

LOS CONTINENTES INQUIETOS

Por: **WALTER SULLIVAN**

*Artículo del Boletín de la
Sociedad Geográfica de Colombia
Número 112, Volumen 31
1978*

Durante siglos, el hombre se ha maravillado ante los prodigios de la naturaleza: árboles fósiles en la Antártida, el anillo de volcanes que circunda el Océano Pacífico y la forma extraordinaria en que la América del Sur encaja con el continente africano. Descubrimientos recientes en campos tan diversos como son la vigilancia de temblores, las perforaciones de los lechos marinos profundos y la detección de explosiones nucleares han proporcionado, por fin, la clave que explica uno de los grandes secretos de la Tierra y relaciona los citados fenómenos, al parecer tan distintos unos de otros.

En este artículo, un notable escritor de temas científicos explora los procesos que hacen que los continentes floten lentamente por la faz del globo, que grandes montañas surjan y que gigantescos mares nazcan y mueran.

Walter Sullivan es redactor científico del New York Times y autor de varios libros científicos, entre los que figuran *Continents in Motion* (Continentes en movimiento). Su artículo está condensado del que apareció en el New York Times Magazine.

¿Podemos considerar seriamente la teoría de que Boston fue en otro tiempo parte de África y estaba separada del oeste de Massachusetts por un océano? ¿O la de que Nueva York está hoy más lejos de Londres que hace un año? ¿O la de que algún día Los Ángeles se acurrucará al lado de San Francisco?

Hasta hace poco tiempo, semejantes teorías nos hubieran parecido ridículas, pero hoy, el nuevo y revolucionario conocimiento que tenemos del planeta las ha hecho plausibles. Gracias a este conocimiento podemos explicar también un buen número de misterios más antiguos acerca de la Tierra: los hombres de ciencia se han devanado los sesos desde hace mucho tiempo ante la clarísima evidencia de cambios de clima radicales en diversas partes del globo. Por ejemplo, las islas de Spitzbergen son una rica fuente de carbón, que se formó tiempo ha en un ambiente subtropical; esta riqueza es explotada activamente por Noruega y la Unión Soviética; sin embargo, Spitzbergen se encuentra en el Océano Ártico. En Groenlandia quedan restos de arrecifes coralinos propios de las aguas cálidas, y en las montañas de las costas de la Antártida, próxima al Polo Sur, existen árboles fósiles de considerable espesor, prueba de que en otro tiempo este continente cubierto de hielo lo estuvo de bosques. Por otro lado, se observan en África ecuatorial las cicatrices dejadas por pasadas edades glaciales.

Tales fenómenos podrían explicarse suponiendo que se hayan producido lentos cambios en la inclinación del eje de rotación de la tierra, y algunos científicos dedicados a estos estudios creen que tuvieron parte en ello; pero tales alteraciones no pueden explicar la singular distribución de plantas y animales en el globo terráqueo. Por ejemplo, aun cuando parece ser que los marsupiales, ascendientes del canguro y la zarigüeya de nuestros días, se evolucionaron en el continente

americano, hoy son más abundantes y variados en Australia; sin embargo, no existen pruebas fósiles de que hayan emigrado por Asia. Los lemures, que son los primates más primitivos, se encuentran en Madagascar y en África oriental, así como en el extremo opuesto del Océano Índico, en el sur de Asia, pero no los hay en la masa continental asiática y africana que están en el medio. Además, el hipopótamo retoza en las aguas de Madagascar así como a lo largo de la costa de África, separadas por más de 400 kilómetros de mar. ¿ Cabe suponer que las perezosas bestias hayan nadado todo el trayecto? Algunos científicos postularon la teoría de que un continente, al que llamaron Lemuria, en alguna época llenaba lo que hoy es el Océano Índico, a fin de contar con el necesario eslabón terrestre.

