

¿Se mueven los continentes?

El rompecabezas continental

A comienzos del siglo XX, los científicos sabían que los continentes estaban sometidos a los movimientos verticales propuestos por la teoría de la isostasia, pero estaban convencidos de que los continentes no experimentaban movimientos horizontales.

Nace el moviismo

Wegener, Alfred (1880–1930), meteorólogo y geofísico alemán conocido sobre todo por defender la teoría de la deriva de los continentes en una época en que los medios tecnológicos para demostrarla no se habían desarrollado todavía. Fue profesor de meteorología en la Universidad de Graz desde 1924 hasta 1930. A partir de diversas evidencias, renovó la idea de que todos los continentes estuvieron en un momento dado unidos en una gran área de tierra que él llamó Pangea. Más tarde sostuvo que ese supercontinente habría comenzado a dividirse hace aproximadamente 200 millones de años en dos partes: una norte, que él llamó Laurasia, y una sur llamada Gondwana por el geólogo austriaco Eduard Suess. Las teorías de Wegener, descritas en *El origen de los continentes y de los océanos* (1915), no fueron corroboradas por los científicos hasta 1960, cuando la investigación oceanográfica reveló el fenómeno conocido como expansión del fondo del mar. Wegener murió durante una expedición a Groenlandia.

Nació la primera teoría moviista estructurada y bien fundamentada.

Sus antagonistas niegan la posibilidad de que los continentes se muevan horizontalmente, son las teorías fijistas.

Antecedentes de las ideas moviistas

Algunas de las ideas defendidas por Wegener no eran completamente nuevas.

A principios del siglo XIX, **Alexander von Humboldt**, (1769–1859), naturalista y explorador alemán, muy conocido por sus valiosas contribuciones al estudio de la geofísica, meteorología y oceanografía, observó que las semejanzas entre las costas atlánticas de Suramérica y África iban más allá de su aparente ajuste y señaló cierta continuidad en algunas formaciones geológicas a uno y otro lado del Atlántico.

Frank Taylor, constituye el precedente más evidente de Wegener, que conocía sus ideas y les influyeron bastante.

Los argumentos de Wegener

–**Argumentos geográficos:** la forma de los continentes, que parecían encajar como las piezas de un enorme rompecabezas.

El ajuste no era perfecto, ya que había solapamientos y huecos entre estas piezas.

–**Argumentos geológicos:** Wegener encontró que algunas formaciones geológicas tenían continuidad a uno y otro lado del Atlántico.

–**Argumentos paleoclimáticos:** utilizó ciertas rocas sedimentarias como indicadores climáticos: tillitas, yeso y halita, carbones.

Dibujó mapas de estos climas antiguos y concluyó que su distribución resultaría inexplicable si los continentes hubiesen permanecido en sus posiciones actuales.

–**Argumentos paleontológicos:** analizo la distribución de muchos fósiles de organismos cuya presencia en lugares muy distantes en la actualidad resulta difícil de explicar, salvo en que en la época que vivieron estuviesen próximos.

¿Cómo es el interior terrestre?

Todavía son muchas las dudas que permanecen sobre el interior del planeta.

Datos sobre el interior terrestre

–**El interior de la tierra es mas denso.** Se conocen la masa y el volumen del planeta. Como densidad = masa/volumen, se ha calculado que la densidad media de la tierra es 5,5 g/cm³.

La densidad media de las rocas continentales es 2,7 g/cm³. En consecuencia, los materiales del interior serán mucho más densos.

–**El interior de la Tierra está caliente.** A medida que se profundiza en las minas, la temperatura aumenta. La existencia de erupciones volcánicas nos informa de las altas temperaturas del interior del planeta.

–**La Tierra parece un imán.** En la Tierra existe un campo magnético. La existencia de un núcleo metálico permite explicar el fenómeno de por qué la brújula se orienta hacia el norte.

–**La Tierra esta estructurada en capas.** Al producirse un terremoto una serie de ondas se desplazan en todas direcciones, son las ondas sísmicas. La velocidad a la que viajan las ondas depende de las características de los materiales por los que pasan.

