre un 15 y un 20 %. En el Uzbekistán, y con el mismo sistema, la producción de algodón se acrecentó en un volumen que oscila del 5 al 10 %. Tal es la fuerza de la acción de la luz solar

concentrada, cuando se la aplica por impulsiones a los órganos no fotosintéticos de las plantas. Y esta acción es aun de mayor importancia cuando la luz modifica el sistema hereditario de las plantas; pero para lograr esto se requiere una irradiación más prolongada.

Si se someten a una irradiación por impulsiones, de treinta minutos de duración y a lo largo de un periodo de 10 a 20 días, brotes de trigo primaverales, al año siguiente la descendencia genera plantas de trigo con espigas de mayor talla, más abundantes en granos y capaces de adelantar su maduración en una semana. El rendimiento de las nuevas formas genéticamente estables, denominadas «fotomutantes», es una vez y media mayor que el de las plantas de origen.

En Moldavia, la irradiación de trigo invernal en diversas etapas de su desarrollo provocó la aparición de fotomutantes en una proporción del 5 al 6 %. Entre ellos se encuentran formas con tallo más corto y más resistente y granos con un mayor contenido proteínico. En cinco o seis generaciones

proporcionan todos los años una descendencia genéticamente parecida.

Irradiando soja con ayuda de impulsiones luminosas durante media hora diaria, desde que la planta brota hasta que alcanza su madurez, se obtiene una descendencia que alcanza la sazón con tres o cuatro semanas de adelanto. La estabilidad de la descendencia en la sexta generación, con conservación de la amplitud de la cosecha inicial (treinta quintales por hectárea), indica la aparición de un material nuevo

puesto a disposición de los seleccionadores.

Hoy se concede interés especial a los fotomutantes. Las formas y variedades obtenidas gracias a la acción de la luz son sometidas a prueba y sirven como punto de partida para ulteriores selecciones. El trigo de la variedad «Luz» fue sembrado en Moldavia en centenares de hectáreas con objeto de obtener semilla de calidad superior. Este trigo de primera calidad ha producido ya millares de quintales de grano.

Así, en la actualidad, el hombre puede modificar, mejorar y crear nuevas variedades de plantas cultivadas con elevada productividad, gracias a un dispositivo óptico de concentración de la luz solar.

En la medida en que la vida vegetal depende de la luz solar y está dirigida por los genes y en que sol y genes son el motor de la agricultura, cabe esperar que la fotoenergética se convierta en el catalizador del aumento de la productividad de los cultivos.

*Alexander Shajov*

## DEL HORNO SOLAR A LA PRESA MARINA *(viene de la pág. 26)*

Se trata de la destilación destructiva provocada en una atmósfera carente de oxígeno. Este proceso descompone los residuos orgánicos en combustibles líquidos, sólidos o gaseosos. Pues bien, según el grupo de estudios de la NASA, los Estados Unidos podrían obtener sólo con este sistema el uno por ciento del combustible que necesitan.

El agua es un medio barato para canalizar la energía solar, con un coste por metro cuadrado infinitamente menor que el del sistema de los espejos o de las llamadas superficies selectivas que absorben más calor que el que irradian. El agua es el medio utilizado en el llamado «estanque solar» que hace unos quince años construyó el Dr. Harry Tabor, jefe del Laboratorio Nacional de Física de Israel.

El primer estanque tenía unos 600 metros cuadrados de superficie. Su profundidad era de un metro y su fondo estaba pintado de negro. Al llenarse con agua en la que se ha disuelto sal, las capas más densas del fondo se calientan sin que se produzca convección alguna. El calor se acumula así en el fondo, de donde se lo puede extraer y utilizarlo para accionar una turbina, mientras el sol comunica más calor a las capas superficiales. El interés por este procedimiento aumenta hoy día como resultado del costo creciente de los combustibles fósiles.

Pero la posibilidad más tentadora radica en la utilización del océano como gigantesco colector de energía solar disponible en todo momento. Hace unos cuarenta años, el francés Georges Claude propuso que se utilizara la diferencia entre la temperatura de la superficie del océano y de sus profundidades —unos 20°C en determinadas zonas tropicales— para accionar un motor de vapor.

