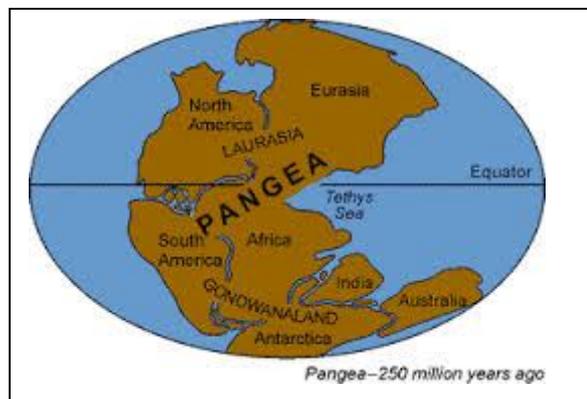


# TEORÍA DE LA TECTÓNICA DE PLACAS

## ANTECEDENTES.

### 1. Teoría de la Deriva Continental. (Wegener, 1912).

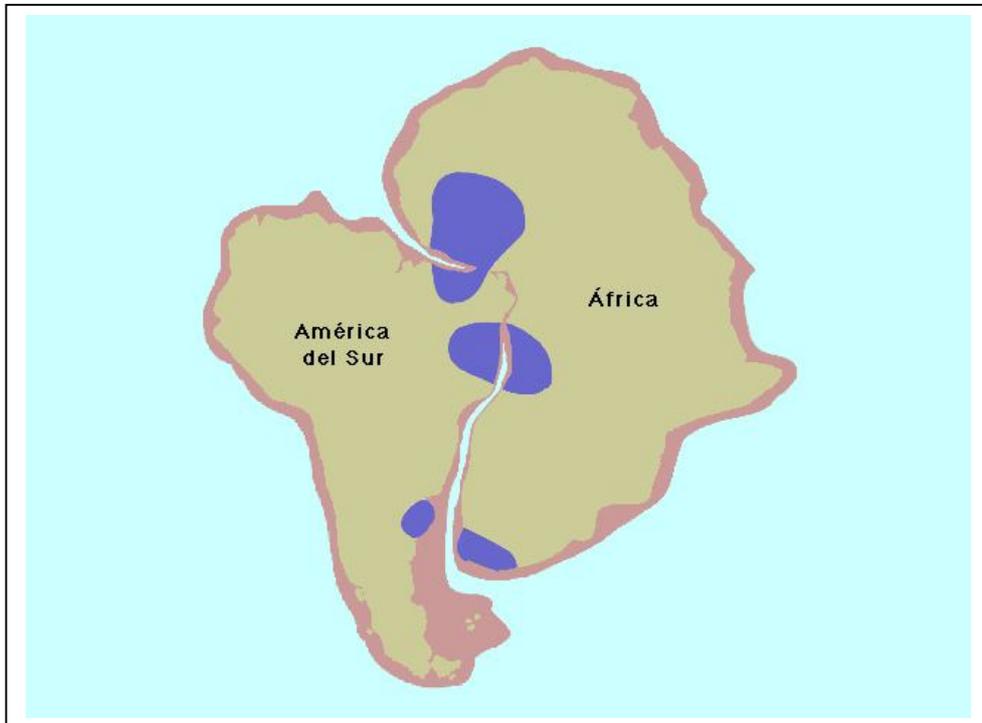
Según esta teoría, la disposición actual de los continentes se debe a la fragmentación de un “supercontinente” (Pangea) en el que, hace cientos de millones de años, se reunían todas las tierras emergidas. Posteriormente, los continentes se separaron y fueron “derivando”, deslizándose sobre los fondos oceánicos, hasta alcanzar su posición actual. En apoyo de esta teoría, se adujeron las siguientes pruebas:



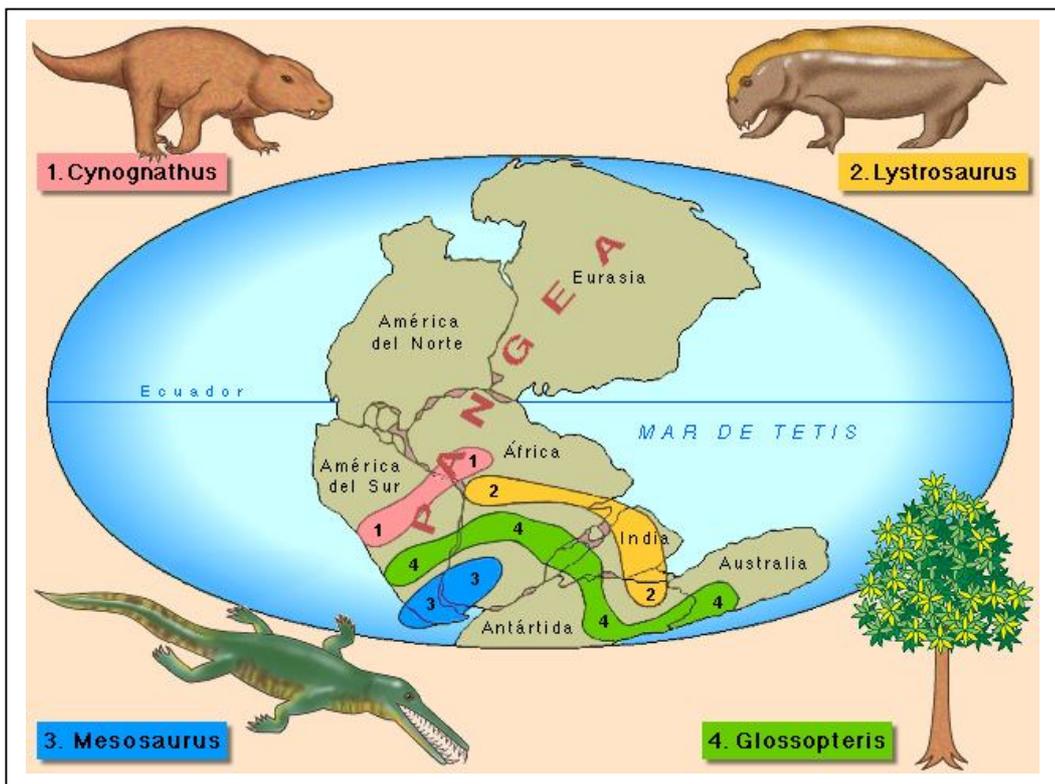
- **PRUEBAS MORFOLÓGICAS.**  
Coincidencia de los bordes continentales, particularmente si tenemos en cuenta los límites de las plataformas continentales.



