

BIOLOGÍA

4º ESO

Tema 1: Estructura y dinámica de la Tierra

www.tipsacademy.es

TEMA 1: ESTRUCTURA Y DINÁMICA DE LA TIERRA

1. ORIGEN DEL SISTEMA SOLAR Y LA TIERRA

El Sistema Solar se formó hace unos 5000 millones de años (m.a.) a partir de una nebulosa (masa fría de polvo y gas, con predominio de H y He, quizá residuo de la explosión de una estrella anterior, por lo que nuestro Sol sería una estrella de, al menos, segunda generación) situada en uno de los brazos de la Vía Láctea (cerca del extremo del brazo de Orión).

Se acepta que el Sol y los demás componentes del Sistema Solar se originaron por acreción planetesimal de las partículas de la nebulosa. Al girar la nebulosa sobre sí misma adquirió forma de disco en cuyo centro, por gravedad, se concentró la mayor parte del material hasta originar el Sol, el cual se contrajo hasta formar una esfera capaz de iniciar las reacciones de fusión y comenzar a brillar (su tamaño depende del equilibrio entre la gravedad y la fuerza expansiva de la fusión). Alrededor de aquel Sol primitivo (protosol) las partículas que quedaban también fueron colisionando entre sí, uniéndose y liberando energía. De este modo se formaban partículas cada vez mayores (planetesimales) con capacidad para atraer nuevas partículas y seguir creciendo hasta constituir cuerpos de mayor tamaño (planetoides). Al cabo de unos 500 m.a. los planetoides fueron reduciendo su número y aumentando de tamaño hasta originar los planetas. Los más cercanos al Sol, de menor tamaño y privados de muchos gases por el propio Sol (viento solar) constituyeron los planetas terrestres.

El sistema Tierra-Luna se originó tras la colisión de la prototierra con un planeta del tamaño de Marte de la que se desprendió la Luna y se quedaron ambos cuerpos a elevada temperatura. Los más alejados del Sol conservaron sus gases y adquirieron mayor tamaño. Son los planetas gaseosos. Entre ellos quedó un cinturón de asteroides (partículas rocosas que no alcanzaron a formar planeta) y más allá de los planetas se formaron los cinturones cometarios.

La propia Tierra, fundida en su origen, fue solidificándose y diferenciándose en capas que, con la actividad de los seres vivos que en ella se desarrollaron, se modificaron hasta originar las cuatro capas o esferas de que consta actualmente: geosfera (rocosa, resultado directo de la acreción, fundida en origen y que fue solidificándose y diferenciándose en subcapas por densidad), las dos capas fluidas (atmósfera e hidrosfera, resultado de la desgasificación de la geosfera y de la actividad volcánica y de los seres vivos, al tiempo que los gases más ligeros, H y He, que la gravedad no retenía, se perdían hacia el espacio) y biosfera (capa donde habitan los seres vivos resultado de su interacción con las demás). Esta clasificación excluye una capa más externa llamada magnetosfera constituida por el campo magnético terrestre y las partículas que en él quedan atrapadas.

2. ESTRUCTURA INTERNA DE LA TIERRA

La principal fuente de conocimiento acerca de la estructura y composición del interior de la Tierra proviene del estudio de una serie de parámetros físicos (métodos geofísicos) así como de algunos datos directos (estudio de meteoritos, sondeos superficiales).

El método que más información suministra es el estudio de las ondas liberadas por los terremotos (método sísmico). Los terremotos son bruscas vibraciones de la superficie terrestre originadas por movimientos en su interior. Dichos movimientos generan ondas sísmicas que pueden ser de dos tipos: superficiales (ondas Love L y Rayleigh R, responsables de las catástrofes pero que no aportan información del interior) e internas (que sí proporcionan muchos datos). Estas últimas incluyen dos clases de ondas:

Ondas primarias P (ondas longitudinales, de compresión, que se transmiten a través de todos los medios y son más rápidas) y ondas secundarias S (ondas transversales, de cizalla, que solo se transmiten en sólidos pero no en fluidos y son más lentas). El registro sistemático de las ondas en estaciones sismológicas por medio de sismógrafos proporciona numerosos datos a partir de los cambios de velocidad de las ondas o su refracción al atravesar distintos materiales (que genera zonas de sombra).