La Teoría de la Deriva de los Continentes

Fue un explorador alemán, Alfred Wegener, quien en 1912 pretendió explicar dichos fenómenos con la noción de que los continentes están en movimiento, unos respecto de otros. Si bien algunos científicos del siglo XIX habían especulado acerca de movimientos de continentes en el pasado (en especial la separación de África y América del Sur, cuyas costas encajan de manera tan notable), Wegener fue el primero en enunciar una teoría amplia de la deriva de los continentes. Descubrió el explorador que, cual piezas de un rompecabezas, todos los continentes podían ajustarse para formar un supercontinente, al que llamó Pangaea. Según él, Pangaea empezó a fracturarse durante la era de los dinosaurios, hace unos 150 millones de años. Antártida, Australia, India y África se separaron inicialmente, y después África y Sudamérica, "como trozos de un témpano flotante", a lo que siguió la apertura del Atlántico Norte.

Cuando la expuso por vez primera, la teoría de Wegener era una herejía científica. Sin embargo, un acervo de nuevas pruebas señala que los continentes se mueven-aunque la pauta de su movimiento es todavía mayor de lo que Wegener supuso. Así reconsiderada y elaborada, la teoría de la deriva continental es de capital importancia para nuestro futuro.

Hoy, dicha teoría ve la superficie rígida del planeta como dividida en seis u ocho gigantescas placas, o formas irregulares, con otras más pequeñas que llenan los resquicios entre ellas. Algunas, como la placa del Pacífico, están formadas casi totalmente por el fondo del mar. Otras lo están, en parte por suelo marino y en parte por masa continental; por ejemplo, América del Norte y la mitad occidental del Atlántico Norte constituyen una sola placa que se extiende desde Islandia hasta San Francisco.

La Tierra como una Manzana

El interior de la tierra puede compararse con el de una manzana. En el centro está el corazón, formado tal vez por níquel y hierro, con una parte líquida externa pero con un centro solidificado debido a las presiones ejercidas por el peso del material que soporta. La corteza de la Tierra es apenas más gruesa, comparativamente hablando, que la cáscara de una manzana. Está dividida en "dos "provincias" claramente distintas, según reconoció Wegener cuando enunció su teoría: los suelos marinos profundos y los bloques continentales. Los suelos marinos profundos se hallan, típicamente, a tres o cinco kilómetros bajo el nivel del mar. Los bloques continentales están por encima del nivel del mar, o a no más de unos centenares de metros por debajo de ese nivel.

Entre el corazón y la corteza está el manto, el cual, como en el caso de la pulpa de la manzana, constituye la mayor parte. La mayor parte del manto es relativamente rígido y denso. Sin embargo, gracias a nuevos y refinados métodos para el análisis de los movimientos telúricos, se ha demostrado que los 150 kilómetros superiores del manto (más o menos) son relativamente blandos: un estrato lubricante que hace posible el movimiento de las placas, y que quizá esté también en movimiento, llevando a lomos dichas placas.

Uno de los movimientos primarios de las placas consiste en separar los lechos marinos a lo largo de cordilleras como la que existe de norte a sur en la línea central del Atlántico: es este movimiento el que cada día aumenta la distancia a que se encuentra Londres. Y a medida que a cada lado de la cordillera las placas se alejan una de otra, debajo de ellas surge roca caliente, semifundida, que llena las hendeduras. En toda la red global de este tipo de cordilleras submarinas se forman nuevos lechos marinos que semejan las resquebraduras de un huevo cocido y constituyen las "costuras" de las placas (otras ramas se extienden dentro del Océano Índico y virtualmente en todas las restantes zonas oceánicas).

Otro tipo de movimiento se produce allí donde las placas se deslizan paralelamente, en vez de ser separadas. La placa del Pacífico, por ejemplo, se desliza hacia el noroeste, en relación con la placa norteamericana. La margen occidental de la placa norteamericana ha sido desprendida del continente por la placa del Pacífico, que la arrastra consigo hacia el norte, lo cual explica los temblores que se sienten a lo largo de la Falla de San Andrés, en California, que marca los límites entre ambas placas. Dicho movimiento, que equivale apenas a poco más de tres centímetros por año, es lo que al cabo de unos 20 millones de años llevará a la ciudad de Los Ángeles al lado de la presente ubicación de San Francisco.

