

# algo

HABITUALES SECCIONES  
DE **FOTOGRAFIA**  
Y **ASTRONOMIA**

UN PAIS UNICO POR LA INTENSIVIDAD DE SU VIDA ESPIRITUAL DE SUS GENTE

**BALI, DONDE LOS DIOS VIVEN**



En él se encuentran la mayoría de los materiales orgánicos de los mares  
**¿A QUIEN PERTENECE EL LECHO MARINO?** 068

¿Puede solucionar el problema de los secuestros aéreos  
**LA PISTOLA QUE ABATE AL PIRATA, PERO NUNCA AL AVION**

Una nueva teoría de un astrónomo británico sobre la formación del sistema solar  
**¿LOS PLANETAS DE JUPITER SON ESTRELLAS FRUSTRADAS**

¿Las zonas emergidas tienen un origen común y se mueven por la superficie  
de la Tierra: **LA DERIVA DE LOS CONTINENTES**



Trituran partículas vegetales con sus potentes mandíbulas

**LOS VESPIDOS, INVENTORES DEL PAPER**

## ENERGIA

### LA UNION SOVIETICA Y LA CRISIS DE LA ENERGIA

La crisis energética preocupa a todo el mundo, y Kissinger habla de un inmediato quinquenio de vacas flacas a escala mundial. Por eso en la Unión Soviética se preocupan muy a fondo de sus actuales y futuras reservas energéticas. Una información que hemos recibido nos informa del siguiente estado de cosas en aquel país.

En el territorio de la Unión Soviética se explotan más de 500 yacimientos de petróleo y gas. El área petrolífera es de 12 millones de kilómetros cuadrados, lo que equivale al 40 por ciento del área petrolífera actual del planeta (sin contar posibles futuros yacimientos a descubrir vía satélite). Diariamente, en la Unión Soviética se extraen más de 1.200.000 toneladas de petróleo y más de 660 millones de metros cúbicos de gas, y el nivel anual de la extracción de petróleo aumenta cada lustro en más de 100 millones de toneladas.

Pero la Unión Soviética, aunque incrementa de manera continua la extracción de petróleo y gas natural, no reduce la extracción de carbón y otros combustibles clásicos, ni descuida la explotación de cualesquiera recursos energéticos. Así, desde 1940 a 1972, la extracción anual de carbón pasó de 166 millones de toneladas a 655 millones.

Claro que, al propio tiempo, en la Unión Soviética se han construido también varias centrales eléctricas nucleares. Se erigen en zonas sin reservas de combustibles convencionales.

Esto aparte, en los últimos años se han descubierto nuevos y riquísimos yacimientos. Entre ellos, pueden destacarse las bolsas de petróleo y gas natural en Siberia Occidental, gran-

des yacimientos de gas y de petróleo en el Asia Central y el Kazajstán, potentes cuencas holleras en Siberia Oriental a cielo descubierto.

Las reservas pronosticables de combustible en todo el país, se calculan en unos 6.600 millones de toneladas de combustible convencional, con la particularidad de que los recursos de carbón aseguran el actual nivel de consumo para varios milenios, y los de gas natural para doscientos veinte años.

Pero en la Unión Soviética se observa otra particularidad: como en todos los países industrializados, aumenta el consumo de petróleo y gas. Desde 1960 a 1972, el consumo energético correspondiente al petróleo y al gas aumentó del 37,9 al 61 por ciento, mientras que el correspondiente al carbón disminuyó del 53,5 al 33,7 por ciento. No obstante, a diferencia de algunos países de Europa Occidental, las cantidades absolutas de la extracción de carbón en la Unión Soviética, aumentaron durante este mismo período, en un 30 por ciento.

En otras palabras: la industria energética soviética aprovecha todos los recursos del subsuelo, y la construcción de instalaciones para la producción de energía está en consonancia con el consumo de la misma. Lo cual, a pesar de todo, revela un creciente índice de preocupación de los responsables soviéticos, pensando tal vez en ese próximo futuro «de vacas flacas» anunciado por Henry Kissinger, que, no lo olvidemos, además de político y economista, es profesor de historia y, en más de una ocasión ha demostrado que también tiene «voz profética».



## METEOROLOGIA ESPACIAL

### LA TIERRA VISTA DESDE 36.000 KM. DE DISTANCIA

El nuevo satélite meteorológico «SMSA» en posición geoestacionaria ecuatorial describe su órbita a 36.000 kilómetros de altura sobre la región del Amazonas. Transmite de día y de noche (de noche, en infrarrojo) y envía datos sobre las masas nubosas e informaciones gráficas, con lo cual constituye un valioso elemento para las previsiones meteorológicas.

En Francia, el Centro de Estudios de Meteorología Espacial de Lannion es la única estación, además del correspondiente Centro de recepción norteamericano, que capta las fotografías enviadas por el satélite en forma de documentos de 40 cm. de lado (15.000 puntos por línea, de modo que cada foto está constituida por 15.000 líneas).

El «CEMS» de Lannion es el único Centro mundial equipado

con un aparato especial desdificador de imágenes: un prototipo francés bautizado «Vizir», en el que el cilindro portador de la película receptora está en posición, milímetro por milímetro, en la escala de las millonésimas de mm.

La foto reproduce un documento excepcional captado en Lannion, reproduciendo con particular nitidez el aspecto de nuestro planeta visto desde 36.000 km. de distancia, es decir, tal como lo «ve» el satélite «SMSA». En los próximos años, tres o cuatro satélites de ese mismo tipo cubrirán el mundo entero en el marco de una cooperación internacional. Entonces, la marina, la agricultura, la aviación y la industria dispondrán de mucha más información meteorológica para sus respectivos fines.

## MEDICINA

### LA MEDICINA PREVENTIVA EN LA URSS

El número de médicos en Ucrania es de 150.000. El Ministerio de Sanidad de esta república soviética, anunció recientemente que Ucrania ha adelantado a muchos países de Oriente y Occidente en el número de médicos por habitante. Y subrayó que una de las principales características de la medicina soviética es su orientación hacia la prevención y el descubrimiento temprano de las enfermedades. Para ello, próximamente se inaugurarán en Ucrania otros 200 establecimientos importantes de medicina profiláctica. Sobre el desarrollo de la medicina en la URSS nos habla los siguientes datos:

El 43 % de los nacidos a principios de siglo moría antes de

cumplir los cinco años. Este índice ha disminuido hasta alcanzar el 3 %. Y el promedio de esperanza de vida al nacer, ha aumentado —desde principios de siglo— desde 32 hasta 70 años.

El problema del personal médico calificado ha sido resuelto en la Unión Soviética, donde ya pasan de los cinco millones los médicos que ejercen. Esto significa que de cada cuatro médicos en el mundo, uno es soviético.

Finalmente, en 1973 por cada 300 habitantes habrá un médico y varios practicantes y enfermeras. La asistencia médica de todo tipo, comprendidas las operaciones más complejas y la estancia en clínicas y hospitales, es gratuita.

