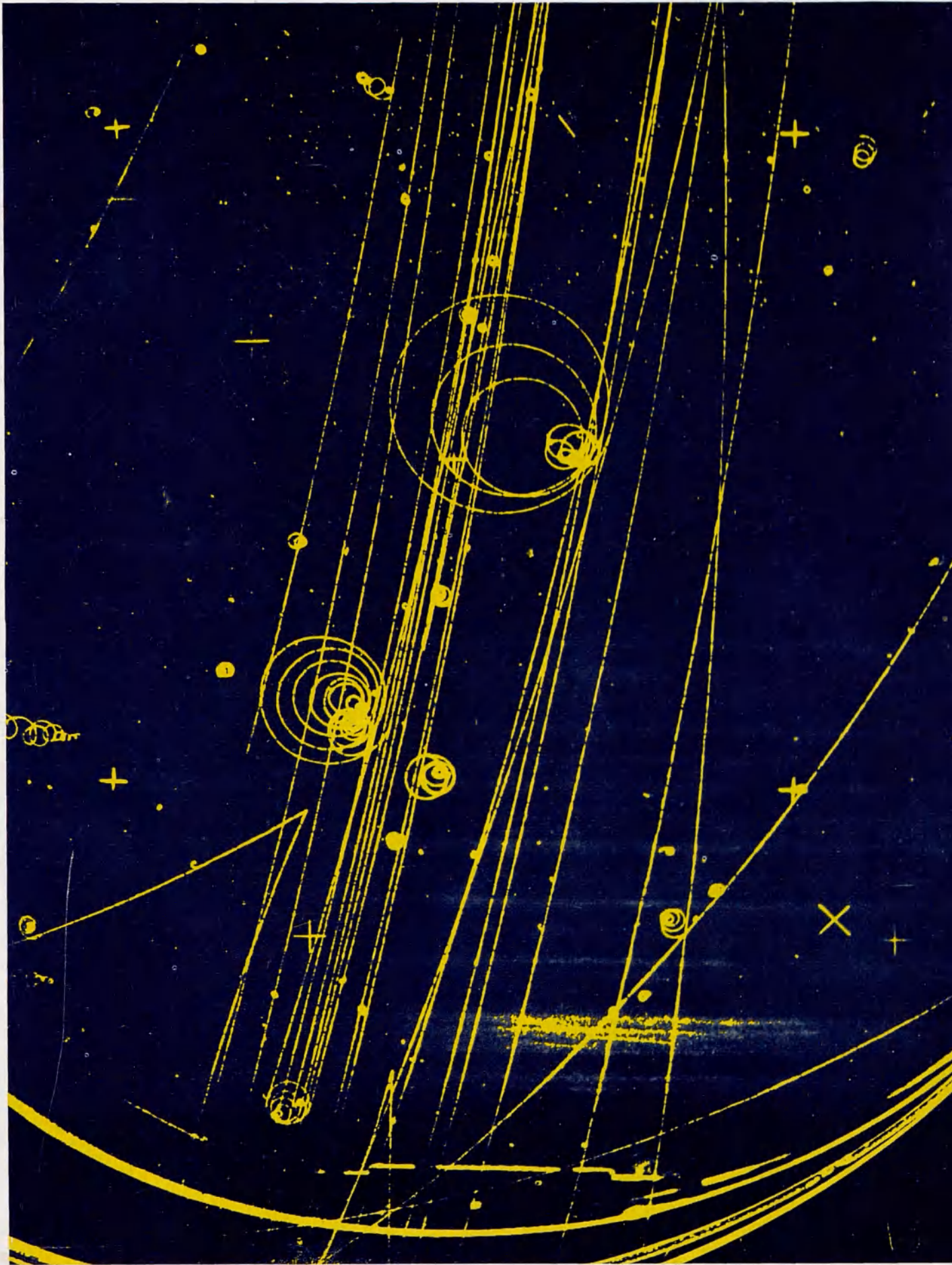




El

Una ventana abierta sobre el mundo  
**Correo**

Julio-Agosto 1968 (año XXI) - España : 36 pesetas - México : 6,00 pesos



**LOS USOS PACIFICOS DEL ATOMO**



# TESOROS DEL ARTE MUNDIAL

27

## *Perfil de Chalchiucihuatl*

He aquí el rostro de la diosa de la subsistencia y de la fertilidad para los totonacas. Estos pobladores de México, cuya civilización alcanzó su esplendor entre los siglos VII y XIV de nuestra era — antes de la dominación azteca — no sólo fueron magistrales arquitectos sino también magistrales escultores. Del primero de sus talentos dan fe los edificios de Tajín, y del segundo sus cerámicas y terracotas, cuyo modelado es de una exquisita finura.

JULIO-AGOSTO 1968  
AÑO XXI

**PUBLICADO  
EN 11 EDICIONES**

**Española  
Inglesa  
Francesa  
Rusa  
Alemana  
Arabe  
Norteamericana  
Japonesa  
Italiana  
Hindi  
Tamul**

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

Venta y distribución  
Unesco, Place de Fontenoy, Paris-7<sup>e</sup>

Tarifa de suscripción anual : 12 francos.  
Bianual : 22 francos.  
Número suelto : 1,20 francos; España :  
18 pesetas; México: 3 pesos.

★

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

★

**Redacción y Administración**  
Unesco, Place de Fontenoy, Paris-7<sup>e</sup>

**Director y Jefe de Redacción**  
Sandy Koffler

**Subjefe de Redacción**  
René Caloz

**Asistente del Jefe de Redacción**  
Lucio Attinelli

**Redactores Principales**

Español: Arturo Despouey

Francés: Jane Albert Hesse

Inglés: Ronald Fenton

Ruso: Victor Goliachkoff

Alemán: Hans Rieben (Berna)

Arabe: Abdel Moneim El Sawi (El Cairo)

Japonés: Shin-Ichi Hasegawa (Toklo)

Italiano: Maria Remiddi (Roma)

Hindi: Annapuzha Chandrahasan (Delhi)

Tamul: Sri S. Govindarajulu (Madrás)

**Documentación e ilustración:** Olga Rödel

**Composición gráfica**

Robert Jacquemin

La correspondencia debe dirigirse al Director de la revista.

Nº 7-8 - 1968 M.C. 68.1-237 E

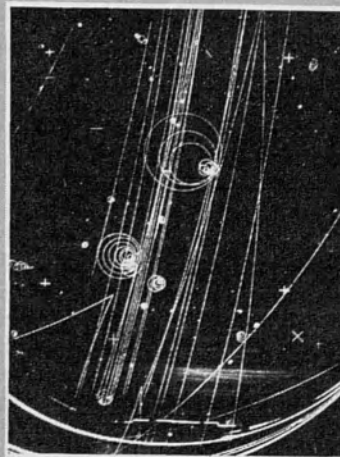
## A nuestros lectores

Con el fin de recobrar su ritmo regular de publicación —afectado por las huelgas que tuvieron lugar en las imprentas y servicios postales de Francia en los meses de mayo y junio pasados— «El Correo de la Unesco» lleva en este número la fecha de julio-agosto y contiene 16 páginas extra. Antes de fin de año habrá otro número con un agregado similar. El próximo número será, como ya lo hemos anunciado, el número doble de todos los años, pero esta vez, por las especiales circunstancias referidas, llevará la fecha de setiembre-octubre.

Páginas

- |    |  |
|----|--|
| 4  | <b>EL ATOMO AL SERVICIO DE LA PAZ</b><br>La Organización Internacional de Energía Atómica                            |
| 8  | <b>PRODIGIOSAS VIRTUDES DEL ATOMO</b><br>En el corazón secreto de la materia<br><i>por I. H. Usmani</i>              |
| 14 | <b>EXCAVADORES NUCLEARES</b><br>Para abrir canales, crear puertos y renovar la geografía<br><i>por Carlo Schaerf</i> |
| 17 | <b>ENJAULAR LA RADIATIVIDAD</b><br>Primero viene la protección<br><i>por Stanley White</i>                           |
| 18 | <b>BODAS DE CAPRI</b><br>Lo que la era atómica depara a las moscas<br><i>por Donald A. Lindquist</i>                 |
| 22 | <b>EL CARBONO 14</b><br>Un reloj nuclear para los arqueólogos<br><i>por Willard F. Libby, Premio Nobel</i>           |
| 26 | <b>RELOJES ATOMICOS PARA TODAS LAS EPOCAS</b>  |
| 39 | <b>EL ENIGMA DE TARTARIA</b>   |
| 30 | <b>SOFIA Y BRUNO EN EL PAIS DEL ATOMO</b><br>El mundo nuclear en dibujos cómicos                                     |
| 37 | <b>A TRAVES DE LA RESURRECCION DE LA MATERIA</b><br><i>por Gueorguy Flerov y Vladislav Kuzniétsov</i>                |
| 42 | <b>UNA VARITA MAGICA PARA EL FUTURO</b><br><i>por Glenn T. Seaborg, Premio Nobel</i>                                 |
| 45 | <b>A LA ULTIMA MODA DE LA CIENCIA</b><br>Aplicaciones de la energía nuclear en todo el mundo                         |
| 47 | <b>« LA UNESCO DEBE CONVERTIRSE EN LA ORGANIZACION DE LA JUVENTUD »</b><br><i>por René Maheu</i>                     |
| 48 | <b>LATITUDES Y LONGITUDES</b>  |
| 50 | <b>LOS LECTORES NOS ESCRIBEN</b>   |
| 2  | <b>TESOROS DEL ARTE MUNDIAL (27)</b><br>Perfil de Chalchiucihuatl (México)   |

Foto Comisariato de Energía Atómica, Paris



## Nuestra portada

Los delicados dibujos que vemos aquí son las huellas que dejan en la cámara de burbujas de un sincrotrón las partículas arrancadas al núcleo atómico, partículas de una vida extraordinariamente breve. Las huellas fotográficas proporcionan al físico preciosos datos sobre la estructura de la materia (véase la pág. 40). Uno solo experimento puede exigir el estudio de 600.000 a 800.000 fotos de este tipo. En el futuro se espera acabar con esta etapa de «visualización» y hacer que las calculadoras analicen directamente los fenómenos de la desintegración.

# EL ATOMO AL SERVICIO DE LA PAZ

**E**N un mundo acosado por problemas de exceso de población, falta de alimentos y limitación creciente de sus recursos tradicionales, la energía nuclear empieza a aparecer como una de las fuerzas benéficas más poderosas de los tiempos actuales. Hubo dirigentes y científicos con una amplia visión del futuro que así lo vieron más de diez años. Gracias a su presciencia se fundó la Organización Internacional de Energía Atómica de Naciones Unidas, cuya función es la de poner el átomo al servicio de la paz e impedir que se lo use para fines bélicos.

Luego de los bombardeos de Hiroshima y Nagasaki, con los que se puso fin a la Segunda Guerra Mundial y que demostraron el terrible poder destructor de la energía atómica, el mundo manifestó una preocupación seria por investigar su lado benéfico.

Finalmente, en 1953 el Presidente Eisenhower propuso que se creara una Organización Internacional por medio de la cual los países desarrollados técnicamente pudieran «dedicar parte de su fuerza a servir las demandas de la humanidad, en vez de justificar los miedos de ésta». La propuesta de Eisenhower señaló un punto decisivo, si no crítico, en la evolución sufrida por la energía nuclear en la postguerra, desde sus aplicaciones militares hasta sus usos benéficos.

En 1954 la Asamblea General de Naciones Unidas adoptó por unanimidad una resolución de «Átomos para la paz» por la que se expresaba la esperanza de que se creara sin más demora una Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA). En octubre de 1956, 81 naciones aprobaron unánimemente el Estatuto de la misma en una conferencia especialmente convocada al efecto; la Organización cobró vida el 29 de julio de 1957, y hoy en día cuenta con 98 Estados Miembros.

Dos fines generales informaron su creación; el de promover de manera activa los usos pacíficos de la energía atómica y el de garantizar el que se procediera a ellos sin peligro para la paz y la salud de la humanidad. Los dos fines siguen siendo vitales para la OIEA, pero desde los comienzos de ésta en 1957 los científicos que la

formaron vienen ampliando su campo de acción hasta abarcar prácticamente todas las actividades humanas.

Ya en 1958 estos hombres de ciencia trabajaban en la instalación de su primer laboratorio en Viena: se organizaban los primeros simposios; se designaban expertos para la asistencia técnica y se otorgaban las primeras becas de investigación y estudio. Esta fue la primera obra importante emprendida: la de ayudar a difundir los conocimientos correspondientes.

Hasta la fecha se han acordado más de 3 000 becas; otras mil personas han asistido a cursos de preparación organizados por la OIEA y se ha otorgado el título de «profesor visitante» a 120 expertos. Unos 15.000 hombres de ciencia interesados en los problemas de la energía atómica se han reunido en 100 conferencias y simposios para considerar 5.500 trabajos dedicados a esta materia. Además, la Organización ha convocado la reunión de 200 paneles y de 40 grupos de estudio, organizándose asimismo otras reuniones diversas.

El conocimiento de las propiedades de isótopos y radioisótopos estables ha conducido a grandes adelantos en la investigación y la técnica de la energía atómica. Es fácil dedicar los isótopos y los instrumentos asociados a éstos a propósitos útiles sin grandes gastos en la mayoría de los casos y con resultados relativamente rápidos y prácticos, muchos de ellos particularmente valiosos para los países en vías de desarrollo. He aquí algunas de las formas en que la Organización Internacional de Energía Atómica, así

Esta gran tela de ocho metros por cinco, realizada por Fernand Léger para la sala de física del globo terráqueo en el Palacio del Descubrimiento de París, simboliza el traspaso de las fuerzas extraídas de la Naturaleza por el hombre.

Foto © Almasay

como las otras con la que ésta colabora, hace uso de esos radiosótopos:

**En agricultura:** Mayor rendimiento de las cosechas por medio de los esfuerzos colectivos de investigación para utilizar mejor los abonos, como en el caso del arroz, estudiado en 12 países, y del maíz en otros 8; producción de mejor arroz, trigo y cebada gracias a las mutaciones instigadas por la radiación; control o erradicación de los insectos nocivos; protección de los alimentos contra la contaminación; conservación de los alimentos almacenados por medio de la irradiación; estudios destinados a lograr el uso máximo del agua contenida bajo tierra y preparación, por radiación, de vacunas para los animales.

**En hidrología:** Un estudio continuo en todo el mundo del contenido en tritio (isótopo radiactivo del hidrógeno) así como de algunos isótopos estables se ha llevado a cabo conjuntamente con la Organización Meteorológica Mundial para determinar el ciclo de utilización del agua (este estudio ha durado seis años); se ha ayudado a más de 20 países a calcular las proporciones de sus problemas locales de obtención y administración del agua; y como parte del programa del Decenio Hidrológico Internacional, al que va ligado el estudio del tritio, se han hecho conjuntamente con la Unesco estudios de 20 grandes ríos en varias partes del mundo.

**En medicina:** Los estudios sobre el bocio se han extendido desde las alturas de los Andes en el Perú hasta las del Himalaya en el Nepal; y en siete países se han tomado las disposi-



ciones necesarias para que la Organización suministre las máquinas necesarias para el tratamiento radiológico del cáncer. Se han perfeccionado y hecho iguales en todas partes las técnicas del manejo de los radioisótopos y de los cuadros para el diagnóstico y tratamiento médico. Se ha dado la prioridad absoluta a cuatro clases de males que afectan al hombre: la anemia, el bocio endémico, la malnutrición y los efectos de las infecciones causadas por parásitos, dándose nuevo impulso a la investigación y estudios correspondientes en 44 países; y hay un programa de preparación gracias al cual se cuenta con la mayor parte del personal calificado que trabaja en medicina nuclear en los países en vías de desarrollo.

También se ha iniciado, con la esperanza de salvar muchas de las 3 000 vidas que se pierden todos los años por mordeduras de serpientes, un programa para poner al alcance de todos el suero resultante de la irradiación del veneno. Por último, para facilitar la actuación de los cirujanos y reducir los peligros de infección, se sigue perfeccionando la esterilización de todos los elementos que entran en juego en una operación quirúrgica.

**En la industria:** Se han hecho esfuerzos cada vez mayores para que las naciones conozcan las técnicas del radioisótopo y puedan utilizarlas para mejorar la calidad de sus productos; sistemas de fabricación, desgaste, control de la regularidad en la producción; esterilización de los productos médicos; en suma, una serie de medios para ahorrar cientos de millones de

dólares por año, así como para lograr un desarrollo industrial más rápido que el actual.

La mayor contribución que haga la fuerza nuclear al bienestar del hombre ha de ser quizá la producción de energía. En este sentido la Organización actúa hasta ahora principalmente como una suerte de consejero internacional; sus expertos aconsejan a los gobiernos de los países interesados (o a veces de las regiones) sobre la posibilidad de llevar a cabo sus propuestas; les proporcionan la información necesaria para que decidan el curso a seguir, los ayudan a elegir los mejores lugares para levantar sus plantas atómicas y a calcular los costos, y los ponen en condiciones de asegurar el funcionamiento de éstas sin peligro.

Estos servicios tienen particular importancia para los países cuyos recursos o estado actual de desarrollo les impide dar estos pasos por sí mismos. Otra aplicación de la energía nuclear cuya importancia va aumentando constantemente es la desalación del agua del mar, como lo ha subrayado el Presidente de la Comisión de Energía Atómica de los Estados Unidos de América, Glenn T. Seaborg, al decir: « Pienso que no puede haber perspectiva más prometedora para un futuro posiblemente cercano que la de los reactores nucleares gracias a los cuales se cuenta con cantidades nunca vistas de energía para producir fuerza eléctrica y motriz y para extraer la sal del agua en algunas de las regiones más áridas del mundo ».

Desde 1963 la OIEA ha servido como banco de liquidación para el intercam-

bio internacional de información sobre la desalación nuclear y también de punto de reunión para los técnicos y los encargados de dictar normas al respecto en todas partes del mundo en los ocho períodos de sesiones de su Panel de Desalación Nuclear. A esta obra se agrega ahora la interesantísima idea de vincular las operaciones de este tipo a las de las fábricas de abonos y productos químicos para crear nuevos centros agro-industriales.

La Organización ha patrocinado asimismo un estudio tripartito de la posibilidad de instalar una enorme planta que sirva el doble propósito de producir energía eléctrica y extraer la sal del agua en las regiones áridas de México y de los Estados Unidos de América que rodean al golfo de California. Si la instalación de tal planta se hace posible, podría producir hasta 37 850 millones de hectolitros de agua por día.

La Organización Internacional de Energía Atómica desempeña el papel de observadora en un plan similar de Israel y los Estados Unidos de América, y ha enviado misiones para hacer estudios de este tipo en Chile, El Salvador, las Filipinas, Finlandia, el Pakistán, el Perú, la República de Corea, Tailandia, Túnez y Turquía.

Fuera de la producción de energía eléctrica y la desalación del agua del mar, la Organización ayuda a toda obra de adelanto de la técnica de los reactores prestando un apoyo directo a la investigación que se haga en ese sentido, regional o internacionalmente.

Los científicos de la Organización Internacional de Energía Atómica, reco-

SIGUE A LA VUELTA

## Medidas de protección en América Latina

nociendo que la ciencia aplicada y la ciencia fundamental son indivisibles, han trazado su programa de acuerdo con este concepto. El primer laboratorio provisorio, creado en 1958, se ocupó de física y un poco de la química relativa a la baja radiactividad. El laboratorio subsiste aún, pero su papel ha cambiado: ahora se usa en parte para investigar las consecuencias de la radiación que penetra el cuerpo humano como parte de un tratamiento médico o por accidente.

Desde 1961 ha venido funcionando en Seibersdorf, a unos 35 kilómetros al sudeste de Viena, un laboratorio con secciones de física nuclear y médica, química, estudios agronómicos, hidrología y electrónica. Entre las cuestiones estudiadas allí figuran los alimentos, la edad y el contenido de los meteoritos, y la calidad de los minerales y su sedimentación en los ríos. 8.000 de sus «standards» de radioisótopos sirven además para calibrar instrumentos y verificar los estudios que se llevan a cabo en 56 países.

El Laboratorio Internacional de Radiactividad Marina instalado en Mónaco se creó igualmente en 1961. Allí se estudian los efectos de la presencia y dispersión de la radiactividad en el mar, en sus plantas y sus animales. Este trabajo ha de servir de guía para la forma en que el hombre se libre en el futuro del desecho radiactivo proveniente del número cada vez mayor de instalaciones nucleares, incluso las de los barcos.

El mejor ejemplo de la contribución hecha por la OIEA a los estudios fundamentales en la materia lo constituye el Centro Internacional de Física Teórica, inaugurado en Trieste en 1964 y presidido por uno de los físicos más distinguidos del mundo, el Profesor Abdus Salam de Pakistán. El principal valor del Centro está en el estímulo que da al pensador científico, especialmente si éste pertenece a algún país en vías de desarrollo donde le fuera difícil previamente mantener contacto con sus colegas y mantener las normas que requiere su obra.

En el haber de este Centro de Trieste figuran igualmente 328 informes especiales, trabajo en el que participaron 534 físicos de 45 países, y una serie de seminarios, cursos de preparación y grupos de estudio que han producido diversas publicaciones útiles. El Centro atrae a su seno a los científicos de los países en vías de desarrollo haciéndolos «miembros asociados», otorgándoles becas, dándoles puestos de mayor y menor importancia como físicos, y a través de un sistema de afiliación con otras instituciones.

6

Un simposio de física teórica contemporánea realizado hace poco constituyó el acontecimiento máximo registrado desde hace muchos años en la materia. Entre los 250 científicos emi-

nentes que tomaron parte en él había 9 Premios Nobel.

El Programa fundamental de estudios de la OIEA promueve también el uso efectivo de los reactores de estudio en los países en vías de desarrollo enviándoles expertos que los aconsejan sobre la mejor manera de emplearlos.

Al aumentar el número de países que reconocen el valor de la energía nuclear, aumenta también la necesidad de adoptar medidas de seguridad y protección de la salud. La Organización ha creado normas fundamentales para protegerse de la radiación, así como reglamentaciones para el transporte de materiales radiactivos en condiciones de seguridad.

Estas reglas son obligatorias para todas las actividades con las que está vinculada la OIEA, y aunque ésta no se halla facultada para imponerlas en cada país, hay una tendencia cada vez más grande en todas partes en el sentido de adoptar normas como esas u otras parecidas.

**P**ara estar seguro de que la asistencia que presta la Organización Internacional de Energía Atómica no será puesta al servicio de fines militares, así como para aplicar, a pedido de las partes de cualquier acuerdo bilateral o multilateral de carácter nuclear, las medidas de protección necesarias, se ha creado un sistema de protección para los reactores y las instalaciones en que se vuelve a someter el combustible nuclear a los procesos de producción de energía. El sistema se hará extensivo a aquellas plantas dedicadas a la conversión y fabricación de combustible nuclear; ya puede funcionar para todo el ciclo de estas operaciones, con excepción de las plantas de separación de isótopos.

El primer país en aceptar las medidas de protección fue el Japón, que en 1959 obtuvo tres toneladas de combustible atómico por medio de la Organización. Desde entonces los países que han hecho lo mismo son 28, algunos de los cuales reciben de aquélla los materiales nucleares que necesitan.

Actualmente el número de instalaciones sujetas a control es de 120, y entre ellas hay 70 reactores. Estas instalaciones representan a menudo la única actividad nuclear en un país, cuando no la principal. Bajo el sistema creado por la OIEA, los Estados Miembros de ésta mantienen registros de los materiales sometidos a las medidas de protección y envían informes periódicos al respecto. Un elemento importante de este control lo constituyen las inspecciones que hace un grupo de expertos con amplios poderes de acceso a las plantas o instalaciones y de investigación dentro de éstas.

A medida que este grupo va adquiriendo experiencia, se lo destina a



Foto OIEA.

**ARROZ IRRADIADO.** Para perfeccionar las técnicas que permitirán mejorar las cosechas, se ha irradiado y cultivado, en los laboratorios que la Organización Internacional de Energía Atómica tiene en Austria, arroz procedente de muchos países. En la foto se ve a W.C. Li, becado de la República de China, estudiar en Viena las nuevas variedades obtenidas por irradiación.

tareas nuevas. El Tratado de Tlatelolco, que tiene por fin la prohibición de las armas nucleares en la América Latina y fue firmado en 1967 por 21 países de esta región, autoriza a la OIEA a aplicar sus medidas de protección a las actividades nucleares de esos países.

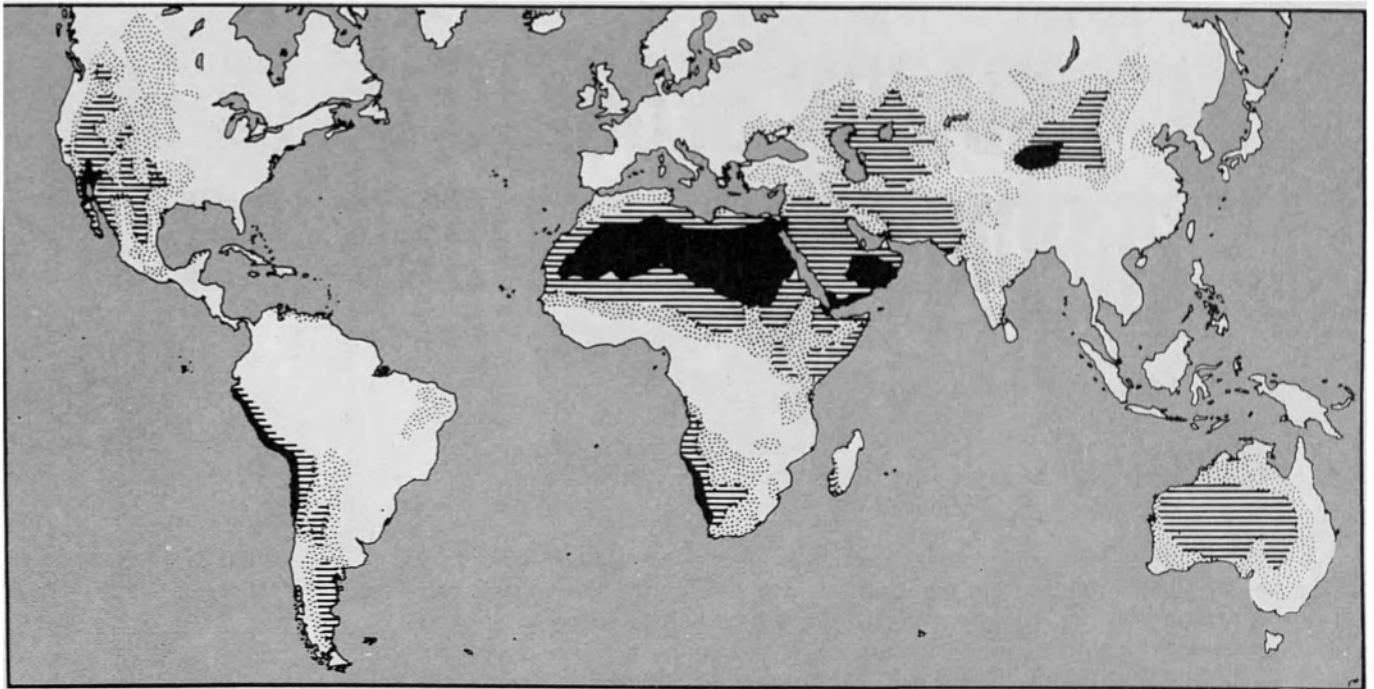
Queda un peligro, sin embargo: el de que los países del mundo estén aún en libertad de fabricar armas nucleares si así lo desean. Y si más países deciden hacerlo, la tendencia actual a la no proliferación de armas nucleares podría verse interrumpida con resultados desastrosos.

El Tratado de No Proliferación, auspiciado por la Unión Soviética y los Estados Unidos de América y adoptado en junio de 1968 por gran mayoría de votos en la Asamblea General de Naciones Unidas, abre perspectivas más optimistas para la protección de la humanidad en general. Los Estados que no poseen armas nucleares y que lo han firmado aceptan la idea de no producir bombas atómicas. Se prevé que la OIEA tenga a su cargo el control internacional necesario para garantizar el cumplimiento del tratado.

El 10 de Julio de 1968 lo firmaron los EEUU de América, la URSS y el Reino Unido (tres de las cinco potencias nucleares del mundo) junto con otras 53 naciones. Esta firma tuvo lugar en Washington, Moscú, y Londres. Tres días después el número de Estados firmantes llegaba a 64. Antes de que

## RÉGIONES ARIDAS


 muy áridas  
 áridas  
 semiáridas



**EL ATOMO CONTRA LA SED.** En una extensión total de 30.000 kilómetros, los mares del globo están bordeados de grandes desiertos. La construcción en éstos de usinas atómicas de desalinación del agua de mar permitiría instalar complejos agro-industriales en esas tierras hasta ahora castigadas por la sed y que el riego transformaría fabulosamente. Y los inmensos desiertos interiores saldrán también de su milenaria aridez cuando, gracias a una energía barata, se pueda bombear el agua de sus gigantescas extensiones de agua subterránea. Las zonas muy áridas atraviesan a veces periodos de más de un año sin que caiga sobre ellas una sola gota de lluvia. Se ha calculado que para obtener un kilo de buena carne hacen falta 35.000 litros de agua a la agricultura, y para una rebanada de pan, 150 litros.

el convenio tenga fuerza de ley internacional es necesario que, aparte de las tres grandes potencias ya señaladas, lo ratifiquen otras 40 naciones.

Un aspecto esencial de la forma en que la OIEA encara su tarea y logra el éxito que ha obtenido hasta la fecha es el de la cooperación internacional. Ya hemos indicado obras en las que participan diversos países. Hay otros ejemplos: uno, el del acuerdo con Noruega, Polonia y Yugoslavia, por el que se busca mejorar los conocimientos de la física de los reactores, haciendo uso de las facilidades de experimentación de que se dispone en los tres países. Otro programa conjunto de estudio de la física de los reactores utiliza el reactor NORA en Noruega, y gracias a él se ha obtenido una serie de datos útiles para el perfeccionamiento de los reactores de energía al mismo tiempo que se daba oportunidad a los científicos de diversos países de adquirir experiencia en la materia.

En el Asia sudoriental se ha establecido un programa regional de preparación de técnicos y estudio. En el Centro de Investigaciones Atómicas de las Filipinas instalado en 1965 en Quezón —centro administrado por ese país conjuntamente con la India y la Organización Internacional de Energía Atómica— se ha venido haciendo uso para tal fin del espectrómetro construido por la India, que proporcionó igualmente sus científicos y técnicos. Han venido

tomando parte en el programa Indonesia, la República de Corea, la República de China, y desde luego, las Filipinas, que proporciona para los estudios su propio reactor.

En el Centro Regional de Radioisótopos para el Medio Oriente, creado bajo los auspicios de la OIEA en 1963 y que tiene su sede en el Cairo —donde participan de su actividad los países árabes— se preparan especialistas en energía atómica y expertos dedicados a estudios especiales en la materia venidos de la Arabia Saudita, de Argelia, del Irak, de Jordania, de Koweit, del Líbano, de Libia, de Marruecos, de la República Árabe Siria, de la República Árabe Unida, del Sudán, de Túnez y del Yemén, a los que se han unido estudiantes de Nigeria y de Ghana.

La OIEA colabora asimismo con las Naciones Unidas y con varias de sus organizaciones especializadas: la FAO, la OMS, la UNESCO, la Organización Meteorológica Mundial, la OIT y el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo.

La Organización Internacional de Energía Atómica ha sido, en efecto, el cuerpo ejecutor de alguno de los programas que preparara conjuntamente con el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, uno de los cuales estaba destinado a demostrar el valor que la energía nuclear tenía para las Filipinas. En la India se intensificará el

uso de la energía atómica para aumentar la producción agrícola. En la América Central se lleva a cabo la campaña contra la mosca mediterránea de la fruta, y en Yugoslavia se ha realizado un labor encomiable en el sentido de ayudar a mejorar los métodos del trabajo agrícola y la cría de animales.

Todas estas actividades, tan diversas como diseminadas, y llevadas a cabo con la amplia colaboración de toda clase de países y organizaciones, ilustran la forma en que la OIEA se ha ido acercando a los grandes objetivos que determinaron su creación, inspirada por la conciencia de que no puede haber fronteras nacionales a la promesa que encierran los usos pacíficos de la energía nuclear, ni tampoco a los problemas planteados por ese uso.

En los países en vías de desarrollo el principio que ha guiado a la Organización en toda esta obra es la necesidad urgente de mejorar los niveles de vida. Al pasar revista a las actividades de desarrollo se vio en 1967 que el 30 % del dinero invertido se gasta directamente en obras destinadas a lograrlo así, mientras que una gran proporción del resto está destinada a otras actividades de gran interés para esos países. Al irse perfeccionando las técnicas necesarias se tiende cada vez más a concentrarse en las tareas de orden práctico antes que en las de orden consultivo.

# EN EL CORAZON SECRETO DE LA MATERIA LAS PRODIGIOSAS VIRTUDES DEL ATOMO

por I. H. Usmani

**N**INGUN descubrimiento científico hecho en el curso de la historia del hombre ha afectado su destino tan profundamente como el de la energía atómica, con su enorme potencial de destrucción y sus infinitas posibilidades de empleo para el desarrollo económico. Este miedo de la destrucción total y, junto a él, esta esperanza de bienestar para toda la humanidad son las inusitadas características de lo que con gran justeza se ha dado en llamar la «era atómica».

Veamos ante todo qué es un átomo y en qué forma se convierte en una fuente tan extraordinaria de energía y un auxiliar tan valioso para la industria, la agricultura y la medicina.

Todas las cosas tangibles que vemos en torno nuestro, adopten una forma sólida (como el papel, la pluma o el lápiz), líquida (como el agua) o gaseosa (como el aire) son combinaciones de ciertas sustancias o materiales básicos llamados «elementos». Se conocen en la naturaleza 92 de estos elementos: cobre, hierro, oro, uranio, hidrógeno y oxígeno, etc. Cada uno de ellos se identifica por determinadas propiedades físicas y químicas, y la última partícula indivisible de cada uno se llama «átomo».

Tenemos así un átomo de hierro, uno de oro y uno de hidrógeno, por ejemplo, cada uno de ellos con sus características peculiares. Si se hiciera una tabla de ellos teniendo en cuenta su peso, el del hidrógeno, por ser el más liviano, ocuparía el primer lugar, y el del uranio, como más pesado, el 92o. Los demás vendrían entre esas dos posiciones extremas.