En el Interior de la Tierra

Por cada tres centímetros que se añaden a la anchura del Atlántico, y que separan a Eurasia y América en el lado atlántico del planeta, tiene que haber una disminución equivalente del Pacífico, a medida que esas dos gigantescas masas de tierra se van acercando, por el lado de dicho océano. Ahora bien, si la actividad volcánica agrega nuevos lechos marinos a lo largo de la línea central del Atlántico, ¿de dónde se sustrae ese material en el lado del Pacífico? Ahora se sabe de cierto que el lecho marino está siendo forzado (o arrastrado) hacia el interior de la tierra a lo largo de los arcos volcánicos que circundan el océano, de Alaska y las Aleutianas a Japón, las Marianas, las Filipinas y las islas del Pacífico suroccidental.

Una actividad similar existe a lo largo de las costas de Chile y Perú, que compensa la contracción del Pacífico, al ser empujada la América del Sur hacia el oeste. Si los océanos fuesen lechos secos, las fosas submarinas que corren paralelas a los arcos formados por las islas y la costa peruano-chilena serían de los aspectos más prominentes de la superficie de la tierra.

Especialmente notable es el patrón de la actividad telúrica debajo de los arcos de las islas y las zonas costeras volcánicas. Los temblores se producen en una zona claramente delimitada; que es la más superficial bajo el lecho de las fosas submarinas, y que luego desciende en declive bajo la línea de islas, o bajo la costa, como en el caso de Perú y Chile. Ese declive puede extenderse hasta una profundidad de alrededor de 644 kilómetros, o un décimo de la distancia al centro de la Tierra. Al parecer, no hay duda de que lo que ocurre es cómo el lecho marino está descendiendo hacia las profundidades del globo; los temblores son causados bien porque la placa descendente entrechoca con la que está encima de ella, o debido a algún otro proceso relacionado con el descenso. Ningún temblor se produce más allá de unos cuantos cientos de kilómetros de profundidad, supuestamente porque llegado allí el material que forma el lecho marino se ha calentado y suavizado demasiado para producir temblores.

Los volcanes que se elevan sobre esta placa descendente se originan a una profundidad de 96 a 160 kilómetros. Al parecer, parte del material del suelo marino empieza a fundirse a esa profundidad, y se abre camino hacia la superficie convertido en lava.

Colisiones Continentales

Si los continentes flotan a la deriva incrustados en placas, y en unión de vastos terrones de fondo marino, ¿ qué ocurre cuando dos de ellos chocan? Si bien la roca de los fondos marinos, que es muy densa y pesada, puede ser forzada a descender a las profundidades de la tierra, las rocas continentales son demasiado ligeras para hundirse. El resultado de una colisión de continentes significa, por tanto, una abrumadora deformación del paisaje.

Es evidente que acontecimientos épicos de este tipo fueron el origen de los Alpes, los Himalaya, los Urales y los Apalaches, Los Alpes fueron empujados hacia arriba por el movimiento de Africa contra el flanco meridional de Europa. Los Himalaya surgieron cuando India se estrelló contra el flanco sur de Asia. Los Urales se produjeron cuando un océano que otro la separaba a Europa de Asia fue expulsado, haciendo que Siberia chocase con Rusia. Por su parte, los Apalaches se formaron cuando el predecesor del Océano Pacífico se encogió, tal y como lo está haciendo actualmente el Pacífico mismo, hasta que sus costas opuestas se aplastaron mutuamente.

Después de esa colisión, cuando el supercontinente original, o Pangaea, se dividió en continentes que derivaron a lados opuestos del Atlántico, parte de África y Europa se quedaron adheridas a América del Norte, y parte de América quedó unida a Europa. Es por ello por lo que, según lo demuestran los fósiles hallados, parte del borde de América del Norte (incluyendo el oriente de Massachusetts) perteneció en el pretérito a Africa. ¿ Cuánto hace que están en marcha estos maridajes y divorcios entre los continentes? Se cuenta con pruebas fehacientes apenas para los últimos cientos de millones de años, cerca de un décimo del tiempo transcurrido desde la creación de la superficie de la Tierra. Pero no es mucho lo que sabemos todavía acerca de las actividades que son causa de tales movimientos, si bien es general la creencia que es responsable alguna forma de convección, ese patrón de circulación que se produce cuando calentamos un fluido o un gas, por ejemplo, cuando calentamos agua en la estufa: el agua se eleva sobre la flama, se enfría y se extiende en la superficie, luego se desliza hacia abajo por los lados de la olla, para volver a fluir encima de la fuente de calor.