## ICTIOLOGIA

### ENCUENTRAN PECES ANTARTICOS A 90 KILOMETROS DEL MAR

Unos científicos ingleses han descubierto en el Antártico los primeros indicios de que los peces marinos pueden existir bajo la capa de hielos flotantes, a considerables distancias de alta mar.

Después de regresar recientemente a Gran Bretaña a bordo del buque oceanográfico «RRS Bransfield», los científicos declararon que consideraban su descubrimiento como el más importante realizado en su período de servicio de unos dos años de duración.

Los peces fueron descubiertos en la capa de agua marina de uno de los dos grandes lagos que se encuentran en valles rodeados por bancos de hielo en la isla Alejandro I, que se halla separada de la Antártida propiamente dicha por el canal Jorge VI. La distancia de los peces al mar es de unos 96 kilómetros.

Los datos relativos a este trabajo y a otros llevados igualmente a cabo por los citados científicos serán publicados oportunamente para su empleo a escala internacional.

# LA DERIVA DE LOS CONTINENTES

**G**ALILEO Galilei, como todos ustedes saben, fue un hombre que en su tiempo sufrió muchas humillaciones, sólo por sostener que la Tierra se movía, que era el Sol y no ella el centro del sistema solar. Por defender la teoría copernicana —la heliocéntrica— y no aceptar la ptolemaica —la de que la Tierra era el centro del Universo—, Galileo se ha convertido en uno de los hombres más atacados y presionados en su tiempo, que recuerde la Historia de la Ciencia. Nos preguntamos hoy, sin embargo, qué hubiera sucedido si algún naturalista del siglo XVI —época en que vivió Galileo— se hubiera atrevido a decir que no sólo la Tierra se movía, sino también los continentes.

## LOS PRECURSORES

¿A quién no se le habrá ocurrido pensar, en sus primeros años de escolar y viendo un globo terráqueo, que África y

Fig. 1. — Situación de la cordillera Centroceánica del océano Atlántico, así como la de sus ramales principales e islas que de ellas surgen a la superficie. (Según J. Tuzo Wilson.)



Sudamérica podrían ser parte de un mismo rompecabezas, debido a que encajan casi perfectamente uno con otro? Evidentemente así es, y los primeros geógrafos de muchos siglos atrás, ya habían apuntado la idea, pero sólo como una idea. No fue hasta 1858, cuando el geólogo galo Snider expuso la primera teoría científica acerca de la posibilidad de que los continentes formasen una sola masa, que luego se disgregó. Sin embargo, si difícil fue aceptar en el siglo XVI que la Tierra se movía, más difícil parecía ser el aceptar el que los continentes también se podían mover. ¿Cómo explicar el movimiento de una masa de miles de millones de toneladas de peso? Las ideas de Snider parecieron tan disparatadas que ni siquiera fueron discutidas; simplemente fueron ignoradas.

Con el tiempo, sin embargo, los geólogos se empezaron a dar cuenta de que la Tierra no era tan «firme» como parecía. Los movimientos sísmicos, los volcanes y, más tarde, el descubrimiento de que la formación de las montañas eran debidas o bien a caídas de grandes bloques (por fallas) o bien por movimientos en la corteza (por plegamientos), empezó a hacer comprender a los investigadores de estos asuntos, que en el planeta existía cierto dinamismo, aunque para ello sí tuvie-

ran que utilizar como unidad de tiempo el millón de años.

Hace exactamente medio siglo —en 1924— el geólogo alemán A. Wegener publicaba su «Origen de los continentes y los océanos», en donde exponía la teoría de que hacía muchos millones de años todos los continentes formaban una sola masa sólida, que por diversos motivos se fue disgregando hasta el momento actual, en que había varios continentes, y con ellos se explicaba el aparente juego de rompecabezas que parecían estas tierras, ya que —por ejemplo— Sudamérica y África parecían encajar perfectamente. La repulsa en su tiempo, fue prácticamente unánime. ¡Herejía!, parecían decir algunos, y lo más grave era que el investigador germano carecía de los conocimientos que se tienen hoy en día acerca de nuestro planeta para poder justificar su teoría desde un punto de vista estrictamente científico. A pesar de todos los ataques, Wegener seguía en sus trece, y murió con la firme convicción de que existía una deriva continental y quizá recordando aquella frase de Galileo, después de que se le obligó a afirmar que la Tierra no se movía: «Pero a pesar de todo, se mueve».

Sin embargo, Wegener, no era el único —aunque sí el más famoso— de los que sostenía esta teoría en aquella época. Otros geólogos como F. B. Taylor y H. D. Baker apoyaron su teoría. Entonces se produjo una «guerra» entre geólogos europeos y americanos. Los primeros —salvo raras excepciones— empezaron a reconocer la idea de que la deriva continental era muy posible; y los segundos —también, salvo raras excepciones, sostenían que tal teoría era totalmente absurda.

Absurda sería, sin embargo, la posición de muchos «reaccionarios» (la Ciencia está llena de ellos cuando se exponen teorías aparentemente ridículas aunque probables) que ni siquiera atendieron a las evidencias que empezaban a salir a la luz. Geólogos de Sudamérica y de África empezaron a estudiar la geología de las zonas que en teoría debieron estar unidas, y se encontraron que eran sumamente semejantes; procedieron a llamar a este continente escindido muchos años atrás y que estaba constituido por la América meridional y el continente negro como «Gondwana». A pesar de ello, «reaccionarios» como Harold Jeffreys seguían manteniendo la imposibilidad física de tales derivas.

## GENESIS DE UNA IDEA MODERNA

Por muy buena fe que Wegener tuviera, hay que reconocer que hace cincuenta años, el conocimiento geológico del planeta era muy pobre. Y no nos referimos exclusivamente a la capa de rocas que cubren la superficie, sino a lo que había kilómetros más al fondo, y bajo el suelo oceánico; bases fundamentales para comprender la deriva

continental, y de lo que por aquel entonces apenas si se sabía algo. Hoy no es que los conocimientos sean muy completos; pero al menos se tienen ideas más generales acerca del comportamiento de las masas en el interior de la Tierra (según muchos geólogos marinos, sólo se conoce bien un 3 ó 4 por ciento de la geología submarina. Ello nos puede dar idea de nuestros conocimientos).

Sin embargo, con el potente impulso recibido por la Oceanología a partir de la segunda guerra mundial, y por grandes empresas científicas de carácter internacional tales como el Año Geofísico Internacional, así como también debido a un mayor desarrollo científico en todo el mundo, se han podido ir tomando datos —muchos de ellos recogidos para otros menesteres—, que han dado pie a sustentar, esta vez sí, con rigidez científica, la teoría de la deriva continental.

