

TECTONISMO EXTRATERRESTRE: IMPLICACIONES PARA LA TIERRA DE POSIBLE TECTONISMO EN MARTE

Geólogo Mario Fernández Arce, Investigador del Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI), Universidad de Costa Rica. mefernan@cariari.ucr.ac.cr

Tectónica de Placas en la Tierra

A principios del siglo XX Alfred Wegener propuso que ni los continentes ni los océanos del planeta Tierra eran fijos, sino que se movían mediante la teoría que el llamó Deriva Continental. Causó tanta conmoción su propuesta en la comunidad científica que sus adversarios rechazaron terminantemente sus ideas y pese a que con sólidos argumentos demostró la Tectónica de placas terrestre, murió sin mérito alguno por ello pues sus ideas no fueron aceptadas.

Wegener observó que las costa Atlántica de América del Sur y de Africa encajaban como piezas de un rompecabezas, que habían fósiles de la misma especie en América del Sur y en Africa y que cadenas montañosas terminaban bruscamente en la costa americana para luego aparecer en Europa, al otro lado del océano. Todo esto sugería que tanto las Américas como Europa y Africa habían estado juntos en otro tiempo y que luego se separaron. Propuso entonces la teoría de la Tectónica de Placas pero no pudo demostrar el mecanismo que movía las placas y por tanto su propuesta no fue aceptada. Hoy día sabemos que tal mecanismo es el flujo de calor y material viscoso en forma semi-circular dentro del Manto de la Tierra conocido también como proceso de Convección.

Las ideas de Wegener permanecieron en el olvido hasta la década de los 60 del siglo anterior cuando se descubrieron bandas magnéticas en el fondo del océano Atlántico que se distribuían uniformemente a partir de un centro donde se originaban (Figura 1). Estas bandas lo que indicaban era que de una gran fractura ubicada en el centro del océano salían grandes emisiones de lava que se repartía por partes iguales a uno y otro lado de la apertura. Cuando se daba una emisión, las lavas quedaban magnetizadas según la dirección del campo magnético de la tierra vigente en ese momento. Pero como la dirección del campo magnético de la Tierra cambia cada cientos de años, una posterior emisión tendría un magnetismo de dirección opuesta al de la anterior emisión. Esto produjo una alternancia de bandas con magnetismo de dirección opuesta. Se comprobó que las bandas más jóvenes estaban cerca del centro de emisión y conforme aumenta la distancia a dicho centro también aumenta la edad de las bandas. Esto confirma que el fondo oceánico se mueve porque las bandas, que salieron por la fractura central, hoy día están a grandes distancias respecto al

punto de emisión. Gracias a este gran descubrimiento se comprobó que las ideas de Wegener eran correctas.