La Herejía de Ayer

Pero cualquiera que sea el proceso, .10 que en 1912 era una herejía, hoy es credo aceptado.

Los fósiles hallados en viejas rocas nos han enseñado que durante el período de formación del carbón, hace unos 300 millones de años, existía una vegetación uniforme en tierras hoy diseminadas desde el Polo Sur hasta la India. Una hipótesis era lo que dichas tierras Africa, Antártida, Australia, India y América del Sur- estuvieron unidas alguna vez por un continente hoy sumergido, al que se ha dado el nombre de Gonduanalandia, por una región de la india habitada por una tribu aborigen, los gondos, donde esta formación tan rica en fósiles está siendo expuesta hoy ampliamente. ¿Es posible que, al igual que la legendaria Atlántida, un continente se haya ido al fondo de los mares?

Para Wegener y sus contemporáneos era evidente que, efectivamente, vastas extensiones continentales se hunden cuando las cubre una pesada carga de hielo, para resurgir una vez libres de ese peso. Tales movimientos son lentos. Partes de Finlandia, que quedaron libres de la carga de la última edad de hielo hace cerca de 10.000 años, por ejemplo, siguen elevándose a razón de cerca de un metro por siglo. Estas altas y bajas implican que el interior de la tierra es lo bastante plástico para emerger de debajo de un continente y luego refluir hacia atrás una vez libre de la carga.

Fue dicha plasticidad lo que hizo que Wegener considerase plausible la deriva de los continentes. Para él, era mucho más probable que continentes distintos que alguna vez tuvieron una

flora y una fauna comunes se hubieran separado, que el que una gigantesca masa de tierra firme, como la hipotética Gonduanalandia, se hubiera sumergido inexplicablemente.

La idea original de Wegener fue la que los continentes surcaban los lechos marinos como barcos que navegasen cortando una delgada capa de hielo. Presentó pruebas de cambios radicales en las pasadas ubicaciones de los continentes, pruebas que eran impresionantes, pero para la mayoría de los geólogos resultaba difícil aceptar la metáfora de los surcos.

Un Planeta Dinámico

Para 1960, Harry Hess, jefe del Departamento de Geología de la Universidad Princeton, había reunido suficientes pruebas sismológicas para elaborar, por medio de descubrimientos aparentemente inconexos acerca de los movimientos telúricos oceánicos y el flujo de calor en el lecho del mar, un cuadro abarcante de un planeta dinámico. En lo que describiera como "un ensayo en geopoesía", Hess propuso que bajo las cordilleras oceánicas eleva roca caliente, semifundida que brota de ellas para extenderse en grandes corrientes de convección que están abriendo los lechos marinos en sus costuras. A lo largo de esas costuras (las cordilleras) emerge roca fundida que llena las hendiduras al ser alejadas unas de otras las placas de suelo marino. Ahora bien, Hess apunta que si las cordilleras están donde el nuevo suelo marino es fabricado, es en las fosas submarinas donde el suelo marino desciende a las profundidades de la Tierra. Cuando la placa de suelo marino descendente alcanza profundidades de 96 a 160 kilómetros, parte del material se funde como resultado del calor y la presión para luego forzar su camino ascendente, en forma de lava, y crear volcanes.

El lecho Marino se Extiende

Robert S. Dietz, científico de la Armada estadounidense, se apresuró a adoptar la idea de Hess, a la que llamó hipótesis "del lecho marino que se extiende". Dietz comenzó a estudiar la manera en que dicha teoría podía explicar la historia pretérita de los continentes, pero en general no encontró muchos partidarios. La resistencia a aceptar la "herejía" comenzó a debilitarse sólo a raíz de nuevos hallazgos, fruto de investigaciones del magnetismo terrestre que, en apariencia, nada tenía que ver con aquella.