## La estructura atómica

Para darse una idea del tamaño y peso de un átomo de hidrógeno interesa saber que en la cabeza de un

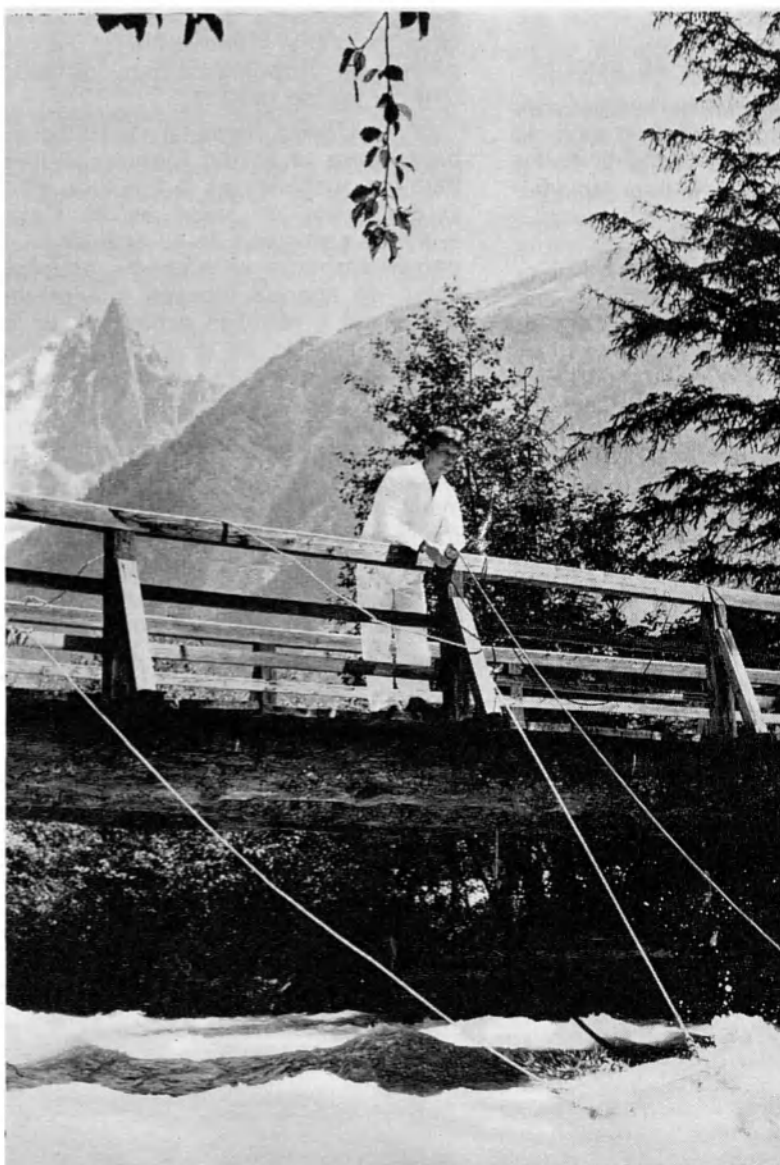
alfiler pueden caber 36 mil millones de ellos, y que un billón de esos átomos pesa sólo la millonésima parte de un millonésimo de gramo.

Todos los átomos tienen estructuras internas compuestas de una combinación de tres «ladrillos» fundamentales: el electrón, el protón y el neutrón. Los dos últimos tienen, aproximadamente, el mismo tamaño y el mismo peso, pero el electrón pesa unas 1.800 veces menos. Además, eléctricamente el electrón es negativo y lleva consigo

la menor carga eléctrica posible, mientras que el protón lleva una carga positiva igual a la negativa del electrón. El neutrón, como lo indica su nombre, es eléctricamente neutral, puesto que no lleva ninguna carga. Las estructuras de todos los átomos son de una naturaleza tal, que en todos ellos hay un núcleo central compuesto por protones y neutrones a los que mantiene fuertemente unidos una poderosa fuerza nuclear. Alrededor del núcleo los electrones giran en órbita, lo mismo que los planetas alrededor de nuestro Sol.

## Los isótopos

Basándose en la teoría de la estructura atómica, se ha descubierto que lo que determina las propiedades químicas



**PESCADOR ATOMICO.** El hombre que se ve a la izquierda está entregado a una clase de pesca muy especial. El «pez» que busca es el caudal de agua del torrente, y sus anzuelos los indicadores radiactivos. Las «cañas» son las sondas metidas en el agua, en este caso el agua del Arve, cerca de Chamonix. Estas sondas están conectadas a varios contadores, que registran la radiactividad provocada en el agua por el radioelemento depositado 1 kilómetro río arriba. Es esa radiactividad, precisamente, lo que permite determinar el caudal de agua del río.

**EL DR. I. H. HUSMANI**, uno de los físicos nucleares más ilustres del Asia, es Presidente de la Organización de Energía Atómica del Pakistán, su país. Se le debe la creación del Instituto Pakistanés de Ciencia Nuclear, de los Centros de Energía Atómica de Lahore y Dacca, de un Centro Atómico de Investigaciones Agrícolas en Tandojam y de cinco Centros Médicos de Energía Atómica en otras partes del Pakistán. El Dr. Usmani encargó y supervisó en 1965 el primer reactor atómico de su país y estuvo a cargo del lanzamiento del primer cohete espacial del Pakistán en 1962.

Foto Comisariado de Energía Atómica, Francia



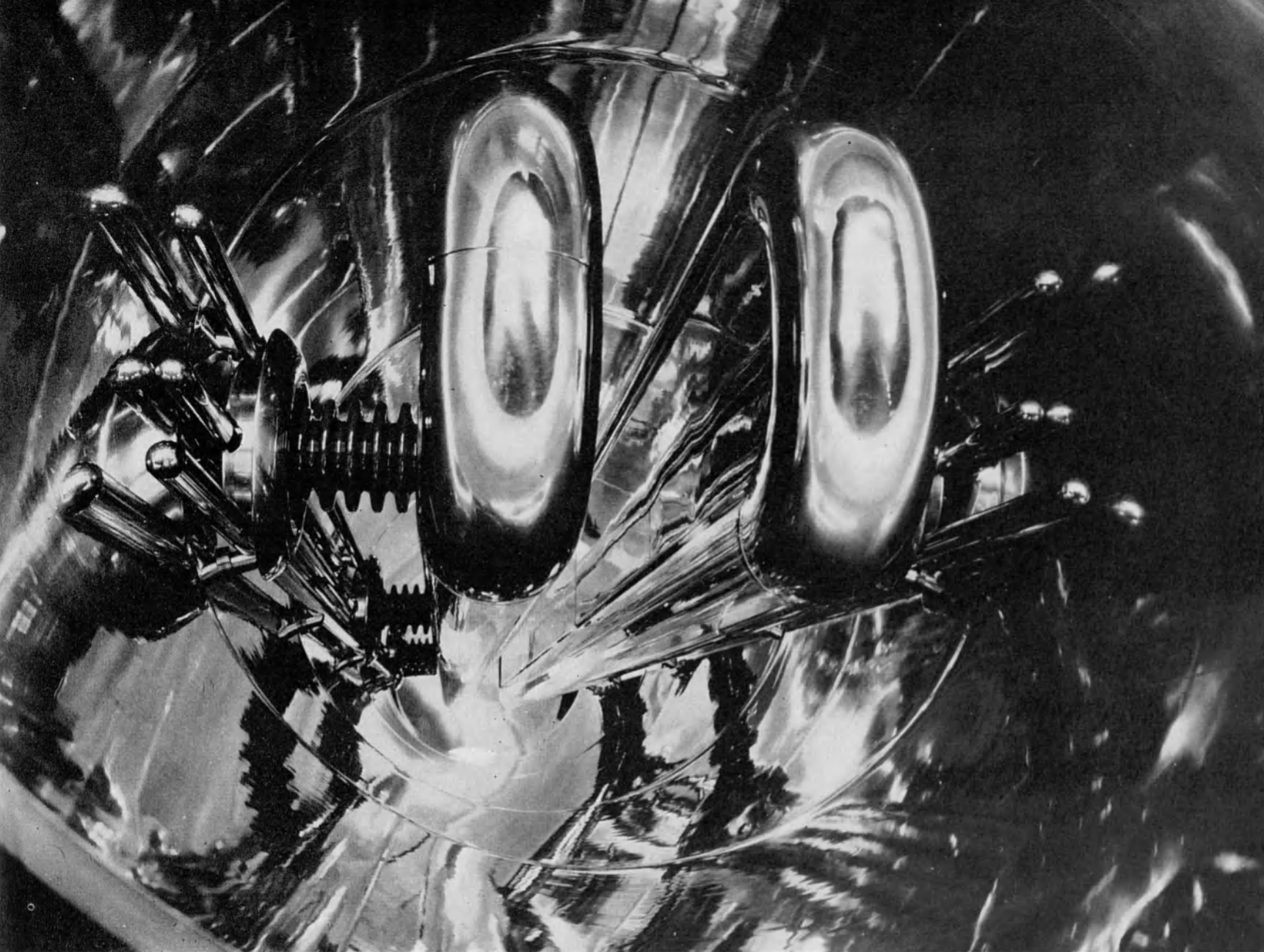


Foto CSF - J.C. Geogel

La utilización de la energía del átomo se extiende a medida que aumentan los conocimientos de los científicos sobre su estructura y el comportamiento de las partículas que lo componen. Este tipo de exploración científica exige unos laboratorios que nada tienen que ver con los del pasado, como los gigantescos sincrotrones, que proporcionan datos de importancia capital sobre el átomo. Las partículas atómicas recogidas al salir de ellos pasan por un separador, o dispositivo de cribadura, para ser luego examinadas y estudiadas por los físicos.

Las propiedades químicas de un elemento es el número de protones del núcleo (y en consecuencia, el número de electrones en órbita). La presencia o adición de neutrones en el cuerpo del núcleo no provoca ningún cambio en esas propiedades químicas. Es posible, de esta manera, tener dos átomos del mismo elemento con el mismo número de protones en el núcleo, aunque con un número distinto de neutrones. Ambos tendrán propiedades químicas idénticas, pero el núcleo de uno pesará más que el del otro. Esto es lo que se conoce con el nombre de «isótopos» del mismo elemento (en griego «iso» quiere decir mismo, y «topo», lugar). Todos los elementos tienen estos isótopos químicamente iguales pero físicamente distintos a causa de la diferencia en el peso de sus respectivos núcleos.

## La radiactividad

Al irse alterando la estructura de los núcleos del átomo por medio de la

incorporación de protones y neutrones, desde el más ligero de todos —el del hidrógeno— al más pesado —el del uranio— llegamos a un momento en que la acumulación de protones y neutrones causa una inestabilidad y que el núcleo comienza a desintegrarse, emitiendo fuera los protones y neutrones extra, o determinadas combinaciones de los mismos. Esta emisión de partículas o rayos es lo que se conoce con el nombre de radiactividad.

Al desintegrarse, los núcleos inestables de los elementos radiactivos emiten tres clases de radiaciones llamadas partículas alfa, partículas beta y rayos gamma. Las partículas alfa no son otra cosa que una combinación de dos protones y dos neutrones (núcleo del helio sin los electrones que giran en órbita en torno suyo). Gracias a los dos protones, estas partículas llevan una carga positiva. Las partículas beta son electrones con carga negativa que se mueven a enor-

mes velocidades. Los rayos gamma son radiaciones profundas y penetrantes.

Todos los núcleos que se desintegran vuelven en cierto momento a la estructura nuclear más estable posible. El tiempo que toma en desintegrarse la mitad del número original de átomos de una clase determinada es designado por los científicos con el término de media vida de un átomo radiactivo, o en otras palabras, de un radioisótopo.

## Transmutación de los elementos

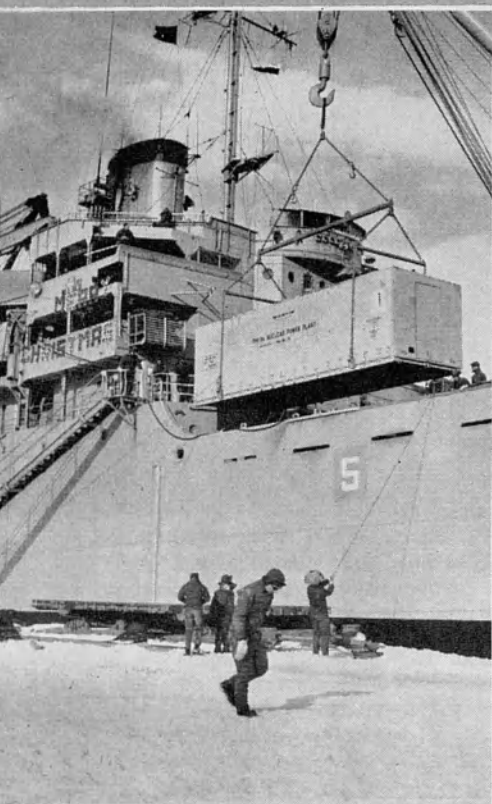
De acuerdo con la teoría de la estructura atómica a la que nos hemos referido a grandes rasgos, si un elemento difiere de otro sólo por el número de protones y neutrones existentes en el cuerpo del núcleo, es lógico pensar que pueda transformarse en otro elemento agregando a ese número —o quitándole— una

SIGUE A LA VUELTA



Foto © APN

## ENERGIA NUCLEAR EN LAS REGIONES POLARES



Las regiones polares no parecen muy indicadas para la instalación de plantas atómicas, pero ya cuentan por lo menos con dos de éstas. El rompehielos soviético «Lenin» (arriba, izquierda) opera regularmente en el hielo del Artico, equipado con un reactor nuclear. Abajo, otro reactor que suministra calor, energía y luz eléctrica a la estación norteamericana de estudios científicos instalada en la Antártida (estrecho de McMurdo). En la foto de la izquierda se ve el pequeño reactor al ser descargado allí en 1961. En la notable foto de la derecha se ve el reflejo invertido de una estación antártica de la Unión Soviética en un heliógrafo. Desde 1957 doce países colaboran en los estudios antárticos hechos en la llamada «Tierra de la Ciencia». Las mediciones llevadas a cabo con radioisótopos han revelado que la roca antártica más antigua data de unos 3.500 millones de años atrás.



Fotos Martin Company

### LAS PRODIGIOSAS VIRTUDES DEL ATOMO (cont.)

serie de protones y neutrones. En 1919 Lord Rutherford demostró la posibilidad de hacerlo así.

#### La fisión

En 1938 dos científicos alemanes —Otto Hahn y Strassmann— descubrieron que cuando chocan neutrones térmicos con el núcleo del radioisótopo Uranio 235, el núcleo queda dividido en dos partes casi iguales y hay una tremenda explosión de energía. ¿Cómo explicar este fenómeno? Ya en 1905 Einstein había demostrado que materia y energía son interconvertibles, y que si hubiera alguna manera de destruir la materia ésta reaparecería en forma de energía,

proceso regido por una simple ecuación:  $E = Mc^2$ , en que  $E$  es la energía liberada,  $M$  la masa convertida y  $c$  la constante de la velocidad de la luz: 300.000 kms. por segundo. La ecuación de Einstein explica satisfactoriamente el fenómeno de fisión nuclear observado en los experimentos de Hahn y Trassmann, y éstos llevaron a una serie de cálculos por los que quedó establecido que si se pudiera someter a fisión un kilo de Uranio 235, la operación liberaría una energía equivalente a la de 3.100 toneladas de carbón de gran poder calorífico.

#### El reactor atómico

La fisión de cada átomo de Ura-

nio 235 se ve acompañada no solamente por la liberación de energía sino también por la de dos o tres neutrones secundarios, que abandonan el núcleo en desintegración. Si un «moderador» del tipo del grafito o el agua logra disminuir la velocidad de esos neutrones, hará que los pueda absorber otro átomo de Uranio 235 presente en un trozo de uranio, causando otra fisión que a su vez liberará energía y junto con ella otros dos o tres neutrones. Así se establece una reacción en cadena, pudiéndose controlar la liberación de energía por el expediente de insertar en el proceso una sustancia como el boro o el cadmio, gracias a la cual se ajusta la absorción de neutrones secundarios. El aparato capaz de sostener de



Foto © APN

manera controlada el desarrollo de esa reacción en cadena se llama reactor.

## La energía nuclear

Una vez controlada la liberación de energía atómica que se produce en el reactor, puede hacerse uso de ella para calentar agua y producir vapor. Este, a su vez, hará que una turbina genere la electricidad necesaria para abastecer a una ciudad. Un reactor nuclear puede, de ese modo reemplazar a las calderas alimentadas a carbón, petróleo o gas de una planta corriente de energía térmica. Pero hay una diferencia enorme entre la escala de la energía resultante de los combustibles clásicos y la que proviene del uranio.

Un kilo de carbón que se quema genera 7,7 unidades (Kwh), y uno de petróleo, 12 unidades (Kwh) de energía: ¡pero la fisión de un kilo de uranio libera 23 millones de unidades (Kwh) de energía! Esta diferencia ha dado gran impulso al perfeccionamiento y desarrollo de los modernos reactores de energía nuclear, hasta el punto de convertirlos en la fuente más barata de energía que se conoce. Es posible ya generar un millón de kilovatios con un solo reactor nuclear que produzca energía al precio de 25 centavos de dólar la unidad (Kwh).

Contando con una fuente tan barata y abundante de energía eléctrica, la conversión en gran escala de agua de mar en agua dulce para fines domésticos e industriales se hace

completamente posible desde el punto de vista económico. En el futuro podrían crearse así grandes centros de energía en las costas del mar, con complejos agro-industriales que produzcan energía, agua, y abonos (de las sales del mar) todo lo cual tendrá un efecto extraordinario en el desarrollo económico de cualquier país.

Para aquellos países donde los recursos de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas) son limitados y donde la energía se necesita, no a un precio «competitivo» sino «a cualquier precio» para acelerar el ritmo del desarrollo económico —países como los de Asia, Africa y América Latina— la energía nuclear es una verdadera bendición; y hasta en los países altamente industrializados de Europa, así

SIGUE A LA VUELTA

## Naranjas y fresas perennemente frescas

como en la URSS, los E.E.U.U. y el Canadá, donde el carbón es barato y abundante, las plantas de energía nuclear están reemplazando a las clásicas simplemente porque el uranio es un combustible tan compacto que para alimentar una planta grande de energía atómica basta transportar una cantidad relativamente pequeña de él, ahorrándose así mucho dinero en transporte de combustible y líneas de transporte de energía a larga distancia (véase el artículo de la pág. 17).

El uranio natural contiene 99,3 % del isótopo Uranio 238 y 0,7 % del isótopo Uranio 235. Cuando un neutrón térmico choca en un reactor con átomos de Uranio 235 se produce la fisión atómica, obteniéndose una energía convertible en luz eléctrica, fuerza motriz, etc. Pero cuando los neutrones chocan con el núcleo del Uranio 238, presente en abundancia en el combustible del reactor, tiene lugar una transmutación por la que el Uranio 238 se convierte en un nuevo elemento: el neptunio. Luego de emitir una partícula beta, este neptunio se desintegra y convierte en otro elemento, el plutonio, elemento de larga vida, con un peso atómico de 239 y el número atómico 94.

Como el Uranio 235, el Plutonio 239 es fisionable. En otras palabras, mientras que el Uranio 235 se somete a la fisión y se consume, el Uranio 238 engendra el Plutonio 239, que al recobrase como subproducto del combustible consumido puede volver a ser reciclado en el reactor o usarse como combustible de un reactor nuclear autorregenerable, empleando en este caso neutrones rápidos, pero sin moderador. Es de esperar que la estructura y funcionamiento, vale decir, la técnica correspondiente a estos reactores, se perfeccione dentro de los próximos 10 o 15 años; si así ocurre, ello significará una verdadera revolución en el terreno de la energía.

Por ser un reactor una gran fuente de neutrones liberados en la fisión del uranio, se lo emplea para producir gran número de radioisótopos de diversos elementos, sea por el proceso de la transmutación o el de la activación. Por ejemplo, si se introduce azufre en el reactor, los neutrones lo convierten en fósforo radiactivo, que tiene una media vida de 14 días y medio; y si se introduce telurio, se convierte en iodo radiactivo, con una media vida de 8 días. De una manera similar, el cobalto ordinario se transforma al chocar con neutrones en cobalto radiactivo, que tiene una media vida de casi cinco años. Los radioisótopos así producidos «artificialmente» se han utilizado en muchas formas para resolver una serie de problemas en las esferas de la agricultura, la hidrología, la medicina y la industria. Los únicos límites que se puede poner a ese uso son los

que dicten la imaginación y el genio de quien los emplee.

El principio que informa el empleo de radioisótopos es el de que las radiaciones por ellos emitidos pueden ser captadas por instrumentos electrónicos de gran sensibilidad y registradas en una placa fotográfica, de forma que aunque se hallen presentes en cantidades minúsculas (de una en un millón, pongamos por caso) sea posible «rastrearlas».

■ **Agricultura.** Una de las aplicaciones importantes de la técnica del cuerpo indicador es, en el terreno de la agricultura, la determinación de la forma en que una planta absorbe del suelo los abonos o fertilizantes. Para ello se mezcla con la tierra un fosfato radiactivado y, por medio de las radiografías que se toman luego, se estudia la forma en que una planta absorbe el abono según los diferentes tipos de tierra en que se la coloque. De la misma manera, si se aplican fertilizantes radiactivados en diferentes etapas del crecimiento de una planta de arroz o de trigo (etapa de semillero, de floración, etc.) las radiografías pueden ayudar a determinar en qué momento debe aplicarse el abono para obtener el máximo de rendimiento.

■ **Medicina.** Por lo que respecta a la medicina, determinados órganos del cuerpo tienen marcada afinidad por ciertos elementos que absorben de la alimentación del sujeto. Por ejemplo, la tiroides absorbe todo el iodo que se tome, el hierro desempeña un papel vital para la corriente sanguínea y el cobalto ayuda a la síntesis de la vitamina B en el hígado. Así, cuando se administra a un paciente iodo radiactivo disuelto en agua, y se le coloca un «sondeador» contra la garganta, la emisión de electrones del iodo radiactivo queda registrada en el papel fotográfico del sondeador, dando idea de la forma en que funciona la tiroides del paciente.

En el diagnóstico y tratamiento actual de las enfermedades se viene usando, cada vez con mayor frecuencia, productos farmacéuticos radiactivados y radiomedicinas, hasta el punto de que cerca del 80 % de la producción total de isótopos y sus usos en la actualidad se destina a la medicina y a las cuestiones de salud pública.

■ **Hidrología.** La inyección de radioisótopos que puedan combinarse con el agua —el bromo, el iodo, el tritio— ha ayudado en hidrología a «rastrear» el movimiento de las corrientes subterráneas y a descubrir depósitos subterráneos de agua susceptible de utilizarse para el riego por medio del sistema del bombeo. De la misma manera, la dirección de la corriente y el volumen del agua de infiltración procedente de

los lechos de los canales de riego pueden ayudar a resolver los problemas del equilibrio de las aguas en las áreas anegadas.

En las bahías y puertos ha resultado particularmente feliz la utilización de cuerpos indicadores que determinan el movimiento del limo. Los estudios llevados a cabo con arena radiactivada no han favorecido solamente el dragado del limo sino su depósito en un lugar conveniente, evitándose así que las corrientes menores que la de régimen lo traigan de vuelta a las bahías. La Capitanía del Puerto de Londres parece haber reducido a la mitad su presupuesto de dragado como resultado de los estudios llevados a cabo con arena radiactivada.

Por más importante que sea la aplicación de radioisótopos como cuerpos indicadores, no lo es más que su uso como fuentes de radiaciones. Las usadas con mayor frecuencia son los rayos gamma del Cobalto-60 activado en un reactor. Estos rayos son tan profundos y penetrantes que se los ha podido utilizar para usos diversos en las siguientes esferas:

■ **Nuevas variedades de plantas.** Cuando se exponen a una dosis discreta de rayos gamma las semillas del arroz, el trigo, el maíz, la caña de azúcar, el tabaco, el algodón, el yute y hasta las de las flores, los cambios genéticos que sufren son profundos, con el resultado de que, una vez plantadas, las semillas así irradiadas dan una serie de plantas de gran rendimiento y gran resistencia a los insectos nocivos.

■ **Técnica de esterilización de los insectos.** Determinados insectos nocivos se aparean una sola vez en su vida. Se pueden criar machos de esa especie en el laboratorio produciéndolos en escala masiva y haciéndolos estériles luego mediante una dosis de rayos gamma. Al soltarse a esos machos esterilizados en el área afectada por los insectos nocivos de su especie, se acoplan con sus hembras y mueren. Su esterilidad hace que no nazca ninguna generación nueva; luego de algún tiempo también mueren las hembras, con lo cual se logra la destrucción completa de la especie. La erradicación del gusano que ataca al ganado en los Estados Unidos de América es uno de los éxitos en el terreno de la esterilización de los machos, aplicada también en el caso de la mosquita que ataca la fruta y en el de muchos otros insectos nocivos en diversas partes del mundo (véase el artículo de la pág. 18).

■ **Desinfección de los granos almacenados.** Las diversas clases de insectos y gorgojos que atacan a los granos almacenados son también objeto de ataque con rayos gamma. Los experi-

**EL MAR, UNA MINA DE URANIO.** No hay probabilidades de que al hombre le falte uranio para sus instalaciones nucleares; el mar que lo rodea es, virtualmente, un depósito ilimitado del precioso material. La corriente de Noruega, que pasa por el norte de las Islas Británicas y por la costa de aquella en camino hacia el Mar Artico, arrastra, disueltas en sus aguas, 250.000 toneladas anuales de uranio. Cada año, también, pasa por los estrechos de Florida y el estrecho del Japón un millón de toneladas del metal. Hace ya diez años que varios científicos británicos vienen experimentando diversas maneras de extraer la baja concentración de uranio en el agua de mar (3.3 microgramos por litro); no se ha encontrado todavía la forma económicamente interesante de llevar a cabo esa operación. El uso del óxido de titanio hidratado como absorbente da buenos resultados cuando se lo prepara en forma granular, como constata un científico en la foto.



Foto © Autoridad de Energía Atómica del Reino Unido

mentos llevados a cabo en este sentido en muchos países han demostrado que, si la dosis de los rayos está bien controlada, el trigo y el arroz expuestos a ellos no sufren ningún cambio significativo ni por lo que respecta a su gusto ni a sus propiedades nutritivas. Los rayos gamma no inducen ninguna radiactividad, de modo que los granos expuestos a ellos son totalmente inofensivos.

■ **Conservación de alimentos.** Pasado cierto tiempo en los estantes o en los refrigeradoras, la fruta fresca, el pescado, las aves, la carne y las verduras se descomponen. Los experimentos hechos con papas y cebollas han demostrado que los rayos gamma inhiben en ellos los inevitables brotes, y que luego de una ligera dosis de esos rayos ciertas variedades de naranjas y fresas, por ejemplos, siguen conservando su frescura. El pescado fresco dura varios días después de ese tratamiento, y el «bacon» se conserva luego de estar expuesto al Cobalto-60. Tan prometedores son los resultados obte-

nidos en este uso que no pasarán muchos años sin que sea común en tiendas y mercados ver alimentos conservados por irradiación.

■ **Cobaltoterapia.** Casi todo hospital moderno cuenta con una «bomba de cobalto», como se la llama. En una cámara rodeada de la protección correspondiente está guardada una bolita de cobalto radiactivo que, al abrirse aquélla, despiden un intenso haz de rayos gamma, utilizados en este caso para detener el crecimiento de tumores malignos y destruir los tejidos cancerosos, ayudando a muchos pacientes no sólo a vivir más tiempo sino también, en algunos casos, a curarse completamente.

■ **Esterilización de instrumentos y recursos médicos.** El poder letal de los rayos gamma se emplea también en la esterilización de una serie de instrumentos y material de uso médico, tales como jeringas, agujas, hojas de metal, suturas y ropa de cama y de sala de operaciones. En los países adelantados

las agujas hipodérmicas esterilizadas con rayos gamma son cosa de lo más corriente, y se las usa para una sola inyección, tirándose las luego.

■ **Radiografía.** La fuerza penetrante de estos rayos ha hecho también que se piense en usarlos para que denuncien los posibles defectos en la fundición de gruesas chapas de acero, piezas forjadas, juntas soldadas, pistones, cañerías, etc. En un extremo de la pieza que se supone defectuosa se coloca una fuente de cobalto, y en el otro extremo una película o placa fotográfica. La imagen que muestra los vacíos y defectos de la pieza la registran los rayos gamma al pasar por ésta. La radiografía industrial es ya una técnica bien establecida que ha ayudado a mejorar la calidad de ciertos productos y a que los interesados se dieran cuenta de los defectos de cientos de piezas diversas de metal.

■ **Injertos en la madera y las fibras.** Bajo la influencia de los rayos gamma se ha llevado a cabo con éxito el

SIGUE A LA VUELTA

## LAS PRODIGIOSAS VIRTUDES DEL ATOMO (cont.)

Injerto de determinados productos químicos (polímeros) en fibras y madera, a las que confieren propiedades nuevas. Muchas variedades de madera blanda se endurecen y hacen más útiles; y las fibras y textiles tratados con determinados productos químicos bajo la influencia de la radiación pueden ayudar a producir nuevos materiales.

■ **Compuestos químicos.** Se ha descubierto que los rayos gamma ejercen un efecto catalítico en ciertos procesos químicos, habiendo ayudado a constituir nuevos compuestos químicos que no se formarían dadas las reacciones químicas corrientes. Para la industria química este efecto tiene una utilidad y un valor incalculables.

■ **Medidas de espesor y densidad.** Las fuentes radiactivas que emiten partículas beta (electrones) se usan como medidores de espesor para asegurar la densidad uniforme de productos como el papel. Se ajustan los cilindros para que pasen por determinado espesor del papel que sale de la cadena de producción. Los electrones que pasen por ese espesor deseado son detectados por un contador de radiactividad que va controlando a su vez el ajuste de los cilindros. En cuanto un papel más espeso pasa por los cilindros, se detienen más electrones de la fuente radiactiva y hay menos detección por parte del contador, que acerca los cilindros hasta que se logra el espesor establecido en un principio. Y no sólo puede corregirse así enseguida un defecto en el espesor de un producto industrial como el papel, sino también saber cuál es la densidad del tabaco prensado dentro de un cigarrillo.

■ **Fijación de fechas arqueológicas.** Todos los fósiles y huesos arqueológicos contienen materia orgánica, y toda materia orgánica contiene carbón. El carbón natural tiene un porcentaje muy ínfimo del isótopo radiactivo carbono 14, que tiene una media vida de 5 700 años (aproximadamente). De este modo, si se colocan delante de detectores electrónicos ultrasensibles las muestras arqueológicas que contengan materia orgánica, se puede registrar y contar la débil emisión de radiaciones procedentes del carbono 14, determinándose por su intensidad la edad del carbono y, en consecuencia, la de la muestra arqueológica (véase el artículo de la pág. 22).

Los científicos han aprendido a domar el átomo para ponerlo al servicio del hombre, y su búsqueda de nuevos horizontes continuará, ya que ella es parte de la vida de todos ellos; pero así y todo son científicos, y no mandan en los destinos del mundo. Los hombres de Estado y los políticos tienen las llaves de dos puertas: una que lleva a la paz, al progreso y la prosperidad y la otra que conduce a la destrucción total. Roguemos porque prevalezca el buen sentido y la segunda puerta no sea abierta jamás.



Foto Laboratorio de Radiación Lawrence, Livermore, E.E. U.U.

## ¿UN NUEVO CANAL DE PANAMA ABIERTO CON EXPLOSIONES NUCLEARES?

Quizá, entre los tantos cambios de nuestra época, figure el de la geografía de nuestro planeta; los explosivos nucleares podrían ser utilizados para lograr excavaciones gigantescas, tal la de un nuevo canal de Panamá, más ancho, más profundo y sin esclusas. El dibujo de abajo muestra lo que sería esta formidable vía de agua creada toda al nivel del mar.



## Excavadores atómicos

# PARA ABRIR CAMINOS, CREAR PUERTOS Y RENOVAR LA GEOGRAFIA

por Carlo Schaerf

LUEGO de diez años de costosas investigaciones sobre la utilización de explosivos nucleares con fines bélicos, ciertos países empezaron a interesarse en la posibilidad de poner esos explosivos al servicio de la industria o de la ingeniería civil, y ello por razones esencialmente económicas.



Fotos Laboratorio de Radiación Lawrence

Arriba véase la mayor excavación artificial hecha por medio de una sola explosión; la realizada en Nevada el 6 de julio de 1962. La energía nuclear hizo allí en la tierra una mordedura de 365 metros de diámetro y 95 de profundidad. Nótese el tamaño de los camiones en el borde y el fondo del cráter. A la izquierda, impresionante cúpula de tierra, de entre 180 y 240 metros de diámetro, al levantarse 90 metros en el aire tres segundos luego de producirse una explosión nuclear subterránea a 190 ms. de profundidad. La explosión removió cerca de cinco millones 735.000 metros cúbicos de tierra. Este Experimento, «Project Sedan», fue el primero de la serie que la Comisión Norteamericana de Energía atómica realizara dentro del programa de estudios de los usos pacíficos de la energía nuclear al que ha dado el nombre de «Reja de arado».

Desde 1940 hasta la fecha se han invertido capitales enormes en el perfeccionamiento y fabricación de explosivos atómicos y la constitución de arsenales nucleares. Se cree que los de las grandes potencias contengan en la actualidad un poder explosivo equivalente a cien mil millones de toneladas de TNT, o sea treinta toneladas por cada habitante de la Tierra.

Tan enorme fuerza de destrucción ha quedado hasta ahora inoperante; y las potencias nucleares no solamente han evitado la confrontación militar directa que podría haber degenerado en guerra nuclear, sino también el uso de armas nucleares tácticas en todos

los conflictos locales en los que se han visto envueltas.

Como dijimos ya, se ha buscado utilizar la masa de datos científicos y técnicos de que se dispone en esta materia. A las razones de tipo económico se han ido agregando otras de orden psicológico y hasta político. Los que perfeccionaran las técnicas de los explosivos nucleares querían demostrar, en efecto, que aquéllas no estaban destinadas forzosamente a aplicaciones nocivas para la humanidad y que, sabiamente empleadas, podían aumentar la prosperidad del mundo y alejar, por consiguiente, el peligro de un holocausto nuclear. Hasta el nombre del programa norteamericano de utilización pacífica de los explosivos nucleares mejor conocido: «Project Plowshare» (Reja de arado) constituye un reflejo concreto de esa actitud.

Las ventajas de los explosivos nucleares frente a los clásicos son su tamaño más compacto, más reducido, y su bajo costo, y su inconveniente, el

peligro de contaminación radiactiva. Es evidente que no se puede hacer uso de esos explosivos sino cuando se necesite proceder a explosiones verdaderamente grandes y en zonas relativamente deshabitadas. Se puede pensar en usarlos para construir, por ejemplo, un nuevo puerto en el norte de Alaska o en la Australia occidental, para abrir un canal marítimo en Libia o para liberar depósitos subterráneos de gas en Nuevo México, pero a menos que se proceda con extrema cautela, será difícil hacerlo en Europa o en otras zonas densamente pobladas del mundo.

La Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas fue el primer país en dar cuenta en una declaración oficial de sus estudios sobre la utilización pacífica de los explosivos nucleares. El jefe de su delegación, Andrei Vishinsky, decía en 1949 a las Naciones Unidas: «Ya en estos momentos la Unión Soviética utiliza la energía atómica con fines pacíficos y no militares en beneficio de su propia economía.

---

**CARLO SCHAERF**, físico italiano, encargado de cursos en la Universidad de Roma y director de un proyecto experimental de los laboratorios del Centro Italiano de Energía Nuclear instalado en Frascati, ha organizado cursos sobre desarme y control de armamentos en el marco del movimiento Pugwash.