La idea fue ensayada en una bahía de Cuba donde llegaron a obtenerse 22 kilovatios de energía eléctrica, pero el proyecto quedó enterrado cuando el descubrimiento de nuevos campos petrolíferos eliminó la escasez de petróleo que ya entonces, hace cuarenta años, amenazaba. Hoy, el

grupo de estudios de la NASA quiere sacarlo del olvido.

A otra forma de utilización del mar se refirió en el congreso el Dr. Ali Kettani, de la Escuela del Petróleo y de los Minerales de Arabia Saudita, el cual pretende domeñar y canalizar la evaporación solar con el fin de realizar la aparentemente imposible proeza de producir energía eléctrica en un país donde no llueve ni existen montañas.

¿Cómo conseguirlo? Contemplemos un mapa de Arabia Saudita. Su costa presenta una brecha originada por el Dawhat Salwah, pequeño golfo de 6.000 kilómetros cuadrados de superficie. Qatar rodea el golfo a partir de Dahrán y en medio está la isla de Bahrein, formando una plataforma excelente para la construcción propuesta de una serie de diques.

Una vez que el Dawhat Salwah quedara separado del mar, dejaría de recibir agua nueva para sustituir la que perdiera por evaporación en una de las regiones del mundo donde más calor hace. Según los cálculos de Kettani, pasados tres o cuatro años el nivel del golfo disminuiría trece metros, lo cual sería bastante para poder poner en marcha una central «heliohidroeléctrica» con una producción de 300 millones de kilovatios-hora al año.

«Los científicos deben pensar en grande —señaló el científico saudí—. Teóricamente, el 0,5 por ciento de la superficie de los Estados Unidos recibe bastante sol para producir toda la electricidad que el país necesitará en el año 2000. Pero soy escéptico en lo que atañe a la idea de cubrir 40.000 kilómetros cuadrados con células solares. Por mi parte, trato de soslayar el problema de las células solares utilizando zonas de alta mar para transformar la energía solar en electricidad. Se trata de construir una presa al revés, del mar a la tierra, y en la Arabia Saudita estamos estudiando los índices de evaporación para determinar su viabilidad.»

Calcula el Dr. Kettani que la realización de este proyecto costaría 150 millones de dólares, pero su rendi-

miento sería de cincuenta a sesenta millones al año. Y, lo que no es menos importante, permitiría economizar petróleo, el tesoro de la Arabia Saudita.

A su vez, los norteamericanos podrían economizar entre un 40 y un 75 por ciento de la energía utilizada en los edificios si recurrieran a la energía solar para calentar y refrigerar las oficinas. Esto es válido no sólo para la soleada California sino también para los climas fríos.

La forma misma de las colectividades cambiaría si la energía no proviniera sólo de las minas, las refinerías y las centrales eléctricas sino igualmente del cielo. En verdad, la energía solar podría producir una revolución del mismo tipo que el vapor o la electricidad en su época.

Un vislumbre de lo que sería esa revolución lo ofreció al congreso una ponencia presentada por el profesor J. K. Page, de la Universidad de Sheffield (Gran Bretaña), quien criticó duramente a los modernos arquitectos por introducir en los países subdesarrollados los peores aspectos del diseño europeo.

Los edificios con muros de cristal en los climas calurosos exigen aire acondicionado, para lo cual se necesita una cantidad de energía eléctrica que sería mejor dedicar a la industria. «Estamos ante un caso de mala arquitectura que frena la industrialización de las naciones», señaló el profesor Page.

El proyecto de Page es utilizar la luz solar que reciben los edificios para cultivar plantas en sus azoteas y tejados. El dióxido de carbono y la humedad producidos por sus habitantes podrían canalizarse hasta los jardines de los tejados para acelerar el crecimiento de las plantas.

Detalle importante: al mediodía, los oficinistas podrían descansar y distenderse en esos jardines en los que se combinarían la ciudad y el campo sin tener que recurrir a las anárquicas y destructoras emigraciones periódicas que conocemos actualmente.