Con dichos datos se puede conocer el estado y profundidad de las distintas capas, si son rígidas o plásticas, su composición y los puntos en que se producen cambios de capa (marcados por bruscas alteraciones en la propagación de las ondas llamados discontinuidades sísmicas, que pueden ser de dos tipos: de primer orden las mayores —Mohorovicic

entre corteza y manto y Gutenberg entre manto y núcleo— y de segundo orden las menores —Repetti entre manto superior e inferior y de Wiechert y Lehman entre núcleo externo y externo).

A partir de la información obtenida pueden plantearse dos modelos complementarios sobre el interior de la geosfera: estático, químico o geoquímico (basado en la composición de sus capas) y dinámico o geodinámico (basado en el estado y comportamiento de las mismas).

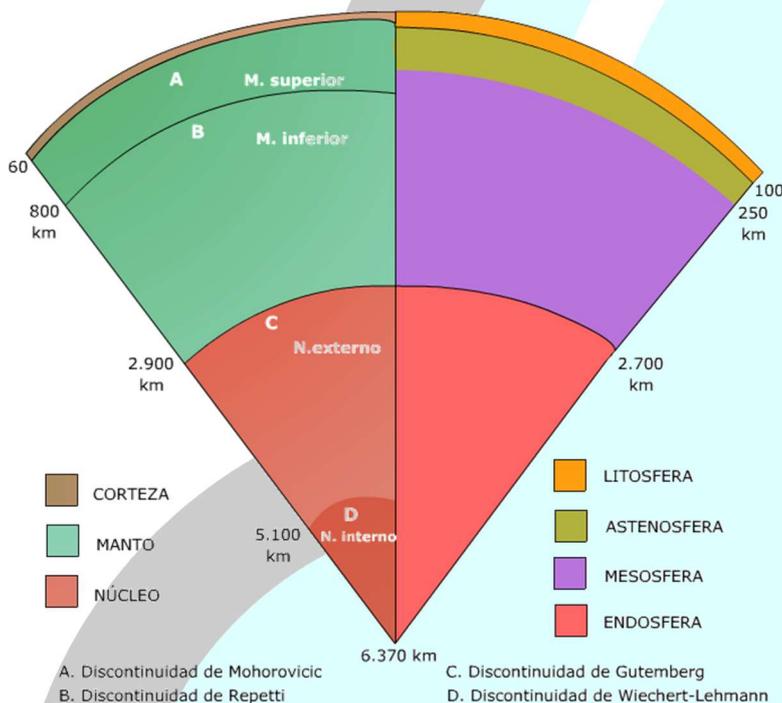
MODELO GEOQUÍMICO

Desde el exterior al interior (y usando las discontinuidades sísmicas y otros datos) diferencia:

-Corteza: capa más fina y superficial formada por silicatos ligeros que dan lugar a una corteza continental (con predominio de silicatos de aluminio graníticos que constituye las masas continentales y no se suele reciclar) y otra oceánica (con predominio de silicatos magnésicos basálticos que forman una capa algo más fina y densa en los fondos oceánicos y que suele reciclarse)

-Manto: capa de silicatos más densos (con predominio de pteridotitas y perovskitas) que se suele dividir en dos zonas (manto superior e inferior separados por una zona de transición) en las que las propiedades de los materiales van variando debido al aumento de densidad y temperatura.

-Núcleo: capa metálica (constituida mayoritariamente por Fe, con un pequeño porcentaje de Ni y sulfuros) subdividida en una porción externa fluida y una interna sólida cuyos movimientos respectivos generan el campo magnético terrestre (magnetosfera).



