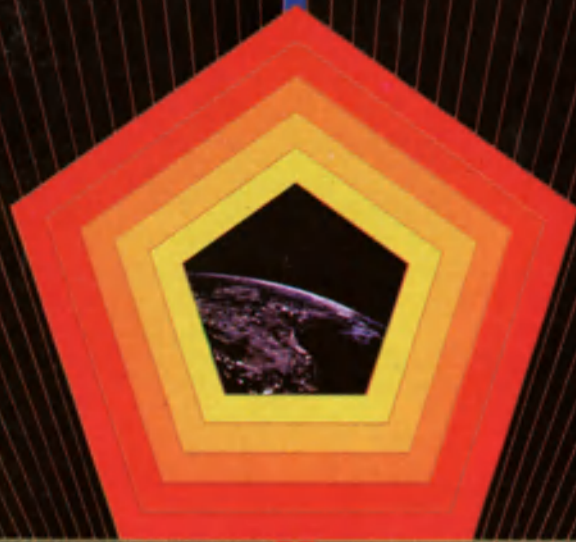


JULIO 1981 - 4,50 francos franceses (España : 95 pesetas)

# El Correo de la unesco



Energías para  
el siglo XXI



TESOROS  
DEL ARTE  
MUNDIAL

164

India

## La adoración del Sol

Desde tiempo inmemorial y en el mundo entero el Sol ha fascinado a la humanidad, inspirándole tradiciones, cultos, filosofías. Este motivo decorativo circular, que representa una flor de loto abierta, está dedicado al Astro Rey, fuente de vida. El personaje central es seguramente un adorador del Sol. El bajorrelieve, que se conserva en el Museo Indio de Calcuta, proviene del dintel de una puerta del stupa de Bharhut, India, y data del siglo II antes de la era cristiana.

## PUBLICADO EN 25 IDIOMAS

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

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

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

Tarifas de suscripción :  
un año : 44 francos (España : 950 pesetas)  
dos años : 75 francos.  
Tapas para 11 números : 32 francos.

Los artículos y fotografías que no llevan el signo © (copyright) pueden reproducirse siempre que se haga constar "De EL CORREO DE LA UNESCO", el número del que han sido tomados y el nombre del autor. Deberán enviarse a EL CORREO tres ejemplares de la revista o periódico que los publique. Las fotografías reproducibles serán facilitadas por la Redacción a quien las solicite por escrito. Los artículos firmados no expresan forzosamente la opinión de la Unesco ni de la Redacción de la revista. En cambio, los títulos y los pies de fotos son de la incumbencia exclusiva de esta última.

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

Jefe de redacción :  
Jean Gaudin

Subjefe de redacción :  
Olga Rodel

Secretaria de redacción :  
Gillian Whitcomb

Redactores principales :  
Español : Francisco Fernández-Santos (París)  
Francés :  
Inglés : Howard Brabyn (París)  
Ruso : Victor Goliachkov (París)  
Alemán : Werner Merkli (Berna)  
Arabe : Abdel Moneim El Sawi (El Cairo)  
Japonés : Kazuo Akao (Tokio)  
Italiano : Maria Remiddi (Roma)  
Hindi : Krishna Gopa (Delhi)  
Tamul : M. Mohammed Mustafa (Madrás)  
Hebreo : Alexander Broido (Tel-Aviv)  
Persa : Samad Nurinejad (Teherán)  
Portugués : Benedicto Silva (Rio de Janeiro)  
Neerlandés : Paul Morren (Amberes)  
Turco : Mefra Ilgazer (Estambul)  
Urdu : Hakim Mohammed Said (Karachi)  
Catalán : Joan Carreras i Martí (Barcelona)  
Malayo : Bahador Shah (Kuala Lumpur)  
Coreano : Lim Moun-Young (Seúl)  
Swahili : Domino Rutayebesibwa (Dar es-Salam)  
Croata-servio, esloveno, macedonio y servio-croata : Punisa A. Pavlovich (Belgrado)  
Chino : Shen Guofen (Pekín)  
Braille : Frederick H. Potter (París)

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

Documentación : Christiane Boucher  
Ilustración : Ariane Bailey  
Composición gráfica : Philippe Gentil

La correspondencia debe dirigirse al director de la revista.

páginas

## 5 PARA HACER FRENTE AL DESAFIO

por Amadou-Mahtar M'Bow

## 6 LA TRANSICION HACIA UN SISTEMA ENERGETICO MULTIPLE

por Enrique V. Iglesias

## 9 PERSPECTIVAS DEL CAMBIO

por Wolfgang Sassin

## 10 LAS CONVERSIONES DE LA ENERGIA

## 13 IMPLICACIONES DE UN SISTEMA ENERGETICO CONSTANTEMENTE RENOVABLE

## 14 EL SOL Y LA INDEPENDENCIA ECONOMICA DEL TERCER MUNDO

por Abdu Mumuni Dioffo

## 17 INVENTARIO MUNDIAL DE LA ENERGIA

por Zoran Zaric

18 Combustibles fósiles

21 Energía nuclear

23 Energía geotérmica

24 Energía maremotriz, Energía de las olas, Energía eólica

27 Energía hidráulica, Energía térmica de los océanos

29 Energía solar

31 Combustibles solares

## 19 LA INFORMACION, UN FACTOR INDISPENSABLE

por James F. McDivitt

## 20 LA UNIFICACION DE LAS FORMAS BASICAS DE LA ENERGIA

por Abdus Salam

## 23 OBSTACULOS PARA LAS ENERGIAS NUEVAS

por Boris M. Berkovsky

## 29 EL CENTRO SOLAR REGIONAL DE BAMAKO, MALI

## 32 GASOLINA VEGETAL EN EL BRASIL

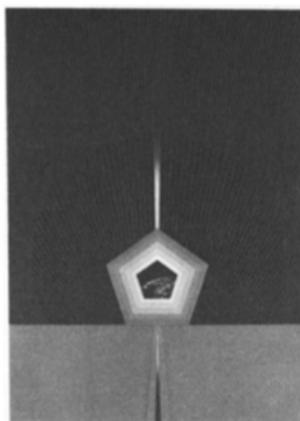
por Benedicto Silva

## 33 INDIA: VISICITUDES DEL BIOGAS DOMESTICO

por Tushar Kanti Mulik

## 2 TESOROS DEL ARTE MUNDIAL

INDIA: La adoración del Sol



Dibujo de Nagai Kazumasa  
© Graphic Design Associates, Tokio

## Nuestra portada

El presente número de *El Correo de la Unesco* está dedicado a los problemas energéticos mundiales y a la necesidad de preparar una transición progresiva hacia nuevas y variadas fuentes de energía que reduzcan el actual predominio de unos combustibles fósiles a punto de agotarse. Se trata de un desafío no sólo a la tecnología moderna sino también a la cooperación y a la solidaridad internacionales en la medida en que la crisis de la energía, que afecta a todas las naciones, impone una carga particularmente desproporcionada a los países del Tercer Mundo que luchan por su desarrollo en un mundo donde la energía es cada vez más cara. Profundamente interesada por este problema crucial, la Unesco participa en la organización de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre las fuentes nuevas y renovables de energía que va a celebrarse en Nairobi (Kenia) del 10 al 21 de agosto próximo.

# Para hacer

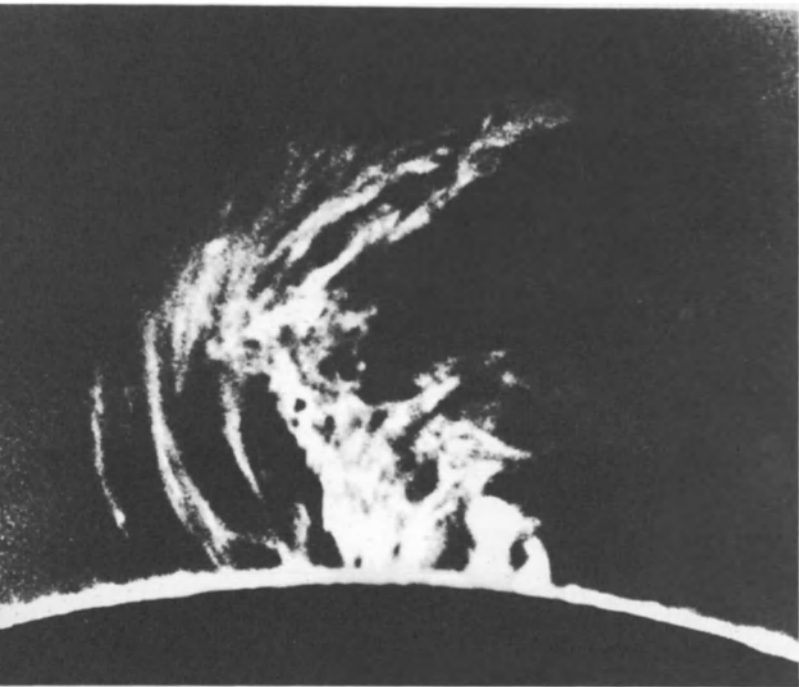


Foto © IPS, Washington, D.C.



Foto J. Bicket © The Image Bank, Paris

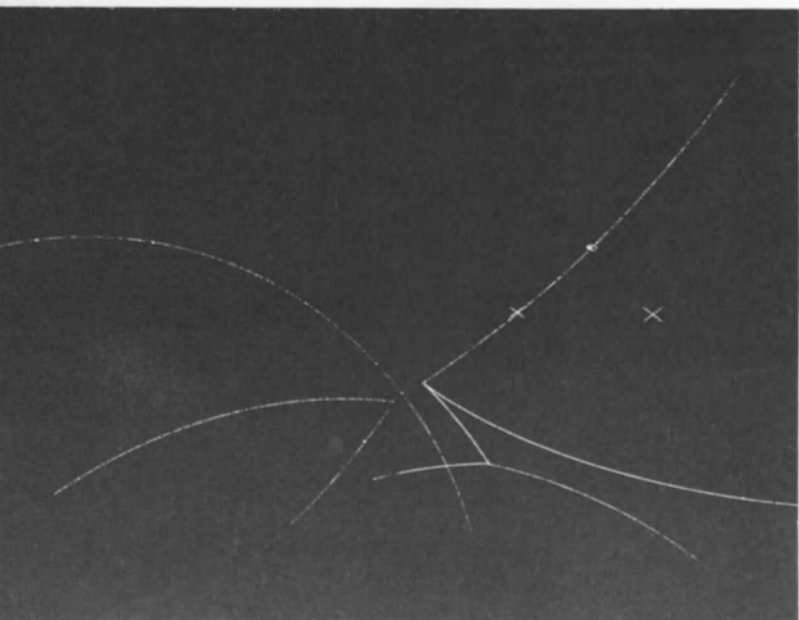


Foto © CERN, Paris

La energía ha sido siempre un factor primordial de la vida social. Toda actividad entraña un desgaste de energía; así, desde la tracción animal hasta la fisión nuclear, la historia de la energía se confunde con la historia de la humanidad, de la que es, en muchos aspectos, un hilo conductor. A lo largo de los siglos, la historia de la energía ha estado determinada por la evolución del pensamiento científico. Los tipos de energía disponibles así como los modos de utilizarla han influido, a veces directamente, en la naturaleza misma de la sociedad. De ahí que se deba considerar la energía desde una perspectiva histórica, a través del prisma de la cultura en su sentido más amplio.

La utilización en gran escala del carbón, junto con la invención de la máquina de vapor y los progresos de la química y de la siderurgia, hizo posible la primera revolución industrial que a partir del siglo XIX iba a transformar las sociedades esencialmente agrarias de Europa y de América del Norte. Asimismo, el descubrimiento de la electricidad influyó profundamente en la vida de los hombres y mujeres de todos los continentes mediante sus aplicaciones múltiples, (desde el alumbrado hasta la mecanización de la comunicación) y facilitó la formación de los grandes centros urbanos contemporáneos. Luego, a partir del siglo XX, la explotación creciente de otros combustibles fósiles, como el petróleo y el gas natural, y, más cerca de nosotros, el desarrollo de la energía hidroeléctrica y, después, el de la energía nuclear, permitieron a las sociedades industriales continuar el impulso que las condujo a esa verdadera mutación que ha dado origen al mundo moderno con todas sus esperanzas y sus contradicciones.

Si los problemas energéticos revisten actualmente una gravedad tal que justifica la celebración, en escala internacional, de una Conferencia de las Naciones Unidas sobre las fuentes nuevas y renovables de energía ello se debe a que ya no parece posible satisfacer las necesidades mundiales, en constante aumento, si se continúa explotando en las mismas condiciones un número demasiado limitado de recursos energéticos. La comunidad internacional se enfrenta así con la difícil tarea de introducir sin demora los cambios estructurales —de orden económico, social y tecnológico— que entraña la progresiva utilización de nuevas fuentes de energía.

En efecto, como demuestra el presente número de *El Correo de la Unesco*, en las condiciones actuales de la producción y de la vida de una serie de sociedades no existen ni fuente de energía única que pueda seguir satisfaciendo durante mucho tiempo todas las necesidades ni nuevos recursos capaces de reemplazar completamente a los que hoy día existen. Tal es el balance de una situación mundial que durante demasiado tiempo se ha caracterizado por la explotación intensiva —debida a razones económicas relacionadas sobre todo con el bajo precio de la energía— de recursos no renovables, como el petróleo, y por lo mismo amenazados de extinción a un plazo más o menos largo. El estudio de las soluciones alternativas debe orientarse a incrementar la producción de energía, situando este esfuerzo en un marco más amplio. En efecto, ya no parece posible considerar el porvenir sin tener en cuenta el consumo mundial en su totalidad así como la necesidad de una reconversión de la economía energética en su conjunto con todas las consecuencias que pueden resultar para el entorno y para la sociedad.

Semejante proyecto concierne a todos los países, industrializados o en desarrollo. Naturalmente, los problemas que suscita habrán de plantearse de modo diferente según los países, pero a todos ellos les

# frente al desafío

por **Amadou-Mahtar M'Bow**

Director General de la Unesco

interesa que la transición se efectúe de manera concertada y sin tropiezos graves: Conviene sobre todo crear fuentes nuevas y renovables de energía, menos costosas y susceptibles de ser utilizadas prácticamente en todas partes. Para los países en desarrollo se trata de un problema de importancia vital. La situación de desequilibrio creciente en que hoy por hoy se encuentran no les permite apenas movilizar los recursos financieros necesarios. Precisan pues encontrar nuevas fuentes energéticas pero principalmente tener acceso —gracias, en particular, a una mejor circulación de la información— a los conocimientos y a las técnicas cuyo dominio es indispensable para su progreso. Para que ello sea factible, esos países deben participar con igualdad de derechos en la adopción de decisiones económicas en el plano mundial. La transición hacia las fuentes diversificadas de energía depende en gran parte de la instauración de nuevas normas y nuevos mecanismos para atenuar las tensiones de la economía mundial y para implantar un nuevo orden económico internacional más justo, con un espíritu de solidaridad y de concertación.

La Unesco participa en esta reflexión. Las actividades de la Organización tienden, en su conjunto, a promover el establecimiento de ese nuevo orden, pero además, por sus competencias particulares, a la Unesco le incumbe fortalecer la cooperación científica internacional indispensable para el progreso de los conocimientos y la libre circulación del saber. Así, puede ayudar a los países a elaborar una política nacional que tenga en cuenta todos los factores en juego —ya se refieran a la ciencia, a la técnica o a la educación, ya a la información o a la esfera sociocultural— para tratar de resolver los problemas de la energía.

La libre circulación de la información científica y técnica y el intercambio de la experiencia adquirida en las distintas esferas sociales, económicas y culturales, pueden contribuir de manera decisiva a una utilización más rápida de las fuentes de energía nuevas y renovables, particularmente en los países en desarrollo. De ahí que la Unesco se ocupe actualmente de la creación de un sistema internacional de información en materia de fuentes de energía cuya utilización requiere datos pertenecientes a múltiples disciplinas: ciencias físicas, ecología, ciencias biológicas, ingeniería, economía, así como el acceso a la documentación sobre la producción, la planificación y la formación en todos los niveles, desde la enseñanza universitaria hasta la divulgación en las zonas rurales. Ese sistema interesará, pues, a una inmensa variedad de usuarios, desde el investigador científico hasta el planificador, desde el ingeniero hasta el educador, sin olvidar al público cuya participación es esencial cuando se trata de economizar energía o de adoptar nuevas tecnologías. Naturalmente, la creación de semejante sistema de información es indisoluble de una intensificación de las actividades de investigación, de enseñanza, de formación y de divulgación, que la Unesco se propone fomentar mediante su programa.

Preocupada por situar los problemas de la energía en un marco que permita aprehenderlos en toda su complejidad, la Organización se ha esforzado por identificar los numerosos factores de orden no técnico (en particular los de índole sociocultural) que influyen en la utilización de las diferentes fuentes de energía. Las actitudes sociales, que difieren de un país a otro, pueden tener consecuencias importantes en lo que toca a las posibilidades y a la rapidez del cambio.

No deben olvidarse tampoco los problemas ambientales que plantea la utilización creciente del carbón y de la energía nuclear. Hasta ahora se ha prestado especialmente atención a determinados efectos

a breve plazo sobre la salud pública o sobre las condiciones de trabajo o a las consecuencias directas en el medio físico, en detrimento de las consecuencias a plazo más largo, de índole socioeconómica y ambiental, respecto de las cuales solemos disponer de muy escasos datos y que, para que queden plenamente esclarecidas; requieren una acción internacional mejor coordinada.

Con sus estudios y sus actividades relativos a los problemas de la energía, la Unesco se propone contribuir simultáneamente a los esfuerzos que cada país despliega para conseguir su desarrollo por la vía que le sea propia y a los que realiza la comunidad internacional para implantar una gestión equilibrada y más justa de los recursos del planeta, considerados como patrimonio de todos los pueblos y de las generaciones presentes y futuras.

Pero un análisis de los problemas de la energía no puede separarse de una reflexión histórica sobre la relación entre los niveles sucesivos de utilización de la energía por el hombre y la evolución de los conceptos científicos que la hacen posible. La energía mecánica ligada al trabajo humano y al de los animales ha sido durante mucho tiempo, y aun sigue siendo para muchos pueblos, la forma más importante de energía; a ella se debe el primer desarrollo de la agricultura y la civilización urbana.

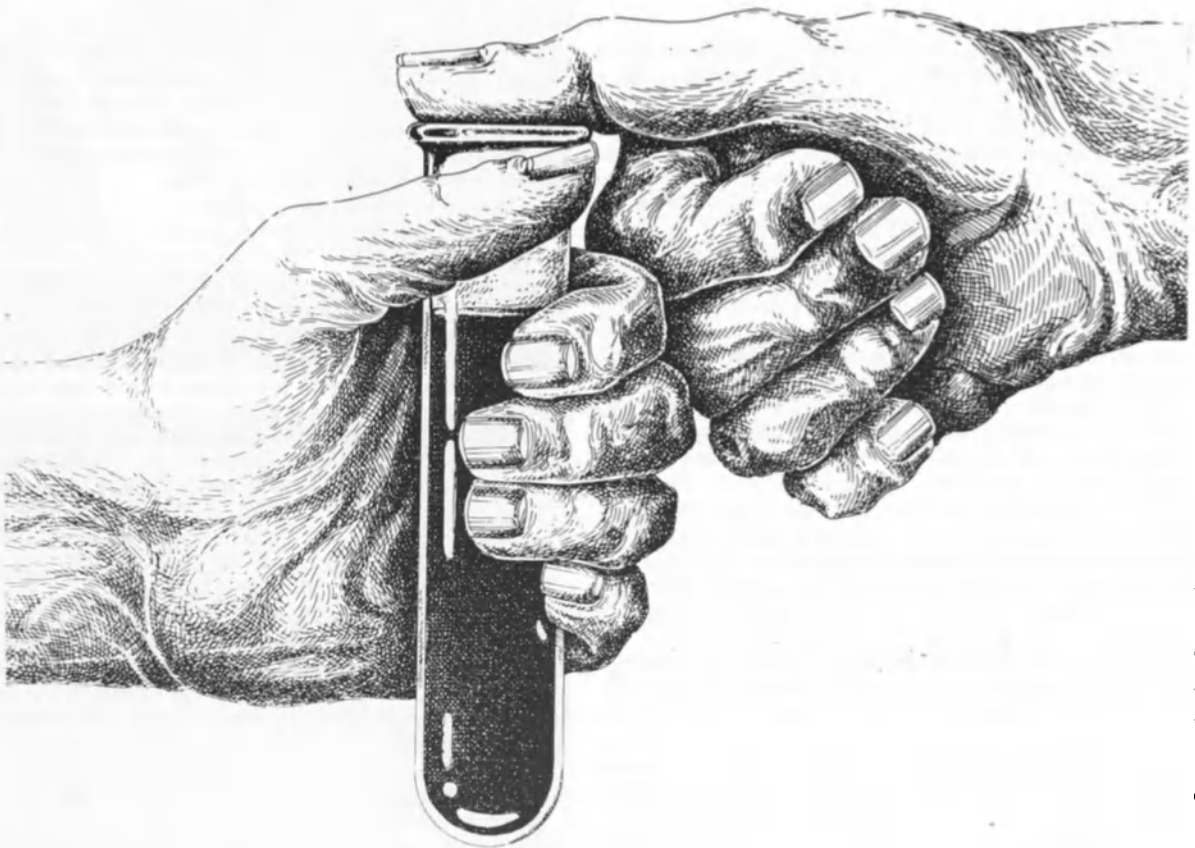
Gracias al florecimiento de las ciencias físicas y a su aplicación a la interpretación de los fenómenos de la naturaleza, el sentido de la palabra energía se ha ido ampliando progresivamente; a la mecánica se han añadido la termodinámica y la electrodinámica, permitiendo un primer salto importante en la escala de la producción energética (que pasó del kilovatio al megavatio) e impulsando así la primera revolución industrial.

El nivel de abstracción siguiente, el de la teoría de los cuanta, correspondió al paso de un nuevo umbral: el del empleo de la energía de fisión nuclear. Este descubrimiento, unido a la creación de las computadoras, fue el origen de la segunda revolución industrial, a partir de la cual la energía se mide en gigavatios y no ya en megavatios. Y la humanidad traspasará sin duda alguna otros umbrales a medida que progresen las investigaciones fundamentales sobre la estructura de la materia y que se elaboren las técnicas que permitan la eliminación de los desechos radiactivos. Por su parte, la fusión nuclear constituye una esfera prometedora ya que en este proceso las cantidades de energía liberadas son aun mayores que las que hasta ahora pueden producirse y la materia prima es muy abundante.

Ciertamente, estos logros sucesivos del saber, que el ingenio humano utiliza inmediatamente con fines prácticos, dependen del genio individual, el de los grandes científicos de todos los tiempos cuya obra jalona la historia de la ciencia. Pero, así como los rápidos procesos realizados desde hace unos cuantos decenios han sido posibles gracias a la lenta acumulación, a través del tiempo y del espacio, del saber universal, la innovación científica y técnica, producto de la creación individual o de la colectiva, no puede hoy aprovecharse para bien de todos, dada la complejidad del mundo actual, sin una estrecha cooperación entre todos los medios en que aquella nace y en que encuentra sus aplicaciones. Pues bien, esa cooperación intelectual es precisamente una esfera de acción privilegiada de la Unesco. Al promoverla, estrechando cada vez más los lazos que existen entre los hombres de ciencia de todo el mundo, tanto en el campo de la energía como en los demás, la Organización prepara también el futuro, un futuro en que el hombre sea suficientemente sabio para liberar fuerzas a la medida de sus inmensas necesidades y bastante prudente para dominar esas fuerzas. □

# La transición hacia un sistema energético múltiple

*Una Conferencia de las Naciones Unidas sobre fuentes nuevas y renovables de energía*



Dibujo © Atlantic Richfield Co., Los Angeles

por Enrique V. Iglesias

**E**L tema de la energía tiene hoy una importancia capital para todos. Tan ardua cuestión invade el ámbito entero de la sociedad humana afectando tanto a la vida de cada familia como a la política mundial, a la economía internacional y a la estrategia del desarrollo nacional. En los últimos años el tema ha adquirido particular importancia como resultado de lo que, con cierta ambigüedad, se ha llamado crisis energética mundial. Tres factores esenciales caracterizan esa crisis y sitúan el problema en su perspectiva correcta.

---

**ENRIQUE V. IGLESIAS**, uruguayo, es Secretario General de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Fuentes Nuevas y Renovables de Energía que se celebrará en Nairobi del 10 al 21 de agosto próximo. Desde 1972 es secretario ejecutivo de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para América Latina.

En primer lugar, a comienzos de los años 70 se hizo patente que los combustibles fósiles, que durante tanto tiempo habían sido la base del balance energético del mundo moderno, iban a quedar agotados en un futuro no demasiado lejano. Por primera vez se invertía la relación entre el ritmo de descubrimiento de reservas y el de crecimiento del consumo, con lo que ante la humanidad se presentaba la perspectiva realista, basada en evaluaciones científicas, de que el agotamiento de esos recursos se produciría durante la próxima generación.

El segundo elemento de la crisis proviene de que, por primera vez en la historia, un proceso de transición energética irá acompañado de un incremento de los costos económicos. Hasta hace poco vivíamos en una época de energía barata y de bajos precios del petróleo. En adelante la energía costará cada vez más cara, lo que representa un reto de insospechadas proporciones para el mundo moderno.