*Dan Behrman*



## LIBROS RECIBIDOS

### ■ El libro del Ello

por Georg Groddeck  
Prólogo de C. Castilla del Pino  
Taurus Ediciones, Madrid, 1973

### ■ Crisis de la República

por Hannah Arendt  
Taurus Ediciones, Madrid, 1973

### ■ Federico García Lorca

Serie «El escritor y la crítica»  
Edición de Idefonso-Manuel Gil  
Taurus Ediciones, Madrid, 1973

### ■ Benito Pérez Galdós

Serie «El escritor y la crítica»  
Edición de Douglass M. Rogers  
Taurus Ediciones, Madrid, 1973

### ■ Antonio Machado

Serie «El escritor y la crítica»  
Edición de Ricardo Gullón  
y Allen W. Phillips  
Taurus Ediciones, Madrid, 1973

### ■ Españoles en la resistencia

por Alberto Fernández  
Editorial Zero, Bilbao, 1973

### ■ El yo y el ello

por Sigmund Freud  
Alianza Editorial, Madrid, 1973

### ■ Sátiras políticas de la España moderna

Introducción y selección de T. Egido  
Alianza Editorial, Madrid, 1973

### ■ Los vanguardistas españoles 1925-1935

Selección de R. Buckley y  
J. Crispin  
Alianza Editorial, Madrid, 1973

### ■ Enciclopedia del saber antiguo y prohibido

por Zolar  
Alianza Editorial, Madrid, 1973

### ■ Lelia o la vida de George Sand

por André Maurois  
Alianza Editorial-Emecé, 1973

### ■ La muralla china

por Franz Kafka  
Alianza Editorial, Madrid, 1973

### ■ La miseria del historicismo

por Karl R. Popper  
Alianza Editorial-Taurus, Madrid, 1973

### ■ La decadencia económica de los imperios

por C.M. Cipolla, J.H. Elliot,  
P. Vilar y otros  
Alianza Editorial, Madrid, 1973

### ■ Modos de pensamiento

por A.N. Whitehead  
Taller de Ediciones JB, Madrid, 1973

### ■ Yolanda Oreamuno

presentada por Rima de Vallbona  
Ministerio de Cultura, Juventud  
y Deportes, San José, Costa Rica

### ■ Joaquín García Monge

presentado por Victoria Garrón de  
Doryan

Ministerio de Cultura, Juventud  
y Deportes, San José, Costa Rica

### ■ Carmen Lyra

presentada por Luisa González y  
Carlos Luis Sáenz  
Ministerio de Cultura, Juventud  
y Deportes, San José, Costa Rica

# LATITUDES Y LONGITUDES

## «Libros para todos»

Con este título, la Unesco acaba de publicar un folleto especial en el que se presentan algunas sugerencias para resolver los problemas relativos a la producción, la circulación y la utilización de los libros. La Organización ha invitado a sus Estados Miembros, así como a unas 400 organizaciones no gubernamentales, a emprender conjuntamente un programa a largo plazo destinado a fomentar la producción de libros y la lectura, continuando así las actividades del Año Internacional del Libro que se celebró con gran éxito en todo el mundo en 1972.

## Atribución del premio Kalinga

El premio anual Kalinga, destinado a la divulgación científica, ha sido concedido este año al Dr. Philip H. Abelson, editor de la revista norteamericana *Science*, y a Niger Calder, escritor científico inglés. Desde su fundación en 1951, esta es la primera vez que el premio Kalinga, que atribuye un jurado internacional designado por la Unesco, ha sido compartido por dos personas. El Dr. Abelson, que dirige la citada revista desde 1962, es además presidente del Carnegie Institute de Washington. Niger Calder, hijo de Lord Ritchie Calder, quien obtuvo el mismo premio en 1960, dirigió de 1962 a 1966 la revista inglesa *New Scientist* y es muy conocido por sus libros y sus programas de televisión sobre temas científicos.

## Campañas de educación sanitaria por radio

En Tanzania, cerca de dos millones de personas han participado en las campañas de educación sanitaria realizadas por medio de emisiones de radio y grupos de trabajo y relativas a las principales enfermedades de que sufre la población, como la malaria, la anquilostomiasis, la disentería y la tuberculosis. Los textos que sirvieron de base para esos trabajos se han utilizado además para continuar la campaña de alfabetización en ese país.

## Ayuda de Estados Unidos para salvar Filae

Los Estados Unidos han contribuido con una suma equivalente a un millón de libras egipcias a la campaña internacional de la Unesco para salvar los templos de Filae, situados en medio del Nilo. Los trabajos para trasladar los templos a una isla cercana comenzaron en 1972 y quedarán terminados en 1976. Su costo total se ha calculado en 13.700.000 dólares. Hasta ahora las contribuciones que han hecho o piensan hacer los Estados Miembros de la Unesco ascienden a seis millones y medio.

