

ORIGEN Y ESTRUCTURA DE LOS CONTINENTES

Introducción

La época presente, connotada por su conocimiento y uso de la ciencia, no ha sido constante en su apoyo a ella, puesto que a menudo una rama ha concentrado su atención, haciendo abstracción del resto.

La Geología alcanzó su época de oro hace un siglo. En ese entonces, la controversia sobre la Evolución con su corolario de que la Tierra tenía millones de años de edad, estaba en su cenit. Nuevas exploraciones geológicas estaban estableciendo la estructura y la historia de la corteza terrestre. La última era de la exploración geográfica llenaba los últimos espacios vacíos en todos los continentes, excepto la Antártida. Sólo ese yermo y los fondos oceánicos permanecían desconocidos. La vasta tarea de levantar mapas de las rocas superficiales y los descubrimientos consecuentes de valiosos yacimientos de metales y combustibles, a pesar de absorber a aquellos encargados de ella y de ser de gran valor económico, no produjo más revoluciones intelectuales y perdió así el favor popular.

No era que la Geología hubiera declinado. Esta continuó su progreso, pero otros sujetos, tales como la química orgánica, la ingeniería, la física atómica, la astronomía, la relatividad, la medicina y la bioquímica surgieron a la luz y captaron el entusiasmo de jóvenes científicos y del gran público por igual.

Pero ni el liderato ni la oscuridad son estáticos y en los últimos 5 años las ciencias de la Tierra han sido colocadas nuevamente en una posición de excitante prominencia. Esta distinción no ha sido la recompensa por un único descubrimiento o un nuevo gran concepto intelectual, sino la consecuencia de una nueva era de exploraciones que está ofreciendo nuevas oportunidades para los descubrimientos en el espacio exterior, en los suelos oceánicos y en el interior de la Tierra. Todas estas regiones ofrecen interesantes comparaciones con la superficie de los continentes, ya que la exploración del espacio es usada como un término encantador para referirse a las visitas planeadas por los hombres a la Luna y a los planetas cercanos. Siendo la Tierra el único planeta sobre el cual se conoce bastante, se le usa como prototipo, y cualquiera que contemple una visita a la Luna o a Marte, es atraído a estudiar la Tierra con nuevo interés, y a considerar en qué aspectos los otros planetas se asemejan o difieren de ella. La visión de la Luna o de la Tierra a través de los ojos de un astronauta es completamente diferente a la de un geólogo y ha sido saludable para los estudiosos de la Tierra, luego de un siglo de absorción en el detalle, levantar sus cabezas y mirar a la Tierra como un todo.

La segunda región que está siendo explorada es el fondo oceánico. Sólo durante los últimos 40 años se ha comenzado a disponer de elementos para estudiarlos

por el prof. J. Tuzo WILSON

Del Instituto de Ciencias de la Tierra, Universidad de Toronto

de un modo adecuado y sólo a partir del advenimiento del submarino nuclear con sus especiales requerimientos de navegación, se han dispuesto los gobiernos a proveer el dinero y los barcos necesarios para usarlos. Finalmente, el desarrollo de la Geofísica está haciendo posible el estudio del interior de la Tierra y la rivalidad internacional por detectar explosiones atómicas y distinguir las de terremotos naturales es responsable de la provisión de dinero para el estudio adecuado de la Sismología.

Así, en el tráfico de frenéticos preparativos y enormes desembolsos para nuevas exploraciones sobre el aire y bajo el mar y la tierra, los modernos aventureros se han visto en la necesidad de considerar cómo son realmente los bloques continentales y en qué aspectos, estas bases para las actividades de la humanidad, difieren de otros materiales planetarios. Los primeros resultados han sido desconcertantes. Ni las superficies de otros planetas ni el fondo oceánico, ni el interior de la Tierra parecen semejar a los continentes, y nuevamente nos encontramos ante la intrigante pregunta de por qué hay continentes y por qué parecen ser tanto más complejos que las otras regiones.

