UNA VENTANA ABIERTA SOBRE EL MUNDO

UNESCO

El Correo

OCTUBRE 1963 (Año XVI) - ESPAÑA : 9 pesetas - MEXICO : 1,80 pesos



LA TIERRA Y SUS ENTRAÑAS



Foto © United Press

SKOPLJE, 26 DE JULIO DE 1963. En esta fecha fatídica un terrible temblor de tierra destruyó en pocos segundos, durante la noche, el 85% de los edificios de la ciudad yugoeslava, quitando la vida a 1 000 personas. Por lo que respecta a los problemas que plantea la construcción de edificios resistentes a los movimientos sísmicos, véase el artículo de la página 31.

El Correo

OCTUBRE 1963

Sumario

AÑO XVI

Nº 10

PUBLICADO EN NUEVE EDICIONES

Inglesa
Francesa
Española
Rusa
Alemana
Arabe
Norteamericana
Japonesa
Italiana



NUESTRA PORTADA

Una violenta explosión del Strómboli destaca junto al borde del cráter la figura de un colega de Haroun Tazieff, volcanólogo que tomó la foto. Estos expertos siguen una vocación tan peligrosa como fascinadora; sus estudios pueden hacer posible predecir el alcance y duración de un terremoto, y además permitir que se utilicen las enormes fuerzas de la energía geotérmica (véase artículo de la pág. 20).

Foto © Haroun Tazieff

Páginas

4 **¿MARCHAN LOS CONTINENTES A LA DERIVA?**
Volviendo a un punto muy discutido
por J. Tuzo Wilson

12 **LA OPERACIÓN "MANTO SUPERIOR"**
Una gran aventura internacional de la ciencia
por Vladimir V. Belousov

18 **EL "MOHOLE PROJECT"**
Perforar la corteza de la tierra

20 **LA VIDA SECRETA DE LOS VOLCANES**
por Haroun Tazieff

26 **300.000 SACUDIMIENTOS ANUALES**
Saltos y temblores de un planeta inquieto
por E. M. Fournier d'Albe

30 **CONSTRUCCIONES A TODA PRUEBA**
Los problemas de la arquitectura parasísmica
por Kenzaburo Takeyama

33 **LOS LECTORES NOS ESCRIBEN**

34 **LATITUDES Y LONGITUDES**

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

Redacción y Administración
Unesco, Place de Fontenoy, Paris-7e

Director y Jefe de Redacción
Sandy Koffler

Subjefe de Redacción
René Caloz

Redactores
Español : Arturo Despouey
Francés : Jane Albert Hesse
Inglés : Ronald Fenton
Ruso : Veniamín Matchavariani (Moscú)
Alemán : Hans Rieben (Berna)
Arabe : Abdel Moneim El Sawi (El Cairo)
Japonés : Shin-Ichi Hasegawa (Tokio)
Italiano : María Remiddi (Roma)

Composición gráfica
Robert Jacquemin

La correspondencia debe dirigirse al Director de la revista.

Venta y Distribución
Unesco, Place de Fontenoy, Paris-7e

★

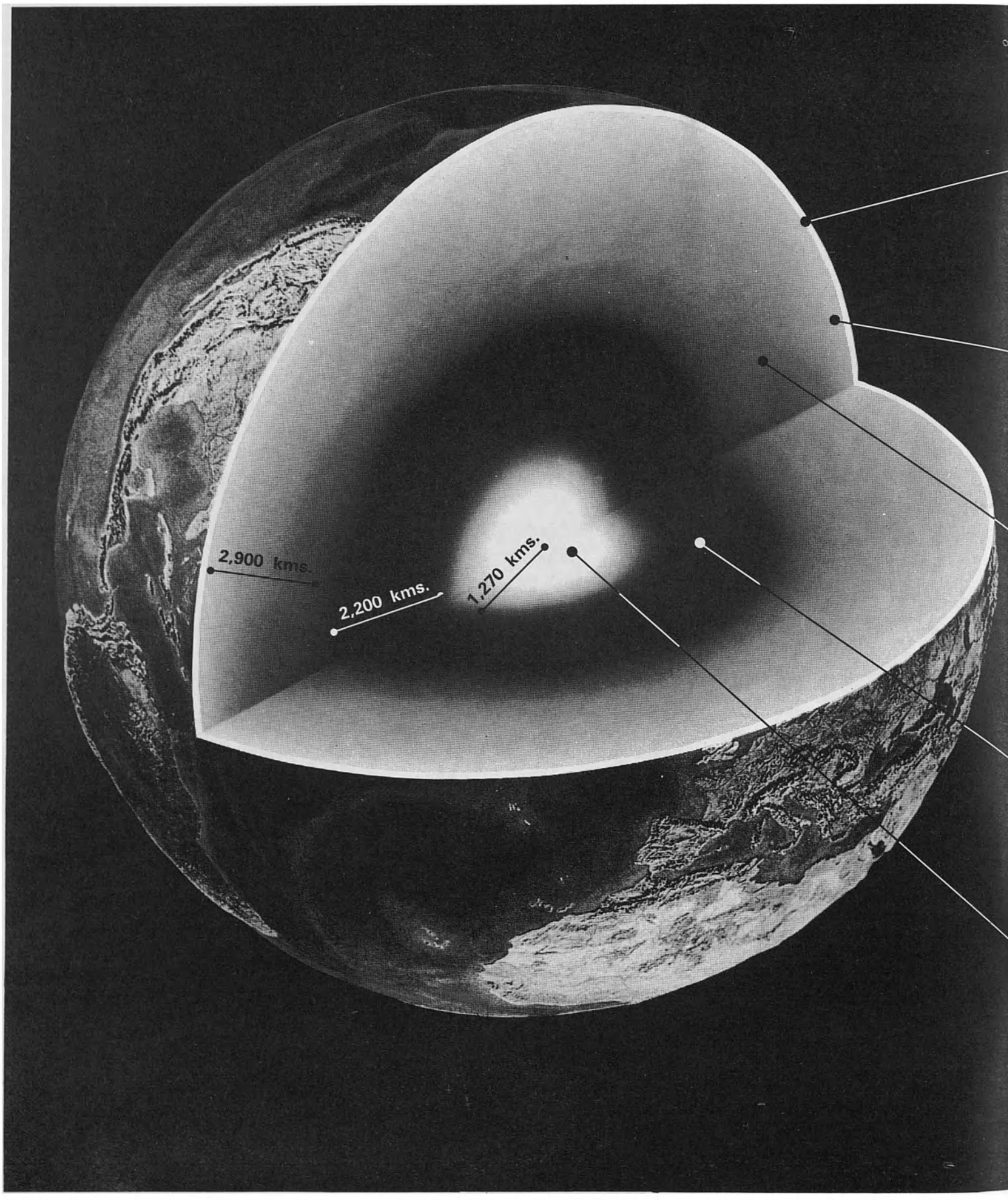
Los artículos y fotografías de este número que llevan el signo © (copyright) no pueden ser reproducidos. Todos los demás textos e ilustraciones pueden reproducirse, siempre que se mencione su origen de la siguiente manera : "De EL CORREO DE LA UNESCO", y se agregue su fecha de publicación. Al reproducir los artículos deberá constar el nombre del autor. Por lo que respecta a las fotografías reproducibles, éstas serán facilitadas por la Redacción toda vez que se las solicite por escrito. Una vez utilizados estos materiales, deberán enviarse a la Redacción dos 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.

Tarifa de suscripción anual : 7 francos. Número suelto : 0,70 francos; España : 9 pesetas; México : 1,80 pesos.

MC 63.1.184 E

UNESCO Archives

¿MARCHAN LOS CONT



Dibujo de « El Correo de la Unesco »

INENTES A LA DERIVA?

por J. Tuzo Wilson

CORTEZA. El espesor de la corteza de la tierra varía considerablemente: en el fondo del océano puede llegar con mucho a 5 kilómetros, y en los continentes oscilar entre 30 y 70 kms. Actualmente se llevan a cabo planes de perforación de la corteza para llegar al manto.

MOHO. La vertiente o "discontinuidad de Mohorovicic" es el límite entre la corteza y el manto.

MANTO. Se extiende desde la corteza terrestre hasta el núcleo externo. Se cree que sea sólido y ligeramente plástico, que esté al rojo blanco, y que lo formen rocas diferentes de las de la corteza y más densas que éstas. La densidad del manto aumenta con la profundidad.

NUCLEO EXTERNO. Se cree que sea una masa de hierro líquido al rojo blanco. La condición de líquido está indicada por la conducta de las ondas sísmicas transversales, que no llegan a poder recorrerlo.

NUCLEO INTERNO. Se ha señalado la posibilidad de que dentro del núcleo externo, que es líquido, haya otro interno en el centro, y que éste sea sólido.

¿Se formó por si acaso el Océano Pacífico por la separación de la Tierra y la Luna? ¿Hubo en realidad un Diluvio: existe una Atlántida sepulta bajo las aguas del mar? ¿Se han separado los continentes y el Océano Atlántico no es sino el resultado de esa separación? ¿Puede la Tierra verse sacudida por otros cataclismos mayores que los ya experimentados?

He aquí una serie de preguntas sensatas que mucha gente se plantea y se seguirá planteando hasta obtener una respuesta clara y unánime. Lamentablemente, ello no es posible aun. En lo que respecta a la Tierra todavía no lo sabemos todo; y no podemos penetrar en su interior profundo, sino apenas explorarlo por medios indirectos. Los datos aprovechables a este respecto no son por cierto muy antiguos. A partir de nuestros conocimientos fragmentarios, hombres distintos se interesan por distintos aspectos de la cuestión y llegan, también, a conclusiones distintas (1).

Desde los tiempos remotos en que los griegos hicieran observaciones de este tipo en Egipto, los hombres de ciencia han llegado a ponerse de acuerdo en que la forma de la Tierra es casi redonda. Pero otros que no pudieron realizar esas precisas observaciones no creen en una sola interpretación de los hechos. Así como los artistas, mirando las mismas cosas, nos dan imágenes diferentes de ellas, unos, como un Vermeer, nos darán una imagen fotográfica y estática de la Tierra; otros como un Van Gogh, nos proponen en cambio un planeta activo que se mueve en remolinos; otros aun, como un Picasso, piensan que los continentes se han desplazado; que Groenlandia fué otrora la cabeza de Europa; que Africa y Sud América fueron continentes mellizos separados violentamente para formar el Océano Atlántico.

Las diferentes ideas que el hombre ha tenido sobre la Tierra pueden quedar más en evidencia si se considera la cuestión históricamente para demostrar cómo a medida que se iban teniendo pruebas nuevas de ciertos fenómenos, iban cambiando los puntos de vista.

De los primeros mapas de los viajeros y navegantes; de la observación de los suelos y rocas por labriegos y constructores y de los estudios del terreno hechos por soldados, han ido surgiendo gradualmente ciencias como la astronomía, la geología y la geografía.

Hoy en día conocemos bien la forma del globo, la topografía de los países, la edad y variedad de las rocas desparramadas por continentes e islas. Quedan todavía brechas por llenar, y de ellas las mayores corresponden a los «suelos» de los océanos y a cuanto se refiera al interior de la Tierra. Pero hasta este siglo, que perfeccionó complicados instrumentos de física, capaces de examinar lugares ocultos por medios indirectos en la misma forma en que un aparato de rayos X explora los órganos vitales del ser humano, no se sabía virtualmente nada de esas dos grandes partes del planeta. El estudio indirecto de la tierra ha dado lugar a una nueva ciencia: la geofísica.

SIGUE A LA VUELTA

(1) Véase el artículo del prof. Belousov en la pág. 13.

Como un huevo pasado por agua

Que el interior de la Tierra debía ser muy caliente fué una de las primeras cosas en descubrirse; simple deducción de los mineros que encontraron que las rocas aumentaban un grado de temperatura por cada 50 metros de profundidad. Así pues, se supone que a unas cuantas decenas de kilómetros de la superficie el interior de la Tierra está al rojo blanco. La presión de su propio peso sería —según esta teoría— lo único que impediría fundirse a gran parte de la Tierra. Los mineros observaron también cómo los estratos de las montañas se han «plegado», y, cuando Kelvin y Helmholtz señalaron que la Tierra irradiaba su calor y lo enfriaba pareció evidente a todo el mundo que se estaba contrayendo, sacándose en conclusión que esa era la fuerza que plegó los estratos y levantó las montañas de nuestro planeta.

Este punto de vista constituye la gran teoría clásica de la contracción de la Tierra, y es como una fotografía nítida, en que ningún movimiento de los continentes ha sido capaz de tornar borrosa la imagen resultante. Aunque muchos comparten todavía este criterio, el descubrimiento de la radioactividad, hecho en 1816 por el hombre de ciencia francés Becquerel, provocó gran incertidumbre. Los elementos radioactivos producen calor; ahora bien: como nadie puede medir la pequeña cantidad —pequeña pero significativa— de uranio y de torio que existe en la Tierra, nadie puede saber si ésta se está enfriando o calentando, ni tampoco si se está contrayendo, cosa que parece dudosa en la actualidad.

Entre el descubrimiento de la radioactividad y el estudio de todas sus consecuencias pasó cierto tiempo, pero gradualmente algunos hombres, como el británico A. Holmes y el norteamericano D.T. Griggs, llegaron a creer que la Tierra estaba produciendo más calor del que podía perder por radiación. Uno y otro sugirieron que nuestro planeta no sólo no se estaba contrayendo, sino que el «manto» interior, en ignición al rojo blanco, debía poseer corrientes de convección como las que suben y bajan en un recipiente puesto al fuego. F.A. Vening Meinesz, de Holanda, agregó nuevas pruebas de sus estudios sobre la gravedad para apoyar la idea de que las montañas podrían haber sido formadas por el movimiento de dichas corrientes de convección. Este cuadro de Meinesz se parece a una obra de su compatriota Van Gogh, ya que de acuerdo con él, la Tierra debería tener el aspecto de algo fluído, en perpetuo desplazamiento.

La teoría de las corrientes de convección ha sido particularmente apoyada por varios físicos, que la encuentran satisfactoria, pero como los físicos no saben, en general, mucha geología, los artículos que puedan haber escrito tratan más bien de casos ideales y sólo hace muy poco se ha hecho ajustar ese concepto al esquema existente de rocas y montañas.

Otra teoría enunciada independientemente como alternativa a la hipótesis de la contracción fué la del movimiento de continentes «a la deriva». Para entenderla es necesario tener en cuenta otro gran progreso, el realizado en 1909 por el sismólogo yugoslavo A. Mohorovicic al demostrar que algunas ondas sísmicas se reflejan en el interior de la Tierra desde la capa más profunda de una delgada corteza exterior. Otros hombres de ciencia hallaron pronto un segundo horizonte de reflejo de las ondas sísmicas y propusieron la división de la Tierra en un núcleo interior rodeado por dos capas exteriores. Según este concepto la Tierra tendría, así, un interior parecido al de un huevo que hubiéramos hecho hervir por espacio de cinco minutos. Fuera tenemos una capa delgada y quebradiza —la cáscara— que corresponde a la corteza terrestre. La clara del huevo hervido, que es también sólida pero algo plástica, puede compararse en cambio a lo que llamamos el manto de la Tierra. Este manto es también sólido (y está al rojo blanco). Del mismo modo que la clara del huevo está formada de otra sustancia que la cáscara, así el manto terrestre se compone de rocas distintas y más densas que las de la corteza. Por último hay un centro líquido, probablemente de hierro al rojo blanco, que podría compararse con la yema líquida del huevo pasado por agua.

A una distinguida mujer de ciencia danesa, la Dra. Lehmann, debemos aun un mayor refinamiento en la explicación, ya que ella supone que en medio de ese centro líquido hay quizá un pequeño núcleo sólido.

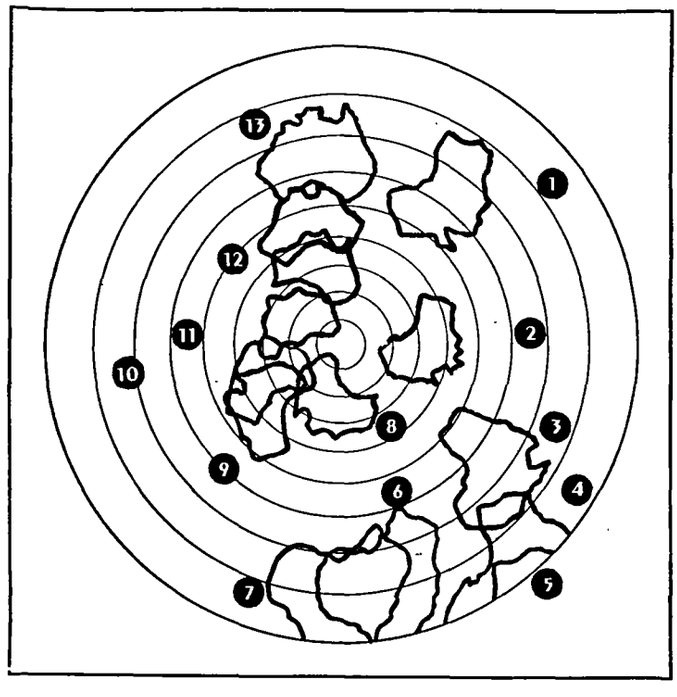
Desde el descubrimiento de Mohorovicic centenares de precisiones tomadas especialmente en los océanos por los E.E. U.U. y en tierra firme por la U.R.S.S., han demostrado que, bajo los océanos, la corteza terrestre tiene un espesor de cinco kilómetros y está formada o bien de lava basáltica o bien de la parte superior del manto, alterada e hidratada. Bajo los continentes, por otra parte, la corteza tiene desde 30 kilómetros de espesor bajo las llanuras hasta 70 kms bajo las montañas, y está constituida por rocas graníticas que soportan el peso de los estratos sedimentarios. Tan seguros de esto último están los hombres de ciencia que se han lanzado a llevar a cabo el «proyecto Mohole» con el fin de practicar perforaciones en la corteza donde más delgada sea, para obtener muestras del material que compone el manto existente debajo de ella; labor que hay que realizar en el mar, porque allí es donde la corteza resulta delgada. Este nombre de Mohole es un tributo a la memoria de Mohorovicic, el primero en demostrar que la Tierra tiene una corteza perforable.

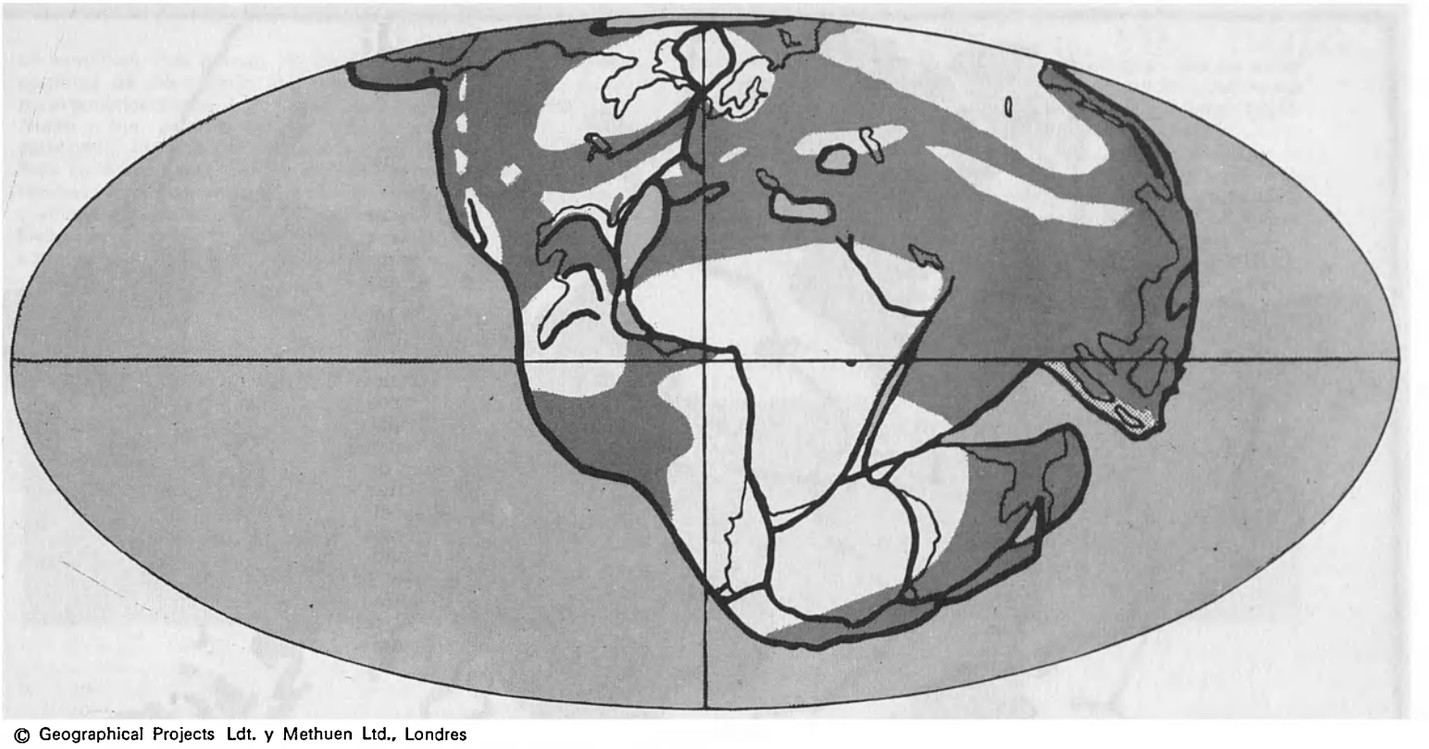
A diferencia de la cáscara del huevo, que es uniforme, la corteza terrestre admite dos grandes divisiones: los continentes, que son gruesos y livianos, y los fondos de los océanos, que son más delgados y más densos. Ambos reposan sobre el manto de rocas todavía más pesadas,

SIGUE EN LA PÁG. 8

AUSTRALIA LA MOVEDIZA. Los estudios de magnetismo en las rocas hechos recientemente han planteado nuevas posibilidades de controversia en torno a los supuestos movimientos de los continentes. De la deriva de éstos ve Runcorn una prueba en los cambios de dirección del magnetismo registrados en las rocas: su diagrama sobre las posiciones de Australia con relación al polo lo prueba así al mostrar los cambios de (1) a (13) en un posible viaje geológico hecho hace más de 600 millones de años, a partir del período precámbrico.

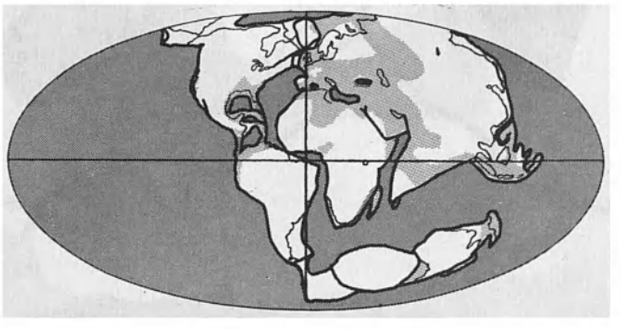
De " Continental Drift " por S.K. Runcorn y otros.
© 1962 por la Academic Press, Inc.