El análisis de la propagación de las ondas sísmicas muestra un planeta estructurado en capas concéntricas.

Tectónica de placas

Un rompecabezas en movimiento

Los bordes de placa delimitan siete grandes placas litosféricas: Euroasiática, Africana, Indoaustraliana, Pacífica, Norteamericana, Sudamericana y Antártica. Entre ellas se sitúa una docena de placas de menor tamaño.

Excepto la placa Pacífica, todas las placas contienen litosfera continental y litosfera oceánica.

Las placas se mueven

La creación de litosfera en las dorsales o la destrucción en las zonas de subducción implica diversos movimientos.

La dorsal del Atlántico norte no puede generar nueva litosfera sin que se desplace Europa hacia el norte y Norteamérica hacia el oeste. Como las placas están juntas, el desplazamiento de cualquiera de ellas afecta inevitablemente a otras.

Los continentes forman parte de las placas y viajan con ellas como si fuesen pasajeros.

Vivimos sobre un rompecabezas en movimiento, pero sus piezas no solo cambian de posición, también cambian de forma y de tamaño, incluso varía su número.

Se ha demostrado que las placas litosféricas se mueven.

Las corrientes de convección

Un fluido al calentarse se dilata, pierde densidad y asciende. Cuando llega a zonas con menor temperatura, se enfría y desciende. Se establecen así los movimientos cíclicos denominados corrientes de convección.

Las corrientes de convección dentro del manto trasladan la mayor parte de su energía térmica desde la profundidad de la Tierra a la superficie y son la fuerza conductora de la deriva de los continentes. El flujo de convección proporciona las rocas calientes y fundidas al sistema mundial de cadenas montañosas oceánicas. Las corrientes de convección dentro del núcleo líquido se comportan como las láminas individuales en una dinamo, creando de este modo un gigantesco campo magnético. El núcleo sólido interno gira más despacio que el núcleo exterior, explicándose así el traslado secular hacia el Oeste. Se considera que las corrientes de convección mueven el metal fundido en circuitos relacionados con el campo magnético de la Tierra y se ven reflejados en el sistema de las corrientes de la Tierra que producen.

Corrientes de convección en el manto:

–el núcleo terrestre se halla a elevadas temperaturas (entre 3500 y 5000°C). Los materiales del manto, en contacto con el, se calientan y ascienden.

–al contacto con la litosfera los materiales del manto que han ascendido se enfrían, aumentan su densidad y se hunden, formando las corrientes de convección.

Veamos un ejemplo de las corrientes de convección del océano:

Este diagrama muestra las corrientes donde se produce el intercambio de agua caliente y fría en el océano.

Que mueve las placas

La interpretación clásica consideraba que las placas eran arrastradas por el movimiento de los materiales de la astenosfera. Las corrientes de convección del manto tienen una composición más compleja.

La gravedad tiene un papel clave en el movimiento de las placas.

Intervendría gracias a dos mecanismos complementarios:

–La placa oceánica se encuentra levantada en las dorsales y hundida en las zonas de subducción, lo que favorece su deslizamiento hacia abajo.

–La litosfera subducida es densa y fría, y las altas presiones del manto aumentan su densidad. Así, el extremo subducido tira de la placa y la arrastra.

El manto se encuentra agitado por corrientes de convección. La energía térmica del interior terrestre genera esta agitación y es, la causa del movimiento de las placas, seguramente ayudada por la energía gravitatoria.

Una síntesis global: la tectónica de placas

La teoría de la tectónica de placas no solo permite explicar los movimientos de los continentes y los océanos,

sino también otros procesos geológicos como el origen y la distribución de los volcanes y los terremotos o el origen de las cordilleras, esto ha sido denominado teoría de la tectónica global, que puede resumirse en las siguientes ideas básicas:

–**La litosfera esta dividida en un conjunto de fragmentos rígidos denominadas placas litosfericas.** Las placas son fragmentos de litosfera cuyo grosor oscila entre 50 y 200 Km. y poseen una extensión superficial muy variable. Hay siete grandes placas y entre ellas se sitúan una docena de placas de menor tamaño.