Tres preguntas claves acerca de los continentes presentadas respectivamente por J. D. Dana, W. E. Logan y A. Wegener, deberán ser respondidas antes que podamos pretender que conocemos su naturaleza. ¿Se formaron los continentes a su tamaño actual o han crecido gradualmente? ¿Consisten principalmente de rocas ígneas solidificadas a partir de un estado incandescente y fundido, o están hechos de rocas sedimentarias calentadas y recristalizadas? ¿Están fijos o se mueven muy lentamente unos respecto de otros? También nos gustaría saber por qué la Tierra tiene continentes y la Luna y Marte aparentemente no.

Para comprender estas preguntas y para apreciar la mayor complejidad de los continentes respecto de otras partes de la Tierra consideraremos primero la naturaleza de los fondos oceánicos, de las montañas y del interior de la Tierra.

El fondo de los Océanos

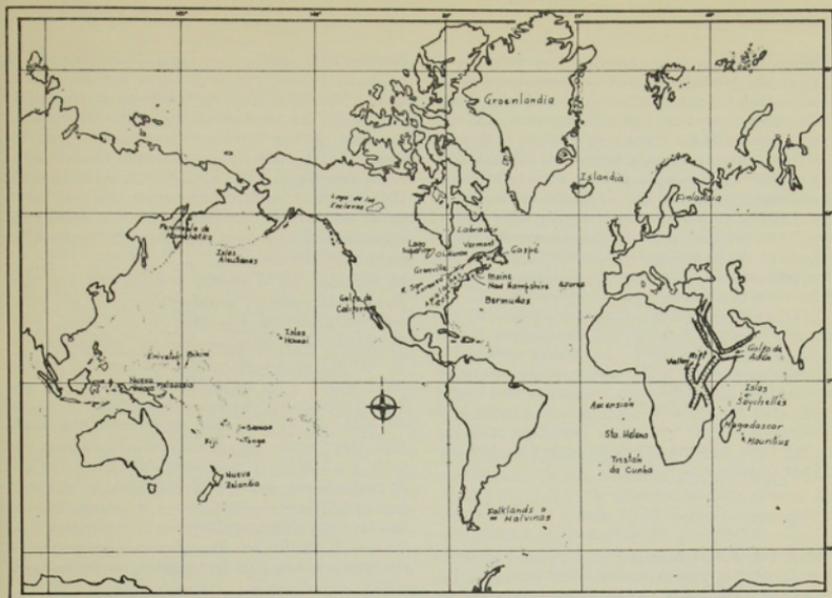
Tan pronto como los hombres hubieron hecho sondeos y establecido que el mar abierto es muy profundo, y hubieron considerado la resistencia de las rocas en relación al gran tamaño de la Tierra, comprendieron que las masas continentales sólo podrían ser sostenidas a una altura de 5 km. sobre el fondo oceánico, siempre que estuvieran compuestas de rocas más livianas que las de aquéllos. Esta premisa ha sido completamente establecida. Los continentes están fundados sobre rocas graníticas foliadas hasta convertirse en Gneiss, compuesto de cuarzo y silicatos complejos de

aluminios y alcalinos que tienen densidades relativamente bajas. Rocas similares se encuentran también en los arcos de islas que marginan los continentes y formando el basamento de varias islas de gran tamaño, incluyendo Groenlandia y Madagascar, pero sólo un grupo de pequeñas islas alejadas del continente tiene rocas de origen continental. Se trata de las Seychelles, en el Océano Indico.

En contraste con este hecho, no se han encontrado rastros de granito o gneiss en los fondos de las profundas cuencas oceánicas o en las pequeñas islas que los salpican. Las islas de los océanos profundos han sido construidas de sólo dos constituyentes, lava basáltica y caliza coralífera, con inclusiones menores de hielo y guano en algunas. Las lavas de las islas oceánicas contienen más hierro, calcio y magnesio que las lavas continentales, y cristalizan en silicatos más densos que aquellos comunes en los continentes.