## Concurso fotográfico para el Año Internacional de la Población

Los organizadores del festival fotográfico mundial «Cologne Photokina» y la Comisión Nacional de la Unesco de la República Federal de Alemania han convocado un concurso internacional de fotografías titulado «Un mundo para todos», que es el lema adoptado por las Naciones Unidas para el Año Internacional de la Población, que se celebrará en 1974. El propósito del concurso es despertar el interés público

por los problemas que plantea el aumento de la población mundial (100 millones de personas por año). El plazo para el envío de los trabajos termina el 2 de abril de 1974. Pueden solicitarse más detalles a: The Photokina Office, Kölner Messe, 5 Köln 21, Postfach 210760, República Federal de Alemania.

## 1974 : Año Internacional de la Población

Las Naciones Unidas han designado 1974 Año Internacional de la Población con el fin de alertar a la opinión pública mundial sobre el crecimiento demográfico y lograr una mayor comprensión de los problemas capitales que ese crecimiento plantea al mundo. Uno de los puntos culminantes del Año Internacional será la convocatoria por las Naciones Unidas de la primera conferencia intergubernamental sobre la población, que se celebrará en agosto en Bucarest (Rumania).

■ La población mundial a mediados de 1973 era de 3.800 millones de personas. Si el crecimiento demográfico continúa al mismo ritmo (2 por ciento anual), en menos de cuatro decenios alcanzará la cifra de 8.000 millones.

■ Más de la mitad de la población mundial, es decir cerca de 2.100 millones, viven en Asia. Europa (con excepción de la URSS) tiene 466 millones de habitantes, África 354 millones, América del Norte 327 millones, América Central y del Sur 195 millones y Oceanía 20 millones.

■ La República Federal de Alemania ostenta el índice de crecimiento más bajo del mundo (12,8 por mil) y Swazilandia el más alto (52,3 por mil).

■ Las cinco países más poblados del globo son China (787 millones), India (550 millones), URSS (245 millones), EUA (207 millones) e Indonesia (125 millones).

■ Si no se lograra disminuir este ritmo de crecimiento de la población, un niño que naciera hoy y viviera hasta los 70 años de edad conocería un mundo poblado por 15.000 millones de habitantes. Su nieto viviría en medio de 60.000 millones de personas.

## Sello de correos conmemorativo de la Declaración de Derechos Humanos



Para conmemorar el 25º aniversario de la Declaración Universal de Derechos Humanos, la Administración Postal de Francia emitió el pasado 10 de diciembre este sello de correos. La Declaración fue aprobada por la Asamblea General de las Naciones Unidas, reunida en París, el 10 diciembre de 1948. Pueden obtenerse sobres y tarjetas con el matasellos del primer día de circulación así como hojas conmemorativas dirigiéndose al Servicio Filatélico de la Unesco, Place de Fontenoy, 75700 París.

# Los lectores nos escriben

## **DEFENDER LA VIDA PRIVADA Y LA LIBERTAD**

He leído con sumo interés y asombro el número de julio, «La vida privada en peligro», dedicado en su mayor parte a la conmemoración del 25° aniversario de la Declaración Universal de Derechos Humanos.

Es fantástico el avance de la ciencia en el campo de la miniaturización de los equipos electrónicos, pero también alarmante ver como este adelanto se emplea para espiar, observando, escuchando y revelando la actividad humana, aún en sus más íntimas acciones. Aterradores también los métodos psicológicos que modifican los pensamientos y la personalidad del individuo, sin su consentimiento.

La Organización de las Naciones Unidas debe ser enérgica como nunca en esta nueva lucha. Es urgente que todo el esfuerzo se encamine a la aprobación de una legislación internacional que controle estas actividades, para salvar una vez más la libertad humana, que tantos sacrificios, esfuerzos y angustias ha costado a los hombres a través de los tiempos. La humanidad no puede adaptarse jamás al conformismo.

Rodolfo R. Boucugnani  
La Habana, Cuba

## **LOS DERECHOS HUMANOS EN CHILE**

Soy un asiduo lector de *El Correo de la Unesco*, revista que considero en estos tiempos que corren como un remanso de paz para el espíritu, bien documentada y bien realizada; considero que debería llegar a todos los seres humanos, hacerse indispensable en todos los colegios y centros de enseñanza, escuelas rurales, etc.