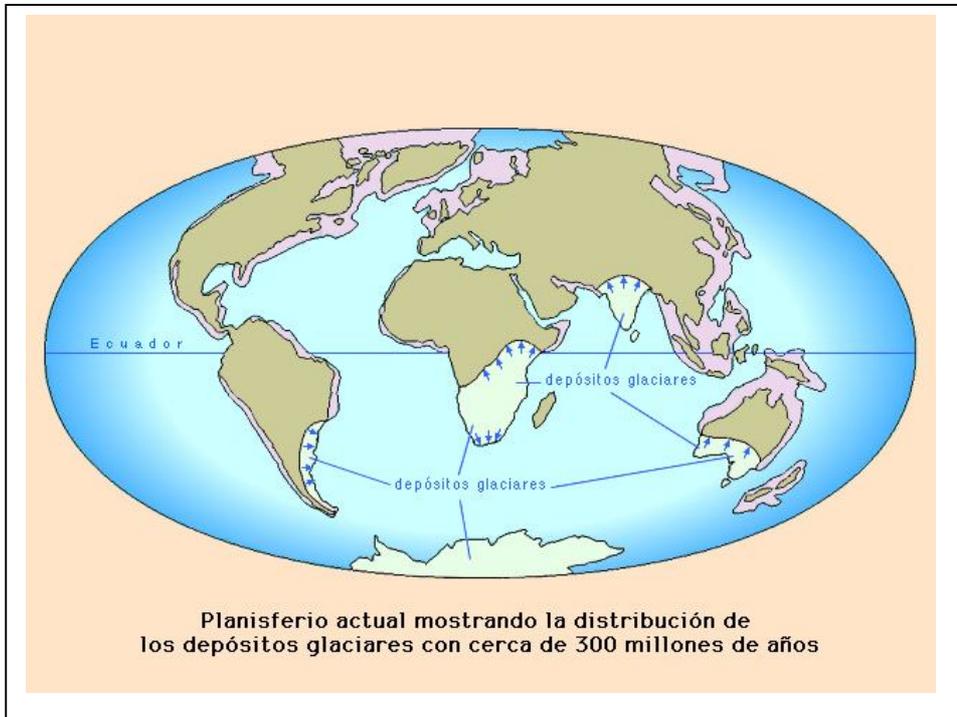
- **PRUEBAS GEOLÓGICAS.**  
Presencia de estructuras geológicas equivalentes en continentes actualmente muy alejados entre sí.



- **PRUEBAS PALEONTOLÓGICAS.**  
Presencia de fósiles idénticos en continentes actualmente muy alejados entre sí.

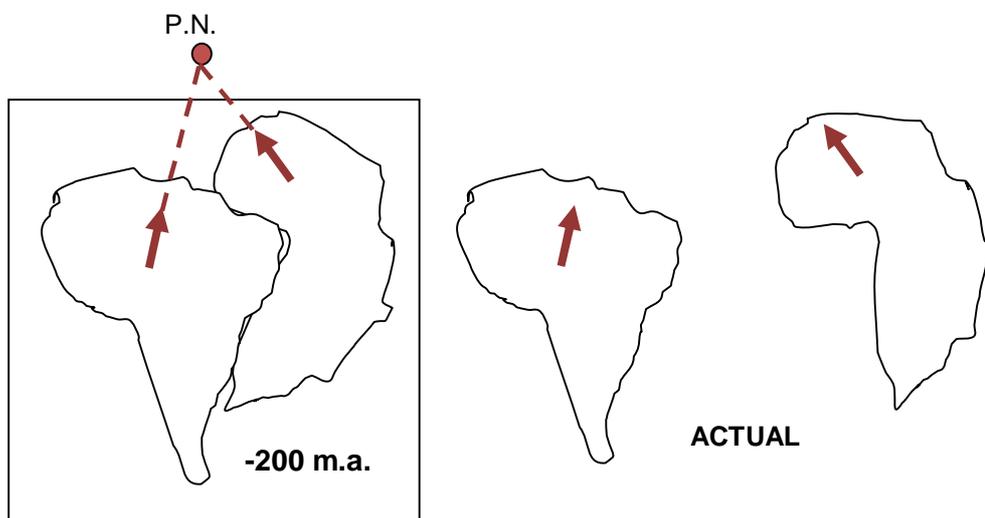


- **PRUEBAS CLIMÁTICAS.**  
Presencia de depósitos glaciares de la misma época en Sudamérica, África y la India.



- **PRUEBAS GEOMAGNÉTICAS**

Los minerales magnéticos, en rocas de igual edad en distintos continentes, según su posición actual, señalan a “polos norte” diferentes. Trasladando estos continentes a su posición en el pasado, la orientación de los minerales magnéticos se vuelve coincidente: se orientan hacia el mismo “polo norte”.