© Geographical Projects Ldt. y Methuen Ltd., Londres

LA TEORIA DE WEGENER

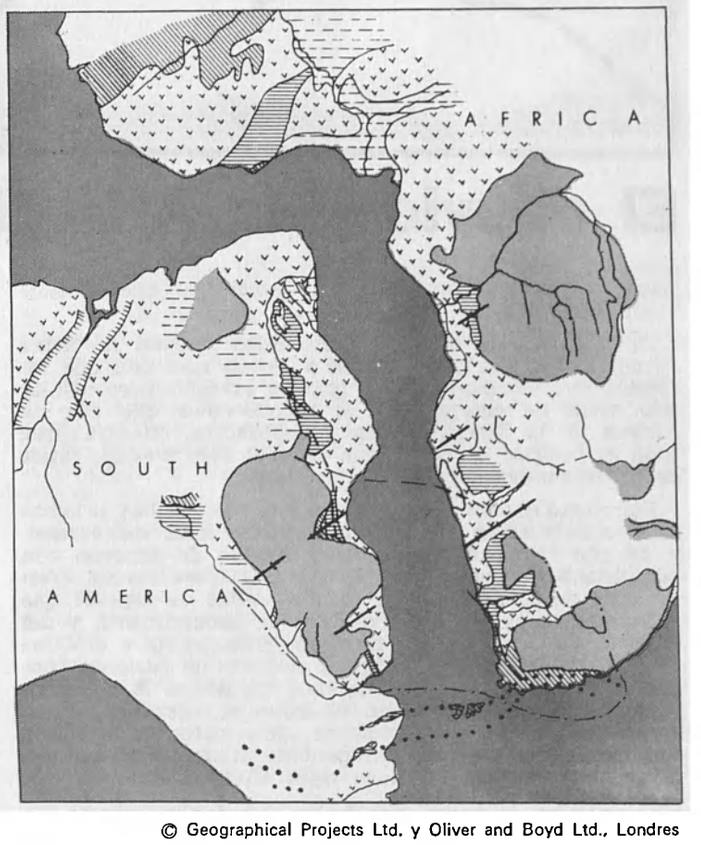


De " Continental Drift " (La deriva de los continentes) de S.K. Runcorn.
© 1962 por la Academic Press Inc.



ALFRED WEGENER

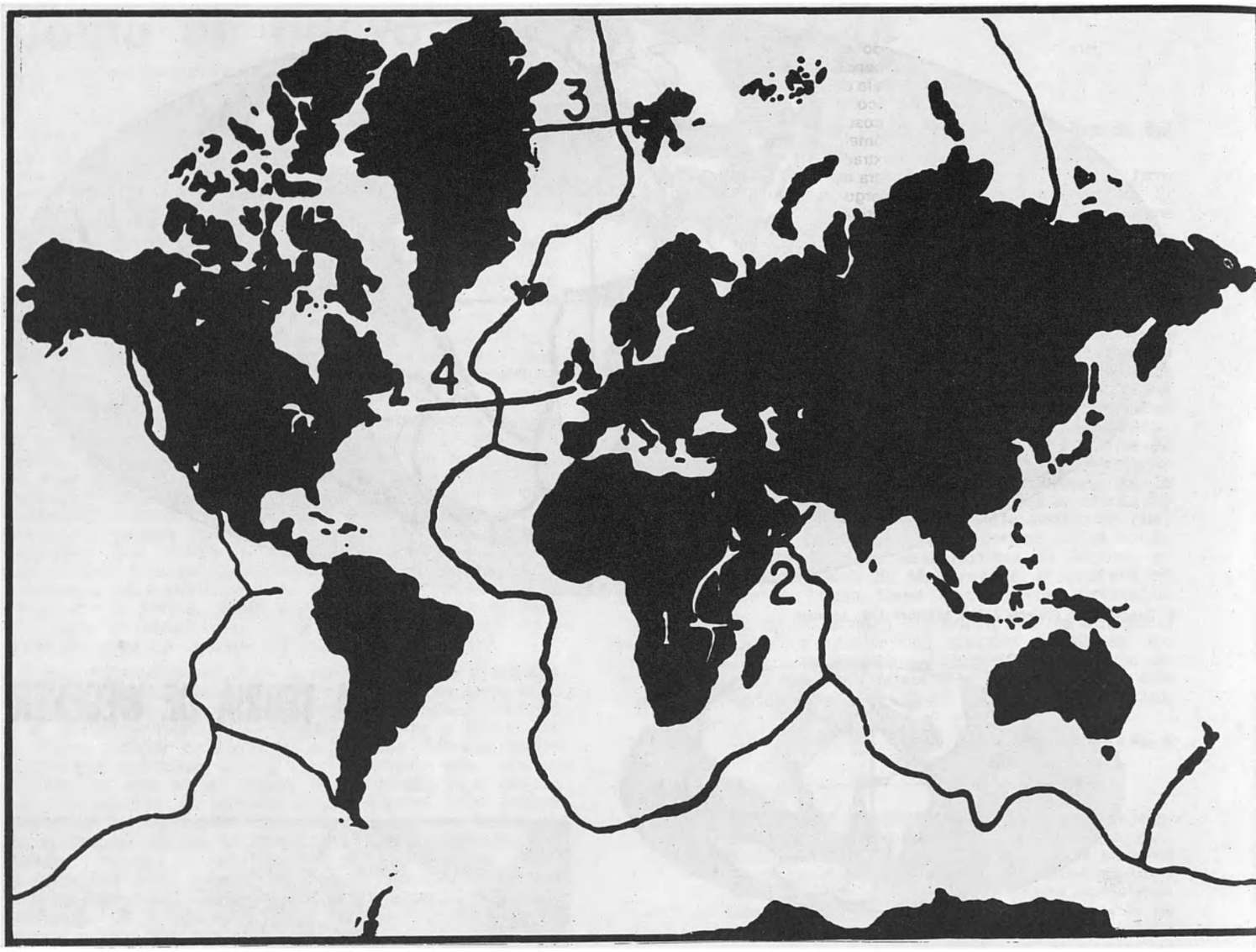
Al formular el meteorólogo alemán Alfred Wegener en 1912 su teoría de los desplazamientos continentales la mayor parte de los científicos rechazaron desdeñosamente la idea; pero hoy en día son muchos los que se sienten menos seguros de la equivocación de principio en ella contenida. Como a otros antes que él (entre ellos Bacon) a Wegener lo sorprendió el hecho de que la giba de la costa sudamericana se ajustara en contorno a la de Africa, y en apoyo de su teoría señaló el sorprendente número de afinidades en los fósiles, rocas y estructuras de ambos lados del Atlántico. Este científico vivió firmemente persuadido de que los continentes habían estado reunidos en principio en un supercontinente que luego se fragmentó, hasta formarse las actuales masas de tierra. Los mapas que se ven arriba aparecieron por primera vez en el libro de Wegener "Origen de los continentes y los océanos". (Pueden verse las costas actuales, y la sombra más clara indica lo que fueran mares superficiales.) En 1937 uno de los adeptos de Wegener, el geólogo sudafricano, A. L. Du Toit, indicó la posibilidad de que hubiera habido dos continentes principales; la Laurasia (Europa, Asia y Norteamérica), al norte, y la tierra de Gondwana (Sudamérica, Africa y la Antártida, con más la India y Australia) al sur, separados por un mar (Tetis). Du Toit hizo el detallado análisis, con aspecto de rompecabezas, de las antiguas estructuras rocosas de las costas de Africa y Sudamérica que se ve a la derecha.



© Geographical Projects Ltd. y Oliver and Boyd Ltd., Londres

Cretáceo-eoceno
Gondwana
Pre-silurio
Granito antiguo

Silurio-carbonífero
Levantamientos post-triásicos
Pliegues del Cabo
Límite del Mesosauro
Pliegues post-Nama



El diluvio y la Atlántida...

hasta el punto de que se puede considerar que «flotan» sobre ellas.

El concepto de que los continentes forman la tierra firme porque son más livianos y flotan más alto que los fondos de los océanos puede parecer extraño, pero resulta más fácil de comprender si reconocemos que sólo la corteza de la Tierra es fría y quebradiza, mientras que todo el interior es como una bola al rojo blanco, capaz de un movimiento plástico muy lento.

Por cierto que en Escandinavia y el Canadá hay pruebas muy convincentes de que la corteza flota de verdad, y de que su nivel ha subido y bajado de acuerdo con las distintas cargas que soportara. Dichas cargas eran sábanas de hielo de cerca de dos millas de espesor que cubrían la mayoría del territorio de Escandinavia y del Canadá, tal como ocurre hoy con Groenlandia o el Continente Antártico. Las antiguas morenas, el suelo perturbado, los cantos rodados que han ido de un lado a otro y las rayas que se ven en el lecho de rocas muestran la posición de esas sábanas de hielo antes de fundirse con cierta rapidez con el repentino aumento de temperatura que se produjo hace unos 10.000 años.

Al quitarse la carga que había estado hundiendo las tierras, éstas pudieron levantarse o flotar muy lentamente y muchas playas formadas al nivel del mar, que se encuentran ahora a varios centenares de metros sobre su primer nivel, señalan la firme elevación del terreno en los sitios donde éste sufriera diversas depresiones. La máxima elevación de estas tierras en el norte de Finlandia es de alrededor de un centímetro por año.

Por otra parte, la fusión de tan enormes volúmenes de hielo afectó el nivel del mar en las costas de todo el mundo. La adición de tanta agua levantó el nivel del mar aproximadamente en cincuenta metros en los lugares donde no estaba helado, y debe haber hundido muchas poblaciones costeras. Parece probable que los recuerdos y tradiciones de esta fantástica inundación llegaran hasta nosotros, especialmente cuando se piensa en la historia de la perdida Atlántida, cosa que el movimiento de los continentes no puede explicar, ya que la existencia y la historia humanas son demasiado recientes si se las compara con los grandes cataclismos geológicos.

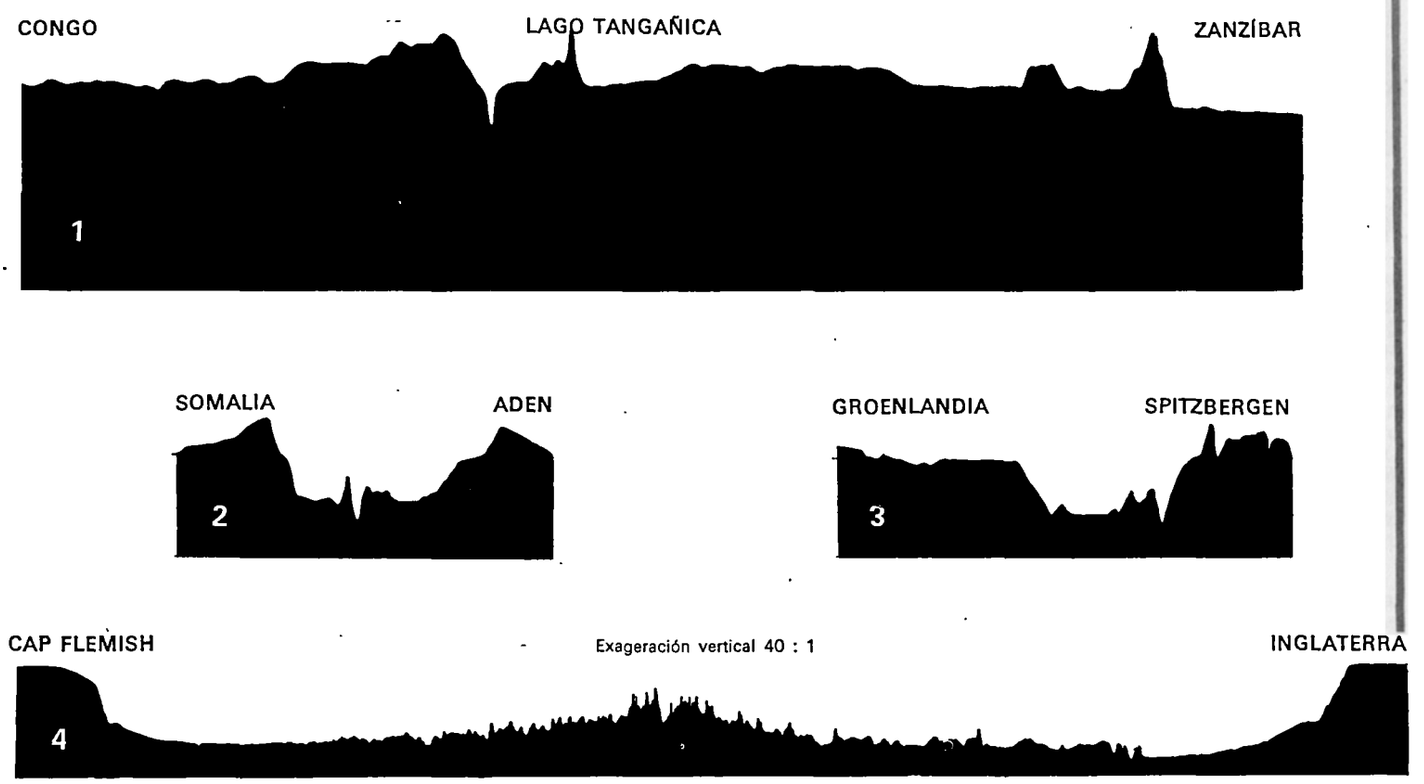
Una vez demostrada la capacidad de la Tierra para deslizarse en sentido vertical, fué fácil comprender la gran significación de la idea avanzada en 1912 por el meteorólogo alemán Alfred Wegener. Dijo éste que si la tierra podía moverse lentamente hacia arriba y hacia abajo, también podría ser posible que se moviera a ambos lados, al mismo ritmo de uno o unos pocos centímetros al año.

Al proponer esta teoría, indicó también Wegener la posibilidad de explicar el paralelismo de ambos lados del Océano Atlántico; porque, a ese ritmo, Europa y Norteamérica podrían haberse separado en unos pocos cientos de millones de años. La tierra es tan vieja, añadió, que, aun a ese paso de andar, puede haber habido tiempo de que los océanos se abrieran y cerraran, y quizá no sólo una vez, sino varias.

Algunos científicos se declararon inmediatamente en contra de estas ideas, y muchos se mantienen aun adversos a ellas. Otros las apoyaron desde el principio, espe-

La cordillera más grande del mundo es una serie submarina continua de elevaciones con una hendedura a lo largo de la parte superior que va (véase mapa de la derecha) por el Atlántico Norte y Sur, pasa al Océano Indico y, al sur de Australia, atraviesa el Pacífico para llegar a la costa occidental de México. Esta cordillera tiene cientos de kilómetros de ancho y varios kilómetros de alto: sus rocas son extraordinariamente calientes y volcánicas. Un ramal de la cordillera que pasa por el Océano Indico ha invadido el Africa a lo largo del valle que se abre entre los altiplanos del este del continente. Varios cientlficos han sacado en conclusión que la cordillera que corre en mitad del océano señala los sitios en que se dividieron los continentes actuales y ven en ese valle del este de Africa una etapa inicial del desarrollo de un nuevo océano, o sea de la futura fragmentación de Africa. Los perfiles que se ven abajo muestran la gran similitud que hay entre la cordillera africana, con su hendidura, y tres de las cordilleras suboceánicas, comprendida (4) la del Atlántico. En el mapa de la derecha puede verse la posición de dichos perfiles.

De " Continental Drift " por S. K. Runcorn y otros, (c) Academic Press Inc.



cialmente los geólogos de India, Africa y Australia, que habían advertido ya muchos parecidos sorprendentes entre los fósiles y los estratos de sus continentes respectivos. Pero estos geólogos sólo podían estudiar la tierra en la superficie, y pasaron muchos años en que los proponentes de la idea del desplazamiento se vieron incapacitados para explicar cuál era la causa de que los continentes se movieran o en que pudieran examinar el suelo en el fondo del océano, donde debían encontrarse las pruebas del desplazamiento y del pasaje de los continentes; debilidad grande que sin duda conspiró contra todos los esfuerzos que realizaban.

La idea del movimiento de los continentes no atrajo a la mayor parte de los que creían en una tierra fija que se va contrayendo. Actuaron todos ellos como admiradores de Vermeer que vieran por primera vez un Picasso. Como es natural, no les gustó; dijeron que el desplazamiento continental era no figurativo, epíteto mucho más grave cuando se aplica en ciencia que cuando se lo usa en arte.

Pero hay otra hipótesis todavía: la de que los continentes hayan ido desarrollándose. Esta hipótesis la formularon en primer lugar ciertos geólogos que advirtieron que las cordilleras se encuentran a menudo en la periferia de los continentes. Estos geólogos dijeron que era probable que varias de esas cordilleras se hubieran añadido a los continentes sin que éstos se movieran.

Los estudios de los volcanes hechos por científicos italianos, japoneses y alemanes, junto con investigaciones más recientes efectuadas en Hawaii, han demostrado que la lava sube de profundidades de hasta 100 kilómetros y que puede muy bien acumularse a la corteza terrestre hasta formar parte de ella. Hess en Princeton y Dietz y Menard en California han considerado la forma en que estas adiciones podrían haberse convertido en bases de los continentes.

Para apoyar la idea del desarrollo de los continentes se ha recurrido a la geoquímica moderna, fundada por científicos rusos como Vernadsky, Fersman y Vinogradov, así como por el noruego Goldschmidt, y también a los estudios isotópicos realizados en Gran Bretaña, Suiza, el Canadá y los Estados Unidos de América. Entre los resultados de estos estudios se cuenta el descubrimiento de que el escudo de roca situado en el corazón de los continentes está constituído por bandas circulares dispuestas en tal forma que las rocas más viejas se sitúan más bien al centro.

Recapitulando, podemos ver así que el concepto inicial de una tierra rígida, de continentes permanentes y cuencas oceánicas en la que las montañas hubieran surgido como consecuencia del enfriamento y la contracción, aunque muchos lo consideran todavía válido, se ha ido viendo reemplazado por tres nuevas hipótesis, cada una de las cuales es incompleta en sí. Estas son: la teoría física de las corrientes de convección, que todavía espera ser relacionada con la observación geológica; la teoría geológica del desplazamiento continental, que necesita una explicación física de porqué se piensa que los continentes se mueven y qué fuerza puede existir para moverlos, y la idea geoquímica del desarrollo de los continentes, que no explica para nada si éstos están fijos o se mueven.

Dedicaremos el resto de este artículo a resumir varios de los descubrimientos efectuados en los últimos años. Todos ellos parecen indicar que se podría muy bien

SIGUE EN LA PÁG. 10



Del " Scientific American ", Abril 1963

Veinte mil leguas de montañas submarinas

integrar las tres teorías más recientes en un concepto que reemplazara satisfactoriamente la teoría de la contracción de la tierra, ya pasada de moda.

Uno de los descubrimientos nuevos importantes se debe a los científicos franceses Chevalier y Thellier, a quienes otros colegas han seguido luego en Gran Bretaña y Australia. Ambos han observado que al formarse las rocas, sea por sedimentación o por enfriamiento de la lava, han encerrado dentro de sí el testimonio de la dirección de la magnetización predominante en ese momento, dirección que dependía de la latitud en que esas rocas se hallaran.

En las rocas más antiguas esa latitud es diferente de la actual. La naturaleza progresiva del cambio observado en rocas de varias épocas recogidas en la misma región indican que varios continentes se han ido moviendo de una manera sistemática. Particularmente el Africa, la India, Australia y Sud-América parecen haber estado yendo hacia el norte. Aquí tenemos una prueba que favorece la teoría del desplazamiento de los continentes.

La exploración moderna del lecho del mar ha proporcionado otras dos con que ayudar a resolver el enigma. En el lecho del Océano Pacífico se han descubierto varias grandes fracturas representadas por riscos de hasta 3 kilómetros de alto y 3.000 kilómetros de largo. La comparación de ambos lados de estos riscos indica a lo largo de ellos movimientos horizontales que llegan a ser hasta de 1.400 kilómetros. Tales movimientos, los mayores que se conocen, comienzan a aproximarse a los necesarios para un desplazamiento continental.

En 1956 los señores M. Ewing y B. C. Heezen, de la Universidad de Columbia en Nueva York, hicieron por su parte un notable hallazgo: el de que cierto número de escollos o arrecifes que se sabe existen en el lecho de los océanos eran continuos y formaban una sola cadena montañosa por debajo del Atlántico Norte y del Atlántico Sur y en el medio de los mismos, cadena que después de pasar por el sur de Africa atravesaba el Océano Indico, y que luego de hacer lo propio por el sur de Australia llegaba, a través del Pacífico, a la costa oeste de México. Encima de esta cordillera que pasa por el medio de los océanos se hallan muchas islas con volcanes en actividad o que han estado recientemente activos, entre las que se cuentan Islandia, las Azores, Ascensión, Tristan da Cunha, Kerguelen y las islas de Pascua.

Esta cordillera submarina es el sistema montañoso mayor del mundo, ya que se extiende casi por espacio de 20.000 leguas y tiene en todas partes cientos de kilómetros de ancho y varios kilómetros de alto. Sus propiedades son más notables todavía. Tiene rocas extraordinariamente calientes y volcánicas. Está precisamente en medio de los océanos Atlántico e Indico, a distancias iguales de los continentes por ellos separados. Además, parece que estuviera en vías de deshacerse, en contraste con las montañas que se ven en tierra, más recientes y mejor conocidas, cuya materia compacta está comprimida.

Hay así dos grandes sistemas montañosos en nuestro planeta, dos sistemas que se complementan. Hemos descrito ya el situado en medio del océano. El sistema continental, que el austríaco E. Suess fué el primero en reconocer, consiste de dos cinturas, una de las cuales bordea el Océano Pacífico, mientras la otra atraviesa Eurasia. En la primera se cuenta la cordillera de los Andes y los arcos de islas Aleutianas y del Asia Oriental que pasan por la península de Kamchatka, el Japón, las Filipinas, Indonesia, Nueva Guinea y las pequeñas islas hasta llegar a Nueva Zelandia. La otra cintura de montañas está compuesta por los Alpes y la cadena del Himalaya, que se extienden desde España por el Mediterráneo y luego por el Asia del sur hasta unirse con la primera en Indonesia.

Al considerar la idea de las corrientes de convección a la luz de los descubrimientos recientes en la materia, es posible convencerse de que las corrientes de calor que suben lo hacen bajo las elevaciones montañosas situadas en medio al océano y que luego se hunden bajo las cadenas de montañas continentales y arcos de islas mejor conocidos. De acuerdo con este punto de vista el calor, los volcanes y la tensión que caracterizan el sistema que pasa por medio del océano son derivados de las corrientes que suben de la tierra a alimentar los volcanes y que se separan para romper la frágil corteza terrestre, mientras que las características de las montañas continentales son resultado de la forma en que esas corrientes concurren juntas en un mismo sitio para producir la compresión.

El descenso de las mismas aumenta la profundidad de los grandes surcos del océano, situados todos ellos junto a las cadenas de islas situadas alrededor de Kamchatka, el Japón, las Filipinas, las Antillas, etc. La corteza y el manto superior son fríos y quebradizos, produciéndose los terremotos al abrirse ambos debido a la fuerte fluencia que viene del fondo.

Una contribución importante a esta teoría es la idea de Hess que, mientras los continentes son verdaderas balsas de material ligero, la corteza oceánica no es otra cosa que la parte superior del manto, alterada, que al ser arrastrada hacia abajo vuelve a transformarse en manto puro. Este concepto da un cuadro geográfico y geológico que faltaba en anteriores consideraciones de la teoría de la convección y hasta se cuenta con pruebas de que la dirección de esa corriente o fluencia queda marcada en el fondo de los océanos.

Desgraciadamente, aunque creamos poder trazar en un mapa la dirección de una fluencia, todavía no nos es posible medirla directamente. Se piensa que sea de unos tres centímetros por año, pequeño cambio que no puede por cierto medirse en todo el ancho de un océano.

De aceptarse esta idea, ella puede explicar mejor el mecanismo que faltaba en las manifestaciones anteriores sobre el desplazamiento de los continentes. Debemos suponer que las corrientes apartaron a los continentes

Una de las ideas más discutidas de los últimos tiempos es la de que los continentes se han movido a las posiciones que ocupan bajo el impulso de corrientes de convección que suben de las profundidades del manto terrestre, proceso que, según se afirma, es el que ha creado la gran cordillera submarina situada en medio del océano y las montañas terrestres, así como la faja de tierra sujeta a temblores. El dibujo de la izquierda ilustra esta teoría. A la derecha se marcan las corrientes que se mueven en la zona de la cordillera submarina, alimentando a los volcanes en actividad (Tristán da Cunha, Islandia, Azores, etc.). Los conos volcánicos inactivos forman las elevaciones laterales. El continente de la izquierda se ha visto empujado al punto en que la corriente de convección se hunde hacia el centro de la tierra. Por ser los continentes más ligeros que la materia del manto en el lecho del océano, no se ven arrastrados hacia el profundo foso oceánico creado por la corriente sino que se contraen, formándose así las montañas. La zona de terremotos, señalada por cruces, se crea al romperse corteza y manto superior por los movimientos de flujo que tienen lugar debajo de ambos.

separándolos de las elevaciones submarinas situadas en medio del océano y los transportaron como si fueran balsas, exactamente igual en un lado que en otro, hasta que encallaron al borde de las corrientes que se movían hacia abajo; las Américas y el Asia oriental haciendo presión contra la fluencia descendente a orillas del Océano Pacífico, mientras que la India, Arabia y el Africa se veían empujadas contra Eurasia sobre otra fluencia igualmente descendente. Estas corrientes han ido empujando a los continentes hacia el norte junto con Australia, noción que está de acuerdo con las observaciones hechas sobre el magnetismo que subsiste en dichas tierras.

