

Continentes a la deriva, una de las claves de la evolución

Hace tan sólo algo más de medio siglo la mayoría de las personas aún creían que los continentes estaban fijos en una posición, y que no se habían movido desde que se formó la Tierra.

Se creía que la distribución geográfica de las diferentes plantas y animales a lo largo del mundo podría ser explicada por tres procesos básicos: la evolución, el cambio climático y los puentes de tierra (conexiones entre dos masas de tierra durante períodos geológicos en los que el mar está a un nivel bajo). Estas creencias estaban basadas en estudios del pasado más reciente, y por tanto más conocido, de la Tierra.

Todo tenía perfecto sentido hasta que los científicos empezaron a estudiar la distribución geológica de los fósiles de hace unos 300 millones de años. Encontraron restos petrificados de bosques dominados por helechos arbóreos llamados *Glossopteris* en América del Sur, África Central y del Sur, Australia, Antártica y la India.

Estas plantas no aparecen en América del Norte, Groenlandia, Europa ni Asia. Los geólogos también hallaron que, justo antes de que *Glossopteris* evolucionara, todos los continentes australes, incluyendo la India, habían sufrido una enorme glaciación desde el sur. En el caso de la India, esto suponía que los glaciares provenían del ecuador. Esto no parecía tener sentido.

Los continentes se mueven

Basándose en estas observaciones, se especuló con que los continentes podrían haber estado unidos de una manera diferente a la de hoy, y situados mucho más al sur. Desde el siglo XVI se venía observando que las costas del oeste de África y de América del Sur parecían encajar una en la otra. Los científicos empezaron a tantear con la idea de que los continentes podrían haberse separado por una expansión de la tierra.

Sin embargo, no fue hasta 1915 cuando el astrónomo alemán Alfred Wegener unió todas las evidencias y creó su teoría llamada "El origen de los Continentes y los Océanos". Él sugirió que hubo un tiempo en el que todas las masas de tierra estaban unidas en un super-continente que él llamó "Pangea", con un subgrupo más al sur llamado "Gondwana" (donde vivió *Glossopteris*), y otro subgrupo más al norte que denominó "Laurasia".

Wegener incluyó pruebas geológicas que respaldaban los registros fósiles, y describió características de cordilleras montañosas que empezaban en Argentina, continuaban por África del Sur y terminaban en Australia, y otras que parecían comenzar en América del Norte y llegaban hasta Europa.

Pocos le creyeron. Primero, aceptar estas ideas suponía cambios radicales en las creencias de los geólogos. En segundo lugar, Wegener no era un geólogo, sino un meteorólogo y astrónomo. Esto contribuía a aumentar los prejuicios ante las ideas de un outsider.

Los científicos llevaron a cabo todo tipo de ejercicios de gimnasia mental para encontrar otras soluciones a sus problemas. Así, cuando pequeños reptiles fosilizados, *Lystrosaurus* y *Mesosaurus*, fueron hallados

en América del Sur y África, los biólogos propusieron que una vez hubo un puente de tierra que cruzaba el Atlántico entre ambos continentes. Pensaban que Glossopteris debió haber llegado a Australia gracias a que las semillas fueron transportadas por el viento y las corrientes marinas. Algunos incluso llegaron a cuestionar la existencia de las glaciaciones.

Pero la mayor dificultad que tenía la teoría de Wegner es que nadie encontraba una explicación convincente para explicar cómo podían moverse los continentes de la manera descrita. Entonces, en los años '50, la exploración oceánica profunda reveló la existencia de cordilleras en el medio de los océanos, partidas por la mitad por una especie de cañones profundos.

Estos cañones formaban un entramado de seis grandes placas y otras cuantas más pequeñas que encajaban una con la otra perfectamente sobre la superficie de la Tierra. Llamaron a esta red de cañones el "Gran Rif Global", y a las piezas ensambladas "Placas tectónicas" (del griego: Tekton: carpintero).

El Atlántico crece

En 1960 el americano Harry Hess sugirió que la roca derretida debajo de la corteza terrestre podría brotar entre las placas en lugares como el medio del Atlántico. Conforme la lava se iba enfriando, se dilataría, separando las placas a ambos lados. Así, el continente americano se desplazaría hacia el oeste, mientras que Eurasia y África se moverían hacia el este. Esto implicaría que el océano Atlántico está creciendo, mientras que la línea de costa no variaría sustancialmente.