Los continentes se pueden considerar como flotantes, pero las pequeñas islas oceánicas son más bien cargas apiladas sobre la corteza. Muchas de ellas demuestran estar hundiendo hacia una posición de equilibrio a razón de decenas de metros por cada millón de años. La corteza responde más rápidamente a cargas de gran magnitud y la formación y fusión de las capas de hielo que cubrieron Escandinavia y Canadá hasta 11.000 años atrás, produjeron cambios de nivel que todavía persisten, con cifras del orden de un metro por siglo.

A partir de un tumulto de primitivas ideas confusas, la estructura y modo de formación de las islas oceánicas están siendo hoy comprendidos. Este es el resultado de análisis químicos de las lavas, estudios geofísicos de volcanes activos, investigación en laboratorio de los sistemas de silicatos y del levantamiento geológico, especialmente en Hawaii, Samoa, Bikini, Mauricio, Sta. Helena, Ascensión e Islandia. Como resultado de este trabajo se sabe que aparentemente todas las islas oceánicas están formadas de lava basáltica de composición generalmente uniforme, que se ha elevado desde el interior de la Tierra a través de fracturas. En Hawaii, existen evidencias que la profundidad de la zona donde se produce la fusión parcial del interior es del orden de los 60 km. Al comienzo la lava fluye libremente y al ser rápidamente enfriada por el agua del mar, construye enormes acumulaciones de fragmentos vídriosos y escorias en el fondo oceánico. Un solo volcán puede tener 200 km. de diámetro y 30.000 km. cúbicos de volumen. Si este cúmulo alcanza el nivel del mar, la naturaleza de las efusiones se altera, puesto que las coladas subaéreas no son enfriadas bruscamente por el agua del mar, sino que forman una cubierta maciza dentro de la cual las investigaciones geofísicas en Hawaii



y Kamchatka han revelado depósitos subterráneos de lava líquida incandescente de hasta un km. cúbico. El lento enfriamiento de estos bolsillos de roca fundida origina una serie de complejos silicatos que cristalizan y se hunden consecutivamente, cambiando la composición del líquido residual, el cual puede ser erupcionado en cualquier momento, mientras que los cristales separados se consolidan en rocas de composición completamente diferente. Si la erupción es retardada el fundido puede reaccionar con los cristales formados anteriormente. La química de un fundido de silicatos es tan compleja y tan sensible a pequeños cambios que diferentes grados de enfriamiento, disturbios tectónicos, frecuencia de las erupciones, y nuevas inyecciones de lavas semejantes provenientes de las profundidades pueden dar origen a una gran variedad de rocas.

En las últimas etapas de volcanismo, cuando las erupciones se espacian hasta una vez cada siglo, se forman diferenciaciones extremas que pueden llegar a ser tan silíceas como el granito, pero éstas rocas no explican el origen de las rocas continentales, pues sus cantidades son comparativamente muy pequeñas, su composición rica en alcalinos, y no presentan estructura gneissica. Por otra parte la comprensión de estos

procesos es hoy suficiente para explicar muchos de los tipos de lavas que se encuentran en las cuencas oceánicas.

Los volcanes islas tienen una vida activa del orden de los millones o decenas de millones de años. Una vez extinguidos, caen rápidamente ante la acción de las olas que destruyen sus bases no consolidadas. Santa Elena presenta actualmente acantilados de 700 mt. de altura en toda su periferia, y presumiblemente será convertida en una plataforma al nivel del mar, que se hundirá lentamente. Algunos antiguos volcanes han sido transformados por este proceso en montañas submarinas de cima aplanada, pero en otras islas de los trópicos los corales han crecido con rapidez suficiente como para permitir la construcción de nuevas superestructuras calcáreas sobre las raíces de viejos volcanes.

En Bermuda y Eniwetok, por ejemplo, las perforaciones exploratorias han alcanzado lava luego de pasar a través de un km. de caliza coralina, en cada uno de los dos sondeos efectuados en esta última isla. La flora y fauna escasa aunque lujuriante de las islas oceánicas, está compuesta solamente de especies cuyos ancestros habrían sido transportados allí por el viento o las olas, y sugieren que estas islas se han formado

lejos de la tierra firme. Solamente las Seychelas, las únicas islas tropicales de roca continental, tienen una rica ecología de tipo continental, con especies 5 veces más numerosas que otras islas, incluyendo formas cuyo transporte a islas tan remotas es difícil de explicar.