En los primeros años de la década de los sesenta, aún se consideraba como «audaces» a aquellos geólogos que sostuvieron esta teoría; sin embargo, durante la Reunión Internacional de Geofísica de 1971, se pudo palpar que la teoría era aceptada. (De todas maneras no dejan de suceder cosas curiosas: un «profesor» de temas geológicos, al preguntarle sobre esta teoría, el autor de estas líneas contestó: «¡Tonterías!».)

En este año de 1974 —exactamente cincuenta años después de la proposición de Wegener—, las últimas publicaciones dejan definitivamente resuelto el asunto y, por si fuera poco, la teoría de la evolución animal se ve, además, reforzada por este hecho. También, como veremos más adelante, se han hecho descubrimientos concernientes a depósitos de minerales útiles; por lo que la teoría, de un planteamiento puramente abstracto, ha pasado a ser de utilidad en la búsqueda de minerales que constituyan materias primas.

## RECORDEMOS UN POCO

No se puede dar una visión general de lo que constituye la teoría de la deriva continental, si no se relaciona con la de la propia formación de nuestro planeta; por ello es necesario que recordemos un poco cómo es interpretado modernamente el origen del planeta, y de qué manera se pueden «conectar» ambas hipótesis.

Basémonos en los postulados del Premio Nobel Harold C. Urey, que —sintetizando su teoría—, viene a decir que el origen de todo estuvo en la condensación de una nube de polvo y gas, gracias a la energía irradiada por las estrellas en un punto vacío del Universo. Al existir masa, existía también gravedad, y ésta aceleró el proceso. Aunque la formación del Sol no está aún muy bien explicada, éste sirvió como centro de aquellas nubes de polvo y gas, que giraban en torno a él, y que más tarde se concentraron en determinados puntos

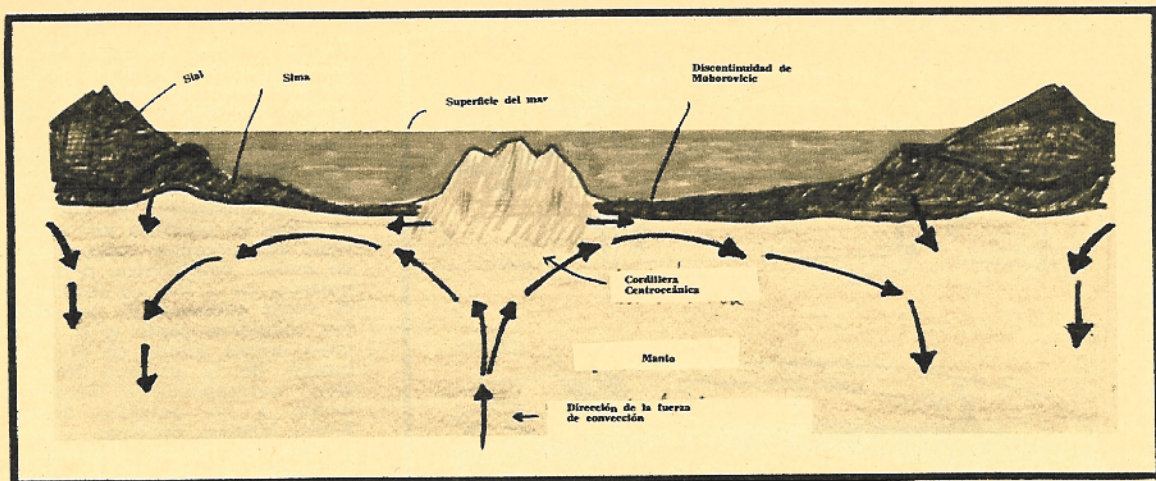


Fig. 2. — Corte en donde se puede apreciar la disposición del sial, del sima, de la discontinuidad de Mohorovicic, de la cordillera eCtrocéanica y de la manera en que actúan las corrientes de convección del manto terrestre.

—los protoplanetas—. Luego vino la condensación del agua y del amoníaco, la temperatura se elevó; con ello se condensaron las inicialmente nubes de polvo y gases, hasta llegar la Tierra a un estado de planeta fundamentalmente sólido.

Una vez elemento sólido, la Tierra ya había adquirido una atmósfera de vapor de agua, metano (CH<sub>4</sub>), nitrógeno, hidrógeno y otros gases que sirvieron de materias primas para la formación de la vida en la Tierra.

Mientras, los componentes metálicos emigraban, por su mayor densidad, hacia el centro del planeta, hasta formar lo que hoy conocemos como el núcleo. Aquí hay un par de detalles interesantes para comprender mejor la teoría de la deriva continental: uno, el calor del núcleo serviría para deformar lo sólido; otro, las cuencas oceánicas tienen justamente la profundidad adecuada para contener las aguas marinas, y los continentes, la altura necesaria para ser tierra firme. Estos dos detalles apuntados por el Premio Nobel, no deben ser olvidados.

Hemos dado un pequeño vistazo a lo que se refiere a la formación de la Tierra propiamente dicha; sin embargo, esta génesis preliminar quedaría incompleta si no hablásemos acerca del origen de los propios continentes, como unidad geológica.

Aunque no podemos saber con exactitud cada paso en la formación de un continente, creemos que hoy en día estamos en posesión de bastantes datos como para tener una idea generalizada acerca del asunto. An-

tes que todo hemos de tener en cuenta que tanto los continentes como las cuencas oceánicas son dos cosas completamente diferentes dentro de la corteza de nuestro planeta. Los geólogos utilizan dos términos en cuanto a composición química se refiere, en relación a la constitución de cada una de estas partes. Los continentes están constituidos por sial (rocas sílicas o de silicatos de aluminio) de menor densidad que el sima (constituida fundamentalmente por basaltos). Una línea de separación se encuentra entre la corteza y el interior de la Tierra: la «discontinuidad de Mohorovicic», zona de transición entre las rocas basálticas cristalinas más densas, y rocas inferiores no cristalizadas. Esta línea se encuentra a una profundidad variable en el seno de la Tierra. En un gráfico adjunto el lector podrá encontrar un croquis en el que se delimitan las diferentes zonas de la corteza terrestre.

En la mencionada ilustración se puede apreciar cómo los continentes tienen una posición de «flotantes» en el sima.

Ahora bien, los lectores recordarán que habíamos hablado de que la Tierra, su corteza, se podía dividir en dos zonas bien diferenciadas: continentes y cuencas oceánicas; sin embargo, hace algunos años se pudo ver cómo había zonas del planeta en donde tal diferenciación no era tan fácil. Especialmente en zonas insulares tales como el Japón, Nueva Guinea y Filipinas. ¿Eran continentes o zonas continentales en formación, estas regiones que, aunque fundamentalmente presentaban sial en su constitución, también se

padía advertir en ellos algo de sima? Si era así, era una perfecta oportunidad para los geólogos, ya que esto les ayudaría a comprender mejor la génesis de estos dos sustratos.

