

TECTÓNICA DE PLACAS

CONTENIDOS

1. La estructura interna de la Tierra

- 1.1. Estructura química
- 1.2. Estructura dinámica
- 1.3. La Corteza terrestre
- 1.4. Litosfera y Astenosfera

2. Antecedentes de la Tectónica de Placas

- 2.1. Deriva Continental
- 2.2. Las corrientes de convección de la Astenosfera
- 2.3. La expansión del fondo oceánico
- 2.4. Los cinturones activos
- 2.5. Conclusión: Tectónica de Placas

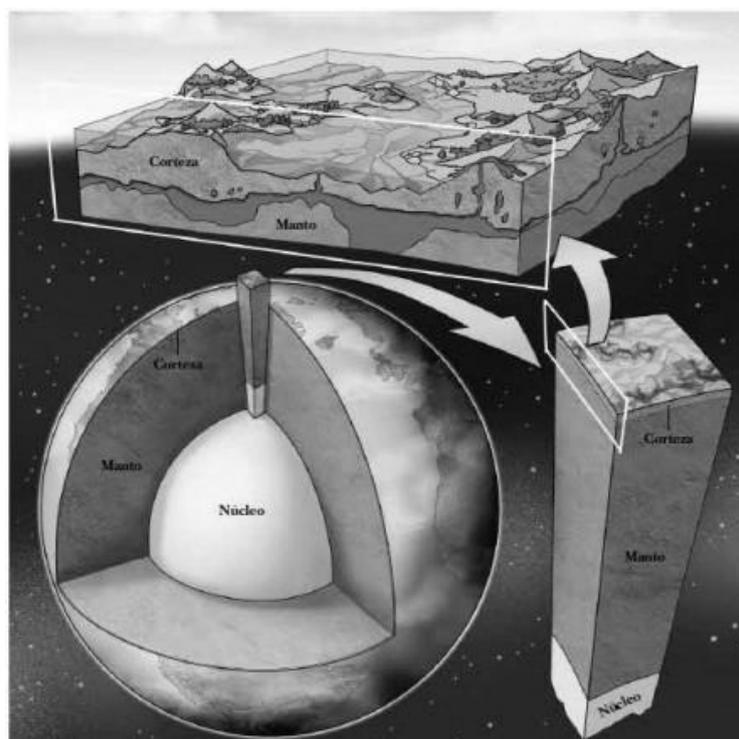
3. Las Placas Litosféricas o Tectónicas

- 3.1. Concepto de Placa Litosférica
- 3.2. Límites de placa

- 3.2.1. Dorsales
- 3.2.2. Fosas
- 3.2.3. Transformantes

4. Evolución de los límites de placa

- 4.1. Origen y evolución de los límites constructivos
- 4.2. Origen y evolución de los límites destructivos
- 4.3. La evolución de las placas: El ciclo de Wilson



1. LA ESTRUCTURA INTERNA DE LA TIERRA

Para poder comprender cómo funciona la Tierra, es necesario saber cómo es por dentro, en cuanto a composición y en cuanto a estructura. El estudio del interior de la Tierra sugiere una estructura composicional en capas (**geosferas**) a las que se superpone una estructura dinámica, es decir referida al comportamiento de los materiales internos.

1.1. Estructura química

Ante la imposibilidad de acceder directamente al interior de la Tierra, el estudio de su interior se hace por métodos indirectos, que consisten, básicamente, en medidas de características físicas del la Tierra en su conjunto. Este tipo de estudios conforman una ciencia, a caballo entre la geología y la física, denominada **geofísica**.

Las capas terrestres son, de afuera a adentro

> **Corteza:** es la capa más fina e irregular. Sólida. Su espesor varía desde **5 km** bajo los fondos oceánicos hasta más de **70 km** en algunos puntos de los continentes. Es la menos densa, formada por elementos químicos ligeros, como el oxígeno, carbono, silicio, etc. Su límite con la siguiente capa forma la **discontinuidad de Mohorovicic**.

> **Manto:** más uniforme que la Corteza y mucho más grueso. Su límite se sitúa a **2900 km**. Se encuentra en estado sólido aunque tiene cierta plasticidad. Está compuesto por elementos más densos, como son el hierro y el magnesio, aunque también posee importantes cantidades de silicio, formando una roca característica denominada **peridotita**. Su límite con el Núcleo forma la **discontinuidad de Gutenberg**.

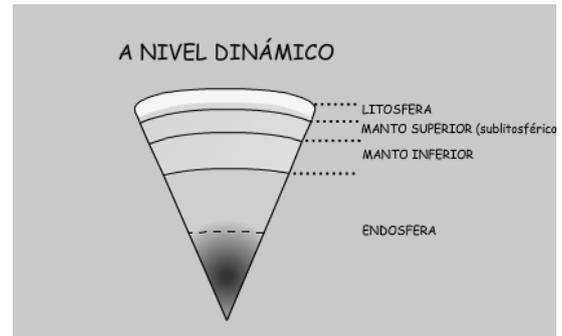
> **Núcleo:** Es muy denso. Compuesto básicamente por hierro, níquel y azufre, similar a un tipo de material (roca) denominado **troilita**, encontrado en algunos meteoritos que han caído a la Tierra (siderolitos) y cuyas propiedades físicas coinciden con las medidas para esta capa terrestre. El **Núcleo externo** se encuentra en estado **líquido**, lo que sabemos porque las "ondas s" desaparecen en él. Su límite, situado a **5100 km**, se denomina **discontinuidad de Wiechert o Lehman**. A partir de esta discontinuidad aparece el **Núcleo interno**, sólido, de mayor densidad y menos azufre. Forma la parte central del planeta.