Ya en los comienzos de este siglo se sabía que si las partículas de hierro que contienen la arcilla de alfarería, la lava y otros materiales, se calientan lo suficiente, se alinean con el campo magnético de la tierra. Tan pronto como el material se enfría de nuevo, las partículas se inmovilizan en esa posición, como minúsculas y aherrojadas agujas de compás. En esta forma, indican la orientación del campo magnético de la Tierra en el momento y lugar del calentamiento, mil o un millón de años atrás.

El análisis de restos de magnetismo en urnas y rocas halladas en varias islas y continentes produjo buen número de notables hallazgos. Desde luego, se hizo evidente que los polos magnéticos habían "emigrado" en el transcurso del tiempo: habían cambiado de posición siguiendo rutas que podían trazarse en un mapa. (Se supone que tales movimientos tienen relación con fenómenos acontecidos en las profundidades del centro fluido de la Tierra, y quizás a cambios en el eje de rotación del planeta.) Pero lo que es todavía más importante es cómo las "agujas aherrojadas" dentro de las más viejas rocas de Europa y América del Norte, apuntaban en diferentes posiciones hacia el Polo Norte, y marcaban diferentes rutas de migración. Sólo si se imaginara que los dos continentes habían estado unidos y luego se habían separado, coincidieran las rutas migratorias del Polo Norte Magnético.

Otro notable descubrimiento fue cómo en el curso de los últimos millones de años el campo magnético de la Tierra se ha volteado cuando menos dieciséis veces (es decir, el Polo Norte ha pasado a ser el Polo Sur, y viceversa). Las causas de estas maromas siguen siendo inciertas (también aquí se cree que ello se debió a fenómenos ocurridos en el centro fluido del planeta), pero el calendario de los cambios ayudo a confirmar el argumento de la deriva de los continentes, y de manera que nadie sospechaba cuando se descubrieron.

En 1955 y 1956, el estudio magnético del fondo del pacifico reveló una serie de "avenidas" más o menos paralelas, de norte a sur, con campos magnéticos que, de avenida en avenida, alternaban entre una intensidad anormal y una debilidad también anormal. Después de mucho discutir, un joven científico británico, Frederick J. Vine, quien había estado estudiando anotaciones de cursos magnéticos similares en el Océano Indico, acabo por adivinar la razón de ser del fenómeno.

Mensaje Magnético

Como tenía conocimiento de la teoría de expansión de los suelos marinos, y estaba al tanto de la nueva evidencia de cambios totales en el magnetismo terrestre, Vine dedujo que si el flujo de roca fundida hacia las cordilleras que se alzan en medio del océano era constante, y allí se endurecía y luego era arrastrada a ambos lados de la cordillera, formaría avenidas de roca magnetizada según la orientación del campo magnético de la Tierra en la época en que fue depositada. Cuando el campo daba la vuelta de campana, el nuevo fondo marino depositado a lo largo de línea central de la cordillera dejaría una huella que era el reverso de aquella correspondiente a la avenida anterior. De acuerdo con la lectura tomada por el buque que navegase por encima del campo alterado parecería diferir en intensidad del magnetismo de las avenidas a uno y otro lado.

Dos años más tarde, Vine y J. Tuzo Wilson, de la Universidad de Toronto, dieron los toques finales a la explicación. Se sabía que la tasa de alteración magnética era irregular: algunas veces el campo se había mantenido estable durante cientos de miles de años, pero en otras épocas había cambiado en unos pocos miles de años. Vine y Wilson supusieron que para conformarse con esas épocas magnéticas más largas o más breves tenía que existir un patrón de avenidas anchas y estrechas. La sucesión de avenidas, al igual que los puntos y rayas del código Morse, contenían un mensaje acerca del lecho marino, a ambos lados de una cordillera activa; y el patrón de un lado sería la imagen de la otra, como vista frente al espejo.