## Mil millones de dólares de economía

Gracias a esta nueva forma de energía estamos nivelando las montañas, restando los desiertos, abriendo caminos en medio de la selva y de la tundra y haciendo penetrar la vida, la prosperidad y el bienestar en regiones donde no había trazas de presencia humana desde hacía miles de años.

El primer estudio de conjunto sobre el uso de explosivos nucleares para trabajos de excavación es obra de un grupo de técnicos soviéticos y se publicó en 1956.

En 1957 los Estados Unidos lanzaron a su vez un programa de investigación sistemática de todas las posibilidades de aplicación de las explosiones nucleares, tanto en la superficie de la Tierra como a cierta profundidad. Esta investigación dio origen al proyecto llamado «Reja de arado».

Dentro del marco de éste se trató de determinar si era posible hacer excavaciones importantes recurriendo a los explosivos nucleares. El esfuerzo se concentró en la búsqueda de medios que permitieran reducir lo más posible la radiactividad producida por dichos explosivos y en el estudio de las técnicas a utilizar en esas excavaciones: disposición de las cargas, profundidad de la explosión, etc. Al mismo tiempo se examinaba la posibilidad de recurrir a las explosiones nucleares a gran profundidad para la explotación de ciertos metales.

Los resultados de esas experiencias, estimulantes desde el punto de vista técnico, han confirmado de todos modos el grave peligro que se temía existiera.

Entre las posibles aplicaciones de los explosivos nucleares para trabajos de ingeniería civil (excavación de canales o de puertos artificiales, apertura de pasos en la montaña para carreteras o vías férreas, etc.) la que se ha estudiado más a fondo es la excavación de un segundo canal de Panamá. Hace ya tiempo que se viene discutiendo este problema por haberse previsto que para 1970 el canal actual no podrá ya absorber todo su tráfico potencial, aparte del hecho de que resulta ya demasiado pequeño para ciertos tipos de navíos, como los portaaviones y los grandes buques-tanques.

Existen actualmente varios proyectos de modernización del canal. Según uno de ellos se ensancharía el ya existente manteniendo su elevación sobre el nivel del mar, pero disminuyendo el número de esclusas a franquear. Esta obra costaría unos mil millones de dólares. Otro de los proyectos prevé la construcción de un segundo canal al nivel del mar, obra que plantea el problema del tipo de explosivos (químicos o nucleares) a utilizarse para la excavación correspondiente.

De seguirse las técnicas tradicionales, la construcción de un canal al nivel del mar en los alrededores del ya existente costaría dos mil millones de dólares, cifra en la que se tiene en cuenta la necesidad de mantener en funcionamiento el canal durante la construcción del nuevo.

Pero este último tendría que atravesar zonas densamente pobladas, en que el uso de explosivos nucleares es impensable. Por otra parte, se ha localizado, a unos 160 km. al este del antiguo canal, un curso particularmente adaptado al uso de explosivos nucleares. El canal tendría unos 160 km. de largo, en vez de los 80 del actual, y atravesaría una zona montañosa poco habitada que se eleva a 350 metros por sobre el nivel del mar. Ciertas evaluaciones preliminares han indicado la necesidad de emplear unas 300 cargas de explosivos nucleares, equivalentes en total a unos doscientos millones de toneladas de TNT (trinitrotolueno).

La excavación de este canal vendría a costar unos mil millones de dólares. Los residuos radiactivos de las explosiones nucleares contaminarían una zona más bien vasta, como consecuencia de lo cual cerca de 25.000 personas se verían obligadas a abandonar la e instalarse en otra parte por varios años.

Para pasar a otro aspecto de la cuestión, es necesario decir que las explosiones nucleares completamente subterráneas tienen la indudable ventaja de no producir ninguna ceniza radiactiva y de poderse efectuar, en consecuencia, en zonas relativamente vecinas a centros habitados. De todos modos —por lo menos en un principio— habría que limitar las explosiones de esta clase a las zonas deshabitadas, por el riesgo que se corre de que provoquen efectos sísmicos en las zonas vecinas.

El interés que presentan las explosiones subterráneas desde el punto de vista comercial está en la posibilidad que ofrecen de fracturar a bajo costo enormes masas de rocas, lo cual permitiría utilizar sin mayores desembolsos yacimientos de minerales o de gases cuya explotación, por el bajo contenido de unos u otros, no resultaría rentable con las técnicas clásicas. Las explosiones deberían efectuarse a una profundidad de 600 a 1.000 ms.

El resultado final será un túnel cilíndrico en forma de chimenea de unos 100 metros de diámetro y varios cientos de metros de alto, todo lleno de roca fracturada. El volumen de la cavidad obtenida es, aproximadamente, proporcional a la potencia de la explosión. En torno a la cavidad aparecen enormes fracturas que se prolongan hasta las rocas cercanas. Si se hace explotar rocas que tengan aprisionados gases naturales, éstos se escaparán por las fisuras de la cavidad

central, donde se los podrá recoger y llevar a la superficie por métodos tradicionales. La cavidad producida por la explosión podrá servir hasta como depósito de gases.

Si la explosión se produce en rocas que contengan cobre, se puede proceder a la disolución de los depósitos de éste y hacer circular luego el líquido por las rocas fracturadas de la cavidad para subirlo luego por bombeo a la superficie.

En Estados Unidos se hallan a estudio diversos proyectos de explotación de gases naturales: los llamados «Gasbuggy», «Dragon Tail» y «Rulison». Fuera de ello, la Comisión Australiana de Energía Atómica se interesa en colaborar con los Estados Unidos en la explotación de sus yacimientos de metales y de gases naturales por medio de la energía atómica.

El «proyecto» Gasbuggy está en vías de realización, habiéndose realizado la primera explosión subterránea en diciembre del año pasado en el Leandro Canyon (Nuevo México). Inmediatamente después de la explosión no se ha registrado la caída de ninguna «ceniza» radiactiva y, según los aparatos subterráneos de control, la chimenea rocosa que se ha formado a raíz de la explosión es aproximadamente del tipo y las dimensiones previstas. Pero tienen que haber pasado ocho meses completos (el tiempo necesario para la caída de productos radiactivos de corta vida) para poder extraer gas subterráneo y conocer su grado de radiactividad y el aumento verdadero en el rendimiento.

Siempre dentro del marco de la obra llamada «Reja de arado» está también el proyecto norteamericano que lleva el nombre de Ketch y que consiste en estudiar la forma de crear, por medio de explosiones nucleares, cavidades subterráneas para el almacenamiento de gases naturales. Sólo en los alrededores de los yacimientos constituyen éstos una forma económica de energía en razón de los gastos elevados que importa su almacenamiento. Pero si se pudiera proceder a éste en grandes cavidades subterráneas creadas sin grandes gastos, podría conducirse el gas a regiones alejadas del centro de producción y almacenarlo allí. En los Estados Unidos hay zonas densamente pobladas pero absolutamente desprovistas de cavidades naturales para el almacenamiento. El primer ensayo del «Proyecto Ketch» tendrá lugar probablemente en el bosque de Spraul en Pennsylvania, Estado que no autorizará la experiencia sino después de recibir todas las garantías necesarias a la seguridad de la población.

Se puede decir, en conclusión, que las aplicaciones pacíficas de los explosivos nucleares presentan actualmente un interés innegable.





Aquí vemos a los técnicos en un laboratorio de control de radiación perteneciente a una planta de energía atómica —donde deben ponerse ropa especial que los proteja contra la radiactividad— examinar una pieza de la maquinaria del reactor. Las verificaciones de este tipo, junto con las estrictas precauciones de protección que se toman, han dado a las estaciones de energía nuclear —y también a todo sitio donde se haga uso de la energía atómica— un nivel de seguridad superior al que reina en casi todas las industrias principales.

Foto © EDF, París

Primero viene  
la protección

# ENJAULAR LA RADIATIVIDAD

por Stanley White

**E**n 1949 el malogrado Sir John Cockcroft, uno de los pioneros de los usos pacíficos de la energía atómica —de los que se transformó en guía sabiamente conocedor— predijo la producción de electricidad por ese medio a la vuelta de pocos años. La profecía de Sir John se cumplió en 1954, al comenzar en la Unión Soviética el funcionamiento de un reactor nuclear que producía cinco millones de vatios de energía. Dos años más tarde empezaron a funcionar otras estaciones en Francia y en el Reino Unido, seguidas rápidamente de otra en los Estados Unidos de América.

El mundo entero siguió la marcha de estas plantas iniciales, y en las dos primeras conferencias organizadas por las Naciones Unidas en Ginebra sobre los usos pacíficos de la energía atómica se reveló una amplia serie

de datos acerca del funcionamiento de aquéllas, datos con los que se demostró tanto la posibilidad de obtener energía del átomo como la seguridad que cabía establecer en ese proceso.

Desde entonces se ha trabajado incansablemente para mejorar los métodos y abaratar ese modo de producir energía. La solución ha aparecido por fin en estos últimos tres años; ahora se sabe claramente que, si se la produce y usa en gran escala, la energía nuclear será más barata que la extraída del carbón, del petróleo y del gas.

Esta convicción ha suscitado un aumento notable del número de estaciones nucleares. En las plantas de energía de 16 países (1) habrá este año 94 reactores en pleno funcionamiento que generarán 14.000 millones de vatios (megavatios). Al mismo tiempo se construyen muchos otros,

la mayor parte de los cuales son más potentes todavía que los ya conocidos; dentro de cuatro años el doble de reactores que los citados (cerca de 200) producirán cinco veces más energía que ellos.

Las predicciones para el futuro se están corrigiendo continuamente; mientras las cifras aumentan cada vez, en este momento se espera que para 1980 la cantidad de energía que se produce llegue a ser de 350.000 megavatios, lo suficiente como para hacer funcionar 50.000 grandes fábricas o satisfacer la demanda de electricidad de 100 ciudades tan grandes como París. También —si no se ejerce el debido control— podrían fabricar el plutonio suficiente como para hacer veinte bombas atómicas por día. Pero el plutonio es mucho más valioso como productor de energía.

Hay dos razones para todo esto; una, que la energía producida en esta forma se va haciendo rápidamente cada vez más barata, tendencia que ha de continuar gracias a los adelantos de la técnica, al aumento de la demanda y a los nuevos conocimientos en la materia. La otra razón es

STANLEY WHITE, escritor de temas científicos que trabajara previamente para la Autoridad de Energía Atómica del Reino Unido, forma parte actualmente del personal de la Organización Internacional de Energía Atómica con sede en Viena.

(1) Alemania Oriental, Bélgica, Canadá, Checoslovaquia, Francia, España, Estados Unidos de América, India, Italia, Japón, Noruega, Reino Unido, República Federal de Alemania, Suecia, Suiza, Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas.

que la cuidadosa atención que se presta al aspecto de la seguridad, de la protección contra el peligro de las radiaciones, satisface las exigencias de las autoridades, y que la experiencia recogida en el funcionamiento de las plantas atómicas, tanto como los esfuerzos de aquéllas, han hecho mucho para tranquilizar al público.

La mayor parte de una estación de energía nuclear se parece mucho a cualquier otra planta corriente. El calor produce vapor, que hace funcionar las maquinarias productoras de energía, de las que la electricidad sale por medio de cables. En muchas estaciones de tipo clásico el calor se produce quemando carbón, petróleo o gas, y en otras la energía viene de un agua que corre o cae a gran velocidad. En las estaciones nucleares la energía que se obtiene al dividir átomos de uranio, o en algunos casos de plutonio, sale en forma de calor. Al producirse la fisión también ocurre que en el centro del horno atómico se crean nuevos elementos, algunos de ellos altamente radiactivos.

Si no se la contuviera con las medidas de seguridad que se toman, esta radiactividad podría causar un gran daño, pero afortunadamente se conocen bien los medios de controlarla: tan bien como los medios de controlar el fuego de los hornos clásicos. Así y todo, tanto los científicos como los ingenieros no sólo han aceptado de buen grado todas las condiciones que se les han impuesto, sino que en todo lo relativo a la radiación han impuesto ellos-mismos restricciones todavía más grandes.

Al estudiarse la descarga en el mar de los desechos radiactivos de la fábrica británica Windscale se descubrió que en la región se fabricaba un pan de ova, alga marina del lugar. Consume ese pan un grupo relativamente pequeño de gente que vive a unos 330 kms. de allí, pero desde que el alga tiende a absorber el rutenio radiactivo, la cantidad de éste presente en los desechos arrojados al mar tenía que ser lo suficientemente baja como para que no afectara a esos consumidores.

Al determinar la cantidad de desechos a descargarse de la estación de energía nuclear de Bradwell, también británica, lo que tuvo influencia en la decisión a adoptarse fue el hecho de que las ostras pudieran absorber el zinc radiactivo.

Todavía mayores fueron las precauciones tomadas al prepararse una cañería por la que arrojar al mar el desecho de la planta de energía atómica de Winfrith, en el sur de Inglaterra. Al saberse que un pescador de la costa consumía por término medio unos 120 gramos de carne de langosta por día —cuatro veces más que la cantidad «per capita» consumida en promedio en todo el país por lo que se refiere a pescados y mariscos— se extendió la cañería, con un gasto considerable, hasta un punto situado mar

adentro, mucho más allá de la zona donde se crían las langostas.

En la planta norteamericana de Hanford una encuesta permitió descubrir que algunos residentes de la localidad que pescaban mucho en el río tenían la costumbre de comerse no sólo la carne del pescado, sino también las espinas. Los peces tienden a absorber fósforo radiactivo que queda fijado en las espinas, y desde que entre los desechos de bajo nivel de radiación lanzado al río había cierta cantidad de fósforo radiactivo, se consideró necesario no solamente reducir la proporción del mismo sino volver a proyectar la planta de tratamiento del líquido a arrojarse al río.

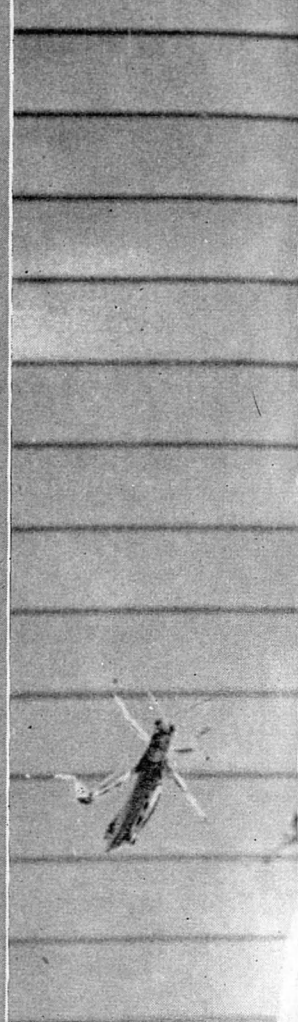
Las medidas citadas obedecen todas al cuidado que se pone en evitar que contaminen los alimentos cantidades perjudiciales de radiactividad. Este es sólo uno de los factores que se consideran siempre al proyectar cualquier tipo de reactor y al decidir dónde se lo habrá de instalar. Hay que recurrir a la meteorología, a la sismología, a la geología, a la biología y a la entomología, fuera de las ciencias que tratan de los aspectos técnicos y nucleares.

Se trate de una planta de energía, de un reactor de ensayo o de un laboratorio, se tiene siempre gran cuidado de recordar a los que trabajan allí que la radiación puede ser peligrosa. Al discutir el funcionamiento de un reactor antes de que llegue a «un punto crítico» o a la etapa en que se produce una reacción en cadena, se usan términos como «máximo accidente creíble». El hecho de estar expuesto a la radiación se expresa en términos de «dosis máxima permisible» y las señales de alarma tienen palabras como «scram» (largarse) que se ha interpretado como «correr a todo lo que da». Para el lego estos términos deben parecer alarmantes, pero ¿qué dicen los hechos? Todavía no ha ocurrido un accidente de reactor en una planta de energía que haya tenido efectos perjudiciales para el público. Ha habido unos cuantos accidentes al manejar materiales y en otros tipos de reactores y estos accidentes han afectado a unos cuantos obreros, pero en conjunto la seguridad es mayor que en casi todas las industrias principales.

El estudio completo e incesante de la cuestión nos permite saber mucho más de los efectos de la radiación que lo que sabemos de los riesgos mucho más comunes que la gente corre cada día y a consecuencia de los cuales tantos pierden la vida. Sabemos poquísimo o casi nada, por ejemplo, de los peligros que representa la contaminación de los gases despedidos por los automóviles o la de otras formas de desperdicio industrial. Las plantas de energía nuclear han de ayudar considerablemente a aliviar el problema de la contaminación del aire, ya que lo poco que se escapa de ellas se filtra cuidadosamente y suelta luego sólo a alturas que garanticen que, al llegar al nivel del suelo, la radiactividad es

Para crear un nuevo arsenal de armas con que combatir a los insectos que destruyen los alimentos y propagan enfermedades los científicos han recurrido últimamente a las técnicas nucleares. En el Asia, el insecto horadador del tallo del arroz destruye anualmente el 14 % de la cosecha. En los Estados Unidos de América, el gusanillo que ataca la mazorca de maíz causa perjuicios por valor de 400 millones de dólares anuales. En la foto se ve a un biólogo estudiando las langostas saltonas en el Laboratorio Norteamericano de Argonne (Illinois) donde se perfeccionan varios de esos métodos nucleares de lucha contra los insectos.

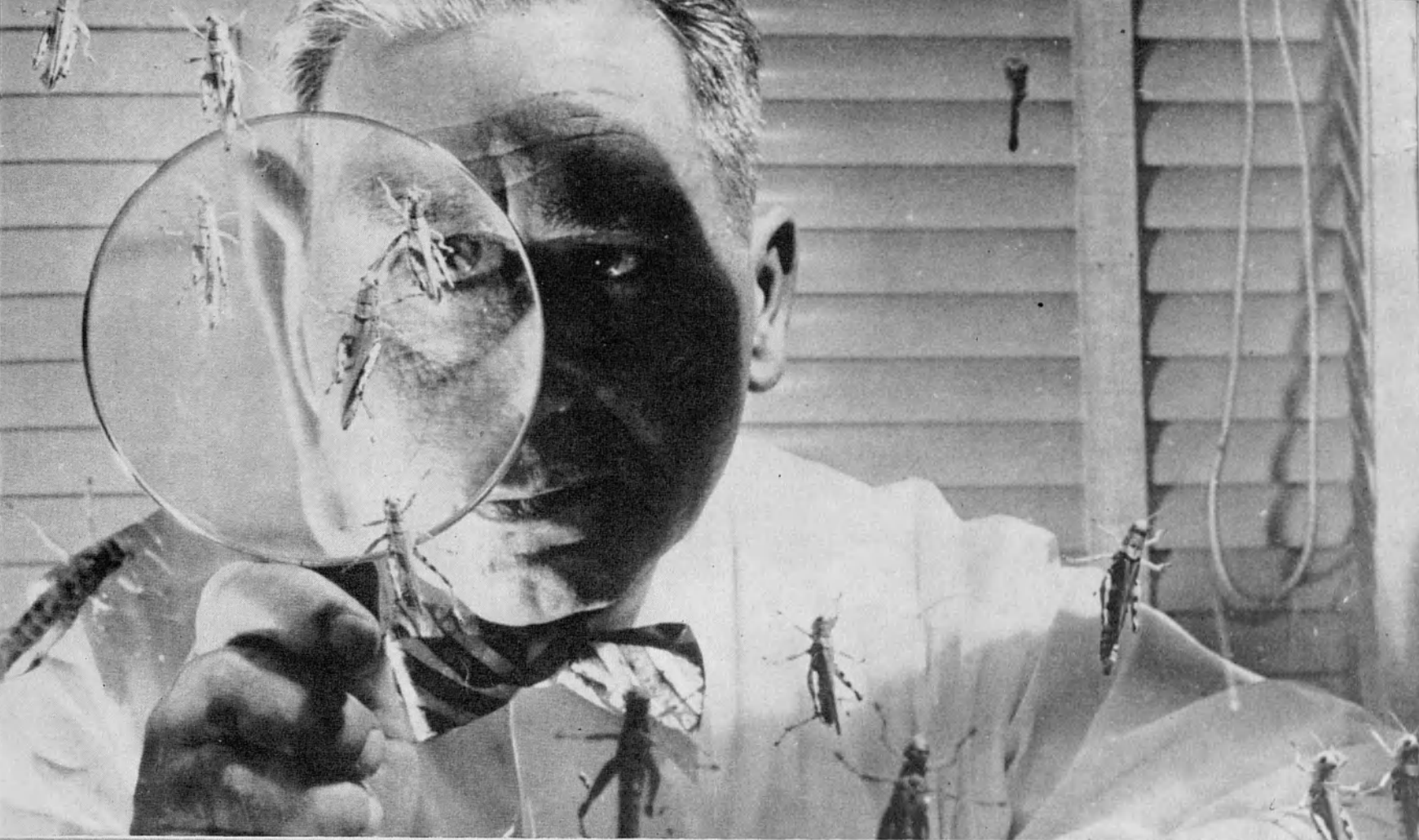
Foto USIS



**D**e los varios millones de clases de insectos existentes en la Tierra sólo unos pocos son dañinos para el hombre y el ambiente biológico en que éste se mueve. Pequeño como es el porcentaje, causa sin embargo incontables perjuicios. Se calcula que una quinta parte de los alimentos que se producen en el mundo se pierde porque se la comen o la estropean los insectos dañinos, y que estos causan también pérdidas inmensas entre los animales domésticos o los que se crían por su carne, aparte de lograr derrumbar edificios, destruir bosques enteros y causar la muerte entre los hombres.

Desde que se inventó la escritura se ha dejado constancia de los estragos causados por esos insectos nocivos. Hasta la mitad del pescado que se conserva en Africa lo consumen éstos, y con los granos que destruyen se

**DONALD A. LINDQUIST** es jefe de la Sección de Erradicación de Insectos y Lucha contra los Parásitos que constituye una división mixta de la FAO (Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) y la OIEA (Organización Internacional de Energía Atómica) por dedicarse precisamente a las aplicaciones de la energía atómica en las esferas de la alimentación y la agricultura.



# BODAS DE CAPRI

## Lo que la era atómica depara a las moscas

por **Donald A. Lindquist**

podría alimentar todos los años a 50 millones de bocas.

En la mayor parte de los casos la primera línea de ataque es el uso de insecticidas, sistema de lucha que seguirá en vigencia por espacio de muchos años. Desgraciadamente, los insecticidas tienen varias desventajas: la de matar a muchos insectos benéficos; la de dejar residuos quizá perniciosos en las cosechas, la carne y la leche, o la de hacer que a la larga ciertos tipos de insectos se vuelvan inmunes a ellos.

Gracias a las técnicas descubiertas y perfeccionadas en la explotación de la energía atómica están surgiendo métodos de control y de lucha más precisos y de aplicación más ventajosa. En esta lucha la energía atómica puede utilizarse esencialmente de dos maneras. Una de ellas es aprovechar los efectos de la radiación en el ataque directo; la otra, utilizar la que se desprende de los radioelementos o radioisótopos para marcar a los insectos y los materiales empleados, obteniendo así información sobre sus costumbres, su ciclo vital, la estructura de sus cuerpos, su alimento, los efectos

que tienen sobre ellos la radiación y ciertos productos químicos, así como todos los otros factores a tenerse en cuenta cuando se prepara una campaña de eliminación de los mismos.

La Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA) y la de Alimentación y Agricultura (FAO) colaboran activamente para explorar y desarrollar los múltiples y diversos métodos nucleares de que se dispone para esa lucha. Sus expertos cuentan con el apoyo de entomólogos y científicos de muchos países, así como con el de otras organizaciones internacionales, regionales o nacionales.

Se ha visto que al exponer a ciertos insectos cuando crecen a un tipo y a una intensidad de irradiación determinados, algunos, aunque en todos los demás sentidos seguían siendo normales, quedaban estériles. Cuando un insecto así se apareja con una hembra fecunda, no hay descendencia: este hecho ha permitido crear la técnica del «macho estéril» para luchar contra los insectos o para eliminarlos.

Dicho en los términos más sencillos posible, la técnica se basa en el hecho de que una hembra normal criada en

libertad se acoplará igualmente con un macho estéril que con uno normal. Por consiguiente, si tiene frente a sí nueve machos estériles y uno criado en libertad, nueve veces de cada diez se acoplará con uno estéril y no tendrá sucesión. Cuanto mayor sea la cantidad de machos estériles que tiene frente a sí, menos oportunidad habrá de acoplamiento para los machos y hembras normales, y si los primeros se hallan presentes durante varias generaciones sucesivas la población de insectos criados en libertad quedará reducida a cero, siempre que no se produzca la reinfestación.

El primer ejemplo de aplicación práctica de esta técnica se produjo en el sudeste de los Estados Unidos en la lucha contra el «screwworm», la mosca que pone sus huevos en las heridas de los animales de sangre caliente. La larva que surge de esos huevos causa a menudo la muerte a menos que se trate el animal, con las consiguientes pérdidas de ganado en pie y animales monteses, siempre crecidas.

Para criar y esterilizar millones de estas moscas por semana se creó en Florida una verdadera fábrica; cuando los machos estuvieron suficientemente crecidos se los soltó desde un avión

SIGUE A LA VUELTA



BODAS DE CAPRI (cont.)

## Novios que han perdido el genio de la especie

sobre toda la zona por donde campeaban los otros, y se logró terminar completamente con éstos por acoplarse las hembras más frecuentemente con los estériles que con los silvestres. Y aunque la cosa costara 10 millones de dólares, la mosca causaba pérdidas de 20 millones por año como promedio a los criadores de ganado de la región. El empleo de esta técnica se ha extendido ahora a los estados norteamericanos del sudoeste del país y a los del norte de México.

Con el estímulo de este éxito, empezó a estudiarse la posibilidad de hacer lo mismo con otras especies nocivas de insectos: por ejemplo, la *Ceratitis capitata* o mosca mediterránea de la fruta, que causa también serias pérdidas todos los años. Muy parecida a la mosca corriente, esta especie se ha extendido mucho más allá del Mediterráneo, llegando en los últimos años a establecerse en las tres Américas. Los estudios demostraron que también en este caso cabía aplicar la técnica del macho esterilizado.

20

En la América Central tiene lugar actualmente una demostración en gran escala, patrocinada por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo en colaboración con la OIEA (Organiza-

ción Internacional de Energía Atómica), la FAO (Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), la Organización Internacional Regional para la Protección de Animales y Plantas (OIRPAP), los Gobiernos de México, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá (todos miembros de esta última) y el de los Estados Unidos de América.

Ya se han resuelto muchos de los problemas planteados por la necesidad de convertir un trabajo de laboratorio en obra a llevarse a cabo sobre el terreno y en gran escala. Actualmente se crían y esterilizan por semana más de 50 millones de machos, la mayor parte de los cuales se largan al aire en dos zonas elegidas para el experimento. Los estudios siguen mientras tanto para contar con métodos todavía más eficaces de cría, manejo, lanzamiento desde los aviones, colocación y funcionamiento de trampas para los insectos, y transporte. Se espera que al terminar la operación se haya logrado perfeccionar mucho los métodos que hagan posible el acabar con la mosca en muchas partes del mundo o el luchar eficazmente contra ella.

En Italia, donde la Organización

Internacional de Energía Atómica colabora con la Comisión Nacional dedicada a la misma cuestión, se hacen otros estudios del mismo tipo. Allí también se quiere demostrar —y en 1967 se lo ha hecho en las islas de Capri e Ischia de manera concluyente— que la técnica del macho esterilizado tiene una eficacia innegable. Este año los experimentos se dedican al uso de helicópteros para soltar las moscas esterilizadas y a fijar el mínimo de éstas necesario para lograr la eliminación total de la especie nociva de acuerdo con las condiciones locales.

La misma técnica parece presentar excelentes perspectivas para el control o la erradicación de la mosca de la aceituna, también muy parecida a la mosca doméstica. Por dedicarse a un solo fruto, es fácil determinar su máxima distribución en el país. Los trabajos preliminares hechos en Grecia han demostrado que la técnica resulta eficaz si se utilizan jaulas construidas sobre los olivos. La escala de los experimentos ha de aumentar en los próximos años; el problema que queda por resolver es el de cómo criar grandes números de machos sin desembolsar sumas enormes, y en este aspecto de la cuestión se llevan a cabo mi-



Foto © Henri Cartier-Bresson

Los olivares, sostén principal de tantos cultivadores en el Mediterráneo, se ven devastados con frecuencia por una mosquita que destruye sus frutos. Una serie de experimentos estimulantes ha demostrado hace poco cómo se puede limitar y quizá liquidar definitivamente la mosca de la aceituna por el tratamiento de la irradiación, que hace estéril al macho de la especie.

nuciosos estudios en el laboratorio que la OIEA tiene en Seibersdorf, cerca de Viena, así como también en Portugal y en España.

Los expertos de los Estados Unidos de América y del Canadá han demostrado que también se puede luchar en esta forma contra la alevilla o polilla de la manzana, que también ataca a la pera y otras frutas en todas partes del mundo. Los insecticidas resultan eficaces contra ella, pero matan frecuentemente otros insectos benéficos, dejando libres para dañar a la fruta otras especies perjudiciales.

La diferencia entre el uso de los insecticidas y la técnica del macho esterilizado es grande. Un cultivador de olivos puede recurrir a los primeros en su olivar y lograr resultados positivos. Pero si recurre a los machos esterilizados las moscas de la oliva se dispersan rápidamente y toman otro rumbo. Para evitar que así ocurra, hay que emplear la técnica en zonas muy vastas, colaborando en la operación más de un país. Y si se quiere terminar definitivamente con el insecto nocivo, hay que tener también en cuenta el problema de la reinfestación.

Si se ha estudiado antes la cuestión como es debido, la técnica del macho esterilizado puede resultar particularmente eficaz contra la aparición de insectos nocivos en una zona o país determinado. La mosca mediterránea

apareció en la América Central a mediados de la última década. Si para ese entonces se hubiera perfeccionado la técnica de que hablamos, la amenaza podría haberse conjurado con un programa relativamente poco costoso. Lo mismo puede decirse de las pocas veces que el insecto se presentó en los Estados Unidos de América y de la vez que se lo encontró en Santiago de Chile. En todas estas ocasiones se echó mano a los insecticidas para acabar con la mosca mediterránea. Pero la técnica del macho esterilizado habría resultado muy útil dadas las condiciones en que el insecto aparecía, y quizá llegue el día en que automáticamente se la ponga en funcionamiento para evitar que alguna nueva amenaza se haga realmente seria.

No son éstas las únicas perspectivas interesantes. En la reunión internacional más reciente dedicada a la cuestión en Viena se habló de garrapatas, afidios, mosquitos, avispas, langostas saltonas, insectos xilófagos de la caña de azúcar, gorgojos del algodón, orugas del pino y la mosca tsé-tsé, por no mencionar sino unos pocos insectos peligrosos que pueden combatirse así.

Unas pocas palabras, ahora, sobre la mosca tse-tsé, que hace estragos en vastas zonas de África, tanto entre el hombre como entre los animales. Todavía se está demasiado en los comienzos como para hacerse ilusiones de acabar con ella, pero se sabe lo suficiente como para pensar que las nuevas técnicas nucleares asociadas a otros procedimientos científicos pueden, pese a las dificultades del problema, proporcionar a la larga un alivio contra el terrible mal. Quedan muchos estudios de estudios por hacer y mucho dinero que gastar... si se lo halla. Aún queda por criar en cautividad un macho de la mosca tse-tsé lo suficientemente vigoroso como para que pueda competir con el ejemplar silvestre. Los alimentos que se han encontrado para que crezca no han resultado todavía tan eficaces como la sangre caliente de un animal herido o enfermo.

Pasando ahora a los radioisótopos, cabe decir que éstos han proporcionado a los científicos el medio de investigar secretos de la naturaleza en una escala tan menor que antes de ellos no se habría pensado nunca en lograrlo. El poder marcar a los insectos con una sustancia como el fósforo radiactivo ha permitido a los entomólogos seguir el movimiento de los insectos en condiciones completamente naturales.

Si un grupo de moscas mediterráneas marcadas en esta forma, por ejemplo, se sueltan en un naranjal, es posible seguir sus movimientos con la mayor precisión por medio de un contador Geiger. Así se vio que no se mueven sino unos pocos cientos de metros, hecho importante a tenerse en cuenta siempre que se use la técnica del macho esterilizado.

Otra aplicación útil de los insectos

marcados por la radiactividad es la que puede hacerse en los estudios sobre densidad de población insectil. Se suelta, por ejemplo, un número determinado de insectos marcados y, pocos días después, se ponen trampas para aprisionarlos. La proporción de insectos marcados con respecto a los no marcados puede servir para calcular la población silvestre en la zona elegida.

Cuando no se puede disponer de trampas eficaces, lo que hay que hacer es marcar a los insectos con radioisótopos que emiten rayos gamma, como el cobalto 60. Hay instrumentos portátiles capaces de detectar estos rayos gamma a varios metros de distancia, permitiendo localizar con precisión al enemigo por la noche, en la tierra, en los troncos de los árboles.

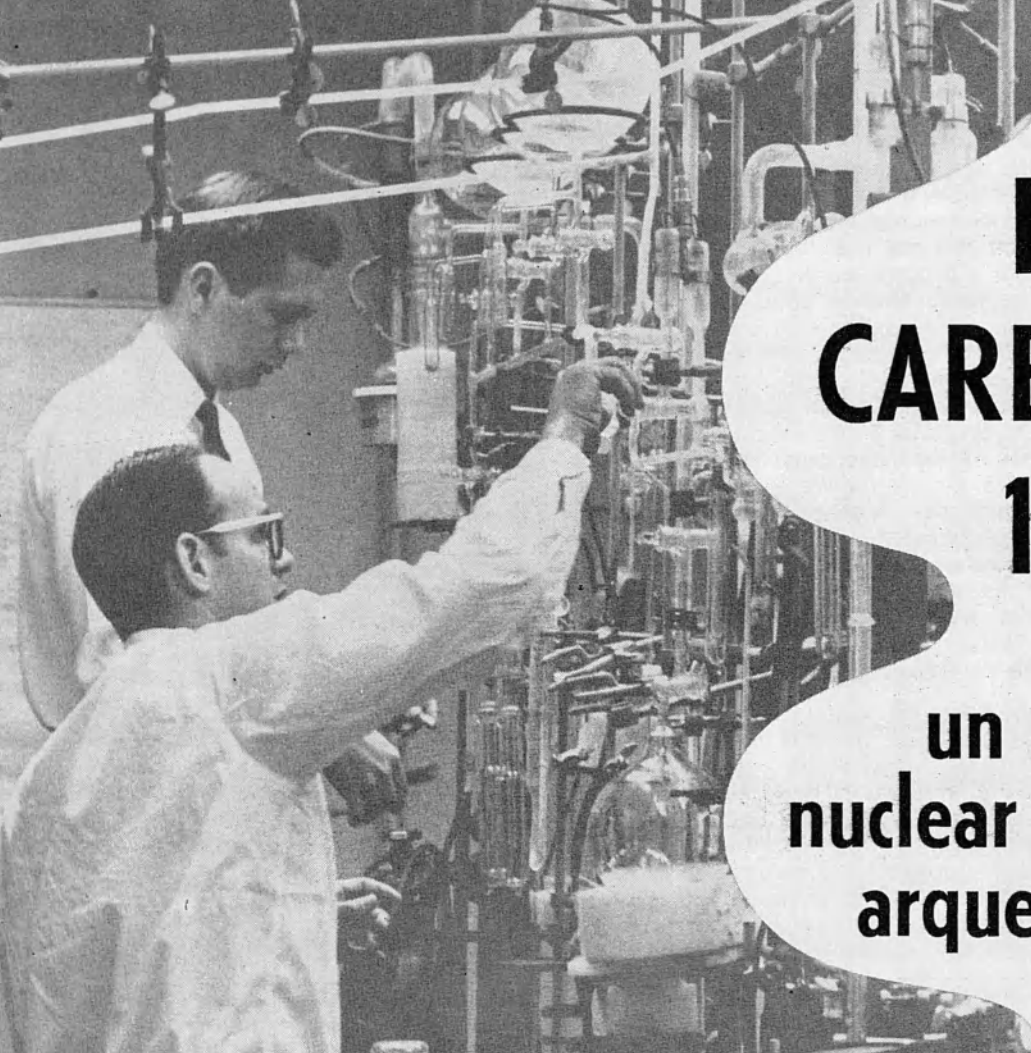
¿Qué procedimiento se usa para «marcar» al insecto? En el medio de que se echa mano para criar a los insectos puede introducirse el radioisótopo; se lo puede también hacer ingerir a los insectos ya crecidos o aplicarlo a la superficie del cuerpo; en este último caso se usa a veces un minúsculo trozo de alambre radiactivo, que se pega al insecto.