La periodicidad de la formación de montañas se hace igualmente comprensible cuando se piensa que la cadena alpina en Europa ha reemplazado a las de Escandinavia, a los Urales y a las montañas de Escocia, activas en otras épocas, mientras que en los Estados Unidos las Rocosas ocupan el lugar de los Apalaches, otrora grandes y activos.

Si se ha producido un desplazamiento, éste no ha ocurrido de una sola vez, sino al cambiar el orden y disposición de las corrientes de convección dentro del manto terrestre, que es sólido aunque ligeramente plástico, y está al rojo blanco; como les pasa a las corrientes de un líquido que hierve en un recipiente, sólo que en una escala infinitamente mayor y también infinitamente más lenta. Cada disposición diferente ha producido una cadena montañosa también diferente, la primera añadida a un lado, y las demás añadidas las unas a las otras. En otras partes, donde remontaba de las profundidades una nueva corriente, los continentes, por un proceso idéntico a ése, han quedado partidos en dos, como pasa, o por lo menos así lo parece, con el Mar Rojo y en los valles de Etiopía, Kenya, Ruanda, Burundi, Congo y Tangañica, en la actualidad hendidos y abiertos.

Hemos hablado de un crecimiento de los continentes. Este punto de vista tiene una aceptación mucho mayor que la idea de que se mueven. Pero si crecen, crecen ¿a partir de qué? La primera roca producida por un derretimiento parcial de la tierra es el basalto, que fluye con gran abundancia a la superficie en Islandia y en Hawaii, y que en otras épocas hiciera lo propio en el Deccan de la India y en la cuenca del Paraná y en la región patagónica.

Ese basalto, que hace erupción en el fondo del mar, es llevado a la larga por las corrientes de convección a las profundidades del océano, adonde lo hunden inexorablemente hasta que se derrite y vuelve a subir.

Las complicaciones de la química de los silicatos son tales, que cada fusión conduce a la separación y erupción de rocas no sólo más silíceas que las que les dieran origen, sino también menos densas que éstas. El basalto es más ligero y más silíceo que el manto, y los volcanes nuevos, como los de los Andes, los de Italia, el Japón, Indonesia y los de la orilla de los continentes son, en general, más silíceos que el basalto. Estas rocas vuelven a desgastarse, unas para ser llevadas a los fosos oceánicos donde se las puede volver a hundir y a refundir, otras para transformarse en sedimento estratificado y otras, por último, para volver a ser cristalizadas en basamentos continentales. Al continuar el completísimo proceso, se forma el suelo, y fué así que en cierto momento de la vida del planeta el hombre pudo hacer de éste su morada.

La edad de la tierra es probablemente de 4 a 5 millones de años, habiéndose perdido todo rastro del primer tercio de su historia; pero las rocas conservan el resto, y ahora que podemos explorar indirectamente el interior de la tierra y el fondo de sus océanos nos acercamos al momento en que podamos formular una teoría satisfactoria, con la que todos puedan ponerse de acuerdo, para descifrar por completo esa historia. Entretanto, cabe decir únicamente que los científicos, mientras se esfuerzan por resolver estos problemas, siguen enzarzados en una discusión sobre los mismos.

Hemos pasado revista a los pasos positivos dados en ese sentido, y aunque no haya acuerdo general al respecto, parecería haber a la vista una solución que acabe con las controversias. Quizá el acuerdo sea ya suficiente como para que se dé respuesta a las preguntas que formulamos al comienzo de esta nota. La mayor parte de los interesados estarán quizá de acuerdo en que, aunque la tierra y la luna hayan podido formarse juntas, han ocurrido tantos cambios en la primera, y las propiedades de la luna difieren en tal forma de las de la superficie de la tierra, que es extraordinariamente poco probable que la cuenca del Océano Pacífico tenga nada que ver con la luna.

La noción de que la Atlántida se perdió hundiéndose en el mar es muy posiblemente un recuerdo de la gran inundación producida al fundirse las capas de hielo de Norte América y Escandinavia hace 10.000 años. En todo caso, nada tiene que ver con los acontecimientos principales de la historia geológica, que ocurrieron mucho antes de que la humanidad hiciera su aparición sobre la tierra.

Es muy posible, y a medida que surgen nuevas pruebas se hace más y más probable, que los continentes se hayan dividido y que el Océano Atlántico sea resultado de la separación de Europa y Norteamérica, por un lado, y de Africa y Sudamérica por el otro. No todos los científicos convienen en que haya ocurrido así, y una vez que uno acepta la idea de que los continentes pueden moverse tiene que aceptar también la de que hay un número infinito de modos de hacerlo.

La rapidez con que se procede actualmente a explorar el fondo de los océanos y la que caracteriza también a los descubrimientos geofísicos deberían conducir pronto a una decisión firme. Tal decisión es urgentemente necesaria, porque hasta que se decida si los continentes se han movido o no, y en caso afirmativo en qué forma lo han hecho, no se puede responder de una manera completa a los interrogantes mayores de la geología, de la geofísica, ni resolver los problemas del clima que reinó en la tierra en otras épocas, o el de la evolución de la especie.

Estamos firmemente persuadidos de que en todo lo que las rocas mismas dicen con su formación y estructura no hay prueba alguna de convulsiones violentas del planeta. Los terremotos, los tifones y las erupciones volcánicas sufridos por el hombre son terribles, desde luego, pero sus efectos se limitan a una zona determinada. Nosotros somos de opinión que la tierra se ha ido formando, gradual y majestuosamente, por la acción de los mismos procesos que nos es dado observar hoy en día. La tierra es estable y la mayor parte de los hombres se pueden sentir seguros en la morada que les ha tocado en suerte.

El Dr. JOHN TUZO WILSON *es profesor de Geofísica y director del Instituto de Ciencias de la Tierra en la Universidad de Toronto. De* 1957 *a* 1960 *fue asimismo presidente de la Union Internacional de Geodesia y Geofísica.*

Una gran aventura internacional de la ciencia

LA OPERACION

ENERGIA DE UNA FUENTE TERMAL: Los chorros de vapor y agua super-caliente que se levantan de la tierra en países como Islandia, Nueva Zelanda, el Japón, la Unión Soviética y los Estados Unidos de América son signos de una vasta fuente de energía termal subterránea, de la que relativamente se ha hecho poco uso hasta la fecha. Los recursos de este "mineral" cuya existencia se sabe de cierto en la Unión Soviética solamente, por ejemplo, podrían reemplazar anualmente el uso de 100 millones de toneladas de carbón. En Kamchatka se construye actualmente la primera central soviética de energía procedente de aguas termales, y cerca de Omsk se extrae ya, para uso doméstico, agua caliente que proviene de uno de los mayores depósitos del mundo, depósito que cubre en la Siberia Occidental una extensión de tres millones de kilómetros cuadrados. Abajo, el vapor de los "geysers" corre por sobre el paisaje desolado de los Andes chilenos a más de 4.000 metros de altura.



"MANTO SUPERIOR"

por Vladimir Belousov

Foto Mike Andrews © Holmes - Camera Press, Londres



En muchos respectos, sabemos más de los espacios siderales que de lo que ocurre bajo nuestros pies. La más profunda de las perforaciones efectuadas hasta la fecha en la corteza terrestre ha sido apenas de siete kilómetros de profundidad, lo cual no representa sino un rasguño insignificante en un globo cuyo radio es aproximadamente de 6.370 kilómetros.

El Año Geofísico Internacional (1) constituye una piedra miliar en la historia del estudio de nuestro planeta. Pero los resultados obtenidos en todos esos estudios, y los descubrimientos consiguientes, sólo afectan a la tierra, el agua y el aire; se puede decir que en el Año Geofísico no hubo casi estudios sobre el interior del globo terrestre.

Disponemos de ciertos datos sobre las grandes profundidades y hasta sobre el centro de la tierra, pero se trata de datos obtenidos por procedimientos geofísicos, vale decir, que no son resultado de observaciones directas. Esos datos nos hablan de ciertas propiedades físicas del material de que está formada la tierra, pero no nos dicen nada de su composición química ni de su estructura cristalina y mineralógica.

El método geofísico empleado con mayor frecuencia es la sismografía. Las vibraciones sísmicas elásticas engendradas por temblores de tierra o por explosiones provocadas por el hombre se estudian durante su pasaje a través de las capas interiores de la tierra, y por su comportamiento se pueden deducir algunas de las propiedades físicas que caracterizan a la materia así atravesada. La mayor parte de los conceptos que poseemos sobre la estructura interior de la tierra derivan de los preciosos datos recogidos siguiendo este método.

Agregando a esos datos los que poseemos sobre la distribución de las presiones y las temperaturas en el interior del globo, podemos hacernos una idea bastante aproximada de las materias que encierra ese interior.

Pero aun en los casos más favorables no puede tratarse sino de hipótesis, porque a menudo los datos de que se dispone admiten varias interpretaciones, todas ellas igualmente plausibles. Los científicos, por ejemplo, no llegan a ponerse de acuerdo todavía sobre la composición de las capas de la corteza terrestre a las que no llegan los perforadores, por no hablar ya de las capas más profundas.

Subsisten todavía grandes divergencias de opinión sobre los procesos que tienen lugar en el interior de la tierra, esos procesos que son causa de los movimientos lentos o rápidos de la corteza y de la subida hacia la superficie del magma en estado de fusión; o bien este magma permanece debajo de la superficie, donde se solidifica, o bien se escapa por los cráteres de los volcanes.

Pero, se preguntará el interesado en el problema, ¿tiene verdaderamente tanta importancia para nosotros saber de qué se compone el interior de la tierra a esas grandes profundidades y cuáles son los fenómenos que ocurren allí? A esta pregunta no cabe responder sino afirmativamente.

Tengamos en cuenta, en primer lugar, la importancia del problema teórico de la composición de la tierra, de su estructura y de los procesos que tienen lugar en ella. En la tierra vivimos, y por lejos que puedan ir un día los hombres en el espacio, volverán siempre a ella, que es su hogar.

No querer saber de qué está hecho ese hogar; contentarse con hipótesis aventuradas sobre lo que encierra en sus depósitos profundos —y hasta en los que están próximos a nosotros— sería una actitud muy extraña. El problema, por lo demás, presenta un interés práctico que no hará otra cosa que aumentar con el tiempo.

SIGUE EN LA PÁG. 14

(1) Ver «El Correo de la Unesco» de setiembre de 1957 y el de enero de 1962.

Un misterio bajo nuestros pies

Todos saben que la tecnología moderna, y en consecuencia, toda la civilización actual, depende de los recursos minerales de que pueda disponer el hombre, ya que nuestra tecnología y nuestra civilización están fundadas esencialmente en el empleo de los metales extraídos de las entrañas de la tierra en forma de mineral. Las materias primas con las que fabricamos energía —carbón, petróleo, gas natural, elementos fósiles— son igualmente extraídas de la tierra, así como nuestros materiales de construcción.

A medida que se desarrolla la tecnología, los hombres tienen necesidad de cantidades de minerales cada vez más importantes, y en consecuencia éstos son cada vez más difíciles de encontrar. El hombre ha empezado por utilizar la piedra para fabricar sus primeros utensilios —hachas, martillos, cuchillos, raspadores— recogiendo lo que encontró en la superficie y adaptándolo a sus necesidades por medio de diversos procedimientos: tallado por percusión o por presión y pulimento.

En la superficie, asimismo, o muy cerca de ella, encontró los primeros minerales, que se puso a fundir. Con el tiempo, las existencias de la superficie se agotaron, y el hombre se vió obligado a cavar la tierra —cada vez más profundamente— para encontrar esos minerales que se habían hecho indispensables para él. Así ha sido como nuestras minas han llegado a tener profundidades de más de tres kilómetros y que, como ya lo hemos dicho, se han excavado pozos hasta una profundidad de siete kilómetros.

A medida que se van haciendo cada vez más raros los recursos próximos a la superficie de la tierra, la prospección de depósitos minerales a grandes profundidades va presentando dificultades crecientes. Cuando los geólogos limitaban esa prospección a depósitos que se hallaban a una profundidad de unas docenas o unos cientos de metros, los guiaban frecuentemente los indicios visibles en el mismo suelo.

La presencia de piritas de hierro en el agua de una fuente, por ejemplo, podía indicar la existencia de un depósito de ese mineral no lejos de la superficie de la tierra. Pero cuando se trata de yacimientos situados a profundidades de varios kilómetros, se hace imposible fiarse de signos exteriores; esos yacimientos «ciegos» están completamente ocultos en el interior del globo y no dan en la superficie señal alguna de su existencia. ¿Qué puede hacer el geólogo en tales circunstancias?

Aquí interviene la teoría de las visiones científicas. Tendría que ser posible prever qué minerales son los que se va a encontrar haciendo una perforación profunda en un sitio determinado. La teoría debe basarse en una idea correcta de las condiciones en que se forman los diversos minerales. Los metálicos, por ejemplo, son resultado de los procesos que se desarrollan en el seno del magma en fusión. Salen cristalizados directamente del magma o en su defecto de las soluciones acuosas quemantes o vapores que se desprenden del magma al solidificarse éste en el interior de la tierra.

Los movimientos de la corteza terrestre tienen una influencia considerable sobre la formación y acumulación de minerales. Dichos movimientos provocan, en efecto, la aparición de grietas en la corteza. Los vapores y las soluciones que suben por esas grietas depositan metales en las paredes de éstas, metales que adoptan la forma de compuestos minerales.

Los movimientos de la corteza provocan también la deformación de las capas geológicas, así como la formación de bóvedas y pliegues ondulados. Los pliegues en forma de cúpula, o bolsillos, ofrecen espacio favorable a la acumulación de minerales ligeros, tales como el petróleo o el gas combustible.

De ello se desprende que para enunciar una teoría que permita prever con exactitud qué minerales han de buscarse, y dónde, es necesario conocer las causas de los movimientos del magma en fusión y las de los movimientos de la corteza terrestre, así como las leyes naturales a las que obedecen esos movimientos.



COMO DOBLAR LA ROCA. Depositadas en un principio en capas horizontales, estas rocas de las Montañas del Cáucaso deben su actual forma alucinante a las fuerzas colosales desplegadas por los movimientos tectónicos de la tierra, o sea los levantamientos y hundimientos de la corteza de ésta. Los científicos han reproducido en una serie de experimentos de laboratorio estos procesos —que le costó a la naturaleza millones de años completar— para mostrar la forma en que se produjeron esos pliegues en la roca.

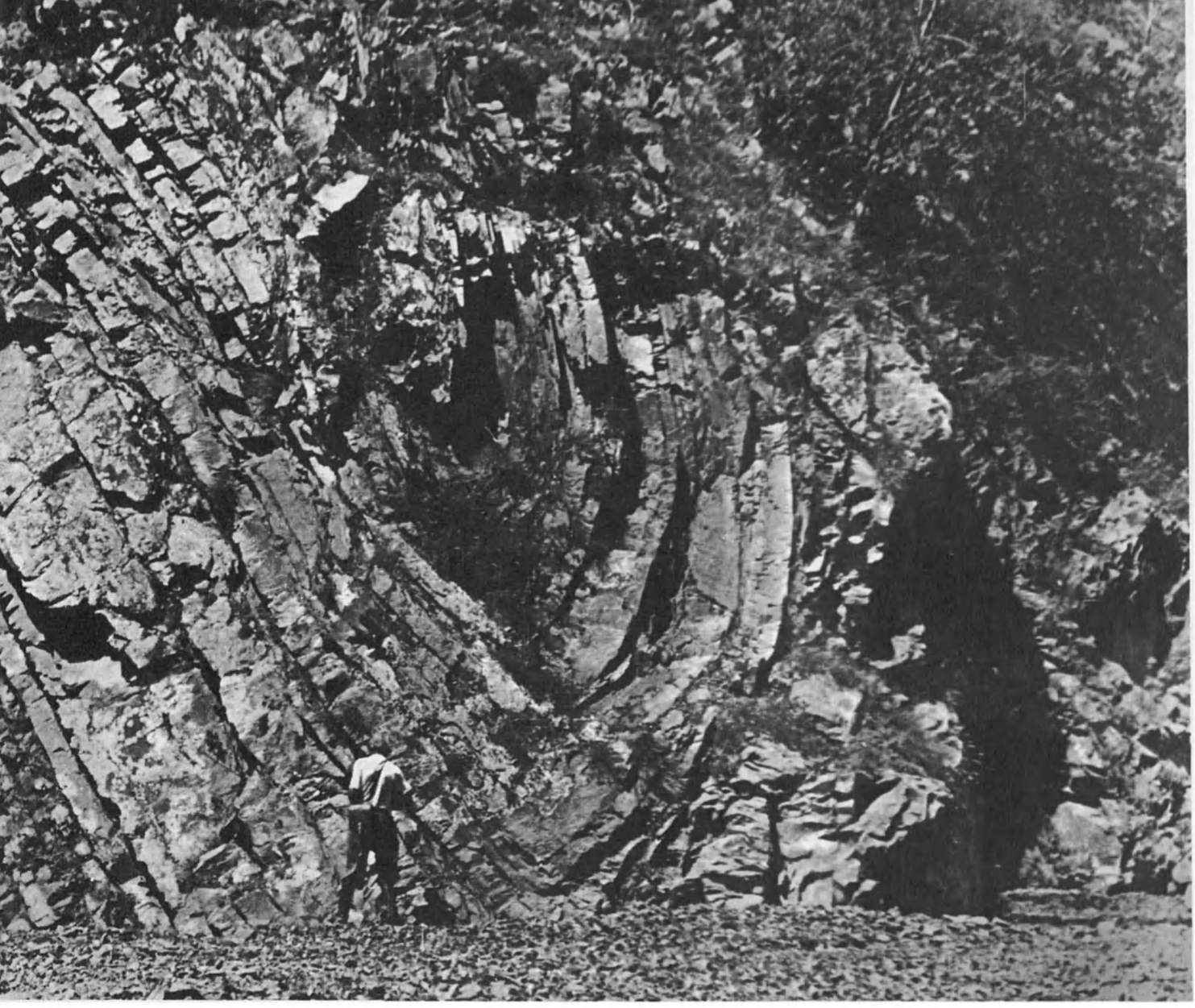
Foto oficial soviética

Se llama «tectónicos» a los movimientos de la corteza, que se manifiestan por el levantamiento y hundimiento de la superficie del globo a un ritmo lento, la abertura de los estratos en pliegues, la formación de grietas y, por último, el fenómeno de los terremotos. Dicho sea de paso, también es necesario contar con una explicación de las causas de los movimientos tectónicos y de las leyes que los gobiernan para crear métodos que permitan prever el lugar y la fecha probables de los futuros temblores de tierra.

Las causas de los fenómenos magmáticos y de los movimientos tectónicos se encuentran profundamente enterradas en el interior de nuestro planeta; es indispensable, por consiguiente, estudiar esas profundidades de la manera más completa posible, y ello por razones tanto prácticas como teóricas. Sabemos ya que las causas principales de la formación y levantamiento del magma hay que buscarlas debajo de la corteza terrestre, en la capa de tierra llamada manto.

Este manto se extiende entre la corteza y el núcleo central, que empieza a 2.900 kilómetros de la superficie. Sólo la parte superior del mismo, la que baja hasta una profundidad de unos 1.000 kilómetros, se mantiene activa. Actualmente se piensa que este manto superior es el lugar en que el magma se forma y del que sube luego hacia la superficie. También tienen origen en él los movimientos y cambios de volumen de la materia, procesos que se manifestan en la superficie por movimientos y deformaciones de la corteza terrestre.

La necesidad de estudiar nuevamente esta cuestión condujo en 1960 a la creación de una obra de investigación internacional «del manto superior y de su influencia sobre la evolución de la corteza terrestre», obra designada generalmente por las iniciales UMP (Upper Mantle Project). El plan ha atraído la atención de los científicos de



todas partes del mundo, y son muchos los países que han anunciado estar dispuestos a participar en él. Convendrá, por tanto, examinarlo sumariamente.

Este plan tiene como propósito general el de acrecentar lo más posible nuestro conocimiento de la composición de la corteza y del manto superior, así como de los procesos que tienen lugar en ambos. El método propuesto para alcanzar este fin consiste esencialmente en una combinación de los utilizados por todas las ciencias de la tierra: la geofísica, la geología, la geoquímica y la geodesia.

Hubo una época en que la geología era la única ciencia a la que interesaba la estructura y la evolución del interior de la tierra. La limitación de sus métodos le impedía «ver» a más de pocos kilómetros de profundidad, y sólo en tierra firme. En el siglo actual han surgido dos nuevas ramas de la ciencia: la geofísica y la geoquímica. Estudian ambas las profundidades terrestres que los métodos geológicos no permiten alcanzar; pero como ya hemos visto, no nos dan sino datos indirectos, mientras que la geología procede por observación directa de las capas superiores de la corteza terrestre.

Es de lamentar que hasta ahora los geólogos, los geofísicos y los geoquímicos hayan trabajado independientemente unos de otros, ya que no resolverán el problema de la naturaleza y las causas de los fenómenos magmáticos y tectónicos hasta que no unan sus esfuerzos y se pongan a estudiar cada punto conjuntamente.

La geología no puede llevar a cabo sola esa tarea porque los datos sobre el manto superior, en el que han de encontrarse las causas de los fenómenos magmáticos y tectónicos, sólo los pueden proporcionar la geofísica y la geoquímica. Ni una ni otra pueden llevar a cabo esa labor por su cuenta, ya que deben tener presente la forma en que los procesos magmáticos y tectónicos se manifiestan en la superficie del globo y la historia de esos procesos a través de las diversas eras geológicas. En el estudio de los movimientos de la corteza terrestre en la actualidad desempeñan también un papel importante las mediciones geodésicas.

El problema general planteado por el «Upper Mantle Project» debe resolverse comparando la estructura superficial y el desarrollo de la corteza terrestre, por una parte, con la estructura de las capas inferiores de la corteza y la del manto superior por la otra. La superficie de la corteza terrestre está dividida en numerosas regiones cuya estructura o cuya historia presentan diferencias marcadas. Se las llama por lo común «regiones tectónicas», y uno de los objetivos concretos del proyecto es el estudio comparativo de su estructura en profundidad.

Como ejemplos de esas «regiones» pueden citarse, en los continentes, los pliegues de todas las épocas, las plataformas estables, los escudos cristalinos, etc., y en los océanos, los valles abismales, las zanjas muy profundas y estrechas, las cordilleras submarinas, etc. Los continentes y los océanos constituyen en sí las mayores divisiones tectónicas del globo.

La geología, y sobretodo la parte de ella que se conoce con el nombre de geotectónica, ha demostrado que cada una de esas regiones de las que hemos venido hablando representa una etapa diferente de la evolución de la corteza.

En cierta época del pasado de nuestro planeta el conjunto de la corteza era extraordinariamente móvil; se formaban pliegues y montañas, la actividad del magma era considerable. Más tarde, hace aproximadamente 1.500 millones de años, empezaron a constituirse islotes estables —las plataformas— mientras que la corteza que las rodea-

SIGUE EN LA PÁG. 16

Las profundas raíces de los continentes

ba permanecía en estado de turbulencia. La superficie de esas plataformas fué aumentando mientras que se hacían más estrechas las partes móviles que las separaban.