MODELO GEODINÁMICO

En función de los cambios de comportamiento y las propiedades de los materiales distingue de fuera a dentro las siguientes capas:

-Litosfera: capa más superficial, sólida y rígida, formada por la corteza y la parte más externa del manto, fragmentada por las fuerzas convectivas del interior en grandes bloques llamados placas litosféricas. Se distinguen, en función del tipo de corteza que incluyen, una litosfera continental y otra oceánica (siendo esta reciclable). Las placas se desplazan entre sí según movimientos horizontales que constituyen la llamada tectónica de placas, aunque también presentan movimientos debidos a ajustes isostáticos (movimientos verticales).

-Mesosfera: capa intermedia de carácter plástico que suele dividirse en una capa superior sublitosférica y una capa inferior que llega hasta la frontera con el núcleo. Durante algún tiempo se pensó que la zona sublitosférica constituía una capa especial a la que se llamó astenosfera y se correspondía con rocas casi fundidas cuya fluidez y convección eran responsables de la tectónica de placas. Hoy en día se considera que dicha capa no existe como tal y solo en algunos puntos las corrientes convectivas procedentes de zonas más internas alcanzan en ocasiones la superficie originando los movimientos superficiales. En este sentido, la zona más inferior de la mesosfera incluye la llamada zona o capa D'' que acumula el calor del núcleo externo de modo que sus rocas pueden llegar a fundirse y formar los llamados penachos térmicos o plumas del manto que son chorros de magma muy caliente que atraviesan la mesosfera camino de la superficie y son capaces de perforar la litosfera y generar su dinámica, originando, por ejemplo, los llamados puntos calientes con intensa actividad volcánica.

-**Endosfera:** coincide con el núcleo, siendo el flujo de su calor el responsable de la zona D'' y de las corrientes de convección que generan el campo magnético cuyos polos varían con el paso del tiempo debido a la propia movilidad de la endosfera.

3. LA ENERGÍA INTERNA DE LA TIERRA

La energía interna de la Tierra tiene dos orígenes. Inicialmente, cuando se formó por acreción, la mayor parte de su calor procedía de la colisiones que provocaron la fusión de los materiales. Desde entonces fue enfriándose desde la superficie (primera en solidificarse) hasta el interior. Sin otra fuente de calor, tal energía ya se habría perdido (por radiación al espacio) y el interior del planeta estaría frío. Pero la geosfera presenta isótopos radiactivos cuya desintegración todavía genera calor el cual mantiene la energía interna del planeta y hace que su enfriamiento sea más lento.

Prueba del enorme calor que la Tierra alberga es el gradiente geotérmico: cada vez que se profundiza desde la superficie hacia el interior del planeta la temperatura aumenta un promedio de 3°C por cada 100 metros. A mayores profundidades el gradiente se atenúa y en el centro del planeta la temperatura alcanza unos 6000 °C. Dicho calor tiende a fluir desde el interior al exterior, lo cual puede suceder por conducción (demasiado lenta entre rocas) y por convección, que es el mecanismo fundamental de flujo térmico y que se da en los materiales fluidos en forma de corrientes calientes ascendentes (los penachos térmicos mencionados procedentes de la capa D'') y corrientes descendentes (debido a la gravedad que actúa sobre los materiales más densos y los hunde bajo los calientes), sin que suelen formarse verdaderas células convectivas cerradas sino un flujo más irregular. Este flujo es alimentado por la enorme diferencia térmica entre la litosfera y la capa D'.

4. MOVIMIENTOS HORIZONTALES DE LA LITOSFERA

Tradicionalmente el ser humano consideraba imposible que los continentes se movieran o incluso sufrieran modificaciones importantes.