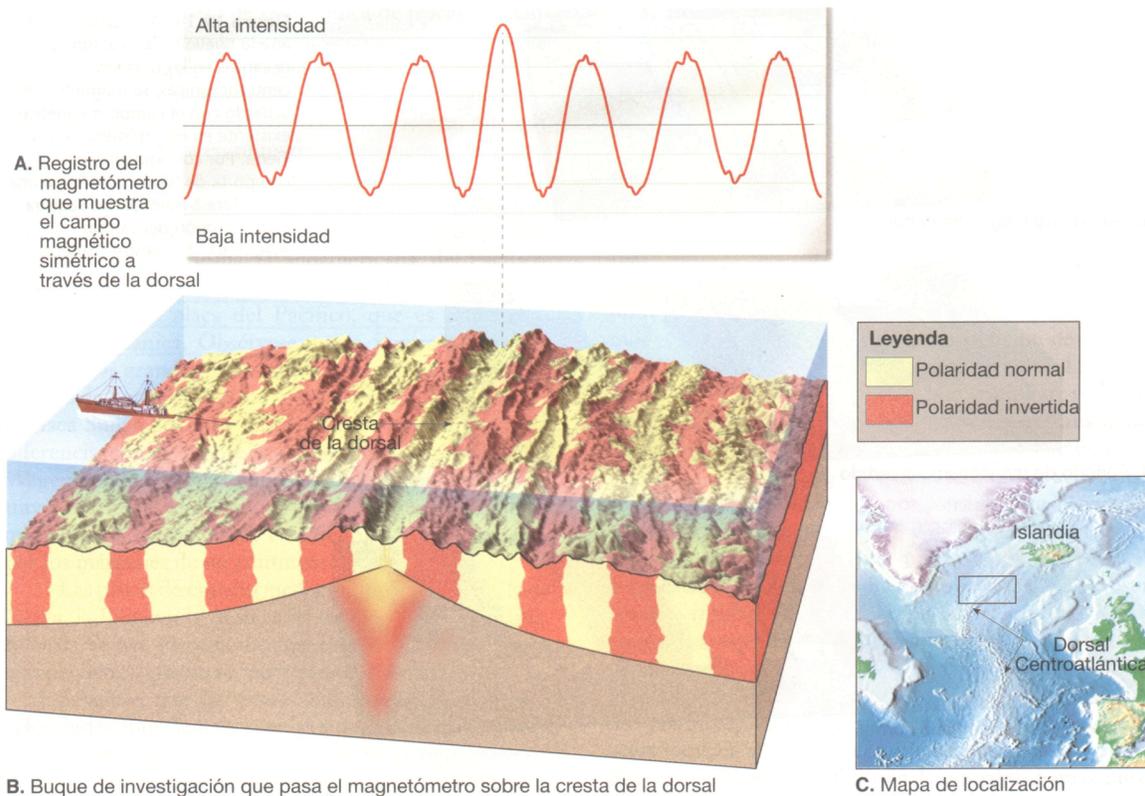


Figura 1. Bandas magnéticas descubierta en la cordillera submarina del Atlántico Medio a principios de los años 60 del siglo pasado. El estudio se hizo con un magnetómetro ubicado en un barco que atravesaba la cordillera perpendicularmente. En A se observa el registro del campo magnético. En B se muestran las bandas y el barco explorador y en C, se indica la ubicación de la zona estudiada que se encuentra al suroeste de Islandia. Fuente: Tarbuck y Lutgens, 1999.

La confirmación final a esta brillante teoría vino con la Guerra Fría, cuando Estados Unidos dispuso instalar estaciones sísmicas en todo el mundo para detectar las pruebas nucleares de Rusia. Con estas estaciones se pudo detectar y localizar la actividad sísmica de todo el mundo, encontrándose que los temblores se alineaban a lo largo de estrechos contornos que bordeaban grandes áreas sin sismicidad. Las grandes áreas sin sismicidad son los centros de las placas mientras que los contornos de sismicidad, los bordes de las mismas en donde se crean grandes esfuerzos por el roce entre ellas. Fue así como se pudo develar el misterio del tectonismo en el planeta Tierra.

Entre las placas más importantes están: Pacífico, Norteamericana, Euroasiática, Africana, Antártica y Sudamericana (Figura 2). La más grande de todas ellas es la placa Pacífico que

abarca prácticamente todo el fondo del océano Pacífico, de ahí su nombre; aunque Nazca y Cocos también son parte del fondo oceánico del Pacífico. La placa norteamericana incluye a Estados Unidos, Canadá y México. Sudamericana es el nombre de la placa de incluye a todo América del Sur y parte del océano Atlántico en tanto que la placa Africana recibe ese nombre porque incluye a todo el continente africano. Los costarricenses vivimos en la placa Caribe la que incluye a todo Centroamérica y algunas islas del Caribe y es considerada una placa de pequeño tamaño.

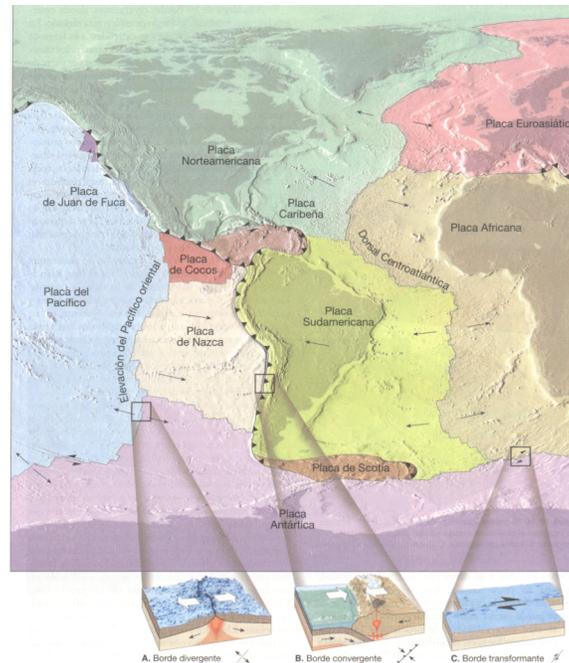


Figura 2. Placas que rodean a nuestras placas del Coco y Caribe, ellas son: las gigantes Pacífico, Antártica, Euroasiática, Africana, Sudamericana y Norteamericana. También se encuentran cerca las placas Nazca de mediano tamaño y Juan de Fuca que es una placa muy pequeña. Tarbuck y Lutgens, 1999.