En su momento, esta teoría tuvo poca aceptación pues fue incapaz de explicar de forma convincente la causa del movimiento de los continentes.

## 2. Existencia de corrientes de convección en el manto (Holmes, 1945).

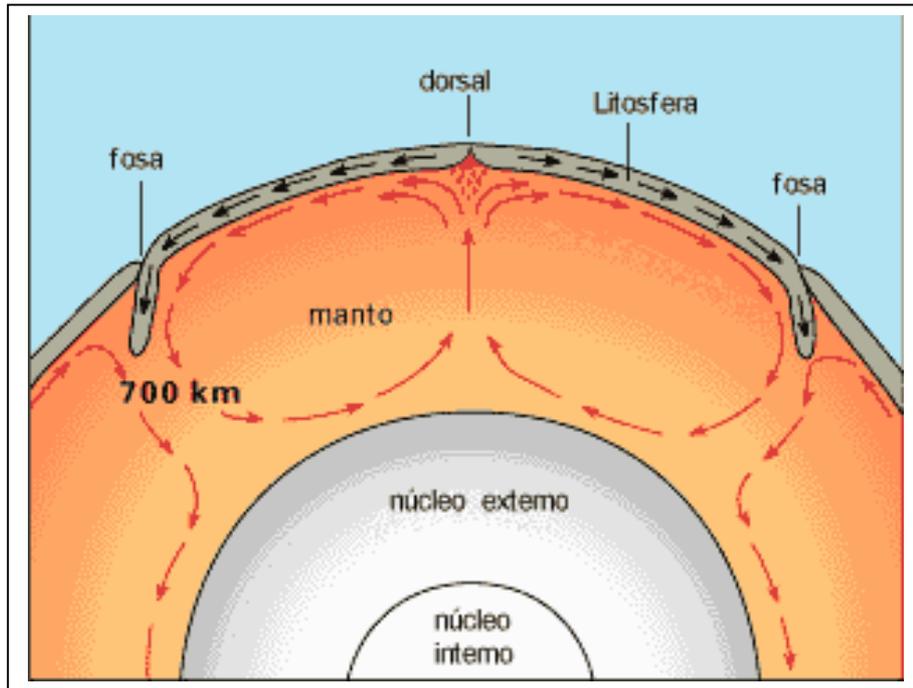
En la década de los 40, Holmes intenta ofrecer una explicación causal para la deriva continental. Para ello, propuso un mecanismo basado en la **existencia de corrientes de convección en el manto terrestre**, generadas como resultado de la transferencia de calor procedente del núcleo (más caliente) hacia la superficie (más fría).

Se sugiere que en el manto debe existir suficiente plasticidad (es decir, el material es capaz de deformarse y estirarse sin romperse) como para propagar el calor interno de la Tierra mediante corrientes de convección.

Las corrientes se establecen por la diferencia de temperatura y densidad entre las **zonas más profundas** del manto, a **mayor temperatura y menos densas**, y las **más superficiales**, a **menor temperatura y más densas**. Los materiales profundos, menos densos tienden a subir provocando **corrientes ascendentes**; a medida que suben, se van enfriando, por lo que ganan densidad y, al entrar en contacto con la litosfera se desplazan lateralmente y luego bajan, constituyendo **corrientes descendentes**. De este modo se organiza un sistema de **celdas de convección**.

Las corrientes ascendentes y descendentes del manto podrían explicar el movimiento de las placas, al actuar como una especie de "rodillo" que las moviera.

La teoría de Holmes se basa en que el gradiente geotérmico es máximo en las dorsales oceánicas – zonas de ascenso de corrientes calientes – y mínimo en fosas oceánicas – descenso de corrientes más frías - .