1.2. Estructura dinámica

Es una división del interior de la Tierra en capas no diferenciadas por su composición sino por su dinámica, manifestada por el comportamiento térmico.

La diferencia con respecto el modelo geoquímico se refiere fundamentalmente a sus capas más externas.



> **Litosfera:** es la capa más superficial, correspondiendo a la totalidad de la Corteza y la parte más superficial del manto que se desplaza solidariamente ella. Su profundidad es variable (mayor bajo las cordilleras que bajo los océanos), pudiendo alcanzar unos 200 km de profundidad. Es rígida y en ella el calor interno se propaga por conducción. Forma parte activa en la convección del Manto.

> **Manto Sublitosférico:** formado por el resto del Manto que se encuentra bajo la Litofera. Se encuentra en convección. Sus corrientes ascendentes coinciden con las zonas de dorsal, y sus corrientes descendentes con las zonas de subducción.

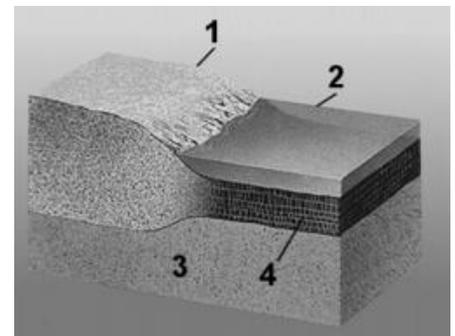
> **Núcleo (o Endosfera) :** es la fuente del calor interno. Su parte más externa se encuentra fundida y en convección mientras que su parte interna es sólida y transmite el calor por conducción. El núcleo es el responsable de la generación del campo magnético terrestre.

1.3. La Corteza terrestre

Tal como se dijo, es la capa más fina y heterogénea de la Tierra. Se pueden apreciar dos tipos de corteza:

Corteza Continental (1) y Corteza Oceánica (4).

> **Corteza Continental:** la más gruesa, puede llegar a 70 km de espesor. Está formada, fundamentalmente, por rocas plutónicas y metamórficas, y por encima de ellas, rocas sedimentarias. La edad se distribuye de manera desigual, a modo de "parches":



* **Cratones o escudos continentales:** son las regiones más antiguas. Son geológicamente estables (sin vulcanismo ni sismicidad). Suelen ocupar las zonas centrales de los continentes.



* **Orógenos:** son las regiones más jóvenes. Generalmente en la periferia de los continentes y con actividad geológica (vulcanismo y/o sismicidad). En la figura el orógeno andino (cordillera de los Andes)



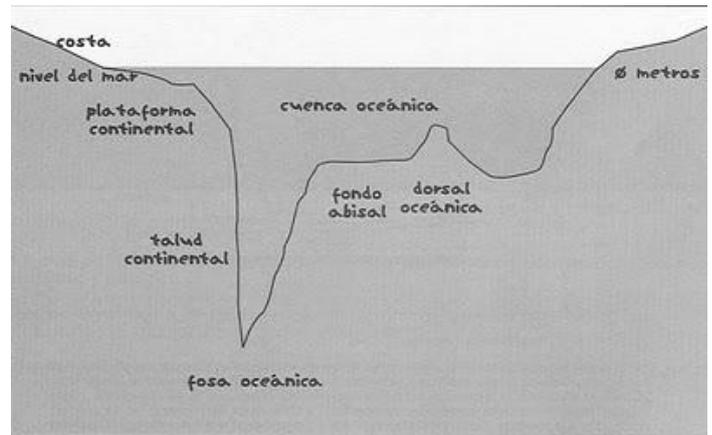
Es en la Corteza Continental donde se encuentran las rocas más antiguas (hasta 3.800 millones de años).

>**Corteza Oceánica:** mucho más delgada y homogénea (entre 5 y 10 km de espesor). Formada por cuatro niveles, de abajo a arriba: rocas plutónicas, rocas volcánicas (basaltos) y una capa sedimentaria (sedimentos y rocas sedimentarias)

Morfológicamente, está formada por unas elevaciones a modo de grandes cordilleras que surcan los océanos de norte a sur, las **dorsales**, con actividad volcánica; un fondo plano y extenso, la **llanura abisal**, y unas depresiones muy profundas (hasta 11.000 m de profundidad) y alargadas, las **fosas**.