Ambos se apresuraron a examinar el mapa magnético del lecho del Pacífico frente a la América del Norte y allí, a cada lado de la Cordillera de Juan de Fuca (que, debido a su actividad telúrica, se cree está produciendo nuevo suelo marino), estaba ese patrón simétrico imaginado. Más notable aún era la simetría a uno y otro lado de la Cordillera Reykjanes, en el Atlántico.

Pruebas Fósiles

Una serie de hallazgos de fósiles en el Antártico añadieron un peso abrumador a la hipótesis de la deriva de los continentes. Durante el primer intento de ascender por el Glaciar de Beardmore, en su ruta hacia el Polo Sur, Sir Ernest Shackleton y su grupo había descubierto, en 1908, depósitos de carbón con restos de plantas fósiles semejantes a los de la India y otras partes de la hipotética Gondaunalandia.

En los últimos días de 1967, un geólogo de Nueva Zelandia halló un fragmento de hueso al este del Glaciar de Beardmore, al que se identificó, provisionalmente, como parte de la quijada de un laberintodonte. Los laberintodontes (llamados así por la laberíntica estructura de sus dientes) eran unos anfibios que marcaron una etapa crítica de la evolución, pues fueron los primeros que se arrastraron fuera del agua y empezaron a colonizar la tierra, hace unos 350 millones de años.

La posibilidad de que hubiera habido laberintodontes en la Antártida era tan emocionante, que Edwin H. Colbert, una de las máximas autoridades mundiales en anfibios y reptiles fósiles, se marchó al Polo Sur para buscar fósiles en las montañas al oeste del Glaciar de Beardmore.

Durante los veranos antárticos de 1969-70, las expediciones hallaron restos de una variedad de reptiles triásicos que parecían representativos de una fauna virtualmente idéntica a otra típica del mismo período, hace 200 millones de años, en África del Sur. En algún punto del período Triásico, entre 230 y 180 millones de años atrás, la Antártida tuvo que estar conectada con África.

Nuevo Concepto de la Evolución

Para los paleontólogos, la prueba de que la geografía del mundo había estado en constante flujo cayó como una bomba. Era necesario estudiar la historia de la vida desde una perspectiva totalmente nueva. Por ejemplo, una de las extrañas afinidades que resultaron comprensibles fue la semejanza entre los anfibios que habitaban Texas durante el período de formación del carbón, hace 300 millones de años, y sus contemporáneos en Checoslovaquia. Alfred Sherwood Romer, el gran paleontólogo de Harvard, señaló que los habitantes de Checoslovaquia eran tan semejantes a los de Texas como los anfibios de Nuevo México, apenas a unos centenares de kilómetros. La aparente anomalía podía explicarse gracias a la noción de que el Océano Atlántico no existía entonces como una barrera entre Europa y América del Norte.

Millones de años antes de que el Istmo de Panamá emergiera del mar, la América del Sur estaba separada de los continentes septentrionales, y allí se desarrolló el más extraordinario bestiario de marsupiales. Se trataba de las contrapartes marsupiales de la comadreja, el lobo y el gato, así como la Borhyena, comparable al puma. Una criatura tenía el tamaño del oso, y la otra tenía colmillos semejantes a los del tigre dientes de sable.

Mientras los marsupiales permanecieron aislados de otros mamíferos más eficientes, gozaron de libertad para proliferar y evolucionar en muchas formas. Pero los cambios de la geografía los traicionaron. Cuando los movimientos de presión ascendente del lecho del Pacífico hicieron emerger del mar a Panamá y los volcanes empezaron a hacer erupción a lo largo del istmo, los mamíferos placentarios de América del Norte se apresuraron a emigrar al sur. Los animales de pezuña eran demasiado rápidos para los marsupiales, que fueron eliminados, todos, con excepción de la modesta zarigüeya.