La tectónica de placas es un proceso de enorme importancia en la Tierra. Todos los centroamericanos tenemos donde vivir gracias a ella que hizo posible la formación del istmo y toda la cadena volcánica centroamericana, la que está llena de atractivos y hermosos volcanes. Pero también ofrece aspectos interesante no muy positivos como es el hecho de que por ella Costa Rica es cada vez más pequeño; esto porque el mar patrimonial de Costa Rica está definido a partir de la Isla del Coco y como esta isla, que está sobre la placa del Coco, está siendo transportada hacia la Península de Osa, algún día llegará a estar bajo ella y entonces el mar patrimonial tendrá que definirse a partir de la costa.

Tectónica de Placas en Marte

Bandas de rocas magnéticas similares a las observadas en el fondo oceánico de la tierra han sido encontrada en la superficie del planeta Marte y esto sugiere que en dicho planeta una vez hubo tectónica activa y que hubo un interior caliente con roca derretida y placas que se

movían sobre su superficie tal como lo hacen hoy día las placas terrestres. De ser así, el planeta rojo empezó igual que la Tierra pero se quedó sin sus fuentes de energía interna y llegó a ser un planeta geológicamente muerto a muy temprana edad. Los datos sugieren que Marte una vez tuvo un campo magnético como el que tiene la tierra pero como hoy día no hay evidencia de ese dinamo que produce el campo magnético, tal dinamo murió y las bandas magnéticas que quedaron constituyen su memoria almacenada en las rocas corticales, como un registro de cinta magnética. El patrón de rocas magnéticas se parece a las bandas que ayudaron a los científicos a descubrir en la Tierra que los continentes estaban sobre inmensas placas que se han movido sobre el globo por millones de años.

Antes los científicos creían que las placas tectónicas solo existían en la tierra puesto que otros estudios habían demostrado que en el planeta más parecido a la Tierra en tamaño, Venus, el proceso no ocurre. Los nuevos descubrimientos también sugieren que Marte pudo haber tenido placas del tamaño de los continentes terrestres que dividieron el planeta y se movieron muy lentamente empujadas por el flujo de magma que ascendía por enormes fracturas hasta la superficie. La energía que calentaba las rocas aparentemente se perdió en los primeros cientos de millones de años y el planeta murió. En Marte el enfriamiento habría ocurrido más rápido porque el planeta rojo es más pequeño y tenía mucho menos calor interno generado por fricción y decaimiento de minerales radiactivos.

El debate acerca de la tectónica de placas en Marte apenas comienza, al igual que en los tiempos de Wegener hay geólogos que creen improbable la posibilidad de tectónica de placas en Marte. Y también hay otras posibles explicaciones a las bandas observadas como por ejemplo numerosas zonas de rift (aperturas en la superficie) e intrusiones (salida de material fundido que se solidifica en superficie) o plegamientos (deformación) de la corteza de Marte. Sin embargo, el candidato más fuerte para explica la anomalía observada es la tectónica de placas. Considerando que en la tierra pasaron casi 50 años hasta que se aceptó la hipótesis de Wegener, se espera que pase muchos años más hasta que finalmente se confirme que en Marte hubo tectónica de placas. Como hay un marcado interés en buscar vida en tal planeta, es muy probable que se aprovecharán, si no todas, muchas de las misiones al planeta para reunir más evidencias en un futuro cercano. Con toda seguridad se incrementarán los estudios para refinar los resultados obtenidos hasta el momento. Vital será hacer las mediciones más cerca de la superficie del planeta y en el caso ideal, directamente sobre su superficie pues así, la precisión de las mismas será mucho mayor.

Implicaciones del hallazgo

De confirmarse que en Marte hubo tectonismo en el pasado y que este dejó de existir, abre la posibilidad de que a la Tierra, y cualquier otro planeta o satélite natural que tenga tectónica de placas, le suceda algo similar en algún momento de su historia, si su energía interna se agotara y su núcleo derretido se enfriara, en cuyo caso, los procesos internos como el flujo de calor y de material fundido, se detendrían causando la inactividad geológica del planeta. Para entonces, las placas tectónicas que hoy día se mueven a velocidades de hasta 9 cm/año se detendrían, en consecuencia, los esfuerzos derivados de

las colisiones entre ellas no se generarían más y por tanto, tampoco las fallas geológicas tendrán acción por cuanto son los mencionados esfuerzos los que le provocan el movimiento; no se formarían nuevas fallas por cuanto no habrán fuerzas que deformen la corteza haciendo que se fracture. Tampoco podrán formarse más montañas ya que dicho proceso también se debe al movimiento de las placas y al vulcanismo, por lo que la superficie del planeta será más estable ante la falta de procesos dinámicos que la modifiquen. Como los fluidos ricos en elementos químicos ya no tendrían movimiento no habrá más mineralizaciones superficiales y entonces ya no habrá motivo para preocuparse por las explotaciones mineras en superficie.