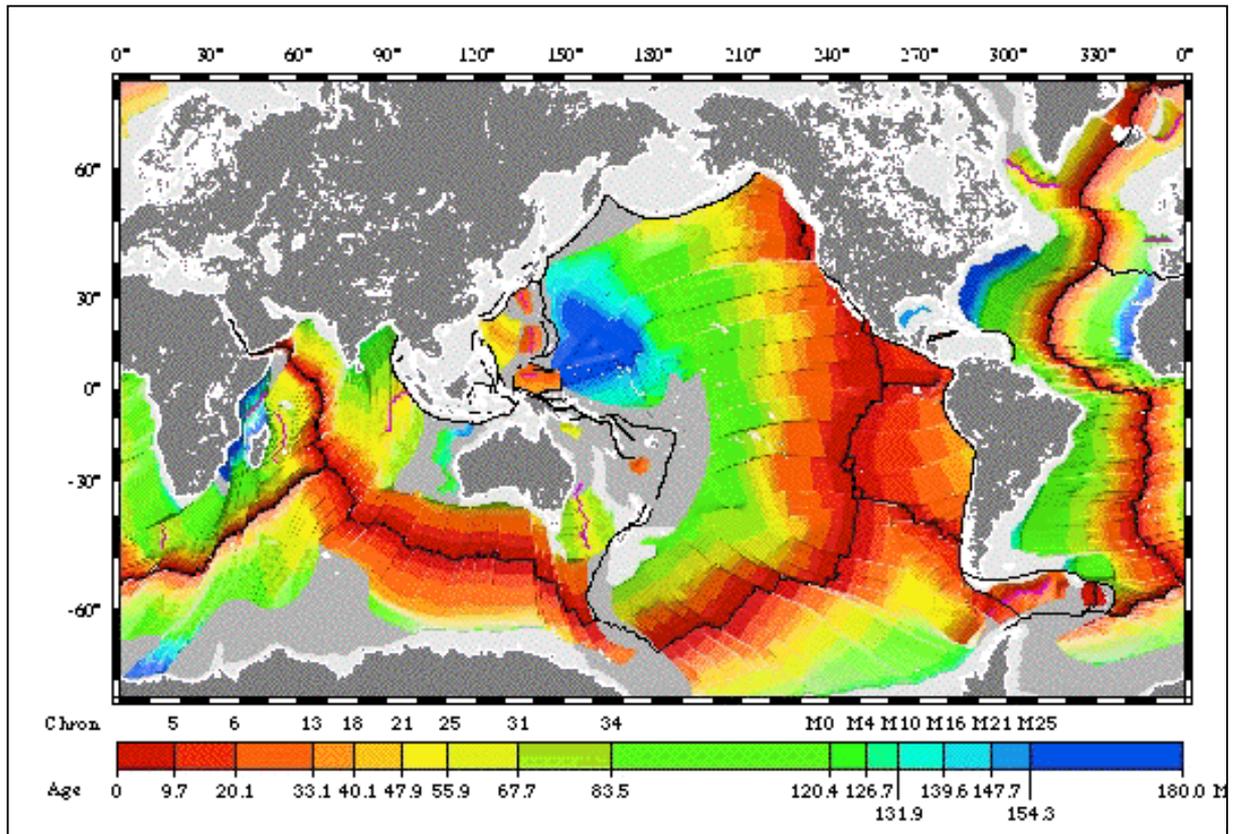
Desde la formulación de la Teoría de las Corrientes de Convección, se ha mantenido controversia acerca del alcance en profundidad de dichas corrientes. Hasta hace poco, la idea más aceptada era que estas corrientes se producían en la **astenosfera**, la capa de “baja velocidad de las ondas sísmicas” (y, por tanto, de mayor plasticidad de los materiales) que parecía dibujarse a partir de unos 100 Km de profundidad. Estudios más recientes ponen en duda la existencia de la propia astenosfera o, al menos, de que se trate de una capa continua que afecte a todo el planeta. Actualmente, se tiende a creer que las corrientes convectivas pueden afectar a la totalidad del manto, originándose en la zona de contacto con el núcleo (**nivel “D”**). En el modelo actual, se acepta también la existencia de **plumas o penachos térmicos** al margen de los sistemas de celdas de convección.

### 3. Teoría de la expansión del fondo oceánico (Hess, 1962).

En los años 20 del pasado siglo, se creía que los fondos de los océanos eran planos. Tras la Segunda Guerra Mundial, y por razones militares, se exploraron los fondos oceánicos y se pudo comprobar que presentaban relieves muy llamativos: junto a grandes llanuras, aparecían también enormes depresiones muy profundas (**fosas oceánicas**) y grandes cadenas montañosas (**dorsales oceánicas**).

Se comprobó, además, que las rocas que forman los fondos oceánicos son siempre muy “jóvenes” (no superan los 180 millones de años de antigüedad), en tanto que hay rocas continentales de casi 3000 millones de años de antigüedad.

En el año 1962, el geofísico Harry Hess publicó un trabajo en el que proponía que a través de las grandes **dorsales oceánicas** se expulsaba continuamente **magma** (materiales rocosos fundidos a alta temperatura) procedente del manto y que se extendía a ambos lados formando el suelo oceánico, como una cinta deslizante. El suelo o fondo del océano se sumergía después en las grandes **fosas oceánicas** debajo de las costas de algunos continentes. La teoría de Hess se basaba en el **estudio de las edades de las rocas** del fondo oceánico: más antiguas, cuanto más nos alejamos de la dorsal; y simétricas, en relación con el eje de la dorsal.