De este modo, el origen e historia de las islas oceánicas parecen ser comprensibles y susceptibles de ser explicados, con una u otra excepción extraordinaria. En todas las investigaciones realizadas hasta hoy, ni los fósiles hallados, ni las determinaciones de edad, ni el espesor de los sedimentos acumulados, indican para los pisos oceánicos una edad superior al período Cretácico Medio, es decir, cerca de 100 millones de años de antigüedad. La única excepción nuevamente son las Seychelles, que datan de hace 600 millones de años. Esta aparente juventud de las cuencas oceánicas ha sido completamente inesperada, y es aún más extraordinaria si se considera que los geólogos han establecido sobre los continentes una secuencia continua de sedimentos marinos que parece remontarse uniformemente hasta las rocas más antiguas de hace 3.000 millones de años.

Los Cinturones Móviles

Además de los continentes y de los fondos oceánicos, ambos estables, existen dos estrechos cinturones móviles que circundan la Tierra, y a lo largo de los cuales se concentran la mayoría de los volcanes y terremotos terrestres. Uno de ellos yace limitado por los continentes por una parte y los océanos por otra como formando una transición entre ellos. El otro y más simple de los cinturones, es el cordón hemioceánico, cuya extensión total y continuidad se hizo presente recién en 1956. Como su nombre lo indica se trata de un cordón topográfico o sistema montañoso submarino ubicado al centro de los océanos. En el Atlántico, el cordón pasa a través de las islas volcánicas activas, Islandia, Azores y Tristán da Cunha. Al Sur de África dobla hacia el centro del Océano Índico y de allí una rama se extiende hasta el Golfo de Adén. El cordón principal continúa al sur de Australia y Nueva Zelanda a través del Pacífico, pasando por la Isla de Pascua y llegando hasta el Golfo de California. La geología de las islas a lo largo de este cordón no difiere de las de otras islas oceánicas, excepto en que hay mayor número de volcanes activos y terremotos más frecuentes que en otros lugares, pero hay anomalías geofísicas sobre el cordón que incluyen un flujo de calor hacia la superficie varias veces mayor de lo normal. La cima parece estar rasgada como si el cordón estuviera sometido a tensiones, y estuviera siendo lentamente fragmentado y renovado por nuevas inyecciones desde el interior.

La otra zona activa es el sistema bien conocido de montañas jóvenes y arcos de islas que circunda el Océano Pacífico a partir de Los Andes a través de la Cordillera y los Arcos de islas del Asia Oriental hasta Indonesia. Allí se bifurcan: un miembro forma los Himalayas y los Alpes y el otro, Nueva Guinea, Melanesia, Fiji, Tonga y Nueva Zelanda. A lo largo de este cinturón yacen la mayoría de los volcanes y terremotos del mundo, y las mayores profundidades oceánicas, cimas que alcanzan el doble de la profundidad normal de los océanos.

En contraste con el sistema hemioceánico, esta zona parece estar sometida a compresión y los 400 volcanes activos ubicados a lo largo de ella, emiten principalmente lavas andesíticas que son más silíceas que los basaltos de las islas oceánicas, con una composición similar a los gneiss del basamento de los bloques continentales. El origen de esta lava y de sus derivados no ha sido aún satisfactoriamente explicado, pero puesto que su emisión está asociada con todos los terremotos más profundos (hasta 720 km. de profundidad), puede haberse formado en el Manto, bajo condiciones de temperatura y presión mayores que las hasta ahora estudiadas en los laboratorios. La emisión de basalto con las andesitas, que se presenta con terremotos de poca profundidad, apoya esta suposición.