Quizá la más dramática aportación de la teoría a la reconsideración de la evolución está en lo que dice del papel de los maridajes y divorcios continentales y su influencia en el surgimiento del hombre. Durante el período relativamente reciente del desgajamiento continental, los mamíferos alcanzaron mucha mayor diversidad que los anteriores amos de la Tierra, los dinosaurios. Se supone que la razón de ello fue cómo el rompimiento proporcionó numerosos lugares aislados en los que diversas especies pudieron evolucionar sin competencia del exterior. Puesto que los primates (e inclusive el hombre) evolucionaron en dichas circunstancias, sólo cabe preguntarse si estaríamos aquí de no haberse producido el desgajamiento de los continentes, que alcanzó su mayor velocidad hace unos 150 millones de años.

Procesos en Actividad

Si resultaba difícil creer la teoría original de Alfred Wegener acerca de los continentes a la deriva, es más difícil aún comprender algunos de los monumentales procesos que, según sabemos, se realizan dentro de la corteza terrestre. Por ejemplo, parece que una sección del lecho del Pacífico, comparable en su extensión a todo el Atlántico occidental, ha descendido por debajo de los Estados Unidos a medida que el continente era llevado hacia el oeste. Los patrones magnéticos del lecho

del Pacífico sugieren que la mayor parte de la mitad oriental de ese lecho ha desaparecido por una fosa submarina que en un tiempo estaba a lo largo de la costa occidental.

Hoy, el patrón de movimiento a lo largo de la costa ha cambiado, y la fosa ha desaparecido. El descenso de la placa del pacífico por debajo de América del Norte ha producido una cadena de volcanes bastante uniformemente espaciados, desde el pico Lassen en el norte de California, hasta el Monte Rainier, en el Estado de Washington. Como ocurre con tales sistemas volcánicos en todo el mundo, forman una línea paralela con la costa a unos 160 kilómetros tierra adentro.

Pero el movimiento descendente de la placa ha disminuido, los volcanes están inactivos en su mayoría y a lo largo de la Costa Occidental es el declive noroccidental de la plataforma del Pacífico, relativa a la plataforma norteamericana, lo que predomina. La producción de suelo marino a lo largo de las cordilleras y el hundimiento de lecho marino por la costura continental parecen ser las causas de la mayoría, ya que no del total, de los depósitos minerales de que nuestra civilización depende. Las perforaciones de los suelos marinos profundos efectuadas por el Glomar Challenger (primer barco capaz de realizar dicha tarea), ha demostrado que hay sedimentos ricos en metal depositado allí donde se está formando nuevo suelo marino, a lo largo de las cordilleras meso-oceánicas.

Dicha actividad resulta más notablemente evidente en los charcos de salmuera a lo largo de la línea central del Mar Rojo, pero también parece trabajar eficientemente a lo largo de la más importante de las cordilleras submarinas activas del Pacífico: la Elevación del Pacífico Oriental. Al parecer, el agua del mar se abre paso hacia abajo, quizá a kilómetro y medio o más, hasta la roca caliente que emerge lentamente en la cordillera, dejando escurrir diversos componentes metálicos. Cuando el agua alcanza el suficiente grado de calor, sube a la superficie y hace erupción a través del lecho marino, en forma de geyser (depositando sedimentos metálicos) o se abre camino por las grietas del lecho rocoso, para formar venas de mineral.

Origen de Minerales y Petróleo

Luego, rocas y sedimentos avanzan con la plataforma oceánica, al alejarse ésta de la cordillera. Cuando una plataforma desciende por debajo de un continente, puede depositar en tierra su carga metálica. Por ejemplo, parece que una placa está descendiendo por debajo de la costa de Chile, a la tasa de 18 centímetros al año. A profundidades de 96 kilómetros o más, parte del material de la placa se funde y se abre camino hacia arriba, dentro de los Andes. No se tiene una idea muy clara de cómo atribuir a este proceso los depósitos de metales que existen en las altas montañas, pero los científicos sospechan que el cobre que se extrae de allí hoy se originó a lo largo de la Elevación del Pacífico Oriental, millones de años atrás.