Finalmente, en la última época de los tiempos geológicos —hace veinte millones de años aproximadamente— las plataformas llegaron a cubrir casi completamente los continentes, haciendo su aparición una nueva forma de actividad; las montañas que surgieron sobre las plataformas como formaciones secundarias. Tal es el origen de las montañas más altas existentes; la cadena de T'ienchan, la de Pamis y la del Tibet, entra otras. Se ve que a la etapa de las plataformas precedió una de gran movilidad de la corteza y sucedió otra de formación secundaria de montañas.

Es importante tomar nota de que la corteza terrestre no se desarrolla de manera uniforme: hay regiones que evolucionan rápidamente, mientras otras se quedan atrás. Por esa razón es que se encuentran, una junto a otra, regiones tectónicas pertenecientes a etapas diversas de la evolución pero que nosotros podemos observar a un mismo tiempo, lo cual es una ventaja, ya que nos permite hacernos una idea de las estructuras situadas en lo hondo debajo de cada región y determinar la forma en que esas estructuras cambian con el tiempo.

No tenemos más que comparar la estructura profunda de las regiones que se encuentran todavía en las primeras etapas de su evolución con la de las regiones más avanzadas para percibir el carácter de los fenómenos que se producen a grandes profundidades.

Aunque sea poco lo que sepamos hasta ahora de la estructura de la corteza terrestre y del manto superior, ese poco nos permite, de todos modos, formular varias hipótesis interesantes. Gracias a la sismografía hace tiempo ya que se sabe que la corteza terrestre no tiene la misma estructura bajo los continentes que bajo los océanos. Bajo los continentes es más espesa; el promedio es de unos 35 kilómetros, y bajo las montañas llega a ser hasta de 70; pero en el fondo del mar apenas si llega a tener 5 o 6 kms de espesor.

Bajo los continentes, por otra parte, la corteza comprende diversas capas, siendo las más importantes de éstas la superior, granítica, y la inferior, llamada basáltica. La geología nos enseña que la capa superior tiene de 10 a 20 kms de espesor y que está verdaderamente compuesta de granito o rocas similares a éste.

Nada se sabe, sin embargo, de la composición del estrato llamado «basáltico», nombre que ha recibido porque las ondas sísmicas elásticas penetran en él a la misma velocidad que lo hacen en el basalto, roca volcánica rica en magnesio y en hierro.

Bajo los océanos no hay estrato granítico de ninguna clase, reduciéndose la corteza a la capa «basáltica », a la que se agregan naturalmente los sedimentos que recubren el lecho del océano. En este caso es probable que la capa «basáltica» se componga efectivamente de basalto, ya que los numerosos volcanes que se encuentran en el lecho del océano y en las islas oceánicas arrojan únicamente lavas de este tipo. La corteza oceánica es también más espesa bajo las montañas que bajo los llanos.

El límite inferior de la corteza terrestre está señalado por lo que se conoce con el nombre de vertiente de Mohorovicic, por ser este hombre de ciencia yugoeslavo el que la descubriera. Al pasar por esta vertiente la velocidad de las ondas sísmicas experimenta un cambio brusco; encima de ella la velocidad es más baja, y luego de pasar por ella, señaladamente más alta.

El manto terrestre comienza en esta vertiente, y los primeros mil kilómetros de espesor constituyen lo que se llama manto superior. La composición de éste no se conoce aun, pero se tiene la seguridad de que la forman materias sólidas, más pesadas que las que forman el núcleo terrestre. Este manto superior contiene también más hierro y magnesio que la capa «basáltica».

Hasta una época reciente se ha creído que si la corteza variaba de una región tectónica a la otra, el manto era siempre idéntico, pero ahora se sabe que no es así. El primer descubrimiento consistió en la diferencia de estructura que ese manto presenta bajo los continentes y bajo los océanos.

En ambos casos, el manto se compone de una capa relativamente más blanda que las dos entre las que se halla; y en esta capa central la velocidad de las ondas sísmicas es un poco menor que en las otras dos. A esta capa se le ha dado el nombre de astenosfera, y su importancia parece ser grande, porque es en ella que se forma el magma en fusión y se producen los movimientos y cambios de volumen de la materia que afectan la superficie en forma de movimientos tectónicos.

Se ha constatado luego que dicha astenosfera era más espesa bajo los océanos que bajo los continentes (300 kilómetros contra 150). Además, en la actualidad se sabe que la estructura del manto difiere también bajo zonas tectónicas de menor tamaño que los continentes y los océanos, es decir, bajo pliegues y plataformas de diversas épocas, bajo mesetas y depresiones, bajo cadenas de islas y cordilleras submarinas, etc.

Ello prueba que la superficie de la corteza terrestre tiene «raíces» a gran profundidad —varios cientos de kilómetros por lo menos— y que la evolución de ésta se halla íntimamente relacionada con la del manto superior.

Tales descubrimientos han obligado a los científicos a abandonar todas las teorías tectónicas fundadas sobre la hipótesis de que la corteza y el manto se habían desarrollado independientemente una de otro y que no había vínculo alguno entre una y otro. Una de esas teorías —la de los continentes a la deriva— fué propuesta por Wegener en una época en que lo que se sabía del interior del globo terrestre era verdaderamente muy poco.

Hoy en día no podemos admitir la posibilidad de que ciertas partes de la corteza hayan podido desplazarse por la superficie del manto superior, ya que es en éste que hay que buscar las causas de los movimientos de la corteza, así como del levantamiento y hundimiento de determinadas partes de ésta.

Si la corteza superficial se desplazara independientemente del manto, las regiones en curso de levantamiento o hundimiento se desplazarían sobre la superficie de los continentes. Pero en realidad permanecen fijas en el mismo lugar por espacio de un tiempo larguísimo; la zona conocida con el nombre de «Escudo del Báltico», por ejemplo, se levanta lentamente desde hace «algo así» como 600 millones de años. Si aceptamos la teoría del desplazamiento horizontal de los continentes, debemos reconocer entonces que toda la corteza que yace debajo de ellos, así como el manto, siguen ese movimiento. En otras palabras, debemos dar por sentado que la deriva no abarca únicamente una corteza delgada de 30 o 40 kilómetros de espesor, sino una masa tremenda que tiene un espesor de mil kilómetros, cosa que es manifiestamente imposible.

Se ha descubierto también otro hecho importante: el de que con el curso de las diversas eras, el espesor de la corteza terrestre puede, no sólo aumentar, sino también disminuir. Se sabe ya que las partes que se levantan son las más espesas, y que las que se hunden son, por el contrario, las más delgadas.

La historia geológica, sin embargo, nos dice que muchas de las regiones que están hoy en vías de hundirse se levantaron en otros tiempos. Forzosamente, pues, la corteza debe haber sido más espesa en ese entonces bajo esas regiones que lo que es en la actualidad, descubrimiento importante porque ha conducido a los científicos a sacar en conclusión, unánimemente, que la corteza terrestre está hecha de materiales más ligeros que el manto, y que esos materiales ligeros, exudados gradualmente de éste en estado de fusión, subieron, flotando, a la superficie. La fusión se debe al calor generado por la desintegración de elementos radioactivos.

En nuestros días se tienen buenas razones para creer que esos fenómenos de fusión desempeñan un papel de importancia primordial en la evolución de la tierra. Podría

darse el caso de que esa importancia fuera fundamental y que allí estuviera la causa esencial de todos los fenómenos magmáticos y tectónicos.

Podría parecer, a primera vista, que se trata de un proceso irreversible, y que la corteza terrestre no puede hacer otra cosa que espesarse con el paso del tiempo. Pero en realidad la cuestión es mucho más compleja que eso. Paralelamente al proceso directo, que hace espesar la corteza, se desarrolla un proceso inverso que provoca la destrucción o adelgazamiento de aquélla y que se debe probablemente a la fusión de los estratos inferiores bajo la acción de un aumento en la temperatura del manto.

En el primer caso debemos considerar la capa basáltica del fondo de los océanos como la corteza más antigua, por haberse formado mientras se producía desde el manto el flujo de materia en fusión; y siendo así la corteza continental debe más joven, ya que su formación ha exigido el flujo de mayores cantidades de materia ligera en fusión procedentes del manto.

En este caso, asimismo, debería surgir del océano un número cada vez mayor de continentes, cuya superficie estaría aumentando constantemente. Pero si el proceso inverso es el que domina, y si la corteza terrestre está en vías de disminuir de espesor, ciertos continentes tendrían que desplomarse y transformarse en lecho del océano. Gran número de razones parecen confirmar que tal ha sido la tendencia dominante en el último período geológico.

Los estudios del «Upper Mantle Project» deberían permitirnos responder a esta y otras preguntas similares sobre la actividad magmática y tectónica de la corteza terrestre. Los pliegues que se encuentran en las rocas, por ejemplo, plantean problemas interesantes. Durante largo tiempo se creyó que esos pliegues se debían a la contracción de la superficie de la tierra y a la reducción del volumen de ésta. Pero ahora los científicos ya no lo creen así. Se considera imposibles el enfriamiento y la contracción de la tierra, porque los elementos radioactivos del interior del globo producen un calor tal que aquélla debe forzosamente irse poniendo más caliente, no más fría.

Es probable que la causa primordial de la formación de pliegues sean los desplazamientos verticales de masas autónomas, separadas unas de otras por fisuras que, atravesando toda la corteza terrestre, se hunden en el manto. Esas masas suben y bajan como las teclas de un piano. Los pliegues se forman por el lento deslizarse de las capas pertenecientes a las masas que suben hacia las regiones más bajas que las rodean, adonde descienden arrastradas por su propio peso.

En general, hay todas las razones para creer firmemente que esos movimientos verticales —hundimientos y levantamientos de determinadas regiones— desempeñan un papel muy importante en la actividad de la corteza terrestre. En efecto, esos movimientos no cesan nunca. En otras épocas provocaron innumerables cambios en la configuración de tierra y mar; hicieron surgir montañas; provocaron la formación de abismos. Gracias a los métodos geodésicos puede observárselos en la actualidad; su ritmo de movimiento es de pocos milímetros por año, y excepcionalmente de uno o dos centímetros.

TIERRA INQUIETA: En un año promedio hay cerca de 20 terremotos principales y más de 300.000 movimientos sísmicos secundarios, aunque la mayor parte de éstos sólo los perciban delicados instrumentos. La gigantesca grieta que se ve en la foto fué causada en pocos segundos por el terremoto que azotó a Mongolia el 4 de Diciembre de 1957.

Foto oficial soviética



El estudio comparativo de las diversas regiones tectónicas previsto por el «Upper Mantle Project» debe llevarse a cabo simultáneamente por métodos geofísicos, geoquímicos y geológicos, que habrán de complementarse mutuamente. Siendo imposible encontrar todos los tipos de regiones tectónicas en un solo país —aun teniendo éste las proporciones de la Unión Soviética o la de los Estados Unidos de América— es importante que los trabajos se extiendan, en lo medida de lo posible, por toda la superficie de la tierra.

Se espera mucho de las perforaciones a gran profundidad. Hay dos obras proyectadas en este sentido. Los norteamericanos se proponen perforar la delgada corteza del fondo del océano, hundiendo el trépano hasta el manto, lo cual les permitiría establecer la composición y propiedades de éste. Los trabajos han comenzado con una perforación de prueba en el Pacífico, cerca de la costa de California del Sur.

Desde el punto de vista técnico, la mayor dificultad reside en bajar un trépano a través de una corteza que tiene varios kilómetros de espesor desde un barco que debe quedar exactamente en el mismo sitio durante toda la operación.

Los soviéticos, por su parte, tienen intención de perforar la corteza continental con el propósito de estudiar la capa granítica y, en la medida de lo posible, la capa «basáltica» de la corteza terrestre. No es imposible que en alguna isla oceánica, en el sitio en que la corteza es más delgada, o sea donde la tierra y el mar se unen, los barrenos lleguen a alcanzar la parte superior del manto. Se calcula que las primeras perforaciones soviéticas tendrán de 12 a 15 kilómetros de profundidad.

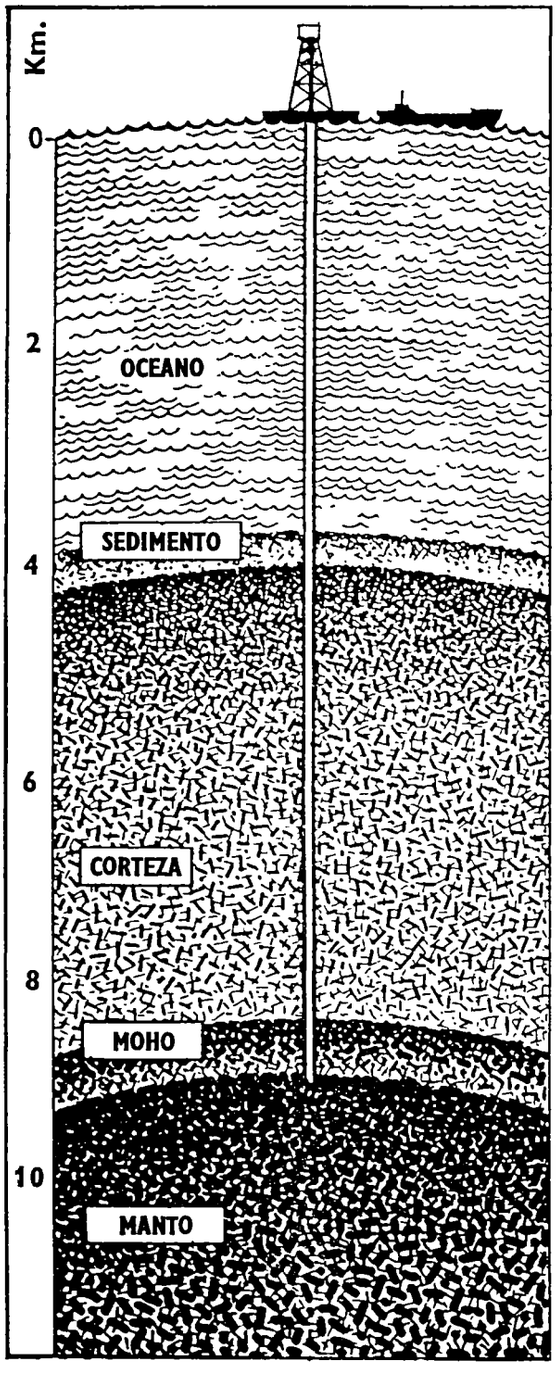
Ambos trabajos —el norteamericano y el soviético— han de complementarse mutuamente, y la forma en que se los ha planeado constituye una excelente demostración de las ventajas de la cooperación internacional en el terreno de la ciencia.

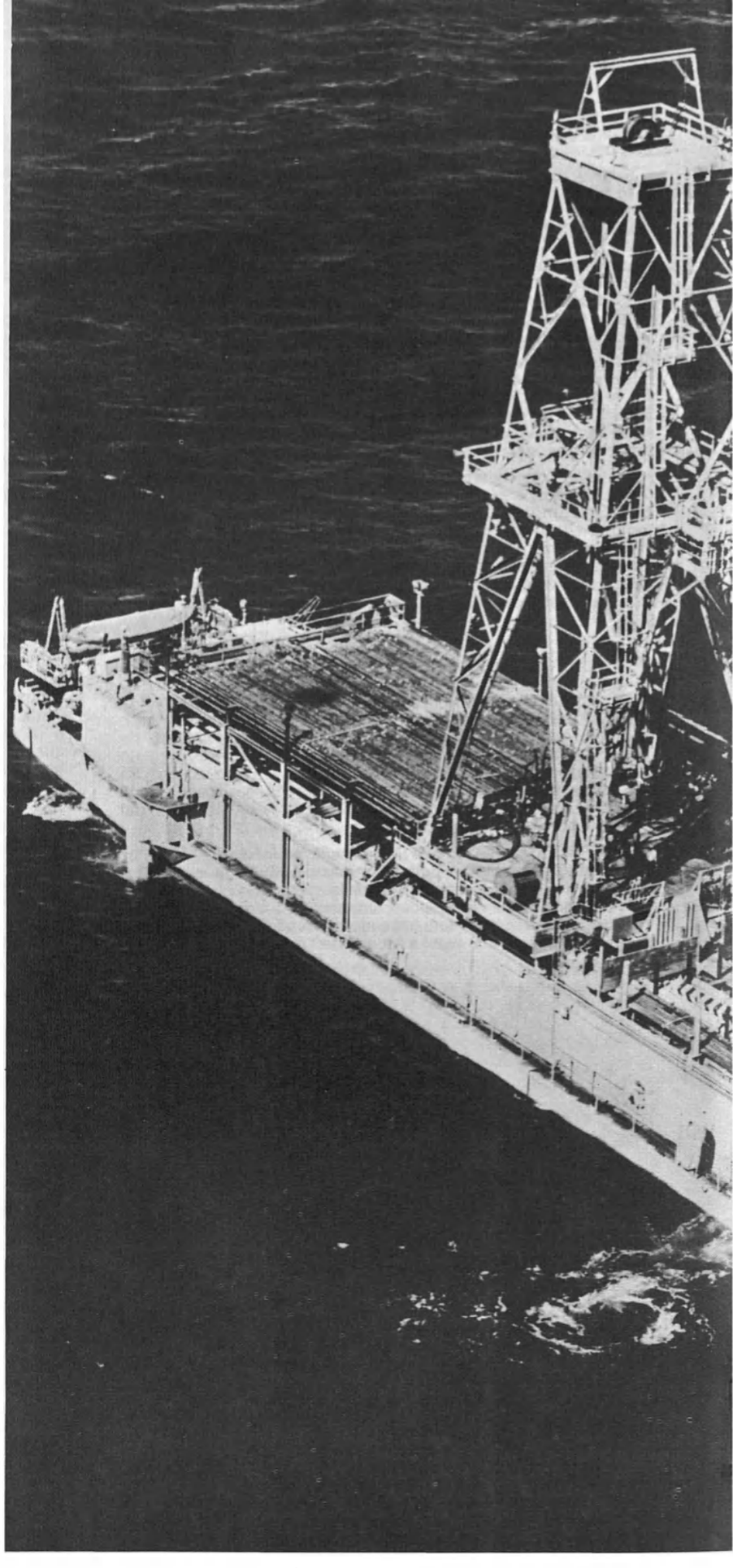
Los geólogos, los geofísicos y los químicos tienen grandes esperanzas fundadas en el «Upper Mantle Project». Unos pocos años de estudios especializados que se realicen en este sentido nos permitirán mejorar considerablemente nuestro conocimiento del interior de la tierra.

El período de suposiciones vagas, de frágiles hipótesis y de teorías fantasistas (demasiado numerosas ya en el campo de los estudios de la tierra) dará lugar, cuando se sepa qué materia yace en lo más hondo de la tierra y cómo actúa, a una era de conocimientos precisos. Al mismo tiempo aumentará grandemente la posibilidad práctica de utilizar las riquezas escondidas en las entrañas de la tierra. Es bien probable que cada pozo de estos, profundamente excavado en la tierra, sirva un día como fuente de energía calórica subterránea, ya que las perforaciones deben atravesar zonas en que la temperatura oscila entre 300 y 400 °C.

VLADIMIR V. BELOUSOV *es Presidente de la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica, miembro correspondiente de la Academia de Ciencias de la U.R.S.S. y Presidente del Comité Soviético de Geofísica.*

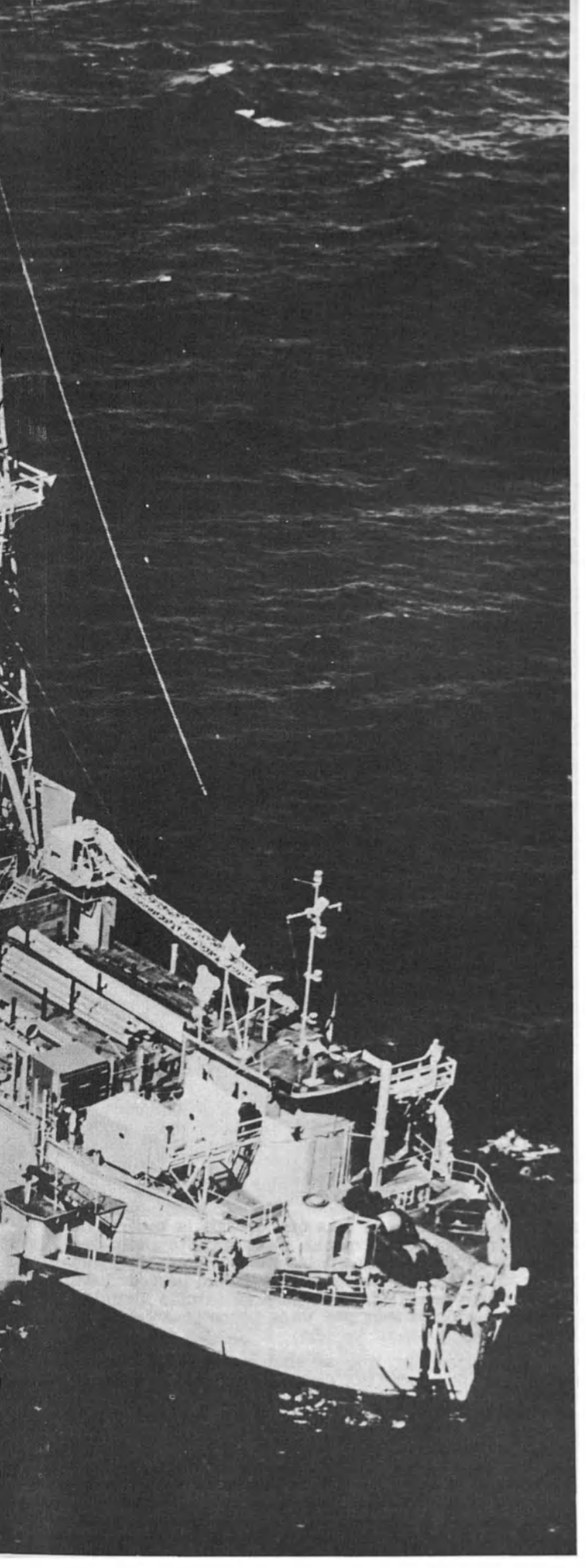
El "Mohole Project": UN PLAN AUDAZ DE PERFORACION





Para obtener muestras del manto terrestre (véase diagrama a la izquierda) los científicos norteamericanos se proponen perforar la corteza superior en las partes en que ésta es más delgada (cerca de cuatro kilómetros). El objetivo que desean alcanzar es el límite entre la corteza y el manto, llamado vertiente o discontinuidad de Mohorovicic.

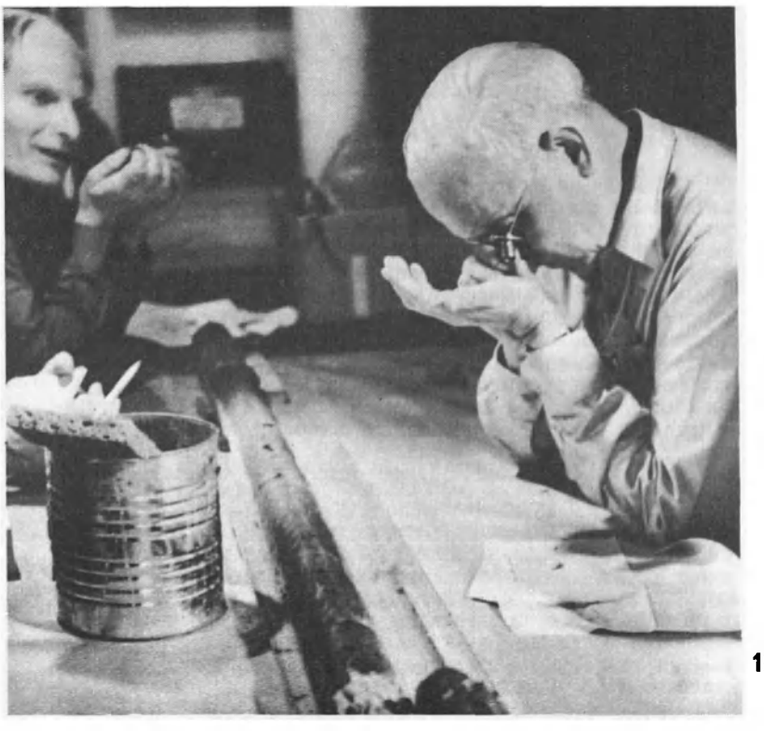
Fotos USIS



Desde este barco, el "Cuss I", se hicieron las perforaciones de prueba para el "Mohole Project", así llamado como derivación de la abreviatura "Moho", sacada a su vez de Mohorovicic. Los perforadores a punta de diamante tuvieron que bajar más de tres kilómetros bajo el agua antes de llegar al lecho del océano. Para mantenerse en posición encima del pozo así cavado, la embarcación contaba con cuatro motores externos.