En los '80 se midió la velocidad a la que se separaban los continentes, unos 1,7cm al año. Hoy esta teoría está aceptada casi universalmente, pero, como ocurre con la de la Evolución, es rechazada por aquellos cuyas creencias religiosas entran en conflicto ella.

Actualmente podemos detectar cuál ha sido el movimiento de los continentes a través del estudio de la dirección de la magnetización de las rocas. Las partículas magnéticas de algunos tipos de rocas se alinean con el campo magnético de la Tierra cuando estos se forman, y funcionan como pequeños compases.

Estos revelan en qué dirección y cómo de lejos estaban los polos magnéticos de la Tierra en el momento que la roca fue depositada. Debido a que los polos magnéticos no sufren grandes variaciones, un diagrama de las direcciones señaladas por estos compases en las rocas de diferentes edades crea una suerte de mapa de ruta que muestra por dónde ha viajado cada continente sobre la superficie del globo.

Continentes separados

Encontramos que durante el periodo Carbonífero, hace unos 350 millones de años, los continentes estaban muy separados entre sí, y los niveles del mar eran bajos gracias a la glaciación sobre la masa continental del sur, Gondwana. Las áreas que ahora tienen las mejores reservas de carbón (América del Norte, Europa del Norte y Australia) estaban posicionadas sobre el ecuador y rodeadas por mares poco profundos.

En éstas el carbón se formó en marjales cálidos y ácidos, gracias a la acumulación de capa sobre capa

de restos de plantas y barro. A lo largo de un período de 60 millones de años, miles de gigatonnes (10⁹) de carbón fueron enterrados. (Este mineral está siendo ahora liberado por el hombre en los últimos 200 años). Así pues, Alemania con sus ricos depósitos de carbón tuvo una vez un clima tropical, no porque los trópicos se habían desplazado hacia el norte, sino porque este país estaba posicionado a 0°N, y no 51°N como lo está hoy.

(Carbonífero tardío, hace 300 millones de años)

Pangea, el super-continente

Más tarde, durante el período Pérmico, los continentes se unieron para formar una masa de tierra única con forma de "C" (Pangea), que se extendía en dirección norte-sur. La presencia de un único continente sin duda contribuyó a cambiar el clima del mundo. Grandes áreas de tierra ahora estaban lejos del efecto refrescante de los océanos, y los científicos creen que en el interior el clima era muy cálido y seco, mientras que la costa sufría de monzones estacionales.

Las corrientes oceánicas, que afectaban notablemente el clima, debieron también ser muy diferentes. Mientras existía este supercontinente, tuvo lugar la gran extinción de Triásico Pérmico, donde el 95% de todas las especies desaparecieron. ¿Fue esto una coincidencia o algo más?

La concentración de la mayoría de los seres vivos sobre una única masa de tierra puede haber contribuido a que estos fueran particularmente vulnerables a eventos catastróficos que generan extinciones (ver XAD nº62 de agosto). Primero porque hay menos probabilidad de que se desarrollen más especies con un único continente. La biodiversidad sería baja. En segundo lugar, una única masa de tierra cuenta con menos línea de costa, llevando a la extinción de especies marinas al haber menor cantidad de aguas poco profundas, las preferidas por los organismos marinos para la cría.

(Pangaea, hace 240 millones de años)

Durante la era de los dinosaurios (Jurásico), Pangea se separó en dos: Laurasia al norte y Gondwana al sur, aunque existieron puentes de tierra durante el tiempo suficiente para que los dinosaurios colonizaran el mundo entero. Continuó la separación de los continentes mientras pequeños mamíferos evolucionaban.

Al final del Cretácico (hace 90 millones de años), el nivel del mar era alto, y los continentes parecían cadenas de grandes islas, más que las grandes masas continentales de hoy. Este aislamiento contribuyó a la evolución independiente de muchas especies animales simultáneamente en diferentes áreas.

(Cretácico tardío, hace 90 millones de años)

La desaparición de los marsupiales

La separación de los continentes tuvo un importante efecto sobre la supervivencia de los marsupiales.