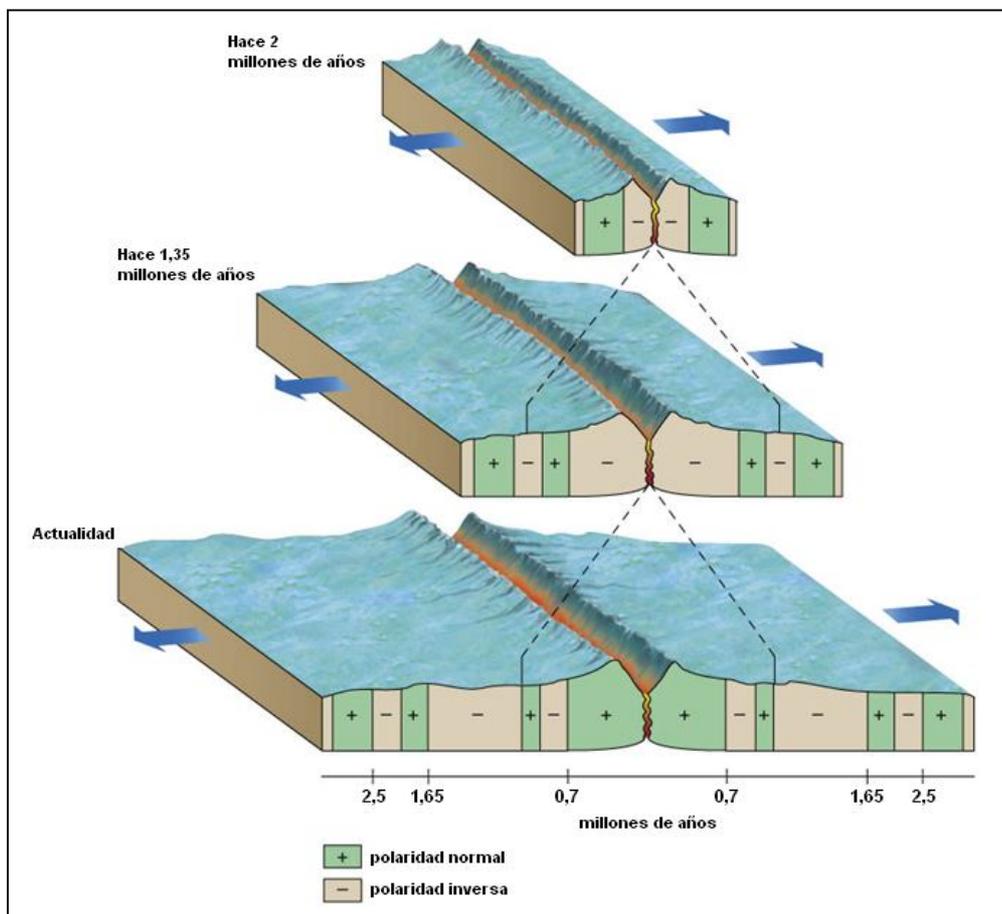


Las pruebas que aportó Hess no fueron suficientes para explicar la expansión **del fondo del océano** y el movimiento de los continentes. La prueba decisiva llegaría cuando se estudió el **paleomagnetismo de las rocas del fondo oceánico**.

El **paleomagnetismo** es el magnetismo remanente o "fósil", que presentan ciertas rocas antiguas y que nos proporciona información acerca de las condiciones en que se formaron. Las **rocas magmáticas** se producen como consecuencia de la consolidación o solidificación de un magma al enfriarse (rápida o lentamente). En estos magmas, existen minerales que contienen elementos metálicos, capaces de orientarse en relación con el campo magnético terrestre, mientras el magma se mantiene fundido. Una vez que el magma se solidifica, estos materiales ya no pueden modificar su orientación, así que nos están indicando cuál era la dirección y polaridad del campo magnético en el momento en que se formaron.

El **campo magnético terrestre** ha invertido su polaridad en numerosas ocasiones a lo largo de la historia de la Tierra. Así, las rocas formadas en épocas de **campo magnético “normal”** (con la misma polaridad que el actual) se magnetizaban en la misma dirección del campo magnético actual, mientras que las formadas en épocas de **campo magnético “invertido”**, se magnetizaban en dirección opuesta al campo magnético actual.

Estudios realizados alrededor de 1965 pusieron de manifiesto la existencia de una **distribución más o menos simétrica de bandas paleomagnéticas a ambos lados del eje de la dorsal centroatlántica**. La única explicación posible para este bandeo es que los materiales de los fondos oceánicos se van generando en las dorsales, y van siendo desplazados a ambos lados de ellas por materiales nuevos que afloran continuamente procedentes del manto. Se produce, así, una auténtica **expansión o crecimiento del fondo oceánico**.



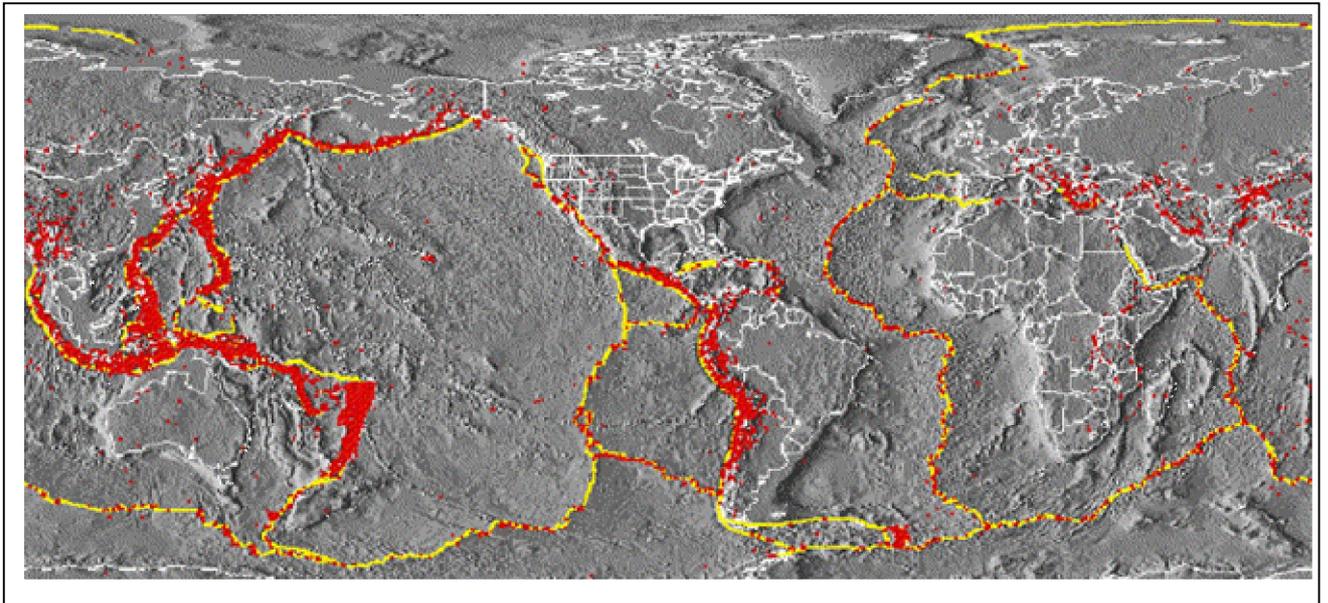
#### 4. Los cinturones activos (zonas de actividad sísmica y volcánica).

**Terremotos y volcanes** son las manifestaciones más fácilmente observables de la actividad interna de la Tierra.

En los años 60, se estableció una red mundial de **sismógrafos** (aparatos que registran la ondas sísmicas), para detectar los epicentros de todos los terremotos que se producían anualmente y elaborar un mapa de su distribución. Al elaborar estos mapas, se descubrió que los epicentros de los terremotos se distribuían en zonas muy estrechas, llamadas **cinturones sísmicos**, y que, curiosamente, coincidían con la localización de las principales **zonas volcánicas**.