El interior de la Tierra

Todo lo que es necesario decir aquí acerca del interior de la Tierra, es que éste consiste de material más denso, con velocidades sísmicas mayores que las de la corteza. La zona de separación entre la corteza y el manto, marcada por un súbito aumento de las velocidades sísmicas, se conoce como la discontinuidad de Mohorovičić, y de acuerdo a 70 determinaciones sísmicas, parece hallarse a una profundidad media de 35 km. bajo la superficie de los continentes, mientras que 210 determinaciones más la ubican aproximadamente 5 km. bajo el fondo oceánico. Este cambio es probablemente debido a una diferencia de composición, a pesar de ser considerado por algunos como un cambio de fase.

Más profundamente en el manto, entre 100 y 200 km., se halla una capa con una velocidad más baja que se cree puede estar cerca del punto de fusión. Es posible que esta capa sea lo suficientemente móvil como para permitir a la corteza desplazarse en la vertical y aun lateralmente, siendo al mismo tiempo la posible fuente de las lavas, mediante un proceso de fusión parcial.

Los Continentes

El levantamiento geológico, las mediciones geofísicas y las perforaciones han demostrado que la estructura de todos los continentes y de las grandes islas es similar. Cada uno es esencialmente un bloque de gneiss granítico de unos 35 km. de espesor, pero la mayoría de su superficie se halla cubierta por delgadas capas de estratos sedimentarios, de modo que sólo en escudos centrales como Canadá y Finlandia, se halla expuesto el Gneiss. Alrededor de sus márgenes se encuentran jóvenes montañas y taludes continentales, cuyo estudio ha sugerido que existe una secuencia en el crecimiento de las montañas. Los fósiles proveen una escala de tiempo que alcanza hasta el período Cámbrico, hace 600 millones de años, mediante el cual se ha compilado esta secuencia.

En primer lugar se forma un talud a partir de sedimentos provenientes del continente. La costa Atlántica de EE. UU. parece estar en esta etapa. Luego, se forma un arco de islas volcánicas activas cerca de la costa. En tercer lugar, la parte sedimentaria interna y el arco volcánico externo son comprimidos alterados y solevantados, hasta formar montañas jóvenes como los Andes o la Cordillera. Eventualmente, el volcanismo y los terremotos cesan. La erosión reduce las montañas a formas como las de los Montes Apalaches. A través de todo el ciclo se conserva evidencia de la naturaleza sedimentaria de la parte interior del cinturón montañoso, mientras que la parte exterior demuestra estar compuesta en su mayor parte por lavas y sedimentos derivados de ellas.

En Norteamérica y alrededor del gran escudo de Gneiss, se agrupan primero las viejas montañas Apalachianas del Ártico canadiense y de los Ouachitas. Al Oeste se halla la Cordillera de origen más joven. Aún más recientes son los arcos de islas de las Indias Occidentales y de las Aleutianas, unidos a cada extremo de la Cordillera, mientras que en el lado oceánico de las viejas montañas se han formado taludes litorales en las costas del Ártico, Atlántico y del Golfo. Este ordenamiento zonal fue reconocido por Dana en el siglo pasado e interpretado como una señal de crecimiento. Los otros continentes están ordenados de manera similar, pero en ese entonces no se habían desarrollado aún los métodos para subdividir los escudos.

Los diversos intentos para clasificar estas viejas rocas del Norte de los Estados Unidos y Canadá, condujeron a una gran confusión. Para resolver este problema, un comité conjunto de los Servicios Geológicos de Canadá y EE. UU. fue designado en 1902. Hoy vemos que aquél fue un momento muy desafortunado para resolverlo, pues en la misma época Helmholtz

y Lord Kelvin proclamaban que el Sol y la Tierra se estaban enfriando rápidamente y no podían tener más de algunas decenas de millones de años de edad. Aún no se había descubierto que los isótopos radioactivos naturales podían mantener el calor terrestre y proveer al mismo tiempo un método para medir el tiempo. Del relativamente corto espacio de tiempo que se creía así disponible, los biólogos demandaron la mayor parte para la Evolución, con el resultado que quedó muy poco para las rocas Precámbricas. El primer informe, basado en investigaciones efectuadas alrededor del Lago Superior, asignaba todas las rocas ígneas y metamórficas del precámbrico a los comienzos de la historia de la Tierra cuando ésta se hallaba aún caliente, época que llamaron Arcaica, y todas las rocas precámbricas no alteradas, a un segundo período más reciente llamado Era Proterozoica. Este informe que parecía tan simple y lógico, fue bien recibido y se constituyó en la base para la clasificación en todos los países.