Por último, la crisis de la energía ha afectado a la humanidad de manera muy desigual. La crisis, que alcanza tanto a los países industrializados como a los que están en desarrollo, ha tenido una repercusión especial en estos últimos. Tales países tendrán que llevar adelante su proceso de desarrollo económico y de modernización con unos precios muy superiores a los pagados por los países industrializados. Ello plantea sin duda alguna a la comunidad internacional un problema de equidad y de solidaridad que debería constituir un incentivo para la cooperación internacional.

Las Naciones Unidas, cuya razón de ser es la cooperación internacional encaminada a buscar soluciones a los problemas comunes de la humanidad, están en una situación única para estudiar y emprender una serie de actividades en el campo de la energía.

De ahí que, en diciembre de 1978, la Asamblea General invitara a todos los gobiernos a asistir a una Conferencia que deberá celebrarse en Nairobi del 10 al 21 de agosto de 1981 y cuya finalidad principal es elaborar medidas con vistas a la acción coordinada necesaria para promover el desarrollo y la utilización de las fuentes nuevas y renovables de energía y poder así hacer frente a las futuras necesidades energéticas generales, haciendo particular hincapié en los esfuerzos dirigidos a acelerar el desarrollo de las naciones del Tercer Mundo. Tales medidas serán formuladas detalladamente en el Programa de Acción, uno de los documentos fundamentales de la Conferencia, el cual está siendo negociado actualmente con todos los gobiernos y organismos participantes.

Hay un factor de enorme importancia política que debemos poner de relieve. Por primera vez en el curso de la historia humana, el actual proceso de transición requiere que la comunidad internacional trabaje y discuta colectivamente en torno a las opciones posibles. Esto permite que la Conferencia inicie una serie de actividades que apuntan hacia el establecimiento de un nuevo sistema energético mundial fundado en una base pluralista y diversificada de fuentes de energía disponibles que pueda ofrecer a la humanidad un horizonte de paz y de seguridad. Convendrá recordar aquí cinco elementos de ese proceso de transición energética.

El primero es su carácter inevitable. En el sistema mundial de energía el consumo de petróleo continuará desempeñando un papel importante aunque esa importancia irá

disminuyendo hasta el final de la presente centuria. La demanda de petróleo será importante en el mundo industrializado donde se espera que aumentará aproximadamente en un 50 por ciento y será 4 o 5 veces mayor que la demanda actual del mundo en desarrollo que necesita fuentes de energía para acelerar su proceso de desenvolvimiento y crecimiento.

Esto ocurrirá así con independencia de toda política de conservación o de inversión. En un momento dado durante el siglo próximo, el petróleo resultará aun menos importante en el nuevo y necesario sistema de consumo mundial de energía. Es éste el reto inevitable con que se enfrentan colectivamente los países industrializados.

La segunda característica es que la transición es viable. Hoy no podemos decir que el mundo carece de recursos energéticos. El problema no es ése. En realidad radica en la escasez potencial de ciertos tipos de combustible, en particular los combustibles líquidos. Los expertos han afirmado en varias ocasiones que los recursos energéticos existen efectivamente y señalan que el verdadero problema es el de la inversión en los recursos tecnológicos y en la producción. Según ellos, ya no habrá una sola fuente de energía alternativa sino una mezcla de tales fuentes.

Un tercer aspecto de la actual transición energética consiste en que será mucho más compleja que las del pasado, complejidad debida esencialmente a que durante largos decenios la humanidad ha mantenido unos precios artificialmente bajos de los combustibles fósiles y a que el ajuste actual se ha producido en virtud de un proceso que tiene complicadas implicaciones. En el plazo corto, los problemas de balanza de pagos, los desequilibrios en la cuenta del petróleo y la inflación importada afectarán particularmente a los países en desarrollo que ni siquiera pueden reajustar su economía ampliando sus exportaciones sino que siguen endeudándose. Más importante aun es el hecho de que tendrá que destinarse a la energía una proporción cada vez mayor de los fondos disponibles para el desarrollo. Esto significa que habrá una competencia encarnizada entre las inversiones en energía y otras inversiones de carácter económico y social. Algunos países en desarrollo pueden incluso verse obligados a suspender prácticamente las inversiones en energía, lo que constituiría una grave amenaza para su desarrollo futuro.

La cuarta característica del proceso de transición energética es que presentará diferentes grados de urgencia. En efecto, la transición se manifestará de distinta manera según que se trate del sector moderno de la economía mundial o del sector tradicional. Para el primero, la transición energética supone un grave desafío tecnológico con vistas a elaborar una variedad de fuentes de energía. Sin embargo, si recordamos los logros alcanzados por la humanidad en la esfera de la energía en los últimos decenios, nada justifica el pesimismo: el mundo entero, y en particular el sector moderno de la economía, encontrará siempre la manera de efectuar una adecuada transición energética. Pero la situación es enteramente distinta en el sector tradicional que en su mayor parte se sitúa en los países en desarrollo. Las zonas rurales de muchos de ellos siguen funcionando a base de leña y de carbón y no han efectuado todavía la primera transición energética.

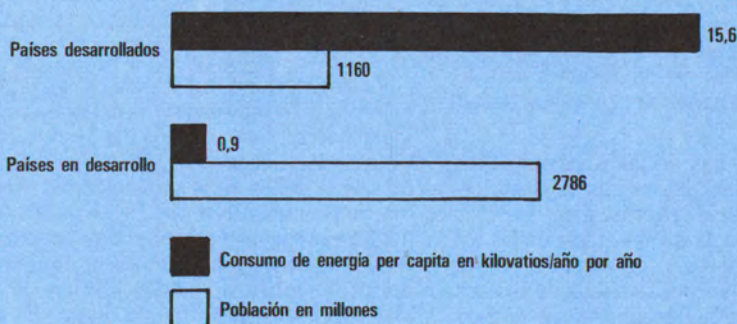
Finalmente, creo que el quinto aspecto de esta transición es que entraña, como elemento fundamental, la utilización eficaz de la energía. Esto lo han advertido claramente los países industrializados que en los últimos años han realizado loables esfuerzos por economizarla. Sin embargo, aun queda mucho por hacer para mejorar la eficacia de la utilización de la energía primaria, como se desprende de las declaraciones de los expertos cuando nos dicen que sólo el 15 por ciento de la energía primaria llega a ser finalmente utilizada y que del 70 al 80 por ciento de ella se pierde en el camino. Y esto es verdad no sólo en los países industrializados sino también en las regiones en desarrollo.

De ahí que la Conferencia de las Naciones Unidas deba, como primer objetivo, analizar las opciones existentes para una transición energética que abarque estas cinco características. Otro propósito de no menor empeño es el estudio de la transición energética en el contexto de las necesidades de los países en desarrollo. Y aquí es donde la necesidad de considerar la estrategia del desarrollo imprime a la transición energética una nueva dimensión.

En este contexto las fuentes nuevas y renovables de energía pueden desempeñar un papel fundamental. Sin embargo, el creciente acceso de los países en desarrollo a las fuentes de energía *de todo tipo* es indispensable para el proceso de aceleración de su desenvolvimiento y es consecuente con el objetivo de una distribución más justa de las posibilidades económicas entre los distintos países.

Algo hay de lo que podemos estar seguros, y es que los modelos predominantes de crecimiento ya no pueden seguir basándose, ni en los países desarrollados ni en los que se encuentran en vías de desarrollo, en los actuales sistemas energéticos. Estudios recientes han demostrado que, dado que suele existir una marcada correlación positiva entre el grado de desarrollo de un país y su utilización de la energía, es posible elaborar estrategias de desarrollo que requieran un consumo de energía menor que en el pasado. Los nuevos sistemas energéticos habrán de elaborarse para todos los países sobre la base de una mayor diversificación y autosuficiencia y de un aumento considerable de la utilización eficaz de las fuentes de energía. Esto se logrará más fácilmente en los países en desarrollo cuyas opciones son más variadas puesto que no soportan el peso de infraestructuras industriales establecidas desde hace tiempo.

### Distribución de la población mundial y del consumo de energía en 1975



Basado en datos del IIASA Laxenburg, Austria



► Para cada país es un derecho soberano y, al mismo tiempo, un reto excepcional encontrar la respuesta a esta cuestión dentro del marco de su estrategia de desarrollo y de su política energética. Y es un reto para la comunidad internacional encontrar, en el ámbito de sus responsabilidades y con un espíritu de solidaridad, la manera de ayudar a los países en desarrollo a obtener las fuentes básicas de energía que necesitan para acelerar su desenvolvimiento económico y social.

¿Cómo podemos contribuir a que en los países en desarrollo se cobre conciencia de la necesidad de preparar y de fomentar esta transición energética de modo que resulte innovadora y que al mismo tiempo les asegure la energía que requieren para su desenvolvimiento? Ante todo, creo que es preciso poner de relieve el hecho de que ningún país puede considerar una estrategia energética aisladamente, sino que ésta es un elemento fundamental de la estrategia de desarrollo general. Otra consideración importante a este respecto es la siguiente: cuando la estrategia energética forma parte de la política general de desarrollo, puede servir para promover el mejoramiento económico y social.

Se requiere un gran esfuerzo de imaginación para elaborar una estrategia de transición energética que no se convierta en simple elemento pasivo del proceso de desarrollo sino que se constituya en mecanismo de un crecimiento basado en la utilización de los recursos naturales, del trabajo y de las tecnologías locales.

La preocupación común por un aumento de la energía en el mundo debe orientarse a la utilización de fuentes diversas y en particular de aquellas que garanticen a la humanidad recursos renovables en el futuro. Este esfuerzo complementa una estrategia de desarrollo que contribuya de manera activa y dinámica al proceso de crecimiento económico y social durante la transición energética.

En ese proceso de transición habrá que tener en cuenta dos grados de urgencia. A corto plazo, deberá considerarse prioritariamente el problema de la energía en las regiones rurales pobres y, en especial, el del agotamiento de la leña, aspecto particularmente importante del desafío a que han de hacer frente los países en desarrollo. A plazo mediano, será necesario acelerar resuelta-

mente las investigaciones tecnológicas a fin de reducir el tiempo que se requiere para que las fuentes nuevas y renovables de energía entren a formar parte de la diversidad energética tanto en los países en desarrollo como en los desarrollados.

Será preciso además fomentar la cooperación internacional, especialmente mediante la transferencia de recursos financieros a los países en desarrollo, para apoyar las investigaciones en materia de energía, la transferencia de tecnología y las inversiones y suprimir los obstáculos que impiden aumentar y diversificar el suministro de energía, particularmente en esos países.

Finalmente, la Conferencia de Nairobi debe servir para promover una estrecha cooperación dentro del sistema de las Naciones Unidas, el cual tendrá una responsabilidad de primer orden en la aplicación del Programa de Acción. Creo que, si la Conferencia puede realmente estimular las capacidades de cooperación y coordinación del sistema de las Naciones Unidas, la eficacia de éste será aun mayor a la hora de responder a las necesidades de sus Estados miembros.

E.V. Iglesias



# Perspectivas del cambio

*Todos los caminos hacia un sistema energético mundial conducen a la cooperación internacional*

por Wolfgang Sassin

**A** medida que se multiplican los lazos de interdependencia entre las naciones, aumentan también los nuevos problemas. Y mientras no se haga lo necesario para enfrentarse a tiempo con tales problemas y dominarlos, éstos podrán cristalizar y perpetuar las tensiones internacionales. Llegados a tal punto, cada cual intenta adaptarse lo mejor que puede al estado de cosas. Los medios disponibles sirven para consolidar la situación nacional, se desvanece la voluntad de buscar en común una solución a largo plazo y el problema se convierte, en el mejor de los casos, en un obstáculo adicional al esfuerzo de desarrollo, tanto en el plano nacional como en el mundial.

Esta parece ser la evolución que está siguiendo el problema energético desde comienzos del decenio de los 70. El problema tiene su origen en el paso rápido de un aprovisionamiento nacional a otro planetario, vinculado a la existencia de reservas de petróleo geográficamente muy localizadas. El fuerte aumento simultáneo del consumo mundial de energía ha sido un factor determinante. Al producirse la primera crisis petrolífera, el golfo Pérsico — casi un punto en el globo terráqueo — cubría cerca del 20 por ciento de las necesidades energéticas mundiales. Los países de la OPEP aprovisionaban sobre todo a los países industrializados de la Europa occidental, los Estados Unidos y el Japón.

Hoy, siete años tras el primer embargo petrolífero y los comienzos del reinado de la OPEP sobre los precios del petróleo, tres hechos parecen evidentes: 1) el consumo del petróleo se mantiene más o menos a su nivel de 1973-1974; 2) ninguna fuente de energía ha podido por el momento sustituir al petróleo, que hasta 1973 era un factor de producción barato que estimulaba la expansión; 3) hemos entrado en una fase de disminución del ritmo de crecimiento económico mundial, que va acompañada por crisis estructurales graves y plantea problemas cada vez más agudos en materia de división internacional del trabajo.

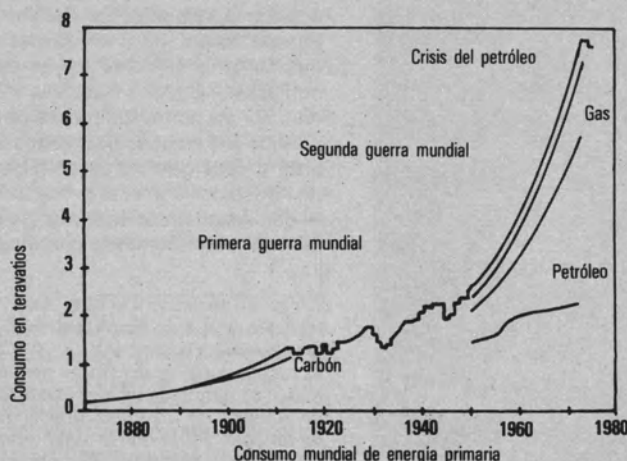
Desde hace unos años se están intensificando los esfuerzos con vistas a encontrar soluciones nacionales al problema de la energía. Ciertos países industrializados, que hoy tienen tasas de crecimiento mucho más modestas y a los que el aumento de los precios obliga a economizar la energía, parecen estar en buenas condiciones para no incrementar, e incluso disminuir con el tiempo, su dependencia respecto de fuentes de aprovisionamiento inseguras. Otros países, principalmente del Tercer Mundo, cuentan con la intensificación de la prospección petrolífera en su subsuelo aun inexplorado y con una mayor utilización de las nuevas técnicas, que permitirán explotar recursos energéticos hasta ahora inaccesibles, tanto téc-

nica como económicamente. Este es el caso sobre todo de la biomasa, de la energía hidráulica y de la solar, que pueden brindar a la población rural de los países en desarrollo los medios para satisfacer, mediante técnicas tradicionales hoy de escasa eficacia, sus necesidades de energía.

En cuanto a saber si esos esfuerzos dispuestos bastarán en fin de cuentas para resolver el problema de la energía, es harina de otro costal. No cabe duda de que numerosos países seguirán dependiendo durante mucho tiempo del extranjero. Este es probablemente uno de los puntos débiles de toda política energética nacional, pero no es el más significativo. La energía ha sido y sigue siendo un factor determinante del desarrollo industrial. Si continúa siendo escasa y demasiado cara para quienes la necesitan, el problema del aprovisionamiento — aun en la hipótesis de que, gracias a las medidas adecuadas, pudiera repartirse equitativamente entre los demandantes — no podrá dejar de poner trabas al desarrollo, lo que sería nefasto para la economía de todos los países pero es inevitable en un mundo basado en la división internacional del trabajo. Esta deducción no es gratuita sino que se apoya en numerosos indicios. De ahí que, siempre que tratemos de evaluar los esfuerzos realizados en el ámbito nacional o local en materia de energía, debamos situarnos en una perspectiva global que tome en consideración el porvenir.

La historia nos enseña que se requieren muchos decenios para pasar de una fuente de energía a otra. Así, la sustitución de la leña por el carbón y, después, del carbón por el petróleo necesitó más de medio siglo. Esos cambios se realizaron en condiciones favorables — crecimiento económico rápido y disminución constante de los precios de coste de las nuevas formas de energía.

Lo que hoy más preocupa en materia de energía es el carácter limitado de las reservas de petróleo y de gas, nuestros combustibles más importantes y modernos. En este gráfico se resume la historia del consumo de energía primaria en los cien años últimos. El consumo total ha aumentado a un ritmo medio del 5 por ciento anual, excepto en épocas de crisis mundial: primera guerra mundial, recesión de los años 30, segunda guerra mundial y, en nuestros días, crisis del petróleo. Debe señalarse que este fuerte crecimiento recayó sobre el carbón en torno al año 1900, mientras que en los dos decenios últimos se ha basado en el petróleo y en el gas, a los que hoy corresponde el 73 por ciento del consumo mundial de energía primaria en el mundo.



**WOLFGANG SASSIN**, físico de la República Federal de Alemania, ha sido nombrado recientemente director adjunto del Programa de Sistemas Energéticos del Instituto Internacional de Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA) de Laxenburg (Austria), en el que participa desde 1975.

El IIASA es un organismo internacional no gubernamental de investigaciones multidisciplinarias creado en 1972 por las academias de ciencias y las organizaciones científicas equivalentes de 12 países. Su objetivo es agrupar a los científicos del mundo entero a fin de que trabajen en torno a problemas de interés común, en particular los que resultan del desarrollo científico y tecnológico. El Instituto cuenta actualmente entre sus miembros con 17 organizaciones nacionales de Austria, Bulgaria, Canadá, Checoslovaquia, Estados Unidos, Finlandia, Francia, Hungría, Italia, Japón, Países Bajos, Polonia, Reino Unido, República Democrática Alemana, República Federal de Alemania, Suecia y Unión Soviética.

En cambio, en adelante la tarea de mantener un aprovisionamiento suficiente será en muchos aspectos más difícil. En primer lugar, la población mundial se está incrementando actualmente a un ritmo sin precedentes; desde la primera crisis del petróleo, han nacido en el planeta unos 400 millones de seres humanos cuyas necesidades materiales serán muy pronto perceptibles. Aun en la hipótesis de que disminuya drásticamente

el número medio de niños por familia, la población del globo casi se duplicará en los cincuenta años próximos. Dada la proporción de niños y de jóvenes que alcanzan la edad de la procreación, parece ya hoy evidente que el incremento demográfico será mucho más importante en los países del Tercer Mundo que en los demás. Por una reacción en cadena, la integración de esas nuevas generaciones en la economía aca-

rrará un incremento acelerado de las necesidades materiales durante los próximos veinte años. Ahora bien, la creación de las infraestructuras necesarias exige realizar inversiones con utilización intensa de energía. De tal modo que, si se puede contar con mejores instalaciones técnicas de alto rendimiento energético y con una disminución de la tasa de crecimiento económico por habitante, sería necesario que la oferta de energía aumentara de forma muy sensible en los próximos decenios.

Esta perspectiva muestra el error que ha supuesto el no haber desarrollado prácticamente durante los últimos años las posibilidades mundiales de aprovisionamiento de energía, aunque ciertos países, esencialmente los industrializados, se han decidido por fin a emprender una campaña de ahorro. Tal estancamiento tiene causas múltiples. Los países petroleros tradicionales, haciendo hincapié en lo limitado de sus reservas, han puesto freno a su producción. En los demás la capacidad de producción ha disminuido. Pese al alza del precio del petróleo y del gas en 1973-1974, la contribución del carbón no ha aumentado de manera sensible. Desde hace unos diez años, casi todos los programas electronucleares han sufrido retrasos importantes. Por último, en numerosos países en vías de desarrollo hasta el abastecimiento de leña tropieza con muchos obstáculos y ciertas zonas del Tercer Mundo pasan por una crisis en este sector.

A partir de los elementos que acabamos de mencionar, el Instituto Internacional de Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA) de Laxenburg (Austria) ha realizado un estudio minucioso sobre las posibilidades de desarrollo de las distintas fuentes de energía en el mundo y sobre el equilibrio a largo plazo entre la oferta y la demanda de energía\*.

La idea era abordar estos problemas desde un punto de vista mundial, más allá del marco nacional, de modo que la suma de las posibilidades para cada país de equilibrar su balance energético mediante importaciones encontrara una contrapartida en los excedentes para exportar en otros países. Tal método obliga evidentemente a atenerse a los factores determinantes para el sistema "global". Impone también hipótesis simplificadoras sobre el comportamiento de los distintos países en el seno de ese "sistema finito de la economía mundial".

Una etapa decisiva fue la distribución del mundo (más de 160 países) en siete regiones. Las naciones industrializadas, clasificadas según su régimen económico y la abundancia de sus reservas energéticas, forman tres grupos: los países de economía de mercado de América del Norte, los países de economía planificada (Unión Soviética y Europa oriental), y los países de la OCDE menos América del Norte, es decir la Europa occidental, Japón, Australia y Nueva Zelanda. Por su parte, los países en desarrollo se distribuyen en cuatro regiones: América Latina, países petroleros del Oriente Medio y de África del Norte, el grupo del África negra y del Asia sudoriental, y países del Asia oriental con economía planificada.

## Las conversiones de la energía

**C**UANDO la gente habla de energía, no siempre está claro a qué tipo de energía se refiere. De ahí que, para comprender el sistema de la energía física, sea importante distinguir la energía en sus diversas fases de conversión y utilización.

La *energía primaria* es la energía obtenida de la naturaleza — el agua saliendo de una presa, el carbón recién sacado de la mina, el petróleo, el gas natural, el uranio natural. Sólo en contadas ocasiones puede utilizarse la energía primaria para proporcionar *energía final* — la que ofrece al consumidor sus servicios energéticos. Una de las escasas formas de energía primaria que puede emplearse como energía final es el gas natural.







En su mayor parte, la energía primaria es convertida en *energía secundaria*. Es ésta una forma de energía que puede utilizarse para una gran cantidad de aplicaciones. Los ejemplos principales son la electricidad y la gasolina. Formas menos cómodas y, por tanto, hoy en disminución de energía secundaria son el carbón vegetal y la leña.

Para su uso práctico, la energía tiene que adoptar una forma que permita transportarla y distribuirla fácilmente. Se tiende sobre todo a la creación de redes de distribución, concretamente de electricidad, gas y calor. Por razones de almacenamiento y transporte, se tiende también al uso de los combustibles líquidos (sobre todo la gasolina y el gasóleo).

La energía primaria se convierte en energía secundaria de varias maneras. Por ejemplo, las centrales de energía producen electricidad y, a veces, calor. Las refinerías transforman el petróleo en gasolina, kerosén, gasóleo y nafta. A veces, la instalación de conversión es el punto final de un sistema, como ocurre con la energía de la fisión nuclear (antes de construir la instalación hay que realizar la conversión química, el enriquecimiento isotópico y la fabricación del combustible); otras veces, como en el caso de la energía hidroeléctrica o en el de la eólica, se trata de una simple máquina.

Los últimos pasos son la conversión de la energía secundaria en *energía final* — la energía de un motor, de un hornillo, de una computadora o de una bombilla eléctrica— y la conversión de la energía final en *energía útil* — la que se almacena en un producto o se utiliza para un servicio.

(\*) Energy in a Finite World (Vol. 1: Paths to a Sustainable Future; Vol. 2: A Global Systems Analysis), informe del Grupo para el Programa de Sistemas Energéticos del Instituto Internacional de Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA); director del Programa: Wolf Hafele. Ballinger Publishing Company, Cambridge, Massachusetts, 1981.

|   | Consumo individual expresado en miles de kilocalorías diarias | Alimentación | Trabajo doméstico y servicios (*) | Industria y agricultura | Transporte | Total |
|---|---|--------------|-----------------------------------|-------------------------|------------|-------|
|   | Hombre primitivo  | 2            |                                   |                         |            | 2     |
|  | Cazador   | 3            | 2                                 |                         |            | 5     |
|  | Agricultor primitivo  | 4            | 4                                 | 4                       |            | 12    |
|   | Agricultor desarrollado                                       | 6            | 12                                | 7                       | 1          | 26    |
|   | Hombre "industrial"   | 7            | 32                                | 24                      | 14         | 77    |
|   | Hombre "tecnológico"  | 10           | 66                                | 91                      | 63         | 230   |

(\*) En el sector de servicios se incluyen el trabajo de oficina, el comercio, la enseñanza, etc.

Dibujos Jacques Vincent, El Correo de la Unesco

A partir de las distintas fases de desarrollo, los expertos del IIASA han tratado de establecer los perfiles de la evolución de la economía y de la sociedad en cada una de esas regiones, deduciendo de ello las necesidades probables de energía. Han calculado también el potencial de recursos y reservas de combustibles fósiles, y la fecha y los ritmos máximos de utilización de fuentes de energía nuevas y renovables. En cada caso, sus cálculos se apoyan en hipótesis acerca de los éxitos futuros de los proyectos de prospección, de investigación y de desarrollo. Sumando las cifras correspondientes a todos los países y regiones del mundo, se obtiene el potencial global de recursos eventualmente recuperables, con lo cual pueden cuantificarse los esfuerzos que deben realizarse en los decenios próximos para alcanzar la meta propuesta. Habida cuenta de los medios técnicos existentes y de los costos actuales de producción de la energía, sólo podrá explotarse una tercera parte de las existencias estimadas de combustibles fósiles eventualmente recuperables.