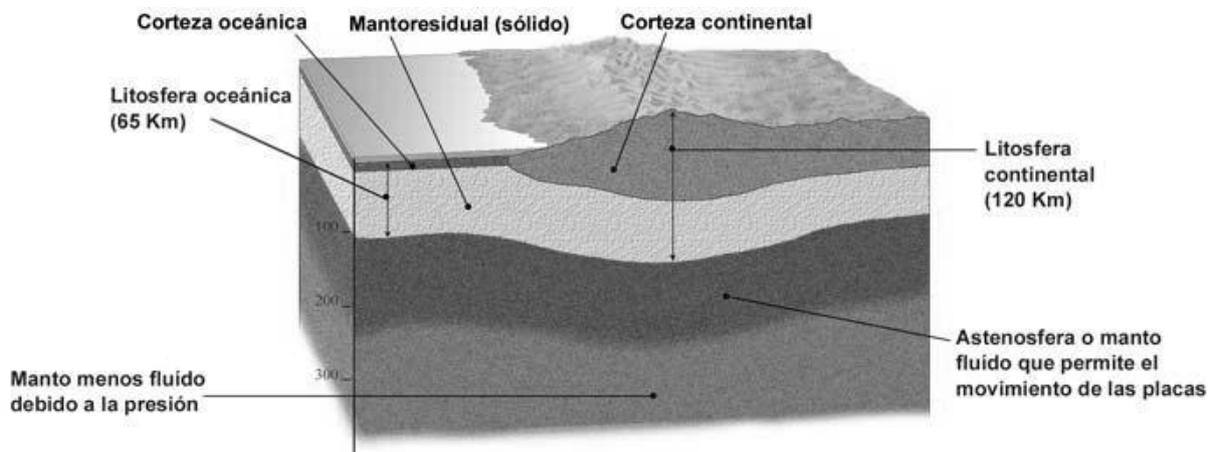
La Corteza Oceánica es muy joven, con edades máximas de rocas de 180 millones de años y una distribución de edades muy peculiar:

- * Las rocas más modernas (actuales) se encuentran en el entorno de las dorsales, aumentando la edad simétricamente a ambos lados de la misma.
- * Las rocas más antiguas se encuentran junto a los márgenes continentales estables o en las proximidades de las fosas.



1.4. Litosfera.

La Litosfera es la capa dinámica más íntimamente relacionada con la dinámica interna de la Tierra. Según la Teoría de la **Tectónica de Placas**, que explica el mecanismo por el que se rigen los procesos geológicos internos, se define como la Corteza (continental u oceánica) más la parte superior del Manto que se comporta de forma solidaria (se desplaza) con ella. Su comportamiento va a depender del tipo de corteza que tenga en su parte superior, pudiéndose establecer diferentes comportamientos según se trate de una Litosfera continental (con corteza continental) u oceánica (con corteza oceánica).



2. ANTECEDENTES DE LA TECTÓNICA DE PLACAS

La Teoría de la Tectónica de Placas, también llamada de las Placas Litosféricas o Tectónicas y actualmente conocida como **Tectónica Global**, surge a finales de la década de los 60 (T. Wilson), como consecuencia de una serie de datos geofísicos y de teorías anteriores iniciadas en 1912 con la **Deriva Continental** (A. Wegener) y culminadas a principios de los 60 con la **Expansión de los Fondos Oceánicos** (H.H.Hess).

2.1. Deriva Continental

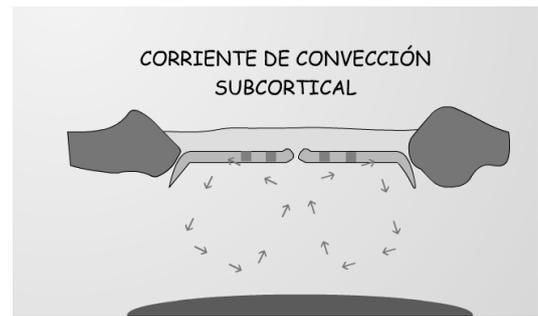
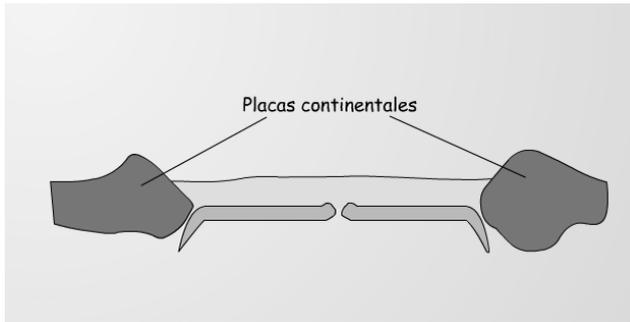
Alfred Wegener propuso, en 1912, la hipótesis de que los continentes actuales proceden de la fragmentación de un supercontinente más antiguo, al que denominó **Pangea**. Su teoría se basa en una serie de pruebas o argumentos:

Pruebas morfológicas	Coincidencia entre las costas de continentes hoy en día separados. Ejemplo: África y Sudamérica
Pruebas biológicas / paleontológicas	Continentes separados tienen floras y faunas diferentes, pero fósiles idénticos. Ejemplo: marsupiales en Australia
Pruebas geológicas	Estructuras geológicas iguales en continentes separados. Ejemplo: diamantes en Brasil y Sudáfrica
Pruebas climáticas	Rocas indicadoras de climas iguales en zonas a distinta latitud en la actualidad. Ejemplo: depósitos glaciares de la misma época en la Patagonia y la India
Pruebas geomagnéticas	Minerales magnéticos en rocas de igual edad en distinto continente indican dos polos norte. Trasladando los continentes, apuntan a un único polo

La teoría de Wegener fue desechada por la mayoría de los científicos de la época, al no poder aportar los datos necesarios para explicar el mecanismo por el que los continentes se mueven. En los años '60, con los conocimientos geofísicos desarrollados durante el siglo XX, se consigue explicar dicho mecanismo y, por tanto, el reconocimiento científico de Alfred Wegener.