El uso de materiales radiactivos ha aumentado considerablemente nuestro conocimiento de la forma en que actúan los insecticidas. Durante la fabricación de éstos se incorporan a las moléculas de la sustancia química uno o más radioisótopos; ello no afecta su identificación biológica pero permite hacer mediciones de cantidades extraordinariamente pequeñas.

Son varias las razones por las cuales resulta importante la suerte que sigue el insecticida según los diversos sistemas biológicos. Se ha descubierto que hay clases de insecticidas que dentro de las plantas o los animales se convierten en compuestos y se hacen menos venenosos o a veces nada venenosos para los insectos. El veneno de otros, en cambio, aumenta en virulencia.

La técnica del indicador o del insecto marcado se ha empleado con gran amplitud para saber en qué forma matan los insecticidas. El objeto de este estudio es el de producir nuevas clases de éstos que maten selectivamente, sin tener efectos perjudiciales para el hombre, para los animales o para los insectos benéficos. Se espera que este trabajo lleve, en última instancia, a la producción de insecticidas selectivos que resulten económicos, eficaces y que al mismo tiempo presenten garantías de seguridad.

En los estudios sobre fisiología de los insectos son muchos los usos que pueden darse a los radioisótopos. Marcando en aquéllos ciertos compuestos que se producen naturalmente, es posible estudiar muchas de las enzimas y hormonas que rigen su desarrollo y su comportamiento. Una vez que se comprendan esos procesos fisiológicos, será posible alterarlos, acabando con la condición nociva del insecto.



# EL CARBONO

## 14

### un reloj nuclear para los arqueólogos

**Un isótopo del carbono – singular máquina de exploración del tiempo – ¿podrá hacer retroceder los albores de la historia? Aunque el carbono 14 disipa muchos enigmas, no cabe duda de que también los crea.**

El radiocarbono se produce en la naturaleza como resultado de la irradiación del aire por los rayos cósmicos. La «media vida» del radiocarbono es de 8.000 años y su período de semidesintegración es de unos 5.700; buena parte del radiocarbono contenido en nuestro cuerpo se produjo antes de que empezara la historia. En comparación con el radiocarbono, ésta es de origen reciente. Los datos históricos más antiguos de que dispo-

nemos apenas alcanzan lo que dura un período de semidesintegración del radiocarbono.

En cambio, comparada con la edad de la Tierra, la vida del radiocarbono es muy corta. La edad de la Tierra se calcula en unos 5.000 millones de años, lo que equivale a un millón de períodos de semidesintegración del radiocarbono. Por tal motivo éste, pese a su escasísima utilidad para el estudio de los procesos geológicos, que son de muy larga duración, es importante para llevar a cabo ciertas investigaciones relativas a la historia del hombre.

¿En qué se basa esta aplicación? En las capas superiores de la atmósfera, a más de 15.000 metros de altura, los rayos cósmicos producen radiocarbono al convertir el nitrógeno en carbono-14. Este carbono, cuyas propiedades químicas son distintas, se quema con el oxígeno atmosférico y produce principalmente anhídrido carbónico, que es la sustancia que nos interesa.

En esencia, estamos hechos de tres

cosas: anhídrido carbónico, vapor de agua y luz solar, con una pizca de sal. La fotosíntesis produce plantas verdes convirtiendo el anhídrido carbónico y el agua en materia vegetal al incorporarles la luz del sol. Por tanto, el material de que surge la vida procede del aire —y más exactamente del anhídrido carbónico del aire. Podemos perfectamente suponer que en el transcurso de 8.000 años los vientos mezclan muy concienzudamente los componentes de la atmósfera.

Hoy, gracias a los estudios de las precipitaciones radiactivas, sabemos que para ello bastan de cinco a diez años. Es decir, que aunque el radiocarbono se produzca en las capas superiores, a más de 15 kilómetros de altura, tardará pocos años en alcanzar los estratos inferiores, desde donde puede pasar a las plantas.

Las verduras se alimentan del radiocarbono producido por los rayos cósmicos y nosotros nos alimentamos con verduras; de este modo, todos los seres vivos adquieren radiactividad al fijar el carbono-14 que aquéllas contienen. Y el hecho más importante, el que hace posible la determinación de edades mediante el empleo del radiocarbono, es que el lazo que nos une a los rayos cósmicos sólo existe en la medida en que seguimos comiendo. Mientras vivimos y nos alimentamos continuamos ingiriendo y adsorbiendo radiocarbono. Los átomos de carbono-14 que se encuentran en nuestro cuerpo y que tienen en promedio 8.300 años de edad, han estado muchas veces en el aire en forma de

**WILLARD F. LIBBY**, Premio Nobel de Química de 1960, es una autoridad mundial en lo que se refiere a establecer la época de una antigüedad por medio del radiocarbono. Hace ya un cuarto de siglo que se mantiene activo en las esferas de la energía atómica y los estudios nucleares. Miembro de la Academia Norteamericana de Ciencias, así como de muchas instituciones científicas tanto en los Estados Unidos como en otros países, Libby es autor de muchos estudios y artículos publicados en revistas científicas. El texto suyo que aquí publicamos está basado en un discurso que pronunciara en la sede de la Organización Internacional de Energía Atómica en 1966.

El mejor ejemplo de un reloj de arena de carácter planetario lo tenemos en el carbono 14, que en los últimos 50.000 años se ha venido produciendo a un ritmo casi constante en la atmósfera superior. El ciclo del carbono 14 es, en efecto, como un reloj en que la arena de la parte superior se viera reemplazada constantemente a medida que corre hacia la parte inferior. Todas las plantas y animales vivos absorben el carbono 14 recién producido, y todo el carbón de los organismos vivos contiene una proporción constante de carbono 14. Al morir una planta o un animal cesa la absorción de éste, pero el que ya tenían dentro sigue escapándose y, al hacerlo así, mide el paso del tiempo con la misma eficacia con que podría hacerlo un reloj de arena. Se puede decir de qué época proviene un objeto antiquísimo determinando cuánto carbono 14 contiene y calculando cuándo fue la radioactividad de éste la misma que uno puede encontrar actualmente en un organismo vivo. Es un proceso complicado que comprende la reducción del carbono 14 a gas, ya sea quemándolo o por medios químicos (foto de la izquierda) y contando entonces las desintegraciones de aquél que se producen en el gas.

Foto Servicio de Estudios Geológicos de los E.E. U.U.

anhídrido carbónico, han vuelto a la superficie de la tierra a formar parte de las plantas o, más probablemente, han sido disueltos en las grandes profundidades del océano.

Durante muchísimo tiempo los vientos los han arrastrado de un lado a otro, las corrientes oceánicas los han mezclado, y así, pese a que los rayos cósmicos varían sumamente según la latitud geográfica —son mucho más intensos en los polos que en las zonas ecuatoriales— después de esos miles de años cabe esperar que su distribución sea uniforme en toda la Tierra.

En efecto, la materia viva —por ejemplo: un trozo de madera o de tejido orgánico, o cualquier otro material vivo, aunque proceda de especies diversas y lugares distintos— contiene siempre la misma cantidad de radiocarbono por gramo de carbono. Es decir, la composición —la concentración— del radiocarbono en el carbono de la materia viva es uniforme en toda la extensión del mundo y para todas las especies, y esto se debe al proceso continuo de mezcla. Mientras seguimos viviendo formamos parte de este gigantesco sistema, que está en continua agitación. Pertenecemos a los océanos y al aire y formamos parte de un mismo sistema. Pero estamos ligados a él por nuestras bocas, a través de los alimentos.

La determinación de edades mediante el empleo del radiocarbono está basada en este principio. Cuando un ser muere deja de comer. Cuando un ser muere termina la ingestión de radiocarbono. Una característica de todas las sustancias radiactivas es que también ellas se desintegran, desaparecen y se transforman. En el caso del radiocarbono, la transformación se produce a razón del 50 por ciento de su masa cada 5.700 años, y el resultado es que vuelve a formarse el

nitrógeno de que procede en un principio el radiocarbono.

En el curso de esta transformación, el átomo de radiocarbono emite radiaciones que permiten detectar el momento en que deja de existir. Si introducimos en un contador, por ejemplo, el anhídrido carbónico obtenido quemando un trozo de madera y escuchamos los golpes, podremos saber en qué momento desaparecen los átomos de carbono y se convierten de nuevo en nitrógeno.

Para que se produzca una desintegración por minuto son necesarios unos 4.000 millones de átomos de radiocarbono, ya que el promedio de vida del radiocarbono es de 8.300 años, o 4.400 millones de minutos. Así, pues, el anhídrido carbónico que introducimos en el contador tiene que contener 4.400 millones de átomos de radiocarbono para que podamos detectar las radiaciones que emite.

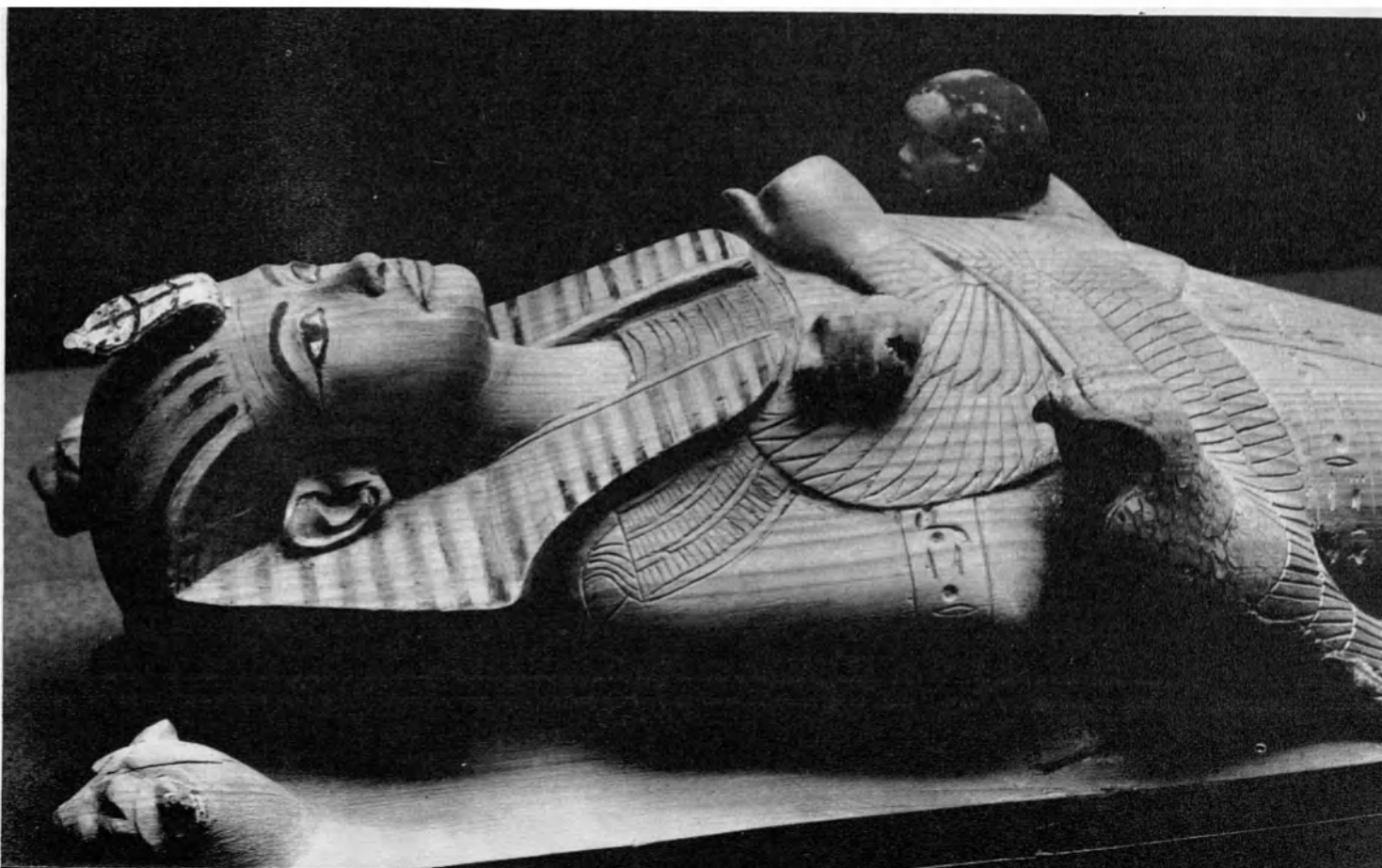
Este número, que parece enorme, no lo es si se lo considera proporcionalmente; el número total de átomos en un gramo de carbono es  $10^{12}$  veces superior, o sea que sólo puede encontrarse un átomo de radiocarbono en un millón de millones de átomos de carbono ordinario. Esa es la concentración corriente en la materia viva. Y en el momento de la muerte, todos los seres vivos contienen esa proporción. Su índice de recuento será el correspondiente al contenido de 66.000 millones de átomos radiactivos por gramo de carbono, lo que da un número total de desintegraciones de 15 por minuto y por gramo, aproximadamente.

Lo primero que hicimos al ir perfeccionando el método de determinación de fechas por medio del radiocarbono fue demostrar que era efectivamente así: que el radiocarbono aparece en todos los tejidos vivos, y precisamente en la concentración uni-

**SIGUE A LA VUELTA**

Esta estatuilla funeraria, labrada en un trozo de cedro, tiene más de 3.300 años y forma parte del fabuloso tesoro de Tutankamón, descubierto en 1922. La fijación por el carbono 14 de la época de que provienen las antigüedades milenarias concuerda con la hecha por los historiadores. La estatuilla del faraón egipcio (1361-1342 antes de J.C.) reproduce la imagen de su momia; en la tumba de Tutankamón se encontraron más de 2.000 objetos preciosos.

Foto © Jean Feuillie



## No hay momias de 5 700 años

forme que preveíamos. Lo logramos bastante pronto y nos complació ver que la teoría, hasta cierto punto simplista, que habíamos utilizado, era correcta.

Hoy, pasados ya algunos años y después de haber efectuado mediciones más exactas, comprobamos que, en realidad, no lo era enteramente. Existen diferencias muy pequeñas entre las especies. Por ejemplo, la vida marina contiene un poco menos de radiactividad de lo que debiera: al parecer existe una especie de barrera natural que impide que el anhídrido carbónico del aire se disuelva en el agua del mar, y no se disuelve con facilidad.

Pero seguimos adelante sin pensar en ello y, en general, todo nos salió bien. Nunca he visto un trabajo de investigación tan afortunado. Por ejemplo, supusimos que en los océanos la mezcla se produce rápidamente, y que en ellos tenía lugar la mayor parte de la retención del radiocarbono, por contener mucho más carbono disuelto en forma de sales que toda la materia viva.

Teníamos que calcular, basándonos en lo que sabíamos sobre la velocidad de producción de los rayos cósmicos, cuál sería la concentración de radiocarbono en el mar. Si sólo consideráramos la biosfera, la concentración que debíamos esperar sería treinta veces mayor que la que en realidad hallamos. Pero acertamos al pensar que en los océanos la mezcla se produce rápidamente, y que la concentración de radiocarbono en la biosfera es treinta veces inferior a la que cabría esperar teniendo en cuenta la velocidad a que la producen los rayos cósmicos. En realidad, los océanos contienen treinta veces más carbono que el conjunto de la biosfera.

Tuvimos suerte. Tuvimos suerte también al suponer que el ciclo del humus es muy rápido o, mejor dicho, que la cantidad retenida en cada fase del proceso no es grande en comparación con el total. Esto, a pesar de que sabíamos perfectamente que el carbón y el petróleo y toda la materia orgánica de esta clase habría perdido ya desde hacía mucho tiempo el radiocarbono por desintegración radiactiva, y que desde el momento en que quedaron formados había comenzado su desequilibrio.

La etapa siguiente de nuestras investigaciones consistió en determinar si era cierto que una momia de 5.700 años sólo contenía dos veces menos radiocarbono que una persona viva.

No existen momias de 5.700 años: las más antiguas —es decir, aquellas cuya edad es relativamente bien conocida— tienen 4.800, pero nos bastaban para comprobar nuestra



Foto © Toni Schneiders-Rapho

## UN ÁRBOL CORRIGE LA CUENTA DE LA CIENCIA

Para saber la edad de un árbol basta con contar los anillos del tronco (derecha) cada uno de los cuales representa un año. El carbono radiactivo de la madera permite también verificar fácilmente los resultados del uso de ese método para fijar su edad. Así el pinus aristata que se ve a la izquierda, oriundo de los Estados Unidos y viejo de más de 6.000 años, ha permitido que se descubriera que más allá de los 3.500 años las fechas que determina el carbono 14 se alejan cada vez más de las verdaderas. Esas fechas, en el caso de las materias que tienen 3.500 años, las «rejuvenecen» en 200 años, y en el de las que tienen 4.000 años, les quitan 800. Esto se debe a que no en todas las épocas era constante la cantidad de carbono 14 en la atmósfera o en las cosas vivas.

teoría. Las primeras dinastías de Egipto nos dan los datos históricos más antiguos. Conforme se retrocede en la historia va disminuyendo la certidumbre con que los historiadores son capaces de fijar las fechas.

Basándome en mi experiencia afirmaría que están dispuestos a poner la mano en el fuego por lo que respecta a los 3.750 últimos años, pero que para todo lo anterior a esa fecha comienzan a dudar un poco. No obstante, eso les basta para retroceder sin titubeos hasta Sesostri III, de la XII dinastía de Egipto.

Así, pues, teníamos dos períodos para poder comprobar nuestro método. Uno era de 3.700 años; el otro unos mil años más largo. Tuvimos mucha suerte porque nuestras comprobaciones, exceptuando uno o dos casos, dieron excelentes resultados. Una de las excepciones es muy interesante. Trabajábamos en colaboración con el Oriental Institute de la Universidad de Chicago, de renombre mundial, con la gran colección que J.H. Breasted trajo de Egipto. Y el tercer objeto egipcio que estudiamos resultó ser moderno. Se trataba de una de las piezas más preciosas; si mal no recuerdo, se consideraba que pertenecía a la V dinastía. Fue un día muy negro.

Pero como las dos primeras mediciones habían tenido buen éxito, los especialistas del Instituto examinaron su documentación y estimaron que era perfectamente posible que los hubieran engañado, de modo que continuamos nuestro trabajo. La única forma en que podemos interpretar aquella medición es que les habían dado «gato por liebre». Pero en general tuvimos pocas sorpresas. Por ejemplo, para Stonehenge obtuvimos 3.700 años, lo que concuerda perfectamente con las predicciones del Profesor Stuart Piggott, el gran especialista en Stonehenge.

**E**n toda la historia de Roma y de Egipto no encontramos ninguna disconformidad. No teníamos muchas mediciones que hacer porque, en general, los arqueólogos conocen las fechas mejor de lo que las podemos determinar nosotros y lo más corriente es que nos entreguen muestras como favor especial.

Para una medición precisamos de 20 a 30 gramos de material bastante rico en carbono, y para ciertos objetos se trata de una cantidad demasiado grande. En cambio, a veces nos bastan muestras que no serían de ninguna





Foto © Georg Gerster-Rapho

otra utilidad. Por ejemplo, fechamos los manuscritos del Mar Muerto —el original del libro de Isaías— empleando el trozo de lino en que estaban envueltos cuando los encontraron.

Nunca hemos notado una escasez grave de materiales para los 3.700 últimos años con los que comprobar la exactitud del método, y hemos podido establecer que el procedimiento es exacto dentro del error de medición que encontramos cuando comenzamos a trabajar con él a principios del decenio pasado, y que es de unos  $\pm 100$  años o algo parecido.

Más recientemente, mediciones efectuadas con extremo cuidado y con instrumentos de gran precisión han mostrado que existen desviaciones sistemáticas, lo que indica que la velocidad a que se produce el radiocarbono no es estrictamente constante. En un principio supusimos de manera implícita que lo era.

Cuando comparábamos el radiocarbono en una momia egipcia y en un hombre vivo suponíamos que se habían hallado en condiciones similares. Esto equivalía a suponer que la velocidad de producción del radiocarbono en los tiempos del antiguo Egipto era la misma que hoy, que los rayos cósmicos eran los mismos y que

la cantidad de agua de los océanos era también la misma; es decir, que el grado de dilución del radiocarbono no había experimentado ninguna modificación. Tenemos pruebas bastante convincentes de que en 5.000 años el océano no ha cambiado mucho en su composición ni en su nivel. Se trata de un periodo muy corto en comparación con la historia geológica.

Pero el caso de los rayos cósmicos es muy distinto. Sabemos muy poco sobre su origen. Creemos que vienen de fuera del sistema solar y tenemos buenas pruebas para demostrarlo. Pero aunque así sea, quedan muchas incógnitas porque, incluso si vienen de más allá del sistema solar, tienen que llegar hasta la tierra.

La materia, y mucho más los campos magnéticos, deflectan los rayos cósmicos y el sol emite continuamente materia ionizada que transporta en campos magnéticos capaces de deflectar los rayos cósmicos. Según el Prof. Hans Suess, de la Universidad de California (San Diego), el hecho de que el clima sea cálido durante un siglo significa que el sol es especialmente activo y lanza muchas masas de plasma al espacio, con lo que la producción de radiocarbono es especialmente baja. Por tanto, las fechas

obtenidas con radiocarbono para ese siglo indicarán una antigüedad excesiva y, al revés, cuando transcurren uno o dos siglos de clima frío, el sol es poco activo y los rayos cósmicos llegan con más intensidad, por lo que los resultados obtenidos indicarán fechas demasiado recientes.

Estos errores son del orden de  $\pm 50$  años, de modo que quedan casi dentro del error experimental. El Prof. Suess ha efectuado muchísimas mediciones empleando como material anillos anuales de troncos de árbol, de modo que conoce la fecha con mucha exactitud y creo que no se puede dudar seriamente de sus resultados.

Durante los últimos años hemos estado trabajando con casas de campo inglesas cuyas fechas históricas son perfectamente conocidas en muchos casos; los resultados que hemos obtenido concuerdan mejor con dichas fechas si introducimos las pequeñas correcciones indicadas por Suess. Yo creo que Suess ha dejado establecido que se produce una desviación pequeña pero medible. Pero en líneas generales, los resultados concuerdan de manera bastante satisfactoria.

Las consecuencias de ello son interesantes: los rayos cósmicos, la



## LA IRRADIACION DE LAS BESTIAS PREHISTORICAS

Son varios los métodos nucleares que permiten (véase el cuadro de abajo) descubrir la edad de los animales prehistóricos cuya sorprendente imagen, enterrada en las capas geológicas, ha llegado hasta nosotros. La edad que se determina no es la del animal mismo (a veces no se dispone más que de su huella fósil) sino la de los sedimentos que la rodean, o sea de su medio vital. El trabajo del físico va unido así al del geólogo que debe estudiar el yacimiento. A la derecha, un extraño mamífero que vivió hace 40 millones de años y que se descubrió cerca del palacio de una reina de Egipto, donde recibió el nombre de Arsinoé. Con relación al pterodáctilo de abajo, serpiente alada que voló hace 180 millones de años, Arsinoé era un jovencito; pero para la hiena de las cavernas (derecha) uno de los grandes carnívoros que acosaban a Europa hace 50.000 años, el mamífero egipcio debía tener todo el aire de un tatarabuelo.

Fotos © Paul Almasy



## RELOJES ATOMICOS PARA TODAS LAS EPOCAS

No permitiendo el método del carbono 14 fijar la época de un objeto que tenga más de 50.000 años, la relojería atómica dispone de otros medios. En la esfera de estos relojes nucleares no se lee ya solamente siglos y milenios, sino millones y miles de millones de años; todos ellos funcionan, como el del carbono 14, por la medida de la desintegración de un radioelemento. Pero se recurre entonces a aquellos elementos cuya desintegración es infinitamente más lenta y que se encuentran en diversos minerales. Así, gracias al método uranio-plomo se ha podido establecer la partida de nacimiento de nuestra Tierra y atribuirle 4.500 millones de años. Este método de fijación de épocas, basado en la desintegración natural del uranio y su transformación en plomo, se estudia desde hace más de 50 años. El método del potasio-argón fija la edad de ciertas rocas que tienen entre 100.000 y 10 millones de años; el cálculo de la fisión natural del uranio 238 permite saber a qué época pertenecen materiales que tienen hasta 1.000 millones de años, y el método rubidio-estroncio es aplicable más allá de los 5 millones de años. Los diversos relojes atómicos se van haciendo cada vez más precisos, pero ya han contribuido grandemente a nuestro conocimiento de la historia de este planeta.

### MÉTODOS DE FECHAS DE FIJACION PRINCIPALES Aplicaciones útiles (en años)

Carbono 14 .....	De 1.000 a 50.000
Potasio-argón .....	Más de 100.000
Rubidio-estroncio .....	Más de 5.000.000
Uranio 238 .....	De 100 a 1.000.000.000
Uranio-plomo .....	Más de 200.000.000

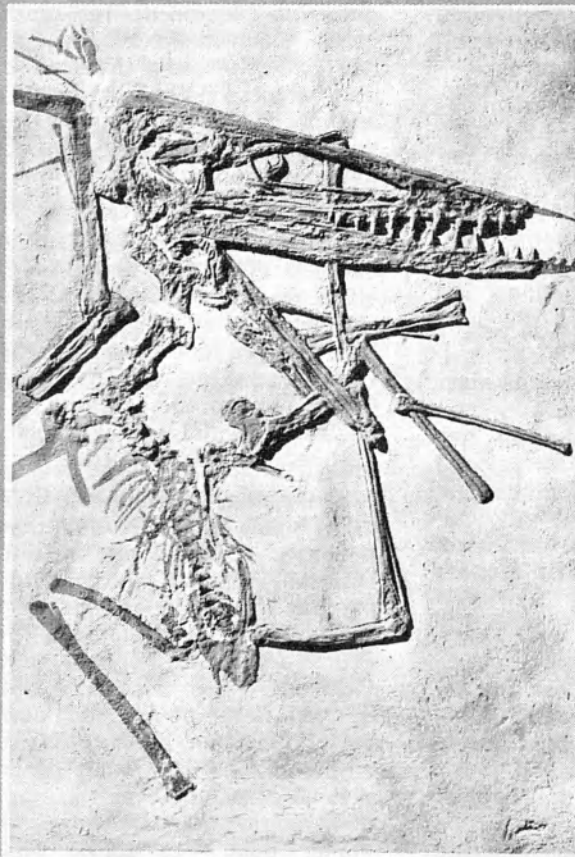
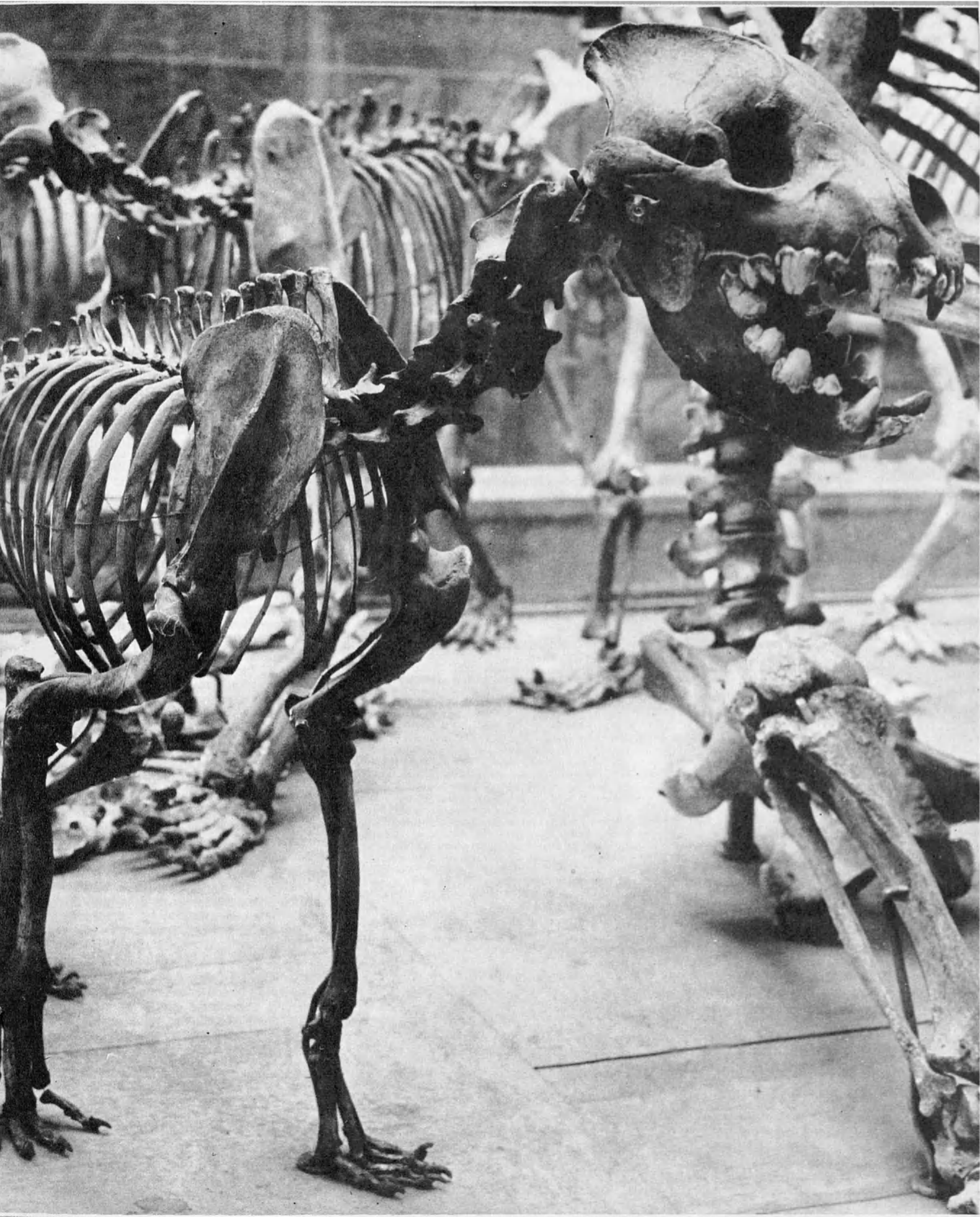


Foto © J. M. Baufle



## El inglés más viejo tiene 10 400 años

intensidad del plasma solar y el campo magnético de la tierra han permanecido fundamentalmente constantes, y la profundidad del océano no ha cambiado apreciablemente. Todo lo cual no es muy sorprendente.

Pero cuando se alcanzan los límites de la historia no se ha agotado ni siquiera la mitad del radiocarbono. La radiactividad se manifiesta de tal manera que en el primer período de semidesintegración se pierde la mitad de la sustancia, y la mitad del resto en otro período de semidesintegración, de forma que transcurridos dos períodos, es decir 11.400 años, todavía queda el 25% de los átomos originales. Hacen falta diez períodos de semidesintegración —57.000 años— para que quede solamente un átomo de cada mil. Incluso con los métodos más sensibles de que disponemos no es posible medir una décima parte del 1% de la concentración que se encuentra en la materia viva. Por ello, el radiocarbono no es aplicable a ningún objeto o material que tenga más de 50 000 años; en realidad, cuando se llega a los 40 000 todo empieza a ser incierto. De todas formas, entre los comienzos de la historia—es decir, hace 4 800 años— y un período situado 40 000 años antes queda un intervalo de tiempo muy grande. Y no faltan en él ocasiones para comprobar el método.

**D**entro del tiempo que abarca el radiocarbono se produjeron tres períodos glaciales. Al parecer, un período glacial afecta a la tierra entera—por lo menos, sería sorprendente que no lo hiciera— pero de lo que no cabe duda es de que afecta a todo un hemisferio. Por tanto, si encontramos que en cierto momento se produjo en Norteamérica una progresión de los glaciares, lo mismo debería haber ocurrido al mismo tiempo en Europa. Este fue, pues, uno de los puntos críticos de comprobación prehistórica.

Tomamos material de un bosque en Wisconsin que había sido desarraigado por un glaciar que se desplazaba en dirección sur. Medimos troncos de árboles, el suelo donde crecían los árboles y todas las partes de la vegetación que se conservaron al recubrir las el glaciar con una capa de unos siete metros de tierra. Obtuvimos la misma respuesta para todas estas partes—11 400 años—con un error de dos o trescientos años.

Este resultado tenía para nosotros varios significados importantes. Uno fue que incluso las fibras más minúsculas de las radículas, si se limpian convenientemente, pueden servir para la determinación exacta de fechas porque tienen la misma antigüedad que los trozos de madera de los grandes árboles. Y el humus del suelo era todavía auténtico y daba resultados correctos.

Y entonces nos fuimos a Europa, y en Inglaterra, en el norte de Alemania y en el norte de Francia encontramos las mismas fechas. También las hemos encontrado—con pruebas escasas, pero definitivas, al parecer—en el hemisferio sur.

Otra época de la historia de la humanidad fue el advenimiento del hombre en América del Norte, América del Sur y América Central. Por razones que ignoramos, el hombre no llegó a las Américas hasta después de fundirse la última capa de hielo. Llegó hace 10 400 años, y llegó al mismo tiempo a los tres continentes. Esto contrasta mucho con lo que sucedió en Europa.

El inglés más viejo tiene 10 400 años porque el glaciar borró toda huella anterior. Por eso nos traía tan de cabeza el hombre de Piltdown, que al parecer tenía mucho más de 10 400 años (1). Pero si el inglés más viejo tiene 10 400 años es porque hace 10 400 años que la capa de hielo dejó Inglaterra y él pudo llegar hasta allí; el Canal de la Mancha estaba seco. El americano más viejo tiene 10 400 años.

Comprendemos muy bien que el inglés más viejo tenga 10 400 años, pero no es fácil comprender por qué no ha habido nadie más viejo en las Américas, ya que no todas ellas estuvieron cubiertas por hielo. Lo que

hizo el hombre europeo fue marcharse hacia la cuenca mediterránea; existen abundantes pruebas de que estuvo habitada en fechas muy anteriores a las que alcanza el radiocarbono.