Una serie de cálculos aproximados muestran ya que algunas de esas siete regiones no podrán satisfacer por sí mismas sus necesidades de energía, ya que sus recursos tradicionales agotables — petróleo, gas, carbón económicamente explotable — son muy modestos y, por otro lado, esos países no tendrán tiempo para iniciar oportunamente el aprovechamiento de fuentes de energía nuevas o renovables, como los esquistos bituminosos, las arenas asfálticas, la energía nuclear y la energía solar en todas sus formas.

Llegamos pues a la conclusión de que la hipótesis fundamental utilizada por el IIASA — a saber la libre disponibilidad de las reservas de energía — se impone casi como una necesidad. Aparte ciertas limitaciones en lo que atañe a los yacimientos petrolíferos tradicionales, todas las regiones del mundo comparten las reservas energéticas y las téc-

nicas nuevas que permiten explotaras y transformar su producción.

Pese a esta hipótesis audaz de una cooperación universal para resolver el problema de la energía, una serie de análisis más precisos nos muestran que la energía continuará imponiendo durante los cincuenta años próximos limitaciones graves al desarrollo económico del mundo.

Las necesidades de energía son tales que, en definitiva, no hay lugar para elegir: todas las fuentes de energía deben ser puestas en explotación. Por su parte, los consumidores deben también esforzarse en utilizar más ra-

cionalmente la energía. En última instancia, es la relación desacostumbrada, y por tanto perturbadora, entre la importancia previsible de los esfuerzos desplegados para obtener energía y las perspectivas limitadas de crecimiento económico lo que ha conducido a los autores del estudio a elaborar, junto a una perspectiva inicial de crecimiento "fuerte", otra de crecimiento "débil". Si la primera revisa ya, reduciéndolos, los objetivos económicos admitidos hasta ahora — sobre todo en los países en desarrollo —, la segunda reduce sustancialmente las necesidades mundiales de energía, al contar con una

### USOS MUNDIALES ACTUALES Y FUTUROS, ESTIMADOS, DE FUENTES DE ENERGÍA NUEVAS Y RENOVABLES

| Fuente                   | Uso actual en miles de millones (10 <sup>9</sup> ) KWh | Utilización en el año 2000 en miles de millones (10 <sup>9</sup> ) KWh |
|--------------------------|--|--|
| Solar                    | 2-3  | 2.000-5.000  |
| Geotérmica               | 55   | 1.000-5.000  |
| Eólica                   | 2  | 1.000-5.000  |
| Oceánica                 | 0.4  | 30-60  |
| De las olas              | 0  | 10   |
| Gradiente térmico marino | 0  | 1.000  |
| Biomasa                  | 550-700  | 2.000-5.000  |
| Leña                     | 10.000-12.000  | 15.000-20.000  |
| Carbón vegetal           | 1.000  | 2.000-5.000  |
| Turba                    | 20   | 1.000  |
| Animales de tiro         | 30 (en la India)                                       | 1.000  |
| Esquistos bituminosos    | 15   | 500  |
| Arenas alquitranadas     | 130  | 1.000  |
| Energía hidráulica       | 1.500  | 3.000  |

Fuente: Foro del desarrollo, Naciones Unidas, 1981

disminución pronunciada del crecimiento.

Por completo que sea, ningún estudio puede predecir el futuro. Los análisis serios pueden, de todos modos, arrojar luz sobre el carácter de las decisiones que deben tomarse con vistas al futuro político y social. La elección que se haga dependerá en gran medida del sistema de valores dominante, pero será también influida por la cantidad y la calidad de las informaciones disponibles sobre la situación real y sobre las consecuencias posibles de las medidas ya adoptadas o de la no adopción de otras. En tal sentido, las perspectivas de crecimiento "fuerte" y "débil" formuladas por el IIASA describen evoluciones futuras que en un principio son posibles y dan una idea de los límites superiores del proceso de desarrollo económico global. Esos límites están determinados por los recursos energéticos naturales del planeta y por el estado actual de las técnicas que permiten explotarlos. A este respecto pueden extraerse dos conclusiones principales.

Por una parte, en ambas perspectivas el establecimiento en escala mundial de un sistema de aprovisionamiento en energía requiere la realización de esfuerzos importantes pero que, a juzgar por las proyecciones de la actividad económica en las regiones consideradas, se mantienen dentro de los límites de lo razonable. En términos de inversiones, representarán una carga más o menos equivalente. Dicho de otro modo, es técnicamente posible obtener una cantidad suficiente de energía para mantener índices de crecimiento económico elevados siempre que las condiciones previas se reúnan suficientemente a tiempo. Un crecimiento débil no ayuda en modo alguno a resolver el problema de la energía.

Por otra parte, la instalación de las capacidades de aprovisionamiento necesarias no recibe la cooperación suficiente y los gastos globales superarán inevitablemente la cifra prevista en las perspectivas del IIASA. Los esfuerzos, comprensibles desde el punto de vista nacional, que cada país despliega para hacer que duren sus reservas energéticas rentables y poner en explotación las que aun no lo están, o bien para conservar en el futuro un margen de seguridad, conducen en definitiva a una agravación del problema global. Ello obliga a otros países a orientarse más rápidamente hacia otras energías de sustitución menos abundantes y más costosas. En la práctica, las dificultades políticas, sociales e institucionales impondrán siempre la necesidad de recurrir a esas estrategias de tipo pragmático. De todos modos, habrá que esforzarse por no entrar en un ciclo infernal: la movilización acelerada, en cualquier punto del globo, de fuentes de energía de sustitución aun insuficientemente desarrolladas puede servir de refuerzo a las tesis que preconizan soluciones nacionales y locales. Otro escollo que debe eludirse: una energía demasiado cara corre el riesgo de favorecer el estancamiento económico. El desarrollo de las fuentes de sustitución requiere más capital y más mano de obra que la explotación tradicional del petróleo y del gas. El paso a las nuevas energía más caras no haría sino agravar aun más el estancamiento de la economías.

Enfrentarse con el problema de la energía representa cada vez más una auténtica carrera contra el reloj. Para ganarla no bastan las proezas técnicas y científicas. Primero hay que utilizar con eficacia los recursos

existentes, sacar partido de las posibilidades que ofrecen las técnicas de vanguardia y hacer el mejor uso posible de los fondos considerables necesarios para el aprovechamiento del potencial teóricamente recuperable. Ello exige una estrecha cooperación política y económica entre países productores y países consumidores de energía. Además, estos últimos deben comprender que para garantizar un aprovisionamiento estable será necesario un esfuerzo mayor del que indican los análisis a corto plazo de las situaciones locales. Pero, aunque se reúnan esas condiciones, la contrapartida obtenida — la estabilidad — no será un bien consumible. El aumento de los costes necesario para incrementar el volumen de las inversiones energéticas de carácter estabilizador debería considerarse más bien como una carga del desarrollo económico a repartir.

Pero en este punto la voluntad política, aunque necesaria, no es suficiente; se necesita también, evidentemente, tomar las medidas técnicas e institucionales para distribuir esa carga. En el plano internacional, los estudios del IIASA ponen de relieve tres esferas críticas que presentan las siguientes características comunes: un desequilibrio creciente entre el aumento de las necesidades energéticas y las posibilidades de aprovisionamiento; una carencia notoria de información sobre los factores que pueden impedir o, por el contrario, favorecer el descubrimiento de nuevas soluciones técnicas; y la insuficiencia de los esfuerzos consagrados a esas soluciones técnicas.

Esas tres esferas de importancia estratégica para la estabilización del sistema energético mundial son:

- La elaboración de procedimientos adecuados para que en un plazo de treinta años pueda establecerse una industria mundial de hidrocarburos líquidos de síntesis. Dada la parte que deberán representar los combustibles sintéticos en el balance energético mundial, se necesitarían programas de producción que fueran más allá de los programas de energía nuclear de estos treinta años últimos.

- El aprovisionamiento en energía de las zonas urbanas con un crecimiento rápido en los países en desarrollo. El fuerte consumo de energía requiere instalaciones de transformación y de distribución de alto rendimiento, que el potencial de los recursos renovables situados en las proximidades no basta generalmente para alimentar. Esas zonas urbanas en desarrollo, igual que los países industrializados carentes de recursos, dependen de la existencia de un sistema energético internacional eficaz.

- La interacción entre una movilización del potencial en fuentes de energía renovable en las zonas rurales de los países en vías de desarrollo y los sistemas climáticos y ecológicos. Consideradas desde el punto de vista del rendimiento energético, las fuentes renovables como la biomasa, la energía hidráulica, la energía eólica y la de los mares ejercen sobre los sistemas naturales efectos de una envergadura comparable, o incluso superior, a los de las fuentes de energía fósil. Para mantener una utilización responsable de las tierras en las regiones habitables del globo, hay que analizar los resultados de actividades tales como la agricultura extensiva, la transformación creciente de las condiciones hidrológicas y el empleo de las fuentes de energía renovable "natural", y estudiar sus consecuencias climáticas y ecológicas. A este respecto, es urgente establecer un balance mundial de la ecología de las regiones naturales no alteradas con objeto de descubrir en ellas las inevitables amenazas futuras contra el medio ambiente.

Un esfuerzo internacional resuelto frente a todas estas cuestiones nos permitiría cobrar más clara conciencia de que el problema de la energía es un auténtico reto lanzado a todos los países del planeta. Esa comprensión es hoy un requisito indispensable de las acciones políticas que habrá que emprender si se quiere dar al problema una solución constructiva, en lugar de contentarse con administrar unos recursos tradicionales en constante mengua.

W. Sassin

### Dos perspectivas del suministro mundial de energía primaria, 1975-2030 (en teravatios/año por año)

| Fuentes primarias (1)              | Perspectiva de crecimiento fuerte |              | Perspectiva de crecimiento débil |              |              |
|------------------------------------|-----------------------------------|--------------|----------------------------------|--------------|--------------|
|                                    | 1975                              | 2000         | 2030                             | 2000         | 2030         |
| Petróleo                           | 3,62                              | 5,89         | 6,82                             | 4,75         | 5,02         |
| Gas                                | 1,51                              | 3,11         | 5,97                             | 2,53         | 3,47         |
| Carbón                             | 2,26                              | 4,95         | 11,98                            | 3,93         | 6,45         |
| Reactor nuclear con agua ordinaria | 0,12                              | 1,70         | 3,21                             | 1,27         | 1,89         |
| Reactor nuclear autorregenerable   | 0,00                              | 0,04         | 4,88                             | 0,02         | 3,28         |
| Hidráulica                         | 0,50                              | 0,83         | 1,46                             | 0,83         | 1,46         |
| Solar                              | 0,00                              | 0,10         | 0,49                             | 0,09         | 0,30         |
| Otras                              | 0,21                              | 0,22         | 0,81                             | 0,17         | 0,52         |
| <b>TOTAL (2)</b>                   | <b>8,21</b>                       | <b>16,84</b> | <b>35,65</b>                     | <b>13,59</b> | <b>22,39</b> |

1. Producción de combustibles primarios o ya sometidos a los procesos de transformación o de refinamiento.
2. El total de cada columna puede no ser exacto debido a que se han redondeado las cifras.

Cuadro: W. Sassin



Foto Wetmore-S.P.L.-Cosmos, Paris

---

## IMPPLICACIONES DE UN SISTEMA ENERGETICO CONSTANTEMENTE RENOVABLE

---

¿Tiene el mundo la capacidad productiva y las instituciones, el capital y los recursos materiales así como la disciplina necesarios para llegar a dotarse de un sistema de energía constantemente renovable? ¿Qué significa emprender programas de instalaciones de energía en tan gran escala en el mundo entero y construir fábricas productoras de miles de millones de toneladas de hormigón y de acero para edificar esas grandiosas instalaciones nuevas? Todo ello requerirá tiempo e inversiones materiales, particularmente de capital. Habrá también que salvar barreras institucionales de todo tipo y en todos los niveles. Primeramente, ello exigirá una productividad mundial mucho mayor, lo cual supone un nivel más elevado de los intercambios interregionales de toda índole : de trabajo, de aptitudes, de tecnologías, de conocimientos, de energía, de productos, de alimentos, etc.

En términos de inversiones de capital, esto significa que incluso la demanda de energía según las proyecciones de la Perspectiva de "crecimiento débil" del IIASA requerirá, en el año 2030, de veinte a treinta veces el capital mundial invertido en 1975.

De ahí que sea tan importante que los ocho mil millones de personas, aproximadamente, que vivirán en el 2030 sean ricas y

no pobres, y mucho más ricas que hoy. Ser ricos no significa haber descubierto un tesoro de recursos materiales hasta ahora descuidado por completo, sino haber aprendido a utilizar con mayor eficiencia, ingenio y productividad los limitados recursos disponibles. Y este proceso es continuo y acumulativo.

Cuanto mayor sea nuestra productividad — es decir, cuanto más juiciosamente invirtamos nuestros actuales recursos de energía, trabajo, capital y conocimientos— más cerca estaremos de transformar en realidad la posibilidad de un sistema energético constantemente renovable. Esto significa atravesar un nuevo umbral — disociar el suministro mundial de energía del problema del suministro de recursos. Se trata de un umbral quizás sólo comparable al que cruzaron nuestros antepasados remotos cuando emprendieron la era de la agricultura doméstica. Cruzarlo es el desafío de hoy, y no está más allá de nuestras capacidades.

Fuente : *Energy in a Finite World*, 1981, IIASA, Laxenburg, Austria

# El sol y la independencia económica del Tercer Mundo

por **Abdu Mumuni Dioffo**

**L**OS países en desarrollo de África, Asia y América Latina, en su conjunto, han sido favorecidos por la naturaleza en lo que respecta a los recursos energéticos renovables: energía solar, energía eólica, energía del gradiente térmico de los mares tropicales, energía de la fotosíntesis de los bosques húmedos, etc. Se trata de una importante ventaja que puede permitir en el futuro la aplicación de una política energética global y complementaria que garantice la independencia de esos países en esta materia.

Sin embargo, en lo que concierne a la utilización de la energía solar conviene considerar previamente las repercusiones, directas o indirectas, que las opciones tecnológicas que entraña pueden tener en diversos aspectos de la vida nacional: economía, distribución demográfica, ordenación del territorio, elección de un modelo de desarrollo industrial que puede influir, a la larga, incluso en la evolución sociocultural de la nación, etc.

Ya se trate de las aplicaciones térmicas de la energía solar o de la producción de energía mecánica o eléctrica, la elección de uno u otro tipo de instalaciones, consideradas como las más capaces de influir en el

proceso económico, social y cultural, tiene ante todo consecuencias económicas evidentes, y éstas varían si las instalaciones son importadas o si se las fabrica total o parcialmente en el país usuario. En efecto, cabe prever, según el caso, los gastos de divisas, la dependencia económica respecto de los países exportadores, la imposibilidad de hacer frente al costo de las inversiones, la incertidumbre en cuanto a la rentabilidad del equipo en las condiciones locales de utilización, etc.

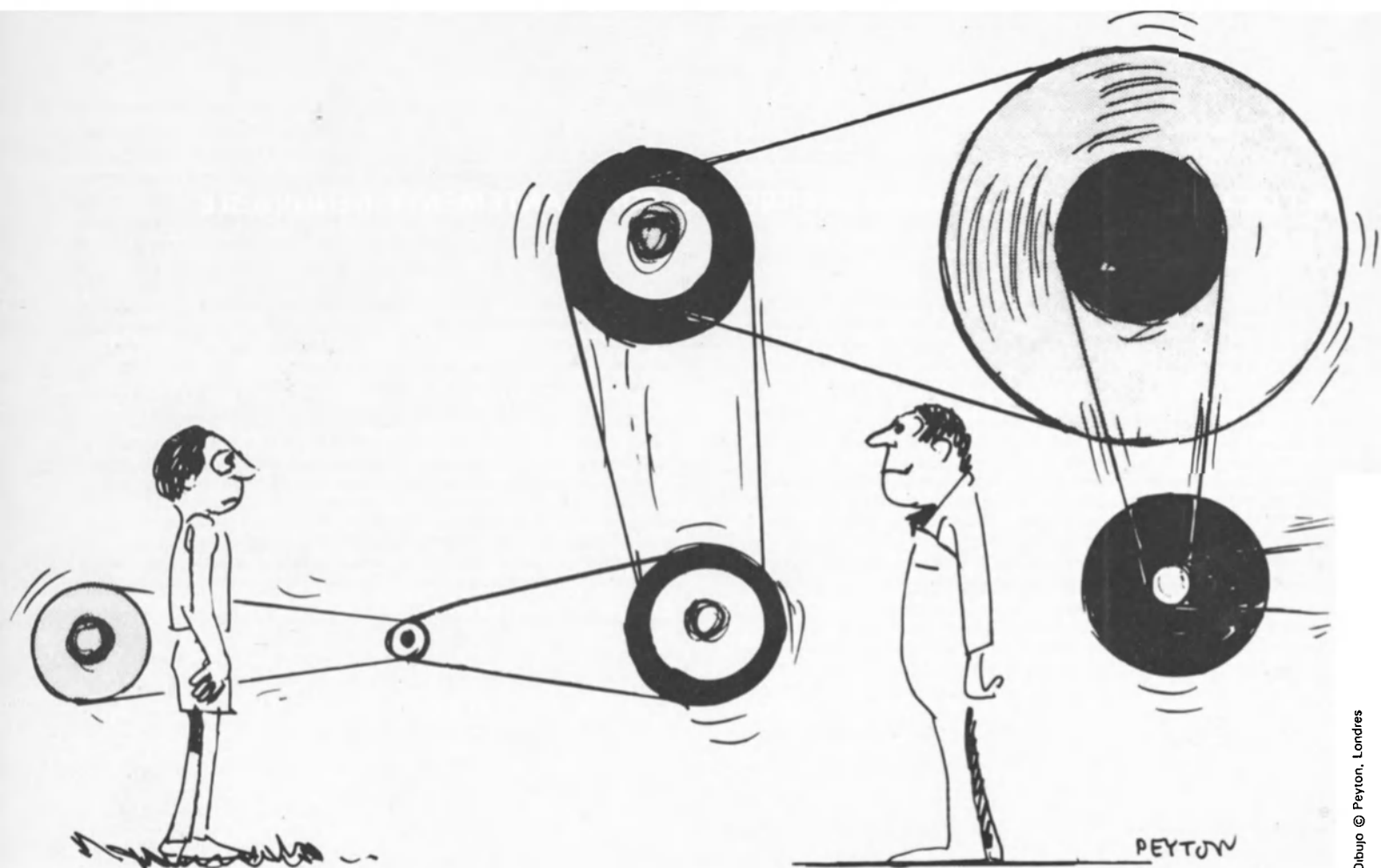
Por regla general, las consecuencias de orden demográfico se advierten difícilmente al comienzo. Sin embargo, si se centralizan las instalaciones solares de las zonas rurales (para desagüe y bombeo, molienda de granos, suministro de electricidad para el alumbrado y el funcionamiento de equipos de actividad sociocultural, etc.) puede prevverse una concentración de la población en torno a los centros equipados con esas instalaciones. Se corre así el riesgo de desembarcar, mediante una opción tecnológica supuestamente neutral, en una sociedad centralizada, a la manera de los países industrializados, con todas las consecuencias socioculturales que de ello se desprenden.

Asimismo, la adopción de una tecnología basada en las instalaciones solares de gran potencia (de 100 KW a algunos MW) no puede menos que conducir a otra forma de concentración: la de las actividades económicas e industriales que se agruparán en torno a las localidades que cuentan con instalaciones productoras de energía. El tipo de sociedad que se instaurará entonces corre el peligro de ser una copia de la "sociedad de consumo", con valores éticos enteramente ajenos a la cultura nacional y que constituyen una amenaza real para la identidad cultural de los pueblos de los países en desarrollo.

Finalmente, en lo que respecta a la ordenación del territorio, deben tenerse en cuenta toda una serie de factores a fin de garantizar el desarrollo equilibrado de los diversos sectores de la economía (agricultura, ganadería, industrias agroalimentarias y de materiales de construcción, etc.), la explota-

---

**ABDU MUMUNI DIOFFO**, físico nigerino, ha sido director de la Oficina de Energía Solar (ONERSOL) de su país desde 1969. El año pasado fue nombrado rector de la Universidad de Niamey, Níger.





Destilador solar portátil ideado y fabricado por la Oficina de Energía Solar (ONERSOL) de Niamey, Níger. Los pequeños destiladores solares, con una capacidad menor de 200.000 litros de agua al día, tienen un importante papel que desempeñar en varias regiones del África occidental, como la zona costera de Mauritania y los distritos septentrionales de Malí y Níger donde el agua disponible es salobre. Sin embargo, hay por el momento pocas probabilidades de que las instalaciones de desalamiento solar puedan competir con las que funcionan a base de combustibles tradicionales.

Foto Stambolis © Unesco. Tomado de *Solar energy for educational buildings*, de C. Stambolis en colaboración con P. Vastardis Estudio auspiciado por la Unesco y el Unicef, Heliotechnic Press, Londres

ción racional de los recursos naturales sin desmedro del entorno (limitación y supresión del pastoreo excesivo, de la degradación de las tierras cultivables, de la destrucción del manto vegetal) y la distribución geográfica racional de las diferentes industrias.

Es pues el modelo de desarrollo tecnológico global, más que el tipo de procedimiento técnico o incluso que las proporciones de las instalaciones, lo que deberán tener en cuenta las autoridades encargadas de elaborar una estrategia y una política nacionales tendientes a asignar a la energía solar el lugar que le corresponde dentro de la variedad de fuentes energéticas disponibles en escala nacional. La apuesta es considerable ya que la opción tecnológica que se adopte puede perpetuar la dependencia de los países en desarrollo, mantenidos en condiciones de consumidores de una ciencia y de una tecnología importadas, o, por el contrario, favorecer un desarrollo científico y tecnológico endógeno. En particular, la exportación "llave en mano" de instalaciones solares y la supuesta "transferencia de tecnología" con que se encubre ese género de operaciones comerciales son en realidad una trampa que debe evitarse si se quiere que las decisiones se tomen en función de las prioridades del desarrollo nacional y no de imperativos comerciales ajenos a los verdaderos intereses de la población.

Los países en desarrollo de África, Asia y América Latina tienen condiciones naturales favorables para la utilización de la energía solar pero no siempre disponen, debido a su retraso científico y tecnológico, de técnicas adecuadas en materia de instalaciones solares. En cambio, los países industrializados, menos favorecidos en punto a condiciones climáticas, cuentan con las bases industriales necesarias para la fabricación de esas instalaciones. Así, pues, la utilización eficaz de la energía solar en beneficio de los millones de habitantes de las zonas rurales de los países en desarrollo depende de una cooperación auténtica entre estos y los países industrializados, cooperación que debe extenderse tanto a la investigación científica y tecnológica como a la producción industrial.

En el mundo en desarrollo el nivel y las orientaciones de las investigaciones sobre la energía solar varían considerablemente de un país a otro. Pese al interés que han manifestado a este respecto, la actividad de las instituciones de investigaciones científicas se encuentra a menudo limitada por la falta de recursos humanos y financieros. Si a ello se añade el aislamiento en que trabajan los investigadores, estarán dadas las condiciones para que organizaciones o empresas extranjeras "tomen a cargo" a las instituciones nacionales so capa de asistencia técnica o de cooperación bilateral. La única solución eficaz al problema radica en una intensificación de la cooperación científica y tecnológica entre los países en desarrollo de una misma región o incluso de regiones diferentes. Entonces, y solamente entonces, el problema de la cooperación entre países en desarrollo y países industrializados puede abordarse sobre bases justas que tengan en cuenta los intereses de ambas partes.

No fue sino después de la "crisis del petróleo" cuando numerosos países industrializados emprendieron importantes programas de investigaciones sobre la energía solar. Estos, en su mayor parte, no se proponen por el momento sino objetivos muy limitados (por ejemplo, la obtención de energía complementaria para la calefacción doméstica o industrial o la producción suplementaria de electricidad). En realidad, su finalidad más o menos declarada es, a largo plazo, encontrar fuentes alternativas de energía en vista del agotamiento de las reservas mundiales de petróleo y, a corto plazo, aprovechar el mercado que constituyen los países en desarrollo para concebir y fabricar instalaciones solares en condiciones económicas sumamente lucrativas. En efecto, la financiación de la investigación científica y de la producción industrial en esas circunstancias estará asegurada, cuando no subvencionada, por los propios países en desarrollo.

Habría pues que proceder a un cambio radical de enfoque para instaurar una verdadera cooperación científica y tecnológica entre los dos grupos de países; y ello en interés de unos y otros, ya que la gravedad de los problemas energéticos mundiales, el papel que puede desempeñar la energía solar en

un porvenir más o menos lejano y sus posibilidades a plazo corto y medio en numerosos países en desarrollo constituyen otras tantas razones para abordar seriamente estas cuestiones.

La cooperación industrial entre países desarrollados y en desarrollo para la producción de instalaciones solares plantea asimismo numerosos y complejos problemas que reflejan la situación actual de la economía mundial. Sabido es que ésta corresponde a una división internacional del trabajo que relega a los países en desarrollo al papel de productores de materias primas y engendra, en el plano del comercio internacional, un intercambio desigual que perpetúa la dependencia de esos países respecto de los países industrializados. Es así como, hoy por hoy, estos últimos prácticamente monopolizan las diferentes industrias básicas para la fabricación de instalaciones solares: metalurgia del hierro y de los metales ferruginosos, del aluminio, del cobre y de otros metales no ferruginosos; fabricación del vidrio y de materiales plásticos transparentes; elementos de aislamiento térmico de origen mineral u orgánico, etc. Sin embargo, las materias primas correspondientes provienen principalmente de los países en desarrollo donde incluso abundan. En la mayoría de los casos son parcialmente tratadas antes de su exportación a los países industrializados (como el aluminio de Guinea y de Ghana tratado en esos mismos países y en el Camerún, el cobre de Zaire y de Zambia, los productos petroleros de Nigeria, Argelia y el Oriente Medio).