–**Los bordes de las placas litosfericas pueden ser de tres tipos:**

Dorsales. Limites en los que se genera nueva litosfera oceánica.

Zonas de subducción. Limites en los que se destruye litosfera.

Fallas transformables. Limites en los que no se crea ni se destruye litosfera, sino que una placa se desplaza lateralmente con respecto a otra.

–**La litosfera oceánica se renueva continuamente, mientras que la litosfera continental tiene un carácter más permanente.** La creación de litosfera oceánica en las dorsales y su destrucción en las zonas de subducción explica la juventud de los fondos oceánicos.

–**Las placas litosfericas se desplazan sobre los materiales plásticos de la astenosfera.** Lo hacen a velocidades de algunos centímetros por año, siguiendo distintas direcciones y provocando alejamientos y colisiones de continentes, así como rozamiento entre las placas.

–**Los desplazamientos de las placas litosfericas son causados por la energía térmica del interior terrestre ayudada por la gravedad.** La diferencia de temperatura entre un núcleo muy caliente y una litosfera fría genera corrientes de convección en el manto que condicionan la movilidad de las placas.

–**A lo largo de la historia de la Tierra ha cambiado no solo la posición de las placas litosfericas sino su forma y tamaño, así como el número de ellas.** La actividad de las dorsales y de las zonas de subducción modifica la forma y el tamaño de las placas.

Los científicos han vinculado el origen y la actividad de los volcanes con la teoría de la tectónica de placas y han puesto de manifiesto que los volcanes tienden a situarse en los límites entre las placas.

Tema 14:

Consecuencia del movimiento de las placas

Respuesta de los materiales ante los esfuerzos

Se denomina deformación al cambio de posición, forma o volumen que experimentan las rocas sometidas a esfuerzos

Tipos de deformaciones

–**Elástica:** En ella el material se deforma al ser sometido a un esfuerzo, pero recupera su forma original cuando cesa. (Esfuerzo de tensión)

–**Plástica:** En ella el material se deforma al ser sometido a un esfuerzo y no recupera su forma inicial cuando este deja de actuar, (esfuerzo de compresión)

–**Por rotura:** En ella el esfuerzo hace perder la cohesión interna del material y se fractura, su comportamiento es rígido.

La deformación elástica es transitoria, mientras que las deformaciones plásticas o por roturas tienen un carácter permanente. Todos los materiales se fracturan cuando se supera un valor máximo de deformación, denominado **límite de rotura**.

Cambios en el comportamiento de las rocas

Un trozo de granito, de mármol o de caliza tienen un comportamiento rígido, y si se someten a un esfuerzo suficientemente alto, se fracturan.

Cualquier tipo de roca puede encontrarse plegada.

Esto significa que las rocas también tienen un comportamiento plástico siempre que se den ciertas circunstancias.

Las rocas se comportan de manera diferente al cambiar las condiciones físicas o químicas en las que se encuentra.

A altas temperaturas y en presencia de agua, las rocas pueden tener un comportamiento plástico

Dirección y buzamiento

Los esfuerzos a que se ven sometidos las rocas hacen que los estratos abandonen su disposición horizontal original.

Se utilizan dos medidas:

–**Dirección:** es el ángulo que forma una línea horizontal contenida en el estrato con la línea norte–sur

–**Buzamiento:** el ángulo que forma la superficie del estrato con un plano horizontal. Además, se necesita indicar el sentido del buzamiento. Es el sentido en el que se desplazaría una bola situada en el estrato.

Deformaciones plásticas. Pliegues

Los pliegues son ondulaciones que se originan en las rocas al ser sometidas a esfuerzos de compresión.

Elementos de un pliegue

En todo pliegue pueden diferenciarse un conjunto de elementos que ayudan a describirlo:

–**Plano axial:** es aquel que divide el plano en dos mitades tan simétricas como sea posible.