2.2. . Las corrientes de convección del Manto

A finales de la década de los 40, se sugiere la posibilidad de que exista en el Manto la plasticidad suficiente como para propagar el calor interno de la Tierra mediante corrientes de convección. La base de esta hipótesis es la distribución del gradiente geotérmico, máximo en las grandes dorsales oceánicas y mínimo en las fosas marinas, siendo esta la distribución característica del calor en un sistema convectivo.



2.3. La expansión del fondo oceánico

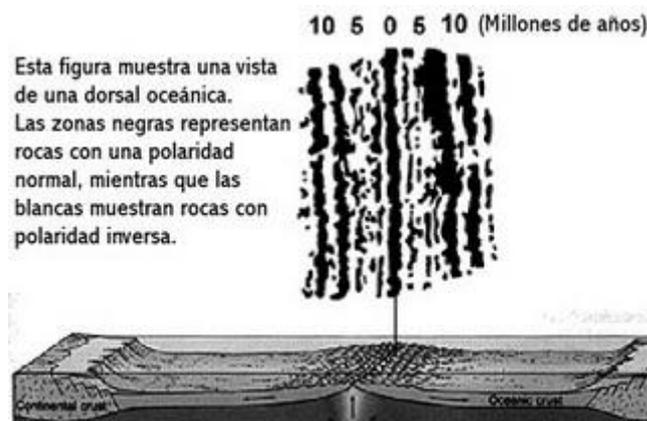
Diez años después (finales de los '50 - principios de los '60), Harry Hess sugiere que los fondos de los océanos se expanden continuamente mediante material del interior que sale por las dorsales oceánicas, lo que no sólo agrandaría las cuencas oceánicas, sino que empujaría a los continentes a separarse entre sí.

Esta afirmación se basa en la distribución de edades de la corteza oceánica:

- * Actual en el entorno de las dorsales
- * Aumenta de manera progresiva y simétrica, a ambos lados de la dorsal, según nos alejamos de ella
- * La edad máxima, por donde volverían los materiales al interior, se encuentra a los lados de las grandes fosas marinas.

Del mismo modo, los sedimentos marinos aumentan de espesor según nos alejamos de la dorsal. Si aceptamos que a más tiempo expuesto a la sedimentación le corresponde mayor cantidad de sedimentos, esto corrobora la distribución de edades.

Sabemos, también, que los polos magnéticos se invierten espontáneamente. Observando las inversiones registradas en rocas marinas, encontramos las pruebas de dichas inversiones situadas simétricamente a ambos lados de las dorsales.



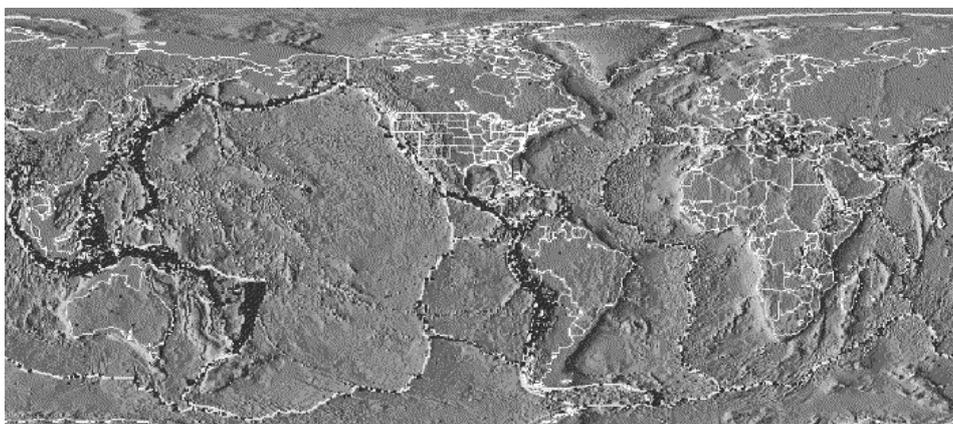
2.4. Los cinturones activos

Se consideran zonas de actividad desde el punto de vista geológico aquellas zonas donde el vulcanismo y la sismicidad (los terremotos) son activos, dado que éstas son las manifestaciones de la actividad interna de la Tierra más fácilmente observables.

Curiosamente, estas zonas no se distribuyen en regiones extensas, sino que forman 2 grandes alineaciones de miles de kilómetros de longitud y sólo unos pocos de ancho, los cinturones activos, que dada su situación en la Tierra, se denominan:

* **Cinturón Circumpacífico** (antiguamente conocido como "Cinturón de Fuego del Pacífico"), que bordea las costas americanas, asiáticas y oceánicas del océano Pacífico.

* **Cinturón Eurasiático-Melanésico**, que incluye las cordilleras alpinas de Europa y Asia, conectando con el anterior en el archipiélago de Melanesia.