Para reforzar la autosuficiencia del mundo en desarrollo hay que prever la implantación de industrias de productos acabados y semiacabados en los numerosos países productores de materias primas. En efecto, en las condiciones actuales de crisis de la energía, la utilización del potencial hidroeléctrico insuficientemente aprovechado en los países de África, Asia y América Latina brinda una solución ideal para el tratamiento completo de numerosos minerales que se explotan en esas regiones, a condición de que se instaure, en escala mundial, una cooperación industrial con miras al bien de todos.

Entonces se habrá encontrado la base para el desarrollo de industrias ligeras indispensables para la producción de los diferentes elementos que integran las instalaciones solares (construcciones metálicas y mecánicas, piezas mecánicas de precisión, componentes electrónicos, etc.), mientras que las industrias nacionales, al complementarse recíprocamente, garantizarían a la vez su florecimiento común.

La nueva división internacional del trabajo que se desprendería de una orientación semejante beneficiaría a la economía mundial por entero y permitiría, al disminuir sensiblemente los precios de producción y de transporte, intensificar y acelerar la utilización de la energía solar en la medida en que las instalaciones necesarias sean construidas en el lugar donde van a ser explotadas. Las consecuencias previsibles, dentro de la nueva estructura del consumo de energía en escala mundial, deberían contribuir en principio a que se adoptaran por unanimidad el conjunto de medidas arriba mencionadas.

**A. Mumuni Dioffo**



Foto Stambolis © Unesco. Tomado de *Solar energy for educational buildings*, de C. Stambolis en colaboración con P. Vastardis.



Foto Andanson © Sigma, París

Arriba, un panel de células fotovoltaicas instalado en el patio de una escuela de Níger hace funcionar el receptor de televisión educativa escolar. A la derecha, la torre Maine-Montparnasse, en el centro de París.



# Inventario mundial de la energía



El rayo, de Roy Lichtenstein

Foto © Sotheby Parke-Bennet, Nueva York

por Zoran Zaric

**L**OS 4.500 millones de seres humanos que actualmente habitan en nuestro planeta utilizan unos 10.000.000.000.000 de vatios de energía. Esa cifra equivale a 2,2 kilovatios por habitante. Se calcula que un radiador eléctrico pequeño gasta un kilovatio.

Para comprender el problema de la energía, es importante distinguir entre potencia y energía. Técnicamente, potencia es el ritmo al que un trabajo se realiza o al que se gasta la energía. Un radiador eléctrico de un kilovatio gasta energía al ritmo de un kilovatio/hora por hora —o 24 kilovatios al día o  $24 \times 365 = 8.760$  kilovatios al año. La tasa media de utilización de energía en todo el planeta es de 19.272 kilovatios/hora al año por habitante o, lo que es lo mismo, 2,2 kilovatios todo el tiempo.

Cuando se habla de consumo mundial de energía, las cifras en vatios o incluso en kilovatios tienden a alargarse grandemente. De ahí que los científicos empleen el siguiente sistema reductor de cuantificación:

1 kilovatio (KW) = 1.000 o  $10^3$  vatios  
1 megavatio (MG) = 1.000.000 o  $10^6$  vatios  
1 gigavatio (GW) = 1.000.000.000 o  $10^9$  vatios  
1 teravatio (TW) = 1.000.000.000.000 o  $10^{12}$  vatios

El consumo total de energía en el mundo es actualmente de 10 teravatios (TW).

Los mismos prefijos pueden utilizarse con unidades distintas de los vatios. Por ejemplo, una gigatonelada (GT) equivale a 1.000.000.000 de toneladas. Así como la energía eléctrica se suele expresar en vatios, ciertos combustibles fósiles como el carbón y el petróleo se miden más exactamente en toneladas. La energía contenida en una tonelada de antracita es de 8.139 KWh; la energía de una tonelada de petróleo es de 11.964 KWh.

Aunque, como acabamos de señalar, el consumo medio de energía por persona es de 2,2 kilovatios, la energía no se utiliza uniformemente en todo el planeta. En América del Norte el consumo energético es de unos 10 KW por persona. En otros países industrializados varía entre 2 y 7 KW. El resto del mundo, es decir, las tres cuartas partes de la humanidad, consume menos de 2 KW, concretamente un promedio de 450 vatios. Casi 400 millones de seres humanos viven con menos de 100 vatios. Dicho de otro modo, el consumo de energía reproduce casi exactamente los perfiles del actual sistema económico mundial.

A juzgar por las previsiones más dignas de crédito, en el año 2000 habitarán el planeta 6.700 millones de personas que consumirán un promedio de 3,06 KW por cabeza. Ello representa un consumo energético total de 20,5 TW, —o sea poco menos del doble del actual. Cincuenta años después, en 2050, la Tierra contará con 10.500 millones de personas, con un consumo medio por persona de 5,28 KW y un consumo total de 55,4 TW, es decir aproximadamente cinco veces y media el actual.

Pero ¿de dónde saldrá toda esta energía? ▶

---

**ZORAN ZARIC**, especialista yugoslavo en termodinámica, es miembro de la Academia Servia de Ciencias y Artes y presidente de la Asociación Yugoslava para la Energía Solar. Ha sido durante muchos años secretario general del Centro Internacional de Transferencia Termodinámica, que coopera estrechamente con la Unesco en cuestiones de energía.

Este artículo se basa en el manuscrito de un libro de Zoran Zaric titulado provisionalmente. Energy for the future, que la Unesco publicará en 1982.

# Combustibles fósiles



Foto Louis Pehlhos © National Geographic Society, Washington, D. C.

**L**OS combustibles fósiles tienen su origen en la descomposición de materias vegetales. Su energía está contenida en enlaces químicos producidos por la energía solar fijada por las plantas hace millones de años mediante la fotosíntesis. El principal combustible fósil es el carbón, combinado con otros elementos. Se estima que bajo la superficie de la tierra hay unos  $10^{16}$  (10.000 billones) de toneladas de carbón fósil. Por desgracia, no todo ese carbón puede recuperarse fácil y económicamente. Cuatro son las fuentes principales de combustibles fósiles.

El carbón existe principalmente al norte del ecuador, y en particular al norte de los  $30^\circ$  de latitud norte. Un 88 por ciento de las reservas conocidas corresponden a la Unión Soviética, los Estados Unidos de América y China. Hay también grandes yacimientos en Europa central.

Hasta el momento, el mundo ha consumido unas 130 gigatoneladas de carbón. Las reservas recuperables de carbón que se conocen ascienden a 600 GT (aproximadamente el cuádruplo de las utilizadas hasta ahora). Pero las perspectivas futuras son optimistas. Es posible que haya en el planeta 10.000 GT de carbón, de las que se espera poder explotar 2.500.

Actualmente consumimos en todo el mundo unas 2,6 GT de carbón al año. En 1980 el consumo mundial de energía, correspondiente a todos los combustibles, equivalió a unas 10 GT de carbón, lo cual significa que el carbón satisface actualmente el 26 por ciento, más o menos, de las necesidades energéticas mundiales. Hace cincuenta años nos proporcionaba casi toda la energía que utilizábamos. Y es muy posible que pronto tenga que suministrarnos mucho más que ahora. Hoy se está investigando la manera de transformar el carbón en gas natural y en petróleo y de utilizarlo más eficazmente.

El petróleo es indudablemente el combustible fósil más útil, sobre todo porque es muy fácil de transportar. Más de la mitad de las reservas comprobadas se sitúan en el Cercano Oriente. Hasta la fecha el mundo ha consumido aproximadamente el tercio de las existencias explotables. En ciertos países, por ejemplo Estados Unidos de América, se ha consumido tanto petróleo como el que queda.

En la actualidad consumimos unas 3 GT de petróleo al año. Las reservas conocidas ascienden a unas 88,4 GT, pero es posible que, en definitiva, se puedan recuperar hasta 300 GT. Hoy se descubren nuevas reservas al ritmo de unas 5 GT al año, es decir, más de lo que consumimos. Sin embargo, se calcula que la producción máxima de petróleo se alcanzará hacia 1990 y que a partir de entonces menguará la producción mundial (y, por consiguiente, el consumo).

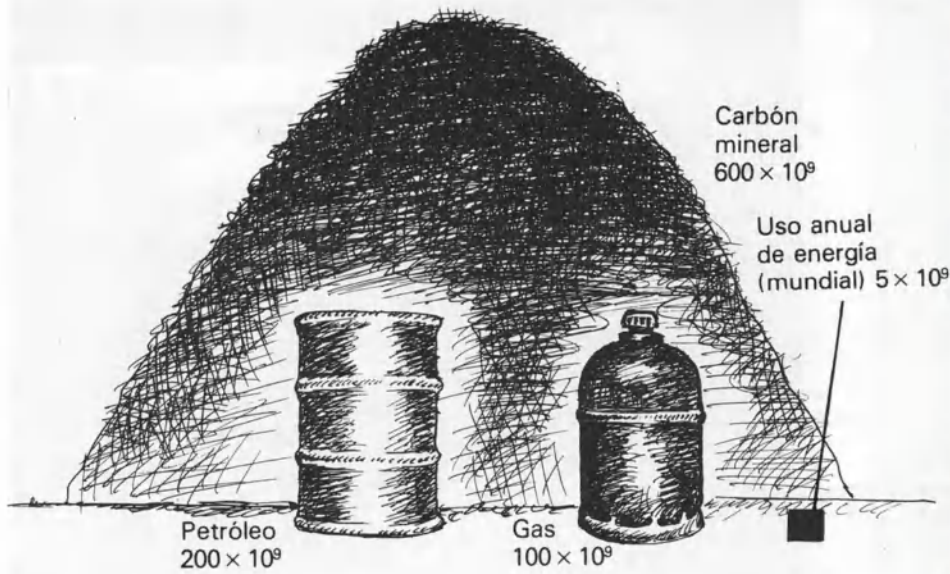
Es probable que el gas natural tenga un futuro más prolongado que el petróleo. Aproximadamente el 40 por ciento de las reservas conocidas corresponde a los países de la OPEP, y el 30 por ciento a la Unión Soviética. Los Estados Unidos de América y la URSS consumen juntos el 70 por ciento del gas natural disponible.

Hasta el momento hemos consumido aproximadamente el 40 por ciento de las reservas conocidas. Estas equivalen más o menos a dos tercios de las de petróleo, en términos energéticos. Pero los recursos explotables son probablemente tan importantes como los de hidrocarburos. Como actualmente utilizamos 2,5 veces más petróleo que gas natural (también en términos energéticos), éste durará mucho más que aquél. Se prevé que la producción mundial llegará a su punto culminante en el año 2010, fecha en la cual consumiremos al año el triple de gas natural que ahora.

La última fuente de combustibles fósiles son las arenas y pizarras bituminosas. El 70 por ciento de estas últimas corresponde a América del Norte y el 25 por ciento a América Latina; aquéllas se encuentran principalmente en el Canadá, y hay también yacimientos en América del Sur, Siberia y Nigeria. Las reservas son muy importantes —comparables más o menos a las de gas natural—, pero el problema consiste en cómo extraer el combustible que contienen ambos tipos de yacimientos.

Para ello hay que emplear un tratamiento térmico y eliminar las impurezas, por lo que resulta un combustible muy oneroso. Por ejemplo, para poder extraer un barril de petróleo de las pizarras bituminosas hay que separar y tratar 1,7 toneladas de roca.

Se prevé que el consumo de combustibles fósiles llegará a su punto máximo en el año 2010 y que entonces consumiremos el doble que ahora.



## Recursos comprobados totales $900 \times 10^9$ (o 900.000 millones) de toneladas de equivalente en carbón

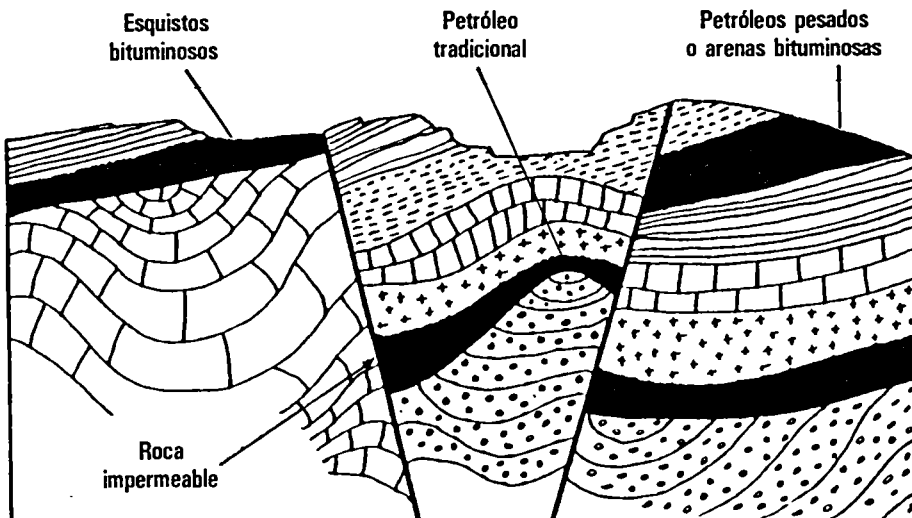
El carbón mineral no es un recurso de energía nuevo o renovable, pero las reservas del mismo son enormes en términos absolutos y empujeñecen a las de petróleo, gas e hidrocarburos no convencionales: las arenas alquitranadas y los esquistos bituminosos.

En un campo petrolífero tradicional el petróleo crudo se acumula entre los granos de arena en un estrato cubierto por otra capa de roca que es impermeable. Al practicar una perforación en esta última capa se obtiene un pozo a través del cual el peso del estrato superior expulsa el petróleo fluido. Sin embargo, el petróleo puede no ser fluido sino sumamente viscoso, o bien puede estar atrapado entre partículas tan finas que no pueda escurrirse. El primer estado es el de las llamadas arenas alquitranadas y el segundo el de los esquistos bituminosos.

Sin embargo, basta echar un vistazo a las reservas conocidas para estimular la imaginación. La cantidad de petróleo pesado en un solo yacimiento a lo largo del Orinoco, en Venezuela, puede exceder a la del petróleo de tipo tradicional en todo el Oriente Medio. Algunos países en desarrollo importadores de petróleo cuentan con yacimientos que poseen de uno a cinco mil millones de barriles. Entre ellos figuran Colombia, Costa de Marfil, Madagascar y Turquía. Las arenas alquitranadas de Canadá (principalmente en Alberta) contienen reservas con un volumen total de 800.000 millones de barriles, pero aún resultan pequeñas frente a las de Venezuela, que se estima son superiores a los dos billones de barriles.

En el caso de los esquistos bituminosos, las reservas son aun mayores. Los países desarrollados con economía de mercado cuentan, en conjunto, con 2.247.000 millones de barriles, correspondiendo la parte del león (2.100.000 millones de barriles) a los Estados Unidos.

Entre los países en desarrollo que importan petróleo pero que poseen también esquistos bituminosos figuran Argentina, Tailandia y Marruecos, con un volumen que oscila entre 300 millones de barriles y 1.000 millones de barriles cada uno, mientras que Brasil posee reservas por valor de 800.000 millones de barriles. La Unión Soviética y Zaire tienen también depósitos considerables. Entre los productores actuales figura China, que obtiene el 9% de su petróleo de los esquistos de Manchuria y Kuangsi (de 45 a 70 millones de toneladas de producción anual de esquistos). La Unión Soviética produce 35 millones de toneladas de esquistos, de los cuales extrae 12 millones de toneladas de petróleo.



Fuente: *Energy in a Finite World*, IIASA, Laxenburg, Austria

## La información, un factor indispensable

por James F. McDivitt

**P**OR qué a los adelantos tecnológicos sobre el aprovechamiento de las fuentes de energía renovables y no contaminantes no ha seguido su aplicación y utilización inmediata y generalizada? No puede darse una respuesta única a este complejo problema pero en general se admite que los obstáculos no son de orden técnico. Entre los que se señalan en los estudios internacionales que a este respecto ha realizado la Unesco figuran la falta de información especializada y de información pública y la escasez de personal calificado en lo que toca a las instalaciones y a su reparación.

Un estudio de la Unesco sobre educación y formación en esta materia muestra que pese al enorme interés que suscitan las nuevas fuentes de energía aun no se ha elaborado un programa sistemático para satisfacer la apremiante necesidad de mano de obra calificada. La encuesta, que abarca unas 300 instituciones de 86 países, revela que así como se dispensa formación a los investigadores, técnicos e ingenieros en todos los aspectos de la nueva tecnología energética, es igualmente necesario crear cursos para quienes deben adoptar decisiones en esta esfera.

En muchos casos la falta de información es el obstáculo mayor para una formación más eficaz y un mejor conocimiento del público sobre las posibilidades de las nuevas fuentes de energía. Incluso en los países que disponen de sistemas modernos de información, hoy es prácticamente imposible estar al día respecto de los nuevos adelantos técnicos debido a que el volumen de publicaciones es enorme y a que las fuentes de información están muy dispersas. Se trata pues de otro campo de acción en el que deben elaborarse programas especiales y en el que la Unesco desempeña un papel de importancia capital.

En 1980 la Organización llevó a cabo un estudio acerca de la necesidad y la viabilidad de un sistema internacional de información sobre las fuentes de energía nuevas y renovables. El estudio señala la existencia de una preocupación generalizada "por los peligros que pueden correr las inversiones basadas en una información poco digna de confianza. Los usuarios prefieren evitar el exceso de entusiasmo que muestran ciertos círculos en lo tocante a ciertas fuentes alternativas de energía cuyos resultados y rendimiento pueden constituir una decepción. Todos tienen conciencia de que su elección de una energía alternativa podría estar sujeta a presiones directas o indirectas ejercidas por quienes se ocupan de la promoción y venta de los materiales e instalaciones que aquélla requiere."

Basándose en ese estudio, la Conferencia General de la Unesco celebrada en 1980 aprobó un programa para el desarrollo de una red de información en materia de nuevas fuentes de energía, que utilice todos los sistemas y servicios de comunicación posibles. El programa se halla en curso de realización.

JAMES F. MCDIVITT, geólogo canadiense, es director de la División de Investigación y Enseñanza Superior Científicas de la Unesco.

# La unificación de las formas básicas de la energía

por **Abdus Salam**  
Premio Nobel de Física de 1979

**H**ASTA hace unos veinte años los físicos sostenían la existencia de cuatro formas básicas de energía: la fuerza de gravitación; la fuerza eléctrica (incluido en ella el magnetismo); la interacción nuclear fuerte, a la que se debe la poderosa atracción entre protones y neutrones, que son las partículas que componen la materia nuclear; y la interacción nuclear débil, que desempeña un papel fundamental en la transformación de un tipo de partícula subatómica en otra.

Hoy día es ya un lugar común afirmar que estas formas de la energía pueden convertirse unas en otras: por ejemplo, la gravitación en electricidad (prueba de ello es la hidroelectricidad) o la interacción nuclear fuerte en electromagnetismo (como cuando la energía nuclear del interior del sol se convierte en la energía electromagnética del calor de los rayos solares).

Hace veinte años otros colegas y yo señalamos que había indicios de que la interacción nuclear débil era fundamentalmente idéntica al electromagnetismo. No se trataba simplemente de la conversión de una forma de energía en otra, sino que íbamos más lejos. En nuestra opinión no había una diferenciación básica entre la electricidad y las fuerzas nucleares. Decíamos que eran simplemente idénticas y que esta identidad, normalmente oculta, podía ser manifiesta en condiciones de laboratorio adecuadas.

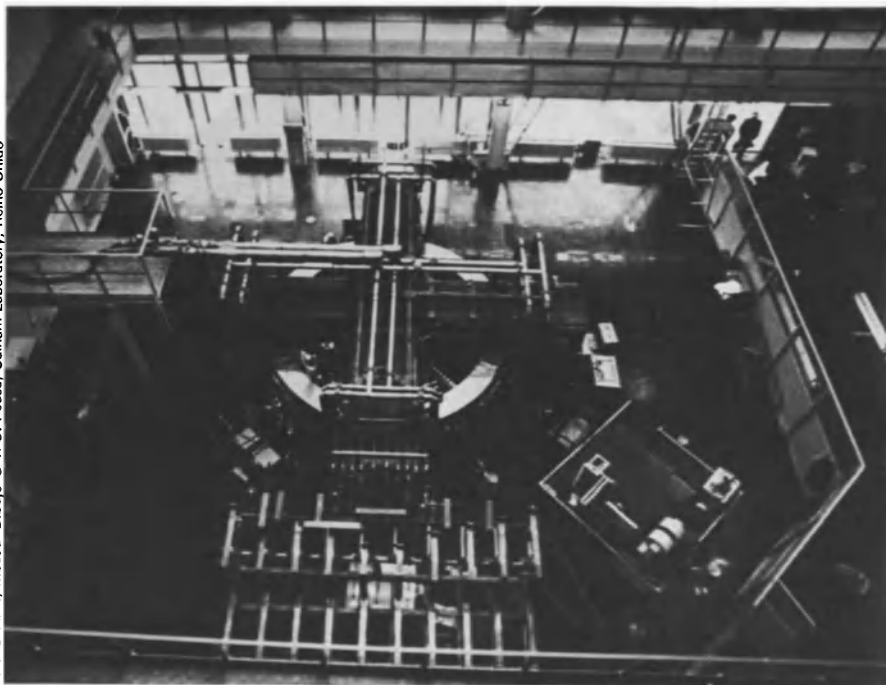
En 1973 tuvimos la primera comprobación de nuestra teoría, cuando la Organización Europea de Investigaciones Nucleares de Ginebra demostró experimentalmente la existencia de corrientes neutrales, que son parte esencial de las hipótesis de esa teoría. En 1978 tuvimos la prueba decisiva, cuando el Acelerador Lineal de Stanford (Estados Unidos), en un experimento histórico, confirmó el segundo aspecto de la teoría —su meollo, por así decir—, o sea la unificación de la fuerza electromagnética con la interacción nuclear débil, como habíamos previsto. Ello ha sido confirmado posteriormente gracias a un experimento realizado en Novosibirsk por un grupo dirigido por el profesor Barkov.

El próximo paso consiste en comprobar si la tercera forma de la energía (la interacción nuclear fuerte) es también parte de esa unidad. Junto con algunos colegas elaboramos una formulación teórica al respecto y propusimos que se realizaran experimentos para demostrar esa hipótesis. Los experimentos han comenzado ya en Estados Unidos, Europa y la India. Si los resultados son positivos, en unos tres años habremos demostrado que todas las fuerzas nucleares —y no solamente la interacción nuclear débil— son idénticas a la fuerza eléctrica que mantiene la cohesión del átomo.

Quedará entonces el objetivo final: demostrar la unidad entre la fuerza de gravitación y la fuerza electronuclear recientemente descubierta. La conclusión será que la fuerza de la gravedad, que hace que la manzana caiga del árbol o que mantiene a la luna en su órbita, es un aspecto de la misma unidad de la que forman parte la fuerza eléctrica o las fuerzas nucleares. □

*N. D. L. R. Los resultados preliminares de un experimento realizado recientemente a una profundidad de unos 2.000 metros en las minas de oro de Kolar, en la India, y anunciados el 14 de julio en una reunión de la Sociedad Europea de Física celebrada en Lisboa, vienen a corroborar la teoría del doctor Abdus Salam y parecen demostrar que tres de las cuatro fuerzas físicas básicas forman una sola fuerza electronuclear.*

Foto © APN, Moscú. Dibujo © R. S. Pease, Culham Laboratory, Reino Unido



La instalación termonuclear soviética "Tokamak 10", donde se realizan investigaciones sobre la producción de energía mediante la fusión nuclear. Para obtener una reacción por fusión, la mezcla o plasma reactivo debe calentarse a una temperatura de unos 100 millones de grados centígrados. El problema consiste en aislar el plasma de las paredes del recipiente. En el aparato Tokamak esto se consigue manteniendo el plasma en un campo magnético. El plasma, contenido en un recipiente circular (a la derecha), se estabiliza gracias a un fuerte campo magnético creado mediante las espirales que rodean el recipiente. Una corriente eléctrica atraviesa el plasma y lo calienta al mismo tiempo que crea otro campo magnético que lo mantiene separado de las paredes del recipiente.