Lentamente se desarrollaron los métodos de datación radioactivos, y éstos demostraron, que lejos de ser breves, la Era precámbrica se extendía desde 3.000 hasta 600 millones de años atrás, e incluía muchos episodios de construcción de montañas. Al adoptar una clasificación simplista, los geólogos de todo el mundo habían ubicado las partes ígneas de todos los cordones montañosos Precámbricos en un grupo Arcaico, y todas las partes sedimentarias en un grupo Proterozoico, fusionando así rocas de edades completamente distintas. Es muy encomiable el hecho que unos pocos geólogos como F. D. Adams, y J. J. Sederholm, nunca aceptaron la escala disminuida, y es a A. Holmes, A. C. Lane y A. O. Nier, entre otros, a quienes debemos las primeras determinaciones exitosas de edad.

Con una mejor apreciación del vasto espacio de tiempo disponible, se ha construido otra división completamente distinta de las rocas Precámbricas. M. E. Wilson, en Canadá; C. S. Pichumuthu, en la India; A. M. McGregor, en Africa, y geólogos australianos reconocieron gradualmente que las rocas más antiguas en el núcleo de cada continente diferían de todas las rocas más jóvenes en muchos aspectos. Tenían más lava, menos sedimentos, poca caliza, y un espesor y distribución regional más restringidos; además presentaban depósitos minerales especiales, destacándose filones cuaríferos portadores de oro. Todas las rocas entre 2.000 y 3.000 millones de años de edad caen dentro de esta categoría, que se tiende a llamar actualmente la Era Arcaica a pesar de que no corresponde al significado que se daba a este término hace unos años.

Alrededor de estos núcleos continentales, de los que se conocen cerca de una docena, los continentes pa-

recen estar contruidos por cinturones de algunos cientos de millas de ancho y unos cuantos miles de millas de largo, compuestos principalmente por rocas metamórficas que representan al parecer las raíces de un sistema montañoso Precámbrico o parte de un tal sistema. A lo largo del lado interior de cada cinturón se hallan cuencas con restos de una zona sedimentaria. De este modo los continentes dan la impresión de estar organizados en zonas, con las bandas más jóvenes ubicadas en las márgenes.

En la parte oriental de Norteamérica, por ejemplo, procediendo tierra adentro desde el Atlántico, existe en primer término una llanura costanera, constituyendo la primera etapa de un nuevo sistema. Luego aparecen los Montes Apalaches formados entre 600 y 200 millones de años atrás, con su parte ígnea externa, visible claramente en Maine, New Hampshire y las provincias marítimas, mientras que la parte sedimentaria interna se extiende desde Gaspé a través de Vermont hasta las montañas de Pennsylvania. Estos últimos estratos se extienden sobre la parte ígnea o metamórfica del sistema de Grenville, que lo antecede inmediatamente en edad, habiéndose formado entre 1.600 y 1.100 millones de años atrás, y cuya parte ígnea se halla bien expuesta en las Adirondaks y al Norte del Río San Lorenzo. La parte sedimentaria de este sistema se halla conservada en una serie de cuencas que se extienden desde la península de Keweenaw en el Lago Superior, al norte del Lago Hurón (de ahí su nombre de Huroniana), hasta el extremo sur de la *artesa* (trough) del Labrador. Estas cuencas a su vez se prolongan cubriendo el núcleo continental del Superior que subyace gran parte del norte de Ontario y Quebec y que tuvo su origen entre 3.000 y 2.500 millones de años ha.