Arriba, los técnicos inspeccionan en el barco que hizo la perforación de prueba el tubo protector de la cañería de perforación, tubo que limita la combadura de que pueda ser objeto esa cañería cerca de la superficie. En el curso de la perforación el piloto del barco tuvo que mantenerlo en el centro de un anillo de boyas. Si las olas lo hubieran empujado fuera de ese círculo, el perforador se habría roto violentamente. Abajo, los científicos examinan los primeros cilindros de roca extraídos a trescientos metros bajo el lecho océanico.



LA VIDA SECRETA DE LOS VOLCANES

por Haroun Tazieff

Todavía se oye decir, corrientemente, que en nuestra época las erupciones volcánicas son mucho menos virulentas que en pasadas eras geológicas; que no son otra cosa que un prurito superficial de la epidermis terrestre, insignificante en comparación con los grandiosos fenómenos de la orogénesis, que engendraron en el seno de las profundidades de las grandes fosas marinas poderosas cadenas de plegamentos montañosos como los Alpes o Himalayas.

En efecto, hubo ciertos períodos de la historia del globo en que los volcanes fueron más numerosos y violentos de lo que son en un breve instante de la vida del planeta como es la época actual; pero también ha habido muchos otros en los que su actividad resultó mucho menos intensa. Por otra parte, se equivocan los que aceptan la cifra «oficial» de 650 a 700 volcanes activos en nuestros días; esta cifra, muy limitativa, se refiere solamente a las bocas volcánicas que han estado en actividad durante la historia de la civilización.

Dos factores de apreciación contribuyen a falsear por completo esa cifra. El primero es la noción misma de lo que es historia: dos o tres milenios en las minúsculas superficies de las viejas civilizaciones científicas (el Mediterráneo y el Extremo Oriente), cuatro o cinco siglos para América Latina o Indonesia, dos para la mayor parte del Pacífico, de la península de Kamchatka y las Aleutianas; a lo sumo un solo siglo para el Africa central: ¡simple parpadeo, comparado con la enorme duración de las edades geológicas!

Pero los volcanes, por su parte, viven al ritmo geológico. ¿Cuántos son, en todo el mundo, los que se considera extinguidos, cuando lo que ocurre es qué únicamente están sumidos en ese sueño durante el cual se operan los procesos físico-químicos generadores de erupciones? Cientos, tal vez millares de ellos; tantos como los clasificados hasta ahora, y probablemente más.

La segunda causa de este cálculo erróneo es la ignorancia —que sólo ahora empieza a desaparecer— de cuanto ocurre en la parte más extensa de la superficie del globo, que es la constituída por las profundidades oceánicas.

Hay miles de posibilidades contra una de que una erupción submarina pase desapercibida; ante todo porque el océano se halla desierto hasta un punto que olvidan los que no lo recorren y sólo lo conciben en función del atlas y el mapamundi; para que puedan percibirse las manifestaciones eruptivas submarinas (que son bastante poco frecuentes) es preciso que un barco o un avión cruce sobre su vertical o cerca de ella en el momento justo —a menudo brevísimo— en que el fenómeno tiene lugar. Además, la mayoría de las erupciones submarinas se producen a muchos miles de metros de profundidad, razón por la cual no llegan a alterar en lo más mínimo la superficie del mar: a 2.000 metros de profundidad, la presión hidrostática, superior a la presión crítica del agua, hace absolutamente imposible la emisión de vapores.

La erupción, en consecuencia, no puede ser explosiva, y las lavas en estado de fusión se derraman apaciblemente sobre los grandes fondos marinos, del mismo modo, entre la tierra y el océano, en que se produce la intrusión de una capa-filón entre dos estratos en el seno de la corteza terrestre; los gases más recientes, que se escapan del magma, se disuelven en el agua debido a la fuerte presión hidrostática y ésta impide, además, que los gases de las lavas ácidas formen esas vejiguillas de ligera piedra pómez que, al llegar a la superficie, habrían podido revelar lo que ocurre en las profundidades marinas.

Pero el estudio de los depósitos geológicos de la antigüedad demuestra claramente que existen enormes cantidades de lava esparcidas por los fosos oceánicos y en los flancos de los geosinclinales donde se engendran las montañas. Es más, resulta muy probable que la gigantesca cadena submarina que serpentea a lo largo de decenas de millares de kilómetros en medio del Atlántico, del Océano Indico, de los mares del Sur y del Pacífico Oriental esté enteramente constituida por la acumulación de lavas que llegan a tener un espesor de miles de metros: ¡con lo cual el Himalaya se queda tamañito!

Así pues, la actividad volcánica actual ha levantado gigantescas montañas; la más majestuosa de ellas, el Mauna Loa, en las islas Hawaii, tiene una altura de más de 9.200 metros entre su base, sumergida a 5.000 metros bajo el nivel del mar, y su cráter, que se eleva a 4.200 metros de alto sobre la superficie.

Esa actividad ha hecho que se derramaran también millares de kilómetros cúbicos de lava en «mantas» basálticas o ignimbríticas (1) que se extienden sobre enormes superficies; y por ella se han emitido y se emiten cantidades colosales de vapor de agua, de gas carbónico y sulfuroso y de otros compuestos volátiles, sin los cuales ni la composición de las aguas marinas ni la de la atmósfera se parecerían en nada a lo que son.

Y no sólo su composición, sino hasta la propia existencia de los océanos es probablemente resultado de la actividad volcánica, cuyos procesos de desgasificación del magma dan origen, sin duda alguna, a las aguas superficiales y por lo tanto a la vida, o sea a la existencia de la humanidad.

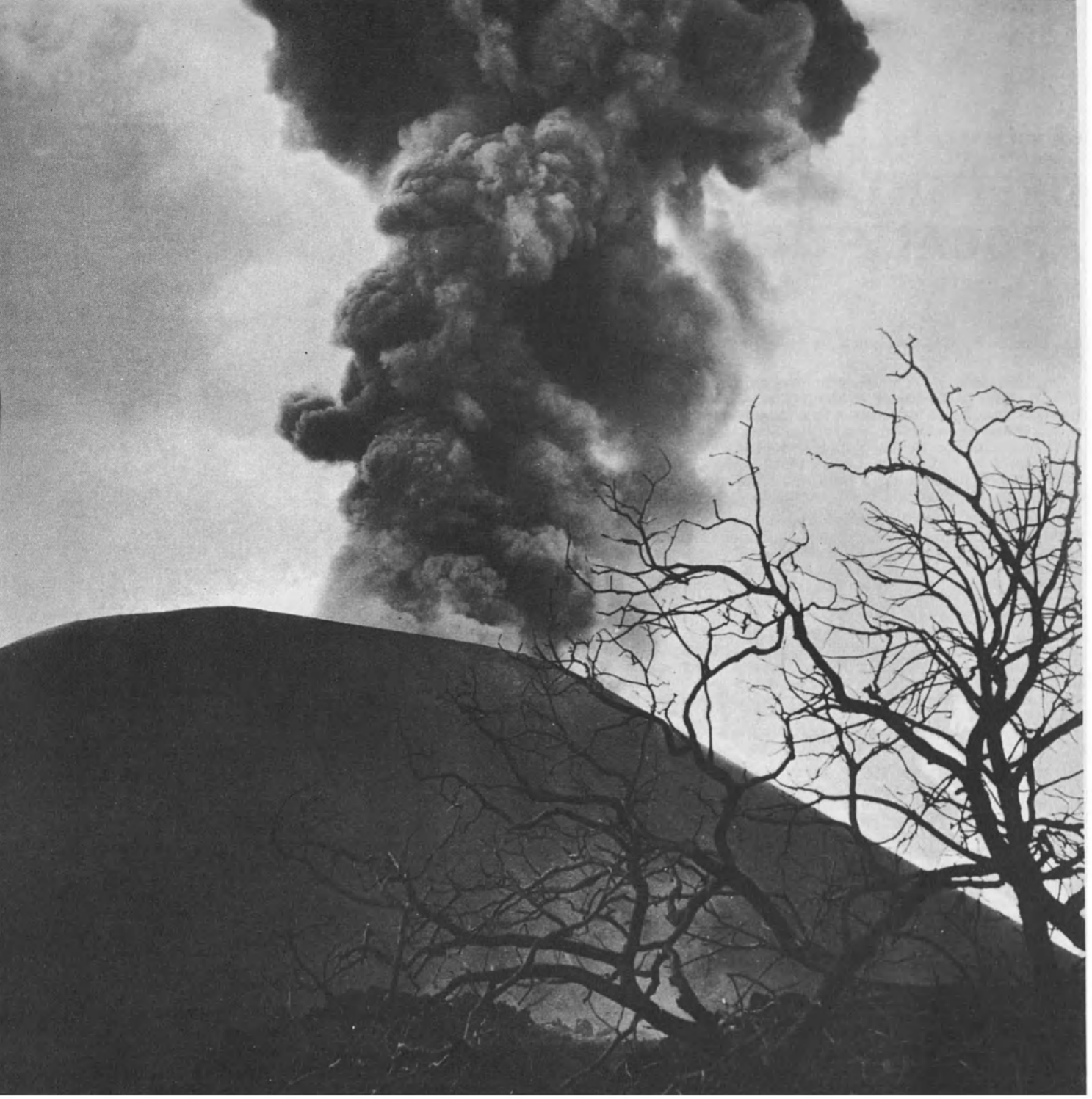
La fundamental importancia geológica y biológica de esta actividad volcánica, apenas esbozada en pocas líneas, cobra además, para las poblaciones que viven en las regiones inestables del globo, un aspecto todavía más impresionante por el peligro que representan para ellas los volcanes.

Las grandes catástrofes, esas que causan la muerte de decenas de millares de personas, son bastante poco frecuentes. A lo sumo, según los datos que poseemos, hay una o dos por siglo, habida cuenta de la extrema brevedad del período cubierto por la historia; pero en cambio abundan las que no ocasionan más que unos pocos centenares de víctimas.

En 1815 el Tambora, que se encuentra en la isla de Sumbawa, en Indonesia, fue decapitado por una serie de formidables explosiones que se oyeron hasta cerca de 1.800 km. de distancia; trozos de roca que pesaban varios kilos fueron proyectados a más de 40 kilómetros; la altura de la montaña se redujo en mil metros; la isla de Madura, situada a 500 kilómetros de la erupción, se encontró envuelta durante tres días en una oscuridad absoluta, tan denso y espeso era el colosal dosel de ceniza tendido sobre aquella región del mundo; cerca de 92.000 seres humanos y millones de animales domésticos y salvajes perdieron la vida en la terrible catástrofe.

68 años mas tarde, en la misma región, el Krakatoa

(1) *Hace pocos años que se han descubierto las ignimbritas, llamadas así por el geólogo neozelandés Marshall en* 1932 *partiendo de «ignis» (fuego) e «imber» (lluvia) para indicar la forma en que las rocas volcánicas muy silicosas se depositaban en superficies vastísimas.*



© E. Aubert de la Rüe

Tan impresionante como repentinamente nació en 1943, en un plantío de maíz de México, el Paracutín, primer volcán cuyo surgimiento pudo observarse casi desde el principio. De una pequeña grieta en la tierra pasó en 24 horas a tener 15 metros, y en seis meses 300 ms.

provocó la muerte de más de 36.000 personas; las tres cuartas partes de la isla de Rakata, que tenía una extensión de 33 km2 cuadrados y una altitud media de 800 metros, se vió sacudida por explosiones que se oyeron hasta en Singapur y Australia, a 4.000 kms. de distancia; las piedras y cenizas volcánicas fueron proyectadas a 40.000 metros de altura, produciéndose luego enormes hundimientos en el vacío subterráneo dejado por la expulsión de kilómetros cúbicos de lavas frescas, y a su vez estos hundimientos provocaron una oquedad o caldera submarina de 7 kms. de ancho, desencadenando varios **tsunamis** (impropiamente llamados maremotos) que luego de haber devastado las costas del Estrecho de la Sonda, atravesaron el Pacífico y llegaron a hacerse sentir hasta en Chile.

El siglo XX no contaba más de dos años cuando se produjo la catástrofe de la **Montagne Pelée,** que aniquiló la ciudad de San Pedro de la Martinica, con sus 28.000 habitantes. Esta erupción reveló al mundo científico un fenómeno nuevo al que Alfred Lacroix, que fue el primero en estudiarlo, dio el nombre de «nubarrón ardiente».

Se trata de un montón diabólico de gotas de lava fundida, cenizas, arenas y trozos de piedra de todos tamaños, suspendidos en gases que tienen una temperatura de mil grados. La explosión que libera este «nubarrón» está orientada generalmente no hacia arriba, sino lateralmente, surgiendo por el punto mas débil en el flanco de una cúpula de lava muy viscosa que la presión de los gases empuja lentamente hacia el exterior.

Lanzada así oblicuamente, la explosión proyecta su lava pulverizada, sus trozos de roca y sus vapores ardientes en una dirección precisa. El nubarrón avanza, descendiendo por las pendientes a velocidades que, de 60 kms. por hora, pueden llegar a rebasar los 300; franquea en sa trayectoria obstáculos naturales; cimas y torrentes perpendiculares, sembrando la destrucción y la muerte hasta diez y a veces quince kilómetros de distancia (San Pedro se encontraba a 8 km. de la cumbre de la Montaña Pelada, y por otra parte, el Merapi, en Java, hace estragos a menudo entre la población de los valles que se extienden radialmente a

SIGUE EN LA PÁG. 22

DESPERTARES APOCALIPTICOS

sus pies hasta una distancia de más de dos leguas de su cráter).

En 1955/1956 se produjo una erupción colosal de otro volcán que también se consideraba extinguido y que hubiese producido decenas y hasta centenares de miles de víctimas de estar en una región densamente poblada. Afortunadamente no pasó nada; no hubo que lamentar ni muertos ni daños, ya que se trataba del Monte Bezimiannyi (el «monte sin nombre»), situado en una zona desierta de la península de Kamchatka.

El despertar del Bezimiannyi adquirió una violencia proporcional a la duración de su reposo. Algunas cifras, facilitadas por el volcanólogo G. S. Gorshkof, que pudo seguir el desarrollo de la erupción desde el observatorio de Kliuchi, darán una idea de ello; energía liberada: $2{,}2 \times 10^{25}$ ergs.; energía de la única explosión paroxismal del 30 de marzo de 1956: 4×10^{23} ergs. (cuarenta mil millares de millones de kilowatios; volumen de las rocas proyectadas por la explosión : 1 km3 (una ciudad como París quedaría sepultada bajo una capa de 15 m. de espesor); peso de los materiales proyectados: 2,4 millares de millones de toneladas; velocidad inicial de los proyectiles: de 500 a 600 metros por segundo (1.800 a 2.000 km. por hora); presión inicial: 3.000 atmósferas; altura alcanzada por el nubarrón eruptivo: 45.000 metros.

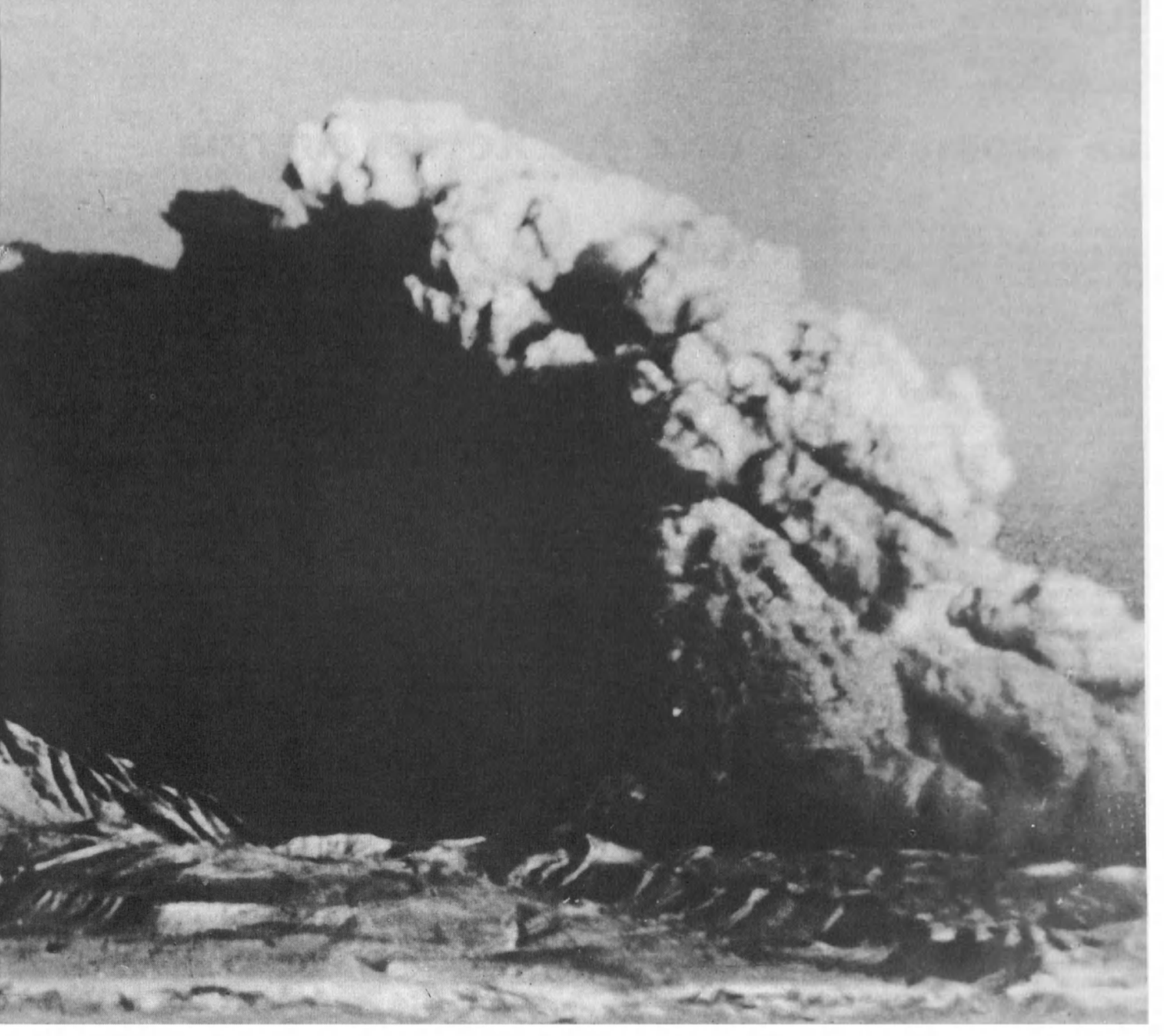
Por un venturoso azar, la otra erupción realmente colosal registrada en nuestro siglo, la del Katmai, en 1912, se produjo también en una zona desierta, en la poderosa cadena volcánica aleutiana, que prolonga en el continente americano la península de Alaska. Sus consecuencias fueron: decapitación del monte Katmai; formación de una caldera de 5 km. de diámetro en el lugar donde se hallaba la cima; emisión, a través de las hendiduras producidas al pie del lado septentrional de la montaña, de una fabulosa cantidad de piedras volcánicas (12 a 15 km3) que, pulverizadas por la tensión de sus propios gases, se esparcieron como si fuesen una especie de nube





LA COLERA DEL GIGANTE. Una de las erupciones más grandes del siglo se produjo en 1955, al despertar con furia repentina (arriba) el Monte Bezimiannyi, volcán «extinto» situado en una parte desierta de la península de Kamchatka. La fuerza cataclísmica desatada por este gigante fué asombrosa, ya que lanzó 2 400 millones de toneladas de sustancias diversas (cantidad suficiente para enterrar a París bajo una capa de 15 metros de espesor) a velocidades de entre 1 100 y 1 200 ms. por hora, llegando la nube eruptiva a una altura de 45 000 metros. Abajo se ve a un grupo de volcanólogos soviéticos mirando el cráter de otro volcán en la península de Kamchatka.

Fotos Agencia Periodística Novosti



ardiente hasta llenar un valle de 20 km. de longitud por 5 de anchura, produciéndose así las ignimbritas del valle conocido desde entonces con el nombre de Los Diez Mil Humos; y, finalmente, aparición de un nuevo volcán, denominado Nova Rupta.

Las detonaciones, como en cada una de las grandes erupciones explosivas, se oyeron a veces hasta a mil kilómetros de distancia; las cenizas recubrieron una extensión de millares de kilómetros cuadrados y en pleno día sumieron en la oscuridad el villorrio de Kodiak, situado a 160 km. del lugar; y lo que es más raro aún, la erupción se vio acompañada de temblores de tierra de carácter tectónico que fueron registrados por los sismógrafos de todo el hemisferio septentrional. Esta erupción fue la primera —y la única en el curso de la historia— que produjo ignimbritas.

Pero el estudio de los fenómenos volcánicos no suele ser cosa fácil. Todo parece coaligarse contra los investigadores empeñados en develar sus misterios: las dificultades del terreno, que existen **siempre** y a menudo resultan insuperables; el mismo peligro, unas veces flagrante y hasta formidable, otras solapado y, por lo tanto, acrecentado; la imposibilidad de sondear las profundidades del volcán para tener indicaciones de lo que ocurre dentro de éste; la misma complejidad de las manifestaciones que se encadenan unas con otras, tanto en el tiempo como en el espacio; complejidad que exige, por su misma presencia, la de especialistas en las diversas disciplinas dentro de las cuales deba profundizarse más la investigación.

Ya no estamos, en efecto, en los tiempos en que hombres como Plinio el naturalista, Hamilton, Spalianzani y hasta Perret o Lacroix podían traer por sí solos de una erupción un número de observaciones suficiente como para enriquecer nuestros conocimientos. Hoy en día, cuando la **medición,** o sea la traducción de los fenómenos volcánicos en cifras cada vez más precisas, adquiere una importancia cada vez mayor, resulta indispensable atacar **en grupo** los problemas de la volcanología dinámica.

El mero hecho de lograr reunir sobre un volcán en erupción, o cerca de él, a un número lo bastante completo de especialistas, constituye en sí mismo una proeza. Porque hay que tener en cuenta que, salvo en el Japón, el número de volcanólogos es muy restringido, y los especialistas están esparcidos por todo el mundo, cada uno en su instituto o universidad.

¡Reunirlos a tiempo, en número suficiente, y por añadidura en el momento en que lo exige el capricho de un volcán situado en los quintos infiernos, es ya disparate puro! Por esta razón, hasta ahora se ha podido observar sólo un número muy reducido de erupciones con todos los medios de que se dispone actualmente para **sopesar** (si se me permite la expresión) los múltiples fenómenos que las componen.

Además, los peligros que se corren en un caso así no tienen nada de imaginario, como lo demuestra la brutal desaparición de una docena de especialistas japoneses y de unos veinte marinos que intentaban sondar el volcán submarino de Myojin Syo durante su erupción de 1952. Del buque oceanográfico, al cabo de varios días de inútil búsqueda, sólo se encontraron, a centenares de millas al

SIGUE EN LA PÁG. 24

La promesa de otra fuente de energía

sudoeste, hacia donde los habían arrastrado las corrientes, restos de tablas, objetos de madera, y una boya acribillada por pedazos de piedra pómez del tipo llamado dacita, lava evidentemente muy viscosa.