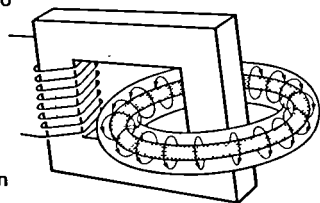


Foto © Scroboana. Centro Internacional de Física Teórica, Trieste



Cuando los científicos jóvenes de los países en desarrollo regresan a su patria tras haber realizado estudios avanzados en el extranjero, frecuentemente deben asumir agobiadoras tareas de enseñanza que limitan sus oportunidades de dedicarse a la investigación científica. Incluso pueden sentirse al margen de los adelantos y descubrimientos más recientes en sus diversas disciplinas. A fin de ofrecer a esos hombres y mujeres una solución a su aislamiento intelectual se creó, hace unos veinte años, en Trieste, el Centro Internacional de Física Teórica. Financiado por Italia, el Organismo Internacional de Energía Atómica y la Unesco, el Centro constituye un lugar donde esos jóvenes pueden poner al día sus conocimientos, reflexionar, trabajar y, sobre todo, disfrutar del estímulo que les brinda el contacto con otros científicos. El Centro fue fundado por iniciativa del profesor Abdus Salam quien sintió en carne propia las frustraciones del aislamiento cuando a comienzos del decenio de 1950 regresó a su patria, Paquistán, para enseñar allí tras haber trabajado en cuestiones de física de las altas energías en Cambridge y en Princeton. En esa época el profesor Salam era el único especialista en física teórica de su país. Más tarde escribiría: "El aislamiento en mi disciplina, como en la mayoría de las esferas del trabajo intelectual, es la muerte." Actualmente el Centro acoge a unos 1.500 físicos por año, en calidad de visitantes o de asistentes a los seminarios que en él se celebran. Arriba, el profesor Paul Dirac, Premio Nobel de Física de 1933, dicta una conferencia en el anfiteatro del Centro.

# Energía nuclear

**L**A energía nuclear se obtiene cuando se convierte la masa en energía. Hay dos procedimientos posibles para ello. En la fisión nuclear se produce energía bombardeando un núcleo con neutrones, que lo dividen en dos. La fusión nuclear —que hasta el momento solamente conocemos en la tierra en la forma de explosión termonuclear de una bomba de hidrógeno— consiste en unir dos núcleos ligeros para formar uno más pesado que contiene menos energía, con lo que se libera energía.

## Reactores térmicos

La primera reacción en cadena se produjo en una cancha de *squash* en Chicago, en 1942. Desde entonces se han construido más de 200 reactores térmicos, con una producción total de unos 120.000 megavatios, lo que equivale aproximadamente al 6 por ciento de la producción mundial de electricidad. Más de la tercera parte de esa electricidad nuclear se sitúa en los Estados Unidos de América, representando el 12 por ciento de la producción eléctrica total de ese país.

Se calcula que en 1985 habrá en funcionamiento 414 reactores: 196 en Europa, 170 en América del Norte, 43 en Asia y 5 en América Latina, que producirán en total 307.000 megavatios.

Es posible que a fines de siglo la producción de energía nuclear se haya multiplicado por tres, para lo cual se requerirán unas 500.000 toneladas de combustible nuclear al año. Desde que se empezó a utilizar la energía nuclear se habrán empleado unos 4 millones de toneladas de uranio, lo que equivale aproximadamente a la cantidad total de reservas conocidas de este metal que son económicamente explotables. Por consiguiente, sin reactores de regeneración, o de fusión, la energía nuclear habrá llegado en ese momento a su punto final.

## Reactores de regeneración

Con los reactores de regeneración, gracias a los cuales se duplicará el volumen de materias fisibles en un plazo de seis a diez años, el aprovechamiento del combustible aumenta en unas 60 veces. De ahí que, con este tipo de reactor, sea posible hacer durar mucho más el uranio disponible. Por otra parte, es técnicamente factible utilizar torio en vez de uranio como combustible principal. La cantidad de torio existente en el mundo es mucho mayor que la de uranio, con lo cual podría prolongarse considerablemente la vida de los reactores de fisión.

Los reactores de regeneración están todavía en la fase de la concepción. Algunos se hallan ya en período de experimentación, pero ninguno produce electricidad comercial. Se prevé que los primeros entrarán en funcionamiento en el decenio de 1980, pero hasta 1990 no producirán electricidad los grandes reactores de regeneración. Técnicamente, su manejo es muy difícil. En efecto, requieren un gran volumen de materias fisibles, normalmente plutonio obtenido a partir del combustible quemado en un reactor térmico de uranio. Como se trata de la materia prima que se emplea en la fabricación de armas nucleares, preocupa la perspectiva de tener que producir y almacenar grandes cantidades de plutonio. En 1985 se necesitarán unas 100 toneladas anuales de plutonio fisible y en el año 2000 unas 500.

Estos reactores tienen una densidad energética mucho mayor que la de los reactores térmicos, y hay que refrigerarlos con metales líquidos como el sodio y el potasio. El sodio líquido es muy peligroso: se inflama al aire libre y explota en contacto con el agua.

## Reactores de fusión

Estos reactores podrían funcionar mediante la fusión de deuterio y tritio, produciendo un isótopo de helio (gas inerte) y una gran cantidad de energía. El deuterio puede obtenerse en cantidades ilimitadas a partir del agua del mar; el tritio se obtiene irradiando con neutrones el litio —que es muy abundante— en el reactor de fusión. En este último caso no existe pues problema alguno de disponibilidad de combustible. Por otra parte, se trata de un producto estable y no fisible, con lo que la operación es en principio mucho más limpia que la del mejor reactor de fisión imaginable.

Ahora bien, para obtener una reacción de fusión hay que calentar hasta unos 100 millones de grados una concentración muy fuerte de deuterio y tritio y contener el combustible durante el tiempo suficien-

te para que se produzca la fusión antes de que pueda fundirse y dispersarse en forma de vapor. Esto es lo que se consigue en la bomba de hidrógeno, pero nunca se ha logrado en laboratorio. No obstante, las investigaciones sobre la fusión nuclear han progresado mucho desde 1975 (a ellas se dedican actualmente unos 1.000 millones de dólares al año), y se prevé que en el decenio de 1980 quedará por fin demostrada la posibilidad científica de la fusión nuclear. Pero es posible que en el plano técnico no resulte viable antes de 1995, y quizás haya que esperar hasta el decenio de 2005-2015 antes de que se puedan construir centrales completas de fusión.

SIGUE EN LA PAG. 23

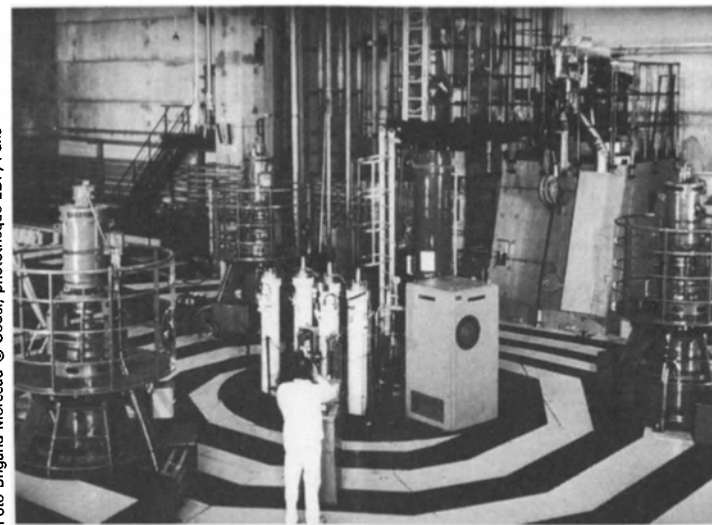


Foto Brigand-Morceau © Sodel, photothèque EDF, París

## Problemas de seguridad

El problema de la seguridad que plantean todos los reactores nucleares es muy inquietante. Ninguno de ellos es perfectamente hermético, por lo que con cada reactor se incrementa ligeramente el nivel de radiación ambiente en la atmósfera. Hay un nivel natural de radiación ambiente, que ha aumentado aproximadamente en un tercio a consecuencia de factores tales como las "lluvias" radiactivas debidas a los ensayos de armas, la utilización en medicina de rayos X e incluso la televisión. Un televisor de color puede someter al telespectador a una dosis de radiación de hasta 2 miliremes por hora. En comparación con esto, un reactor nuclear incrementa la dosis que recibe la población de las cercanías tan sólo en 5 miliremes al año, lo cual equivale aproximadamente a un 2 o un 3 por ciento de la radiación ambiente. No está, pues, justificada la preocupación que despierta la radiación producida por los reactores nucleares.

Ahora bien, siempre cabe la posibilidad de un accidente que pueda liberar grandes dosis de radiación en las cercanías de la central. Sin embargo, la experiencia en este punto es hasta ahora bastante tranquilizadora. En la industria nuclear del Reino Unido, sólo hubo de 1962 a 1975 cuatro muertos (ninguno de ellos directamente a causa de radiaciones nucleares). En ese mismo período, 66 empleados de esta industria murieron en accidentes de tránsito.

Análogamente, hoy existe una probabilidad entre 4.000 de morir en accidentes de la circulación al año. En cambio, se calcula que la probabilidad de que se produzca un grave accidente nuclear es de una entre 5.000 millones al año y más de 1.000 veces inferior a la de un gran terremoto o la ruptura de un gran embalse.

Sin embargo, todavía no se ha resuelto satisfactoriamente el problema de la eliminación de las materias radiactivas de desecho. Un reactor de 1.000 megavatios produce unos 9 metros cúbicos de materias muy radiactivas al año, que hay que conservar durante decenas de miles de años antes de que se vuelvan inocuas. Se piensa que la solución consiste en enterrarlas a gran profundidad en recipientes herméticos, pero todavía no se tiene una idea clara de los peligros que de ello se derivan.

Los problemas de seguridad que plantean los reactores de regeneración son probablemente los más graves, debido a que se utiliza un mayor volumen de combustible, a que ese combustible puede servir para fabricar armas nucleares (y, además, es la materia más tóxica conocida) y a que los propios metales líquidos que se emplean para la refrigeración son muy peligrosos. Ninguno de estos problemas parece técnicamente insoluble, pero son mucho más graves que los que plantean los reactores térmicos.

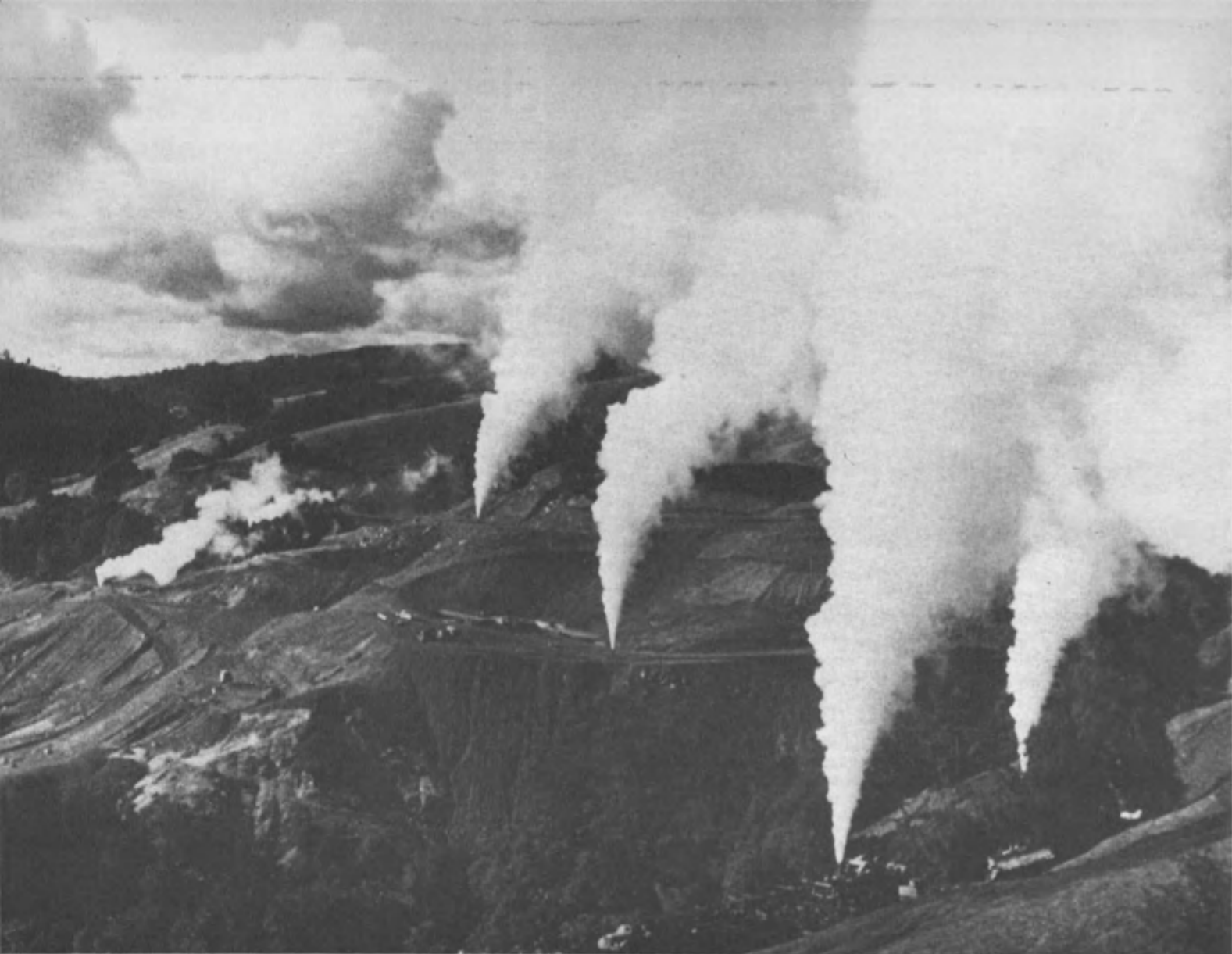
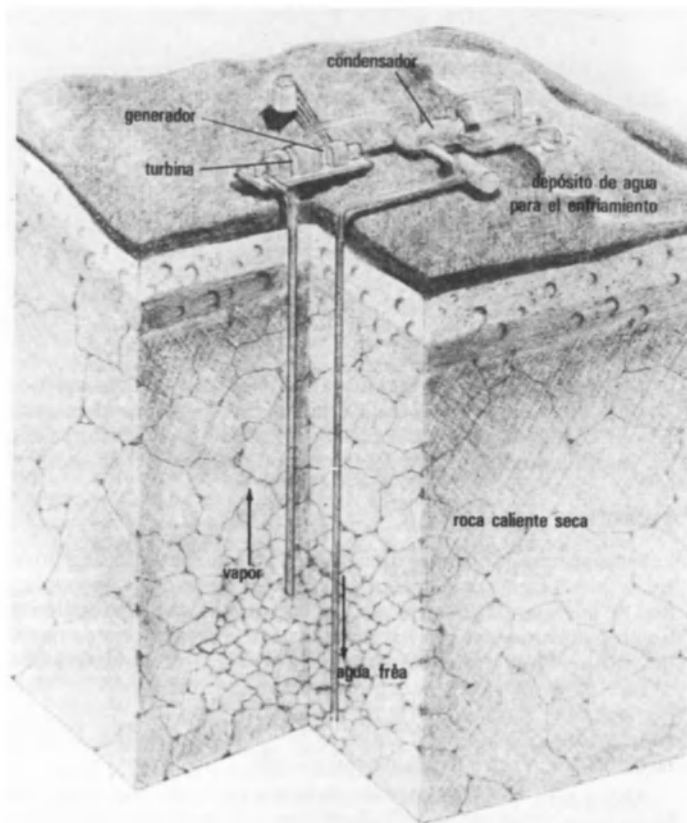


Foto © A. Ten Dam, París

La energía geotérmica tiene su origen en el reactor nuclear propio de la naturaleza. Proviene de la descomposición radiactiva de un isótopo del potasio y de otros elementos dispersos en la corteza terrestre. Por cada kilómetro de profundidad este calentamiento generalizado eleva la temperatura en 30° centígrados. En algunas zonas la actividad geológica acentúa este efecto y el aumento de la temperatura puede llegar hasta 80° centígrados por kilómetro de profundidad. Allí donde las areniscas y otras rocas permiten la circulación del agua subterránea, el calor es transferido al agua, la cual puede salir naturalmente a la superficie en manantiales o géiseres, o ser captada mediante la perforación de pozos. Sin embargo, como el peso de las rocas hace que la corteza terrestre sea impermeable a profundidades mayores de cuatro kilómetros, el vapor geotérmico raramente alcanza temperaturas superiores a 300° centígrados, lo cual limita su eficiencia. El agua y el vapor, con frecuencia, son corrosivos y difíciles de utilizar en turbinas ordinarias. Esta dificultad podría superarse mediante instalaciones adaptadas.

Cuando la energía geotérmica proporciona solamente agua caliente, ésta se utiliza para la calefacción ambiental y en la agricultura, o para precalentar agua en las centrales ordinarias generadoras de energía a base de vapor. Italia fue la primera en explotar la energía geotérmica, produciendo electricidad para su sistema electrificado de ferrocarriles. Nueva Zelanda, Islandia, Francia y Japón aplican la energía geotérmica a la calefacción ambiental. El Valle de Dislocación africano y el contorno de la cuenca del Pacífico son otras zonas favorables.

Existen grandes esperanzas de poder utilizar el proceso de hidrofracturación (mediante explosivos y presión hidráulica) de las rocas calientes y secas, que están mucho más ampliamente distribuidas que los campos geotérmicos de roca porosa. Se bombea agua hacia abajo a través de una perforación, pasando por la roca fracturada, y el agua asciende por otra perforación. El principal problema radica en el tiempo que tardarán en enfriarse las rocas calientes (es necesario un largo período para que se vuelvan a calentar). Los costos actuales de generación geotérmica de electricidad pueden competir con las centrales eléctricas que emplean energía nuclear o petróleo. Arriba, un campo de géiseres en California. A la derecha, un diagrama sobre la manera de obtener el vapor geotérmico.



Dibujo © P. Charpiot, París

# Energía geotérmica

▶ **C**ADA metro cuadrado de superficie de la tierra irradia constantemente unos 0,06 vatios, lo cual no basta para que lo pueda percibir un ser humano pero sí para que el planeta pierda unos  $2,8 \times 10^{14}$  KWh al año. A este ritmo, la tierra se enfriará hasta la temperatura del espacio en el "breve" plazo de 200 millones de años. El hecho de que la tierra tenga ya 4.500 millones de años supone que se abastece de energía en su interior. Esa energía procede del calentamiento producido por la descomposición radiactiva de ciertos isótopos en las rocas de la corteza terrestre. La energía geotérmica es, pues, en realidad otra forma de energía nuclear.

El calor de la tierra se viene aprovechando desde hace cientos de años. Basta con recordar a los romanos, que utilizaban el agua calentada geotérmicamente para bañarse. Actualmente existen unas 20 centrales geotérmicas, con una potencia que va desde unos pocos megavatios hasta 500 MW y una producción total de 1,5 GW.

Sólo se puede aprovechar la energía geotérmica cuando está relativamente cerca de la superficie de la tierra, que es lo que suele ocurrir en las regiones volcánicas en las cuales es frecuente la actividad sísmica. Entre los países donde se explota actualmente la energía geotérmica cabe citar los siguientes: Estados Unidos de América, URSS, Nueva Zelandia, Japón, El Salvador, México, Filipinas, Islandia, Italia, Francia y Hungría.

Estos dos últimos países utilizan agua caliente solamente con fines de calefacción. Casi todos los demás emplean o bien el calor seco o bien el agua a muy alta temperatura y a presión para mover turbinas productoras de electricidad. Estas son las formas de aprovechar más fácilmente la energía geotérmica. Pero, además, las rocas calientes de la corteza de la tierra contienen un gran volumen de energía. Si se pudiera bombear agua fría en ellas, sería posible recuperar la energía en forma de vapor o de agua muy caliente a presión. Esta técnica está en estudio y, si diera buenos resultados, se incrementarían enormemente las fuentes de energía geotérmica.

Queda todavía un margen enorme para la producción de energía geotérmica, especialmente en el campo aun desconocido de la recuperación del calor de las rocas calientes y de la utilización de las inmensas reservas de aguas calientes subterráneas, que podrían emplearse con fines de calefacción y para los cultivos de invernadero. Por otro lado, la energía geotérmica presenta muy pocos inconvenientes desde el punto de vista ecológico. Se trata, sin embargo, de un recurso técnicamente finito, ya que la energía que contiene la corteza terrestre desaparece gradualmente según se va consumiendo. Por término medio, un pozo producirá unos 5 MW, y tendrá una vida útil de 10 a 20 años.

## Obstáculos para las energías nuevas

por Boris M. Berkovski

**N**O siempre se ha tenido conciencia clara y precisa de las causas económicas y sociales que han obstaculizado hasta ahora la utilización masiva en el mundo de las fuentes no tradicionales de energía.

Los factores fundamentales que han frenado la utilización de fuentes nuevas y renovables de energía son los siguientes :

— la fuerte inversión de capitales requerida ; la necesidad de un elevado consumo de materiales ; la necesaria enajenación de extensas superficies en tierra firme o en el mar ; los problemas administrativos y legales ; la ausencia de un sistema especializado de información ; la escasez de especialistas.

El alto costo de las inversiones para la explotación de las fuentes renovables de energía deriva principalmente del valor de los equipos necesarios. Este costo varía considerablemente, según cuál sea la tecnología empleada para el aprovechamiento de cada tipo de energía, y según las condiciones del lugar, la potencia de los generadores y de toda la instalación.

Sólo las grandes centrales hidroeléctricas, construidas en condiciones favorables, pueden proporcionar una energía eléctrica cuyo costo pueda competir con la que producen las poderosas centrales que utilizan carbón o combustible nuclear. En cuanto a la inversión de capitales para una central de energía solar en torre, es cinco veces mayor que la requerida para una central termoeléctrica de igual capacidad.

Gracias a los generadores hidroeléctricos, únicos en su género, instalados en Sayano-Shushensk, Ust-Ilim, Nurek y otras centrales, la Unión Soviética pudo duplicar su producción de energía eléctrica en los años setenta. El complejo hidroenergético de El Saura, construido en Siria con ayuda de la URSS, produce más del 70 por ciento de la energía eléctrica de ese país.

En unas cuantas regiones existen posibilidades, altamente rentables, de producir energía eléctrica en centrales geotérmicas de mediana capacidad.

Las demás fuentes renovables de energía resultan poco económicas en comparación con las centrales termoeléctricas y nucleares. Ello se debe principalmente a su dispersión, a su falta de continuidad, a la necesidad de crear potenciales alternativos, al riesgo que presenta la utilización de métodos, tecnologías y procedimientos que aún no han sido revalidados por la práctica.

Las nuevas tecnologías propuestas resultan mucho más costosas de lo que se pensó en un primer momento. Así sucede, por ejemplo, con la utilización de la energía solar en el cosmos o con la obtención de energía del gradiente de temperatura de los mares tropicales.

Para dar luz a las viviendas de una ciudad de diez mil habitantes, a partir de fuentes alternativas de energía, se requieren de diez mil a cuarenta mil horas/hombre. En cambio, si se usan fuentes tradicionales de energía, se necesitan sólo de 200 a 500 horas/hombre.

Para que los colectores de una central solar pudieran recoger 1 Q de energía al año\*, habría que extenderlos en una superficie no inferior a 130.000 km<sup>2</sup>. Esta necesidad de inmensas superficies significa un aumento considerable en el gasto de recursos materiales.

La fabricación de los colectores solares más sencillos (una placa de metal oscurecido, generalmente aluminio, dentro de la cual hay una tubería por la cual circula un líquido) requiere 10 kg de aluminio por m<sup>2</sup>. Para cubrir una superficie de 1 km<sup>2</sup> se requerirían 10.000 toneladas de aluminio.

El aprovechamiento masivo de las energías solar y oceánica impondría también la necesidad de afectar a ese fin vastas superficies terrestres y marinas.

Para producir 1 Q de energía al año aprovechando el calor de las aguas de mares y océanos, sería preciso destinar a la instalación de equipos de conversión una zona situada entre los 20° de latitud norte y los 20° de latitud sur. Todos los mares tropicales y subtropicales quedarían cubiertos con esos equipos, lo que, naturalmente, dificultaría el transporte marítimo y la industria pesquera.

La explotación de los mares tropicales originaría, además, un descenso de 1°C en la temperatura de sus capas superiores, lo que podría acarrear una disminución general de la temperatura en los trópicos. Esto influiría en el clima de todo el planeta, alterando las condiciones normales de subsistencia.

Finalmente, en las actuales legislaciones no existe una definición clara y precisa sobre el régimen jurídico de las fuentes no tradicionales de energía.

Todos los factores que acabamos de enumerar constituyen, en resumen, serias barreras para el desarrollo en gran escala de las fuentes no tradicionales de energía. La complejidad del problema requiere que la preparación de planes a largo plazo y una amplia cooperación internacional sean abordadas globalmente y al nivel de los Estados. En esa cooperación internacional la Unesco podría desempeñar un papel destacado. □

\*1 Q equivale a la cantidad de energía que se consume hoy en el mundo en cuatro años.

**BORIS M. BERKOVSKI**, científico soviético especializado en física de las altas temperaturas, dirige el laboratorio de sistemas de computadores aplicados a la física y a la energía del Instituto de Altas Temperaturas de la Academia de Ciencias de la Unión Soviética, en Moscú. De 1973 a 1979 dirigió en la Unesco el programa sobre problemas científicos y técnicos de la energía. Es autor de más de un centenar de artículos y estudios, algunos de los cuales se han traducido a numerosas lenguas.



Foto © JAMSTEC - Organismo Internacional de Energía

## Energía maremotriz

EN las mareas del mundo se acumulan unos 3 TW de energía. Pero tan sólo en algunos puntos del globo resulta económica su explotación; en ellos la variación de la marea es muy grande, por ejemplo, en ciertas partes del Canal de la Mancha, el mar de Irlanda y a lo largo de las costas de América del Norte y de Australia, así como en determinadas zonas del mar Blanco y del mar de Barents. De hecho, sólo hay en todo el mundo unos 24 lugares que pueden explotarse con este fin, por lo que difícilmente cabe considerar este tipo de energía como un recurso mundial.