El motivo de esta carta es que he leído en la prensa de mi país que el Consejo Ejecutivo de la Unesco había pedido que su Director General preparase un informe sobre los sucesos acaecidos recientemente en Chile, a propuesta de la Delegación Permanente de la República de Cuba, sobre los atentados y violaciones a los derechos humanos, al pueblo y la cultura en general. Sería muy interesante para los lectores de *El Correo* ver publicado en nuestra revista un amplio artículo dedicado a las artes y la cultura chilena, y también cómo no al querido Pablo Neruda, poeta de los grandes, que merece un homenaje en las páginas de *El Correo*.

Carlos André  
Madrid

N.D.L.R. — En su última reunión (septiembre-octubre de 1973), el Consejo Ejecutivo de la Unesco adoptó una larga resolución en la que «manifiesta su profunda preocupación por los acontecimientos ocurridos en Chile en cuanto puedan afectar los propósitos y funciones de la Unesco (...) y por consiguiente ciertas actividades concretas de la Organización», «aprueba las gestiones emprendidas por el Director General que tienen por objeto determinar la situación que existe ahora en ese Estado Miembro sobre la educa-

ción, la ciencia y la cultura, así como sobre la situación de los académicos, científicos y educadores que trabajan en ese país, tanto nacionales como extranjeros» y «decide aplicar a las denuncias sobre violación de los Derechos Humanos un procedimiento» de investigación, pidiendo al Director General que le informe sobre el asunto en su próxima reunión de primavera.

## **EDADES MINIMAS EN LA ARGENTINA**

Me permito hacer notar que en el número correspondiente al mes de octubre del año en curso, en la página 25, se ha incurrido en errores con relación a la edad de las personas en la República Argentina para tener ciertos deberes y derechos.

En primer lugar, la edad mínima para poder contraer matrimonio en nuestro país, según la ley vigente, es de 16 años para el varón y de 14 para la mujer, y no de 18 como se expresa en el cuadro.

En cuanto a la «mayoría de edad penal», no es de 21 años. En la Argentina, la ley 14394 establece un régimen especial para los menores que deban ser sometidos a la ley penal. Los menores de 16 años son inimputables —es decir que no pueden ser condenados—, los de 16 y 17 años quedan en cierto modo equiparados a los mayores de edad —21 años— en cuanto pueden ser sometidos a proceso penal y aún condenados «en caso de necesidad» que establecerá el Juez. El Juez está asimismo facultado para disminuir la pena, en caso de condena, como si se tratara de un delito en grado de tentativa.

Por último, el derecho de votar lo adquieren en la Argentina los nativos —varones y mujeres— que hayan cumplido 18 años de edad, y no a los 21 como se expresa equivocadamente en la revista.

Creo que es conveniente aclarar todo esto, teniendo en cuenta la difusión mundial y el prestigio de *El Correo*.

Dr. Silvano Santander  
Juez de Instrucción en lo Criminal  
Paraná, República Argentina

## **EVITAR UN SUICIDIO COLECTIVO**

Tras leer el artículo titulado «El mito del equilibrio ecológico» por Miguel A. Ozorio de Almeida, publicado en el número de enero de 1973, queremos protestar por las generalizaciones que contiene dicho trabajo «tranquilizador» que trata de presentar a los más eminentes ecólogos como profetas sensacionalistas del infortunio.

Lo queramos o no, la verdad es que los recursos naturales son limitados y los peligros de que tan poco caso hace el autor del artículo aumentan cada día. Lavarse las manos diciéndose que esos recursos pueden durar muchos años todavía constituye un crimen contra la humanidad.

Mientras los países desarrollados y subdesarrollados se lanzan recíproca-

mente acusaciones y afirmaciones en una lucha estéril, el fitoplancton de los océanos desaparece, los mares se transforman en basureros, el hormigón y el asfalto devoran bosques y costas, las especies animales se extinguen, los parásitos pululan y la humanidad continúa reproduciéndose aceleradamente. En tal situación, las «pequeñeces» y las «meteduras de pata» repetidas nos conducen a un suicidio colectivo.