Estas zonas de acumulación de actividad sísmica y volcánica, se concentran en dos grandes alineaciones de miles de kilómetros de longitud y unos pocos de ancho (**cinturones activos**).

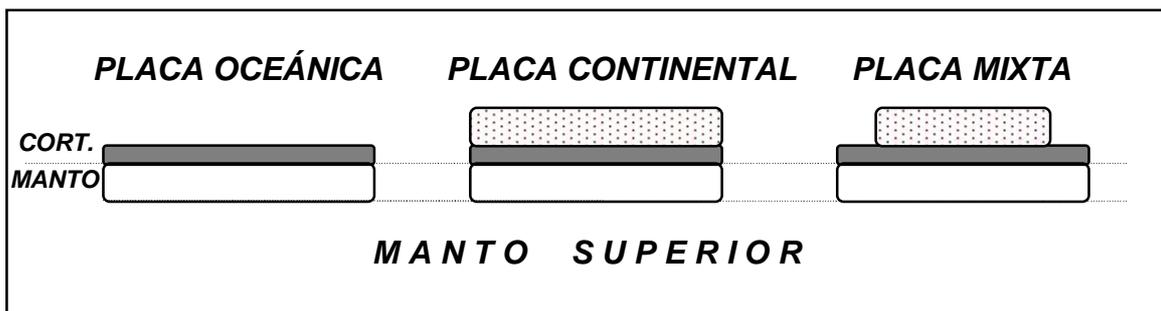
- **Cinturón circumpacífico (“cinturón de fuego del Pacífico”).**
- **Cinturón euroasiático-melanésico.**



Los límites de estos “cinturones” van a coincidir con los límites de las **placas tectónicas (placas litosféricas)** que propondrá **Tuzo Wilson**, en 1968, cuando proponga su **Teoría de la Tectónica de Placas**.

## LA TEORÍA DE LA TECTÓNICA DE PLACAS.

1. La Tierra está dividida en **placas litosféricas**, constituyendo como una especie de mosaico. Estas placas incluyen la corteza y la parte superior del manto, hasta una profundidad de unos 100 Km, y se encuentran “flotando” sobre el **manto**, que tiene un comportamiento plástico, dado que sus materiales se encuentran a muy elevada temperatura.
2. Algunas de estas placas presentan exclusivamente **corteza oceánica**; otras exclusivamente **corteza continental**; y el resto son **mixtas**.

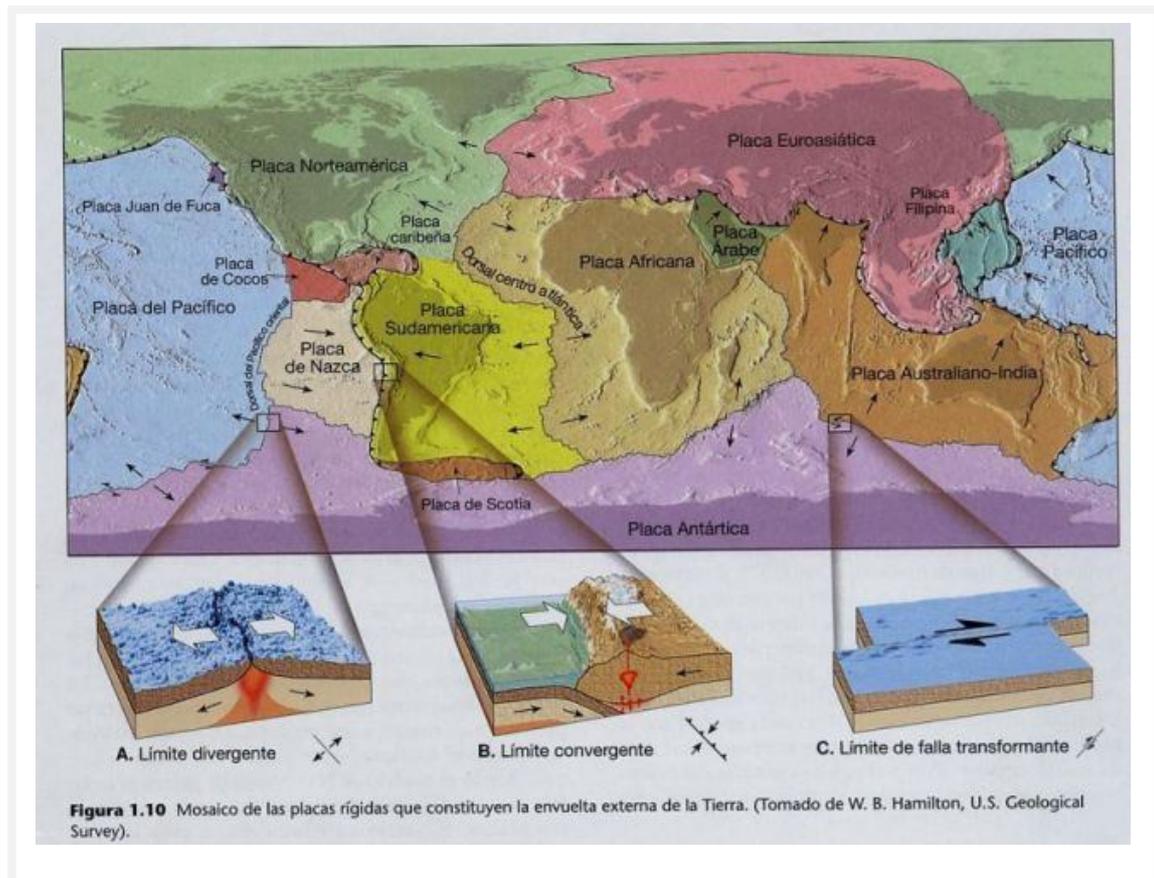


### **PRINCIPALES PLACAS LITOSFÉRICAS:**

- Euroasiática
- Africana
- Norteamericana
- Sudamericana
- Pacífica
- Nazca
- Indoaustraliana
- Antártica