Por razones técnicas, las centrales maremotrices solamente funcionan a un 25 por ciento de su capacidad, por lo que el potencial mundial máximo es tan sólo de 20 GW, de un total posible de 80. Hasta ahora sólo se ha construido una gran central maremotriz en el estuario del Rance (Francia), con una capacidad de 240 GW y que produce unos 60 MW en forma bastante económica. Se han realizado estudios sobre otra gran instalación en Francia, de 12.000 MW de potencia. Y se estudia también el establecimiento de otra central marítima de 3.800 MW en la costa de América del Norte, en la bahía de Fundy.

## Energía de las olas

Las olas del océano almacenan otros 3 TW de energía. En el mar del Norte una ola media posee una energía de 40 KW por cada metro de longitud durante un 30 por ciento del tiempo, y de unos 10 KW/m durante el 70 por ciento restante. Varían mucho las estimaciones sobre las posibilidades de explotación de este tipo de energía. Según algunos, el total mundial es de 100 GW. Otros avanzan la cifra de 120 GW sólo en lo que toca al Reino Unido. Ahora bien, por el momento se trata de una discusión teórica, ya que no existen centrales de este tipo. Se están ya contruyendo y ensayando varios prototipos experimentales. En vanguardia de esta labor de investigación figuran el Reino Unido y el Japón.

## Energía eólica

En los vientos que soplan sobre toda la tierra se acumulan unos 2.700 TW. Desde hace miles de años se vienen utilizando los molinos de viento para captar una pequeña fracción de esa energía. La energía eólica suscita hoy nuevo interés pero en torno a ella se plantean dos graves problemas. El primero es que los vientos soplan en forma irregular y, por consiguiente, es necesario almacenar de un modo u otro la energía captada, lo cual incrementa considerablemente su costo. En segundo lugar, la energía eólica está muy diluida. Para producirla se necesita una superficie de tierra cinco veces mayor que la que se requiere para captar una cantidad equivalente de energía solar con captadores solares —si bien debe tenerse presente que la ma-

Inventadas por el ingeniero japonés Yoshio Masuda, las boyas de referencia para la navegación accionadas por la energía de las olas se utilizan en el Japón desde 1965. El movimiento de las olas se aprovecha alternadamente para aspirar y expeler el aire a través de una turbina de baja presión que hace funcionar un generador eléctrico. La pequeña corriente eléctrica así producida basta para encender los faros de la boya. Actualmente se está tratando de emplear el mismo principio para generar energía en mayor escala mediante una enorme boya en forma de buque de altura, el *Kaimei* (arriba), diseñado por el Centro de Ciencia y Tecnología Marina del Japón. Las "balsas" Cockerell (abajo) — así llamadas por el nombre de su inventor, Sir Christopher Cockerell, más conocido como inventor del *hovercraft*, un vehículo levitante por reacción de aire sobre una superficie horizontal— funcionan según un principio diferente. Son plataformas articuladas que transforman en energía el movimiento ondulatorio de las olas. Los modelos experimentales aquí fotografiados están contruidos a escala 1:100, de conformidad con las dimensiones que estos aparatos requieren para funcionar en el Atlántico.

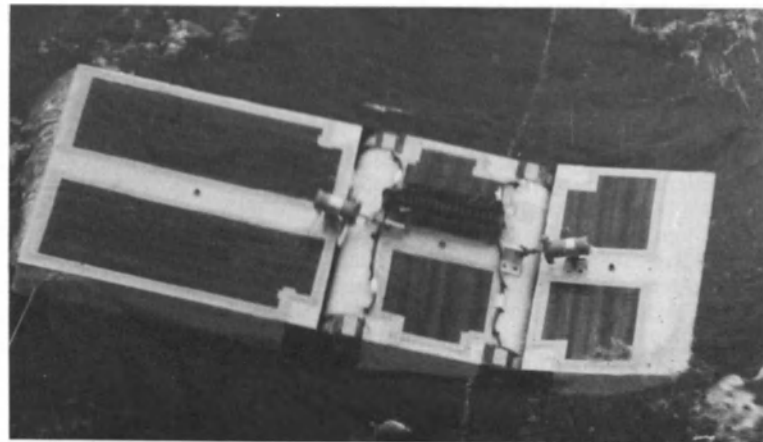


Foto © United Kingdom Atomic Energy Authority

yor parte de las tierras en las que se construían los molinos de viento podían utilizarse también para la agricultura.

La energía eólica resulta muy útil en pequeña escala para satisfacer necesidades locales, pero habría que concebir instalaciones eólicas con una potencia de entre 100 KW y varios MW para que su contribución pudiera ser importante. Actualmente se están ensayando varias. La mayor, situada en Dinamarca, tiene una potencia de 1 MW.

Tan sólo la cuarta parte de esos 2.700 TW de energía eólica están a nuestro alcance en los cien primeros metros de altura sobre la superficie terrestre. Teniendo en cuenta simplemente la superficie y las pérdidas de rendimiento inevitables, se dispondría como máximo de 40 TW si se construyeran instalaciones eólicas en todos los continentes. Ahora bien, aunque sólo se consiguiera un 10 por ciento, lo obtenido sería 4 TW, es decir una cifra superior a la del potencial de la energía hidráulica.





Foto Pavlovsky © Sygma, Paris

Arriba, la estación maremotriz del Rance, Francia. A la derecha, un nuevo generador eólico de turbinas en Block Island, Estado de Rhode Island, EUA. Sus paletas miden 38 metros de punta a punta y puede producir, con un viento de 29 km por hora, la electricidad necesaria para 50 hogares norteamericanos de tipo medio. Abajo, una bomba eólica para extraer agua instalada en el distrito de Geziran, Sudán.

Foto © NASA, Washington, D C



Foto Eric Schwab, Unesco



Foto P. Malnovski © APN, Moscú

La energía hidroeléctrica se genera haciendo pasar una corriente de agua a través de una turbina. La cantidad de electricidad generada varía de acuerdo con la masa y la velocidad del agua.

Los costos de la inversión en capital son elevados, pero los de funcionamiento y mantenimiento son más bajos, y la producción de las plantas hidroeléctricas, que tienen una vida útil de hasta 100 años, puede considerarse como a prueba de inflación.

El mundo tiene una capacidad potencial de generación de energía hidroeléctrica de 2,2 millones de megavatios, de los cuales sólo el 18 % ha sido aprovechado. Noruega, Canadá, Suecia, Brasil y Sri Lanka obtienen más de las tres cuartas partes de su energía total de las centrales hidroeléctricas.

Los problemas ambientales y sociales que se han planteado en el caso de algunos de los proyectos más importantes han empañado la brillante imagen que presentaba la generación hidroeléctrica. Con frecuencia se inundan buenas tierras agrícolas, se desplaza a los agricultores, se propagan enfermedades y el clima puede cambiar. El interés por los proyectos

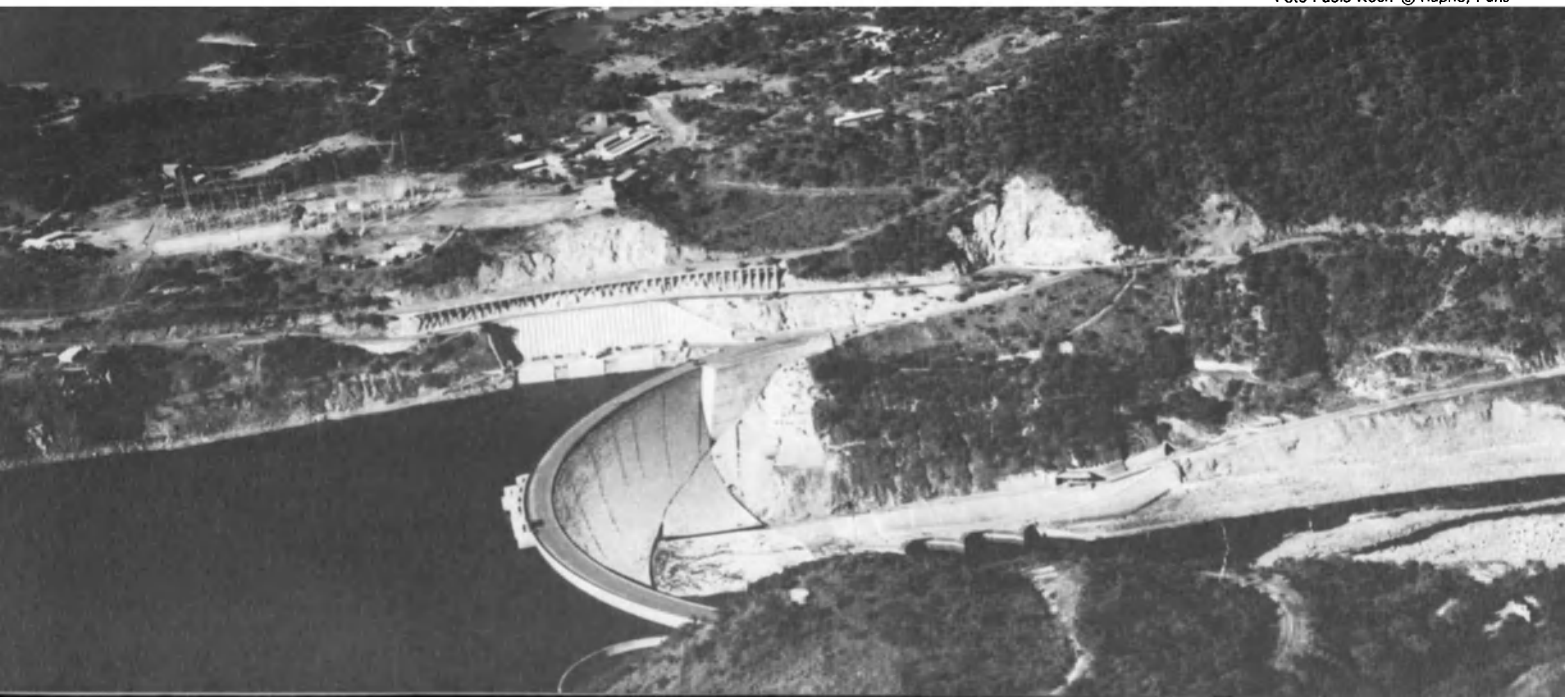
hidroeléctricos en pequeña escala (es decir, de menos de 10 MW) para países en desarrollo ha renacido recientemente. Los proyectos se pueden llevar a cabo en lugares que carezcan de una red de distribución de energía y sin una estructura de demanda de electricidad y pueden servir de polo para la industrialización en áreas rurales. China ha construido ya más de 90.000 pequeñas centrales hidroeléctricas, e incluso en países ricos como Francia y Suecia están en marcha miles de proyectos. En los países en desarrollo las unidades combinadas pueden proporcionar fuerza mecánica para la molienda durante el día y energía eléctrica para la iluminación y la cocina durante la noche. Se espera que los progresos tecnológicos y la normalización hagan bajar los costos actuales en un 20 o 30 %. Arriba, la central hidroeléctrica de Ust'-Ulim, en Siberia oriental. A la derecha, una pequeña central hidroeléctrica en el distrito de Yongan, China oriental. Abajo, la presa de Kariba en el río Zambeze, en la frontera entre Zambia y Zimbabue; su producción eléctrica anual es de 8 millones de kilovatios-hora.

Fuente . *Foro del desarrollo*, Naciones Unidas, 1981



Foto Li Kaiyuan © New China Pictures, Pekín

Foto Paolo Koch © Rapho, Paris



# Energía hidráulica

▶ **E**L volumen del agua existente en la tierra es de unas  $10^{18}$  toneladas. Sin embargo, tan sólo 1/2.000 de ese volumen interviene en el ciclo hidráulico anual, al evaporarse y caer más tarde en forma de lluvia o nieve. Pero aun esa pequeña parte representa un volumen de 500.000 km<sup>3</sup> de agua. De hecho, todos los años se evaporan de los océanos 430.000 km<sup>3</sup> y de los continentes 70.000. Cuando esa agua se precipita de nuevo en forma de lluvia, 390.000 km<sup>3</sup> caen sobre el mar y 110.000 sobre la tierra. Por consiguiente, todos los años fluyen hasta el mar desde la tierra 40.000 km<sup>3</sup> de agua. Como la altura media de los continentes es de 800 metros, es fácil deducir que la energía hidráulica potencial total del mundo equivale a 10 TW (es decir, aproximadamente el actual consumo mundial de energía).

Ahora bien, solamente se puede explotar una fracción —quizás el 15 por ciento— de aquella, por lo que queda un potencial total de 1,5 TW. En 1975 la producción anual total de energía hidráulica representaba aproximadamente el 11 por ciento de esta cifra.

Queda, pues, todavía un amplio margen, en particular en los países de África y Asia, cuyo potencial es el mayor pero el menos explotado de todos.

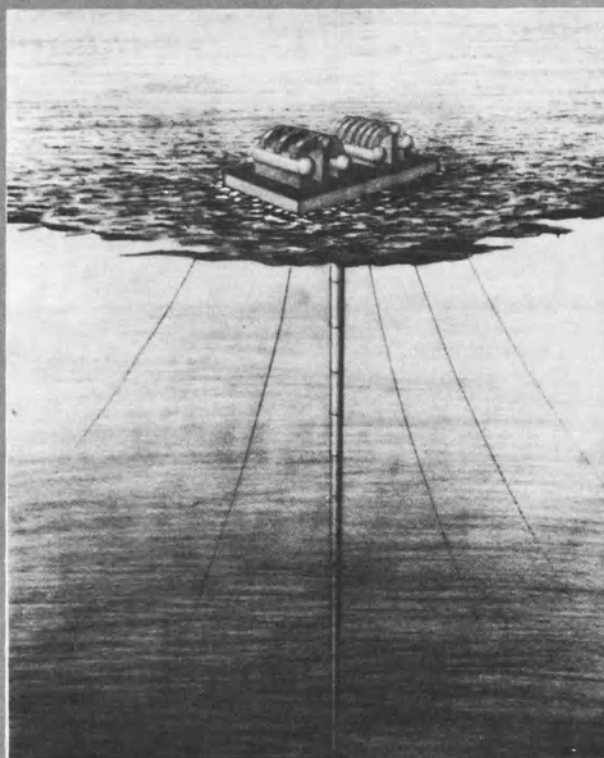
Hace cincuenta años, más o menos el 40 por ciento de la electricidad era de origen hidráulico. Hoy día, esta cifra ha quedado reducida al 23 por ciento, pero sigue siendo mucho mayor que la que corresponde a la energía nuclear. En ciertos países latinoamericanos la energía hidráulica satisface hasta el 80 por ciento de la demanda de electricidad.

Actualmente funcionan más de 70 centrales de más de 1.000 MW (algunas de ellas tienen una capacidad de hasta 10.000). Y son millones las que tienen unos pocos kilovatios de potencia. La energía hidráulica resulta muy útil porque aprovecha un recurso renovable, es muy rentable, produce directamente electricidad, y no calor, a partir de una forma de energía mecánica y puede obtenerse con centrales casi de cualquier tamaño.

# Energía térmica de los océanos

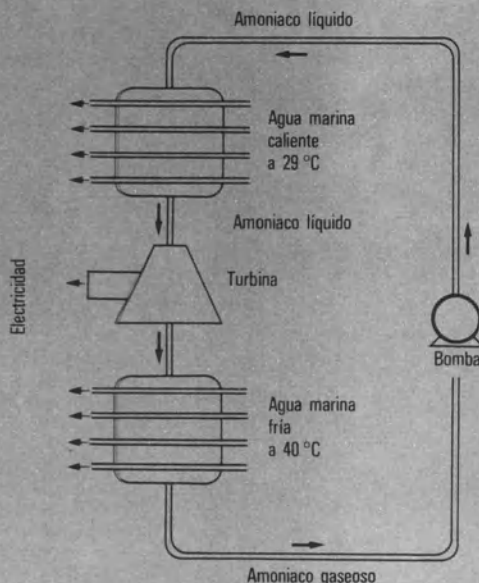
**E**N las corrientes oceánicas hay acumulados de 5 a 8 TW de energía. Los intentos de aprovechar esta energía mediante turbinas resultan todavía bastante futuristas. En cambio, la diferencia de temperatura entre el agua fría a unos pocos centenares de metros de profundidad y el agua caliente cercana a la superficie del océano constituye sin duda alguna una enorme fuente potencial de energía, calculada en 20.000-40.000 TW, de los cuales se podrían explotar en la práctica unos 4. El rendimiento de esta energía, que depende del funcionamiento de una turbina basada en pequeñas diferencias de temperatura, es muy escaso. No obstante, se están ensayando actualmente centrales de tamaño reducido, llamadas OTEC (sigla en inglés de "Conversión de la energía térmica de los océanos"), y está previsto el funcionamiento de un prototipo de 100 MW a partir de 1985.

SIGUE EN LA PAG : 29



Dibujo © CNEOX, Paris

Los océanos del mundo absorben casi el 70 por ciento de la energía solar que llega a la tierra. La Conversión de la Energía Térmica de los Océanos (u OTEC, según las siglas inglesas) es una forma de aprovechar esta enorme acumulación de energía utilizando la diferencia de temperatura entre la superficie calentada por el sol y las aguas frías de las profundidades marinas para accionar turbinas generadoras de electricidad. Actualmente se están experimentando dos tipos de sistema OTEC: el de "ciclo cerrado" y el de "ciclo abierto". En virtud del primero, se bombea amoníaco, que tiene una temperatura de ebullición muy baja, por un circuito cerrado. El amoníaco es calentado por el agua cálida del mar (parte superior del diagrama) transformándose en vapor. Este pasa a través de una turbina donde se expande, poniendo en movimiento un generador. Al salir más frío y a menor presión, penetra en un termopermutador donde se enfría aun más hasta convertirse nuevamente en líquido, con lo que el ciclo vuelve a comenzar. En un sistema OTEC de "ciclo abierto" se utiliza el agua marina como fluido de funcionamiento; su temperatura de ebullición se reduce haciéndola pasar por una cámara de vacío mantenida al 3,5 por ciento de la presión atmosférica normal. Arriba, dibujo de una central oceánica flotante de "ciclo abierto" que actualmente estudia el Centro Nacional Francés para el Aprovechamiento de los Océanos (CNEOX).



Dibujo © R. Meyer, OTEC, Chicago

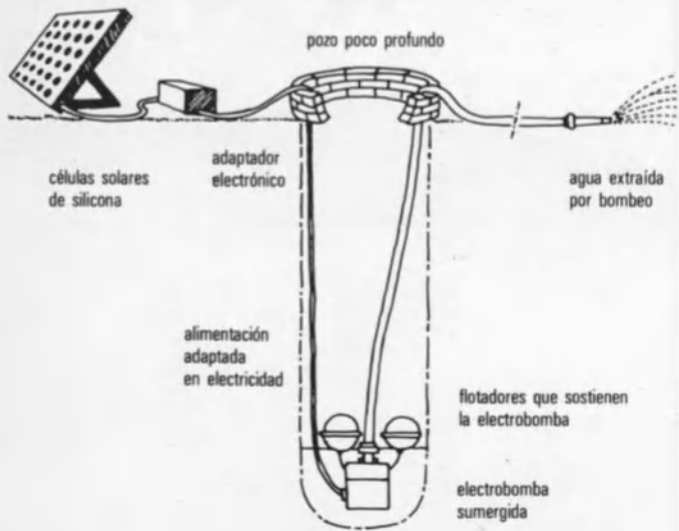


Diagrama tomado de *Foro del desarrollo*, Naciones Unidas

Los debates sobre el aprovechamiento de la energía solar tienden a girar fundamentalmente en torno a los problemas tecnológicos y económicos que entraña, mas si se quiere que esta nueva fuente de energía sea utilizada ampliamente y con éxito es preciso educar al público a fin de que comprenda cómo funciona y acepte su introducción. Abajo: en una escuela de Tiverton (Inglaterra), dotada de instalaciones solares para la calefacción del edificio y la obtención de agua caliente, así como de un sistema de recuperación del calor y de reutilización del agua de la lluvia accionado por una bomba de viento (aeromotor), las instalaciones están al descubierto y pintadas de diferentes colores para que los alumnos puedan ver el funcionamiento del sistema y controlar la cantidad de energía que se utiliza. Arriba, diagrama del funcionamiento de una sencilla bomba de agua que funciona con células fotovoltaicas. Arriba a la derecha, inspección de paneles solares fotovoltaicos destinados a las comunidades rurales de México. A la derecha, una central térmica solar de Senegal.

Foto © Devon County Council Photographic Unit, Reino Unido



Foto © Christian Schiaepfer, P. + D. México, México



Foto © Perspectivas de la Unesco

El sol es un objeto hidrodinámico peculiar, de 1.392.000 kilómetros de diámetro, que se formó a partir de una nube de gas compuesta principalmente de hidrógeno. Su centro es extremadamente caliente, con temperaturas suficientemente elevadas para permitir la fusión del hidrógeno en helio. Esta fusión que se produce en el centro solar emite energía en forma de una radiación electromagnética de alta frecuencia que se transmite lentamente a la superficie mediante una sucesión de procesos radiactivos. La radiación que finalmente llega a la tierra proviene de una estrecha región de la superficie solar, bastante opaca a la luz visible, llamada fotosfera. La producción de energía del sol requiere la combustión o conversión de masa en energía al ritmo de  $4,2 \times 10^6$  toneladas por segundo. Considerando que

Fuente : *Solar Energy for Educational Buildings*, por C. Stambolis en colaboración con Peter Vastardis, 1981. Estudio auspiciado por la Unesco y el Unicef, Heliotechnic Press, Londres

la masa total del sol es de  $22 \times 10^{26}$  toneladas, se puede calcular fácilmente que el astro continuará irradiando energía durante... ¡dos billones de años más! La radiación electromagnética emitida por la fotosfera atraviesa el espacio a la velocidad de la luz (300.000 km por segundo) en forma de rayos divergentes. La tierra, que se encuentra a 150 millones de kilómetros de distancia del sol, intercepta aproximadamente sólo la 2.200.000.000ª parte de su radiación. La cantidad de energía solar que llega a la superficie de la tierra en un año es más de 50 veces mayor que las estimaciones actuales de toda la energía disponible proveniente de las reservas conocidas de combustibles fósiles y 35.000 veces mayor que el consumo mundial de energía por año.

# Energía solar

LA energía solar media que llega a la atmósfera terrestre es ingente: unos 1,353 KW/m<sup>2</sup>, o sea, 178.000 TW. La que llega a la superficie de nuestro planeta es bastante menor, y la que puede recuperarse más pequeña todavía. Así pues, el mejor modo de determinar el potencial mundial consiste en tomar únicamente en consideración la energía solar que incide en las tierras no ocupadas ni cultivadas. El valor anual medio de esa energía es de unos 10.000 TW, esto es, unas mil veces más que el consumo actual de energía en todo el mundo.

El valor máximo de la insolación es aproximadamente de 1 KW/m<sup>2</sup>, y además solamente durante una hora o dos, a mediodía, en pleno verano. En casi todas partes la insolación media es de unos 200 W/m<sup>2</sup>. África y Asia son los continentes que reúnen las mejores condiciones para la captación de la energía solar.

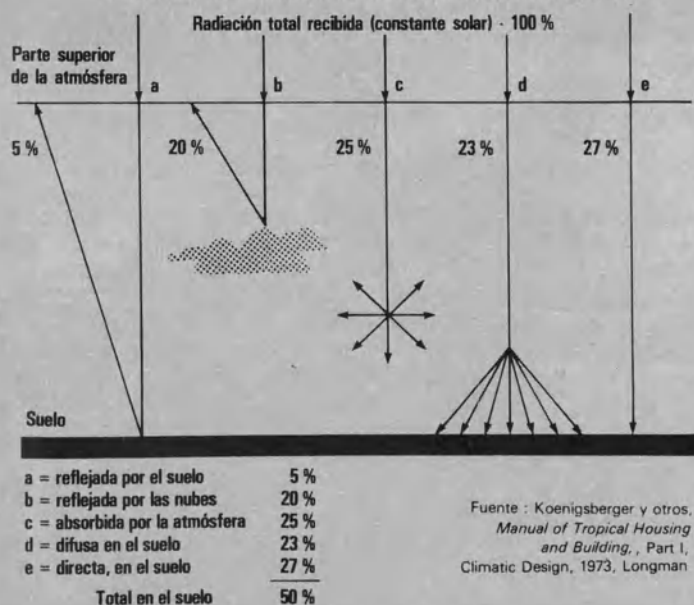
Aunque es muy difusa, la energía solar resulta muy útil porque es posible utilizarla en una forma muy poco onerosa para múltiples finalidades. La más conocida es la calefacción solar doméstica; en Israel una familia de cada cinco tiene un captador solar instalado en el techo de su casa. La energía solar puede emplearse también para secar las cosechas y con fines de climatización, calefacción, bombeo de agua, desalamiento y producción de temperatura muy altas y de electricidad. La máxima temperatura obtenida hasta la fecha es de unos 4.000° Kelvin en un horno solar de los Pirineos franceses cuyos espejos reflejan la energía del sol en una gran superficie y la concentran en el horno.