Una característica de los escudos que no fue reconocida en un principio es que éstos se hallan atravesados por grandes fallas o *rasgaduras* (shears). Usualmente éstas tienen un manto muy pronunciado y muchas tienen sobre 100 millas de largo, pero su desplazamiento en muchos casos no ha sido determinado. Sin embargo parece ser posible distinguir entre dos divisiones principales, aquellas que afectan rocas que son generalmente similares a ambos lados de la falla, y aquellas que separan rocas completamente diferentes. Estas últimas fallas forman los límites entre antiguos cinturones de montañas. Estas fallas mayores, que probablemente se extienden hasta el Manto, parecen haber tenido importancia como conductos para el ascenso de los cuerpos mineralizados.

De esta descripción se deberá concluir que los continentes están organizados en zonas y que la organización de los cinturones montañosos es tal que podemos contestarnos una de las tres preguntas básicas,

antes mencionadas, diciendo que los continentes, al parecer, se han constituido por un proceso constante de crecimiento.

Este resultado, logrado primeramente por estudios estructurales y determinación de edades, se ve apoyado y confirmado por las investigaciones isotópicas. Estas últimas dependen generalmente de la premisa que los procesos de formación de las rocas de la corteza a partir del manto, da como resultado la separación química de los isótopos generadores y generados, y que la cantidad de isótopos derivados a su vez de estos últimos puede ser usada para datar la primera separación. Usando Rb 87 y Sr 87, P. M. Hurley y sus asociados han demostrado que la generación de rocas corticales ha sido un proceso continuo con una velocidad de crecimiento de 0.007 km² de área superficial por año durante los últimos 2.800 millones de años, estando constituida la corteza en un 50% por emisiones del manto, y el otro 50% por rocas retrabajadas. La segunda pregunta básica de si los continentes están constituidos de rocas sedimentarias o ígneas, sobre la cual un siglo de exploración no ha arrojado luz suficiente para responderla terminantemente, puede ser contestada a partir de consideraciones sobre las velocidades con que actúan los procesos geológicos. Las actuales velocidades de producción de lavas, estimadas por K. Sapper en 320 km. cúbicos en 400 años, podrían haber construido los bloques continentales en un lapso de 3.000 millones de años, que es su edad aproximada. Se observa que las lavas, especialmente las andesitas, son rápidamente erosionadas. Las cantidades y velocidades de depósito de los sedimentos también han sido medidas, y su volumen debería ser del mismo orden que el de los continentes. Desde luego, no existen tales volúmenes de lavas inalteradas o de sedimentos; por lo tanto se debe suponer que, o bien las cifras no son representativas, o que los gneiss continentales se han formado a partir de lavas y sedimentos, por alteración y recristalización. Posiblemente podemos asumir que las velocidades actuales de emisión y destrucción son normales, ya que la Tierra es una generadora de calor de vasta capacidad térmica y gran estabilidad, y así concluir que los gneiss son realmente sedimentos alterados y que su foliación es una característica sedimentaria residual como supuso Logan. Pensar en intrusiones extra de granito, sólo serviría de estorbo. Podemos también imaginar que los continentes se originaron por estar la Tierra cubierta de océanos que acumularon y formaron los sedimentos a partir de los cuales se han construido los primeros en un proceso muy lento. W. W. Rubey y otros, han demostrado que los océanos y la atmósfera han provenido del interior de la Tierra, junto con las lavas.

Finalmente llegamos a la pregunta de si se han desplazado los continentes. Pocos años atrás, prácticamente todos los geólogos de Norteamérica, y la mayoría de los físicos del mundo, que consideraban este asunto, descartaron la idea como imposible.

Los físicos afirmaron que no existían fuerzas que rompieran y movilizaran continentes, que la Tierra era demasiado rígida como para permitir movimientos de ese tipo, alegando además que el desplazamiento de los continentes no originaría montañas, y que la correspondencia de costas y climas del pasado en África y Sudamérica, propuesta por el meteorólogo A. Wegener, debía considerarse sólo como una coincidencia. Pero otros físicos, principalmente en Francia e Inglaterra, han demostrado que las rocas conservan indicaciones de antiguas orientaciones del campo magnético terrestre y que el esquema así obtenido apoya fuertemente la hipótesis de la deriva.