Estas ideas fijistas fueron las predominantes hasta mediados del siglo XX, aunque se aceptase la posibilidad de que cordilleras o puentes de tierra sobre el mar se pudieran elevar y destruir. Ya en el siglo XVII Francis Bacon llamó la atención sobre la coincidencia geográfica entre costas continentales separadas por el océano e incluso Snyder Pellegrini propuso que la lava de volcanes pudo haber separado en otros tiempos los continentes, si bien muchos imaginaban al diluvio como causante de la formación de los mares.

Al margen de otros precursores, el primer científico que planteó una formulación rigurosa de los posibles movimientos horizontales de los continentes fue el alemán Alfred Wegener con su hipótesis de la deriva continental, aportando pruebas de los movimientos, pero equivocando el mecanismo que los causaba. Como las ideas del alemán iban contra lo establecido, el mecanismo propuesto era erróneo (como demostró Jeffreys físicamente, siendo este autor el mismo que determinó la fluidez del núcleo externo y su relación con la magnetosfera) y Wegener no era geofísico sino meteorólogo, la comunidad científica de la época rechazó mayoritariamente su hipótesis. Wegener falleció en un accidente mientras buscaba nuevas pruebas con las que dar valor a sus ideas. Según Wegener, los continentes (formados por silicatos de aluminio, sial, más ligeros) podían desplazarse sobre los fondos oceánicos (formados por silicatos de magnesio, sima), de modo que tiempo atrás estuvieron todos los continentes unidos en una sola masa a la que llamó Pangea, rodeada de un océano global llamado Pantalasa.



Este supercontinente empezó a fragmentarse por el deslizamiento de sus piezas sobre el océano hasta originar la configuración actual de los continentes. Wegener presentó numerosas pruebas de la movilidad continental, pero no pudo proponer un mecanismo válido para justificar tales movimientos, ya que las fuerzas implicadas en el deslizamiento se demostraron físicamente imposible. Entre sus pruebas destacan: geográficas (el encaje entre las costas continentales, más aún entre las plataformas sumergidas de los continentes), geológicas (la prolongación de estructuras geológicas como cordilleras o pliegues a ambos lados de una cuenca oceánica), paleoclimáticas (la presencia de restos glaciares en zonas actualmente cálidas o de restos tropicales en las frías, así como la coincidencia en el flujo de hielo entre continentes), paleontológicas (la continuidad en la presencia de fósiles de animales o plantas con poca movilidad en continentes hoy en día muy separados, que se justificaba si hubieran estado juntos en el pasado).

En la segunda mitad del siglo XX se produjo una fase muy intensa de exploración oceánica y también se mejoraron los datos geofísicos. Ya antes el británico Arthur Holmes había propuesto un mecanismo convectivo para justificar el flujo energético de la Tierra y la posibilidad de movimientos horizontales superficiales. El estudio de la presencia de magnetismo residual (remanente) en muchas rocas y la elaboración de mapas de los fondos oceánicos, permitieron a Harry Hess proponer la expansión de los fondos oceánicos a partir de las cordilleras suboceánicas llamadas dorsales, donde se creaba litosfera oceánica de origen volcánico y se alejaba paulatinamente de la dorsal.

Esto se comprobó porque a ambos lados de la dorsal se repetían, de forma simétrica, los cambios históricos de polaridad magnética (inversiones magnéticas en que se cambian los polos norte y sur del planeta) que quedaban registrados en el material ferromagnético consolidado a partir de lava, además de que, al alejarse de la dorsal, la cantidad de sedimentos aumentaba hasta hacerse máxima en el borde de las cuencas oceánicas donde, en ocasiones, se formaban grandes grietas denominadas fosas, que también hallaron explicación en el modelo de expansión propuesto que dio lugar a la llamada Tectónica de Placas.