Un fenómeno apareció entonces como tremendamente importante: el vulcanismo. Sólo por procedimientos vulcanológicos una gran cantidad de materias se pueden verter desde grandes profundidades hacia la superficie de la Tierra. Después de un análisis detallado de las rocas, que no profundizaremos aquí para no hacer excesivamente largo y complejo este artículo, se podía ya, al menos, opinar que los continentes han debido su crecimiento a los cinturones de islas volcánicas.

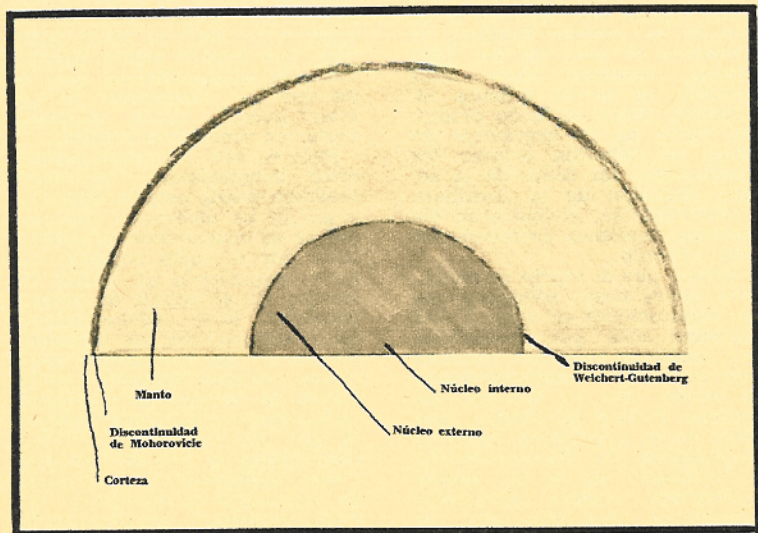
Todo parece indicar que al principio, el océano cubría toda la superficie terrestre. La presión de esta gigantesca masa de agua obligaría la formación de irregularidades en el fondo, y ciertos compuestos más ligeros se hubieron podido concentrar en zonas determinadas. Estas sustancias, en buena lógica las ácidas o silíceas, podrían haber sido erosionadas por la entonces pesada atmósfera terrestre, gastando el ácido material y depositándolo en forma de sedimentos, los cuales, en los bordes de los incipientes continentes, contribuirían a la formación de las primeras zonas de verdadero sial. A partir de aquí las primeras grandes masas continentales se pudieron empezar a formar.

Si bien esta explicación posee algunas lagunas, parece ser la que está más cerca de la verdad. Existen otras teorías, naturalmente, pero hemos expuesto aquí la que más sólidamente se presenta frente a los hechos y datos hasta ahora conocidos.

### LAS ENTRAÑAS DE LA TIERRA

Estamos a punto de abordar definitivamente el problema de la deriva. Un rápido repaso a la

Fig. 3. — Esquema general de las capas y líneas divisorias más importantes de la Tierra. Como se puede observar, la corteza constituye una capa muy fina en comparación con las demás. Separando esta capa del manto se encuentra la discontinuidad de Mohorovicic.



estructura general del interior de la Tierra y a los conocimientos hasta ahora expuestos en estas líneas, y podremos entender definitivamente el problema de la teoría de la deriva continental.

Como los lectores podrán apreciar en los croquis que acompañan a este texto, la Tierra se divide en varias capas concéntricas. La primera, la más externa, es la corteza. Luego la «discontinuidad de Mohorovicic», como claro límite entre la corteza y la capa siguiente: el manto. La capa externa, la corteza o sial, de naturaleza granítica y unos treinta y dos kilómetros de espesor en los continentes; y de naturaleza basáltica (sima) bajo los océanos, y unos cinco kilómetros de espesor.

Además de lo antes indicado, hay que mencionar también una capa «plástica» en el manto superior, que han podido servir de «rodillo» para la traslación de los continentes. Por tanto, la presencia de esta capa «plástica» será muy importante para comprender mejor el fenómeno de la deriva continental, aunque luego se le ha restado importancia, como veremos más adelante.

### LA DERIVA CONTINENTAL

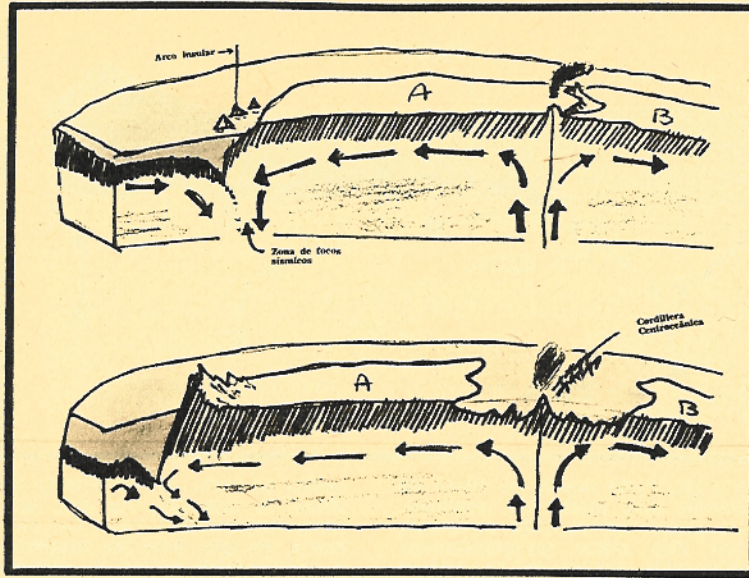
Al hacer una síntesis de la historia que había tenido la teoría de la deriva continental, habíamos dicho que en los primeros años de la década de los sesenta, sólo los «audaces» de entre los muchos geólogos de aquel tiempo que investigaban estos temas, consideraban como cierta la teoría. Esto se debió en parte, a la falta de datos científicos en que apoyar estas ideas. Aparte de la similitud entre la costa oriental sudamericana y la occidental africana, así como cierta analogía entre los materiales geológicos de una y otra costa, no se tenían conocimientos suficientes, ya no para decir que era posible que todos los continentes tuvieran un mismo origen, sino para demostrar que estos continentes habían «navegado» por la corteza terrestre hasta situarse en las actuales posiciones que ocupan.

Los primeros hechos que llevarían a la aceptación definitiva de la teoría aparecerían a mediados de los años cincuenta. Más concretamente, en 1956 un grupo de geofísicos, encabezados por Blackett, Bullard, Hoppers y Runcorn, hicieron un importante descubrimiento. Sabido es por todos, que —aparte del polo geográfico de la Tierra—, nuestro planeta posee un polo magnético que no coincide con el geográfico, aunque se suele mover en zonas relativamente próximas a aquél; y decimos que se mueve porque, en efecto, su posición no permanece estable en el transcurso de

los siglos. Por otra parte, todos conocemos también que existen una serie de materiales geológicos magnéticos en la corteza del planeta. Con estos dos hechos: polo magnético y materiales magnéticos, trabajaron los geofísicos antes citados, llegando a la conclusión de que por la orientación que habían tomado las citadas rocas magnéticas en el transcurso de los tiempos, y a lo largo de los diferentes continentes se podía afirmar, o al menos intuir, un cierto desplazamiento de las diferentes masas continentales. Sin embargo, este hecho aparentemente aislado, no parecía excesivamente concluyente, ya que, como hemos mencionado, el polo magnético se mueve, y como entonces aún no se conocía exactamente la paleogeología del mismo —es decir, su historia geológica— cabía por tanto la posibilidad de grandes cambios en la posición de dicho polo, que pudiesen afectar grandemente la orientación de los materiales magnéticos de la Tierra.