F. A. Vening Meinesz recurrió a corrientes de convección térmica en el manto, como fuerza motriz necesaria para mover continentes. Asimismo, muchos geólogos ignoraron la evidencia presentada por A. L. Du Toit de la correspondencia existente tanto en la topografía como en la vida fósil de los continentes ahora separados, pero argumentos geológicos nuevos apoyan a Du Toit. En particular, ¿de qué otro modo pueden explicarse la juventud de las fosas oceánicas y su escasez de sedimentos? ¿Por qué las fajas de montañas jóvenes son largas y continuas alrededor de la Tierra, mientras que las cadenas antiguas son cortas, a menos que aceptemos que éstas han sido desmembradas?

Así se hace evidente que debemos responder a la tercera pregunta clave, admitiendo la posibilidad de la deriva continental, aunque de modo distinto al antes imaginado, puesto que ahora debe tomarse en consideración el mencionado crecimiento de los continentes. Esto explica por qué las costas de masas continentales recientemente separadas, se ven aun como si alguna vez hubieran encajado. Allí donde se ha hecho presente el proceso de crecimiento, la antigua unión ya no es susceptible de ser reconocida.

También parece innecesario postular la existencia anterior de sólo uno o dos continentes primordiales. Es más simple creer en el movimiento al azar de fragmentos continentales. La existencia de las Seychelles sugiere que los continentes pueden fragmentarse, mientras que otras islas como las Falklands, cuya geología recuerda a la de Sud África más que a la de la vecina Patagonia, sugieren que los fragmentos pueden reunirse en mosaicos de piezas no relacionadas en-

tre sí. Si las corrientes de convección giran lentamente en el manto, parece que allí donde ellas ascienden y se separan crean tensión local y rupturas como se observa actualmente en Islandia, a lo largo de los cordones hemicéuticos y en los valles de fractura (Rift Valley) africanos; y que allí donde ellas se unen y descenden crean cuencas, arcos de islas y la compresión evidente en las montañas jóvenes. La juventud de los pisos oceánicos se debe a corrientes que han creado nuevos pisos a lo largo de los cordones hemicéuticos y arrastrados los antiguos a las cuencas oceánicas en torno al Pacífico construyendo con sus sedimentos nuevas montañas. En el futuro, tomando en cuenta la geología de los escudos, debe considerarse que ellos han sido fragmentados, que Groenlandia y Escocia, por ejemplo, fueron alguna vez vecinos al Labrador, y que otros bloques no relacionados han estado anteriormente unidos. ¿Es acaso la gran falla a lo largo del lado Sur del lago Gran Esclavo —en que las rocas de ambos lados son completamente distintas— el lugar donde dos trozos de continentes originados separadamente se han unido? ¿Derivaron los sedimentos que se hallan sobre las islas del lago Gran Esclavo del lado opuesto de la falla, o de algún otro trozo de corteza que estaba allí anteriormente?

Así, nuevas investigaciones han introducido nuevas complejidades al estudio de los escudos, las cuales deben resolverse con nuevas herramientas. Además de completar el levantamiento geológico, se necesitan estudios especiales de los escudos: de paleomagnetismo, de edades radiactivas y de las direcciones preferenciales de fallas y de diques (que a menudo cambian de dirección al cruzar grandes fallas como ha demostrado J. E. Richey en Escocia). La tercera dimensión de los escudos está también recibiendo atención por R. J. Uffen.

Hasta hace poco, la mayoría de lo que se había escrito acerca de los escudos y bloques continentales era de carácter descriptivo. Hoy día nuevos métodos radiactivos de datación, nuevos métodos paleomagnéticos para medir antiguas posiciones, y nuevas consideraciones acerca de las velocidades de los procesos geológicos están haciendo posible un estudio más profundo de los escudos. El efecto de estos estudios está recién comenzando a hacerse sentir y por ello nuestra comprensión de ellos es aún muy imperfecta, pero dentro de algunas décadas podemos esperar ser capaces de interpretar la historia de los escudos y comprender su naturaleza tan bien como hoy efectuamos su levantamiento.