Hasta la fecha, sólo en el Japón han estudiado las erupciones grupos de científicos lo bastante completos. En los demás países (en Italia, la U.R.S.S., los Estados Unidos, Nueva Zelanda y posesiones australianas) o bien los problemas de carácter práctico (es decir, de previsión de las catástrofes) que plantean los volcanes son relativamente poco importantes, o si tienen un carácter agudo, los poderes públicos responden a ellos con una lamentable indiferencia por la investigación científica.

Ya es posible predecir desde ahora el estallido de una erupción volcánica, y resulta lógico esperar que pronto pueda preverse igualmente la violencia de la misma y, por tanto, su peligrosidad. Pero tal pronóstico sólo es posible en los volcanes sometidos a vigilancia y auscultados con especial atención, volcanes conocidos íntimamente por los especialistas encargados de la temible misión de prever todas aquellas reactivaciones que puedan resultar peligrosas para la población que los rodea.

Así, en los escasos lugares del mundo donde hay un observatorio volcanológico equipado a la vez con instrumentos y con hombres capaces de utilizarlos bien, resulta casi imposible que, de ahora en adelante, pueda producirse una erupción no prevista.

Pero, fuera de unos pocos —el Asama-Yama, Aso-San, y Sakurajima en el Japón, el Kilauea en Hawaii, el Klíutchevskoï en Kamchatka y el Vesubio y sin duda pronto el Etna, en Italia— no hay en la actualidad volcanes sometidos a la mínima vigilancia requerida para la previsión de las catástrofes. En Java, donde el antiguo Servicio Volcanológico anterior a la guerra se conserva intacto, todavía no se han formado el grupo, o grupos, de alta especialización indispensables a tal servicio, y no bastan uno o dos geofísicos competentes, sobre todo en un país tan peligrosamente amenazado como ése por el paroxismo de una de sus docenas de montañas de fuego. Lo mismo ocurre, más o menos, en las Filipinas, en la Pequeña Sonda, en las Antillas y en todos los países volcánicos de América Latina.

Aunque parezca paradójico, con excepción de los japoneses, la mayoría de los volcanólogos que se reclutan hoy en el mundo pertenecen a regiones donde la actividad volcánica es reducida, sino totalmente ausente. Y en la Europa occidental, también por una paradoja, la iniciativa corresponde a la volcánicamente plácida Bélgica, donde ha resucitado la investigación sobre los volcanes en actividad, que tan floreciente fuera antes de la guerra.

Cabe decir que el estímulo para ello vino del Congo, entonces belga, donde, en una zona cuadrangular de cinco a seis leguas de lado, situada al norte del lago Kivu, se alinean ocho grandes volcanes, algunos sumamente violentos. Las erupciones de estos volcanes son bastante frecuentes —una docena en medio siglo— pero sobre todo, en el profundo cráter del Niragongo se encuentra el único lago de lava en fusión permanente que existe en el mundo.

En numerosos volcanes en plena erupción se forman bastante a menudo lagos de basalto fundido, pero aproximarse a ellos es cosa sujeta a las vicisitudes propias de todo cráter en actividad. Un lago permanente, por el contrario, constituye un objetivo ideal para cuantos tratan de esclarecer los misterios de la actividad volcánica; el peligro es mínimo y las materias fundamentales de todo fenómeno volcánico, es decir, la lava en fusión y los gases que se desprenden de ella, se encuentran allí en abundancia, aunque no sean fácilmente accesibles.

Por haber logrado descender los doscientos metros de la pared del ancho cráter del Niragongo, provocado por hundimiento —empresa cuyas dificultades habían desalentado todos los intentos anteriores— tuve la buena fortuna de descubrir este lago, el único que existe en estos tiempos en la superficie del globo. Mi descubrimiento se produjo en 1948. Luego hubo que esperar diez largos años antes de vencer la oposición del Presidente de los Parques Nacionales del Congo belga a toda investigación volcanológica del Niragongo.

Hasta 1958 no pudo organizarse una primera misión de reconocimiento y de estudio metodológico. Al año siguiente se envió una expedición más importante, en la que participaron, además de una serie de expertos belgas, otros franceses y un japonés.

El acceso al lago de lava del Niragongo es mucho menos fácil que el del Kilauea, cuyo «pozo de fuego de Halemaumau» fue justamente célebre en el mundo entero durante todo un siglo, hasta que desapareció en 1924. En vez de llegar en coche hasta el borde mismo del pozo, como en Hawaii, aquí hay que ascender a pie una montaña de cerca de 3.500 m. deslizándose primero por caminos de elefantes a través de la selva virgen y marchando luego sobre las duras lavas oscuras que coronan este poderoso cono, brutalmente truncado por un cráter de 1.100 m. de ancho.

Después hay que descender por este último. Cerca de 200 metros de pared vertical, peligrosamente inestable, separan la cresta de la cima de la ancha terraza anular que se extiende horizontalmente al pie de la pared.

Dicha terraza rodea el interior del pozo central, que tiene un ancho de cerca de 500 m. Para descender hasta ella hay que franquear un muro vertical de 180 m. La roca, extraordinariamente inestable, de esta pared no permitiría ni siquiera que un buen alpinista pudiera abordarla con las suficientes garantías de seguridad.

Por lo tanto, hicimos construir una cabria espeleológica ligera y cada uno de nosotros bajó, suspendido del extremo de un fino cable de acero, como una araña colgada de un hilo, hasta una segunda terraza anular, que tenía sólo unas decenas de pasos de ancho.

Por espacio de cuatro semanas, una tienda instalada en ella sirvió de campamento avanzado. Más abajo franqueamos una saliente a pico, de una veintena de metros, gracias a escalas de duraluminio, luego de lo cual, andando por entre un caos de enormes trozos de piedra, encontramos el acceso a una estrecha plataforma que, a más de 400 m. debajo de la cima del cráter, rodeaba el lago prodigioso.

Después de diez años, éste se había reducido considerablemente, habiendo pasado su superficie de 30.000 a cerca de 13.000 metros cuadrados. A pesar de ello, seguía constituyendo uno de los más extraordinarios fenómenos que la naturaleza puede ofrecer. Esta extensión de roca fundida, ora en calma, cubierta por una extraña piel, plástica y reluciente como el raso, ora agitada por corrientes y remolinos purpúreos, por «fuentes» incandescentes que salpicaban de magma viscoso el borde abrupto del margen en el que nos encontrábamos, nos sumían en una contemplación en la que se mezclaban el entusiasmo y el espanto, aun en aquellos geofísicos de espíritu más positivo; estalactitas de color cereza colgando de la bóveda de fantásticas grutas ardientes, por las que se precipitaban torrentes de lava impulsados por una repentina aceleración; agitación rítmica que a veces se apoderaba del pesado líquido como una fiebre que reapareciera una y otra vez; pesadas olas de una resaca anaranjada; lenta marcha a la deriva, en las zonas más tranquilas, de extrañas carabelas de roca negra sobre un mar de fuego sombrío; estrépito, rugidos, olores sulfurosos, todo ello contribuía a crear alrededor nuestro un universo cerrado, milagroso y casi aterrador.

Tan inquietante esplendor, renovado incesantemente, no llegó nunca, en el curso de seis semanas, a cansarnos ni a aburrir a ninguno de nosotros; tampoco logró, afortunadamente, distraernos de los trabajos a que habíamos venido a realizar. Semana tras semana, día y noche, cada especialista llevó a cabo sus observaciones, sus mediciones, sus dosificaciones y sus anotaciones. En realidad, los resultados de la sismología, de la espectro-

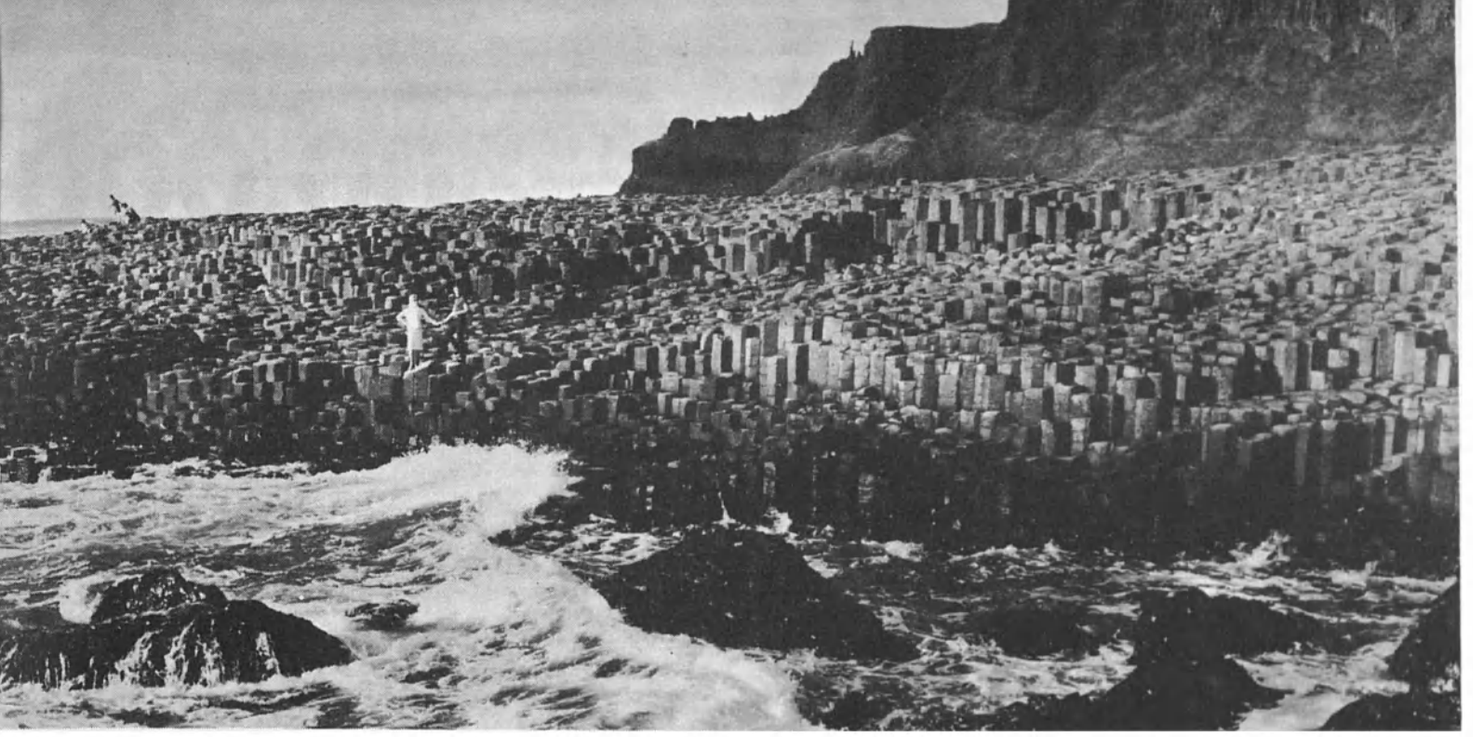


Foto British Travel and Holidays Association

"EL CAMINO DE LOS GIGANTES" que se ve aquí, levantado en la costa de Antrim en el norte de Irlanda, constituye una notable colección de rocas basálticas, algunas, de seis metros de alto, formadas por la solidificación de la lava en el mar.

grafía de las llamas volcánicas, del magnetismo terrestre, de la gravimetría, de la composición química de los gases, de la mineralogía de las lavas, de los análisis de los sublimados y de la fotogrametría no dirán gran cosa a los no iniciados en la volcanología, pero la cifra que representa el calor irradiado por este baño infernal tal vez sea más elocuente: 930.000 kws.

Las condiciones del acceso a los volcanes italianos Etna y Strómboli son infinitamente más fáciles, debido a su emplazamiento en un país de elevada civilización técnica; pero la aproximación a la lava incandescente y a los respiraderos o salidas donde captar los gases no corrompidos por el aire resulta allí mucho más aventurada, pese a todas las apariencias, que el estar junto al espectacular lago del Niragongo.

Pero la actividad explosiva del Etna y el Strómboli, que es rítimica, abre a los volcano-sismólogos un promisor campo de prospección. El grupo investigador de un principio ha evolucionado de 1958 a 1963, y hoy está compuesto por italianos, franceses y belgas. Pronto han de incorporarse a él varios ingleses, en espera de especialistas de Finlandia, Hungría y otros países.

El objetivo primordial de sus investigaciones, físicamente agotadoras y que a menudo llegan a desorientar desde el punto de vista intelectual, es el de llegar a comprender el por qué y el cómo de este fenómeno fundamental que es la actividad volcánica, ya que estas poderosas manifestaciones telúricas tienen mucha mayor amplitud e importancia que los juegos superficiales que prodigan las lavas, por muy espectaculares y a veces hasta mortíferos que resulten éstos.

Como lo ha expresado acertadamente uno de los volcanólogos más importantes de nuestro siglo, Alfred Rittmann, «la actividad volcánica es un proceso que se está operando en todas partes, tanto en el interior de la corteza terrestre como encima de ésta; proceso en el cual la desgasificación del magma primitivo desempeña un papel de primordial importancia para la historia del desarrollo del planeta» (2).

Rittmann esboza una vasta síntesis en la que muestra cómo, a partir de la materia solar inicial, la Tierra ha evolucionado, formándose los continentes graníticos; cómo se originaron la atmósfera primitiva y los océanos ancestrales, todo ello a raíz de la desgasificación, de las diferenciaciones, de los movimientos espontáneos o provocados del magma; cómo las rupturas de equilibrios —equilibrios de temperatura, equilibrio de la gravedad, equilibrios físicos o químicos— en cuatro mil millones de años de existencia de la tierra provocaron y siguen provocando desplazamientos de masas en el seno de ese magma, corrientes que, al removerlo para intentar restablecer el equilibrio roto, hacen presión, con su potencia colosal, sobre la costra superficial del globo.

Así nacen las profundas fosas oceánicas, repliegues de la delgada corteza basáltica que forma el fondo de los océanos; estas fosas se transforman a veces en geosinclinales en los que se acumulan los sedimentos arrastrados por los ríos desde los continentes vecinos, formando un espesor de millares y millares de metros. Y de estos goesinclinales, al cabo de una larga y complicada evolución, en el curso de millones de años, surgen las cadenas de montañas como los Alpes, los Andes y los Himalayas.

Toda esta colosal orogénesis se debe a los movimientos del magma profundo, movimientos que, al romper la costra terrestre en los puntos de máxima tensión, hacen que el magma se eleve y brote en la superficie, provocando en ella manifestaciones volcánicas, en el sentido más literal del término.

Así es como hay que considerar la actividad volcánica si se quiere llegar a comprender realmente lo que significa: un fenómeno cósmico que modela la faz y las profundidades del globo y cuyas erupciones no constituyen sino un aspecto superficial.

Tan apasionante aspecto de la investigación en esta materia podrá parecer a algunos, cuando no gratuito, exageradamente intelectual. Sin embargo, él resulta esencial para que pueda progresarse en las dos direcciones **utilitarias** de la volcanología: la previsión de las erupciones peligrosas y la utilización de la formidable energía de los volcanes.

Si, como decía más arriba, puede llegarse a prever empíricamente la inminencia de una erupción, todavía no es posible predecir su violencia ni su duración, factores esenciales de la urgencia y el alcance de las precauciones a tomarse. Por el contrario, esta precisión alcanzará un grado de exactitud suficiente cuando los verdaderos mecanismos del fenómeno sean conocidos, o cuando por lo menos se sepa algo más de ellos que los hipotéticos esquemas que nos formulamos hoy.

Conocimientos fundamentales de esta índole permitirán asimismo desarrollar, de manera espectacular, la explotación de la energía geotérmica, apenas esbozada hoy, aunque con rendimiento magnífico, en Lardello (Toscana) y en Wairakei (Nueva Zelanda). Mañana serán California y el Kamchatka los que se beneficien con los millones de kilowatios recuperados a expensas de la energía que prodigan los volcanes. Y esta fuente de energía inagotable y barata será, seguramente, una de las más fecundas del porvenir en el mundo entero.

(2) A. Rittman : «Les volcans et leur activité», *edición completada y revisada. Masson, París* 1963.

Haroun Tazieff, *geólogo belga, es especialista en volcanología, autor de numerosas obras de geofísica y productor de varias películas documentales sobre las erupciones volcánicas.*

UNESCO ARCHIVES

300.000

por E. M. Fournier d'Albe

Los visitantes de cierto famoso observatorio sismológico de Australia oyen, a veces, contar una extraña y triste historia:

Algunos años después de la Primera Guerra Mundial un eminente hombre de ciencia japonés visitaba Australia; entre otras cosas, se le llevó a ver este observatorio. El director del mismo, después de recibirlo cortésmente, lo condujo a los sótanos donde, en la oscuridad, los sismógrafos hacían su guardia perpetua. El director encendió la luz del sótano. En aquel entonces, los movimientos de los aparatos se registraban mecánicamente, por medio de delgadas agujas de acero que escribían sobre papel ahumado. (Actualmente es más corriente la grabación sobre papel fotográfico ,mediante un rayo de luz reflejado desde un galvanómetro; el local ha de mantenerse constantemente en la oscuridad.)

El visitante japonés pudo ver tres instrumentos, colocado cada uno de ellos sobre una columna de cemento de una altura aproximada de un metro. Desde un rincón venía el tic-tac de un reloj grande y complicado. El director hizo observar al visitante que en cada instrumento había un gran peso suspendido de fuertes y elásticas varas de acero; este peso, por su inercia, pone la aguja del instrumento en movimiento cada vez que llegan hasta el observatorio las ligeras vibraciones producidas por un terremoto distante.

En uno de los sismógrafos el peso estaba suspendido de tal manera que pudiera moverse verticalmente, hacia arriba y hacia abajo; en los otros dos sólo podía moverse horizontalmente, en dirección este—oeste en un instrumento y en dirección norte—sur en el otro.

El visitante examinaba este último cuando inesperadamente la aguja comenzó a oscilar lentamente, de un lado a otro, dejando una línea ondulada sobre la negra superficie del papel, allí donde antes no había sino una serie de líneas rectas.

«¡Qué suerte!» dijo el director. «Está trabajando especialmente para usted. No es frecuente ver un sismógrafo en pleno funcionamiento.»

Los estiletes de los tres instrumentos se movían, pero el movimiento del orientado en sentido norte—sur era algo más acentuado que el del orientado en sentido este—oeste.

«Estas son las ondas longitudinales, llamadas también ondas P», dijo el director. «Si no le importa esperar unos minutos, quizá presenciemos la llegada de las ondas S u ondas transversales. Entonces tendremos una idea de la distancia a la que ha ocurrido este terremoto.»

Unos minutos más tarde, el director exclamó: «¡Aquí llegan». El visitante apenas podía ver diferencia alguna en el movimiento de las agujas, pero el director le hizo observar que el movimiento del instrumento orientado de este a oeste era más intenso que el del orientado de norte a sur.

«Está muy lejos, probablemente hacia el norte», dijo el director. «Pero es un terremoto importante. Venga a mi despacho. Consultaré los cuadros de velocidades y le daré un cálculo aproximado de la distancia. Las ondas P son más veloces que las ondas S, de manera que el intervalo transcurrido entre la llegada de unas y de otras nos da una indicación sobre la distancia a que ha tenido lugar el terremoto. Pero se trata sólo de un cálculo aproximado, naturalmente. Para localizar con exactitud un terremoto, es preciso combinar los datos de numerosos observatorios.»

El director no necesitó mucho tiempo para calcular la distancia. «Unos 10.000 kilómetros, diría yo. Esto nos lleva, probablemente, al Japón o a Las Aleutianas.»

Era en el Japón, en efecto. Esto ocurría en septiembre

SIGUE EN LA PÁG. 28

Foto Carl Mydans, "Life Magazine" © 1963 Time, Inc.



SACUDIMIENTOS ANUALES

ULTIMOS INSTANTES. Esta notable fotografía de un edificio que se desplomará segundos después fué tomada al producirse en 1948 un terremoto en la ciudad japonesa de Fukui. Se sabe que los terremotos están concentrados en dos cadenas principales. Un 80% de ellos ocurre a lo largo de la costa del Pacífico, y otro 15% tiene lugar en una franja que se extiende desde el Norte de Africa y pasa por el sur de Europa, los Alpes y el Asia Menor hasta llegar a la India y a Birmania, uniéndose al cinturón circumpacífico en Indonesia.



Demarcar las zonas de peligro

de 1923. Sólo más tarde supo el director que cinco miembros de la familia de su visitante habían muerto en este terremoto.

Se calcula en más de 300.000 el número de sismos que se producen todos los años. La mayor parte pasa desapercibida, pero desde el comienzo del siglo XX hay que imputarles, por término medio, más de 15.000 muertes, y daños por valor de cientos de millones de dólares. Algunos países como China y Japón, Chile y Perú, Italia, Grecia, Turquía e Irán, han sufrido este azote mucho más intensamente que otros.

La distribución de los terremotos está lejos de ser equitativa ;ellos muestran una tendencia decidida a repetirse en ciertas zonas, bien definidas, que se extienden en torno al globo. La primera de estas zonas es la circumpacífica, que se extiende por todas las costas del océano Pacífico desde Chile hasta Nueva Zelandia. La segunda es la mediterráneo-alpina, que va desde Marruecos en el occidente, pasando por las cordilleras del Cáucaso, Hindu Kush, Karakoram y el Himalaya, hasta China, Birmania e Indonesia.

Para darnos cuenta de cómo se ha descubierto la geografía de los terremotos, volvamos a los observatorios sismológicos y veamos lo que sucede con los datos registrados por sus instrumentos.



EL PRIMER SISMOGRAFO DEL MUNDO

Existen actualmente más de cuatrocientos observatorios instalados en diversas partes del mundo, muchos con instrumentos cuya sensibilidad es muy superior a la de los que vio en 1923 el visitante japonés de nuestra historia. Pero, por muy sensibles que sean los instrumentos empleados, sigue siendo imposible localizar un terremoto desde un solo observatorio. Es preciso reunir, confrontar y analizar los datos de muchos de ellos, labor que se lleva a cabo actualmente en dos centros nacionales y otros dos internacionales.

Cuando tiene lugar un terremoto, los observatorios que lo registran envían inmediatamente, por telegrama o por correo aéreo, los datos por ellos recogidos sobre hora de llegada de las ondas P y S al *United States Coast and Geodesic Survey* (Washington) o al Instituto de Ciencias de la Tierra (Moscú), o a ambos. Estos centros hacen entonces lo que se llama una determinación preliminar del epicentro del terremoto (esto es, el punto de la superficie de la tierra por donde pasa la vertical del foco del sismo, punto que puede estar situado a varias decenas, o incluso centenares de kilómetros bajo la superficie).

Con ayuda de esta determinación preliminar, el personal de cada observatorio examina de nuevo su propio sismograma y hace un análisis más completo de éste para publicarlo en el boletín del observatorio, que aparece, por lo general, una vez al mes. Este boletín se canjea con los de otros observatorios y se envía también a dos centros internacionales: el *Bureau Central International de Seismologie* en Estrasburgo (Francia); y el *International Seismological Summary Service* en Kew (Inglaterra).

El primero de estos dos centros hace una determinación exacta del epicentro y de la profundidad del terremoto, utilizando los datos del mayor número posible de observatorios. Los números publicados del boletín anual del «bureau» suman ya más de 2.000 páginas y contienen datos sobre más de 60.000 terremotos registrados por año (naturalmente, sólo muy pocos de éstos tienen la intensidad suficiente para ser advertidos o para causar daños).