El método más prometedor consiste en la obtención de electricidad a partir de la luz del sol. Para ello, se montan espejos que concentran la energía solar en una caldera cuyo vapor sirve para mover una turbina. Son múltiples los intentos en pequeña escala para crear centrales solares que produzcan de ese modo energía eléctrica con una potencia de unos cuantos kilovatios. Existen, además, unos diez o doce proyectos de construcción de centrales de energía solar con una potencia de varios megavatios, utilizando una técnica básicamente análoga. Para una central solar de 10 KW se necesitarán unos 2.000 reflectores, de 25 m<sup>2</sup> cada uno.

La alternativa consiste en emplear células fotovoltaicas que convierten directamente la energía solar en electricidad, con un rendimiento de un 10 a un 15 por ciento. Se han instalado ya centrales de poca potencia, de unos 250 a 1.000 KW, pero resultan onerosas porque las células son muy caras: hasta 10 dólares por vatio instalado. Pero cabe esperar que, con la producción en grandes cantidades y tras nuevas investigaciones y estudios, su coste se reduzca a menos de 0,5 dólares por vatio, con lo que sería posible electrificar pueblos o aldeas aislados mediante esas unidades fotovoltaicas.

SIGUE EN LA PAG. 31

## Paso de la radiación a través de la atmósfera



## Un Centro Solar Regional en Bamako, Malí

HACIA 1985 se producirá una reducción drástica del precio de las células fotovoltaicas (que transforman directamente la luz solar en electricidad) comparable a la que experimentaron los aparatos de transistores en los años 60. A tal previsión llega un "Estudio de viabilidad" realizado recientemente por la Unesco para el Centro Solar Regional que va a crearse en Bamako, Malí.

La decisión de fundar dicho centro fue adoptada en octubre de 1978 en una reunión de los jefes de Estado de los seis países que integran la Comunidad Económica de África Occidental (CEAO): Alto Volta, Costa de Marfil, Malí, Mauritania, Níger y Senegal. Quedó así demostrada la determinación con que los países del Sahel cuentan para resolver sus problemas en materia de energía y avanzar hacia una mayor independencia tecnológica.

La finalidad del estudio de la Unesco es proporcionar las orientaciones necesarias para la organización, la financiación y la elaboración del plan de trabajo del centro, concebido como un gran organismo piloto de investigaciones y de formación científicas y de producción de equipo para la utilización de la energía solar. El estudio analiza detenidamente la situación y las necesidades de los seis países de la CEAO en materia de energía, ya provenga de las fuentes tradicionales, ya de las nuevas y renovables.

Entre estas últimas, la hidroelectricidad ha demostrado ser la menos costosa; de ahí que deba ser preferida a la producción local de energía siempre que el consumo sea elevado y que las distancias pequeñas justifiquen la instalación de transformadores y de líneas conductoras. En cambio, cuando el consumo es limitado y las distancias demasiado grandes para justificar el coste de instalación de las líneas, las centrales locales de energía solar o eólica constituyen la mejor solución.

El estudio de la Unesco demuestra que el funcionamiento de las pequeñas centrales eléctricas (de hasta 100 KW) con motores diesel es más costoso que el de las de energía solar o de energía eólica.

Basándose en los precios registrados en mayo de 1979, la Unesco ha calculado que para el riego en las zonas áridas las bombas solares con una capacidad de hasta 30 KW son más baratas, en términos de metro cúbico de agua bombeada, que las bombas que funcionan con motores diesel. Desde esa fecha el precio del petróleo prácticamente se ha duplicado, mientras que el de las células fotovoltaicas ha disminuido rápidamente, y hoy día el sistema de bombas solares, de una capacidad de hasta 50 KW, es probablemente más barato por metro cúbico de agua. Una instalación de estas proporciones puede satisfacer las necesidades de riego de 50 a 100 hectáreas de terreno.

Sin embargo, el costo de producción no es el único criterio para la elección de uno u otro tipo de energía. En efecto, han de tenerse también en cuenta otros factores tales como la seguridad y duración del equipo elegido, la facilidad con que se puede incrementar o reducir su capacidad, el personal calificado que se necesita para producirlo, manejarlo y mantenerlo, la posibilidad de producir total o parcialmente el equipo en el país usuario, etc. Y es precisamente en respuesta a todos estos problemas como las instalaciones solares fotovoltaicas ofrecen netas ventajas sobre otros sistemas, como los que funcionan con motores diesel, termodinámica solar o energía eólica.

Las centrales solares fotovoltaicas no requieren prácticamente de mantenimiento, de repuestos ni de supervisión por parte de un personal calificado. Puede incrementarse fácilmente su capacidad aumentando el número de paneles de células. Funcionan "por sí solas" y basta un simple control mensual de sus instalaciones. Además, pueden fabricarse parcialmente en los países en desarrollo, que importarían solamente las células, y se prevé que en el futuro inmediato incluso éstas se produzcan en los países usuarios.

Algunos países industrializados despliegan actualmente grandes esfuerzos para elaborar técnicas nuevas y sencillas con vistas a la producción de esas células. Se prevé que el precio del módulo celular, que en febrero de 1979 era de 13 dólares, disminuirá hacia 1985 a unos 50 centavos de dólar y a 15 en 1988. Es indudable que semejante reducción del precio inducirá más aun a los países en desarrollo a optar por la energía solar fotovoltaica.

Aunque el "Estudio de viabilidad" de la Unesco se basa en las condiciones de los países de la Comunidad Económica de África Occidental, sus conclusiones generales son válidas para todos los países en desarrollo del cinturón solar de la Tierra. Es de esperar que las orientaciones técnicas fundamentales y las prioridades propuestas por el estudio sean adoptadas y que su aplicación en gran escala constituya un paso importante hacia la elaboración de una nueva estrategia en materia de energía. □

# Las rémoras culturales

**D**ESDE que se inició la crisis de la energía la discusión ha tendido a centrarse en los problemas técnicos y financieros que habrá que resolver para poder superarla. Pero la introducción de las nuevas fuentes de energía no plantea sólo problemas técnicos y financieros; hay otros muchos obstáculos de carácter no técnico que se oponen a la adopción de un nuevo sistema energético.

Para estudiar estos problemas, veinticinco especialistas de todo el mundo se reunieron en un Seminario internacional sobre los obstáculos de carácter no técnico que se oponen al uso de las nuevas energías en los países en desarrollo, seminario patrocinado por la Unesco y por nueve organizaciones especializadas en cuestiones de energía y que se celebró en Bellagio, Italia, del 25 al 29 de mayo pasado.

Uno de los puntos principales examinados por los participantes fue el problema de las consecuencias sociales y culturales de la introducción de nuevas fuentes de energía en los países en desarrollo y el tiempo que se necesita para preparar los cambios sociales e institucionales y hacerlos aceptables para las sociedades concernidas.

En su declaración final los expertos señalan que no se tiene una clara idea de los efectos sociales y culturales de la modificación del complejo energético a causa de la introducción de nuevas fuentes de energía. En los países menos desarrollados son muchos los obstáculos de orden social y cultural que están estrechamente ligados a los problemas de la pobreza. En los programas de desarrollo (plantaciones de bosques, utilización de combustibles alternativos para la cocina como el biogás) debe tenerse especial cuidado en evitar los malentendidos y los efectos negativos entre la población.

Es importante distinguir entre los distintos grupos de la sociedad de modo que las técnicas y los mecanismos institucionales puedan adaptarse a las necesidades de la gente que va a utilizarlos (hombres, mujeres, campesinos, habitantes de las ciudades, pobres, terratenientes...). El marco institucional para la aplicación de las nuevas fuentes de energía en los países en vías de desarrollo suele más bien favorecer al sector urbano y comercial, cuando en realidad las necesidades principales se sitúan quizá en el sector rural y tradicional.

Las actitudes culturales favorables a los productos o instalaciones que consumen mucha energía (por ejemplo, los automóviles de gran potencia y los edificios climatizados) obstaculizan también la adopción de las nuevas técnicas. Tanto en los países desarrollados como en los en vías de desarrollo, se necesitan otros modos de vida que consuman menos energía.

De todos modos, los valores culturales y sociales no deben verse sólo como obstáculos, sino que se los debe tomar como punto de partida en la búsqueda de otros sistemas que permitan acabar con el monopolio casi excluyente de los actuales combustibles comerciales.

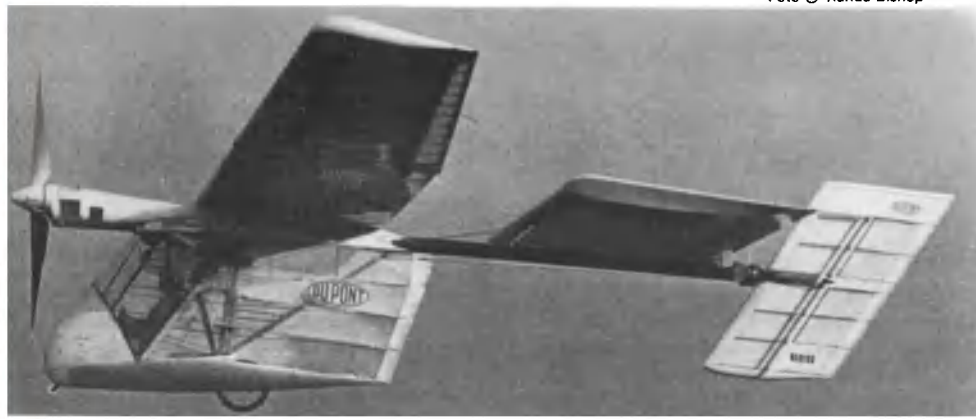


Foto © Randa Bishop

Arriba, el *Solar Challenger* (Retador del Sol), primer avión accionado mediante la energía solar. El pequeño aparato de material plástico, pilotado por Stephen Ptacek (nombre que en checo significa "pajarillo"), cruzó el canal de la Mancha el día 7 de este mes de julio, recorriendo en cinco horas y media una distancia de 290 km. El aparato, diseñado y construido en California, tiene más de 16.000 células solares que captan los rayos del sol y los transforman en energía eléctrica que hace girar la hélice. El dibujo de la izquierda representa una audaz concepción de una central eléctrica solar satélite. La estación se mantendría en órbita a 36.000 km de la tierra, donde la energía solar puede aprovecharse prácticamente 24 horas al día. El colector transformaría la energía del sol en electricidad que transmitiría a una antena de ondas ultracortas. Esta antena enviaría un rayo de microondas a una gran antena receptora en la tierra, donde la energía de esas ondas volvería a convertirse en electricidad. Abajo, impresión de periódicos en una prensa accionada por el sol, experimento llevado a cabo en el Jardín de las Tullerías de París, ya en 1882. El aparato que aparece en el centro del grabado, que produce vapor para hacer funcionar la prensa, es en realidad un precursor de las actuales calderas solares.

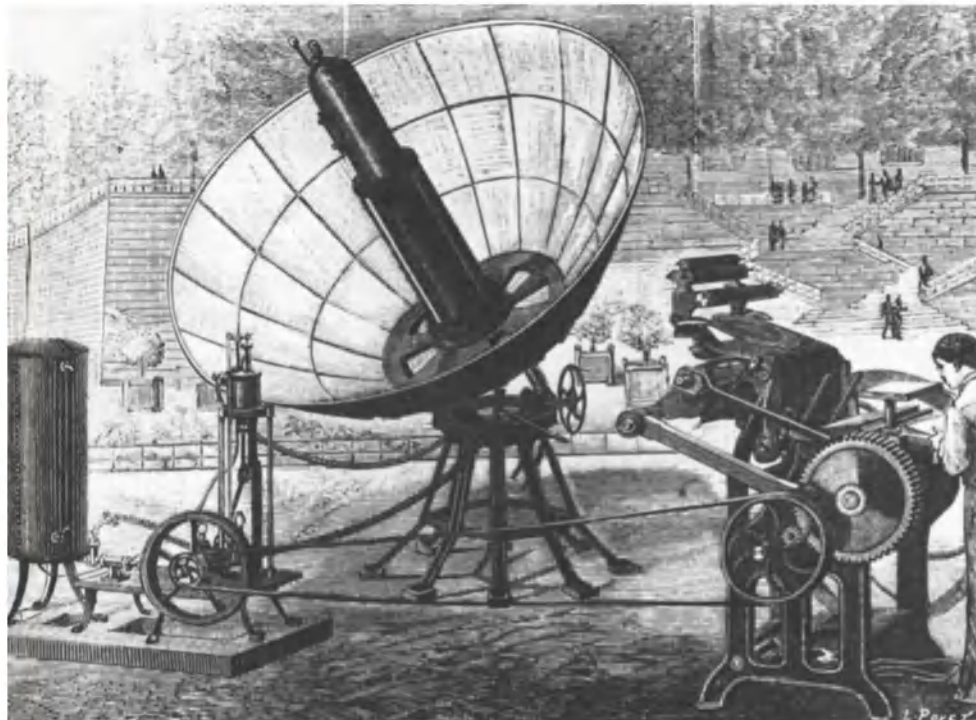
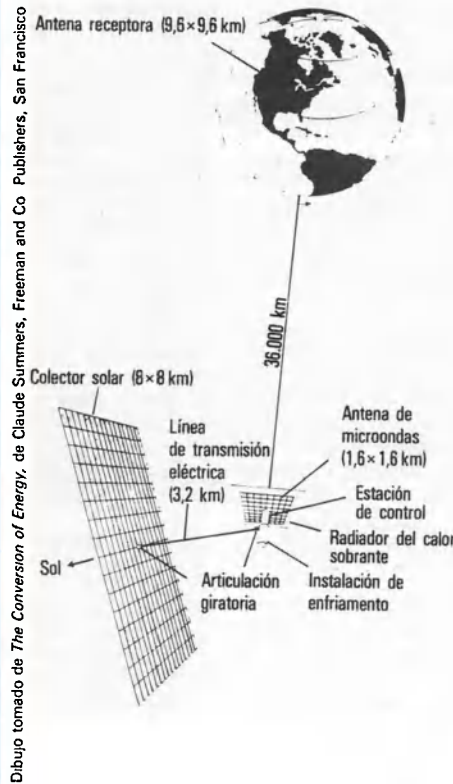
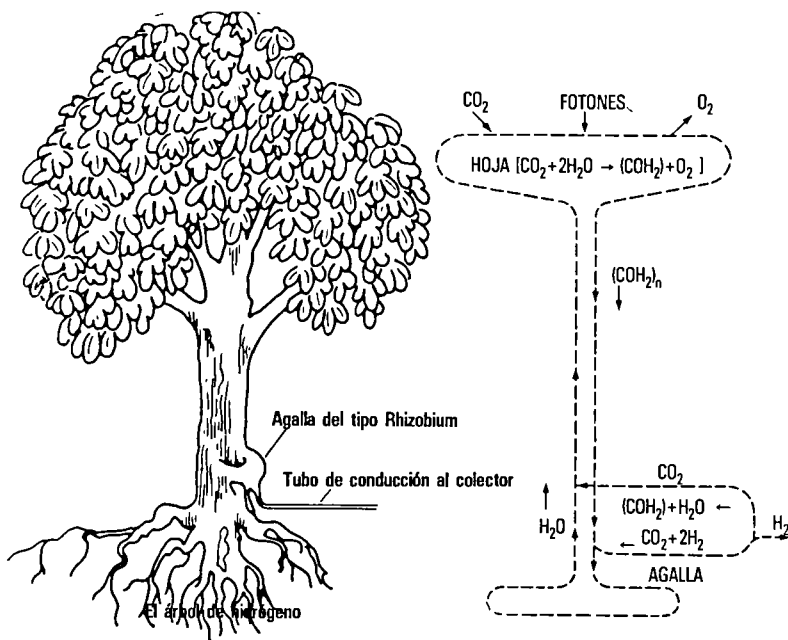


Foto © Museo de Técnicas CNAM, París



Dibujó tomado de Energy in a Finite World IIASA, Laxenburg

## Combustibles solares

Las plantas aprovechan la energía solar gracias a la fotosíntesis, que produce hidratos de carbono a partir del bióxido carbónico existente en el aire y de la luz del sol. Por ello, se puede considerar que todos los combustibles fósiles —el carbón, el petróleo, el gas natural y los lignitos—, al igual por lo demás que los productos agrícolas e incluso el estiércol, son otros tantos tipos de combustibles solares. Más del 95 por ciento de nuestro consumo actual de energía procede de este tipo de combustibles.

Mas o menos el 90 por ciento de la energía almacenada en las plantas de nuestro planeta corresponde a los árboles. La energía total almacenada es de unos 635 TW/año, esto es, aproximadamente la misma cantidad que la que representan nuestras reservas de carbón. Ahora bien, a diferencia del carbón, esa energía se renueva todos los años a un ritmo muy rápido. El rendimiento de la biomasa mundial es de unos 28.675 TW —el triple que el consumo actual de energía en todo el mundo— y la mitad se debe a los bosques. También las plantas microscópicas de los océanos fijan la energía solar, produciendo unos 14,35 TW. Estas cifras son bastante moderadas y suponen un rendimiento fotosintético de un 0,2 por ciento en tierra y de un 0,02 por ciento en el mar. En realidad, la fotosíntesis suele tener un rendimiento mayor.

La modalidad más conocida de explotación de los combustibles solares es la combustión de leña para la cocina y la calefacción. De este modo se producen en el mundo uno o dos TW, principalmente en África y en Asia, donde la leña proporciona a veces el 80 por ciento de la energía necesaria. Pero a consecuencia de ello los bosques se están agotando más de prisa de lo que crecen.

También es muy corriente quemar estiércol seco como combustible, pero ello supone quitarle a la tierra un abono muy valioso. Mucho más eficaz es la fermentación anaeróbica del estiércol, en un digestor, para producir gas metano. En la India y en China se emplean habitualmente digestores pequeños, aunque su fabricación resulta relativamente onerosa. En teoría, el estiércol de una vaca proporciona metano suficiente par cocinar los alimentos de una persona.

Otra técnica similar es la de la fermentación de la biomasa para producir un alcohol que es un buen combustible líquido. En este campo va en cabeza el Brasil, que aspira en último término a sustituir toda la gasolina por alcohol fermentado de caña de azúcar y de otros cultivos dedicados especialmente a esta finalidad. Ahora bien, incluso en condiciones óptimas hace falta 1 km<sup>2</sup> de tierra plantada de caña de azúcar para obtener el combustible que necesitan 100 automóviles. Aunque otros muchos países están estudiando la posibilidad de sustituir la gasolina por alcohol —entre ellos varios países industrializados—, la competencia con el sector agroalimentario para hacerse con las tierras disponibles será inevitablemente muy encanada.

Z. Zaric

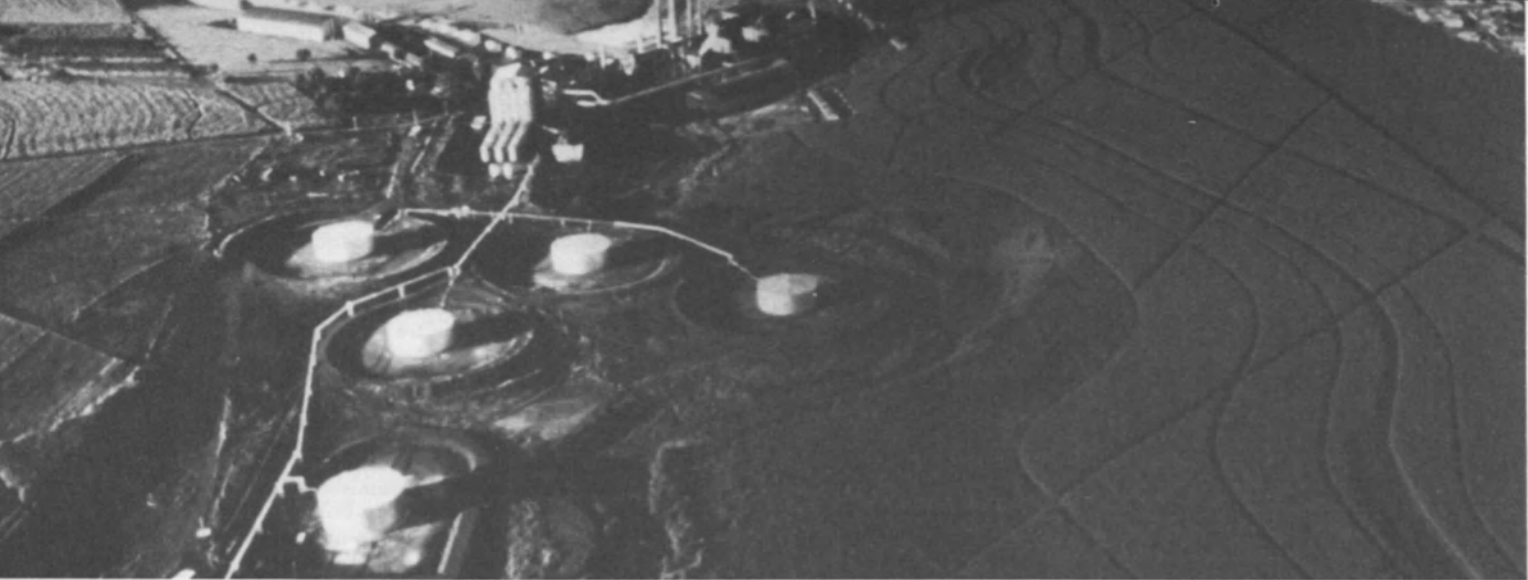
De la biotecnología, vasto conjunto de sistemas que tienen como base los procesos de transformación de la energía fotosintética y biológica, puede derivarse una técnica enteramente nueva de utilización de la energía solar. Las plantas "saben" desde siempre cómo emplear la energía del sol para separar el agua en sus elementos componentes, pero no producen propiamente hidrógeno puesto que sólo lo necesitan para los procesos energéticos internos que tienen lugar dentro de la propia planta como un medio para reducir el bióxido de carbono. Cesare Marchetti, del IIASA, de Laxenburg, Austria, ha desarrollado la idea de árboles productores de hidrógeno. Se trata esencialmente de reemplazar los costosos colectores y células solares con hojas de árboles. Las excrecias, llamadas agallas, del tronco del árbol podrían ser programadas genéticamente a fin de utilizar la energía solar captada en las hojas para generar gas hidrógeno como un derivado de la fotosíntesis. El gas se acumularía en las agallas y sería conducido por una tubería a un sistema central de almacenamiento. Los elementos esenciales de este procedimiento existen ya en la naturaleza. Numerosos insectos y bacterias provocan la formación de agallas en diferentes tipos de plantas. Esas variadas agallas, proporcionan el abrigo o las substancias nutrientes que necesita el organismo que las ha producido. Hay por lo menos un caso, el de la bacteria Rhizobium en simbiosis con plantas leguminosas, en que se produce hidrógeno en las agallas. De los progresos que se consigan en las técnicas de la Ingeniería genética dependerá que se aproveche un día ese potencial de modo que las plantas puedan ser fácilmente integradas a un sistema de acopio de hidrógeno. A la izquierda, una representación gráfica muy esquemática del proceso químico de un "árbol de hidrógeno". La agalla actúa invirtiendo el proceso de fotosíntesis y produce y acumula hidrógeno (o metano) en una cavidad de la que puede ser extraído mediante un tubo colector.



Foto © M. Pignata-Monti, París

Más de una tercera parte de la población mundial utiliza la leña para la cocina y la calefacción. El 86 por ciento de toda la madera que se consume anualmente en los países en desarrollo se utiliza como combustible, la mitad de ella en la cocina. En casi todas partes está aumentando el empleo del carbón vegetal como combustible. Por ejemplo, en Tanzania representaba en 1970 el 3 por ciento de toda la leña quemada, cifra que se elevará hasta el 25 por ciento en el año 2000. En principio ello supone una pérdida importante, ya que al preparar el carbón se quema inútilmente más de la mitad de la energía de la madera. Pero con el carbón ésta es más fácil y más barata de transportar; que el uso de aquel sea cada vez más frecuente se debe justamente a la creciente distancia entre el usuario y el lugar donde se obtiene la leña. Además, se prefiere el carbón porque da un calor más constante y concentrado, no produce humo y puede apagarse fácilmente cuando ya no se necesita el fuego. Por otro lado, el carbón vegetal puede sustituir a los combustibles fósiles, lo que en ciertos sitios resulta de gran utilidad. En todo caso, parece evidente que en el futuro se utilizará cada vez más el carbón vegetal para usos culinarios. Arriba, hornos para la fabricación de carbón vegetal en Argentina.

Fuente: Energy in a finite world, IIASA, Laxenburg, Austria



Fuentes : Foro del desarrollo, Naciones Unidas, 1981, y Finance and Development, 1980

Foto Jonathan Blair © Woodfin Camp, Nueva York

El proceso más popular, aun cuando no necesariamente el más económico, de conversión de la biomasa es sin duda alguna la producción de alcohol etílico (etanol  $C_2H_5OH$ ) a partir de la caña de azúcar y del maíz. El mayor productor mundial es Brasil, que obtiene 3.200 millones de litros de alcohol por año tratando la caña de azúcar, el sorgo y la mandioca. El alcohol puede mezclarse con el petróleo en una proporción del 20 % sin necesidad de adaptar los motores de los automóviles. Sin embargo, en caso de necesidad, éstos pueden funcionar con alcohol puro después de hacerles una serie de ajustes.

El costo del alcohol en Brasil es superior al de la mayor parte de la gasolina vendida en Europa en 1980, pero los beneficios indirectos se consideran muy valiosos para Brasil (ahorro de divisas, creación de nuevos empleos, fomento de la tecnología y la industria nacionales...).