¿Es que tememos tanto mirar de frente la verdad? O adoptamos inmediatamente las medidas adecuadas —no nos quedan sino diez o veinte años antes de que la situación sea irreversible— o desapareceremos todos. El comandante Cousteau ha dicho que prefiere equivocarse con la esperanza de salvar la tierra antes que hacerlo a riesgo de verla destruida.

El día del desastre final no habrá países pobres ni ricos, ni grandes ni pequeños contaminadores, ni optimistas ni pesimistas; sólo habrá individuos inconscientes que ni siquiera podrán encontrar lúgubres razones tranquilizadoras que los salven.

En nombre de un grupo  
de 120 estudiantes :

Alain Persay,  
técnico forestal,  
Centro de Protección de la Naturaleza  
Neuville, Francia

## **EDUCAR CONTRA LA DROGA**

Quiero manifestarles la gran importancia que ha tenido y que ciertamente tendrá el artículo «El rompecabezas de la droga», publicado en *El Correo de la Unesco* de mayo pasado, ya que la juventud, que es la gran responsable de la proliferación de su consumo, necesita que se le aclaren los problemas relativos a ese gran mal, a fin de que tenga consciencia de su peligro.

Me parece extraordinaria, magnífica, objetiva y clara, la manera en que fue abordado el tema, que constituye un camino de orientación inclusive para los educadores, y sin que deje lugar a una interpretación negativa. Esta es, además, una manera adecuada de instruirlos sobre los inconvenientes del abuso de las drogas sin caer en el tipo de aquellas campañas cuyo mensaje tácito o expreso es siempre el mismo: prohibir y amenazar con castigos, etc., y que generalmente tienen consecuencias contraproducentes, ya que todo lo que se prohíbe despierta interés y conduce fatalmente a experimentarlo y de ello a caer en el vicio.

El problema es realmente muy delicado y, por ello, antes de abordarlo, es preciso obrar con cautela y tratar siempre de hacer hincapié en los perjuicios físicos que causa la droga, dejando que el joven opte entre el mal y el bien. Una juventud bien orientada y esclarecida difícilmente habrá de tomar el camino que la conducirá al sufrimiento físico.

Quisiera sugerir aquí que se publiquen otros artículos como ese.

Para finalizar quiero manifestarles que, a mi juicio, para lograr convertir al pueblo a una ideología es necesario educarlo previamente sin demagogia.

Anilo A. Krumenauer,  
Porto Alegre, Brasil.

# perspectivas

revista trimestral de educación

Vol. III · Nº 1 · Primavera 1973



UNESCO · SANTILLANA

Suscripción anual : 300 pesetas

Número suelto : 85 pesetas

## Una nueva revista de la Unesco en español

**PERSPECTIVAS**, la gran revista trimestral de educación que la Unesco viene publicando en francés e inglés desde hace tres años, ha aparecido recientemente en español gracias a un acuerdo entre la Organización internacional y la editorial madrileña Santillana. Hasta ahora se han publicado dos números en español, el primero de ellos con una selección de los artículos incluidos en los números anteriores.

**PERSPECTIVAS** trata esencialmente de servir de instrumento para promover el intercambio internacional de experiencias e investigaciones en materia de educación.

**PERSPECTIVAS** cuenta entre sus colaboradores a las más destacadas personalidades en materia de educación : Jean Piaget, Danilo Dolci, Joseph Ki-Zerbo, Paulo Freire, Alain Touraine, Arthur Petrovsky, Felipe Herrera...

**PERSPECTIVAS** ofrece en cada uno de sus números, que consta de unas 150 páginas, un examen monográfico de un tema particular, varios artículos en los que se exponen las más diversas y encontradas opiniones y una amplia información bibliográfica.

**PERSPECTIVAS** dedicará principalmente su próximo número (invierno de 1973) a la transformación de la Universidad en toda Europa : reformas en curso de realización, papel de la institución, etc.