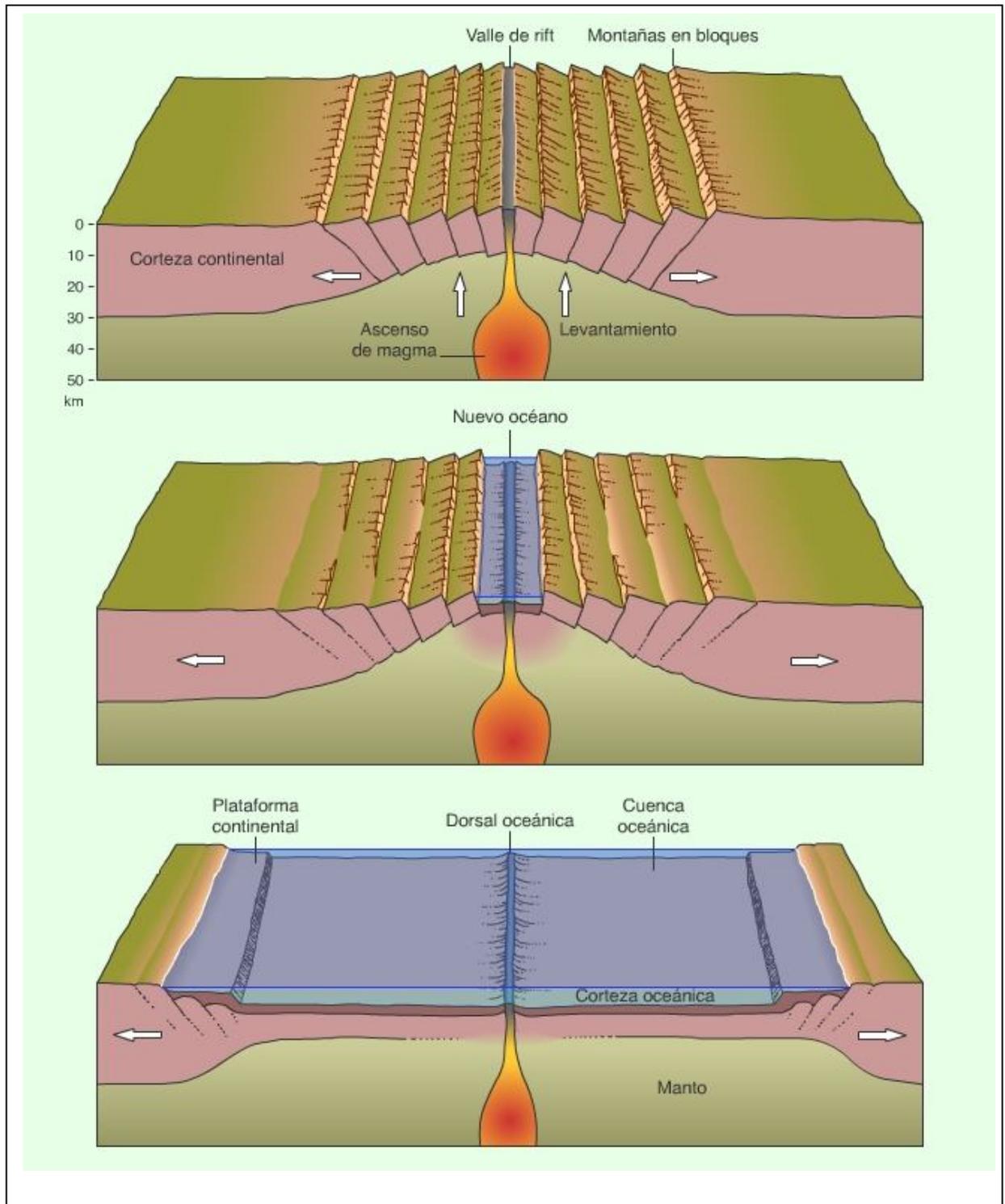
3. Estas placas se desplazan sobre el manto plástico subyacente. El movimiento relativo entre dos placas puede ser: **de separación, de aproximación o de deslizamiento lateral.**