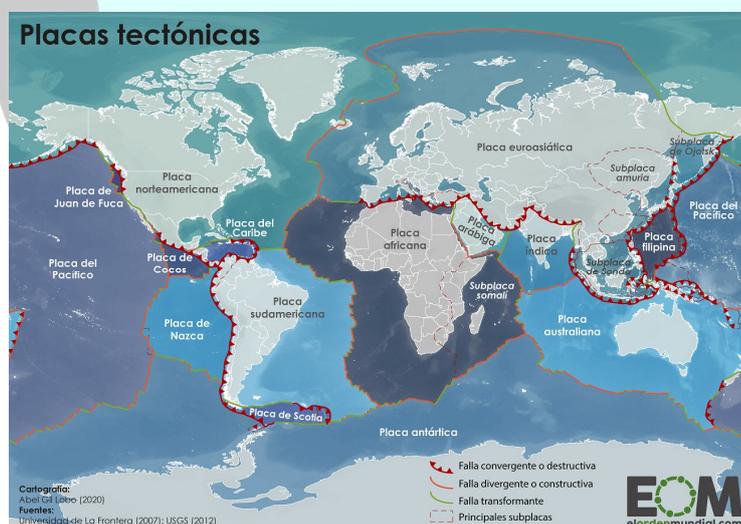
5. LA TECTÓNICA DE PLACAS

Es la principal teoría geológica actual que explica el flujo energético de la geosfera, los movimientos de sus materiales y la formación de minerales y rocas.

El concepto de placa fue elaborado por Tuzo Wilson a partir de la distribución mundial de terremotos y volcanes, así como la interpretación de sus movimientos en un ciclo que lleva su nombre (**ciclo de Wilson**).

La tectónica se basa en varios postulados:

A) La litosfera está dividida en placas litosféricas o tectónicas, que son grandes masas superficiales, sólidas y rígidas, constituidas por la corteza y la parte superior del manto, que están encajadas entre sí como un puzzle, constituyendo toda la superficie planetaria, y se desplazan horizontalmente como consecuencia de los flujos energéticos de la geosfera, quedando separadas por zonas de actividad sísmica y volcánica).



B) La litosfera oceánica es más fina y densa que la continental, se genera por la actividad volcánica de las dorsales y se destruye en las fosas oceánicas, mientras la continental no se suele destruir una vez creada, si bien puede unirse, separarse o plegarse, c) el calor interno de la Tierra y la fuerza de gravedad son responsables de los flujos convectivos que desplazan las placas y arrastran con ellas a los continentes, d) la interacción de las placas da lugar al relieve terrestre y los fenómenos asociados a su formación, como volcanes y terremotos.

Hoy en día esta teoría está ampliamente demostrada. Se han cartografiado los fondos

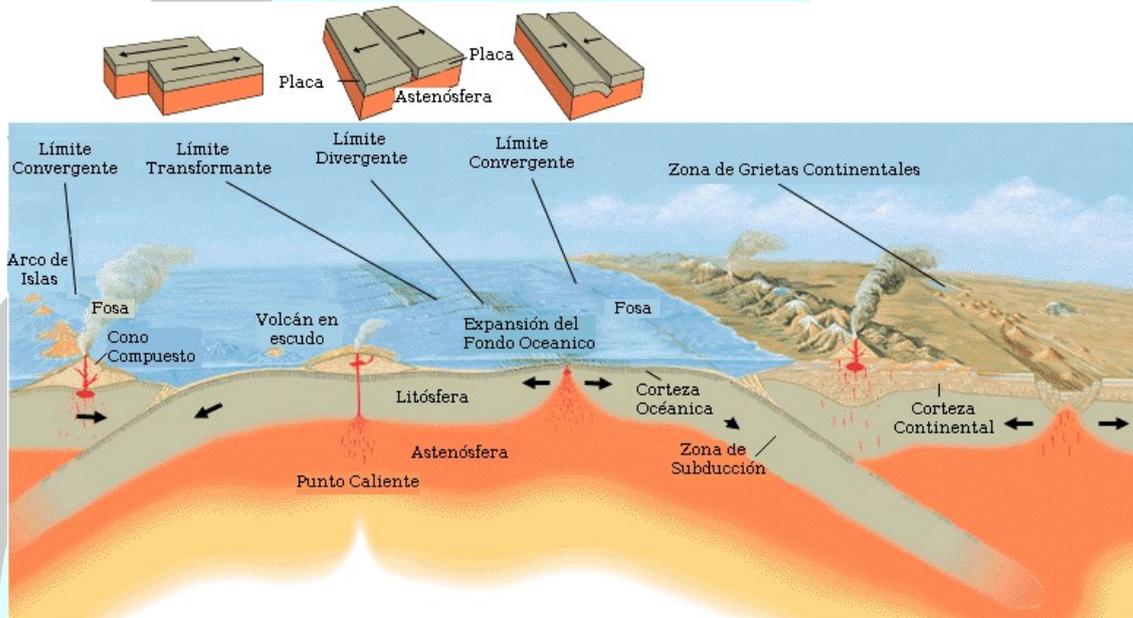
oceánicos donde se pueden apreciar los bordes entre placas, dorsales, fosas submarinas y grandes fallas. Se han medido los sedimentos y la propia antigüedad de las rocas del fondo oceánico y se comprueba el aumento de ambos al alejarse de la dorsal. Incluso se ha podido medir directamente el desplazamiento (y dirección del mismo) correspondiente a las placas actuales que, al ser de pocos centímetros al año, nos pasa desapercibido.