Hemos iniciado excavaciones en un yacimiento de Israel, cerca del Mar de Galilea, que según creemos tiene dos millones de años. Esto también supera con mucho la capacidad del radiocarbono; nos interesa porque quizá podamos ayudar a fechar las últimas fases. Después de haber fechado aproximadamente una docena de lugares habitados por los primeros hombres, en Norteamérica, América Central y Sudamérica, y de haber encontrado 10 400 años para todos ellos, comenzamos a creer que, aunque parezca poco probable, es cierto.

En realidad, podemos afirmar que, quizás con una sola excepción, todos los lugares habitados en las tres Américas por los primeros hombres tienen una antigüedad de 10 400 años, dejando algo de margen para el error de medición. Esto nos ha permitido no sólo comprobar la exactitud del método sino precisar algunos hechos de la historia de la humanidad.

Podríamos razonarlo diciendo que, por razones que se ignoran aún, el hombre no llegó a las Américas hasta que el Estrecho de Behring quedó seco debido al descenso del nivel del mar a consecuencia de la formación de hielos durante el último período glacial. La cantidad de hielo fue tal, que el nivel de los mares descendió 50 metros, quedando entre Siberia y Alaska una banda muy ancha de tierra firme que se extendía por la costa occidental de Alaska hasta el Estado de Washington y que llegaba hasta bastante lejos dentro del océano.

En la propia Alaska no hemos podido encontrar restos de hombres de 10 400 años. Esto es muy lógico porque Alaska estaba entonces cubierta de hielo. El hombre no entró por Alaska: atravesó el Estrecho de Behring y siguió a lo largo de la costa. Sus huellas están ahora a 50 metros bajo el nivel del mar. Luego se dirigió tierra adentro, aproximadamente a la altura

(1) En 1912 se descubrió en esa localidad de Sussex un grupo de curiosos huesos, caracterizados por la oposición de un cráneo muy evolucionado y de una mandíbula parecida a la del mono. Entre los especialistas en la prehistoria comenzaron las discusiones profesionales; había entre ellos quienes veían en el hombre de Piltdown un antecesor del «homo sapiens». La querrela duró un buen tiempo. Posteriormente la prueba del flúor, metaloide gaseoso utilizado para determinar la edad relativa de los fósiles (la cantidad de flúor existente en las osamentas es proporcional a la duración de la acción ejercida en éstas por las aguas subterráneas) demostró que, aunque el cráneo de Piltdown tenía unos miles de años de edad, la mandíbula era la de un orangután, con los dientes gastados artificialmente. Y así pasó el hombre de Piltdown a unirse a otros motivos de superchería arqueológica. Fue un gran alivio saber que así era y contribuir un poco a descubrir la verdad.



Foto © Willard F. Libby

### UNA SANDALIA DE 9.000 AÑOS

Hace veinte años se descubrió en Oregón, apilados en una caverna, 300 pares de sandalias idénticas a ésta. El carbono 14 reveló en qué época se habían usado: hace 9.000 años. Las sandalias eran obra de norteamericanos prehistóricos, instalados en el continente 1.400 años antes (el carbono 14 da a todos los emplazamientos prehistóricos de la América del Norte 10.400 años de edad). ¿Cómo llegaron allí? A pie y por el estrecho de Behring, una vez terminada la última época glacial.

del Estado de Washington, y siguió hacia el sur hasta el extremo meridional de Sudamérica. La última fecha precisada corresponde a los más altos niveles de los Andes peruanos y es de 10 400 años.

Para comprobar la exactitud de nuestro método hemos efectuado mediciones en relación con diversas culturas que los arqueólogos quizá no hayan sido capaces de fechar exactamente, pero en las que han podido reconocer ciertas características culturales de determinados períodos. Podría mencionar uno o dos casos. El hombre de hace 10 400 años era en ciertos aspectos un individuo muy adelantado. Medía entre 1,80 y 1,85 m; usaba vestimentas como las nuestras y pobló, como ya he indicado, los tres continentes americanos en el espacio de tiempo que abarca el error del radiocarbono; es decir, en un par de siglos.

Tuvimos suerte al encontrar en el este de Oregón un yacimiento de los más notables. Hace 15 o 20 años se estaba construyendo allí una carretera. En aquella zona se encuentran muchos volcanes y un arqueólogo de la Universidad de Oregón, el Dr Cressman, aconsejó al capataz del equipo de trabajadores que estuviera muy atento; sabía que iban a hacer un profundo corte en un depósito de piedra pómez de Mont Newbury. El capataz siguió el consejo, y llamó al Dr Cressman para decirle que había encontrado algo. Y en una cueva, que al parecer había quedado cubierta accidentalmente de piedra pómez—como la piedra pómez que ha conservado Pompeya— se encontró una colección de sandalias tejidas con gran arte cuya antigüedad pudimos fijar en más de 9 000 años.

**P**arece que en este país las sandalias de este tipo son corrientes: hemos logrado reunir algunas provenientes de otros lugares y el año pasado fechamos una en 8 500 años. Eran los zapatos que usaban nuestros antecesores prehistóricos. En aquella cueva hallada por el Dr Cressman y los trabajadores del equipo que construía la carretera había 300 pares de zapatos en pilas perfectamente ordenadas. ¡Una verdadera zapatería! Y ahora verán Vds la suerte que hemos tenido en nuestras investigaciones. Cuando se descubrió la cueva no se había inventado aún el método del radiocarbono y el Dr Cressman comenzó a barnizar las sandalias. Pero se le acabó la cola. Barnizadas, las sandalias hubieran sido inadecuadas para las aplicaciones del método del radiocarbono, pero le quedaron seis pares sin barnizar, y fueron los que utilizamos para nuestras mediciones.

Así, nos encontramos en todas partes con el hombre prehistórico. Hace pocos años lo encontramos en la isla de Santa Rosa, en la costa de California. ¿Por qué no escribió siendo tan hábil? Las cuevas de Lascaux, en

Dibujo © 1988 por «Scientific American»

Tablilla de Tartaria, Rumania (6 cms.).



Foto © Ashmolean Museum, Oxford

Tablilla de Djemdet Nasr (Sumeria).

## EL ENIGMA DE TARTARIA

En los últimos tiempos el carbono 14 ha sumido a los arqueólogos en la mayor de las perplejidades. Hay hechos concretos y científicamente verificados que aquéllos tienen por cosa inamovible, como el del nacimiento de la escritura en el Asia occidental hace algo más de 5.000 años y el de que los signos más antiguos que se conozcan sean los descubiertos en las tablillas de Djemdet Nasr, halladas en Mesopotamia, en la ciudad sumeria de Uruk (edad de bronce).

Arqueólogos e historiadores se han puesto de acuerdo en que la escritura vino al mundo occidental desde el oriente. Pero hete aquí que en un emplazamiento neolítico de Transilvania, en Rumania, se descubre en 1961 tres tablillas cubiertas con una escritura que presenta, por una parte, asombrosas analogías con la escritura sumeria de 3.000 años antes de la era cristiana, y por la otra con ciertos signos de la escritura cretense, mil años más joven que la sumeria, y que en consecuencia data del año 2.000 antes de J.C. Luego de establecer por medio del carbono 14 la fecha de las capas geológicas en que se las encontró enterradas, esas tres tablillas de Tartaria demostraron tener 1.000 años más que las de Sumeria.

¿Se habría inventado la escritura, no en ésta, en una civilización urbana y técnica altamente desarrollada, sino en Tartaria, en una civilización rural centroeuropea apenas salida de la edad de piedra? A los científicos les costaba adherirse a esta conclusión, aunque más no fuera que porque las tres tablillas de Tartaria constituirían los únicos vestigios de una cultura que habría que creer desvanecida sin dejar otros rasgos que ellas durante miles de años. Para explicar el fenómeno se formularon varias hipótesis. El carbono 14 fue el primer acusado: según ciertos arqueólogos, el método de determinación de antigüedad en que se lo emplea, por más valioso que resulte, no es siempre lo bastante preciso y, debido a factores diversos, deja un margen de error considerable. Otra hipótesis, presentada particularmente por un arqueólogo checo, es la de que los niveles del yacimiento de Tartaria habrían sufrido sacudimientos con el correr del tiempo y que las tablillas serían mucho menos antiguas que las capas geológicas de tierra de donde se las extrajo.

Rejuvenecidas así entre 1.500 y 2.000 años para servir las exigencias de la teoría, las tablillas de Tartaria dejarían a Sumer toda la gloria de la escritura. Así y todo, queda por explicar su presencia en una región relativamente apartada de la Europa central. Esto se ha hecho diciendo que desde el período neolítico existían grandes rutas comerciales entre Europa y Asia occidental: los caminos del oro y la obsidiana, de que Transilvania era rica en yacimientos. Sin duda alguna fue importante el papel que tuvieron los comerciantes sirios en la difusión de las técnicas de la fabricación de útiles y piezas de cerámica y también en la de las expresiones culturales. Como intermediarios entre Sumeria y Creta, pudieron penetrar profundamente en el continente europeo siguiendo el curso del Danubio. Quizá hayan sido ellos los que transmitieron a las poblaciones de Transilvania esa forma de escritura de la que no se puede, en el estado actual de la cuestión, saber si tenía valor de marca (como la del propietario en las cerámicas), de signo mágico o religioso, o de vehículo de mensajes bien definidos. Sea como sea, el enigma de Tartaria persiste y no ha terminado de intrigar a los arqueólogos del mundo entero.

Cuadro comparativo de los signos sumerio (izquierda), cretense (centro) y tártaro (derecha).

Dibujo © 1988 por «Scientific American»

DJEMDET NASR	CNOSSOS	TARTARIA

SIGUE EN LA PAG. 30

## El período glacial ha "enfriado" al carbono 14

el centro de Francia, corresponden a una civilización vieja de 15 000 años; es decir, 5 000 años antes de la llegada de nuestro hombre de 10 400 años se pintaban ya obras maravillosas. Es difícil imaginar que aquellos hombres fuesen poco inteligentes. A mí no me cabe la menor duda de que eran tan inteligentes como nosotros. A lo mejor escribieron, y lo que escribieron no lo hemos encontrado. Pero en todo caso, no han dejado obras notables.

Poseemos del período paleolítico muchos monumentos cuya edad y cuyos orígenes son desconocidos, incluso en Egipto. En Egipto hemos trabajado con materiales anteriores a la primera dinastía, retrocediendo hasta 6 500 años casi sin solución de continuidad. En este estudio hemos colaborado con la Dra. Caton Thompson, de la Universidad de Cambridge, que nos dio algunas muestras muy interesantes de grano egipcio antiguo encontrado en silos situados en las colinas que rodean el valle del Nilo. Casi 1 500 años antes de la primera dinastía, los cultivadores llenaron esos graneros, y cuando la Dra. Thompson llegó allí, hace unos 50 años, todavía contenían grano. Eran agujeros excavados en la cumbre de las colinas, revestidos de paja y que se cubrieron una vez depositado el grano, cuya edad nos fue posible determinar.

En Inglaterra hay una línea prácticamente ininterrumpida de vestigios que se remontan hasta el hombre de hace 10 400 años; algunos sitios son realmente notables, por ejemplo Star Carr, excavado por el Profesor Graham Clarke de Cambridge y que data de 8 000 años.

Incluso para los períodos históricos sucede en muchos lugares lo mismo que en las Américas, donde aparte de lo que dejaron los mayas, no existe ninguna documentación escrita. Esto limita nuestra información a los datos más materiales, y para obtenerlos casi lo único de que disponemos para muchas partes de América es el radiocarbono.

Los resultados de éste coinciden razonablemente bien con los datos sociológicos que nos facilitan los recipientes de arcilla y otros utensilios similares. Pero estamos reconstruyendo la historia de las Américas.

Esto demuestra que, para la época histórica correspondiente a los 4 000 años últimos, el radiocarbono tiene muchas aplicaciones en diversas partes del mundo, lo mismo que para los períodos prehistóricos; en el fondo es lo único que tenemos para fijar fechas de una manera absoluta.

Esta cuestión de las fechas absolutas constituye un problema difícil. No

es posible afirmar sin reserva alguna que las fechas encontradas con radiocarbono son exactas, pero creo que se puede decir que para los 3 700 últimos años el margen máximo de error es del 1 al 2 por ciento.

Para los períodos prehistóricos no tenemos más remedio que esperar al descubrimiento de algún modo auxiliar de comprobación que nos permita saber hasta qué punto las variaciones del campo magnético solar han sido importantes. En este sentido la primera dinastía de Egipto—hacia el año 3 000 antes de J.C.—proporciona ya un índice, porque sus fechas tienen tendencia a diferir un poco de las fechas históricas, y esto en una medida que puede confirmar la hipótesis del Dr. Suess. Este dice, e insiste en que sólo se trata de una conjetura, por haber partido de una extrapolación, que si tuviéramos un período verdaderamente frío, se trataría de un período glacial y las fechas obtenidas con radiocarbono serían distintas de las reales, por lo que habría que introducir una corrección que, a los 11 000 años, podría ser incluso de 2 000.

Esta sería la mayor de las catástrofes que en este momento podemos imaginar en lo que respecta al empleo del radiocarbono. Para los 4 000 últimos años el error sólo es probablemente de un par de siglos. Para los 2 000 últimos años las mediciones son indudablemente exactas.

Las mediciones plantean otros problemas que los del error de recuento: problemas como el de los anillos de crecimiento de los árboles. Un trozo de madera tiene varios anillos, y cada uno ha dejado allí su radiocarbono. Hay que poner mucho cuidado en determinar cuántos anillos hay y si la madera procede del interior o del exterior del tronco.

En las casas antiguas inglesas, por ejemplo, hay pruebas numerosas de que las grandes vigas se han vuelto a usar. En la pirámide de Teotihuacán, cerca de Ciudad de México, tenemos pruebas positivas de que la madera empleada en las estructuras centrales tenía ya varios siglos de uso cuando se construyó la pirámide.

Estos son casos que se deben tener en cuenta. Precisamente a causa de ello estudiamos ahora de nuevo las doce primeras dinastías de Egipto con ayuda del British Museum. Todas las tumbas más antiguas de Egipto fueron saqueadas y, en consecuencia, lo que más importa es decidir la autenticidad de todo objeto mueble. Hace poco perfeccionamos un procedimiento para extraer la proteína de los huesos y determinar su fecha, que aplicaremos a las momias, porque es poco probable que un ladrón de tumbas se lleve unos huesos y los sustituya con otros.



# SOFIA Y BRUNO en el país del átomo

En estas páginas y las siguientes «El Correo de la Unesco» presenta, debidamente condensado, un capítulo del libro «Sofia y Bruno en el país del átomo», editado por el Comisariato de Energía Atómica de París con la colaboración del dibujante Jacques Castan (1).

Se trata de la iniciación de dos niños en el universo del átomo y las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear, relatada por medio de dibujos y en los términos más simples posible. En el capítulo que hemos elegido Sofia y Bruno visitan una central atómica bajo la guía del Profesor Timoléon; los niños no han ser los únicos en sacar provecho de las explicaciones de éste, tan claras y concisas como el tema lo requiere.

(1) Esta serie de historietas de dibujos, publicadas en colores, no se ha vendido comercialmente, y el tiraje está agotado.

EL ATOMO... AH... ES LA PARTE MAS PEQUEÑA DE UN CUERPO... EH... QUE POSEE TODAVIA TODAS LAS PROPIEDADES DEL MISMO... HMM... EL ATOMO ES INDIVISIBLE...

¡MENTIRA!... SI EL ATOMO FUERA INDIVISIBLE, ESTE CENTRO ATOMICO NO EXISTIRIA.

ESTÉ ES UN ATOMO, O POR LO MENOS ASI NOS PERMITIMOS IMAGINARLO. LO FORMAN UN NUCLEO INFINITAMENTE PEQUEÑO, HECHO DE PROTONES Y NEUTRONES, Y TAMBIEN ELECTRONES AUN MAS PEQUEÑOS, QUE GIRAN EN TORNADO AL NUCLEO UN POCO COMO LOS PLANETAS GIRAN ALREDEDOR DEL SOL. ENTRE LOS ELECTRONES Y EL NUCLEO HAY UN VACIO INFINITAMENTE PEQUEÑO PARA NOSOTROS, PERO INMENSO SI SE LO COMPARA CON EL VOLUMEN DE UNOS Y OTRO. ¡A LA ESCALA ATOMICA, EL ATOMO ES UN VACIO!

EL MAS LIGERO DE LOS ATOMOS ES EL DE HIDROGENO, QUE SE COMPONE DE UN PROTON Y UN ELECTRON. AHI LO TIENEN A LA IZQUIERDA. UNO DE LOS MAS PESADOS ES EL DE URANIO, CON UN NUCLEO DE 92 PROTONES Y 143 NEUTRONES. EN TORNADO A ESTE NUCLEO GIRAN 92 ELECTRONES. HAY ASI TANTOS ELECTRONES COMO PROTONES.

COMO MUCHOS OTROS CUERPOS, EL URANIO ES NATURALMENTE RADIOACTIVO. EL URANIO SE DESINTEGRA Y SE TRANSFORMA INSENSIBLEMENTE, EMITIENDO RADIACIONES.

HE AQUI UN TROZO DE URANIO NATURAL.

¡NO TENGAN MIEDO! PUEDEN TOCARLO: ESTE URANIO NO HA ESTADO NUNCA EN UN REACTOR Y SU RADIOACTIVIDAD ES MUY DEBIL.

¿Y QUE ES UN REACTOR, MAESTRO?

¡UN POCO DE PACIENCIA! A ESO VAMOS.

ENTRE LAS RADIACIONES QUE EMITEN LOS ATOMOS DE URANIO, HAY UNA QUE NOS INTERESA MUY PARTICULARMENTE...

... ES LA RADIACION DE NEUTRONES. DE VEZ EN CUANDO, EL NUCLEO DE URANIO DEJA ESCAPAR UN NEUTRON...

... FENOMENO QUE ES EL ORIGEN DE TODO CUANTO SE HACE EN ESTE CENTRO.

EN UN REACTOR DEL CENTRO HAY URANIO EN GRANDES CANTIDADES. CUANDO UN ATOMO DE URANIO DESPIDE NEUTRONES, ESTOS NEUTRONES VAN A CHOCAR CON OTROS ATOMOS DE URANIO Y LOS HACEN ESTALLAR CON UNA ENORME LIBERACION DE ENERGIA. LUEGO SE SUELTAN NUEVOS NEUTRONES, QUE A SU VEZ... ¿COMPRENDEN?

BUENO, LA BOMBA ATOMICA ES ESO. PROGRESIVAMENTE TODOS LOS ATOMOS SE DESINTEGRAN...

¡Y ES LA EXPLOSION!

¡ZING! ¡FLAP!

LA DESINTEGRACION ESTA CONTROLADA EN EL REACTOR ATOMICO. Y EL CALOR LIBERADO POR EL ESTALLIDO DE LOS NUCLEOS ATOMICOS SE RECUPERA. AHORA VAMOS A VER TODO ESO DE MAS CERCA.

¡¡¡¡¡ Y PAN!

¡EN MARCHA, CHICOS!



EL AIRE, CALENTADO AL PASAR POR EL REACTOR, ES DIRIGIDO A UN RECUPERADOR DONDE CEDE SU CALOR A UN AGUA SOMETIDA A LA PRESION CORRESPONDIENTE. EL AGUA SE VAPORIZA EN UNA TURBINA QUE HACE FUNCIONAR UN ALTERNADOR QUE, COMO SABEN, PRODUCE ELECTRICIDAD. LUEGO EL AIRE SE FILTRA Y EVACUA POR ESA CHIMENEA DE 100 MS.

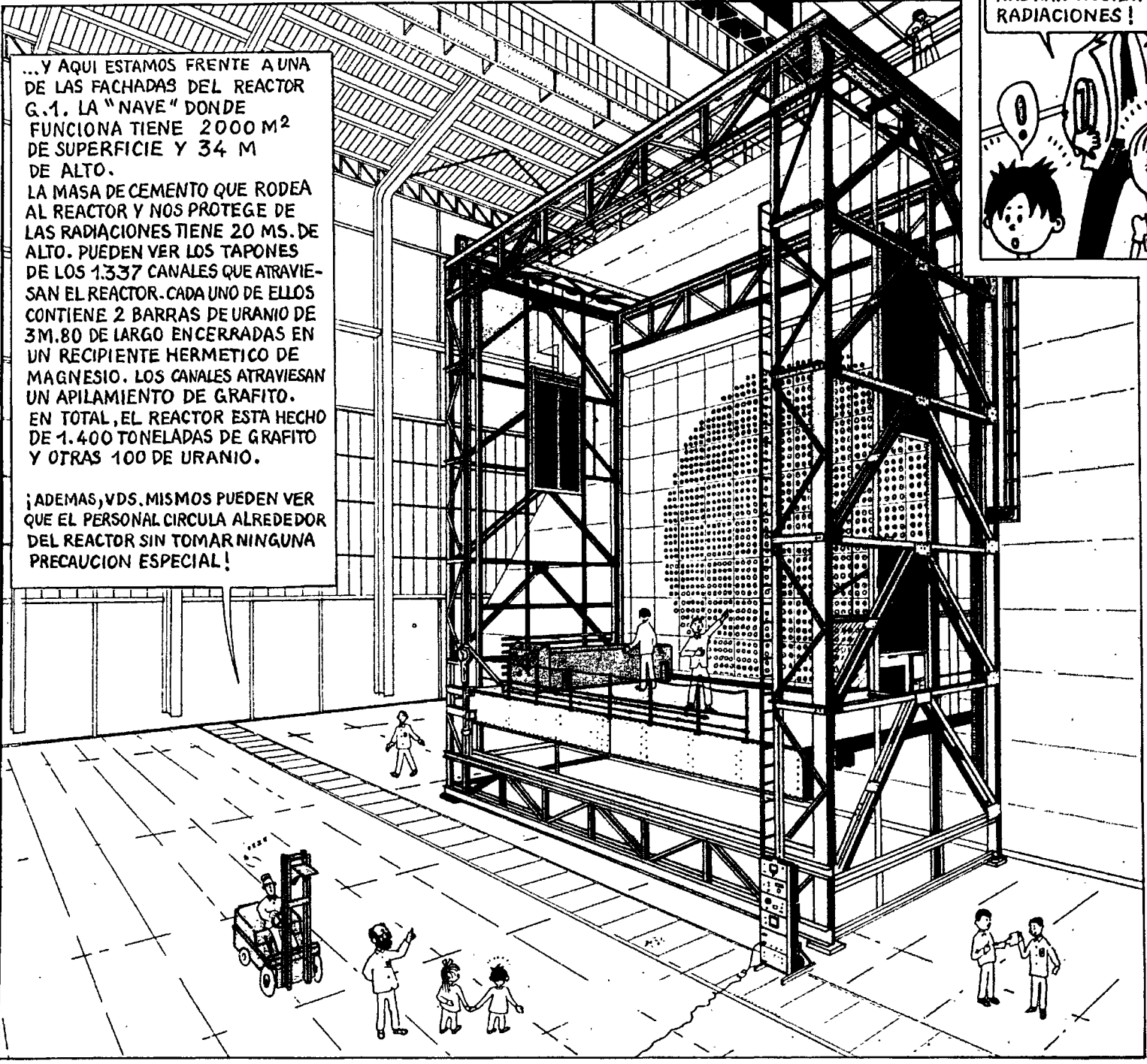


ES UNA PELICULA FOTOGRAFICA QUE LA RADIACION TIENE LA PROPIEDAD DE ENNEGRECER. DESPUES DE REVELADA SE PUEDE CONOCER LA DOSIS RECIBIDA POR QUIEN LA LLEVA.

ESTA PLUMA FUENTE ES UN CONTADOR PORTATIL. ¡MIREN!

¿PARA QUE SIRVE ESA CHIMENEA? NO ECHA NUNCA HUMO.

PARA EVACUAR EL AIRE QUE ENFRIA EL CORAZON DEL REACTOR.

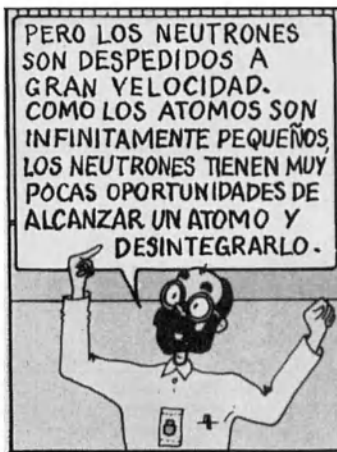
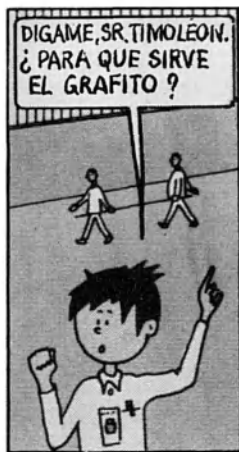


... Y AQUI ESTAMOS FRENTE A UNA DE LAS FACHADAS DEL REACTOR G.1. LA "NAVE" DONDE FUNCIONA TIENE 2000 M<sup>2</sup> DE SUPERFICIE Y 34 M DE ALTO. LA MASA DE CEMENTO QUE RODEA AL REACTOR Y NOS PROTEGE DE LAS RADIACIONES TIENE 20 MS. DE ALTO. PUEDEN VER LOS TAPONES DE LOS 1.337 CANALES QUE ATRAVIESAN EL REACTOR. CADA UNO DE ELLOS CONTIENE 2 BARRAS DE URANIO DE 3M.80 DE LARGO ENCERRADAS EN UN RECIPIENTE HERMETICO DE MAGNESIO. LOS CANALES ATRAVIESAN UN APILAMIENTO DE GRAFITO. EN TOTAL, EL REACTOR ESTA HECHO DE 1.400 TONELADAS DE GRAFITO Y OTRAS 100 DE URANIO. ¡ADEMAS, VDS. MISMOS PUEDEN VER QUE EL PERSONAL CIRCULA ALREDEDOR DEL REACTOR SIN TOMAR NINGUNA PRECAUCION ESPECIAL!



SI LA AGUJA SE HA MOVIDO HACE UN INSTANTE; ES PORQUE HABRAN RECIBIDO RADIACIONES!







BUENO, VAMOS A VER QUE PIENSAN VDS. DE TODO ESTO.

¡ESTUPENDO!; LA AGUJA DE LA PLUMA HA MARCADO CERÓ!



ESTA USINA TAN GRANDE, EN REALIDAD ¿DE QUE SIRVE?



Y; SIRVE PARA HACER ELECTRICIDAD!

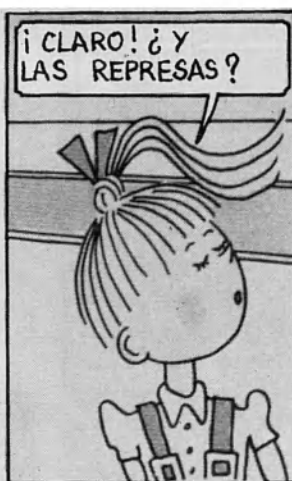


¡JA!; ¡JA!; ¡JA!; NO ME HAGAS REIR!; ¡TODA ESA MOLE ENORME PARA HACER ELECTRICIDAD!



¡CON LO PRACTICO QUE RESULTA HACERLA CON AGUA!

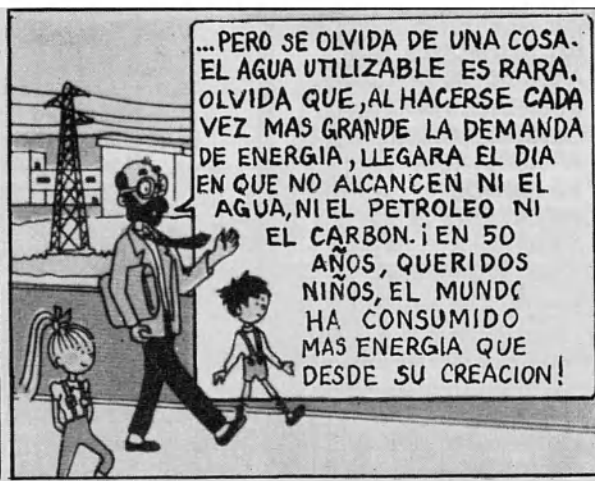
¿CON AGUA?



¡CLARO!; ¿Y LAS REPRESAS?



SOFIA NO ESTA NADA ERRADA; ¿SABEN? PERO



... PERO SE OLVIDA DE UNA COSA. EL AGUA UTILIZABLE ES RARA. OLVIDA QUE, AL HACERSE CADA VEZ MAS GRANDE LA DEMANDA DE ENERGIA, LLEGARA EL DIA EN QUE NO ALCANCEN NI EL AGUA, NI EL PETROLEO NI EL CARBON. ¡EN 50 AÑOS, QUERIDOS NIÑOS, EL MUNDO HA CONSUMIDO MAS ENERGIA QUE DESDE SU CREACION!



PERO LA ENERGIA ATOMICA ES INAGOTABLE: ¡UN GRAMO DE URANIO EN UN REACTOR DA TANTO CALOR COMO DOS TONELADAS DE CARBON!

¡MALA!



EL REACTOR QUE ACABAN VDS. DE VISITAR Y ESOS OTROS DOS - G.2 Y G.3 - QUE VEN AHI, SON CAPACES DE PRODUCIR CON EL CALOR RECUPERADO NO SOLAMENTE ELECTRICIDAD, SINO TAMBIEN PLUTONIO. ¡ESO ES LO FANTASTICO!



¿Y QUE ES ESE "PULTOÑO", MAESTRO?



HASTA AHORA, AL HABLARLES DE REACTORES ATOMICOS, HE INSISTIDO SOBRE TODO EN LA PRODUCCION DE CALOR.



VAMOS A FABRICAR, SI QUIEREN, UN PEQUEÑO REACTOR.



ESTAS RAMITAS HARAN LAS VECES DE BARRAS DE URANIO...



¡Y AQUÍ TENEMOS EL REACTOR EN MARCHA!



¡LA REACCIÓN EN CADENA ESTÁ LANZADA!



¡HAGAMOS CAER LA BARRAS, YA!



PARTE DE LA LEÑA HA DESAPARECIDO ALIMENTANDO LA COMBUSTIÓN.



DENTRO DE UN REACTOR PASA UN POCO LA MISMA COSA: UNA PARTE DEL URANIO SE DESINTEGRA Y ALIMENTA LA REACCIÓN EN CADENA.



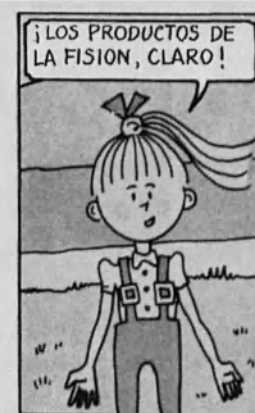
PERO OTRA PARTE DE LA MADERA NO SE HA CONSUMIDO DEL TODO; NOS QUEDAN CENIZAS DE ELLA.



EN EL REACTOR, PARTE DEL URANIO SE TRANSFORMA EN PRODUCTOS DE LA FISIÓN. ¡LOS PRODUCTOS DE LA FISIÓN SON LAS CENIZAS DEL REACTOR!



RECAPITULEMOS: UNA PARTE DEL URANIO HA DESAPARECIDO, OTRA PARTE HA DEJADO... RESTOS...



¡LOS PRODUCTOS DE LA FISIÓN, CLARO!



...Y UNA TERCERA PARTE ...



UNA TERCERA PARTE DEL URANIO SE HA TRANSFORMADO EN ... ¡PLUTONIO!



LOS PRODUCTOS DE LA FISIÓN OBSTRUYEN LA PIPA... DIGO, EL REACTOR... ... COMO LA CENIZA Y EL HOLLÍN OBSTRUYEN UNA CALDERA...



PERO EL PLUTONIO RESULTA ÚTIL POR LA CAPACIDAD QUE TIENE DE CONVERTIRSE EN COMBUSTIBLE A SU VEZ.



TODO PASA COMO SI NUESTRO FUEGO, AL QUEMAR LEÑA, ¡TAMBIÉN LA HUBIERA FABRICADO!

¡FENÓMENO!



¡FELICES DE VDS., POR VER COSAS QUE YO...



... NI ME HABRÍA ATREVIDO A SOÑAR A ESA EDAD!



¡NIÑOS FELICES Y CON SUERTE! PARA VDS. LOS INGENIEROS PERFECCIONAN REACTORES QUE RENDIRÁN ...

... MÁS COMBUSTIBLE DEL QUE CONSUMEN! ¡PALABRA!



PARA HACERLES COMPRENDER BIEN LO QUE OCURRE EN UN REACTOR, HE ENCENDIDO HACE UNOS MINUTOS UN FUEGO DE RAMITAS. NATURALMENTE, EN EL REACTOR NO HAY FUEGO, NI TAMPOCO QUEDA NINGUNA CENIZA. TODO OCURRE EN ESCALA ATÓMICA, LAS BARRAS DE URANIO PARECEN INTACTAS EN SU ENVOLTURA, PERO CUANDO SE LAS ANALIZA UNO SE DA PERFECTA CUENTA DE SU TRANSFORMACIÓN.

LAS BARRAS YA NO SE COMPONEN SOLO DE URANIO, SINO TAMBIÉN DE PLUTONIO Y DE DIVERSOS PRODUCTOS DE LA FISIÓN. HAY QUE SEPARAR DEL RESTO EL INESTIMABLE PLUTONIO, OPERACIÓN QUE SE LLEVA A CABO EN ESTA FÁBRICA.



ALGUNOS EJEMPLOS DE UTILIZACION DE LOS RADIOELEMENTOS:

EN MEDICINA:

EL COBALTO RADIOACTIVO REEMPLAZA VENTAJOSAMENTE AL RADIO (MUY RARO Y MUY CARO) EN EL TRATAMIENTO DEL CANCER.

LA EXTREMADA SENSIBILIDAD DE LOS DETECTORES PERMITE INYECTAR EN EL CUERPO HUMANO RADIOELEMENTOS EN DOSIS PERFECTAMENTE INOFENSIVAS PARA EL ORGANISMO. EL RASTRO DE ESTOS RADIOELEMENTOS ES SEGUIDO POR LOS DETECTORES; ASI PERMITEN ESTOS EL CONTROL DE LA SANGRE Y DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS DIVERSOS ORGANOS.

ESTERILIZACION DE LOS MEDICAMENTOS

LAS RADIACIONES INTENSAS MATAN LOS MICROBIOS.

EN LA INDUSTRIA:

VERIFICACION Y CORRECCION DEL ESPESOR DE LAS HOJAS DE MATERIAL PLASTICO, DE CARTON, DE VIDRIO, ETC.

EL CONTADOR RECIBIRA UNA RADIACION MAYOR O MENOR SEGUN EL ESPESOR DE LA HOJA.

CONTROL DEL NIVEL DE UN LIQUIDO EN UN RECIPIENTE CERRADO.

CUANTO MAYOR SEA LA DISTANCIA, MENOS RADIACIONES RECIBE EL CONTADOR.

EL CONTADOR RECIBIRA MAS O MENOS RADIACIONES SEGUN LA ALTURA DEL LIQUIDO.