Aquel mismo año apareció una completa descripción de las llamadas cordilleras centro-oceánicas, que se hallan, por decirlo de alguna manera, a mitad de camino entre América y Europa-Africa, con la particularidad de encontrarse equidistantes de unos y otros. Este descubrimiento realizado por los doctores Maurice Ewing y Bruce Heezen, derrumbaría una serie de teorías con respecto a la formación de los continentes y de los océanos, creando una gran polémica que, en definitiva, avivaría el interés por estos temas, acelerando los grandes descubrimientos en estos campos.

La primera teoría que vendrá a resolver el problema, aunque fuese parcialmente, pero cimentando la base para las modernas, fue expuesta a principio de los sesenta por H. H. Hess. Este hombre sugirió, sintetizando, que a lo largo de la línea de cumbres de la antes mencionada cordillera centro-oceánica, se formaba un nuevo suelo, que se desplazaría a ambos lados de la cordillera. Recordaremos aquí que cuando Wegener expuso su teoría de la deriva continental, supuso que los continentes «flotaban» sobre el resto de capas de la Tierra, moviéndose en algún sentido, sin otra fuerza que su propia flotabilidad para hacerlo. Recordemos también que muchos geólogos se le opusieron diciendo que esos desplazamientos no eran tan fáciles como el germano suponía, ya que eran masas excesivamente pesadas y que necesitaban de una gran fuerza para moverlas; fuerzas que ellos no veían por ningún sitio. Con los descubrimientos de Hess, ya se podía afirmar que los continentes no «vagan», sino que son movidos al serlo también el suelo oceánico. El oceanógrafo norteamericano Robert S. Dietz, uno de los pocos hombres del mundo que ha bajado a las mayores profundidades oceánicas a bordo de batiscavos y, por tanto, ha podido estudiar «in situ» las características del fondo oceánico fue uno de los primeros en adherirse a esta teoría, que se empezaba a confirmar por un hecho entonces descubierto: el sitio en el que el fondo oceánico y los continentes geológicamente se ponen en contacto, el fondo su-



fre un fenómeno de absorción bajo las zonas de las profundas fosas oceánicas, así como de las cadenas montañosas costeras. Con esta teoría de las «zonas de subducción», junto con los conocimientos aportados por el geomagnetismo, las cordilleras centro-oceánicas y su explicación por Hess, comenzarían ya los estudios que afirmarían definitivamente la teoría de la deriva continental.

### CONFIRMACIONES

Los estudios posteriores llevarían no sólo a detallar más la teoría de la deriva de los continentes, sino también a su confirmación definitiva. Habíamos mencionado antes que Hess había dicho que los continentes se movían gracias a la fuerza de los nuevos suelos oceánicos al ser estos últimos formados, pero entonces surgía una nueva pregunta: ¿qué fuerza era a su vez causante de esta expansión del suelo oceánico? La respuesta se encontraba en la convección del manto. Esta capa, al poseer tan grandes temperaturas, se comporta muchas veces como un fluido, y al ser generada una gran cantidad de calor bajo ellas, grandes masas de dicho manto se elevan hasta cerca de la corteza terrestre ejerciendo una presión bastante considerable, que se puede utilizar para los desplazamientos antes mencionados. Dichas fuerzas de convección también se producen en las masas de agua de los océanos, y en las de aire, de la atmósfera, y son importantes agentes dentro de la circulación de sus respectivas masas de fluido, por lo tanto, no tiene nada de raro que esto pueda observarse también en las materias constitutivas del manto terrestre.

Un objeción aparente a esta idea podría ser que, si tanto suelo oceánico se ha ido produciendo a lo largo de la historia geológica del planeta, ¿cómo es que los continentes han conservado su extensión aproximadamente igual a lo largo de todo el tiempo, si el suelo oceánico no ha hecho más que crecer? La respuesta es más fácil de lo que parece. Pensemos por un momento en nosotros mismos. Constantemente estamos produciendo sangre en nuestro cuerpo, sin embargo, a medida que

pasan los años no nos llenamos de sangre. Nuestro volumen sanguíneo se mantiene siempre constante en relación con la edad y el peso, y todo ello gracias a que contamos con unos sistemas que regeneran nueva sangre y otros que destruyen el material ya no utilizable. Otro tanto sucede en el océano, se forman nuevos suelos oceánicos, pero el más antiguo se sumerge en las grandes fosas y debajo de zonas insulares, donde es reabsorbido por el manto. Se crea materia nueva, la antigua se destruye. Ahora la teoría adquiere una mayor consistencia.

Volvamos ahora, por un momento, nuestras miradas hacia la cordillera centro-oceánica. Siendo el espesor del océano relativamente pequeño si tenemos en cuenta el diámetro de la Tierra, es lógico que muchos puntos de esa cordillera sobresalgan de la superficie del mar. (Recordemos por un momento que la profundidad media de los océanos es de 4.000 metros aproximadamente; aunque la fosa más profunda conocida, la de las Marianas, alcance casi los 11.000 metros). Algunas de estas elevaciones sobre la superficie del mar son por todos conocidas: Islandia, las Azores, Tristán da Cunha, etc. Otras islas, como Madeira y hasta Fernando Poo, son producto de las derivaciones de dicha cordillera. Recordemos que en algunas de estas islas (no se olviden las catástrofes de algunos años atrás), la actividad volcánica sigue vigente. En cuanto a lo referente al océano Pacífico, si tomamos el caso de las islas Hawai, veremos cómo éstas también se elevan muchos kilómetros desde el fondo oceánico. Tanto de la «mecánica» de cómo se debieron derivar los continentes, así como de la actual situación de la cordillera centro-oceánica, encontrarán los lectores esquemas acompañando este artículo.

Ahora, que la teoría se cimentaba sobre bases sólidas y que las explicaciones en torno a ella parecían más que razonables, era necesario encontrar pruebas que confirmasen definitivamente la misma. En un artículo del geólogo Patrick M. Hurley, profesor en el prestigioso Instituto Tecnológico de Massachusetts, y publicado en la no menos prestigiosa revista «Scientific American», hace seis años, se daba publicidad a una serie de

Fig. 4. — En este esquema se puede observar el lugar donde las corrientes de convección del manto comienzan a ejercer su fuerza y donde se iniciará la formación de nuevo suelo oceánico, partiéndose el continente original y quedando dos. En la segunda ilustración se advierte ya cómo ha quedado una cordillera centro-oceánica entre medio de ambos continentes. A la izquierda, en la fosa es absorbido el suelo oceánico de la zona. Las montañas junto a la fosa cuyo origen estaba en el arco insular de la primera ilustración, correspondería perfectamente a los actuales Andes Sierra Maestra mejicana o bien a todo el sistema montañoso occidental de los Estados Unidos.

pruebas que parecían confirmar definitivamente la teoría de la deriva continental.