Dos pesadillas que desaparecerían son los temblores y las erupciones volcánicas pues ambas se originan en el Manto Superior directa o indirectamente por la tectónica de placas. Al no haber placas en movimiento, no habrá fricciones ni colisiones entre ellas ni los esfuerzos resultantes que conllevan a la generación de temblores grandes y pequeños. No habrá ni temblores por subducción ni por fallamiento ni por actividad volcánica. Como ya no existirán fuentes superficiales de magma, se extinguirá el vulcanismo en el planeta y entonces no se verán más las fuentes termales, ni fumarolas, ni erupciones de ningún tipo y no se necesitará ya más mapas de riesgo volcánico.

Esto también nos ayuda a ser más cautos a la hora de hacer estimados sobre la duración de los procesos geológicos, por ejemplo, la conocida frase “aquí ha temblado, tiembla y temblará toda una vida” o “donde tembló, tiene que volver a temblar” no serían ciertas a la luz de los nuevos conocimientos. La verdad es que si el motor del planeta se detiene, ya no habría más temblores en ninguna parte ni erupciones volcánicas tampoco, o sea, desaparecerían todas las amenazas geológicas. A quienes le provoca terror los temblores ya no tendrán razones para aterrorizarse pero tampoco tendrán ya más los signos vitales de un planeta hermoso en el que han ocurrido hechos verdaderamente extraordinarios.

El Campo Magnético de la Tierra

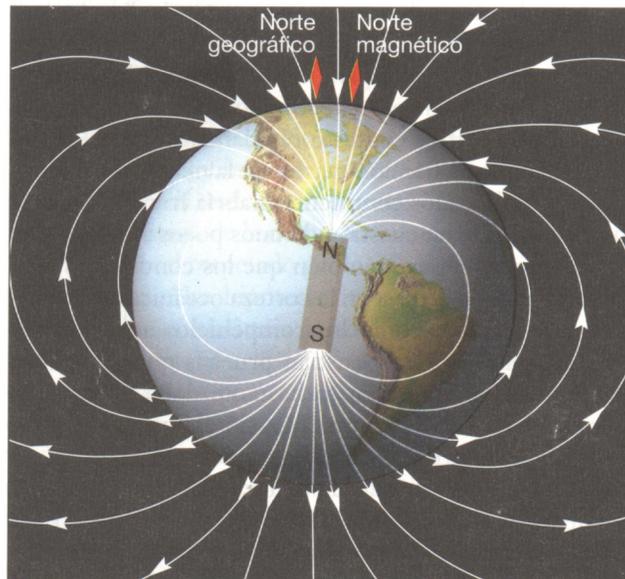


Fig. 3 Esquema del campo magnético de la tierra. Tarbuck y Lutgens, 1999.

La tierra se comporta como un enorme imán cuyas líneas de fuerza, indicadas por las flechas de la figura 3, actualmente salen por el sur y entran por el norte, en otras palabras, estas líneas apuntan hacia el norte por lo que se dice que el campo magnético actual de la Tierra tiene dirección norte. Pero esto no siempre es así ya que cada cientos de años esa dirección se invierte y cuando esto pasa, las líneas apuntan en sentido contrario al que tenían antes del cambio, por ejemplo, si salían por el sur y apuntaban hacia el norte, como ocurre actualmente, al invertirse saldrán por el norte y apuntarán hacia el sur. Estos cambios quedan registrados en el material fundido que sale del interior del planeta el que al solidificarse se convierte en roca. Lugares ideales en donde se pueden encontrar estos registros son las zonas volcánicas y el centro del Atlántico y también del Pacífico donde hay extensas fracturas por donde sale dicho material fundido. Si ese material del fondo oceánico no se moviera, alejándose del centro de emisión, en superficie solo encontraríamos rocas con el registro del campo magnético actual ya que el último material que sale cubre al que salió anteriormente, como pasa en los volcanes. Pero en el océano, el material que sale empuja hacia los lados el material que había salido previamente por lo que se dice que el fondo oceánico se expande, o sea, se desplaza. Si hoy empieza a salir material y dura una semana saliendo y si este material es empujado a uno y otro lado de la fractura por donde sale, al cabo de una semana tendremos una banda de rocas con el registro del campo magnético actual. Pero si a la semana siguiente el campo se invierte y dura una semana invertido, entonces tendremos bandas de rocas con el registro de un campo magnético diferente al de hace 15 días. Esto se descubrió en el Atlántico en la década de los 60 del siglo anterior y confirmó la teoría de la Deriva Continental planteada por Alfred Wegener a principios del siglo XX.