–**Charnela:** es la zona del pliegue que tiene la máxima curvatura.

–**Eje del pliegue o línea de charnela:** es la intersección del plano axial con la charnela

–**Franco:** son los laterales del pliegue situados a ambos lados de la charnela.

–**Núcleo:** es la zona mas interna del pliegue.

Tipos de pliegues

Según la edad relativa de los materiales:

- Anticlinal:** Pliegue que tiene en el núcleo los materiales mas antiguos.
- Sinclinal:** Pliegue que tiene en el núcleo los materiales mas modernos.

Según la posición de su plano axial:

- Recto:** Pliegue cuyo plano axial buza 90° aproximadamente.
- Inclinado:** Pliegue cuyo plano axial buza entre 58° y 10°.
- Tumbado:** Pliegue cuyo plano axial buza menos de 10°.
- Invertido:** Pliegue cuyo plano axial a girado mas de 90° con respecto a la posición vertical.

Según su simetría:

- Simétrico:** El plano axial divide al pliegue en dos mitades aproximadamente simétricas.
- Asimétrico:** El plano axial divide al pliegue en dos mitades claramente no simétricas.

Los geomorfólogos estudian la forma de la superficie terrestre y los distintos procesos que transforman los paisajes. Por ejemplo, cuando porciones grandes de la corteza se desplazan de forma lateral, crean fuerzas enormes de compresión que pueden plegar e incluso romper las rocas. Aquí, **las capas de roca sedimentaria muestran un pliegue anticlinal donde las capas se inclinan hacia abajo.**

Deformaciones por rotura. Fracturas

Es esfuerzo al que se ve sometido una roca puede superar su limite de rotura, produciéndose una fractura.

De acuerdo con el movimiento relativo de los bloques en que ha quedado dividido el terreno al producirse la rotura, se diferencian dos tipos de rotura: diaclasas y fallas.

Diaclasas

Son fracturas en las que los bloques no se desplazan uno con respecto al otro o, en caso de hacerlo, es ensanchando la fractura, quedando la grieta mas abierta.

Se forman con posterioridad a las rocas que las contienen, o pueden originarse al mismo tiempo que la roca en la que se hallan. Esto ocurre con las grietas de desecación.

Las diaclasas suelen presentarse agrupadas, formando sistemas de diaclasas.

Fallas

Son fracturas en las que se ha producido el desplazamiento de un bloque con respecto al otro.

–**Plano de falla:** es la superficie de fractura. Sobre ella se ha producido el desplazamiento de un bloque con respecto al otro.

–**Labios de falla:** son los bloques en los que ha quedado dividido el terreno al originarse la fractura. Si los bloques quedan a diferentes alturas, habrá un labio levantado y un labio hundido.

–**Salto de falla:** es la medida del desplazamiento relativo producido.

–**Orientación de la falla:** es la dirección y el buzamiento de su plano de falla.

La falla de San Andrés, a diferencia de la mayoría de las fallas que permanecen bajo el océano, emerge desde el océano Pacífico y atraviesa cientos de kilómetros de tierra. Recorre unos 1.000 km del estado de California, entre el valle Imperial y la punta Arena. Esta falla señala la frontera entre las placas tectónicas de Norteamérica y del Pacífico que, al deslizarse una sobre otra, provocan terremotos.

Tipos de fallas

–**Falla normal o directa:** es aquella en la que el plano de falla buza hacia el labio hundido. Se origina como consecuencia de esfuerzos de tensión y produce un aumento en la superficie del terreno

–**Falla inversa:** es aquella en la que el plano de falla buza hacia el labio levantado. Se origina como consecuencia de esfuerzos de compresión y produce una disminución en la superficie del terreno.

–**Falla de desgarre:** es aquella en la que el desplazamiento relativo de los bloques se ha producido en horizontal. En este tipo de fallas no habrá, por tanto, labio levantado ni labio hundido.