Uno de los primeros campos en los que se trabajó para la confirmación de la teoría fue en el del magnetismo terrestre, anteriormente apuntado. Cuando hacíamos mención a esta prueba, quizá no explicamos bien claramente cómo se puede saber que una roca está magnetizada en un sentido o en otro, y cómo se puede interpretar tal magnetización. Pues bien, las rocas, como todas las cosas, tienen un origen, y durante su formación —que suele durar millones de años, pueden quedar huellas de efectos exteriores a aquéllas. Las rocas están constituidas por cristales en su mayor parte, y si estos cristales poseen partículas de hierro, sucede que tales partículas al cristalizar, quedan retenidas en dirección y con la polaridad del campo magnético que existía en dichas rocas al formarse, salvo que algunos factores especiales, tales como un sobre calentamiento o distorsiones físicas de diversa índole lo impidan. De esta manera, como casi siempre es posible conocer con bastante exactitud la edad de una roca, se puede saber la dirección en que se encontraba el polo magnético de la Tierra en determinado período geológico. Entonces se descubrió que rocas de un mismo período geológico, pero de distintos continentes, apuntaban a lugares diferentes. ¿Cómo era esto posible, si el polo magnético sólo podía estar en un lugar a la vez?: la única solución, que parecía lógica, aunque bastante extraordinaria, era la de que los continentes se habían movido desde entonces hasta los momentos actuales.

Pero no sólo las rocas pueden estar magnetizadas, el suelo oceánico puede estarlo también; y así se ha observado por medio de un magnetómetro submarino, que el suelo oceánico estaba magnetizado en forma de franjas. En el trabajo de Hurley podemos leer: «Relacionando estas franjas con el descubrimiento de las inversiones magnéticas (el polo magnético de la Tierra ha variado de polaridad varias veces) y la teoría de Hess de que las cordilleras y "rifts" (hendiduras o grietas adjuntas a esas cordilleras) eran el lugar de expansión y elevación del nuevo material... se propuso la hipótesis de la creación conti-

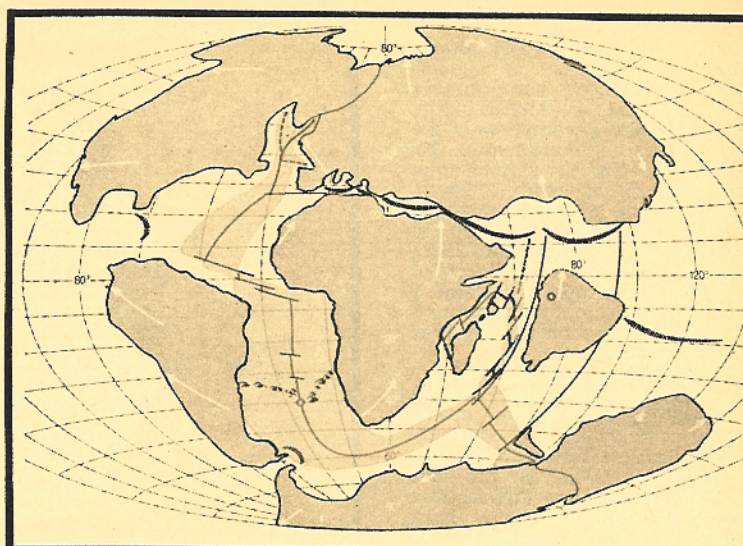
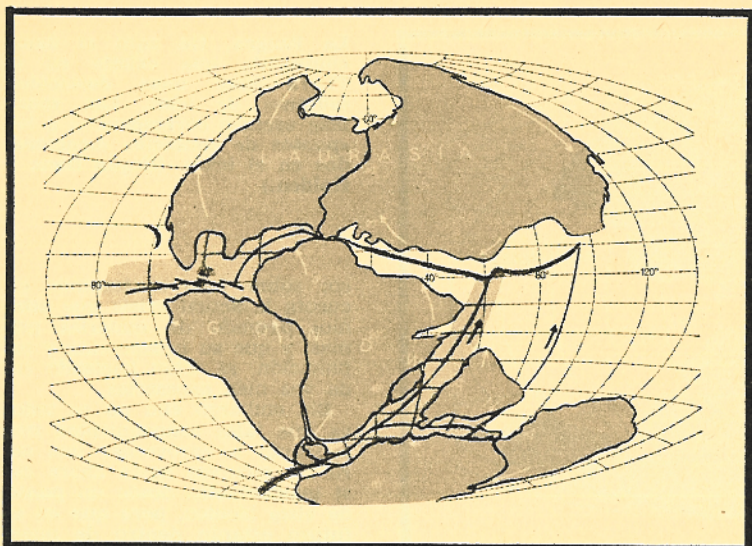


Fig. 6. — Veinte millones de años más tarde, la Pangea se divide en dos grandes supercontinentes: en el norte, Laurasia, constituido por la que hoy conocemos como América del Norte, Europa y Asia, excepto la India, que permanece aún a la derecha de África. Las líneas marcan los lugares por donde se produjeron las principales «roturas», así como las flechas indican la dirección de los movimientos. En el sur, el continente o supercontinente denominado Gondwana, constituido por lo que hoy conocemos como Sudamérica, África, la India, el Polo Sur y Australia. (Según Dietz y Holden.)

na de nuevos suelos oceánicos, lo que puede comprobarse examinando las muestras magnéticas a ambos lados de las cordilleras oceánicas». El estudio del magnetismo terrestre daba, pues, un buen espaldarazo a la teoría de la deriva continental.

Otra forma de confirmar la teoría era tratando de «ajustar», como si fueran piezas de rompecabezas, los actuales continentes, y estudiar la geología, la zoología y botánica de los «puntos de contacto». Desde el principio todo fue muy bien, muchos parecían ser los puntos de contacto, y tras estudiar las faunas y floras respectivas de dichos puntos, se llegaba a la conclusión de que muchos millones de años atrás la fauna de lo que hoy conocemos como Brasil, y la de la actual África ecuatorial era casi idéntica. Otro tanto se podía decir de la flora, así como de los materiales geológicos respectivos. Esto, como veremos al final del presente artículo, es de una importancia decisiva para comprender la evolución de la vida en la Tierra.

Otros detalles confirmatorios de la teoría son expuestos por

Fig. 8. — Hace sesenta y cinco millones de años, la separación es un hecho. La India se acerca a su unión con Asia. La zona que aún une América del Norte con Europa, se romperá en otro trozo que formará Groenlandia. (Según Dietz y Holden.)