2.5. Conclusión: Tectónica de Placas

Con todos estos antecedentes, a la nueva teoría sólo había que "darle forma". En realidad es una conclusión lógica de la "Expansión del Fondo Oceánico". Su planteamiento se debe a varios científicos, entre los que se encuentran H.H. Hess y el canadiense Tuzo Wilson, a finales de la década de los '60 (1968-1970). Básicamente la teoría propone lo siguiente:

- * El transporte de calor a través del Manto se realiza por convección.
- * La Litosfera está dividida en placas que se corresponden con la corriente superficial de cada célula convectiva del Manto.
- * Donde dos células convectivas contiguas son ascendentes, se forma una **dorsal** y se crea corteza oceánica.
- * Donde dos células convectivas contiguas son descendentes, se forma una **fosa oceánica** y se destruye corteza.
- * La Corteza continental es tan poco densa que no llega a introducirse en el Manto.
- * Los límites entre las placas son las zonas más inestables de la Corteza, dando lugar a los cinturones activos.

3. LAS PLACAS LITOSFÉRICAS O TECTÓNICAS

3.1. Concepto de Placa Litosférica

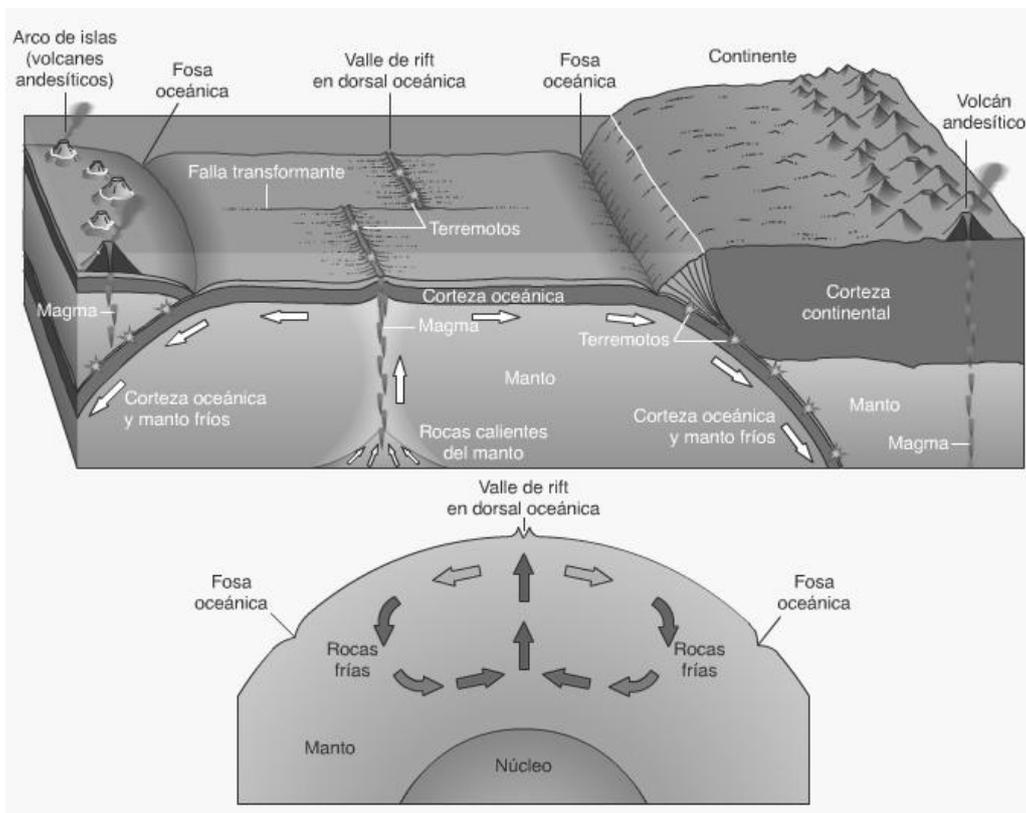
Cada placa comprende una porción de Litósfera (Corteza más parte superior del Manto) y se corresponde con la corriente superficial de una célula de convección del Manto.

Una placa se relaciona con otra contigua mediante un límite de placa, que puede ser de tres tipos:

* Límites **divergentes** o **constructivos**: Coinciden las corrientes ascendentes de las dos células convectivas: en superficie toman direcciones **divergentes**; el material que asciende solidifica convirtiéndose en Litósfera y, por tanto, se **construye** nueva litósfera oceánica. El relieve que se forma se denomina **dorsal oceánica**.

* Límites **convergentes** o **destructivos**: Coinciden las corrientes descendentes de las dos células convectivas: la Litósfera se hunde fundiéndose parcialmente. Al converger, una placa se desliza por debajo de la otra, lo que se conoce como **subducción**. La dirección de ambas placas es **convergente** y se **destruye** la litósfera oceánica. Como resultado de este proceso se forman las **fosas oceánicas**.

* Límites **transformantes**. Los contactos entre placas no siempre son convergentes o divergentes, sino que las corrientes de convección pueden llevar direcciones más o menos paralelas, en el mismo o contrario sentido, e incluso, formar ángulo. En este caso ni se crea ni se destruye Litósfera.



3.2. Límites de Placa

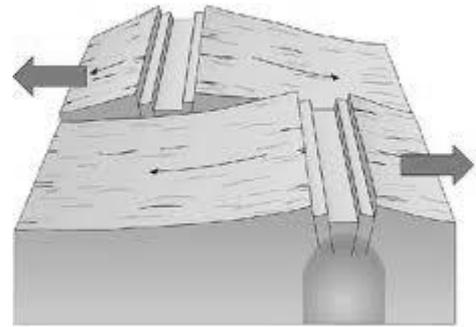
3.2.1. Dorsales

Las dorsales centrooceánicas son la manifestación de los límites divergentes o constructivos.