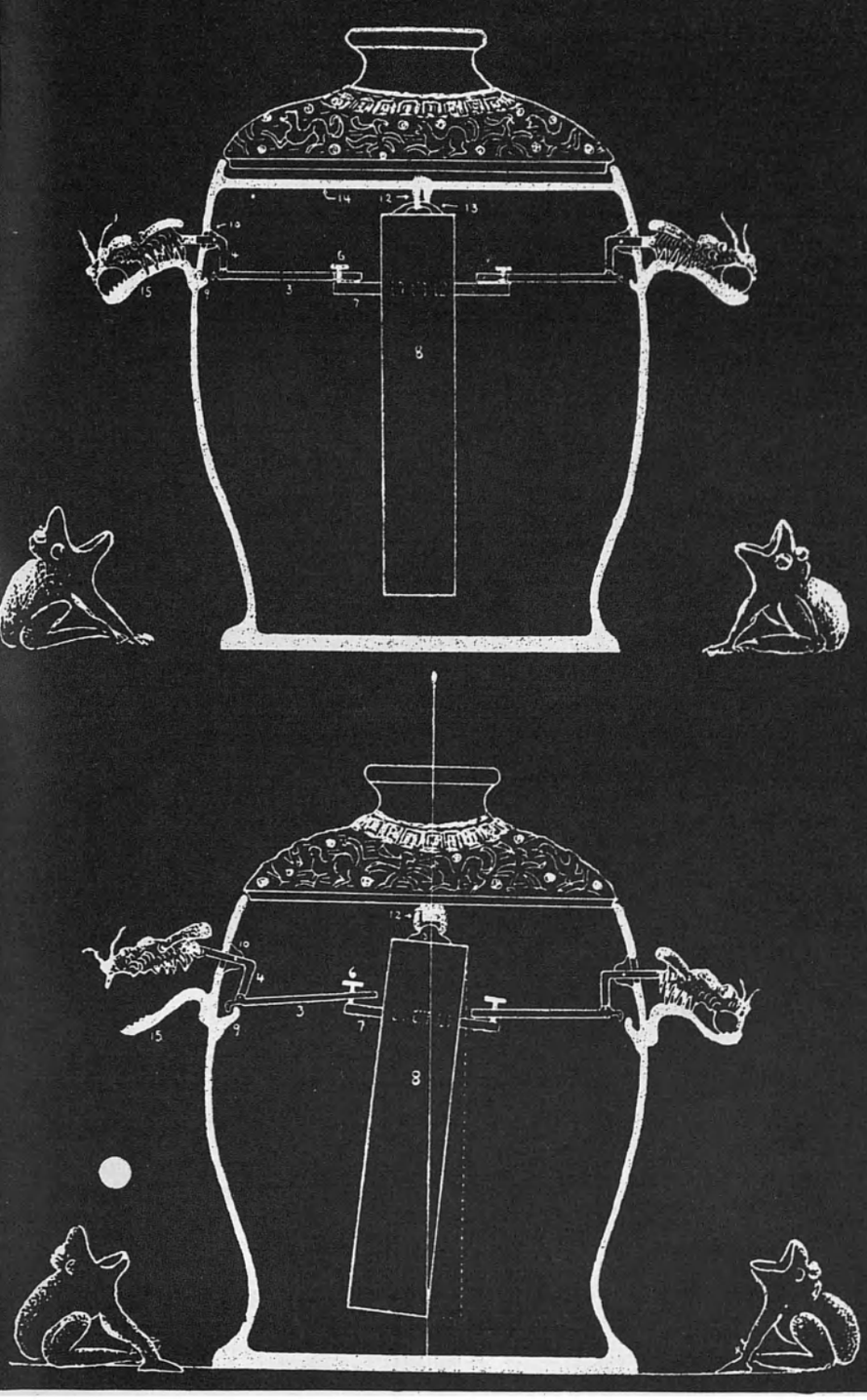
El *International Seismological Summary Service* hace un análisis más detallado de ciertos terremotos seleccionados, y los resultados de su trabajo se utilizan, principalmente, para los estudios sobre el interior de la tierra.

El examen de tan inmenso volumen de datos ha permitido ya dibujar claramente la distribución de los terremotos en toda la superficie terrestre y formarse alguna idea de sus causas, que probablemente están relacionadas con el lento movimiento convectivo de las materias del manto terrestre. Desde un punto de vista práctico, son más interesantes aún los resultados de un estudio de la distribución de los terremotos dentro de ciertas regiones concretas, tales como la Europa Meridional, el Asia Central o California.

Cuando se observan conjuntamente la sismología y la geología de una región, se ve surgir, a veces, una imagen detallada de la actividad sísmica que no sólo presenta interés científico por la luz que arroja sobre los procesos estudiados, sino que tiene, también, gran valor práctico puesto que permite delimitar las zonas en donde los terremotos son más probables. En ocasiones, una diferencia de pocos kilómetros o de decenas de kilómetros se reflejará de modo apreciable en la intensidad máxima de los terremotos probables.

Estas nociones resultan sumamente útiles, y pueden, incluso, determinar en algunos casos la elección del emplazamiento de un embalse, de una central eléctrica, una fábrica o una nueva ciudad. Sin embargo ,es más frecuente que otros factores tengan una importancia decisiva en este sentido, y que se edifique en ciertos lugares a pesar del peligro de los terremotos. Entra entonces en funciones el especialista en ingeniería antisísmica.

Desde 1923, los estudios de construcción de estructuras



Los honores de crear el antecesor de todos los sismógrafos del mundo recaen sobre un brillante matemático, astrónomo y geógrafo chino llamado Chang Heng, que vivió entre los años 78 y 139 de nuestra era. Su "veleta de terremotos" (izquierda) estaba montada en una vasija de bronce cubierta de adornos. Dentro de esta vasija (reconstruída en la foto de más arriba a la derecha) había una especie de péndulo conectado a ocho brazos móviles, en la terminación de cada uno de los cuales una manivela hacía mover la mandíbula de ocho cabezas de dragón. Con las vibraciones sísmicas el mecanismo se ponía en movimiento, haciendo que se abrieran las mandíbulas de los dragones que estaban frente al lugar de donde venían las ondas del temblor y soltaran una bola que caía en la boca de uno de los ocho sapos colocados alrededor del instrumento. En la misma China, alrededor del siglo VI de nuestra era, y en Persia en el siglo XIII, se usaron otros instrumentos sismográficos, pero el primer aparato moderno sólo surgió en 1703, debiéndose al científico francés Jean de Hautefeuille.

Tomadas del Vol. III de "Science and Civilization in China", del Prof. Joseph Needham, publicado por la Cambridge University Press.

antisísmicas han ido haciendo progresos, especialmente en el Japón y en los Estados Unidos. Los principios básicos de estos estudios son: construir el edificio como un solo bloque o unidad estructural y concebirlo de tal manera que su frecuencia natural de vibración no corresponda a las frecuencias de las ondas sísmicas. Cada material de construcción requiere una técnica diferente; pero actualmente puede decirse, en general, que si hay víctimas *en* un terremoto, las hay no *a causa* del propio terremoto, sinó más bien de lo poco adecuados que son los edificios de una ciudad para soportarlo.

«Todo el mundo se queja del tiempo», decía Mark Twain, «pero nadie hace nada para mejorarlo». En cierto sentido, tampoco puede hacerse mucho en materia de terremotos: evidentemente, no hay manera de ponerles fin. Sin embargo, se trabaja mucho por hacerlos menos peligrosos. Aunque estamos todavía muy lejos de poder predecir *cuándo* tendrán lugar los terremotos, la paciente acumulación de observaciones al respecto está haciendo posible definir con mayor exactitud *dónde* hay peligro. Dentro de las zonas de peligro los riesgos para la vida humana y para la propiedad pueden reducirse considerablemente si ciertos principios ya bien determinados se aplican de una manera adecuada a los proyectos y construcción de edificios.

Mientras haya personas que mueran víctimas de un terremoto será preciso continuar intensamente los estudios y la enseñanza de la sismología e ingeniería antisísmica. Hay que mejorar la red de observatorios sismológicos, hay que continuar en todo el mundo el trazado de mapas exactos que indiquen las zonas de peligro sísmico; hay que asegurarse de que los edificios están debidamente diseñados y construídos y —lo que es más importante— hay que dar a los jóvenes geólogos e ingenieros una formación especializada en estas materias. La sismología es una ciencia esencialmente internacional, pues los terremotos no respetan las fronteras nacionales. Todos debemos contribuir a la salvación de vidas humanas. Es por estas dos razones que la Unesco se interesa por la sismología. Su misión consiste no sólo en facilitar la colaboración de los hombres de ciencia e ingenieros de diversos países, sino también en procurar que los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos en los grandes centros de investigación se comuniquen rápidamente a todas aquellas personas a quienes incumba, en todos los países, su aplicación práctica inmediata.

E. M. FOURNIER D'ALBE, *geofísico, se encuentra actualmente a cargo del programa de sismología y geofísica en el Departamento de Ciencias Exactas y Naturales de la Unesco. Encargado anteriormente por ésta de largas misiones en México y en el Pakistán, en este último ha ayudado a instalar el Observatorio de Geofísica en la región de Quetta, singularmente expuesta a los terremotos.*

SERVICIO DE URGENCIA PARA TERREMOTOS

La Unesco tiene el propósito de crear un servicio sísmico de urgencia que funcione las 24 horas del dia y los siete dias de la semana para poder llamar a los sismólogos e ingenieros sísmicos y hacer que lleguen, dentro de las 72 horas de un terremoto, al lugar en que éste haya ocurrido, por más remoto que sea. Se están tomando las medidas necesarias para que este Servicio Sismológico de la Unesco reciba informaciones de los centros correspondientes de la Unión Soviética, los Estados Unidos y otros países sobre toda catástrofe importante de este tipo.

La presencia de unos y otros especialistas en los lugares mismos de la catástrofe y en el plazo más breve posible después de ésta tiene gran importancia. A pedido de los gobiernos respectivos, la Unesco envió ya expertos al Irán, Libia y Yugoeslavia poco después de los terremotos más recientes para que hicieran estudios sobre el terreno y aconsejaran a las autoridades locales sobre las medidas de protección a tomarse contra posibles cataclismos de esa índole en el futuro.

Cataclismos

Los años 1927 (76.615 víctimas), 1932 (78.202) y 1939 (61.082) han sido catastróficos en materia de temblores de tierra. Durante el primer cuarto del siglo XX, el número de víctimas fué todavia más elevado: los terremotos de San Francisco (1906), de Mesina (1908), de Arezzano (1915), de Kansu (1920) y de Tokio (1923) causaron en conjunto, la muerte de más de 500.000 personas. China es el país que más ha sufrido este tipo de catástrofes, que registran allí gran intensidad y se producen en los lugares en que el terreno se presta especialmente a los desmoronamientos.

Necesaria cooperación

El estudio de los sismos, campo en que el progreso exige una cooperación de carácter internacional, constituye una de las obras clave del programa científico de la Unesco. Ya se ha podido trazar un vasto cuadro del estado actual de la sismología en el mundo gracias a una serie de misiones de estudio enviadas, entre junio de 1961 y mayo de 1963, por la Unesco, que para ello actuó en consulta con la Unión geodésica y geofísica internacional. Tales misiones fueron dirigidas personalmente por el Presidente de dicha Unión, Profesor V.V. Belousov, o por el Prof. J.P. Rothe, Secretario General de la Asociación Internacional de Sismología.

La primera de ellas fué al Asia sudoriental, la segunda a México y otros países de América hispana, la tercera a varios países de la cuenca del Mediterráneo y la cuarta al Africa. Todas ellas tuvieron como fin el de estudiar, en las regiones visitadas, el estado de las cadenas de observatorios seismológicos y geofísicos, los progresos realizados en la localización de las zonas de actividad sísmica, la aplicación de reglamentaciones especiales sobre construcción de inmuebles parasísmicos y, por último, las posibilidades de formación de especialistas en geofísica, seismología e ingeniería anti-sísmica. En Abril de 1964 tendrá lugar en la sede de la Unesco una reunión de expertos para decidir qué medidas de protección contra los sismos deben adoptarse en el mundo entero.

Volcanes vigilados

A raiz de las erupciones del Monte Agung, en Indonesia, que el 17 de marzo y el 16 de mayo de este año mataron 1.460 personas y devastaron 53.700 hectáreas de arrozales, un grupo de tres expertos de la Unesco ha preconizado la instalación de puestos de observación alrededor del volcán y la instalación de instrumentos seismológicos ultrasensibles para vigilar toda la región, considerablemente expuesta a los temblores de tierra. Se necesitan otros observatorios de este tipo para mantener una guardia en torno a los demás volcanes de Indonesia, que son 127, todos igualmente peligrosos.

Sismólogos del futuro

Un mapa de los epicentros de los terremotos principales muestra que las regiones más severamente expuestas a los temblores de tierra se hallan situadas a menudo en países con ciudades en pleno desarollo cuyos progresos pueden quedar reducidos a la nada en pocos segundos si los emplazamientos para la construcción están mal elegidos o si no se han tomado las necesarias precauciones. Y sin embargo, estos son precisamente los países que carecen de especialistas en cuestiones sísmicas. Por intermedio de la Unesco, el Fondo Especial de Naciones Unidas ha acordado 67 bolsas de estudio para expertos que acudan al Instituto Sismológico creado en Tokio.

Saber construir

Determinados materiales se prestan mejor que otros a construir con ellos edificios resistentes a los temblores de tierra. Los muros de mampostería reforzados con planchas de cemento, las vigas de cemento y las de acero se cuentan entre los materiales más resistentes. Así y todo, en cada región hay que buscar la mejor manera de hacer uso de los materiales de que pueda disponerse localmente (madera, ladrillos, paredes de barro, etc.) porque en realidad es la mala calidad de la construcción lo que causa a menudo los derrumbes.

El satélite juzgará

Los satélites artificiales permiten hacer mediciones de grandes distancias con una precisión no alcanzada hasta la fecha por otros medios. Los científicos esperan que gracias a ellos sea posible tener confirmación —on en su defecto, invalidación— de la teoría de la deriva de los continentes (véase la pág. 7)



© Europress

por Kenzaburo Takeyama

EDI



Atención de K. Takeyama

LA ESTRUCTURA ESPECIAL del edificio de la Latino-Americana en la capital de México —construcción de 40 pisos— hizo que saliera ileso del terremoto de 1957. Sufrió daños un millar de edificios, y los causados en 55 de ellos que tenían más de 8 pisos superan toda posibilidad de reconstrucción.



UN MONTON DE ESCOMBROS es todo lo que queda de un edificio de varios pisos, destruídos los suelos y apilados en capas que lo asemejan a una concertina por el terremoto de Skoplje. Es susceptible de reparación menos de la tercera parte de los 35.000 edificios de la ciudad yugoeslava. Esta, que contaba 220.000 habitantes y tenía una extensión de 70 kilómetros cuadrados, se había visto ya seriamente perjudicada por otros dos terremotos en el año 518 y en el 1904.

FICIOS A TODA PRUEBA

En 1906, hace más de medio siglo, un joven arquitecto japonés, al visitar San Francisco inmediatamente después del desastroso terremoto que convirtiera la ciudad en ruinas, quedó profundamente impresionado por una estructura de hormigón armado que seguía en pie en medio a una masa carbonizada de edificios de ladrillo derruídos. Ni el fuego ni el terremoto en sí habían podido con esa construcción. Los edificios de hormigón armado empezaban ya entonces a ser corrientes en Europa y en Estados Unidos, pero en el Japón sólo se había construido el año antes uno que seguía esta técnica. Firmemente convencido de que ese era el mejor remedio anti-sísmico, el arquitecto japonés, que se llamaba Riki Sano, volvió a su país y se consagró al desarrollo de la construcción con cemento armado y al estudio de la arquitectura anti-terremoto. Sano sentó así los cimientos, las bases, para el estudio de ésta en su patria.

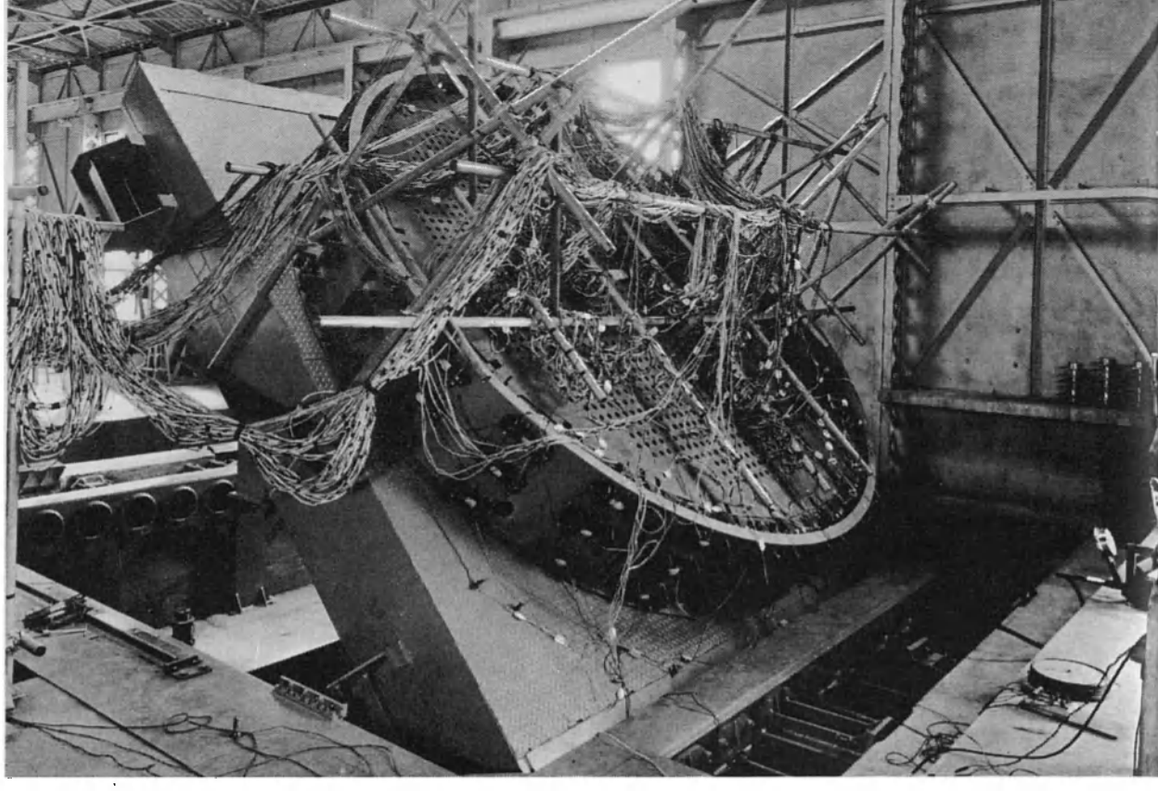
Tocó luego a un discípulo suyo, Tachu Naitoe, continuar y ampliar ese trabajo. Es curiosa la historia de la forma en que se le ocurrió la teoría de la construcción antisísmica: durante un viaje que realizara a Estados Unidos para estudiar los edificios de cemento armado allí levantados, se le aplastó la maleta al caer violentamente del tren al andén de una estación. Naitoe se compró una nueva, dividida en compartimentos, y al comprobar que resistía grandes golpes conservando su forma original, se le ocurrió la idea de proyectar un edificio dividido en la misma forma, con varias planchas que constituyesen las paredes y los suelos. Teniendo de base esta idea, Naitoe desarrolló su teoría de la construcción anti-sísmica y proyectó una serie de edificios en que se seguía la técnica por él propugnada.

Ya construídos estos edificios, el famoso gran terremoto de Kanto devastó en 1923 tanto Tokío como sus alrededores. Quedaron destruídas unas 250.000 casas, quemadas completamente unas 450.000, y murieron aproximadamente 140.000 personas. La mayoría de los edificios de varios pisos se vinieron abajo o se vieron gravemente dañados, pero todas las construcciones de Naitoe quedaron en pie, demostrando la exactitud de su teoría. Junto con las construcciones de Naitoe resistió también la dura prueba el Hotel Imperial, proyectado por el famoso arquitecto americano Frank Lloyd Wright, lo cual llamó la atención del mundo entero, aunque este edificio era más bajo, de sólo tres pisos.

Tan tremendo terremoto empujó a los arquitectos japoneses al estudio de la estructuras anti-sísmicas, y desgraciadamente tuvieron amplia oportunidad de experimentar y de mejorar sus teorías y sus técnicas en este campo, ya que, a continuación del terremoto de Kanto, hubo una serie de grandes temblores de tierra en otras partes del Japón. Sus estudios dieron como fruto la estructura de armazón de acero cubierto de hormigón armado que, casi sin excepciones, se usa hoy en día en el Japón como modelo para los edificios de más de cinco pisos.

Hasta hace poco no ha sido posible comprobar experimentalmente la resistencia de un edificio a las vibraciones violentas e irregulares de la tierra que se producen en un terremoto. Los técnicos se vieron obligados a hacer sus cálculos convirtiendo en regulares las ondas irregulares naturales, lo que daba lugar a resultados nada precisos. Pero en 1950 G.W. Housner, miembro del Instituto Tecnológico de California, logró determinar con éxito cómo respondería un edificio al impacto de las ondas de un terremoto, introduciendo en una calculadora analógica perfeccionada durante la guerra los datos registrados realmente en el curso de un gran terremoto, junto con

SIGUE A LA VUELTA



GENERADOR DE TERREMOTOS. Este aparato, instalado en el Instituto de Investigaciones Sísmicas del Gobierno del Japón, es capaz de producir temblores de tierra artificiales. La máquina, capaz de generar vibraciones horizontales y verticales al mismo tiempo, se usa en el caso ilustrado en la foto para probar la resistencia al impacto del temblor que pueda tener el núcleo de un reactor atómico. El destrozo que un terremoto pudiera hacer a una central de energía nuclear podría ser causa de que se esparciera por la atmósfera y por el suelo material radioactivo que no sólo contaminaría la zona más próxima sino también otras situadas a grandes distancias.

Atención del Prof. K. Takeyama

EDIFICIOS *(cont.)*

Ensayando un cataclismo

un modelo teórico de un edificio de varios pisos; paso crucial que significó un gran adelanto en el estudio de las técnicas de construcción anti-sísmicas y abrió un camino nuevo dentro del mismo.

Dentro del plan de reconstrucción de los daños causados por la segunda guerra mundial, los científicos japoneses idearon y construyeron sus propios sismógrafos de gran sensibilidad, 120 de los cuales quedaron instalados en 1960 en varios lugares del Japón. Poco a poco se empezó también a hacer uso de calculadoras electrónicas; y la construcción de edificios a prueba de terremotos, desarrollada hasta entonces en el Japón sobre bases empíricas, se empieza a estudiar actualmente a la luz de otras técnicas nacidas de un invento científico. Pero desde que se instalaran en el Japón los grandes sismógrafos no ha habido —ironía de la Naturaleza— ningún gran terremoto en el país, aunque se hayan producido muchos de consecuencias desastrosas en otros lugares de la Tierra.

Los últimos perfeccionamientos en las técnicas de construcción antisísmicas no sólo ha tenido lugar en los Estados Unidos y en el Japón sino también en otros países sometidos a este tipo de catástrofe natural, como por ejemplo la Unión Soviética. Uno de los resultados del adelanto técnico registrado en este sentido —resultado que se puede observar en casi todos los países susceptibles de sufrir conmociones sísmicas, es la tendencia a suavizar los reglamentos sobre los límites impuestos a la altura de los edificios. Hay una construcción, especialmente, que ha dado gran impulso al mejoramiento de las técnicas anti-sísmicas: el Edificio de la Latino-Americana de la capital de México, que durante el terremoto que azotara la ciudad en 1957, quedó intacto. Aunque no fue un temblor de tierra de gran importancia, éste causó daños a unos 1.000 edificios de la ciudad; y de 55 edificios de más de 8 pisos, 11 quedaron derruídos sin reparación posible. El Edificio de la Latino-Americana, que tiene 40 pisos, fue la obra maestra de N.M. Newmark y L. Zervaert, que para hacerlo utilizaron una estructura especial a prueba de grietas incluso al verse sometida a una violenta agitación.

Hoy en día los técnicos de la construcción anti-sísmica se encuentran frente a un problema importante; mientras se hacen edificios de muchos pisos que son cada vez más resistentes a los temblores de tierra, las casas residenciales siguen siendo tan vulnerables a éstos como hace 50 años. Valgan entre los ejemplos más recientes, los del Irán, de Marruecos y del sur de Chile.