EN LA AGRICULTURA

UTILIZACION EFICAZ DE LOS ABONOS.

CON EL ABONO VA MEZCLADO UN RADIOELEMENTO. ASI PUEDE SEGUIRSE CON EXACTITUD SU MARCHA POR LA PLANTA.

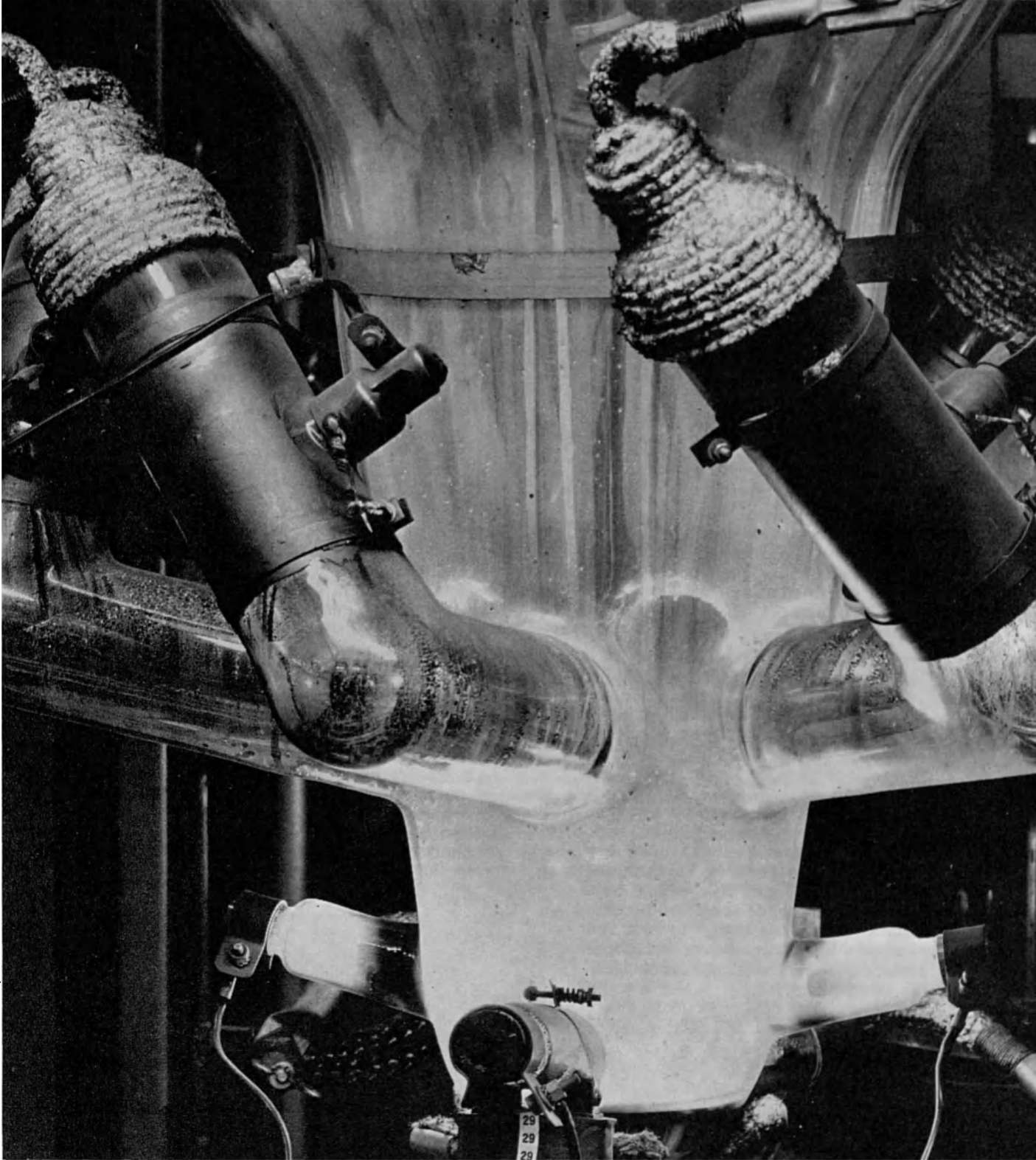
IRRADIACION DE CIERTAS SEMILLAS CON DOSIS DEBILES

CONSERVACION DE PATATAS



En las retortas de los «alquimistas» de la era atómica las transmutaciones de la materia se han hecho comunes y corrientes y han surgido varios elementos nuevos. Aquí véese un aparato que alimenta con corriente continua el sincrotrón de un laboratorio de investigación nuclear.

Foto © Jean-Pierre Sudre, París



# A TRAVES DE LA RESURRECCION DE LA MATERIA

por *Georguy Flerov y Vladislav Kuzniétsov*

**GUEORGUY NICOLAIEVITCH FLEROV** es Director del Laboratorio de Coordinación de las Investigaciones Nucleares y miembro correspondiente de la Academia de Ciencias de la URSS. En 1940, en colaboración con K. Petraik, Flerov descubrió el fenómeno de la fisión espontánea del núcleo. El grupo de investigaciones que dirige ha efectuado en los últimos años la síntesis y estudio de los elementos 102, 103 y 104; sus últimas investi-

gaciones se orientan ahora hacia la síntesis y estudio de los nuevos elementos e isótopos de la serie transurano.

**VLADISLAV IVANOVITCH KUZNIETSOV** es ingeniero en jefe del mismo laboratorio, del que fue uno de los primeros miembros investigadores. Kuzniétsov ha participado en el descubrimiento del elemento 101 y estudia ahora la síntesis de otros elementos nuevos.

LA vida en este planeta ha evolucionado gracias a la absorción de energía nuclear. El fuego de campamento del hombre primitivo, el carbón consumido por los altos hornos, el carburante que permite mover un proyectil balístico son otros tantos productos de la energía nuclear del Sol transmitida a la Tierra por la luz de éste y almacenada en diversas épocas por plantas y animales en forma de energía química, la energía de las nubes electrónicas de átomos y moléculas.

Sólo en el siglo XX ha dejado de

SIGUE A LA VUELTA

## Viaje por el núcleo

ser indivisible y único el núcleo atómico, inextinguible acumulador de la energía del mundo. Desde que comenzaron las primeras investigaciones efectuadas en su torno el hombre se encontró con fuentes de energía de las que no tenía la menor idea.

Las aplicaciones de la física nuclear no están limitadas, como es lógico, a la simple producción de energía; también comprenden estudios sobre la estructura de los metales y las aleaciones; sobre métodos de análisis miles de millones de veces más sensibles que los conocidos hasta ahora o del empleo cada vez más extendido de átomos «indicadores» en biología, agricultura o metalurgia. La física nuclear se ha convertido así en un elemento indispensable para buen número de industrias modernas.

Y sin embargo, pese a todas esas aplicaciones, nuestro conocimiento de la estructura del núcleo atómico está lejos de ser completo. El día en que penetremos sus misterios podremos hacer quizá descubrimientos sorprendentes en los más inesperados dominios de la ciencia. El hombre vive intrigado desde hace tiempo por la historia del origen de la Tierra, del Sol, del Universo. En el Génesis ya se hace evidente esta preocupación. Parecería imposible esperar que el hombre trazara un cuadro definitivo, o esbozara siquiera las líneas generales del comienzo del mundo, pero en el curso de las últimas décadas los estudios nucleares han contribuido a enriquecer sustancialmente nuestros conocimientos al respecto.

Según los conceptos actuales, los elementos químicos del sistema solar se han formado a partir de los protones, o sea los núcleos del oxígeno galáctico. Los elementos fundamentales de la materia —protones y neutrones— han dado gran diversidad de aglomeraciones como resultado de la compresión del hidrógeno original y de las reacciones nucleares corres-

pondientes. Fuera de los núcleos de los isótopos pertenecientes a los elementos químicos que forman actualmente la Tierra o que han sido creados sintéticamente en el laboratorio, había asimismo isótopos y elementos desconocidos para nosotros (1).

Se ha calculado que, teóricamente, pueden existir unas 5.000 asociaciones protones-neutrones que permanecen unidos un tiempo lo bastante largo como para permitir que se los considere válidamente como núcleos atómicos. Sólo se han estudiado más o menos a fondo mil quinientos de ellos. El número de isótopos con núcleos «naturales» que han subsistido sobre la Tierra desde el nacimiento del Universo, hace unos 5.000 millones de años o más, no se eleva a más de 450; la existencia de todos los demás es demasiado corta como para que hayan sobrevivido hasta nuestros días.

Ya se puede imaginar la sensación que causaría la resurrección de un mamut o un dinosaurio en el laboratorio de un biólogo. Pero en el mundo entero los laboratorios de física han vuelto a crear núcleos «extintos» millones de años antes de que apareciera sobre la tierra el primer dinosaurio. Hasta la fecha se han producido así unos 1.200, y algunos de ellos se fabrican en escala industrial.

El estudio sistemático de las propiedades de los núcleos sintéticos ha proporcionado los datos empíricos fundamentales sobre los que se fundan las nociones contemporáneas de la estructura nuclear. Pero la síntesis y estudio de los dos o tres mil «dinosaurios» que faltan contribuiría sustan-

(1) Los isótopos son variantes de un mismo elemento. Todos los isótopos de ese elemento tienen el mismo número atómico; es decir que su núcleo tiene el mismo número de protones, pero diferente número de neutrones. Los isótopos difieren solamente en el peso atómico o en el número de su masa, que expresa el total de protones y neutrones contenido en el núcleo.

cialmente a nuestro conocimiento de esta esfera científica y a los conceptos que nos formemos al respecto, especialmente porque entre los núcleos que no se ha llegado a crear sintéticamente los hay que poseen propiedades grandemente interesantes: un exceso o una falta de neutrones y números electrónicos elevados. En asociaciones nucleónicas de esta naturaleza, la materia nuclear debe encontrarse en un estado poco usual, un estado límite, cuyo estudio rinde por lo general resultados considerables. Se conocen ya las revoluciones producidas en el pensamiento científico por los descubrimientos hechos al estudiar la forma en que se conduce la materia en condiciones extremas de temperatura y de presión.

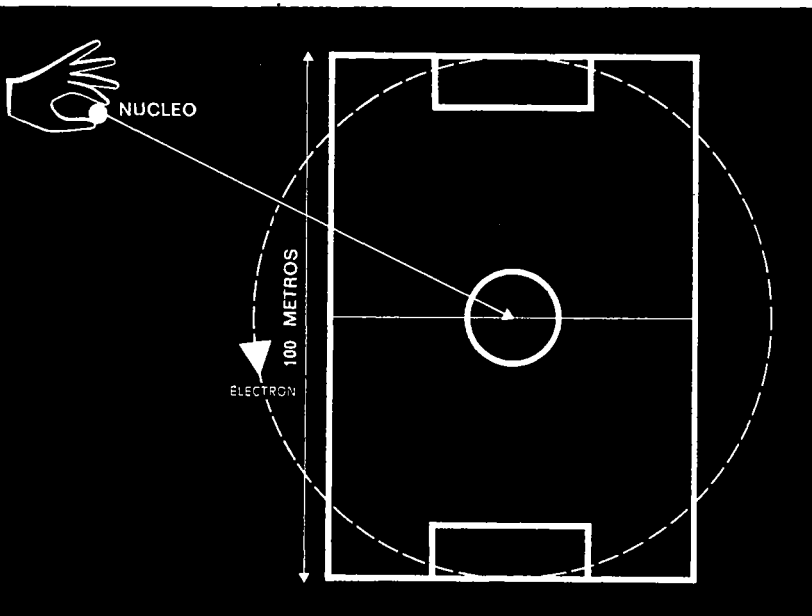
La historia del descubrimiento de los isótopos de los elementos transurano —o sea los que tienen números atómicos superiores al 92 en la Tabla Periódica (2) es particularmente espectacular. Ninguno de estos isótopos es lo suficientemente estable como para haber sobrevivido hasta nuestros días.

De todos los elementos sintéticos, el más «importante» es el plutonio, o más bien su isótopo, con una masa atómica de 239 que ha resultado capaz de sostener una reacción nuclear en cadena. El Plutonio 239 ha resultado en realidad la materia prima más adecuada para las armas atómicas y al mismo tiempo para la producción pacífica de energía nuclear. Pero aunque se hagan actualmente bombas nucleares de plutonio, sería inexacto afirmar que el único resultado del descubrimiento de este elemento nuevo fue el de crear una nueva amenaza para la humanidad.

Precisamente el plutonio abrió la perspectiva de la utilización pacífica en gran escala de la energía contenida en los núcleos pesados, ya que el Plutonio 239 se deriva del Uranio 238, hallado en la tierra en cantidades relativamente abundantes, aunque no sea posible usarlo directamente como combustible nuclear. Esas cantidades son 140 veces superiores a las del combustible nuclear natural, que es el Uranio 235. Sencillamente las existencias de éste no bastarían a los fines de la utilización pacífica del átomo.

Las reservas de energía contenidas en los núcleos del Uranio 238 son suficientes para satisfacer las necesidades del hombre por espacio de decenas de miles de años, aun teniendo

(2) Esta Tabla Periódica fue establecida en 1869 por el químico ruso Dimitri I. Mendeléiev, que organizó en ella diversas variedades de átomos, algunos naturales y otros debidos a la mano del hombre. Los que se conocen son 104. Luego de estudiar las propiedades químicas y físicas de los 63 elementos que se conocían en 1869, Mendeléiev pudo demostrar que estas propiedades tendían a presentarse periódicamente a medida que se iba subiendo en la escala de los pesos atómicos.



Si se ampliara un átomo de hidrógeno hasta hacerle cobrar las proporciones de un campo de fútbol, el núcleo no resultaría mayor que una bola de billar; el diámetro total del átomo es 10.000 veces mayor que el del núcleo, y el espacio que separa a éste de los electrones está vacío. En ese espacio gravitan los electrones, que giran en torno al núcleo 7.000 billones de veces por segundo. Pensemos ahora que una gota de agua está compuesta aproximadamente de 30 billones de átomos de oxígeno y de 60 billones de átomos de hidrógeno.

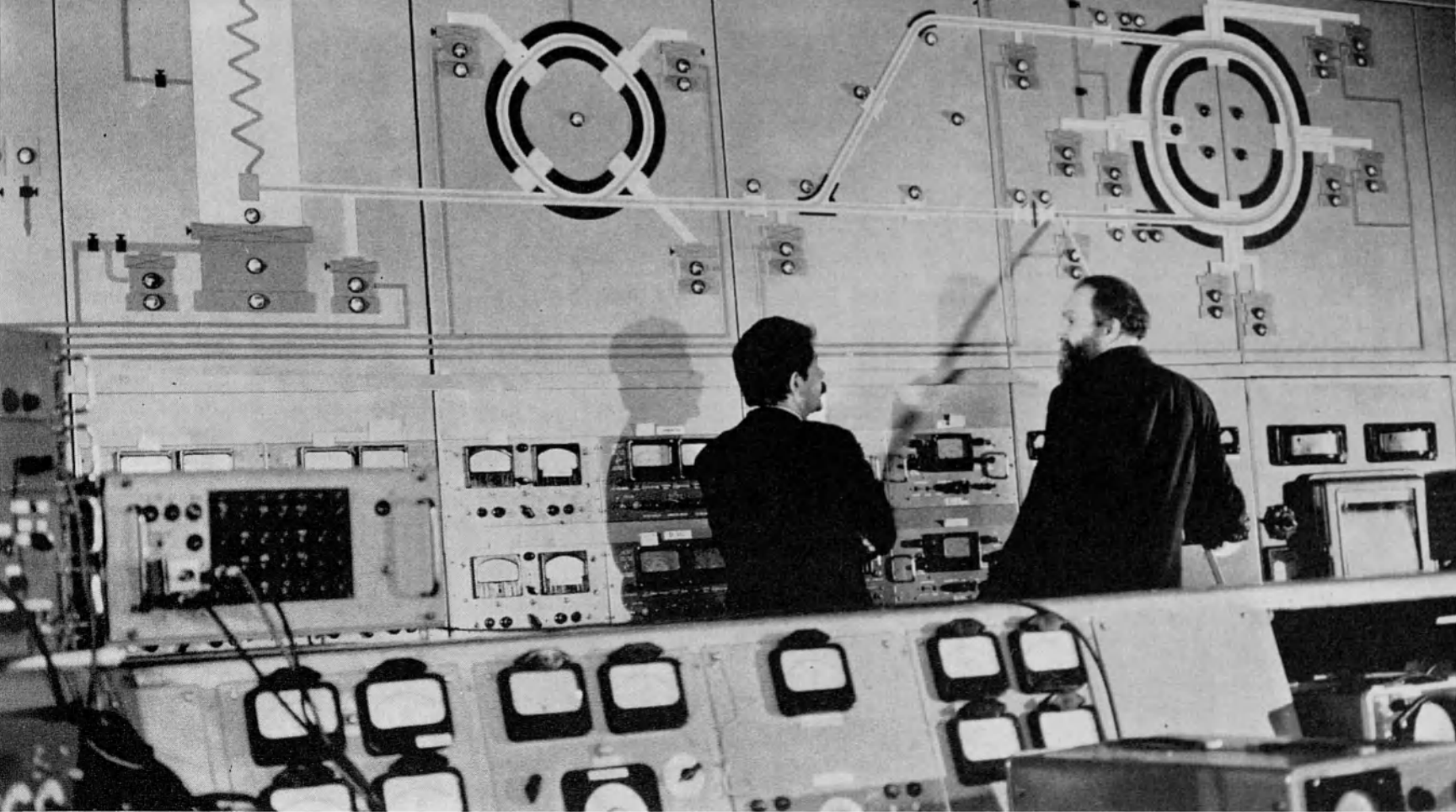


Foto © Paris-Match

**ROMPENUCLEOS.** Encima del tablero del sincrotrón instalado en el Instituto de Física Nuclear de Akademgorodok, en Siberia, un esquema muestra los «anillos de velocidad» en que los experimentadores hacen girar partículas con una aceleración realmente formidable. Después de esas vueltas en la «pista de carreras» (centenares de miles de kilómetros en pocos segundos) las partículas van a romper núcleos atómicos cuya composición podrá analizarse luego. Los supermicroscopios que son los aceleradores permiten asomarse en esta forma al universo, hasta ahora invisible, del átomo. Instrumentos indispensables de la ciencia nuclear pacífica, los «rompe-núcleos» se hallan ahora, cada vez más perfeccionados y poderosos, a disposición de los investigadores de todos los continentes (véase «El Correo de la Unesco» de marzo 1966).

do en cuenta todo futuro aumento de la demanda. La producción de los primeros elementos sintéticos y el estudio de sus propiedades puede desempeñar de este modo un papel decisivo en el terreno tremendamente importante del suministro de energía a la humanidad en general.

Los elementos que llevan los números de 95 a 100 y que no tienen el valor práctico del plutonio se han podido sintetizar. El proceso de producción de elementos nuevos, que consiste en someter los núcleos atómicos pesados a la irradiación de gran intensidad por medio de neutrones, puede servir hasta cierto punto de indicación sobre la forma en que los elementos pesados son sintetizados naturalmente en el universo. Los datos obtenidos en el curso de este proceso han servido de base a buen número de hermosas hipótesis sobre el origen de los elementos químicos, y los experimentos nucleares tienden a confirmar que esas hipótesis describen procesos no muy diferentes de los que tienen lugar en la realidad.

Los núcleos cuyo número atómico es superior a 100 deben ser recreados sintéticamente por la fusión de dos núcleos complejos. Generalmente uno de éstos, el núcleo del elemento pesado, es un componente del blanco sometido a un bombardeo por los núcleos de oxígeno, de neón o de argón, acelerados a una velocidad igual a la décima parte de la velocidad de la luz. Al chocar a tales veloci-

dades, las fuerzas de repulsión existentes entre los núcleos quedan vencidas, produciéndose la fusión que da un nuevo elemento. La «media vida» de los isótopos correspondientes a los elementos con un número atómico superior a 100 es muy corta, y muy débil su rendimiento en las reacciones nucleares.

Así y todo, en 1955 el puesto No. 101 en la tabla periódica de Mendeléiev se vio ocupado por un nuevo elemento sintético producido por un grupo de físicos y químicos norteamericanos que dirigía Glenn Seaborg (véase el artículo de la pág. 42). El nuevo elemento recibió el nombre de «mendelevio», como homenaje al autor de la Tabla. El próximo paso lo constituía la síntesis del elemento 102; menos de un año después, las revistas científicas anunciaban su descubrimiento. Pero los primeros trabajos abundaron en errores y apreciaciones inexactas. Antes de identificar finalmente al nuevo elemento habían de pasar diez años más.

Las dificultades para el estudio del elemento 102 surgen de la corta «media vida» de sus isótopos: pocos minutos como máximo y, muy frecuentemente, unos pocos segundos o fracciones de segundo como mínimo, razón por la cual resulta inaplicable el tradicional método químico de identificación. Se necesitaron métodos nuevos fundados en otros principios físicos.

Estos métodos fueron perfecciona-

dos, por una parte, en el Laboratorio de Radiaciones Lawrence, en la localidad californiana de Berkeley, y por la otra en el Instituto Unificado de Investigaciones Nucleares que diez países socialistas sostienen en Dubna, en los alrededores de Moscú. Allí fue donde, en 1966, pudieron obtenerse los primeros datos dignos de confianza sobre las propiedades de cinco isótopos del elemento 102, datos confirmados un año más tarde por los científicos norteamericanos.

Sin dejarse abatir por las dificultades que debían vencer, los científicos pasaron de la síntesis del elemento 102 a la del 103 y el 104. La investigación correspondiente a este último, llamado «kurchatovio» en homenaje al distinguido físico ruso Igor Kurchatov y descubierto en el Laboratorio de Reacciones Nucleares de Dubna, tuvo especial importancia desde el punto de vista científico. En la primera etapa del proceso se utilizaron métodos físicos para medir la «media vida» de uno de los isótopos del kurchatovio: medio segundo. En el curso de la síntesis hubo que detectar un núcleo de kurchatovio entre millones de núcleos «de lastre», resultado de las reacciones concomitantes. La tarea se parece a la del que tuviera solamente unos instantes para localizar un solo grano de trigo en 100 bolsas que contuvieran cada una 100 kilos del cereal.

Luego se creó un método para estudiar las propiedades químicas de los átomos individuales, aprovechando la

## Superelementos y números "mágicos"

rapidez con que las reacciones químicas se producen en un medio gaseoso. El perfeccionamiento de este método se vio más facilitado todavía por la diferencia marcada entre las propiedades químicas del kurchatovio y las de los otros elementos trans-uranio. Por término medio se necesitaron seis horas para localizar un núcleo.

Las dificultades que presenta el estudio de elementos con un número tan elevado se derivan tanto de la brevedad de su «media vida» como de la producción restringida de núcleos nuevos. Estas dificultades aumentan a medida que lo hace el número atómico, y más allá de los elementos 106 o 107 es muy posible que no puedan ser vencidas por los métodos modernos de la física nuclear. ¿Se habrá llegado entonces a un «impasse»?

Al elemento número 83 —bismuto— siguen el polonio, el astatino, el radón y otros elementos con isótopos de una «media vida» muy breve. Pero los isótopos del torio, del uranio y del potasio tienen «medias vidas» mucho más largas. Después de la baja brutal de la longevidad de los isótopos que se produce a partir de ese elemento 83 —el bismuto— la media vida de los isótopos de elementos con un número atómico más elevado empieza a aumentar (caso del torio, del uranio y del plutonio) antes de volver a reducirse (caso del americio, del curio, del elemento 102 (nobelio) del 103 (laurencio) y del 104 (kurchatovio). ¿Será posible que se produzca luego un nuevo aumento? ¿Existen efectivamente elementos duraderos con un número superior a 100?

Al comenzar la cuarta década del siglo, en el amanecer de la física nuclear, pudo observarse una extraña periodicidad; los núcleos atómicos en los que el número de protones o de neutrones es 2, 8, 20, 28, 50, 82 o 126 se distinguen por su gran estabilidad. Se descubrió que elementos tales como el estaño (con 50 protones en el núcleo) el bario (con 82 neutrones) y el plomo (con 82 protones) son mucho más abundantes que los que están cerca de ellos en la tabla periódica. En aquel momento nadie ofreció una explicación del fenómeno, y los físicos llamaron «mágicos» a esos números como 28, 50 y 82. Si el número de protones o neutrones en un núcleo es un número «mágico» el núcleo será de una estabilidad desacostumbrada. Un número doblemente «mágico» es el del Plomo 208, que contiene 82 protones y 126 neutrones.

La teoría moderna ha explicado el secreto de los números «mágicos». Se ha descubierto que, en la misma forma que los electrones que giran en órbita alrededor del núcleo forman una especie de caparazón o concha de electrones, los nucleones dentro del núcleo atómico forman una especie de conchas de neutrones y de pro-

tones. La estructura de éstas es, desde luego, completamente diferente de la de las conchas de electrones, pero como ocurre con éstas, los más estables son los núcleos de aquellos isótopos cuyas conchas nucleónicas están totalmente llenas. Teóricamente, los elementos 114 y 126 deberían ser «superelementos» con conchas de protones y neutrones cerradas. Como los núcleos doblemente «mágicos» poseen una mayor estabilidad, con los elementos 114 y 126 uno puede muy bien encontrarse en presencia de isótopos de una media vida relativamente larga.

La cosa no es segura, pero la duda no resta importancia a las investigaciones correspondientes, ya que si no existe ningún otro dominio donde reine la estabilidad, habrá que revisar muchos conceptos de la teoría nuclear moderna. Si, por el contrario, se verifica la predicción, ello ha de abrir caminos nuevos al estudio de los núcleos atómicos.

Para llegar al dominio del elemento 126 habrá que aumentar en muchas unidades el número atómico de los núcleos que constituyen un blanco, pasando por encima de muchos casilleros vacíos de la tabla periódica. Como ejemplo de reacción con la que se podría obtener un núcleo del elemento 126 está la fusión de los núcleos del torio y del cripto, fusión capaz de provocar la emisión de varios neutrones. Otra posibilidad la presenta la fusión de dos núcleos de uranio; la estructura nucleónica resultante será inestable, produciéndose una fragmentación nuclear. Entre los fragmentos es posible que se presenten isótopos de elementos con un número atómico elevado.

Reacciones como ésta exigen que se acelere a una décima parte de la velocidad de la luz núcleos pesados como los del uranio, en cuyo caso la energía de éstos bastará para vencer las fuerzas de repulsión de aquellos otros núcleos que constituyen un blanco. Así

**FUEGO DE ARTIFICIO ATOMICO.** Para ver lo que ocurre en el interior del átomo, los investigadores disponen de un verdadero «ojo atómico» en la extremidad del sincrotrón. Es la cámara de burbujas, donde los restos del átomo dibujan su trayectoria con fulgurantes fuegos de artificio (hay partículas que no viven más de un cienmillonésimo de millonésimo de millonésimo de segundo). En la foto, una cámara de burbujas del Laboratorio de la Organización Europea de Investigación Nuclear, que funciona en Ginebra.

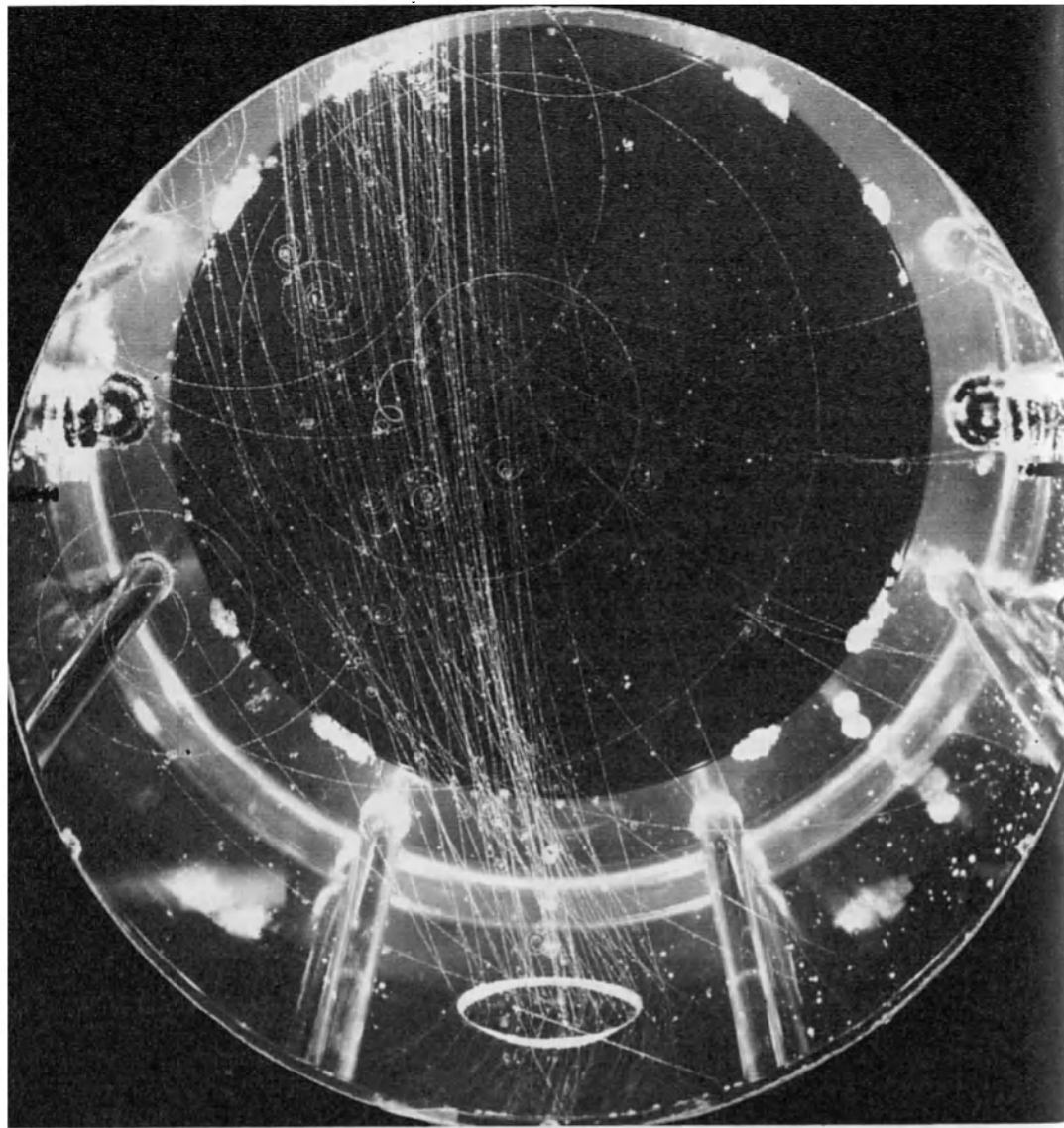
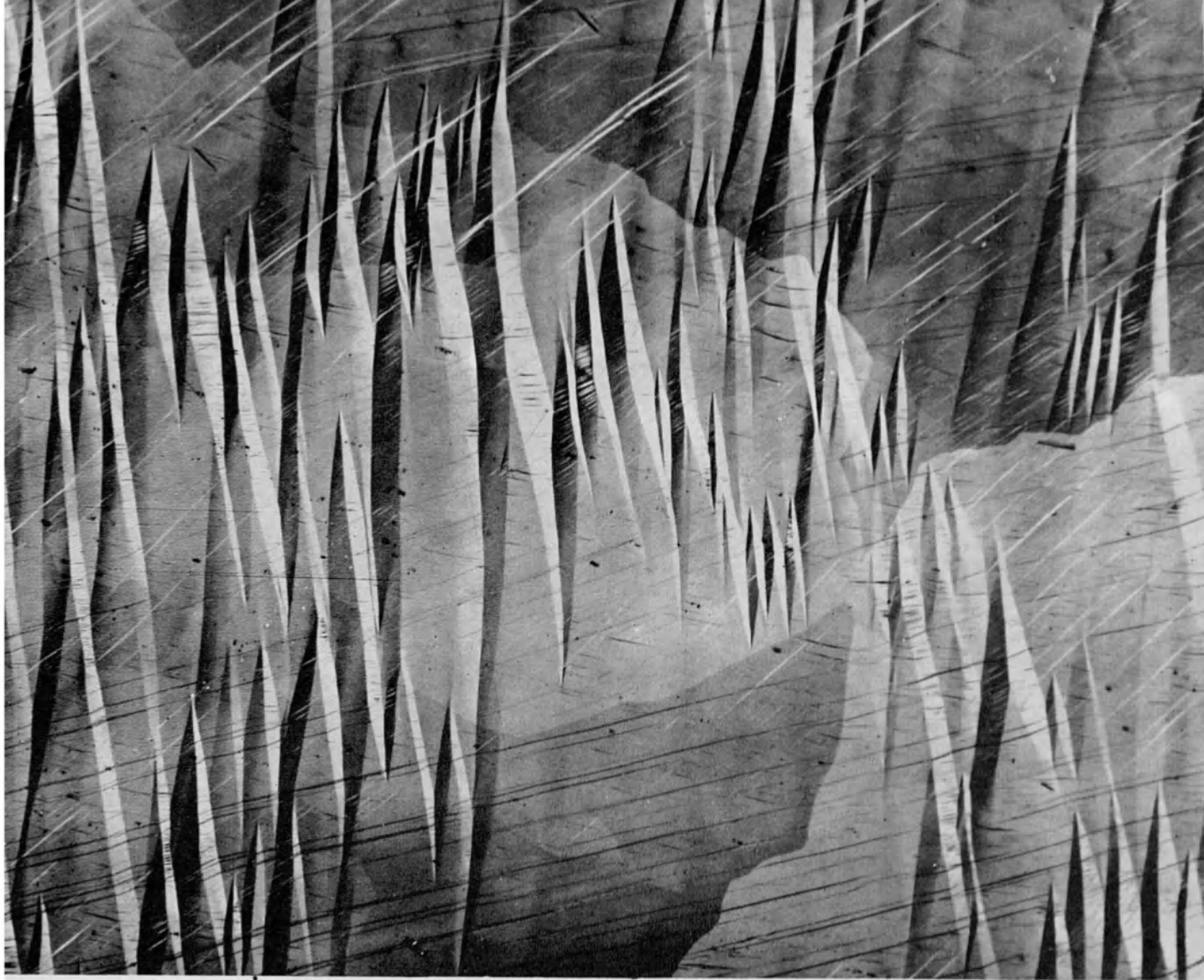


Foto CERN



**RETRATO DEL URANIO.** Esta extraña composición pictórica no es otra cosa que un fragmento de uranio purificado visto al microscopio bajo una luz polarizada y agrandado 400 veces. La foto se tomó en el curso de una serie de estudios fundamentales sobre la purificación del uranio.

Foto Comisariato de Energía Atómica, París



se formará una gota de materia nuclear super-pesada, cuya desintegración ha de hacer surgir nuevos superelementos. Cabe agregar que se trata de una operación absolutamente posible desde el punto de vista técnico y que, además, no exige los desembolsos de capital necesarios cuando se emplean aceleradores de protones de gran energía.

Con muchos los países que tienen a estudio proyectos como éste; y aunque sea difícil decir cuándo se podrá llegar a sintetizar los superelementos, no hay que olvidar que no hace todavía mucho tiempo la síntesis de los elementos 102 o 104 parecía una empresa fantástica. Resta preguntarse hasta dónde se puede llegar en este terreno, y cuáles son los límites fijados por la Naturaleza.