Las corrientes calientes ascendentes del Manto provocan una elevación en el fondo del océano llegar a tener una altitud de 1500 a 2500 metros sobre la llanura abisal.

En el eje de la dorsal (zona axial) aparece un valle, el **rift**, con actividad volcánica y emisión de gases a alta temperatura (**humeros**, negros o blancos según contengan o no contengan azufre).

Para adaptarse a la forma esférica de la Tierra, las dorsales están seccionadas y divididas en segmentos desplazados por unas fracturas denominadas **fallas transformantes**.



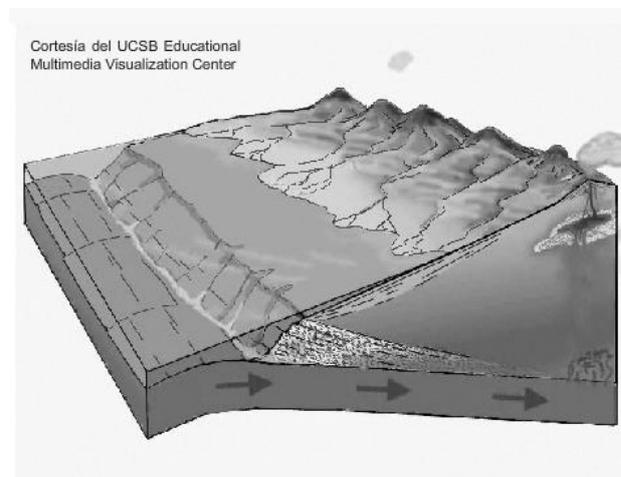
Procesos geológicos asociados a las dorsales:

- * Vulcanismo: el ascenso convectivo del Manto caliente, da lugar a manifestaciones volcánicas, generalmente poco violentas, de lavas fluidas y muy continuas.
- * Creación de corteza oceánica: la solidificación de las corrientes ascendentes da lugar a la creación de nueva corteza oceánica que empuja literalmente a la corteza más antigua.
- * Expansión del fondo oceánico: se deduce del punto anterior. La apertura de la dorsal hace que la corteza preexistente se desplace con todo lo que en ella o sobre ella pudiera existir.

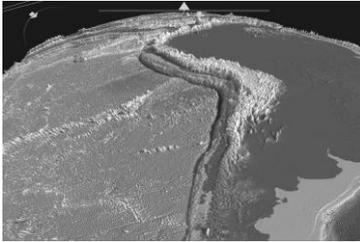
3.2.2. Fosas

La convergencia de dos células convectivas contiguas hace que una de ellas se "doble" por debajo de la otra ("**subducción**") generando una depresión en el fondo oceánico a todo lo largo del límite, las **fosas oceánicas**, que pueden llegar a adquirir profundidades de más de 11.000 metros bajo el nivel del mar.

La placa que subduce genera movimientos sísmicos a todo lo largo y ancho de la misma. Se conoce como **plano de Benioff** al plano formado por la alineación de focos sísmicos asociado al plano de subducción.



Al subducir una placa bajo la otra se produce una fusión parcial, lo que da lugar a fenómenos volcánicos en paralelo a la fosa. Este vulcanismo puede originar el afloramiento de islas volcánicas. Debido a la esfericidad de la Tierra, estas islas se agrupan formando arcos de islas y por ello, a estos archipiélagos, se les llama **arcos insulares** o simplemente **arco-isla**.



En muchas ocasiones, los sedimentos marinos se acumulan en la fosa, tapándola.

Procesos geológicos asociados a las fosas:

- * Sismicidad: la entrada de la placa en el Manto y su fusión parcial, provoca tensiones y compresiones que junto con el rozamiento entre las dos placas originan numerosos terremotos.
- * Vulcanismo: la fusión parcial de la placa que subduce y el ascenso de los magmas originados origina arcos de islas volcánicas (Aleutianas, Filipinas, Japón...)
- * Orogénesis: cuando una de las dos placas que convergen en una fosa portan corteza continental, el prisma de acreción y el arco volcánico se adosan a la masa continental originando un orógeno marginal como los Andes. Si la segunda placa lleva también corteza continental y de que colisionen dos continentes se forma un orógeno de colisión como el Himalaya.

3.2.3. Transformantes

Cuando el límite entre dos placas contiguas no es ni constructivo (dorsal) ni destructivo (fosa), hablamos de límite transformante. En este caso las placas pueden ir paralelas o formando cierto ángulo entre ellas.

El rozamiento entre las placas en este tipo de límites genera, básicamente, procesos sísmicos, que serán tanto más fuertes o más débiles según la particular relación entre ambas placas:

- * En Gibraltar la placa Eurasiática y la Africana son paralelas, con desplazamiento en el mismo sentido. El rozamiento no es muy grande y los terremotos son de baja o media intensidad (terremotos de Granada, Almería, Murcia).
- * En el Mediterráneo oriental, estas dos mismas placas siguen siendo paralelas, pero el desplazamiento es en sentido contrario. Los terremotos son de alta intensidad (terremotos de Turquía).

* En la costa pacífica de Norteamérica, la placa Pacífica y la Americana "chocan" en ángulo recto, formando la falla de San Andrés, origen de los terremotos de California, de alta intensidad.