Estados Unidos está igualmente muy interesado en estimular la producción de etanol. El país ha establecido una meta de unos 3.477 millones de litros de alcohol al año para ser utilizado como combustible en 1982. La mayoría de las destilerías emplean maíz como materia prima. Otros países interesados en la bioconversión para obtener etanol son Australia y Nueva Zelanda.

Algunos economistas se muestran preocupados por el uso de productos alimenticios para transformarlos en combustible con destino a los motores. Opinan que ello proporcionaría transporte a los ricos y hambre a los pobres, al dedicarse a la producción de combustible una tierra hoy destinada a la producción agrícola.

Hay varios casos en que la producción de combustible a partir de la biomasa resulta económica. Los países en desarrollo con un excedente de producción agrícola pero con déficit de energía, como Brasil, Sudán y Tailandia, tienen toda clase de razones para poner en marcha amplios programas de producción de combustible de esta especie con el fin de reducir su dependencia respecto de la energía importada. Sin embargo, muchos de los países en desarrollo, como Bangladesh y Paquistán, son importadores tanto de productos agrícolas como de energía. En la mayoría de ellos la producción de etanol sólo resultará interesante si se basa en productos de la biomasa excedentarios y baratos como la melaza y los residuos de las cosechas (o la caña de azúcar cuando existan excedentes mundiales de azúcar). En los países con excedente de energía, como México, Nigeria y Venezuela, no hay razón para que se emprendan programas de producción de energía a partir de la biomasa.

## Gasolina vegetal en el Brasil

por Benedicto Silva

**H**OY día, cuando el planeta entero se encuentra amenazado por la extinción del petróleo como fuente de energía, existe un país —el Brasil— que parece hallarse en condiciones de ser el primero en entrar, mas o menos hacia el año 2000, en la era postpetrolera, sin abandonar su red de carreteras ni disminuir la fabricación y utilización de sus vehículos automotores. En efecto, gracias a la producción de una materia orgánica vegetal y a su transformación en etanol el Brasil parece reunir los requisitos necesarios para sustituir por alcohol, a partir del presente año de 1981, por lo menos la quinta parte de los hidrocarburos que necesita. Y esta transición deberá seguir en aumento hasta que el país sea autosuficiente en materia de combustible renovable e ininterrumpidamente producido.

Se ha demostrado, teórica y experimentalmente, que el alcohol carburante, pese a su tenor calórico más bajo que el de la gasolina, puede competir con ésta de igual a igual: desde el punto de vista puramente energético, el etanol y la gasolina son equivalentes. Utilizado en motores especialmente concebidos para su consumo, el alcohol genera un 18 por ciento más de energía por litro que la gasolina; en cambio, su consumo como combustible para vehículos ordinarios es mayor que el de la gasolina en un 15 o 20 por ciento.

Sin embargo, un motor especialmente fabricado para funcionar con alcohol puede

regularse de modo tal que permita la quema exhaustiva del combustible. Esto da al etanol una pequeña superioridad sobre la gasolina en el cálculo de kilometraje por litro, a más de la extraordinaria ventaja que supone la reducción en cerca del 50 por ciento de los contaminantes emitidos.

Las materias primas que el Brasil necesita para la producción de etanol en gran escala son la caña de azúcar, la mandioca y otras similares. En lo que atañe a la productividad, la caña de azúcar es superior a la mandioca por su mayor tenor fotosintético, o sea que produce mayor cantidad de energía por hectárea de cultivo. Sin embargo, dado que se trata de un cultivo estacional, su ciclo de producción es de menos de seis meses por año, es decir exactamente el mismo que el de los ingenios azucareros.

La ventaja de la mandioca radica en que asegura el funcionamiento continuo de las destilerías, de donde se deduce la conveniencia de recurrir a ambas plantas a fin de garantizar el autoabastecimiento ininterrumpido de combustible.

Se ha calculado que basta apenas el dos por ciento de sus tierras cultivables para asegurar al Brasil la conquista de la cómoda situación de ser el primer país del mundo autosuficiente en materia de combustible indefinidamente renovable.

Por otro lado, las perspectivas de trabajo para poner en marcha semejante programa

serán probablemente lo suficientemente amplias como para absorber toda la mano de obra disponible en el país. A más de ello, la plantación, el cultivo, la recolección, el transporte, la molienda y la fermentación de la caña de azúcar y de la mandioca son tareas cuyo desempeño no requiere más que una formación elemental. La preparación de la mano de obra necesaria no exigirá pues onerosas ni prolongadas campañas de formación del personal.

En lo que atañe a los costes de transporte —construcción y funcionamiento de una red de distribución del etanol—, serán menos elevados que los de la gasolina: el nuevo combustible puede producirse prácticamente en todos los Estados del Brasil, a diferencia del petróleo que sólo puede ser extraído en los lugares donde se encuentra.

Finalmente se espera que el programa del alcohol generará en los próximos años de 250.000 a un millón de nuevos empleos, particularmente en el sector de la agricultura. Y es natural que la creación de nuevas fuentes de trabajo en las zonas rurales contribuya, a su vez, a reducir el éxodo hacia las ciudades, que constituye ya uno de los problemas capitales de las zonas urbanas del país.

**BENEDICTO SILVA**, brasileño, director del Instituto de Documentación de la Fundación Getulio Vargas, es director de la edición en portugués de El Correo de la Unesco.





# INDIA: visicitudes del biogás doméstico

*La viabilidad técnica  
y las tradiciones culturales*

por Tushar Kanti Mulik

**P**ARA hacer frente a las consecuencias inflacionistas del precio cada vez mayor del petróleo importado, el gobierno de la India emprendió hace varios años una campaña general encaminada a promover la utilización del biogás producido en plantas gasificadoras domésticas. Se ofrecieron entonces diversos incentivos, tales como subsidios y créditos con bajo interés, a los jefes de familia dispuestos a invertirlos en unidades de producción con un rendimiento de dos a tres metros cúbicos de gas por día. Sin embargo, los resultados de la campaña han sido muy inferiores a las metas fijadas por el gobierno: sólo se instalaron de cinco a seis mil plantas por año y, lo que es peor, se considera que del 50 al 70 por ciento de las 70.000 instalaciones gasificadoras de la India están actualmente fuera de uso.

Cabe preguntarse cuáles son las razones de esas deficiencias; después de todo, se supone que la tecnología de esas plantas es suficientemente sencilla como para permitir que los artesanos de las aldeas las construyan y manejen eficazmente.

Una evaluación del programa de producción de biogás ha demostrado claramente que su realización se ha visto obstaculizada por diversos factores relacionados con:

1) la estructura económica y social predominante; 2) las prácticas y valores culturales, 3) la información y el conocimiento acerca de los aspectos técnicos de la digestión anaeróbica, y 4) la disponibilidad de mano de obra calificada.

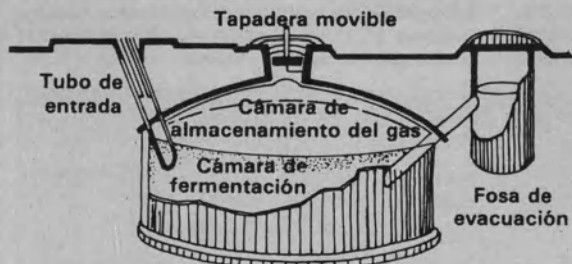
Las pequeñas plantas domésticas de biogás de la India requieren de tres a cuatro cabezas de ganado vacuno para la producción del estiércol necesario. Una planta a cuyas dimensiones baste un número menor de animales no es económicamente rentable. A esta exigencia de orden tecnológico se agrega el hecho de que el costo de cada planta —unas 5.000 rupias— resulta prohibitivo.

Las familias indias que reúnen estos requisitos de disponibilidad de fondos y de ganado no suman más del 10 al 15 por ciento de la población rural. Las exigencias tecnológicas excluyen, pues, de la utilización de las plantas gasificadoras domésticas a una

considerable proporción de la población india, comprendidos los agricultores pequeños y marginales y los campesinos sin tierra.

Estrechamente relacionadas con esta cuestión básica se encuentran las limitaciones en materia de terrenos. Una planta apta para producir tres metros cúbicos de gas por día ocupa una superficie de 27 metros cuadrados (incluidos en ella tanto las instalaciones como el foso de estiércol). Por otra parte, conviene que la planta se encuentre en un radio de seis metros de la cocina a fin de que el suministro de gas para la preparación de las comidas sea eficiente. Pero en muchas aldeas de la India las viviendas se hallan tan cerca unas de otras en una red de callejones estrechos que resulta raro encontrar un aldeano que posea y pueda destinar cerca de su casa el mínimo de tierra necesario para instalar una planta gasificadora.

La escasez de agua constituye otro obstáculo igualmente grave en muchas aldeas. Para que una planta de biogás pueda funcionar de manera uniforme se mezcla el es-



En la foto de arriba, una mujer india cocina con biogás. A la derecha, una cuba india de digestión para la producción de biogás. Debe añadirse agua para el buen funcionamiento de la instalación, lo que puede representar una rémora seria allí donde el agua escasea. Con unos cinco millones de digestores de biogás instalados, China ocupa el primer puesto en la materia entre los países del mundo. Arriba, corte transversal de un digestor chino de biogás.



tiércol de vaca con agua en una proporción de 4:5 y la suspensión acuosa resultante alimenta la cuba de digestión. Cuando escasea el agua, el trabajo de transportarla desde un pozo u otra fuente distante se suma a una tarea ya de por sí ardua.

Finalmente, uno de los factores económicos más importantes que han impedido la instalación generalizada de las plantas de biogás es la manera como los aldeanos perciben la diferencia entre su coste de producción y el de los combustibles de que disponen para la cocina y la calefacción, particularmente leña, estiércol y desechos agrícolas.

"¿Por qué crearnos problemas con una planta gasificadora cuando en torno a la aldea podemos obtener leña como combustible?", preguntaba un agricultor de Rajastán. Cuando se le recordó que los arbustos que les proporcionaban la leña podrían desaparecer dentro de poco, respondió: "Eso no ha sucedido hasta ahora. Durante siglos hemos obtenido de ellos nuestra leña. ¿Por qué habrían de desaparecer ahora?"

Otro factor que debe tenerse en cuenta: los beneficios de una planta productora de gas para cocinar y de abono suelen considerarse como algo abstracto o intangible puesto que no produce un ingreso monetario directo. Y los ingresos en dinero son la motivación principal de una gran parte de la población rural su ausencia anula cualquier otro incentivo inmediato para la instalación de la planta.

A estos factores económicos vienen a añadirse un cúmulo de prácticas y normas culturales vigentes, que afectan de manera decisiva a la producción doméstica de biogás. Entre ellas figura, en primer lugar, la fuerte renuencia a utilizar excrementos humanos como materia prima para el funcionamiento de la planta y a cocinar los alimentos con un gas generado a partir de un líquido que contenga ese tipo de desechos.

En segundo lugar, el papel y la situación de la mujer en la sociedad y la familia constituyen quizás una de las más graves limitaciones de índole cultural. Los beneficiarios más directos e inmediatos de las plantas de biogás son las mujeres. En efecto, este combustible no sólo las libera del arduo trabajo de cocinar durante horas en una cocina llena de humo, con los consiguientes peligros para su salud, sino que además les permite disponer de más tiempo libre al disminuir el que dedican a la preparación de alimentos y a la limpieza de utensilios cubiertos de hollín. Y es probable también que a la larga ello redunde en una economía para la familia, ya que así los utensilios de cocina duran más.

Pero en los hogares rurales indios no suele atribuirse a esos beneficios un carácter prioritario, debido esencialmente a que las decisiones sobre las inversiones las adoptan por lo general los varones, para quienes las ventajas que puedan resultar para las mujeres no constituyen una necesidad de primer orden. Debido a esta actitud es frecuente que se dejen inactivas durante mucho tiempo las plantas averiadas, sin cuidarlas ni res-taurarlas, con lo que muchas de ellas no pueden repararse después.

Pero una limitación más grave aun en las zonas rurales es la que se deriva de los reajustes y cambios que es preciso introducir en una serie de costumbres y prácticas a fin de utilizar eficientemente el biogás. A menudo se escuchan quejas en el sentido de que los *chapatis* (una especie de pan ázimo) no se tuentan adecuadamente y que las *dals* (una variedad de lentejas) tardan más tiempo en cocerse en una cocina de gas. Se ha señalado también que éste es inadecuado para preservar la leche, que suele mantenerse calentándose a fuego lento durante todo el día. En resumen, la introducción del biogás en la India rural requiere una serie de cambios y reajustes de diversas normas y prácticas tradicionales.

Pese a las limitaciones que acabamos de enumerar, es cada vez mayor el número de campesinos que cobran conciencia de las ventajas de las instalaciones gasificadoras, y ello pese al extraordinario desconocimiento de las cuestiones esenciales que éstas entrañan y que se advierte no sólo entre los usuarios potencialmente interesados sino incluso entre los que han adoptado ya este sistema. En muchas zonas rurales parece existir un mito persistente sobre el carácter "mágico" de la planta de biogás, como una técnica que supuestamente produce combustible y fertilizantes a partir de los desechos, sin costo y sin esfuerzo alguno. Este mito generalizado es la consecuencia natural de una información inadecuada y falsa.

Dado el estado exploratorio en que se encuentra la tecnología del biogás y la consecuente inseguridad en cuanto a su rendimiento, las actitudes negativas de los usuarios se agravarán inevitablemente a menos que los conocimientos y la experiencia adquiridos se difundan plenamente entre los usuarios y los promotores. Las promesas falsas y la información inadecuada sólo pueden alimentar expectativas ilusorias y conducir finalmente a una desconfianza extrema.

Finalmente, hay que señalar la cuestión, también decisiva, de la mano de obra. Una evaluación de los problemas que entraña la

instalación de plantas domésticas de biogás como parte de un sistema energético descentralizado en la India rural, muestra la existencia de enormes limitaciones en esa esfera. Pese al hincapié que se hace en la sencillez de la actual tecnología del biogás, ésta requiere una supervisión y una orientación técnicas muy minuciosas en lo que a instalación, mantenimiento y reparación se refiere. Y en la mayoría de las aldeas indias esa experiencia técnica no existe sencillamente.

Las limitaciones y obstáculos antes señalados parecen desalentadores pero de muchos de ellos se puede triunfar con el tiempo, a condición de que se realice de manera planificada el esfuerzo necesario de organización. Uno de los objetivos más importantes de ese esfuerzo debe ser el aprovechamiento de las aptitudes y de los conocimientos de la población local gracias a un programa continuo de educación y capacitación, ya que en última instancia un sistema energético descentralizado, a base de plantas domésticas de biogás, en la India rural sólo puede funcionar con éxito si depende menos de los recursos externos.

El ejemplo de China es quizás el más pertinente a este respecto. Gracias a un proceso continuo de formación, China ha creado un pequeño núcleo de trabajadores expertos en cada equipo de producción para administrar y controlar el programa de fomento del consumo de biogás. La India necesita una estrategia similar.

Lo que se requiere, en resumen, es planificar a nivel local, utilizar los recursos locales y promover la mayor participación de la población local en todas las etapas de la planificación, la educación y el control. A fin de desarrollar una participación local constante es indispensable elaborar cuidadosamente programas de formación de la población. Tales programas deben incluir no sólo los aspectos técnicos de la producción de biogás sino además muchos otros relacionados con ella, tales como el análisis de las limitaciones locales, los sistemas de planificación de la energía local, los métodos de obtención de datos y de control y, finalmente, la manera de integrar la energía del biogás en las demás actividades de desarrollo.

**TUSHAR KANTI MULIK**, indio, es profesor del Centro para la Gestión de la Agricultura del Instituto Indio de Gestión, de Ahmedabad. Especialista en desarrollo económico y social de las comunidades rurales, ha sido consultor de diversos organismos nacionales e internacionales. Actualmente colabora en diversos proyectos de investigación multidisciplinaria sobre desarrollo rural de la India.

## LIBROS RECIBIDOS

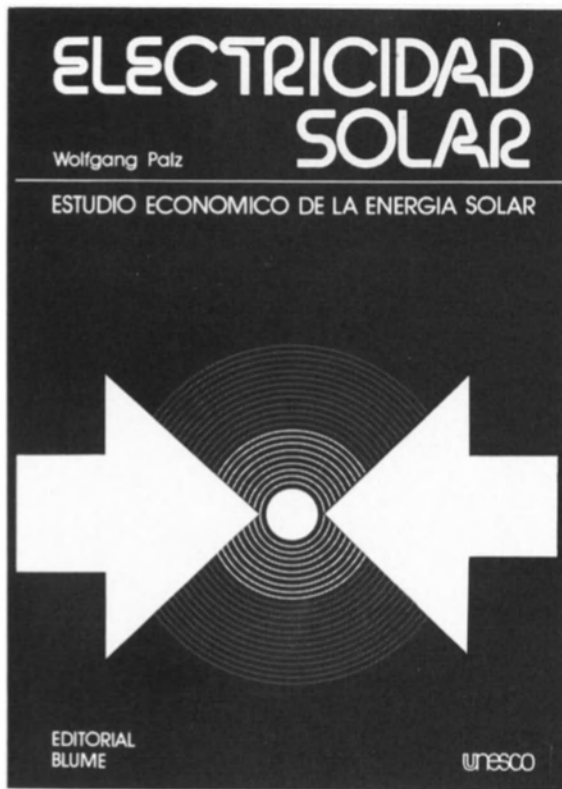
### Libros de Alianza Editorial, Madrid

- **Epicuro** por Carlos García Gual
- **Bucólicas. Geórgicas** de Virgilio
- **Macbeth** por William Shakespeare
- **Expresión y reunión** por Blas de Otero
- **Historias fingidas y verdaderas** por Blas de Otero
- **Política y lituratura** por Azorín
- **Poesías completas** de Garcilaso de la Vega  
Introducción y notas de G. Bleiberg
- **El difunto Matías Pascal** por Luigi Pirandello
- **Un día de campo** por Guy de Maupassant
- **El Príncipe** por Maquiavelo
- **Discurso sobre el espíritu positivo** por Auguste Comte

- **Diccionario de la mitología clásica** (Dos volúmenes)  
por C. Falcón Martínez  
E. Fernández-Galiano y R. López Melero
- **El río de la luna**  
por José María Guelbenzu
- **Meditación del pueblo joven y otros ensayos**  
por José Ortega y Gasset
- **Introducción a la teoría de la educación** por T.W. Moore
- **Cuba: economía y poder (1959-1980)**  
por Alberto Recarte
- **La alternativa** por Rudolf Bahro
- **Antología de la lírica española de mediados del siglo XVII a mediados del siglo XVIII**  
Selección y notas de Germán Bleiberg
- **El mundo de la lírica griega antigua**  
por Francisco Rogríguez Adrados

### Libros de Taurus Ediciones, Madrid

- **Picasso 1881-1981**  
por A. Bonet Correa y otros
- **El anarquismo en el siglo XX**  
por Henri Arvon
- **La ilustración insuficiente**  
por Eduardo Subirats
- **Identidad. Juventud y crisis**  
por Erik H. Erikson
- **El problema del ser en Aristóteles**  
por Pierre Aubenque
- **Poesía y reflexión. La palabra en el tiempo**  
por Manuel Ballester
- **Transformación industrial y literatura en España (1895-1905)**  
por Lily Litvak



## Un manual de la Unesco para domesticar el sol

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

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

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

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

Precio: 1.300 pesetas  
75 francos

261 páginas

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

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

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

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

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

|                                 |                                      |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| Correo Argentino<br>CENTRAL (B) | TARIFA REDUCIDA<br>CONCESION No. 274 |
|                                 | FRANQUEO PAGADO<br>CONCESION N° 4074 |

**REP. FED. DE ALEMANIA.** Todas las publicaciones con excepción de *El Correo de la Unesco*: Karger Verlag D-8034, Germering / München Postfach 2. Para *El Correo de la Unesco* en español, alemán, inglés y francés: Mr. Herbert Baum, Deutscher Unesco-Kurier Vertrieb, Besaltstrasse 57, 5300 Bonn 3. Mapas científicas solamente: Geo Center, Postfach 800830, 7 Stuttgart 80. — **BOLIVIA.** Los Amigos del Libro, casilla postal 4415, La Paz; Avenida de las Heroínas 3712, casilla postal 450, Cochabamba. — **BRASIL.** Fundação Getúlio Vargas, Editora-Divisão de Vendas, caixa postal 9.052-ZC-02, Praia de Botafogo 188, Rio de Janeiro,

R.J. (CEP. 20000). Livros e Revistas Técnicos Ltda., Av. Brigadeiro Faria Lima, 1709 - 6° andar, Sao Paulo, y sucursales: Rio de Janeiro, Porto Alegre, Curitiba, Belo Horizonte, Recife — **COLOMBIA.** Cruz del Sur, calle 22, n° 6-32, Bogotá. Instituto Colombiano de Cultura, carrera 3ª, n° 18/24, Bogotá. — **COSTA RICA.** Librería Trejos S.A., apartado 1313, San José. — **CUBA.** Empresa COPREFIL, Dragones n° 456, e/Lealtad y Campanario, Habana 2. — **CHILE.** Editorial Universitaria S.A., Departamento de Importaciones, casilla 10220, Santiago. Librería La Biblioteca, Alejandro I 867, casilla 5602, Santiago 2. — **REPUBLICA DOMINICANA.** Librería Blasco, Avenida Bolívar, no. 402, esq. Hermanos Deligne, Santo Domingo. — **ECUADOR.** Revistas solamente: RAYD de Publicaciones, Av. Colombia 248 (Ed. Jaramillo Arteaga), oficina 205, apartado 2610, Quito; libros solamente: Librería Pomaire, Amazonas 863, Quito; todas las publicaciones: Casa de la Cultura Ecuatoriana, Núcleo del Guayas, Pedro Moncayo y 9 de Octubre, casilla de correos 3542, Guayaquil. — **ESPAÑA.** MUNDI-PRENSA LIBROS S.A., Castelló 37, Madrid 1; Ediciones LIBER, Apartado 17, Magdalena 8, Ondárroa (Vizcaya); DONAIRE, Ronda de Outeiro 20, apartado de correos 341, La Coruña; Librería AL-ANDALUS; Roldana 1 y 3, Sevilla 4; Librería CASTELLS, Ronda Universidad 13, Barcelona 7. — **ESTADOS UNIDOS DE AMERICA.** Unipub, 345, Park Avenue South, Nueva York, N.Y. 10010. Para *El Correo de la Unesco*: Santillana Publishing Company Inc., 575 Lexington Avenue, Nueva York, N.Y. 10022. — **FILIPINAS.** The Modern Book

Co., 926 Rizal Avenue, P.O. Box 632, Manila, D-404 — **FRANCIA.** Librairie de l'Unesco, 7, place de Fontenay, 75700 Paris (CCP Paris 12.598-48). — **GUATEMALA.** Comisión Guatemalteca de Cooperación con la Unesco, 3ª Avenida 13-30, Zona 1, apartado postal 244, Guatemala. — **HONDURAS.** Librería Navarro, 2ª Avenida N° 201, Comayaguella, Tegucigalpa. — **JAMAICA.** Sangster's Book Stores Ltd., P.O. Box 366, 101 Water Lane, Kingston. — **MARRUECOS.** Librairie "Aux Belles Images", 281, avenue Mohammed V, Rabat; *El Correo de la Unesco* para el personal docente: Comisión Marroquí para la Unesco, 19, rue Oqba, B.P. 420, Rabat (C.C.P. 324-45). — **MEXICO.** Librería El Correo de la Unesco, Actipán 66, Colonia del Valle, México 12, D.F. — **MOZAMBIQUE.** Instituto Nacional do Livro e do Disco (INLD), Avenida 24 de Julho, 1921, r/c e 1º andar, Maputo. — **PARAGUAY.** Agencia de Diarios y Revistas, Sra. Nelly de García Astillero, Pte. Franco 580, Asunción. — **PERU.** Editorial Losada Peruana, Jirón Contumaza 1050, apartado 472, Lima. — **POR-TUGAL.** Dias & Andrade Ltda., Livraria Portugal, rua do Carmo 70-74, Lisboa 1117 Codex. — **PUERTO RICO.** Librería Alma Mater, Cabrera 867, Río Piedras, Puerto Rico 00925. — **REINO UNIDO.** H.M. Stationery Office, P.O. Box 569, Londres S.E. 1. — **URUGUAY.** Editorial Losada Uruguay, S.A., Maldonado 1092, Montevideo. — **VENEZUELA.** Librería del Este, Av. Francisco de Miranda 52, Edificio Galipán, apartado 60337, Caracas 1060-A; La Muralla Distribuciones, S.A., 4a. Avenida entre 3a. y 4a. transversal, "Quinta Irenalis" Los Palos Grandes, Caracas 106.



Este curioso mosaico de surcos, pliegues, espirales y cicatrices está formado por dos imágenes superpuestas (y posteriormente coloreadas), tomadas desde un satélite, de la cuenca de Tsaidam, en China, donde se están experimentando métodos de teledetección desde satélite para la exploración petrolífera. La energía del petróleo y otros combustibles fósiles fue creada hace millones de años por el sol. Ante la amenaza de agotamiento de esos combustibles y la creciente demanda de energía, la humanidad busca hoy un nuevo sistema energético que dé mayor importancia a las fuentes nuevas y renovables de energía.