Fue posible descubrir los núcleos del kurchatovio por las huellas que dejaban sus fragmentos al producirse en el curso de una fisión espontánea. Dicho sea de paso, las huellas similares que se logre hallar en componentes de la corteza terrestre pueden proporcionar una información interesante sobre los cambios de temperatura de las rocas en la época en que la Tierra se enfriaba. Las huellas fueron dejadas allí por los fragmentos producidos como resultado de la desintegración de los elementos inestables creados, con todos los demás núcleos atómicos, en los orígenes del Universo, hace decenas de millones de años.

El proceso de la fisión espontánea reviste una importancia cada vez mayor

cuando van creciendo los números atómicos de los elementos. A partir del californio (número 98) esa clase de fisión es, para gran número de isótopos, el tipo principal de mengua radiactiva. Ello fija el límite de nuestros adelantos en el estudio de los elementos de número elevado. Todas las estructuras nucleónicas que posean números atómicos superiores al 126 desaparecen sin duda con tal rapidez que estudiarlos resulta imposible, y aun cuando se imagine algún método para hacerlo es difícil llamar núcleo atómico a una gota de materia nuclear que se desintegra, pongamos por caso, en 1/100 de nonosegundo, o sea, de milmillonésimo de segundo.

Los métodos de síntesis e identificación de los núcleos atómicos se utilizan, no solamente para el estudio de la estructura de la materia, sino también para resolver gran número de problemas de ciencia aplicada, como por ejemplo la estructura de los materiales, la prospección de minerales, la detección de concentraciones muy débiles de sustancias en una mezcla (lo que es muy importante para la producción de los semiconductores utilizados en las máquinas electrónicas) y la utilización de «átomos indicadores». Al perfeccionarse los métodos para sintetizar tanto nuevos elementos como isótopos se crearían nuevas perspectivas de aplicación práctica. El progreso en este sentido dependerá esencialmente de la creación de aceleradores para los núcleos de los elementos más pesados de la tabla periódica,

incluso el torio y el uranio, que por ahora deben marcar un límite en este sentido.

Todo parece indicar que dentro de pocos años se llegará a construir estos aceleradores, lo cual hará factible, en los diez o veinte años venideros, la síntesis de los tres o cuatro mil núcleos atómicos restantes, comprendidos los superelementos del tipo de los 114 y 126, a descubrirse aún.

¿Llevarán esos diez o veinte años a hacer descubrimientos comparables en importancia al del plutonio? No pueden caber dudas al respecto; la síntesis y el estudio de millares de isótopos que poseen propiedades nucleares de gran interés permitirán a los científicos adquirir una comprensión mayor de la estructura de la materia nuclear y, en consecuencia, crearán grandes posibilidades de aplicación práctica a la investigación atómica.

¿Qué destino tendrán los grandes descubrimientos del futuro en esta esfera? Ello dependerá de los hombres a los que corresponda explotarlos. Un descubrimiento en sí no es ni útil ni perjudicial. Aquí el sentido ético vuelve a aparecer como una necesidad primordial. Las nuevas energías tendrían que ponerse al servicio de la base social y de la prosperidad del hombre, no al servicio de fines destructivos. Esto es lo que han esperado siempre los hombres de ciencia dignos de tal nombre, hombres con plena conciencia del valor que sus descubrimientos tienen para la humanidad y para la vida de nuestro planeta.

# UNA VARITA MÁGICA PARA EL FUTURO

por Glenn T. Seaborg, Premio Nobel

**E**L hombre vive de energía. Cuanta más pueda producir, mejor vivirá. Con ella puede mover un interruptor para sacar agua de un pozo, para poner un tren en movimiento, para hacer funcionar la calefacción en una casa o para iluminar una ciudad.

En el siglo XXI la mayor parte de esta energía saldrá del núcleo del átomo, y si la usa con prudencia, el hombre puede mejorar su manera actual de producir alimentos, de utilizar el agua y las materias primas, de disponer de los residuos y de construir las ciudades del futuro. La necesidad de mejora rompe los ojos. Al llegar el año 2000 los expertos dicen que la Tierra tendrá el doble de población que en la actualidad (véase *El Correo de la Unesco*, Febrero 1966); y hay quienes esperan, a la larga, una población de 15.000 millones, o sea cinco veces más habitantes que en la actualidad.

Pero la Tierra seguirá siendo la misma, y para mantener a esos miles de millones más debemos aprender a usar y volver a usar de nuestros recursos con una eficacia a la que apenas si nos aproximamos ahora raras veces.

La energía es un recurso indispensable, y la contribución más importante que, con mucho, puede hacer el átomo al mundo de mañana resultará de la combinación de la electricidad baratísima y el calor que se pueda producir gracias a aquél, particularmente al perfeccionarse ese tipo de reactor que crea más combustible nuclear del que quema.

Pero hay que insistir en que disponer de una gran cantidad de energía barata no es una panacea en sí. Hay que perfeccionar la técnica nece-

saria para aprovecharla y hay que aplicarla diestra, productiva y sabiamente, lo cual deberá ser obra de un personal bien preparado para ello.

Hay científicos que han pensado ya en cómo ocurrirá todo; cómo pueden utilizarse esas cantidades enormes de energía en gigantescos complejos industriales movidos por la energía nuclear, que nosotros llamamos «nucleos» y cuyo verdadero corazón sería el reactor nuclear autorregenerable. La capacidad de generación de energía de estos complejos sería de muchos millones de kilovatios.

Una serie de plantas industriales, unidas todas al centro generador de energía, cambiaría mercaderías y servicios dentro de un laberinto de arterias subterráneas, correas transportadoras y cañerías.

Por los actuales métodos de reducción se podría producir hierro. Por medio del horno eléctrico se obtendría acero, fósforo o carburo de calcio. Otras plantas industriales, recurriendo a la electrolisis y al hidrógeno electrolítico, podrían producir aluminio, cobre y ácido nítrico. En otras fábricas, por último, se podrían hacer materiales sintéticos de todas clases.

**S**i perfeccionamos las refinadas técnicas químicas necesarias para capitalizar la producción de energía barata, podrá llegar el día en que logremos el reciclaje de todas nuestras sustancias —como también del agua— para contar con un suministro ilimitado de materias primas y llegar a una civilización prácticamente libre de desechos. Pero no hay que olvidar nunca que el planeamiento, la instalación y el manejo de fábricas y plantas como éstas será una empresa colosal que exija por adelantado grandes estudios, una inyección enorme de capital y, ante todo, la devoción y el esfuerzo continuo de muchísimas gentes talentosas y dotadas.

Las perspectivas son tan vastas, sin embargo, que han excitado la imaginación de muchos. Por lo que respecta al agua, por ejemplo, un estudio llevado a cabo el año pasado en el laboratorio que la Comisión estadounidense de Energía Atómica tiene en Oak Ridge estuvo dedicado a la posibilidad de colocar complejos nucleares agro-industriales en zonas áridas, como las llanuras costeras del desierto. Se sabe ya que no está lejos

el día en que pueda emplearse de una manera económica la energía nuclear para desalar el agua. En los Estados Unidos se ha planeado ya la construcción, cerca de Los Angeles, de una planta de desalinización y de generación de energía —planta que serviría así dos fines al mismo tiempo— movida por la energía nuclear.

Un informe sobre los centros de energía que el Laboratorio Nacional de Oak Ridge dará a publicidad en el curso de este año indica las perspectivas estimulantes que hay para acoplar estas plantas «de dos fines» con granjas o «fábricas de alimentos» manejadas en forma altamente científica. En uno de los estudios de dicho informe se considera como corazón de la energía a un gran reactor autorregenerable que podría, en un solo día, producir 1.000.000 de kilovatios de electricidad y desalar 15.140 millones de hectolitros de agua.

Al mismo tiempo, la energía de la planta se podría utilizar para fabricar abonos químicos de amoníaco y de fósforo. De la salmuera del agua marina se podrían obtener también otros subproductos para el consumo local o la exportación. La electricidad de la planta se usaría para los trabajos altamente mecanizados de la granja y para la conservación, fabricación, envasado, etc., de alimentos, así como también para suministrar luz eléctrica, aire acondicionado y la energía necesaria para las comunicaciones y el transporte al personal empleado en el complejo de fábricas.

En unas 80.000 hectáreas de tierra regada con el agua desalada y abonada con los fertilizantes artificiales producidos en la planta, podrían producirse alimentos especialmente adecuados para el lugar. No se dejaría casi nada librado a la casualidad o a los caprichos de la Naturaleza.

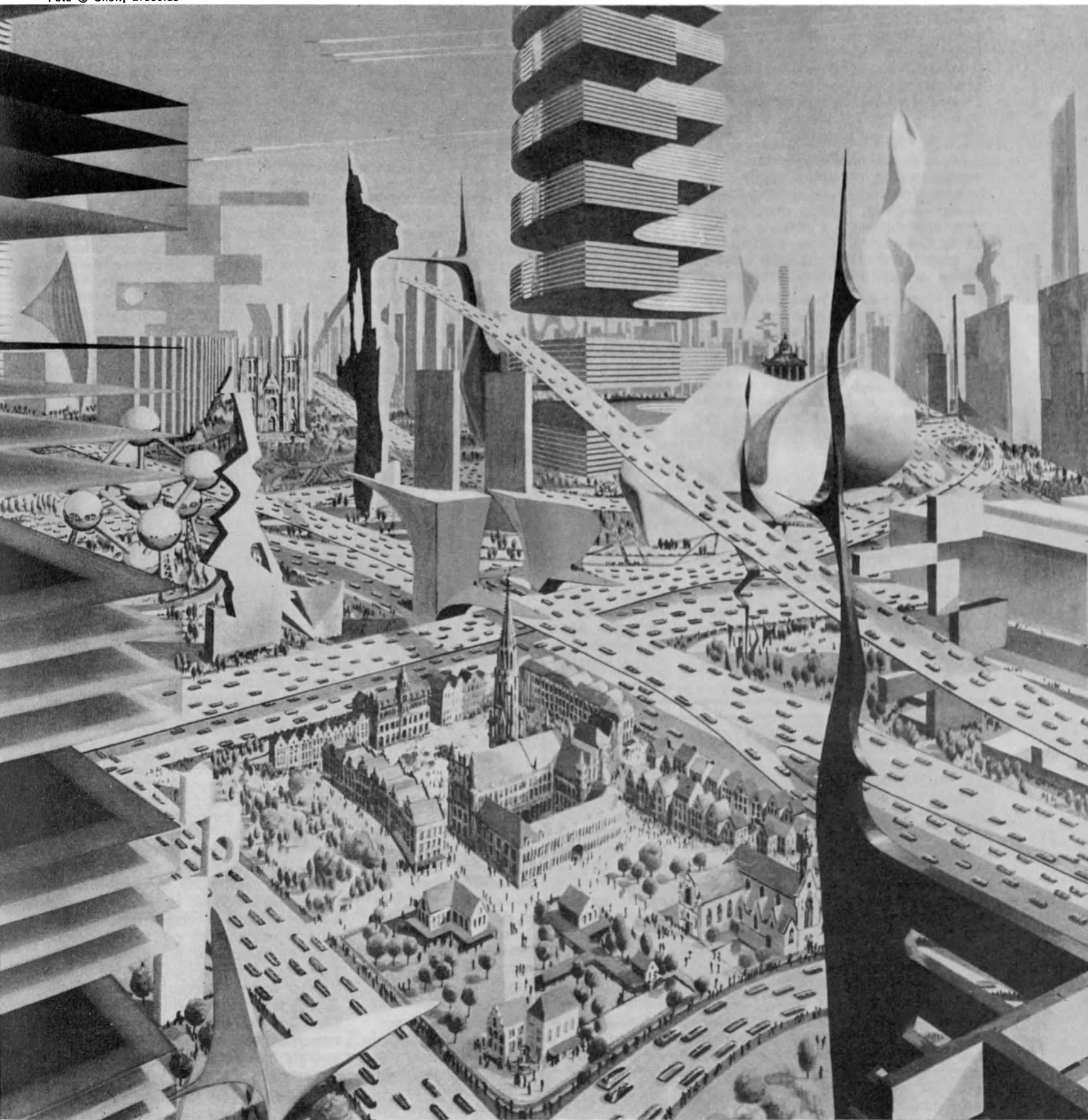
Una fábrica de alimentos de tal naturaleza podría producir 45 millones y medio de kilos de granos todos los años; lo suficiente como para alimentar a 2 millones y medio de personas al nivel de 2.400 calorías diarias. Fuera de ello, podría exportar a otras zonas agrícolas los suficientes abonos químicos como para cultivar 4.000.000 de hectáreas de tierra que de otra manera permanecería improductiva.

En nuestra preocupación porque se produzca el suficiente alimento para todos olvidamos que de todo el alimento disponible anualmente en el mundo la quinta parte se echa o

**GLENN T. SEABORG**, presidente de la Comisión Norteamericana de Energía Atómica y Premio Nobel de Química (1951, con E. M. McMillan) tiene una distinguida foja de servicios en la esfera de la química nuclear y en la de las cuestiones científicas y educativas. El Dr. Seaborg fué codescubridor del plutonio, de los isótopos plutonio 239, uranio 233 y neptunio 237, así como de los elementos 94 (americio), 96 (curio), 97 (berkelio), 98 (californio), 99 (einstenio), 100 (fermio), 101 (mendelivio) y 102. El Dr. Seaborg y sus colegas han identificado asimismo más de 100 isótopos de elementos en toda la Tabla Periódica de Mendeléiev. Autor de unas 200 comunicaciones o trabajos científicos, Seaborg se trasladó a Moscú en 1964 como miembro de la Delegación Estadounidense que firmó allí el Tratado de Prohibición de los Experimentos Nucleares.

Bruselas en el siglo XXV, tal como la imagina un artista del siglo XX. El dibujo muestra, en el centro de la ciudad, un «islote sagrado» dentro del cual los urbanistas ha conservado la gran plaza central y los monumentos históricos. La ilustración está tomada de un calendario sobre el mundo del futuro publicado en 1962 por la Compañía Shell.

Foto © Shell, Bruselas



## Más allá de todo lo imaginable

perder o lo destruyen los gorgojos, ratas e insectos nocivos (véase el art. de la página 18). Para el año 2000 se espera haber perfeccionado lo suficiente la técnica de la irradiación de alimentos como para reducir considerablemente esas pérdidas.

Las dosis cuidadosamente controladas de la radiación proveniente de determinados isótopos radiactivos pueden destruir esos insectos y alargar la vida de los alimentos frescos tanto en los estantes de las tiendas y las cocinas como en los silos de almacenamiento, así como ayudar a crear variedades de granos y verduras nuevos y más resistentes a la destrucción que los actuales.

En todos aquellos rincones del mundo en que el hombre pueda beneficiarse del calor y la electricidad, la energía nuclear, en sus diversas formas, puede ayudar a mejorar la vida de la humanidad. Otros empleos de la misma en el futuro son también dignos de una breve mención en esta lista.

Se podría combinar la energía nuclear con las bombas de los pozos abisinos (instantáneos) para extraer los vastos recursos de agua enterrados a gran profundidad en muchas zonas áridas e identificados actualmente gracias a los estudios del Decenio Hidrológico de Naciones Unidas.

Los radioisótopos alimentarán las baterías de los sateloides meteorológicos, de navegación y de comunicaciones, y hasta pueden servir como fuentes de energía para los corazones artificiales implantados quirúrgicamente en ciertos pacientes. Antes de que termine el siglo, se emplearán reactores nucleares no mayores que un automóvil pequeño para impulsar naves espaciales que, manejadas por astronautas, hagan el viaje a Marte.

Los sistemas por los cuales se mantenga la vida de estos en sus viajes al espacio serán alimentados por energía nuclear, y llegará el día en que los reactores puedan ayudar al hombre a crear un ambiente habitable para una futura colonia humana en la Luna.

Ya se están proyectando embarcaciones de estudio de las profundidades del mar, cuyas máquinas se moverán con energía nuclear. Al llegar el siglo XXI es muy posible que el hombre extraiga alimentos del mar, explote los recursos minerales de éste y viva en él, por largos períodos, a grandes profundidades. En el futuro ha de ser principalmente la energía nuclear y las técnicas surgidas gracias a ella lo que le permita explorar y explotar el océano.

Si los actuales programas de desarrollo tienen éxito, las obras de ingeniería llevadas a cabo con ayuda de explosivos nucleares podrían favorecer la utilización de reservas de gas y minerales profundamente encerradas ahora en las profundidades de la tierra y la creación de depósitos subterráneos para conservar el agua de lluvia en aquellas regiones donde la evaporación de ésta es rápida una vez que cae. Los explosivos nucleares dedicados a fines de paz podrían usarse también para construir un canal, una nueva bahía o un túnel que abra paso por una montaña (vease el artículo de la pág. 14).

Por ser compacto y por tener también larga vida el combustible nuclear, las ventajas del átomo están menos ligadas a esos accidentes de la geografía que quieren que un país tenga combustibles mientras a otro se los niega la suerte. Una vez que se construye una planta de energía nuclear, se puede hacer uso de ella tanto en el desierto como en un centro industrial, y siempre de manera económica.

En realidad, como señalara más arriba, la energía nuclear puede convertir el desierto en centro industrial.

Desde que las verdaderas economías posibles gracias a los reactores nucleares se producen las más de las veces en plantas de gran tamaño, se podrá ver en el futuro que varias naciones se unen y, en cooperación con los países más industrializados y la Organización Internacional de Energía Atómica (véase la página 4), comparten los beneficios de estas plantas en la misma forma que comparten ahora las máquinas de estudio de la energía atómica en centros como los de Ginebra, cuya creación propiciara la Unesco.

No hacer caso de la forma en que surgió la energía nuclear sería, en el mejor de los casos, una ingenuidad imperdonable. Yo no lo he olvidado, y no hay que tomar mi optimismo sobre las posibilidades de los «átomos para la paz» por indicación de que no mantengo una actitud realista frente a la constante posibilidad de aniquilación nuclear del mundo. Es un problema con el que he vivido desde hace más de veinte años.

Pero también he visto utilizar la energía nuclear para iluminar casas y hacer marchar fábricas, para conducir barcos por el océano y para guiar sateloides en órbita. He visto el átomo usado para estudiar los misterios de la vida, para ayudar a la adquisición de nuevos conocimientos, para mejorar la agricultura, para salvar vidas y para hacer nuestra existencia más comprensible y también más grata. Si el hombre descubre una fuerza que lo una a los demás hombres —tan grande como la que une el núcleo del átomo— cabe esperar un futuro mucho más extraordinario de lo que Vds. o yo podríamos atrevernos a imaginar en estos momentos.

---

### ENJAULAR LA RADIATIVIDAD (viene de la pág. 18)

tan insignificante que prácticamente no se la puede medir. Por extraño que parezca, las plantas que consumen carbón sueltan en la atmósfera una radiactividad más significativa, biológicamente hablando, que las de energía nuclear.

Uno de los problemas que ha de hacerse más y más grande a medida que se desarrolle esta industria es el de deshacerse de los desechos radiactivos. Algunos tendrán que ser encerrados y aislados por espacio de varios siglos. Dicha así, la cosa impresionante, pero siempre hay medios de reducir el volumen de esas sustancias para ponerlas a buen recaudo, y continuamente se encuentran nuevos modos de utilizar para algún buen fin cierto número de los elementos que

las componen. Algunos de éstos se ponen en las máquinas empleadas en las clínicas o consultorios médicos, o se emplean en procesos vinculados a la producción agrícola, o en trabajos industriales. Para aliviar el fardo que representa su almacenamiento en alguna parte se descubrirán sin duda muchos otros usos de sus elementos. Hay científicos que sostienen que los subproductos hallados en ese desecho radiactivo pueden llegar a constituir la bendición mayor que la energía atómica haya deparado al hombre.

Esto quiere decir que, aunque ya son muchos los obreros que manejan dichas sustancias, su número tiene por fuerza que aumentar sensiblemente en el futuro. Con ello aumentarán sensiblemente las restricciones oficiales. Un

exceso de precaución resulta irritante para los especialistas en energía nuclear, y los obstáculos contra los que tienen que luchar les parecen mucho mayores que los que se presentan a los especialistas de otras industrias. No cabe duda de que muchas ideas prometedoras no cristalizan por esta causa con la rapidez debida. Pero toda la cautela con que se ha procedido ha tenido su efecto al demostrarse que la protección tanto de poblaciones enteras como de individuos supera toda otra consideración en este caso. La confianza, gracias a ello, irá aumentando, y con ella el papel que la energía atómica tiene ya como recurso que contribuye a la paz y prosperidad deseadas por los pueblos del mundo.

# A LA ULTIMA MODA DE LA CIENCIA

## Energía nuclear en alta mar

A los constructores de buques movidos por energía nuclear —los Estados Unidos de América y la Unión Soviética— vienen a unirse ahora otros tres países: Italia, la República Federal de Alemania y el Japón. La Comisión Italiana de Energía Atómica y la Marina de Italia construyen actualmente un buque mercante de 18.000 toneladas que estará equipado con un reactor experimental de 80 megavattios. En Kiel, el «Otto Kahn» instalará pronto su reactor, y en el Japón ya están completando los planos de la primera embarcación nuclear. Los japoneses esperan que durante la próxima década, barcos movidos con energía nuclear que hagan 30 nudos y buques-tanques de 500.000 toneladas equipados con el mismo sistema puedan hacer ventajosamente la competencia a los buques corrientes.

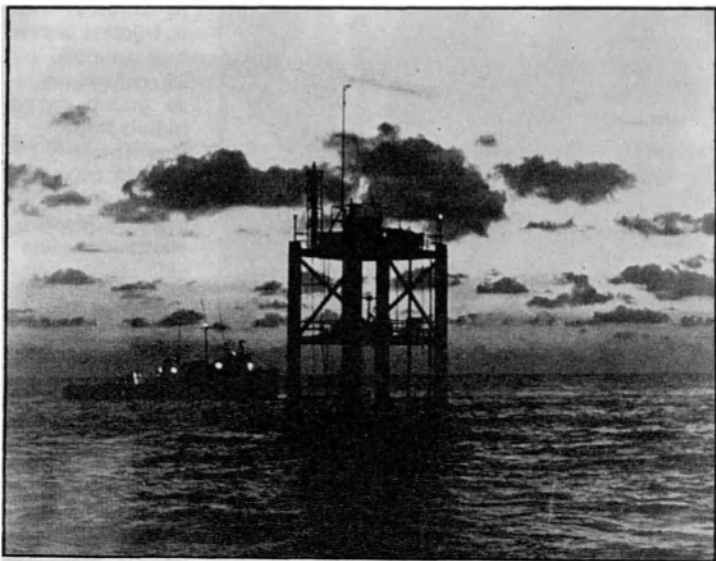


Foto Phillips Petroleum Company

La energía atómica sirve también para alimentar las señales necesarias a la navegación; al pie de una plataforma de perforación petrolífera instalada en el golfo de México un generador, construido en los Estados Unidos de América, transforma en electricidad la radiactividad del titanato de estroncio para que funcionen los faros y la sirena de niebla que ayudan a los barcos.

## Para mejorar la cerveza

La técnica del «indicador atómico» ha ayudado a mejorar la producción soviética de cerveza. Los fabricantes, al descubrir cuánto viven las bacterias de ácido láctico, han podido reducir el proceso de la fermentación de 5 o 6 días a 1 día 1/2. También ha mejorado la calidad de la cerveza. Por otra parte, los resultados del estudio del «whisky» hecho en Gran Bretaña plantean una perspectiva ominosa para los falsificadores de la calidad de la bebida. Con las nuevas técnicas de los indicadores se puede crear un método para establecer la edad de ciertos alcoholes y la existencia de destiladores ilícitos. También, como resultado de la forma en que pasa de la cebada al whisky, puede medirse el carbono radiactivo existente en la atmósfera.

## Medicina nuclear en Nueva Zelanda

En relación con la población del país, Nueva Zelanda parece disponer del mayor número de medios de terapéutica nuclear existente en el mundo.

## Para fijar la edad de los minerales

La edad de los minerales puede fijarse por las marcas hechas en los cristales por la fisión natural de los isótopos de uranio y torio. Los científicos han descubierto ahora otras trazas que se producen con la descomposición natural de los elementos y que permitirán una exactitud mucho mayor al fijar la edad de los minerales. En la descomposición normal, un átomo lanza una partícula alfa, luego de lo cual el núcleo salta hacia atrás como un revólver que hubiera disparado un tiro. Este movimiento también deja una huella conocida con el nombre de «traza nuclear», y gracias a ella los métodos para fijar la edad de un mineral dado han mejorado unas tres mil veces más.

## Agujas para buscar petróleo

Una manera de descubrir formaciones geológicas que puedan contener petróleo es meter agujas radiactivas en el suelo o dentro de un pozo de ensayo y medir los cambios que se producen en la radiación al pasar por diversos tipos de roca. El geólogo registra esas cantidades diversas de radiación en unos cuantos sitios y ello le permite dibujar un «perfil» de las capas subterráneas gracias al cual puede decir si se justifica o no la perforación.

## Radioisótopos contra el paludismo

En su lucha por acabar con el mosquito que transmite el paludismo, los países árabes utilizan actualmente los indicadores radiactivos, que les permiten saber el alcance de vuelo de los insectos, así como su longevidad y su mortalidad. La misma técnica se ha aplicado al estudio de la langosta saltona (véase el artículo de la pág. 19).

## Desgaste de las máquinas por el polvo

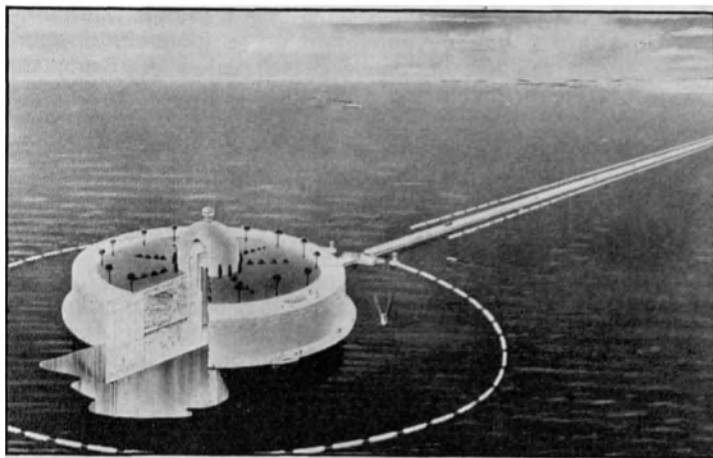
Empleando los radioisótopos como indicadores, los científicos soviéticos han podido estudiar la forma en que el polvo contribuye a gastar las máquinas de los tractores. En ese estudio se ha podido ver que las partículas cuyo diámetro es, por término medio, de 10 a 20 millonésimas de centímetro, son las que causan mayor desgaste.

## ¿Inspección atómica

### de «El Correo de la Unesco»?

Como la mayor parte de los productos hechos con papel, es muy probable que este número de «El Correo de la

Foto Laboratorio Nacional de Oak Ridge, E.E. U.U.



Los ingenieros estudian la posibilidad de construir usinas atómicas gigantes para desalar el agua del mar. El croquis muestra una de estas posibles islas artificiales dotadas de tres reactores a uranio y capaces de producir por día cuatro mil millones de litros de agua dulce, o sea lo bastante para satisfacer la demanda de una ciudad de cinco millones de habitantes.

## A LA ULTIMA MODA DE LA CIENCIA (cont.)

Unesco» fuera sometido a una inspección atómica. Hace ya varios años que se vienen usando medidores isotópicos para «sentir» el espesor del papel mientras lo van enrollando las máquinas a gran velocidad. Al pasar el papel entre una fuente radioisotópica y un medidor de espesor, la cantidad de radiación que llega a éste varía según la densidad del papel que la separa de la fuente de radiación.

### Adelante con los faroles

La mayor parte de la energía extra que consume Suecia en las dos próximas décadas procederá de estaciones nucleares. Entre 1975 y 1985 se espera que la energía producida en esta forma se multiplique por siete; a fines de la próxima década se agregará todos los años una estación nuclear más a la red sueca. En algunas ciudades se puede producir además una combinación de calor y electricidad basada en la energía nuclear.

### Para descubrir si hay vida en Marte

Este será uno de los usos más inesperados de los indicadores radioisotópicos. Los científicos norteamericanos dedicados al proyecto espacial llamado «Gulliver» proponen que se haga uso de un aparato manejado automáticamente que aterrice en Marte, lance una cuerdecilla untada de grasa silicónica y luego la retire. La cuerdecilla, que estará cubierta entonces de «tierra» marciana, se sumergirá en un caldo de cultivo que contenga carbono radiactivo. Si hay bacterias en la tierra así recogida, se desprenderá de la mezcla un gas radiactivo —el bióxido de carbono— que un contador de radiaciones habrá de medir automáticamente. Por las mediciones transmitidas por radio a la Tierra, los científicos podrán decir si hay vida en Marte y, de ser positiva la respuesta, qué clase de vida es.

### Madera «mejorada»

Se puede hacer más dura a la madera —y en consecuencia más útil— metiéndola en una sustancia química y sometiendo el trozo así tratado a la irradiación para que las moléculas químicas se combinen entre las fibras de la madera y formen un material plástico. La belleza de la madera se mantendrá intacta.

### «Perlas» radiactivas para detener el cáncer

El cáncer, como se sabe, es un crecimiento desordenado de las células del cuerpo. La reproducción de este orden se ve estimulada por las secreciones de la pituitaria, glándula que los cirujanos extraen a veces para demorar el desarrollo de un tumor. En vez de apelar a tan drástica medida se utilizan ahora unas «cuentas» o perlas, que parecen de vidrio y que se implantan en la glándula directamente y sin mucha dificultad. Estas perlas de óxido de itrio-90 destruyen la glándula sin causar mayores daños a los tejidos que la rodean, ya que la sustancia emite unos rayos beta cuyo poder de penetración se limita a la zona inmediata donde se han colocado aquéllas.

### Balanza de radiaciones gamma

En la Unión Soviética se ha perfeccionado un aparato que mide el peso de una gran masa sin entrar en contacto con ésta. Funcionando bajo el principio de que la capacidad de esa masa para absorber rayos gamma dependerá de su densidad y espesor, aparatos como ése se han usado para determinar el peso de un tren de carga en movimiento. Bajo las vías del tren se coloca una fuente de rayos gamma (cobalto 60), y arriba un contador de centelleo. La intensidad del rayo gamma que va de la fuente de radiación al contador, al pasar por él el tren, disminuye en relación al peso de la carga que lleva el tren. Las marcas distintas que va registrando el contador se convierten luego automáticamente en unidades de peso.

### Así no hay quien se equivoque

El petróleo se transporta largas distancias por medio de cañerías. Así como en un mismo campo pueden pastar animales de diversos establecimientos, también una misma cañería sirve para transportar el petróleo de diversas compañías. Los ganaderos marcan sus reses; los petroleros marcan su petróleo. Hay isótopos que preceden al de la compañía A, y otros que van como avanzada del de la compañía B. Al llegar al punto de distribución, un monitor de radiación detecta los radioisótopos, y así el petróleo de la compañía A va a los tanques propios de ésta, mientras que el de la compañía B es dirigido al depósito correspondiente.

### Jabón para residuos radiactivos

Los fabricantes de jabón y detergentes quieren saber hasta qué punto sus productos quitan la suciedad de las ropas. Los hay que prueban jabones nuevos usándolos para quitar residuos radiactivos de éstas y haciendo examinar luego el agua sucia con determinados instrumentos para medir la cantidad de radioisótopos quitados de las ropas.



A la raíces de una planta de alubias (o porotos o frijoles) se le han aplicado 25 millonésimos de gramo de un radioisótopo. Una foto tomada tres días después por contacto de la planta con una película muestra claramente la forma en que el elemento radiactivo se encamina hacia las hojas y las yemas. Los radioisótopos permiten así descubrir la mejor utilización de los abonos.

Foto USIS

### Energía atómica para obtener agua potable

En un estudio hecho por las Naciones Unidas se dice que 20 zonas del mundo que carecen de agua necesitan instalaciones para desalar la del mar, y que pronto las necesitarán otras 41. La energía nuclear desempeña ya un papel importante en la solución de este problema. En Shevchenko, localidad del Mar Caspio, está en construcción la primera estación soviética de energía nuclear capaz de desalar 120.000 m<sup>3</sup> de agua de mar por día; los Estados Unidos de América planean la construcción de una gran planta de desalinación y producción de electricidad en Los Angeles (véase el artículo de la pág. 44); la República Árabe Unida se interesa en la instalación en el Mediterráneo de otra planta de doble uso, como la norteamericana; Israel estudia las posibilidades de una planta que produzca diariamente 3.785 millones de hectolitros de agua dulce y 200 megavatios de electricidad.

### Sherlock Holmes atómico

Es posible que Napoleón haya muerto envenenado con arsénico. Luego de la irradiación con neutrones de un cabello del Emperador, los científicos han sacado en conclusión que se le había administrado arsénico en grandes cantidades. La irradiación de ese cabello cambió alguno de

## Un llamamiento del Director General, Sr. René Maheu

# “LA UNESCO DEBE CONVERTIRSE EN LA ORGANIZACION DE LA JUVENTUD”

Al intervenir el 24 de junio pasado en la ceremonia inaugural de la conferencia de las Comisiones europeas pro-Unesco reunidas en Mónaco, el Director General, Sr. René Maheu, trató vigorosamente de la respuesta que la sociedad, y especialmente la Unesco, debe dar a los problemas actuales de la juventud en todo el mundo. Reproducimos aquí esa parte de su intervención en la Conferencia de Mónaco.

**H**ace varios años que el ascenso de la juventud es cada vez más irresistible y que el lugar que ocupa en la sociedad va adquiriendo cada vez mayor importancia. En el conjunto del mundo la juventud constituye más de la tercera parte de la población, en ciertos países casi la mitad, y su papel no cesa de afirmarse porque la civilización tecnológica, por el esfuerzo continuo de adaptación y de invención que exige, recurre a los jóvenes en una proporción sin precedentes. Pero cada día esta juventud se distingue —e incluso se separa— más y más de los adultos.

Estos han acogido con sorpresa primero, con regocijo después y con escándalo la mayoría de las veces, las tendencias de parte de los jóvenes en

el sentido de adoptar comportamientos de evasión y hasta de alienación, como los manifestados por la moda de las canchales, por determinadas costumbres indumentarias o capilares, por ciertos hábitos de gran libertad sexual y, lo que es más grave, por el consumo de drogas.

En el momento en que los adultos empezaban a resignarse a estas extravagancias, se sienten perturbados de nuevo, esta vez por la revuelta, en el seno mismo de las instituciones más venerables y de los regímenes más sólidos. Y —oh colmo de la paradoja— la revuelta es obra del sector de la juventud de quien se hubiera podido pensar a priori que tenía mayores motivos de complacencia en el orden establecido puesto que para ella están reservados los mejores puestos: la juventud universitaria.

Esta revuelta es casi general en el mundo, pero se hace sentir de modo particular en Europa, donde son numerosos los países en que ha adoptado la forma de una verdadera impugnación, no sólo de la universidad, sino también de la sociedad.