4. EVOLUCIÓN DE LAS PLACAS Y SUS LÍMITES

4.1. Origen y evolución de los límites constructivos

Un límite constructivo se suele originar bajo corteza continental. Básicamente consiste en la rotura en dos de una célula convectiva de la Manto.

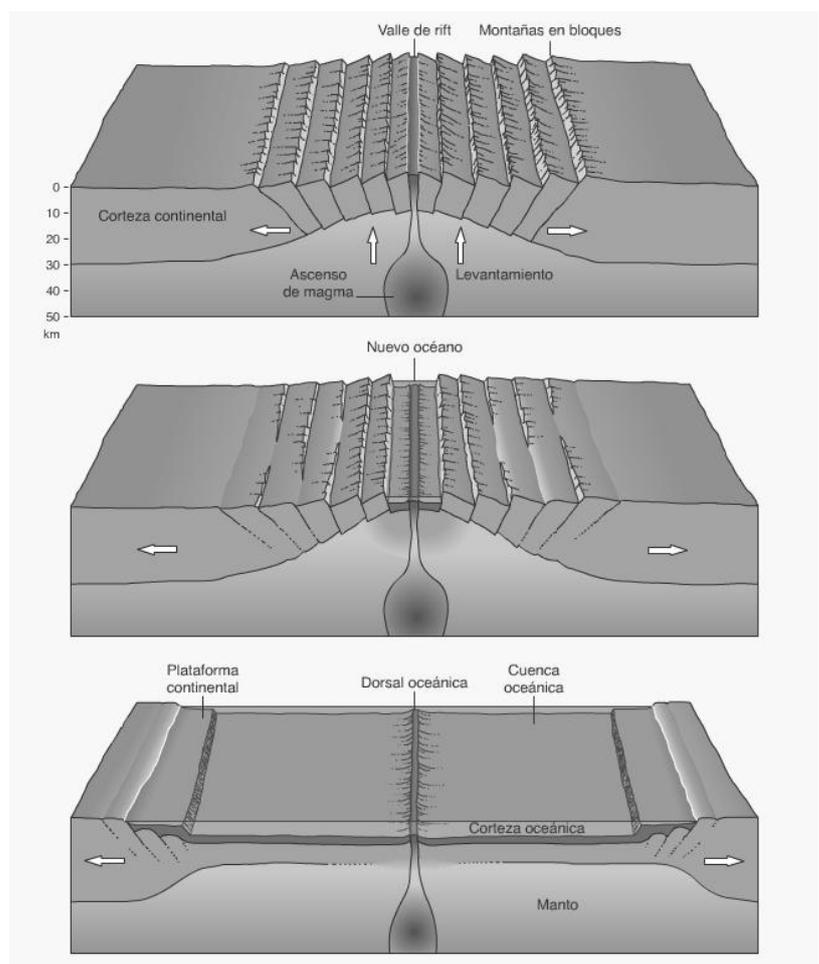
En primer lugar, una masa caliente de la Manto asciende, produciendo un abombamiento en la superficie de la corteza. Cuando esta corriente empieza a divergir, las tensiones que genera en el continente hacen que se agriete y deje escapar magma, originándose un gran **valle con actividad volcánica**. Esta es la situación actual del **Valle del Rift** en África (la zona de los Grandes Lagos).

Al continuar las tensiones, se llega a romper la corteza continental, fenómeno conocido como **ruptura continental**, capaz de explicar la fragmentación de Pangea que definiera Wegener en 1912.

Entre los dos bloques continentales, se forma corteza oceánica, con una dorsal en medio. Esta situación se corresponde con el actual **Mar Rojo**.

Una vez formada la dorsal, el funcionamiento de ésta va creando corteza oceánica continuamente, con lo que la nueva va empujando a preexistente, dando lugar a la **expansión del fondo oceánico** y como consecuencia, la separación de los dos bloques continentales, es decir a la **Deriva Continental**.

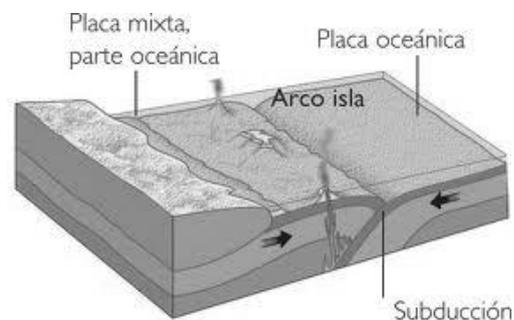
Esta es la situación del **océano Atlántico** actual.



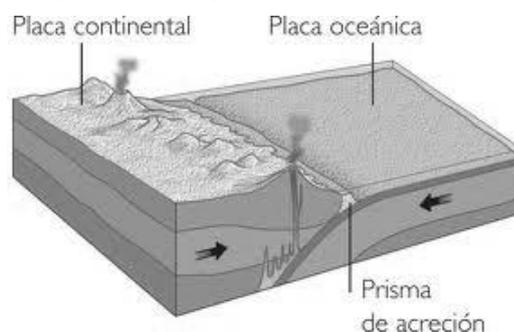
Cuando la apertura del océano sobrepasa unos límites, se puede fracturar la corteza oceánica, iniciándose un nuevo límite convergente, es decir una fosa.