Hurley en su artículo, aunque no diremos de ellos nada, ya que se haría el presente trabajo casi interminable. Aunque son menos espectaculares, no por ello son menos ciertos.

En los últimos años se han hecho una serie de estudios de la paleomagnetogeología de todos los océanos, en especial el Índico y el Pacífico noroccidental, que no han hecho más que confirmar las teorías antes mencionadas.

Gracias a varios trabajos desarrollados por el doctor Heirtzler y colaboradores del Observatorio Geológico Lamont-Doherty, investigando la parte sur de Islandia de la cordillera Centro-oceánica, tras analizar una gran cantidad de datos sobre magnetismo, se demuestra cómo hubo nada menos que 171 inversiones de polaridad magnética terrestres en los últimos setenta y seis millones de años, encontrándose esto en todos los fondos oceánicos de la Tierra, lo que da un considerable apoyo a la teoría de la deriva continental.

Novedoso, pero muy importante, es el concepto introducido y muy ligado a la deriva continental: placas tectónicas. El prestigioso geólogo J. Tuzo Wilson, hace de ella un estupendo resumen: «Ya que los fondos oceánicos son rígidos, los movimientos en la litosfera están confinados a los límites entre unas pocas gigantes placas. Es el frotamiento mutuo de estas placas lo que produce los terremotos; la localización de los focos de los seísmos de-

limitará, por consiguiente, los límites de la placa». Este concepto fue propuesto por W. J. Morgan.

Podríamos estar aquí haciendo una interminable relación de otras pruebas que confirman definitivamente la teoría de la deriva continental; sin embargo dejamos esto aquí, ya que la mayoría de ellas son sumamente abstractas, y necesitaríamos un artículo de divulgación para cada una de ellas. Hemos expuesto aquí las más importantes, y a la vez las que el público puede captar mejor de acuerdo con la facilidad que resulta al ilustrarlas.

Para terminar el presente trabajo, hablaremos de las consecuencias que trae para la ciencia moderna la aceptación de esta teoría que son más importantes de lo que parece «a priori».

## TRASCENDENTES CONSECUENCIAS

Así como el hecho de aceptar que era la Tierra la que se movía en torno al Sol y no viceversa, causó una tremenda conmoción científica en la época que tal cosa ocurrió, el hecho de aceptar que los continentes antes formaban una sola masa y hoy están donde están porque se han movido (y además se siguen moviendo) es de una importancia incalculable, como podremos ver más adelante.

La forma que poseían todos

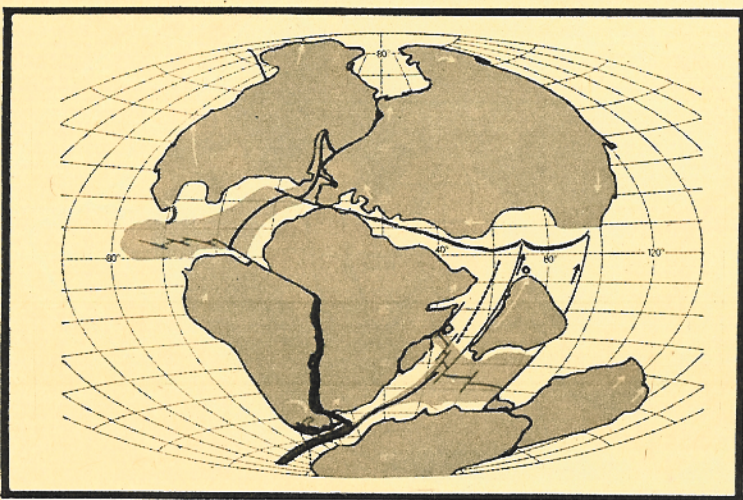


Fig. 7. — Hace ciento treinta y cinco millones de años comienzan a separarse los diferentes trozos de los dos supercontinentes para formar los actuales. Las formas nos recuerdan más las actuales. Ya la península Ibérica es un hecho. (Según Dietz y Holden.)

los continentes juntos hace unos doscientos millones de años (a cuya masa llamó Wegener «Pangea») así como su gradual disgregación y movimientos, creemos que viene suficientemente explicada en las ilustraciones que acompañan al texto. Según los estudios hasta ahora realizados, la Pangea rota hace ciento ochenta millones de años, empezando a separarse. La primera división que sufrió la Pangea fue en dos grandes supercontinentes: Laurasia, en el hemisferio norte, y Gondwana (ya la hemos mencionado anteriormente) en el hemisferio sur.

Ahora bien, si sabemos lo que ha sucedido desde hace doscientos millones de años, ¿esta parte y también sabemos las causas que originan el movimiento de los continentes? ¿es válido suponer dónde estarán los continentes dentro de, por ejemplo cincuenta millones de años? El ya mencionado Robert Dietz y John C. Holden, ambos de la National Oceanic and Atmospheric Administration creen que sí, y hasta han dibujado un mapa de lo que suponen que será nuestra geografía dentro de cincuenta millones de años. Nos hemos permitido reproducir dicho dibujo en estas páginas (apareció en «Scientific American», en su número de octubre de 1970).

Entre las cosas más extraordinarias de esta «predicción» está el que se supone que América del Norte y Centroamérica se separarán de Sudamérica por la parte que hoy conocemos como Panamá. En lo que se refiere a la península Ibérica se observará un estrangulamiento en la zona pirenaica, a la vez que la costa de África se acercará por la parte de Levante y Cataluña. La península Itálica, por otra parte, tenderá a inclinarse hacia el este, mientras Grecia desaparecerá. Esto es lo más importante en cuanto al continente europeo se refiere.

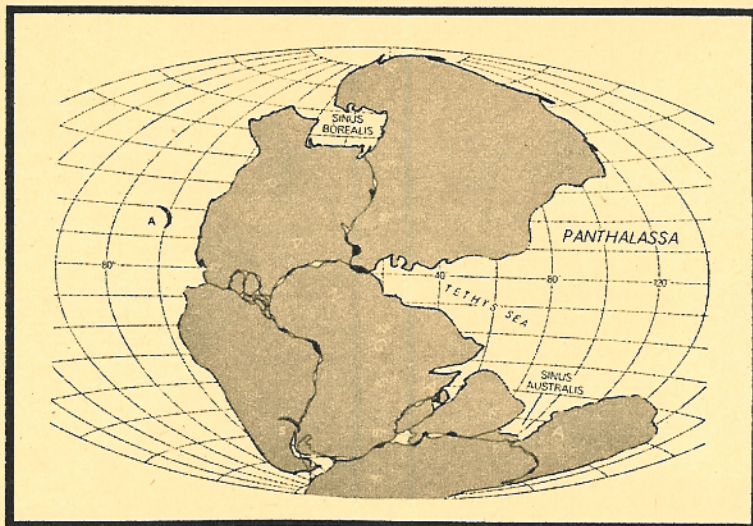
Africa no sufrirá casi alteraciones, excepto en lo concerniente a la zona comprendida entre Etiopía y Mozambique, que tenderán a romperse y separarse del continente. En cuanto a Asia, se supone que desaparecerá el golfo Pérsico, por unión de Arabia Saudí con el Irán (siempre utilizando la geopolítica de 1974). La India tenderá a desplazarse hacia el este, mientras que Australia y Nueva Guinea tenderán de una manera espectacular, a moverse hacia el norte.