La situación es grave porque una sociedad rechazada por la juventud es, por definición, una sociedad sin porvenir y en consecuencia condenada, sea cual fuere la fuerza de la autoridad y de la coacción que el orgullo, el miedo y los intereses conjugados de los adultos «situados» pueda ejercer durante cierto tiempo sobre las protestas o aspiraciones de sus hijos. A mi entender, nos encontramos efectivamente ante el repudio de una determinada sociedad, o mejor dicho, de una determinada manera de civilización.

No se trata, como se dice con frecuencia, de dar a los jóvenes un ideal; en realidad, la mayoría de ellos lo tienen. Aún cuando este ideal sea confuso y se exprese generalmente de un modo ingenuo, no por ello deja de ser respetable: es una idea, un sueño si se quiere, de relaciones humanas en las que no haya ni violencia ni mentira. En comparación con este ideal, la sociedad que nos preparamos a legarles, aunque pueda satisfacer, como ninguna otra sociedad anterior pudo hacerlo, sus deseos inmediatos, los horroriza en muchos aspectos porque hiere profundamente sus exigencias de justicia y de paz, y les parece que

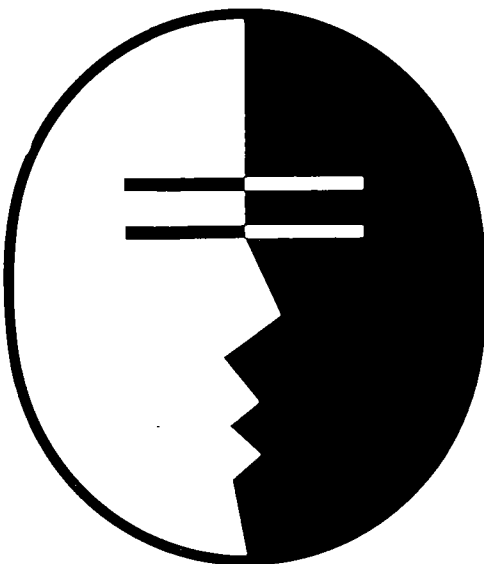
son los adultos los que carecen de ideal.

Creo que esta situación impone a la Unesco un deber importante y le brinda una ocasión excepcional de emprender con aun amplitud y un vigor renovados la acción ética que constituye su vocación esencial. En este año de 1968, la Unesco debe ir al encuentro de la juventud como hace diez años se volvió hacia el tercer mundo, con la misma cordialidad y el mismo espíritu abierto. Al decir esto no me refiero a una simple intensificación de las actividades que figuran en su programa y que interesan directamente a la juventud, sino que pienso en una verdadera conversión que afecte al conjunto de las iniciativas y de los trabajos, de las orientaciones y de los métodos de la Organización.

Recordamos la mutación que se produjo hace 10 años en la Organización al producirse la entrada en masa de los países en vías de desarrollo y recientemente promovidos a la independencia. Consagrada casi exclusivamente hasta entonces a la cooperación intelectual entre los países desarrollados, la Unesco adquirió, casi de la noche a la mañana, un carácter operativo para poder ayudar a los desheredados de la historia. Estos encontraron inmediatamente en ella una comprensión fraternal y una amistad activa y eficaz que no se han desmentido nunca. Los países en vías de desarrollo le han otorgado a cambio su confianza, y esta confianza, a la que la Organización nunca ha dejado de corresponder, le ha conferido una dimensión nueva de humanidad, al mismo tiempo que le daba mayores posibilidades de acción.

Una transformación instrumental y espiritual semejante es la que se ofrece y se impone hoy, pero más amplia y más radical todavía. La Unesco debe convertirse en la organización de la juventud, la organización donde los jóvenes puedan libremente plantear sus problemas, todos sus problemas, a escala mundial, dar forma a sus sueños iniciándose en la cooperación humana y aportar a una obra de paz desinteresada todos sus fervores y la fuente inagotable de su generosidad y su inventiva.

Tal es el deseo que expreso y el llamamiento que lanzo con la mente asaltada por la inquietud, pero con el corazón lleno de esperanza.



### PARA EL AÑO INTERNACIONAL DE LOS DERECHOS DEL HOMBRE

Victor Vasarely ha realizado estos 2 dibujos a pedido de la Asociación Internacional de Artes Plásticas. El de arriba — preferido del artista — es el que la Asociación ha elegido para señalar, en los 57 países donde se ve representada, el Año Internacional de los Derechos del Hombre, invitando así a los artistas del mundo entero a sostener con sus esfuerzos el respeto a la Declaración Universal firmada hace 20 años y la vigencia de los principios en ella enunciados.

sus átomos en isótopos radiactivos, en los que se encontraron elementos del temible ácido.

### Cosechas mayores y más tempranas

El año pasado procedían ya la Organización Internacional de Energía Atómica y la FAO (Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) a hacer pruebas con mutantes del trigo en 12 países y habían empezado; en África y en América Latina, a estudiar la manera de aumentar la resistencia del trigo a las enfermedades. En el Japón se ha puesto a la venta un arroz «mutante», producto de la irradiación; rinde más cantidad del grano, tiene una paja más fuerte y responde mejor a los abonos que las variedades conocidas. En el Norte de África y el Medio Oriente, los trigos mutantes producidos por la irradiación dan mayor rendimiento que las variedades comunes o locales. En la Unión Soviética el sistema ha aumentado de 5 a 10% la cosecha de repollos, de 15 a 30% la de pepinos, de 10 a 15% la de tomates, de 25 a 30% la de zanahorias y de 6 a 11% la de rábanos.

### El cripton contra el «smog»

En la batalla contra el «smog», la niebla espesa mezclada con humo de fábrica que tantos estragos hace en ciudades como Londres o Los Angeles, ha entrado a tomar parte esa forma radiactiva de gas inerte llamada cripton. En una clase de alarma contra el «smog» se encierra al cripton en una sustancia química cristalina, para soltarlo luego al entrar en el sistema de alarma un elemento de contaminación del aire tan notorio como el bióxido de azufre. La mezcla se somete luego al examen de un contador Geiger, y el número de desintegraciones radiactivas registrado muestra qué cantidad de bióxido de azufre ha desplazado al cripton.

### Átomos verdaderamente pacíficos

Toda la actividad atómica que tiene lugar en América Latina es de orden pacífico, y mucha de ella se lleva a cabo en colaboración directa con la Organización Internacional de Energía Atómica. En la Argentina, el Brasil, Colombia y Venezuela funcionan ya reactores de estudio, mientras que México y el Uruguay los construyen; el Brasil trabaja para mejorar el arroz y la Argentina hace uso de la radiación nuclear en sus experimentos con el trigo, estudios ambos vinculados a los programas de la FAO y la OIEA; Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua y Panamá trabajan con ambas organizaciones para erradicar la mosca mediterránea de la fruta, como se dice en otro lugar de este número: México, Venezuela, la Argentina y el Brasil han instalado centros de producción de isótopos radiactivos; Guatemala se dedica al empleo de los rayos gamma en la industria; en Chile ha empezado a funcionar un servicio de protección radiológica; Cuba está creando para sus hospitales otro de dosimetría y de distintivos de película: en Chile, el Brasil, el Uruguay y el Ecuador se investiga la existencia de agua subterránea, y México y los Estados Unidos de América examinan un proyecto de planta nuclear de desalación del agua que sirva estados limítrofes de los dos países.

### Electricidad nuclear en Gran Bretaña

Las estaciones británicas de energía nuclear podrán, al empezar a funcionar la de Oldbury a fines de este año, generar en conjunto un 15% de la electricidad que necesita el país. Gran Bretaña, verdadera adelantada en este terreno, empezó a hacer funcionar su primera planta —la de Calder Hall— en 1956. En la década siguiente construyó otras 24 estaciones nucleares, cuya capacidad total excedió la de todas las otras plantas nucleares juntas que han venido funcionando en el mundo.

## UNA CIENCIA DE LA PAZ PARA LA ERA ATÓMICA

«**P**OR haber permitido nuestro progreso técnico que surgieran armas titánicas, estamos en condiciones de prepararnos para la guerra cada vez mejor; pero para la paz no podemos prepararnos mejor que en la época del arco y la flecha». Estas palabras del profesor Gaston Bouthoul, del Instituto Francés de Polemología, expresan con claridad meridiana por qué, en un momento en que la utilización bélica de la energía nuclear podría destruir la civilización, necesitamos con tanta urgencia una ciencia de la paz.

La ciencia existe —se la llama «Peace Research»— y tiene curso en muchos países del mundo. Es todavía muy nueva, su forma es incipiente, y sufre de una carencia penosa de hombres que se dediquen a ella y de recursos, especialmente si se la compara con el gasto mundial de miles de millones de dólares dedicados anualmente a los estudios sobre las armas y con el hecho de que el 18% de todos los hombres de ciencia que hayan existido desde que se creó la civilización trabajan actualmente en ellos. Pero así y todo, la nueva ciencia es un terreno de investigación que va ampliándose rápidamente, y representa una esperanza para el establecimiento de una paz estable y duradera.

La revista trimestral de la Unesco «Impacto de la ciencia sobre la sociedad», aplicada a examinar las consecuencias sociales de la ciencia, va a dedicar su próximo número al tema «Una base científica para la paz». Este número de «Impacto» expresa las razones por las que los estudios sobre la paz tienen ahora un carácter fundamental. Se dice allí que el considerar la guerra y la paz como cuestiones puramente políticas, ha tenido hasta ahora un resultado limitado por lo que respecta a contener las guerras: cualquier guerra pequeña podría ser como el gatillo que hiciera explotar accidentalmente una guerra nuclear. Y si ello ha ocurrido, se sigue diciendo, es porque estadistas y diplomáticos, los ingenieros de la paz, que luchan por preservar la frágil estructura de ésta y por levantar a la larga una estructura más fuerte, disponen de menos conocimientos fundamentales sobre los factores de la guerra y la paz que los ingenieros que proyectan puentes y caminos.

En el artículo del profesor Bert V.A. Röling (Universidad de Groningen, Países Bajos) que da tono a todo el número: «Estudios sobre la paz: una ciencia de la supervivencia», se describe la nueva disciplina y la gran variedad de temas que estudia: el hombre en sí, el papel de la prensa frente a los prejuicios, las sociedades dentro de cada país, el sistema internacional y la estructura de una paz estable, entre muchos otros.

En el acta de una discusión de mesa redonda en que participaron siete biólogos y sociólogos británicos junto al profesor Bouthoul se contesta al interrogante: «¿Por qué es agresivo el hombre?» La mayoría de los participantes están de acuerdo en que el hombre es agresivo por naturaleza, aunque Philip Noël-Baker, premio Nobel de la Paz 1959, dice que no.

En otros artículos, el profesor Kenneth E. Boulding, de la Universidad de Colorado, propone una «Red de recolección de datos sobre la biosfera» que permita proporcionar a los dirigentes de las naciones datos serios sobre el clima social, económico y político del mundo, reduciendo así los errores de cálculo que puedan llevar a la guerra; el profesor Gaston Bouthoul habla del estudio científico objetivo de la guerra en «La polemología y la solución de los conflictos» («polemos» es el nombre griego de la guerra); el Profesor Anatol Rapoport, de la Universidad de Michigan, señala cómo «La aplicación de la teoría del juego a los estudios sobre la paz», al mostrar con fría lógica cómo, en términos de pérdidas y ganancias, la guerra no representa provecho para nadie, puede ayudar a minar con el tiempo la idea presente de la legitimidad de la guerra como instrumento de política nacional, y el profesor Ignacio Sachs, del Comité de Estudios sobre la Paz formado por la Academia Polaca de Ciencias, examina el «Etnocentrismo, fuente y factor de agravamiento de los conflictos».



# LATITUDES Y LONGITUDES

## El estudio del agua y de la tierra

La Universidad argentina de La Plata ha creado recientemente dos nuevos institutos especializados: el de Limnología y el de Geoedafología, ambos como dependencias de su Facultad de Ciencias Naturales.

La limnología es el estudio completo de las aguas superficiales continentales y de la fauna y flora que se desarrollan en ellas. Ya existía en Santa Fe un instituto dedicado a esta obra que ha trabajado intensamente en el estudio hidrobiológico del curso del Paraná medio; pero el Instituto de Limnología de La Plata es el primero creado a nivel universitario en toda Sudamérica. En el Programa Biológico Internacional estos dos institutos son los únicos tenidos en cuenta para el estudio limnológico de la América del Sur templada.

En cuanto al Instituto de Geoedafología, también el primero en su género a nivel universitario, su necesidad se hacía sentir por la gran diversidad de métodos seguidos en el estudio del suelo de la Argentina y por la falta de especialistas en la materia, falta que obligaba a recurrir a la asistencia técnica internacional. Para darse cuenta de la importancia que tiene un mejor conocimiento del suelo de la Argentina, bastará recordar que aproximadamente el 16% del producto bruto nacional proviene de las explotaciones agrícolas.

## Un templo egipcio en España

En reconocimiento de los importantes trabajos llevados a cabo en Nubia por la misión española de arqueología que presidiera el profesor Martín Almagro, el gobierno de la República Árabe Unida ha donado a España el templo de Debod, construido en el siglo IV antes de J.C. y completado luego por Cleopatra y el Emperador Augusto. Debod, situado cerca de la isla de Filae, era una etapa de la peregrinación en homenaje a la diosa Isis. Los 1700 bloques de piedra que lo componen están ya en España, donde el templo será completamente reconstruido.

## Pintores ¡en marcha!

En la segunda quincena de julio se ha producido en Bosnia una «marcha de trabajo» de pintores yugoslavos y extranjeros, estos últimos en número de 30. El propósito de estos artistas no es marcar ningún «record» de velocidad sino detenerse en paisajes escogidos por su armonía cultural e histórica y dar allí rienda suelta a su inspiración pictórica. Los cuadros pintados en el curso de esta Marcha se exhibirán en varias ciudades y museos de Yugoslavia en el curso del año próximo.

## Vacaciones musicales

Cada vez se amplía más el movimiento de educación musical de los jóvenes en el curso de las vacaciones estivales. La Federación Francesa de Asociaciones Culturales de Expansión Musical, que tiene por presidente honorario a Pau Casals, ha organizado este año diversas reuniones

que tienen o tendrán lugar en Francia, Alemania, Inglaterra, Córcega o Yugoslavia. Unas están reservadas a escolares de 6 a 14 años, otras a adolescentes de 13 a 17 años y otras, por último, a universitarios o jóvenes con una preparación previa en la materia.

## Aplicación de la ciencia y de la técnica al desarrollo en Asia

Los ministros encargados del desarrollo científico de 26 países han sido invitados a la Conferencia que la Unesco organiza en Nueva Delhi, del 9 al 20 de agosto de 1968, sobre la aplicación de la ciencia y de la técnica al desarrollo en Asia.

Los países participantes serán los siguientes: Afganistán, Australia, Birmania, Camboya, Ceilán, República de Corea, República de China, Estados Unidos de América, Filipinas, Francia, India, Indonesia, Irán, Japón, Laos, Malasia, Mongolia, Nepal, Nueva Zelandia, Países Bajos, Pakistán, Reino Unido, Singapur, Tailandia, Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas y República del Vietnam.

La Conferencia estudiará los medios para favorecer la aplicación de la ciencia y de la técnica al desarrollo en Asia. A ella asistirán, además de los ministros que se ocupan de las cuestiones científicas, los que tienen a su cargo el planeamiento, así como ministros de educación que examinarán los problemas planteados por la coordinación de la política educativa con los programas científicos.

Esta Conferencia es la tercera del género que organiza la Unesco. La primera, sobre la aplicación de la ciencia y de la técnica al desarrollo en África, se celebró en Lagos en 1964. La segunda, dedicada a América Latina, tuvo lugar en Santiago de Chile en 1965.

## La numismática y la campaña mundial contra el hambre

Veinte países han anunciado su intención de acuñar este año monedas que evoquen en sus motivos la obra de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), como una manera de contribuir a fomentar la campaña mundial contra el hambre.

Los países en cuestión son la India, el Nepal, Uganda, la República del Vietnam, Afganistán, el Brasil, Burundi, Ceilán, Chipre, Irak, Italia, Jordania, Libano, Pakistán, Filipinas, Ruanda, Sudán, Siria, Turquía y el Estado del Vaticano. La emisión más importante será la italiana, que constará de cinco millones de monedas de mil liras, hechas de plata.

## La televisión en el Japón

De acuerdo con datos estadísticos recientes, más de veinte millones de hogares japoneses poseen un aparato de televisión. El Japón ocupa así el segundo

lugar en materia de televisión, después de los Estados Unidos, donde existen setenta y cuatro millones de aparatos en uso doméstico. La Gran Bretaña posee catorce millones y la República Federal de Alemania doce.

## «EL RETO DEL ATOMO» Un filme de la OIEA

En la exposición universal e internacional que tuvo lugar el año pasado en Montreal se exhibió una película en colores titulada «El reto del átomo» en la que se puede apreciar los adelantos obtenidos en las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear y el papel que en este sentido desempeña la Organización Internacional de Energía Atómica. Realizado por ésta en la colaboración con la empresa Kratky Film de Praga, el filme dura 40 minutos, y sus imágenes muestran las actividades atómicas relativas a la agricultura, la medicina, la industria, la hidrología y la investigación, así como a las aplicaciones de la energía nucleoelectrónica. El precio de la película es de 150 dólares, y los interesados pueden dirigirse a la División de Información, Organización Internacional de Energía Atómica, Kärntner Ring 11, 1 A-1010 Viena, Austria.

## Jóvenes voluntarios en el Brasil

Quince jóvenes — cinco brasileños, cuatro de países de habla española y seis que vienen de los Estados Unidos, Europa, África y Asia — van a trabajar durante diez meses en Gurupí, Brasil, en un programa que auspicia la Unión Brasileña de Juventudes Evangélicas (Organización del Servicio ecuménico de la juventud del Brasil).

Gurupí es una comunidad rural en la que se reúnen unas cincuenta familias y que está situada a unos 500 kms al sur de Belén. Los voluntarios darán cursos de alfabetización en Gurupí y en otras aldeas vecinas. Igualmente, trabajarán junto con los habitantes en la construcción de una escuela primaria y de un dispensario. Antes de emprender sus actividades, los jóvenes voluntarios seguirán un curso de adiestramiento.

## En comprimidos...

■ La cabeza labrada de un hombre que se descubriera recientemente en el Afganistán es la escultura asiática más antigua que se conozca: el carbono radiactivo la sitúa en el 20.000 antes de J.C.

■ En su incesante lucha contra las enfermedades transmitidas por insectos la OMS ha sometido a prueba hasta la fecha 1.249 insecticidas nuevos.

■ En Viena, desde el 14 al 27 de agosto, tiene lugar la Primera Conferencia de Naciones Unidas sobre Exploración y Usos Pacíficos del Espacio.

■ LA FAO y el Programa Mundial de Alimentos establecen actualmente un sistema de «alarma temprana» sobre la carencia de alimentos en una zona dada del mundo.

# Los lectores nos escriben

## LA CONTAMINACION DEL RUIDO

Como hombre que se ha ocupado especialmente del problema del hombre y el ruido, les debo un reconocimiento particular por el número que dedicaran a ese tema.

Como respuesta al artículo del Profesor Beranek en que éste dice «En otros tiempos el ruido de los cascos de los caballos y el más sordo de un carricoche eran lo suficientemente leves a la distancia como para que se los considerara románticos» y al del Profesor Lehmann, que dice: «Carecemos, como es natural, de datos exactos sobre la intensidad del ruido en una ciudad romana, por ejemplo», permítaseme citar al poeta romano Juvenal, nacido en el año 50 antes de nuestra era:

*«Aquí de insomnio muchísimos se  
[mueren,  
Aun si es la cena que tan mal digieren  
El mal de origen: ¡ay, sueño inalcan-  
[zable*

*En toda casa barata y execrable  
Dormir en Roma, señores, cuesta caro  
Y aun gastando, lograrlo es placer  
[raro.*

*El gran estrépito que hace en la calleja  
El carromato y el eje que se queja,  
Y las soeces blasfemias del arriero  
Que a toda costa pasar quiere  
[primero,  
¡Arrancarían a un sordo de su sueño  
Y hasta al que sufre el efecto del  
[beleño!»*

Uno puede imaginarse muy bien el ruido que las ruedas con borde de hierro harían sobre las piedras de esas estrechas callejas y lo que serían los insolentes gritos de los arrieros, sin policía que los contuviera y sin la menor ley contra el ruido callejero. En suma, que no hay nada nuevo bajo el sol.

Ludwig Börnstein,  
Tel-Aviv.

El número dedicado a la «contaminación del ruido» tuvo la virtud de destacar como se debía este amenazador efecto secundario del progreso.

Pero me permito sugerir que se eche un segundo vistazo a ciertas partes del informativo artículo del Dr. Beranek. Dice éste en la página 14, col. 1, del número de julio 1967, que la cuarta parte de la gente que vive cerca de los aeródromos parece «no verse afectada en absoluto» por el ruido, y que la décima parte parece estar constituida por personas a quienes molestan muchas otras cosas del medio en que viven y a quienes parece perturbar todo ruido «que no hagan ellos mismos».

Los otros, por lo visto, son gente normal, con la cabeza bien puesta en su sitio, a la que perturba el ruido. Pero en el contexto del artículo se pasa por alto, en completo silencio, a este último grupo, un 65 % del total.

En la parte final nos dice el autor: «El hombre... tiene que adaptarse en una u otra forma a los ruidos de la civilización en que vive». No querrá decir que debemos aceptar más ruido que el que se hace actualmente si espera que el lector razonable esté de acuerdo con él. Lo que con toda probabilidad quiere decir es que debemos aprender a insistir con más fuerza en que las máquinas que hacen ruido son máquinas socialmente ineficaces y que la gente responsable no debe ni comprarlas ni usarlas; y también que debemos aprender a tratar a una persona que hace ruido innecesariamente en la misma forma que si tirara a la calle las aguas de albañal de su casa. Esto es sensato, y cabe esperar que induzca a los educacionistas a pensar en el problema.

En la misma forma en que los ciudadanos de Amsterdam, de Bombay, de Londres, de París y de Roma han progresado frente a sus antepasados medievales en lo que respecta a las aguas de albañal, debemos progresar nosotros con respecto al ruido que caracteriza a nuestra época.

Geoffrey Bell,  
París.

## LOS INGENIEROS DE LA INDIA

Fuera de subrayar con justeza la importancia y los problemas de la educación por lo que respecta a los derechos humanos en todo el mundo, el artículo de Louis François «El derecho universal a la educación» publicado por esa revista en enero pasado, ofrece una buena información estadística sobre el tema.

Me permito señalar, sin embargo, que de acuerdo con mis informaciones, el año pasado egresaron de las universidades e institutos de educación superior de la India, no 5.000 ingenieros, como dice el autor, sino 13.000.

Dr. M.P. Varshney,  
Programa de Naciones Unidas  
para el Desarrollo,  
Irak.

## J'ACCUSE

### LES HOMMES DE SCIENCE...

Siempre he encontrado en las páginas de «El Correo de la Unesco» alguna esperanza para el futuro de la humanidad, pero las horribles realidades que uno ve en la televisión y en los periódicos la borran. Me doy cuenta de que «El Correo de la Unesco» no tiene el deber de subrayar este aspecto, ni siquiera de señalarlo, pero tampoco se lo puede dejar de lado. Mirando con desesperación a todas las angustias y horror del mundo uno se pregunta qué ha hecho la ciencia por aliviarlos, y al mismo tiempo qué ha hecho, hace y puede hacer en el futuro para empeorar la situación.

El número de febrero pasado nos muestra que por lo menos hay cientí-

ficos que sienten con gran convicción que la ciencia puede aportar bendiciones a la humanidad. Y sin embargo —y qué objeción es ésta— se hace uso de la ciencia en formas que son enemigas de una vida sana y noble.

Zola escribió «J'accuse» para condenar a los franceses por la forma en que trataban a un inocente. Es tiempo de que se escriba otro «J'accuse» para acusar a los científicos por lo que les están haciendo a millones de seres humanos. Todos sabemos que los gobiernos no pueden proceder a ningún preparativo de guerra sin la ayuda de los expertos. Es de una urgencia vital, por consiguiente, que se detenga a esos expertos antes de que sea demasiado tarde. Si la humanidad quiere calificarse de madura, tendrá que esperar para hacerlo a que no quede un solo hombre que trabaje en cualquier programa o proyecto que vaya en detrimento de ella, sea del color, la clase, el credo o el «ismo» que sea.

En cuanto al artículo de Wilbur Schramm «La nueva música de las esferas» cabe señalar que esa música quizá no llegue a ser la que él espera. Me temo que se haga uso de los sateloides para fines perniciosos y triviales y para publicidad y propaganda. No es que la propaganda sea una cosa mala en sí, pero ¿qué país se va a perder una oportunidad de difundir su punto de vista que parece enviada por los cielos (sic)?

Los científicos, naturalmente, se volverán y dirán que no se los puede hacer responsables por el uso que se haga de sus descubrimientos. Quizá sea como ellos dicen, pero sí pueden hacer uso de toda su autoridad de científicos para gritar y prevenir al mundo de los peligros que se ciernen sobre él. Y en cuanto a todos los que trabajan deliberadamente en programas inhumanos, a esos hay que hacerles sentir con toda su fuerza la desaprobación de sus semejantes. ¿Utópico? No lo creo así. Los médicos tienen su juramento hipocrático, que es el código moral que los guía en el desempeño de su profesión. ¿Por qué no tener un juramento de los científicos por el que éstos se obliguen solemnemente a trabajar sólo por el bien de la humanidad, un juramento que les prohíba cultivar sus descubrimientos o los descubrimientos de otros en detrimento de ésta?

Gordon Hey,  
Solihull, Reino Unido.

*N. de la R. — Los científicos gritan de verdad y previenen a la humanidad de los peligros que se ciernen sobre ella. Véase el artículo de Philip Noel Baker en «El Correo de la Unesco» de agosto-setiembre 1967, y el número de noviembre 1964 sobre desarme, especialmente el artículo sobre el Movimiento Pugwash, iniciado y llevado a cabo por hombres de ciencia en torno a su responsabilidad frente a los problemas mundiales.*

# DIPOSITIVAS DE OBRAS DE ARTE

Cada serie de esta colección de obras maestras del arte mundial está presentada en una caja que contiene 30 diapositivas en colores (montadas en marcos de 5×5 cms) listas para proyectar y acompañadas de un folleto explicativo en francés, inglés y español. Estas series fueron realizadas para la Unesco por las Publications Filmées d'Art et d'Histoire, Paris.

*El precio de cada caja varía según los países, pero en ningún caso podrá exceder al equivalente de 10 dólares.*

## Series actualmente disponibles:

**AUSTRALIA** : Pinturas aborígenes. Tierra de Arnhem  
**AUSTRIA** : Pinturas murales de la Edad Media  
**BULGARIA** : Pinturas murales de la Edad Media  
**CEILAN** : Pinturas de templos y santuarios  
**CHECOSLOVAQUIA** : Manuscritos con pinturas romanas y góticas  
**CHIPRE** : Mosaicos y frescos bizantinos  
**EGIPTO** : Pinturas de las tumbas y templos  
**ESPAÑA** : Pinturas románicas  
**ETIOPIA** : Manuscritos iluminados  
**GRECIA** : Mosaicos bizantinos  
**INDIA** : Pinturas de las grutas de Ajanta  
**IRAN** : Miniaturas persas. Biblioteca imperial  
**ISRAEL** : Mosaicos antiguos  
**JAPON** : Pinturas antiguas del arte búdico  
**MASACCIO** : Frescos de Florencia  
**MEXICO** : Pinturas prehispánicas  
**NORUEGA** : Pinturas de las "Stavkirker"  
**NUBIA** : Obras maestras en peligro  
**POLONIA** : Pinturas del siglo XV  
**RUMANIA** : Iglesias pintadas de Moldavia  
**TUNEZ** : Mosaicos antiguos  
**TURQUIA** : Miniaturas antiguas  
**URSS** : Iconos rusos primitivos  
**YUGOSLAVIA** : Frescos medievales

## DIPOSITIVAS DE EDUCACION ARTISTICA

*Colección dedicada a la enseñanza del arte, cuyos conceptos y métodos actuales ilustra.*

1. Jugar - buscar - ver - crear
2. Artes tridimensionales para adolescentes
3. Incentivos visuales y plásticos en la educación artística
4. El arte del niño en el Japón



*Rogamos a los lectores interesados en cualquiera de las diapositivas de la serie que se dirijan a los agentes de venta de las publicaciones de la Unesco cuya lista aparece al pie.*

# PARA RENOVAR SU SUSCRIPCION

*y pedir otras publicaciones de la Unesco*

Pueden pedirse las publicaciones de la Unesco en todas las librerías o directamente al agente general de ésta. Los nombres de los agentes que no figuren en esta lista se comunicarán al que los pida por escrito. Los pagos pueden efectuarse en la moneda de cada país, y los precios señalados después de las direcciones de los agentes corresponden a una suscripción anual a «EL CORREO DE LA UNESCO».

★

**ANTILLAS NEERLANDESAS.** C.G.T. Van Dorp & Co. (Ned. Ant.) N.V. Willemstad, Curaçao, N.A. (Fl. 5,25). — **ARGENTINA.** Editorial Sudamericana, S.A., Humberto I No. 545, Buenos Aires. — **ALEMANIA.** Todas las publicaciones: R. Oldenburg Verlag, Rosenheimerstr. 145, Munich 8. Para «UNESCO KURIER» (edición alemana) únicamente: Vertrieb Bahrenfelder-Chaussee 160, Hamburg-Bahrenfeld, C.C.P. 276650. (DM 12). — **BOLIVIA.** Comisión Nacional Boliviana de la Unesco, Ministerio de Educación y Cultura, Casilla de Correo, 4107, La Paz. Sub-agente: Librería Universitaria, Universidad Mayor de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Apartado 212, Sucre. — **BRASIL.** Livraria de la Fundação Getulio Vargas. 186, Praia de Botafogo, Caixa postal 4081-ZC-05, Rio de Janeiro, Guanabara. — **COLOMBIA.** Librería Buchholz Galería, Avenida Jiménez de Quesada 8-40, Bogotá; Ediciones Tercer Mundo, Apto. aéreo 4817, Bogotá; DistriLibros Ltda.,

Pío Alfonso García, Carrera 4a 36-119, Cartagena; J. Germán Rodríguez N., Oficina 201, Edificio Banco de Bogotá, Girardot, Cundinamarca; Librería Universitaria, Universidad Pedagógica de Colombia, Tunja. — **COSTA RICA.** Todas las publicaciones: Librería Trejos S.A., Apartado 1313, Teléf. 2285 y 3200, San José. Para «El Correo»: Carlos Valerín Sáenz & Co. Ltda., «El Palacio de las Revistas», Apto. 1924, San José. — **CUBA.** Instituto del Libro, Departamento Económico, Ermita y San Pedro, Cerro, La Habana. — **CHILE.** Todas las publicaciones: Editorial Universitaria S.A., Avenida B. O'Higgins 1058, Casilla 10 220, Santiago. «El Correo» únicamente: Comisión Nacional de la Unesco, Mac Iver 764, Depto. 63, Santiago. — **ECUADOR.** Casa de la Cultura Ecuatoriana, Núcleo del Guayas, Pedro Moncayo y 9 de Octubre, Casilla de correo 3542, Guayaquil. — **EL SALVADOR.** Librería Cultural Salvadoreña, S.A., Edificio San Martín, 6a. Calle Oriente N° 118, San Salvador. — **ESPAÑA.** Todas las publicaciones: Librería Científica Medinaceli, Duque de Medinaceli 4, Madrid 14. «El Correo» únicamente: Ediciones Ibero-americanas, S.A., Calle de Oñate, 15, Madrid. Sub-agente «El Correo»: Ediciones Liber, Apto. 17, Ondárroa (Vizcaya). (180 ptas.) — **ESTADOS UNIDOS DE AMERICA.** Unesco Publications Center, 317 East 34th. St., Nueva York N.Y., 10016 (US\$ 5.00). — **FILIPINAS.** The Modern Book Co., 928 Rizal Avenue, P.O. Box 632, Manila. — **FRANCIA.** Librairie de l'Unesco, Place de Fontenoy, Paris, 7°. C.C.P. Paris 12. 598-48 (12 F). — **GUA-**

**TEMALA.** Comisión Nacional de la Unesco, 6a Calle 9.27 Zona 1, Guatemala. — **HONDURAS.** Librería Cultura, Apartado postal 568, Tegucigalpa, D.C. — **JAMAICA.** Sangster's Book Stores Ltd, P.O. Box 366 101, Water Lane, Kingston. — **MARRUECOS.** Librairie «Aux belles Images», 281, avenue Mohammed-V, Rabat. «El Correo de la Unesco» para el personal docente: Comisión Marroquí para la Unesco, 20, Zenkat Mourabitine, Rabat (CCP 324-45). — **MÉXICO.** Editorial Hermes, Ignacio Mariscal 41, México D.F. (\$ 30). — **MOZAMBIQUE.** Salema & Carvalho, Ltda., Caixa Postal 192, Beira. — **NICARAGUA.** Librería Cultural Nicaragüense, Calle 15 de Setiembre y Avenida Bolívar, Apartado N° 807, Managua. — **PAPAGUAY.** Agencia de Librerías Nizza S.A., Estrella No. 721, Asunción. — **PERU.** Distribuidora Inca S. A. Emilio Althaus 470, Apartado 3115, Lima. — **PORTUGAL.** Dias & Andrade Lda., Livraria Portugal, Rua do Carmo 70, Lisboa. — **PUERTO RICO.** Spanish-English Publications, Calle Eleanor Roosevelt 115, Apartado 1912, Hato Rey. — **REINO UNIDO.** H.M. Stationery Office, P.O. Box 569 Londres, S.E.1. (20/-) — **REPUBLICA DOMINICANA.** Librería Dominicana, Mercedes 49, Apartado de Correos 656, Santo Domingo. — **URUGUAY.** Editorial Losada Uruguaya S.A., Colonia 1060, Teléf. 8 75 61, Montevideo. — **VENEZUELA.** Distribuidora de Publicaciones Venezolanas (DIPUVEN), Avenida del Libertador, Edificio La Línea, Local A. Apartado de Correos 10440, Tel. 72.06.70 y 72.69.45, Caracas.



Foto © Almasy

## RELOJ ATOMICO PARA EL PASADO REMOTO

Este monstruo de tres metros de largo, cuya enorme caparazón es rígida, desapareció en el último período glacial de nuestro planeta, de 100 000 a 1 000 000 de años ha. Especie de esbozo gigantesco del armadillo de nuestros días —oriundo de la misma región americana— este «glyptodon typus» fue descubierto en la Argentina. Para determinar la edad de las rocas y las capas geológicas donde se encuentran a veces vestigios de la fauna prehistórica como este gliptodonte, los hombres de ciencia tienen hoy en día, gracias a su reciente conocimiento de los fenómenos de la radiactividad, diversos relojes atómicos a su disposición: potasio-argón, rubidio, estroncio, uranio (ver pág. 26). Para identificar vestigios más recientes (50 000 años atrás como máximo), el célebre carbono 14, cada vez más empleado, permite fijar las fechas con mayor precisión (véase el artículo de la pág. 22).