Existen bastantes placas que pueden ser oceánicas (si solo incluyen litosfera oceánica), continentales (si solo continental) y mixtas (las más comunes, que incluyen fragmentos continentales y oceánicos). Las ocho placas más importantes son:

- Mixtas: euroasiática, norteamericana, sudamericana, africana, indoaustraliana y antártica.
- Oceánicas: pacífica y nazca.

MOVIMIENTOS ENTRE PLACAS

Los lugares de contacto entre placas se llaman bordes y en ello, según el movimiento relativo de cada placa, se producen diversos fenómenos geológicos con creación, destrucción o alteración de la litosfera, incluyendo fenómenos como vulcanismo, sismicidad, subsidencia, subducción. Existen tres tipos de borde según el movimiento y la interacción entre placas:



-**Divergente:** las placas se separan, se crea litosfera oceánica por vulcanismo en las dorsales.

-**Deslizante o de cizalla:** se da en bordes conservadores o pasivos, coincidentes con las llamadas fallas transformantes, lugares en que los bordes de dos placas se rozan entre sí, dando lugar a enorme sismicidad sin apenas crearse o destruirse litosfera.

-**Convergente:** a veces se les llama bordes destructivos ya que en ellos colisionan las placas, destruyéndose o deformándose y dando lugar a fenómenos geológicos como sismicidad, vulcanismo u orogenia (formación de cordilleras, orógenos). Hay tres tipos de borde convergente según los tipos de placas que colisionan, oceánica (O) o continental (C):

1. Oceánica con continental (O-C): la litosfera oceánica, más fina y densa, se introduce bajo la continental (subducción) en fosas donde se destruye y genera magmas y terremotos, originándose cordilleras volcánicas pericontinentales (Andes).

2. Oceánica con oceánica (O-O): una de las dos placas (normalmente la más vieja y fría, aunque también influye la velocidad) subduce bajo la otra y se destruye, dando lugar a archipiélagos volcánicos en curva con gran sismicidad (arcos insulares como Japón).