*Los lectores que se interesen por la revista deben dirigirse a : Santillana, S. A. Calle Elfo, 32. Madrid-27. España.*

## Para renovar su suscripción y pedir otras publicaciones de la Unesco

Pueden pedirse las publicaciones de la Unesco en todas las librerías o directamente al agente general de ésta. 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 HOLANDEAS.** C.G.T. Van Dorp & Co. (Ned. Ant.) N.V. Willemstad, Curaçao. — **ARGENTINA.** Editorial Losada, S.A., Alsina 1131, Buenos Aires. — **REP. FED. DE ALEMANIA.** Todas las publicaciones: Verlag Dokumentation Postfach 148, Jaiserstrasse 13, 8023 München-Pullach. Para « UNESCO KURIER » (edición alemana) únicamente: Vertrieb Bahrenfelder Chaussee 160, Hamburg-Bahrenfeld, C.C.P. 276650. — **BOLIVIA.** Librería Universitaria, Universidad San Francisco Xavier, apartado 212, Sucre. — **BRASIL.** Fundação Getúlio Vargas, Serviço de Publicações, caixa postal 21120, Praia de Botafogo 188, Rio de Janeiro, GB. — **COLOMBIA.** Librería Buchholz Galería, avenida Jiménez de Quesada 8-40, apartado aéreo 49-56, Bogotá; Distrilibros Ltda., Pío Alfonso

García, carrera 4a, Nos. 36-119 y 36-125, Cartagena; J. Germán Rodríguez N., calle 17, Nos. 6-59, apartado nacional 83, Girardot, Cundinamarca; Editorial Losada, calle 18 A Nos. 7-37, apartado aéreo 5829, apartado nacional 931, Bogotá; y sucursales: Edificio La Ceiba, Oficina 804, Medellín; calle 37 Nos. 14-73, oficina 305, Bucaramanga; Edificio Zaccour, oficina 736, Cali. — **COSTA RICA.** Librería Trejos S.A., Apartado 1313, San José. — **CUBA.** Distribuidora Nacional de Publicaciones, Neptuno 674, La Habana. — **CHILE.** Editorial Universitaria S.A., casilla 10.220, Santiago. — **ECUADOR.** Casa de la Cultura Ecuatoriana, Núcleo del Guayas, Pedro Moncayo y 9 de Octubre, casilla de correo 3542, Guayaquil. — **EL SALVADOR.** Librería Cultural Salvadoreña, S.A., Edificio San Martín, 6a calle Oriente No. 118, San Salvador. — **ESPAÑA.** Ediciones Iberoamericanas, S.A., calle de Oñate 15, Madrid 20; Distribución de Publicaciones del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Vitrubio 16, Madrid 6; Librería del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Egiptiácas 15, Barcelona; Ediciones Liber, apartado 17, Ondárroa (Vizcaya). — **ESTADOS UNIDOS DE AMERICA.** Unesco Publications Center, P.O.

Box 433, Nueva York N.Y. 10016. — **FILIPINAS.** The Modern Book Co., 926 Rizal Avenue, P.O. Box 632, Manila. D-404. — **FRANCIA.** Librairie de l'Unesco 7-9, Place de Fontenoy, 75700 Paris, C.C.P. Paris 12.598-48. — **GUATEMALA.** Comisión Nacional de la Unesco, 6a calle 9.27 Zona 1, Guatemala. — **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 (CCP 324-45). — **MEXICO.** CILA (Centro Interamericano de Libros Académicos), Sullivan 31-Bis México 4 D.F. — **MOZAMBIQUE.** Salema & Carvalho Ltda., caixa Postal 192, Beira. — **PERU.** Editorial Losada Peruana, 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 Uruguaya, S.A. Librería Losada, Maldonado 1092, Colonia 1340, Montevideo. — **VENEZUELA.** Librería del Este, Av. Francisco de Miranda, 52- Edificio Galipan, Caracas.



Foto © Agfa-Gevaert, Leverkusen, Rep. Fed. de Alemania

## **El peligro de los baños de sol**

Instalada sobre la nariz de un gran sol dibujado en la arena de una playa, esta joven se expone a los benéficos rayos solares que, sin embargo, pueden a veces ser nocivos. En un congreso internacional sobre «El sol al servicio de la humanidad», celebrado recientemente en la Unesco, fueron numerosos los científicos que señalaron los peligros que entraña una exposición mal controlada a los rayos solares: lesiones de los ojos, quemaduras, trastornos de la pigmentación, etc. Por otra parte, algunas de las sustancias que intervienen en la preparación de gran número de cremas solares, cosméticos, desodorantes, jabones y demás, pueden incrementar peligrosamente la sensibilidad de la piel a la luz del sol y a los rayos ultravioletas (véase la página 36).