Los fósiles más primitivos de estos mamíferos tan peculiares (cuyas crías dejan el útero muy temprano para continuar con su desarrollo en la bolsa de la madre) han sido encontrados en China, y datan de hace 123 millones de años. Fósiles marsupiales se encuentran por todo el mundo, pero hoy, los más evolucionados placentarios (en los que las crías completan su maduración en la matriz) dominan en todos los continentes excepto Australia.

La ruta más corta entre China y Australia habría sido hacia el sur, pero en aquel tiempo estaban separadas por miles de kilómetros de océano. La evidencia fósil muestra que los marsupiales tomaron el camino largo, desde Asia, a través de Norteamérica, hacia Suramérica, luego a la Antártica (que entonces aún disfrutaba de un clima cálido), y finalmente a Australia, que debió de estar conectada o todavía no muy separada.

Algunos investigadores sugieren que la colonización marsupial de Australia fue realizada por sólo unos pocos individuos de una especie. Estos luego evolucionaron hasta convertirse en los canguros y koalas de hoy. Al mismo tiempo, los mamíferos placentarios se dispersaron por todo el mundo, desplazando a los marsupiales en casi todas las áreas. Pero para cuando llegaron a la Antártica, el clima se había enfriado y Australia se había separado, aislando a los marsupiales en la seguridad de su refugio.

El largo viaje de la India

Entonces, ¿cómo puede la deriva continental explicar la presencia de *Glossosperis* en la India y la curiosa glaciación de este continente desde el sur? Los geólogos describen un viaje espectacular. India fue en un principio una parte del sur de Gondwana, situada en el hemisferio sur. Allí, sufrió la glaciación antártica y se desarrolló *Glossosperis*.

Hace unos 130 millones de años, India y Madagascar se separaron de Gondwana. Luego el continente indio se separó de Madagascar y derivó hacia el norte. Hace unos 80 millones de años, India estaba a unos 6.400km al sur del continente asiático y viajando a una velocidad de unos 9m por siglo.

Cruzó el ecuador para colisionar con Asia hace unos 40 a 50 millones de años, creando la cordillera del Himalaya. Es interesante resaltar que ni marsupiales ni placentarios pudieron alcanzar India ni Madagascar antes de que se separasen de África. Todos los mamíferos indios son colonizadores recientes.

300 millones de años en 1 minuto

Así pues, si hiciéramos un vídeo que resumiera la evolución de la Tierra en los últimos 300 millones de años, veríamos no sólo el clima cambiar desde edades de hielo con temperaturas bajo cero a unos sofocantes 10°C más que hoy, impactos de meteoritos y los niveles del mar subir y bajar, sino también continentes derivando como gotas de aceite en la superficie de una sopa, chocando unos con otros, y separándose para crear enormes erupciones volcánicas y terremotos, montañas y abismos, influenciando el clima y la evolución de la vida.

Sin la tectónica de placas posiblemente nunca hubiese habido vida. Como descrito en el último número de XAD, es posible que la vida originase en conductos de agua caliente en lo más profundo de los océanos, donde las placas se separan.

Esto se aleja mucho de la visión estática del mundo que teníamos hace menos de 100 años. El mismo tejido del mundo parece que tiene vida. No es de extrañar que los astrónomos busquen en el sistema solar señales de deriva continental en otros planetas.

Chris Betterton Jones

Doctor en filosofía, profesora retirada de zoología y parasitología

Bibliografía:

1. "The origin and evolution of mammals" - Thomas Stainforth Kemp 2005
2. "A Science Odyssey: People and Discoveries: Hess proposes sea-floor spreading"
3. "The Himalayas [This Dynamic Earth, USGS]," .
4. "Continental Drift - History Of Wegener's Theory" .
5. "The Cretaceous Period" .
6. "Mollewide Plate Tectonic Maps of Phanerozoic" .
7. "Earth's biggest ' whodunnit': unravelling the clues in the case of the end-Permian mass extinction" - Rosalind V. White The Royal Society October 2002
8. "Biogeography - an ecological and Evolutionary approach" - C. Barry Cox and Peter D. Moore. Blackwell 7th Edn 2005.