En general, las casas donde vive la población de estos países no tienen ninguna resistencia a los terremotos porque son a menudo construcciones de mampostería, hechas con ladrillo o adobe. Si se produjera un violento terremoto en una ciudad populosa del sudeste de Asia, donde las casas están hechas de madera, se repitiría un desastre semejante al ocurrido en 1923 en ocasión del terremoto de Kanto, especialmente debido a los incendios que son corolario de una catástrofe de ese tipo pero gracias a los cuales ha avanzado el estudio de la construcción de edificios especiales. La busca de un tipo de casa a la vez anti-terremoto, anti-incendio y barata se ha intensificado entre los arquitectos desde el final de la última guerra. Impresiona de verdad, por ejemplo, la gran máquina generadora de temblores que se utiliza en el Instituto Oficial japonés de Estudios sobre la Construcción para probar la resistencia a los terremotos de las estructuras de bloques de hormigón de dos o tres pisos o las de los edificios prefabricados de hormigón armado. No menos útil es una gran mesa generadora de temblores recientemente instalada en el mismo Instituto para llevar a cabo experimentos anti-sísmicos, así como las máquinas de tipo similar del Japón, los Estados Unidos, de América, Italia, la India, etc.

A pesar de que se tiende en muchos países a hacer que tanto las viviendas nuevas como los grandes edificios sean resistentes a los terremotos, en los países donde éstos ocurren con más frecuencia los progresos son muy limitados, principalmente por razones de orden económico.

Para remediar esta situación la UNESCO ha fundado el Instituto Internacional de Sismología y Técnicas Sismológicas de Tokío, ampliando así un plan iniciado por el gobierno japonés unos años antes. Con la ayuda del Fondo Especial de Naciones Unidas, se ha empezado a invitar a los técnicos en formación junto a los especialistas mundiales en la materia, y es de esperar que con este proyecto internacional se obtengan progresos firmes, adelantando el día en que los habitantes de los países sísmicos se vean protegidos contra la terrible calamidad natural que padecen esporádicamente.

El Dr. KENZABURO TAKEYAMA *es profesor de la Universidad Municipal de Tokio, ex-director del Instituto de Estudios de la Construcción en el ministerio de la misma rama de su país, y consejero del Instituto Internacional de Sismología e Ingeniería Sísmica de Tokio.*

Los lectores nos escriben

EL CAMINO DEL TABACO

«El Correo de la Unesco» de julio/agosto 1962 estuvo consagrado a la campaña mundial contra el hambre. Pero no se hizo alusión alguna al problema del tabaco, cuya desaparición progresiva permitiría subvenir a las necesidades esenciales de los pueblos subalimentados, dándoles esa dignidad humana que el uso del tabaco —necesidad falsa, pero que tiene prioridad sobre la de nutrirse— les hace perder a menudo.

Société d'Etudes des Toxiques Endémiques, Montfavet, Francia.

Y OTROS CAMINOS PEORES

Un solo punto oscuro en la revista de Vds.: que se ocupa un poco demasiado de los países árabes y descuida los grandes azotes de la época actual, como el alcoholismo, la prostitución y la delincuencia juvenil. Me permito también darles un consejo. Vayan a darse una vuelta por el asilo de Lamenezan, en los Altos Pireneos, y encontrarán con qué sustentar un número muy interesante de «El Correo de la Unesco».

E. Haro, Pau, Francia.

UN REMEDIO CONTRA EL HAMBRE

Mucho se ha dicho y escrito sobre el problema de la alimentación de las masas. Los excedentes alimenticios de algunos países no llegan, principalmente por razones políticas y económicas, a los sitios donde se los necesita de verdad. La Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación podría desempeñar un papel importante y acabar con esta situación si creara una dependencia que se ocupara de comprar esos excedentes y distribuirlos donde sean más necesarios, solicitando para ello a los países exportadores de alimentos que contribuyan con determinado porcentaje de su producción a esa «polla» contra el pago de un precio fijo. Pero la distribución de estos alimentos no debería hacerse gratuitamente, a menos que las circunstancias lo exigieran así.

M. E. Mahath, Egersund, Noruega.

CONTRA LA CONSTRUCCION DE UNA REPRESA

Para mí Egipto es mi verdadera patria. Me parece haber vivido allí hace 2.000 o 3.000 años, y querría que todos los tesoros, los templos, los palacios de ese país no fueran destruídos nunca ni por los hombres ni por las aguas. Sé bien que la población tiene hambre, pero hasta ahora ha podido seguir viviendo. ¿Por qué poner en peligro esos vestigios del pasado? Soy demasiado joven como para dedicarme a una obra así; no tengo sino 13 años y medio. Pero por sentirme impotente en ese sentido, le ruego, señor director de «El Correo», yo que tanto quiero a ese hermoso país, que se opongan Vds. a la construcción de la represa de Asuán.

Jacqueline Lagrandie Sarlat Dordoña, Francia.

Nota de la redacción: *¿Por qué oponerse a la construcción de una obra tan necesaria para Egipto? Lo que hay que hacer es oponerse a la destrucción de los grandes templos de Abu Simbel llevando a cabo todos los esfuerzos necesarios para salvarlos.*

CONOCER ISRAEL

Los artículos sobre cuestiones de etnología y arte que Vds. publican son maravillosos, y los estudios que nos hacen conocer los pueblos asiáticos y africanos de gran interés; pero hay una pequeña nación, Israel, que peso a las vicisitudes de estos tiempos ha sabido recuperar sus tierras para la producción y hacerlas fértiles. Conozco poco ese país, pero lo bastante para saber que donde había piedras, crece el trigo; donde había malos senderos, hay carreteras de primer orden, y donde uno veía chozas que apenas se sostenían en pie, se levantan ahora inmuebles modernos. A los mulos, a los molinos rudimentarios, a los pastorcillos, a la Noche, han sucedido los automóviles, las fábricas, los médicos y la Luz... No se conoce bien a ese país. ¿Por qué no consagrar algunas páginas del «Correo de la Unesco» al valiente, trabajador e inteligente pueblo de Israel?

Paul Jaume Coursan (Aude) Francia

BOTTICELLI REENCONTRADO

Con referencia al número de junio de esa revista, en que se habla de la desaparición de los 88 dibujos de Botticelli (conservados antes de la guerra en el «Kupferstichkabinett» de Berlín) puedo darles una buena nueva; se los creía perdidos pero han reaparecido hace unos años (¡una vez más en el curso de su larga historia!). 27 están en el Berlín occidental, devueltos desde Wiesbaden, y 61 en el Berlín oriental, venidos de Moscú.

Dr. Ing. Paolo Peterlongo, Milán, Italia.

DENNOS NUMEROS ESPECIALES

Hace muchos años ya que estoy suscrito a esa revista y que leo, en la página reservada a los lectores, los comentarios que ésta les despierta. Como está en la actualidad, la encuentro excelente, ni demasiado seria ni demasiado popular, sino un término medio entre ambas cosas.

En ningún periódico que lea espero que todos los artículos tengan el mismo interés para mí, pero sí deseo que por lo menos uno o dos de ellos valgan la pena. «El Correo de la Unesco» nunca me defrauda en ese sentido.

Me gustan particularmente los números especiales que se publican de tanto en tanto, y tengo la esperanza de que se los mantenga. Uno de esos números especiales, en efecto, fué el que llamó mi atención hacia la revista de Vds.; el dedicado en 1956 al arte budista. Lo que más me interesa son los artículos sobre arte, literatura, arqueología, el Egipto de la antigüedad y otras civilizaciones ya muertas; a estas cosas soy especialmente aficionado, aunque eso no quiera decir que encuentre interés en muchas otras. Las cartas sobre «El Correo de la Unesco» que Vds. publican no hacen más que demostrar que no se puede complacer a todo el mundo.

D. G. Jamieson Dunedin, Nueva Zelandia.

EL MONUMENTO MAS BELLO

El terrible temblor de tierra que ha castigado la capital de Macedonia no es sólo una dura prueba para el pueblo yugoeslavo, sino algo que ha conmovido a los hombres del mundo entero. De todas las regiones del globo siguen lloviendo en diversas formas el socorro a Skoplje que sin duda alguna será reconstruída. Se sabe que el gobierno yugoeslavo ha decidido hacerlo así en un nuevo emplazamiento, y en este sentido cabría esperar que todos los Estados Miembros de la Organización de Naciones Unidas participaran en la elaboración del plan urbanístico correspondiente, encargándose cada país de la construcción de una avenida. Una ciudad edificada en esa forma sería el monumento más bello que se haya levantado para celebrar la victoria de la vida sobre la muerte y la unidad del género humano.

Les agradecería que hicieran lo necesario para que esta idea llegue a conocimiento de los que tengan a su cargo el lograr que Skoplje renazca de sus ruinas.

Damian Damianov, escultor, Pernik República Popular de Bulgaria.

Latitudes y Longitudes

LOS PASOS DE ALEJANDRO MAGNO: Un grupo de directores, técnicos y actores alemanes ha seguido recientemente la ruta de Alejandro Magno al atravesar hace más de 2 000 años Macedonia, Turquía, el Irán y el Afganistán en camino a la India. La expedición dará por resultado un documental de largo metraje sobre las campañas de Alejandro con destino a las pantallas de televisión europeas.

CARTELES POR MILLARES: El Museo Universal del Cartel Turístico de Barcelona ha reunido en tres años un total de 22.000 ejemplares de los «affiches» de las compañías de ferrocarriles y de navegación aérea y marítima de todo el mundo. Con ellos hará en noviembre próximo una exposición en Madrid y probablemente otra en Nueva York, en abril de 1964, para recolectar fondos destinados a dos obras benéficas.

Y SELLOS A DISCRECION: La colección filatélica mayor del mundo, compuesta de más de 100.000 estampillas emitidas por unos 500 países, estados y administraciones postales diversas en los últimos 90 años, acaba de llegar al Museo Británico de Londres, prestada «permanentemente» por la Administración de Correos de Gran Bretaña.

CORAZON QUE TRABAJA: ¿Cuántas veces late por día un corazón humano? De acuerdo con un estudio hecho por la Universidad de Chicago, más de 100.000 veces como promedio. Para llegar a esta resultado se midieron los latidos del corazón de hombres de todas las edades —de los 16 a los 60— usando para ello, durante 24 horas consecutivas, un aparato especial del tamaño de un paquete de cigarrillos.

INDUSTRIAS SEDIENTAS: De 100 hectolitros de agua consumidos en la Europa occidental, sólo unos pocos se destinan a que los beba la población. Las fábricas de Bélgica y la provincia francesa de Lorena han llegado a tener que usar cinco y seis veces la misma agua. Los problemas planteados por esta escasez de agua «industrial» serán objeto de estudio especial durante la Década Hidrológica Internacional, que la Unesco prepara actualmente. Los datos recogidos con ese motivo habrán de ayudar a los países interesados a hacer el mejor uso posible de sus recursos hidrológicos.

UN OJO MAS FIJO EN EL CIELO: Para mantener en continua observación una estrella o planeta determinados, los astrónomos la pasan de un observatorio a otro en todas partes del mundo, como corredores olímpicos que se fueran pasando la antorcha en la carrera inicial. Una de las lagunas que hay en este proceso está en Siberia, y para llenar ese vacío el Consejo Astronómico de la Academia Soviética de Ciencias deberá construir un gran observatorio en Novosibirk con departamentos de astrometría, astrofísica, astronomía estelar, física solar, radioastronomía y astronomía planetaria.

DESCUBRIMIENTO DE UNA POBLACION AZTECA: En el estado mexicano de San Luis Potosí, a unos 800 kilómetros de la capital, un grupo de arqueólogos franceses ha descubierto una población azteca que se extiende por espacio de unos seis kilómetros cuadrados y en la que treinta y cuatro pirámides dedicadas a divinidades aztecas la sindican como importante centro religioso.

Sellos para salvar los monumentos de Nubia

Son muchos los Estados Miembros de la Unesco que han emitido o se proponen lanzar a la circulación sellos de correo en apoyo de la campaña para salvar los templos y monumentos de Egipto y el Sudán amenazados por la construcción de la futura represa de Asuán. Marruecos ha emitido recientemente tres de estos sellos, que muestran respectivamente dos de los colosos de Abu Simbel, el templo de Filaé y una escultura de Isis (abajo) del templo de Kalabsha. Como agente en Francia de la Administración Postal de Naciones Unidas, el Servicio Filatélico de la Unesco dispone de todos los sellos y carátulas de sobres con matasellos del primer día de venta impresos por aquéllas, así como muchos otros emitidos por los Estados Miembros de la Unesco para conmemorar fechas importantes tanto en la historia de ésta como de las Naciones Unidas. Por precios y detalles, dirigirse al Servicio Filatélico de la Unesco, place de Fontenoy, Paris (7e).



EL RESCATE DE ABU SIMBEL

Los esfuerzos que se han venido haciendo para evitar que los templos nubios de Abu Simbel quedaran hundidos por las aguas de la futura represa de Asuán han llegado actualmente a una etapa decisiva. La República Arabe Unida ha adoptado el plan de cortar los templos en trozos y volverlos a levantar en la colina situada sobre su actual emplazamiento; por su parte, el gobierno de los Estados Unidos de América ha anunciado que se halla dispuesto a pedir al Congreso que asigne a sus realizadores la tercera parte del costo de esta verdadera hazaña de la ingeniería moderna. Si se confirma la oferta norteamericana, la tan esperada salvación de los templos será virtualmente un hecho.

La obra costará 36 millones de dólares, según se deduce de los estudios que la VBB, firma sueca de ingenieros consultores, realizara a pedido de la RAU. El aporte de los Estados Unidos vendría a añadirse a la suma de 7.700.000 dólares prometida actualmente por 43 Estados Miembros de la Unesco, y la República Arabe Unida, que ha de contribuir con 11.500.000 dólares a la operación, ha anunciado que firmará los contratos para la realización de la obra tan pronto como el total de ayuda internacional ascienda a la cantidad de 20.500.000 dólares.

Al vérselas con 300.000 toneladas de frágil piedra arenisca, los ingenieros recurrirán a todos los medios técnicos imaginables para evitar que los templos sufran daños. Para levantar toda la masa de roca que pesa encima de ellos no se puede recurrir a explosivo alguno. Cuando se quite esa roca, soportará las presiones en el interior del templo un andamiaje de acero. Las fachadas, los techos y las paredes se cortarán en trozos cuya forma quedará determinada por las fisuras naturales de la piedra. Antes de 1969 no se espera poder completar el trabajo de volver a armar el gigantesco rompecabezas en su nuevo emplazamiento junto a una colina.

En comprimidos

■ *La Comisión Oceanográfica Intergubernamental, cuerpo creado dentro del programa de ciencias de la Unesco, creó una flota internacional de estudios que ha confirmado la existencia de un «río» submarino cuyas aguas corren en dirección contraria a las del Atlántico tropical a lo largo de la costa ecuatoriana.*

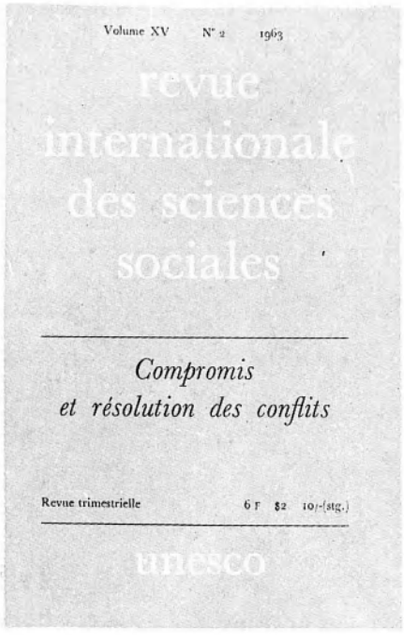
■ *Para aumentar el número y enriquecer los recursos de las bibliotecas públicas ya existentes en Africa en los próximos ocho años se necesitará por lo menos 80 millones de dólares, de acuerdo con los especialistas en problemas de bibliotecas procedentes de 28 países y reunidos en un seminario organizado por el gobierno de Nigeria y por la Unesco en Enugu, en la Nigeria oriental.*

■ *En los últimos tres años se han publicado en la Unión Soviética 1 540 obras de literatura de imaginación, alcanzando el número total de ejemplares a 181 millones. Se cuentan entre ellas libros debidos a escritores de 68 países y traducciones de y a los 45 idiomas que se hablan en las distintas repúblicas soviéticas.*

■ *El ganado existente en Africa en la actualidad (cerca de 114 millones de cabezas) podría aumentar al doble de eliminarse la enfermedad del sueño, que transmite a hombres y animales la mosca tsé-tsé.*

Imp. GEORGES LANG, PARIS. IMPRIMÉ EN FRANCE.

REVISTA DE LA UNESCO



La única revista internacional de síntesis. Comprende todas las ramas de la investigación: sociología, ciencia política, ciencia económica, derecho, demografía, antropología, etc.
En cada número: Una serie de estudios originales. Trabajos centrados en torno a un tema escogido por su vivo interés internacional o por su valor para las investigaciones actuales.
Informaciones y crónicas. Se ocupa de las investigaciones en curso, los institutos de investigación, los centros de enseñanza, las reuniones internacionales y las organizaciones de especialistas.
Publicación trimestral. Suscripción anual : 20 F (1 F : U$S : 0,21).

Publica estudios originales y amplios, así como reseñas completas de libros importantes relativos a la influencia de la ciencia sobre la sociedad y viceversa. Esta revista se destina no sólo a los especialistas sino también a todos los que se interesan por el progreso científico y el desarrollo de la sociedad.
Publicación trimestral. Suscripción anual : 4,50 F (1 F : U$S 0,21).





MUSEUM, revista de museografía, interesa a los miembros del cuerpo docente, a los amigos de los museos y, en general, a todos los aficionados al arte. Sus artículos, abundamente ilustrados, abarcan las realizaciones más notables en cuanto a presentación y conservación de las obras de arte, las nuevas construcciones y las relaciones de los museos con el público en el mundo entero. Publicación trimestral bilingüe (francés e inglés) tiene resúmenes de sus textos en español y en ruso.
Suscripción anual : U $ S 6,50

Agentes de venta de las publicaciones de la Unesco

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

★

ANTILLAS NEERLANDESAS. C.G.T. van Dorp & Co. (Ned. Ant.) N.V. Willemstad, Curaçao. — **ARGENTINA.** Editorial Sudamericana, S.A., Alsina 500, Buenos Aires. — **ALEMANIA.** R. Oldenburg Verlag, Rosenheimerstr. 145, Munich. Para « UNESCO KURIER (edición alemana) » únicamente : Vertrieb. Bahrenfelder-Chaussee 160, Hamburg - Bahrenfeld, C.C.P. 276650. (DM 8) — **BOLIVIA.** Librería Universitaria, Universidad Mayor de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Apartado 212, Sucre. Librería Banet, Loayza 118, Casilla 1057, La Paz. — **BRASIL.** Livraria de la Fundação Getulio Vargas. 186, Praia de Botafogo, Río de Janeiro. GB ZC-02. — **COLOMBIA.** J. Germán Rodríguez N., Oficina 201, Edificio Banco de Bogotá, Apartado Nacional 83, Girardot. - Librería Buchholz Galería, Avenida Jiménez de Quesada 8-40, Bogotá. Pío Alfonso García. Carrera 40 N° 21-11, Cartagena. Librería Caldas Ltda, Carrera 22, n° 26-44 Manizales (Caldas). — **COSTA RICA.** Imprenta y Librería Trejos, S.A., Apartado 1313, San José. Carlos Valerio Sáenz y Co. Ltda., « El Palacio de las Revistas », Apartado 1924, San José. — **CUBA.** Cubartimpex, Apartado postal 6540 La Habana. — **CHILE.** Editorial Universitaria, S.A., Avenida B. O'Higgins 1058, Casilla 10.220, Santiago. « El Correo » únicamente: Comisión de la Unesco, Santiago de Chile. — **ECUADOR.** Casa de la Cultura Ecuatoriana, Núcleo del Guayas, Calles Pedro Moncayo y 9 de Octubre, Guayaquil. — **EL SALVADOR.** Librería Cultural Salvadoreña, San Salvador. — **ESPAÑA.** « El Correo » únicamente: Ediciones Iberoamericanas. S.A., Calle de Oñate, 15, Madrid. Sub-agente « El Correo »: Ediciones Liber, Aptdo. 17, Ondárroa (Vizcaya). Todas las publicaciones: Librería Científica Medinaceli, Duque de Medinaceli 4, Madrid 14. — **ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA.** Unesco Publications Center. 317 East 34th. St., Nueva York 16, N.Y. (5 dólares), y, con excepción de las publicaciones periódicas : Columbia University Press, 2960 Broadway, Nueva York 27, N.Y. — **FILIPINAS.** The Modern Book. Co., 508 Rizal Ave., P. O. Box 632, Manila. — **FRANCIA.** Librairie de l'Unesco, Place de Fontenoy, Paris, 7°. C.C.P. Paris 12. 598-48.(7). — **GUATEMALA.** Comisión Nacional de la Unesco, 6a Calle 9.2, Zona 1, Guatemala. — **HONDURAS.** Libreria Cultura, Apartado postal 568, Tegucigalpa, D.C. — **JAMAICA.** Sangster's-Book Room, 91, Harbour Str., Kingston. Knox Educational Service, Spaldings. (10/-). — **MARRUECOS.** Centre de diffusion documentaire du B.E.P.I., 8, rue Michaux-Bellaire, Boîte postale 211 Rabat (DH. 7,17). — **MÉXICO.** Editorial Hermes, Ignacio Mariscal 41, México D.F. — **NICARAGUA.** Señor Adrián Cuadra (H.). Librería Cultural Nicaragüense Calle 15 de Setiembre y Avenida Bolívar, Apartado N° 807, Managua. — **PANAMA.** Cultural Panameña, Avenida 7a, n° 11-49, Apartado de Correos 2018, Panamá. — **PARAGUAY.** Agencia de Librerías de Salvador Nizza, Yegros entre 25 de mayo y Mcal. Estigarribia, Asunción. Albo Industrial Comercial, Sección Librería, Gral Díaz 327, Asunción. — **PERU.** Distribuidora de revistas Inca S.A. Apartado 3115, Lima. — **PORTUGAL.** Dias & Andrade Lda., Livraria Portugal, Rua do Carmo 70, Lisboa. — **PUERTO RICO.** Spanish-English Publications, Apartado 1912, Hato Rey. — **REINO UNIDO.** H.M. Stationery Office, P.O. Box 569, Londres, S.E.I. (10/-). — **REPUBLICA DOMINICANA.** Librería Dominicana, Mercedes 49, Apartado de Correos 656, Santo Domingo. — **URUGUAY.** Representación de Editoriales, Plaza Cagancha 1342, 1° piso, Montevideo. — **VENEZUELA.** Librería Politécnica Calle Villaflor, local A, al lado de General Electric, Sabana Grande, Caracas; Librería Cruz del Sur, Centro Comercial del Este, Local 11, Apartado 10223, Sabana Grande, Caracas ; Oficina publicaciones de la Unesco Gobernador a Candilita N° 37 Apartado postal N° 8092 Caracas, Librería Fundavac C.A. Apartado del Este 5843, Caracas y Librería Selecta, Avenida 3, N° 23-23, Mérida.







DE MARES REMOTOS

La corteza terrestre encierra vestigios de la vida en nuestro planeta en las diversas fases de su desarrollo. Los vegetales y animales fosilizados en las capas sedimentarias han permitido reconstituir la historia de los grandes cataclismos geológicos y climáticos que ha sufrido nuestro planeta durante millones de años, así como pintar paisajes de un ayer remotísimo. Esa hoja de delicados nervios, ese tallo frágil y ese pez que parece deslizarse entre dos aguas, captados en las fotos de esta página, han sido descubiertos cerca de Verona y vieron la luz hace más de 50 millones de años, mucho antes de la aparición del hombre sobre la tierra, cuando la zona tropical cubría gran parte de ésta. Por sobre el norte de Italia debía extenderse entonces un mar calmo, salpicado de atolones de coral.

Fotos © F. Vigliani-Rassegna, Milán