4.2. Origen y evolución de los límites destructivos

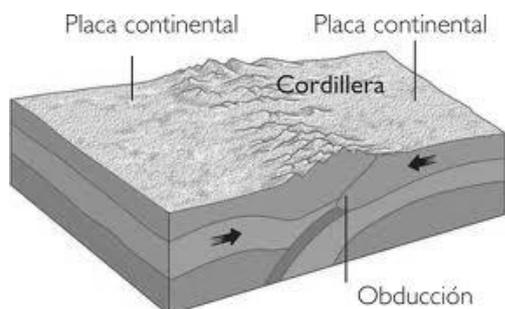
Cuando se produce la subducción de una placa por debajo de otra, aparte de la fosa, se produce la fusión de parte de la Litosfera, lo que origina un **arco de islas volcánicas**, tal como ocurre actualmente en multitud de archipiélagos del **océano Pacífico**.



Según se acerca el continente a la fosa, los sedimentos marinos quedan atrapados entre el arco volcánico y el continente, comprimiéndose hasta el punto de llegar a emerger. Estos sedimentos comprimidos, junto con el arco volcánico se adosan al margen del continente dando lugar a la formación de un sistema montañoso ("**orógeno**") en la costa continental. Un buen ejemplo de este tipo de orógenos son los **Andes**.



También puede ocurrir que la otra placa porte también un bloque de corteza continental. Al llegar a la zona de subducción se repetirá todo el proceso en el margen de ambos continentes. El resultado será la unión de dos continentes ("**colisión continental**") y la formación de un gran orógeno entre ambos. Dado que el orógeno une los dos continentes, recibe el nombre de **sutura continental**, como el actual **Himalaya**.

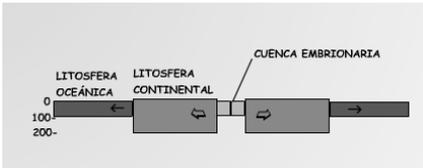
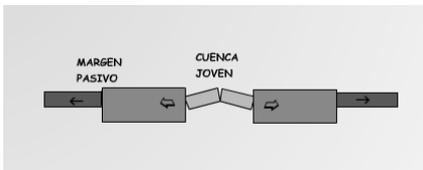
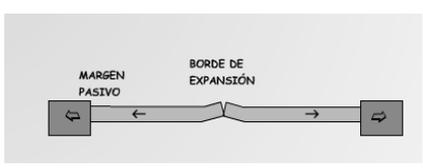
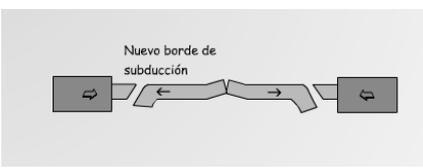
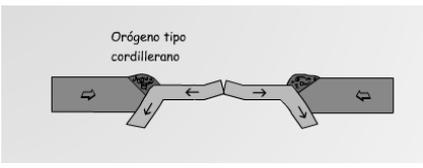
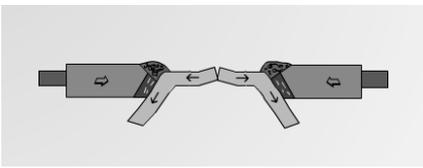


¿Te acuerdas de las edades de la corteza continental y de la oceánica?

- La corteza oceánica no tiene más de 180 millones de años porque se destruye constantemente en las fosas.
- La edad de la corteza oceánica aumenta paralelamente a ambos lados de la dorsal porque en ella se está creando continuamente.
- La edad de la corteza continental puede llegar a casi 4.000 millones de años porque, al ser menos densa no entra por las zonas de subducción y no se destruye.
- La corteza continental nueva se forma mediante los orógenos, es decir por adosamiento de sedimentos marinos en los bordes continentales. Es como si se fuesen pegando "parches" en los continentes

3. La evolución de las placas: El ciclo de Wilson

Si observas las placas en la actualidad y su evolución llegarás a la conclusión de que existen infinidad de situaciones posibles. John Tuzo Wilson ordenó esas posibles situaciones en un modelo didáctico y fácil de recordar que se conoce por **Ciclo de Wilson**. Es un modelo idealizado de la evolución en el tiempo de las placas tectónicas y se compone de 6 etapas:

<p>1. Etapa de Rift Africano: ruptura de la corteza continental y formación de una fosa o valle tectónico.</p>	
<p>2. Etapa de Mar Rojo: separación de los dos bloques de corteza continental y formación de un océano estrecho.</p>	
<p>3. Etapa de océano Atlántico: el océano se abre, se produce la expansión y creación de corteza oceánica.</p>	
<p>4. Etapa de océano Pacífico: la litosfera oceánica se rompe y subduce una placa bajo otra. Se crean los arcos de islas volcánicas.</p>	
<p>5. Etapa de orógeno Andino: un continente llega a la zona de subducción y los sedimentos marinos comprimidos entre éste y el arco volcánico crean un orógeno litoral.</p>	
<p>6. Etapa de orógeno Himalayano: se produce la colisión continental y se forma el orógeno de sutura.</p>	

El ciclo de Wilson se puede dividir en dos partes:

* Etapas expansivas, de la 1 a la 3, que se corresponderían con la fragmentación de Pangea, según la teoría de Wegener.

* Etapas compresivas, de la 4 a la 6, en las que se reconstruiría una nueva Pangea.