Hace apenas muy poco que los geólogos comenzaron a percatarse de cómo el movimiento de las placas creaba las condiciones necesarias para los depósitos de petróleo. El proceso se inicia cuando dos masas de tierra se encuentran y clausuran una cuenca oceánica. La repetida vaporación del agua dejará en el lecho marino una capa de sal que, después de otro cambio geográfico, puede ser cubierta por otro sedimento rico en restos de animales y plantas. Estos últimos se descomponen en gas y gotitas de aceite, que son cubiertas por nuevas capas de sedimento. Luego, aquí y allá columnas de sal empujan hacia arriba a través de las capas, y al deformarlas las convierten en trampas que capturan las gotitas que emigran hacia arriba.

Parece que la cambiante geográfica del mundo ha preparado repetidas veces las condiciones necesarias para este orden de acontecimientos. En su infancia, el Atlántico era una cadena de estrechos mares, como el Golfo Pérsico. Más tarde, los depósitos de aceite creados bajo su lecho fueron divididos y arrastrados en direcciones opuestas, de modo que hay algunos frente a la costa de Nueva Inglaterra, así como las recién descubiertas fuentes frente a Noruega.

El Futuro de la Tierra

Esta reintegración de la historia de la Tierra se ha vuelto ya cosa común. La geología, considerada como una de las ciencias más asentadas, se ha visto arrastrada por un sentimiento vivificante. Sin embargo, quedan pendientes numerosos interrogantes, de los cuales el más básico se refiere al proceso por el cual se mueven las placas. Se presume que se trata de alguna forma de convección (un revolverse de material plástico caliente por debajo de las rígidas plataformas superficiales), pero la naturaleza exacta del proceso aún es dudosa. Una escuela cree que en ciertas zonas clave, como debajo de Islandia, grandes "plumas" de material semifundido emergen de las profundidades, casi tan recónditas como el núcleo de la Tierra, y se extienden por debajo de las placas rígidas de la superficie, para forzar su separación. Otros dicen que los movimientos emergentes, de extensión y de hundimiento se limitan a los pocos cientos de kilómetros que están inmediatamente debajo de las placas.

Que fuerzas de potencia inconcebible han estado en movimiento en la reestructuración de la superficie de la Tierra, es algo que está claro para quien observe las grandemente deformadas capas de roca que se encuentran donde se abre una nueva carretera. Hoy, estas fuerzas son mejor comprendidas que hace 20 años. Pero una de las bellezas de la ciencia es cómo está libre de toda finalidad. Jamás hay una respuesta definitiva. En su vehemente contestación a la euforia que saludó la nueva teoría de las placas, Vladimir V. Belousov, decano de los científicos soviéticos dedicados al estudio de la Tierra, manifestó lo siguiente:

Hemos dedicado nuestra vida a una ciencia difícil que, por desgracia todavía está compilando datos fundamentales. Apenas empezamos a penetrar los secretos del somerísimo interior. Sería irresponsable de nuestra parte tentar a los jóvenes con la afirmación de que todas las dificultades han sido superadas.

Muy probablemente, la mayoría de los científicos dedicados al estudio de la Tierra convendrían en que Belousov se pasa de cauto. Pero convendrían con él en que, en nuestros afanes para comprender el planeta que habitamos, aún no tenemos el final a la vista. En particular, el futuro lejano es algo más allá de nuestras facultades de predicción. ¿Acabará por desaparecer el Océano Pacífico al avanzar hacia el oeste la placa norteamericana? ¿Llegará un momento en que el Atlántico sea tan grande como lo es hoy el Pacífico? ¿Chocará con Asia el continente americano? ¿Son en verdad tales colisiones las que acarrearán un cambio forzoso en los modelos de movimiento? Dado el caso de que la América se uniera a Eurasia, ¿se producirá el desgajamiento de los continentes en alguna otra parte?

Las respuestas a tales preguntas son difíciles, porque sabemos poco a cerca del pasado más lejano, antes de la fractura de Pangaea que creó el Atlántico. No estamos seguros de si la presente era de "deriva" es una "nueva" fase, en términos geológicos, o si los continentes han estado en constante movimiento durante toda su historia de más de 4.000 millones de años. Un mejor conocimiento del pasado nos podrá dar una idea de cuál será nuestro destino en el futuro lejano.