Naturalmente esto son tan sólo unas especulaciones, aunque es posible que en líneas generales la posición de los continentes sea la anteriormente apuntada para dentro de 50 millones de años; aunque sea una lástima no poder estar entonces para comprobarlo; sin embargo, si dentro 50.000 o 100.000 años, la Humanidad sigue existiendo, los hombres de ciencia podrán comprobar las posibilidades de tales desplazamientos, ya que se tendrán datos más precisos, mejores instrumentos... y podrán comparar sus conocimientos con los que ahora, tan modestamente, estamos iniciando.

## LA VIDA

La vida hacia bastantes millones de años que había aparecido en nuestro planeta cuando comenzó la disgregación de la Pangea. Tanto es así que hace 200 millones de años, que empezábamos a entrar en la era de

Dentro de cincuenta millones de años el mundo puede ofrecer este aspecto. Partiendo de los actuales movimientos de las plataformas, los especialistas han estudiado cuáles habrán sido las derivas de los continentes al final de nuestra Era, que vienen en denominar con el nombre de Psicozoica. Puede verse que el Atlántico —en especial, por el sur— y el Índico, siguen creciendo a expensas del océano Pacífico. Australia se desplaza hacia el norte y una parte de África inicia su separación del continente. El Mediterráneo se va cerrando y la península Ibérica deriva hacia el norte, cerrando el golfo de Vizcaya.



los reptiles. La de mamíferos no comenzaría hasta unos 135 millones de años después, es decir, hace 65 millones de años. ¿Qué consecuencia ha podido traer esto dentro de la evolución? Muchas y muy importantes. Es muy probable que la mayor diversificación que alcanzaron los mamíferos (30 órdenes) frente a los reptiles (20 órdenes), se debió al hecho de una mayor diferencia geográfica. Por otra parte los aislamientos de muchas zonas de micromamíferos, no permitió la llegada a las mismas de grandes depredadores de aquellos, lo que ha tenido una importancia tremenda en la ecología de eras pretéritas. En un artículo aparecido en 1972, que estaba firmado por A. Hallam en «Scientific American» de noviembre de aquel año se menciona el hecho de que antes Sudamérica estaba separada del resto del continente americano, lo que no permitió la llegada al mismo de los grandes depredadores que una vez formado el istmo de Panamá, acabaron con muchas de las especies de la América meridional.

Ahora son pocas las consecuencias que se han sacado de la deriva continental con respecto a la evolución biológica, sin embargo, cuando muchos zoólogos y paleontólogos se pongan sobre el asunto, los descubrimientos serán de los más variados y me atrevería a decir que hasta sorprendentes.

## MATERIA MINERAL

Con respecto a los posibles recursos minerales que puedan ser encontrados, gracias a esta nueva revolución científica que significa la deriva continental, son muchas. Hoy en día se ve cómo el descubrimiento de nuevos y grandes yacimientos, se hace más que por una búsqueda «pico en mano», gracias a una gran cantidad de consideraciones teóricas. Recordemos que en la anterior misión «Skylab» se daban varias noticias acerca de los descubrimientos que, desde el espacio, se hacían sobre nuevos recursos minerales. Pues bien, gracias a las nuevas técnicas de investigación, como al mejor conocimiento que hemos obtenido de la evolución de nuestro planeta, las posibilidades de adivinar dónde se podrán encontrar nuevos yacimientos se multiplican. Al conocer los actuales yacimientos y gracias a las nuevas ideas aportadas por la tectónica de placas, ya sabemos cómo se han originado muchas vetas minerales cuya génesis aparecía dudosa, y su posible evolución; con lo que los datos de una teoría que al principio parecía algo pragmática, abstracta, que poco podía interesar no sólo ha cambiado la idea misma que teníamos de los continentes; sino que además se ha mostrado que a la larga, sin que nadie lo pudiese prever, podrá ser de un gran interés de carácter práctico.

La Pangea. He aquí el único continente que existía en la Tierra hace unos doscientos millones de años. Las zonas más oscuras corresponden a los «puntos de contacto» mencionados en el texto. (Según Dietz y Holden.)

co; sobre todo si tenemos en cuenta la actual crisis que estamos pasando de materias primas, y que su prospección y explotación, se están haciendo cada vez más necesarias.

Sin embargo ello no es todo, ya que tales conocimientos nos ayudarán a aprovechar una serie de recursos hasta ahora casi inalcanzables desde un punto de vista técnico, pero que en el futuro estarán dentro de nuestras posibilidades tecnológicas: los recursos marinos. No olvidemos que tres cuartas partes (casi) de la superficie terrestre es océano, aunque la exteriorización más palpable de todo lo que encierra, que aquí hemos resumido, está en la deriva continental, los procesos que la originan son marinos, y gracias a tales conocimientos, comprendemos mejor la geología submarina actual.

Para terminar como empezamos, hablando de Galileo, no podemos dejar de recordar la frase póstuma de aquel insigne astrónomo, cuando echamos una ojeada a todos esos hombres que defendieron durante tanto tiempo, contra todos y contra todo, la teoría de la deriva continental; «pero a pesar de todo, se mueven».

ALDEMARO ROMERO

## BIBLIOGRAFIA

- Branson, E. B. (1959): «Elementos de Geología». Ed. Aguilar. Madrid.
- Banfi, A. (1967): «Vida de Galileo Galilei». Alianza Editorial. Madrid.
- Hallam, A. (1972): «Continental Drift and the Fossil Record». «Scientific American». November, 227 (5): 56-66. New York.
- Varios (1974): «Deriva continental y tectónica de placas». «Selecciones de Scientific American». Ed. Blumé. Madrid.
- Tazieff, H. (1974): «Los volcanes y la deriva de los continentes». Nueva Colección Labor. Ed. Labor. Barcelona.
- Valentine, J. W. & Moores, E. M. (1974): «Plate Tectonics and the History of Life on the Oceans». «Scient. Amer.». April 230 (4): 80-89. New York.

COMENTARIO: Mientras se preparaba este artículo, apareció la obra firmada por varios autores «Deriva continental y tectónica de placas», que trae traducidos y comentados los artículos aparecidos en «Scientific American» sobre el tema, por lo que este autor se limita a mencionarla sin insertar aquí los artículos allí incluidos y que con anterioridad había utilizado y consultó. Se recomienda, ya que tiene la suficiente claridad y profundidad como para ampliar sobre el tema. La obra de Tazieff, por otra parte, aunque sólo trata el aspecto del vulcanismo relacionado con la deriva continental, también es una obra interesante.