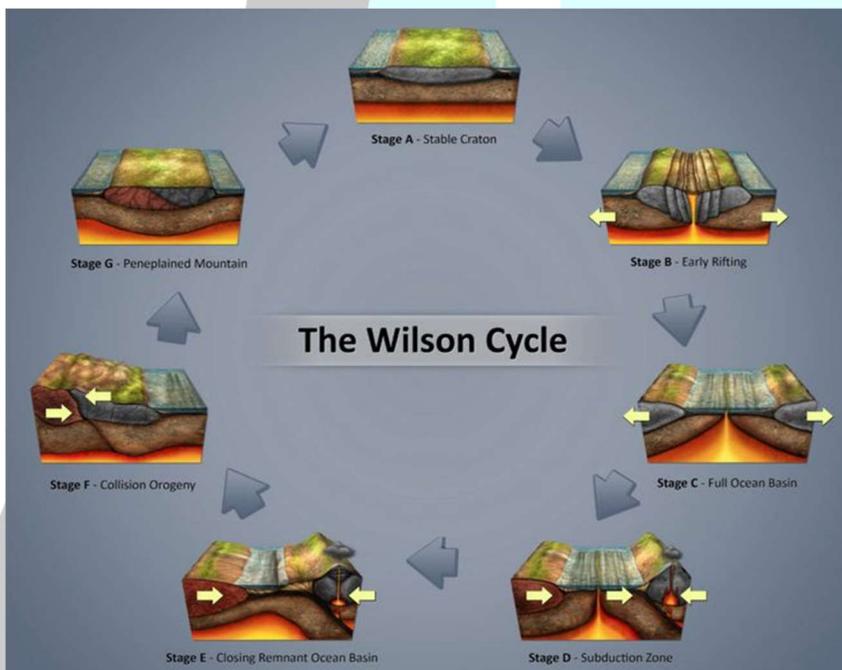
3. Continental con continental (C-C): los continentes colisionan, se encajan y se pliegan al no poder subducir, dando lugar a sismicidad y la elevación de orógenos intracontinentales (como el Himalaya).

6. MOVIMIENTOS VERTICALES DE LA LITOSFERA. LA ISOSTASIA

Ya en el siglo XVIII algunos autores (como Pratt y Airy) propusieron que la corteza podía ascender o descender en función de que acumulase o perdiera peso, debido a la densidad o por diferencias de volumen en los bloques (como un iceberg, que siempre flota pero la porción que sobresale depende de su tamaño).

Hoy se sabe que la litosfera rígida se encuentra en equilibrio sobre el manto sublitosférico. Este equilibrio de flotación se llama isostasia y se puede alterar cuando la litosfera (por causas externas como la erosión o internas como el vulcanismo o la orogenia) pierde masa y espesor o los gana (de modo semejante a la flotación de un barco con y sin carga). Si la litosfera acumula peso (por depósito de sedimentos o por acumulación de hielo glaciar) tiende a hundirse (subsistencia). Si, por el contrario, lo pierde (por erosión de materiales o por engrosamiento de litosfera continental más ligera) tiende a elevarse (así, por ejemplo, las cordilleras tienden a elevarse mientras se erosionan o Escandinavia presenta fiordos por ascenso isostático tras fundirse los hielos de la última glaciación).

7. EL CICLO DE WILSON



El ciclo de Wilson es el conjunto de movimientos de placas que van desde la existencia de un supercontinente (Pangea), su fragmentación, separación de las partes y reunificación en un nuevo supercontinente distinto. Se puede describir por medio de una serie de fases:

1. Existencia de un continente.

2. Abombamiento y formación de un rift (fractura con depresión central semejante al Rift-Valley africano) continental.

3. Entrada de un brazo de mar y formación de un rift oceánico (se inicia la expansión, bordes del rift elevados)

4. Mar Rojo: expansión del fondo

con extremos aún bastante elevados, formando una cuenca cerrada parecida al propio Mar Rojo.

5. Océano estrecho: cuenca en expansión con dorsal ya bien formada.

6. Océano Atlántico: cuenca oceánica madura (bordes alejados y no elevados) con expansión pero sin subducción.

7. Océano Pacífico: océano maduro con subducción que provoca que los extremos se empiecen a acercar.

8. Cierre de la cuenca: pérdida de tamaño por subducción que hace que los extremos se aproximen.

9. Colisión de placas, que puede suceder en tres fases:

a) Formación de arco insular

b) Formación de cordillera pericontinental

c) Colisión continental con elevación de cordillera intracontinental.

10. Formación de un nuevo continente (a partir del cual podría repetirse el ciclo).