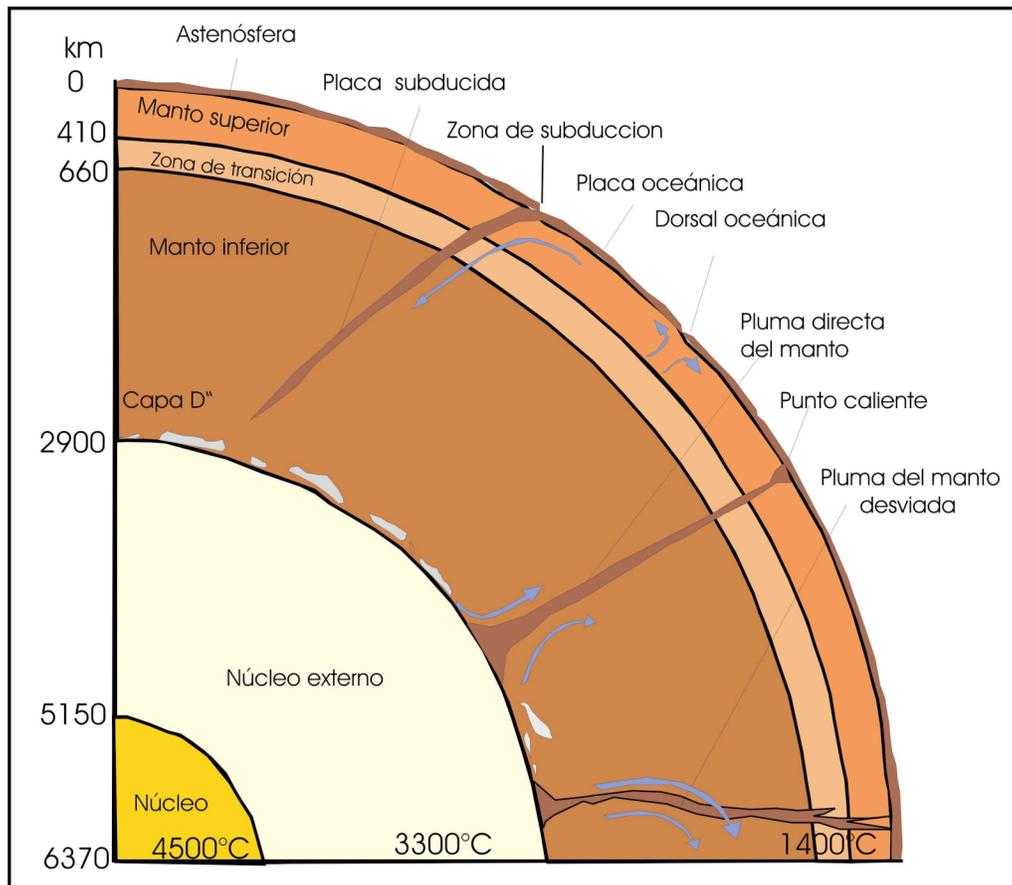


Figura 4: Estructura interna de la Tierra. La base del Manto es conocida como capa D.
Fuente: Ritter, J., 1999.

Las últimas investigaciones sugieren que uno de los mecanismos que causan cambios en el campo magnético terrestre es la resonancia entre la frecuencia propia de rotación del núcleo fluido de la Tierra y algunas ondas de marea solar. Esto hace que el poder friccional viscomagnético en las fronteras del núcleo pueda ser convertido en calor y desestabilizaría la capa termal, capa D, de la Tierra, ayudando a la generación de profundas plumas del Manto (ascenso de material fundido) y al incremento de la temperatura en las fronteras del núcleo fluido, perturbando el proceso dinamo del núcleo. Este fenómeno explicaría episodios a gran escala de formación de corteza continental, la generación de enormes flujos de basalto y la frecuencia de las reversiones geomagnética.

Bibliografía

Ritter, J., 1999: Rising Through Earth's Mantle. Science, Vol. 286, pp 1865

Tarback, E., Lutgens, F., 1999: Ciencias de la Tierra, Sexta Edición, PRENTICE HALL, Madrid, España.