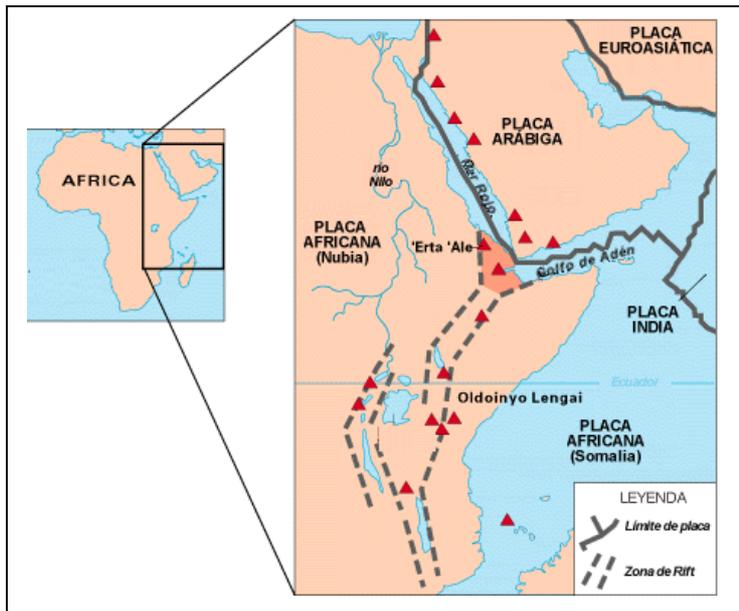


4. Dependiendo del tipo de movimiento entre placas, se distinguen tres tipos de límites o bordes de placas: **constructivos, destructivos y pasivos.**
5. Los **bordes constructivos** se sitúan en los lugares donde dos placas se separan. En la línea de separación se produce una fractura o **rift**, a lo largo de la cual afloran materiales magmáticos procedentes del manto. Estos materiales se van enfriando e incorporando a las placas (a ambos lados del rift), y van desplazando a los ya existentes; de este modo, las rocas del fondo oceánico son más antiguas cuanto más alejadas están del rift (esto se ha podido confirmar por **datos paleomagnéticos**). Debido a esto, se produce una continua **expansión del fondo oceánico**; es decir, se está produciendo una **auténtica creación de corteza oceánica**. A ambos lados del rift, la acumulación de materiales acaba constituyendo una auténtica cordillera submarina, la **dorsal oceánica**.

El proceso se inicia cuando una corriente de material magmático caliente asciende en el manto hasta encontrarse con la litosfera continental rígida, a la que presiona, produciendo una especie de “abombamiento”. La presión acaba por fragmentar la placa continental, produciéndose una zona deprimida a modo de valle (el rift), que acaba siendo invadida por el agua, formando grandes lagos

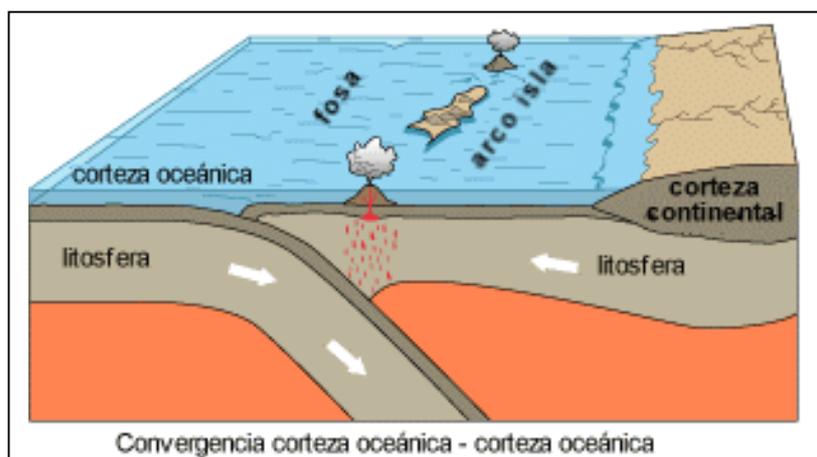
(**etapa Rift Valley**). A medida que el proceso continúa, el valle se va ensanchando hasta que es invadido por el mar: nos encontramos ante un pequeño “océano” incipiente y una pequeña dorsal (**etapa Mar Rojo**). Si se continúa generando nueva corteza oceánica en la dorsal, el océano se irá ensanchando, y los continentes originados acabarán separados por miles de kilómetros de distancia (**etapa Océano Atlántico**)



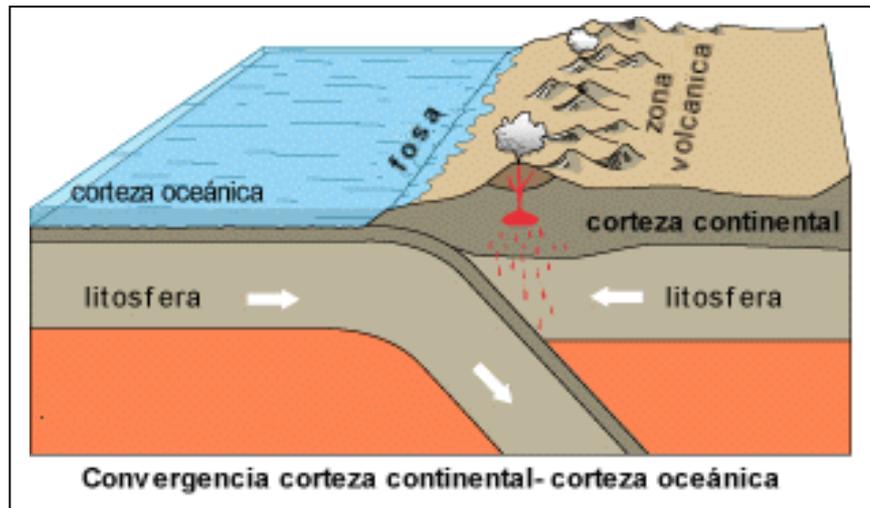


6. Los **bordes destructivos** son zonas donde dos placas se aproximan y colisionan. En general, una de las dos placas, la de mayor densidad, se curva y se desliza, subduciendo bajo la otra; por eso, a estas regiones se les denomina **zonas de subducción**, y constituyen grandes fosas oceánicas. La placa que subduce forma un plano inclinado de unos  $45^\circ$  (el **plano de Benioff**); a lo largo de este plano, el rozamiento entre ambas placas es tan fuerte que se generan enormes presiones y temperaturas, responsables de intensos procesos de **metamorfismo regional**; los materiales sometidos a tan altas temperaturas se fusionan y originan magmas, algunos de los cuales escapan a la superficie originando **fenómenos volcánicos**. Los materiales fundidos de la placa que subduce acaban incorporándose al manto, por lo que podemos decir que se está llevando a cabo una **auténtica destrucción de corteza oceánica**. Dependiendo de la naturaleza de las placas que colisionan, se pueden distinguir tres tipos de bordes destructivos:

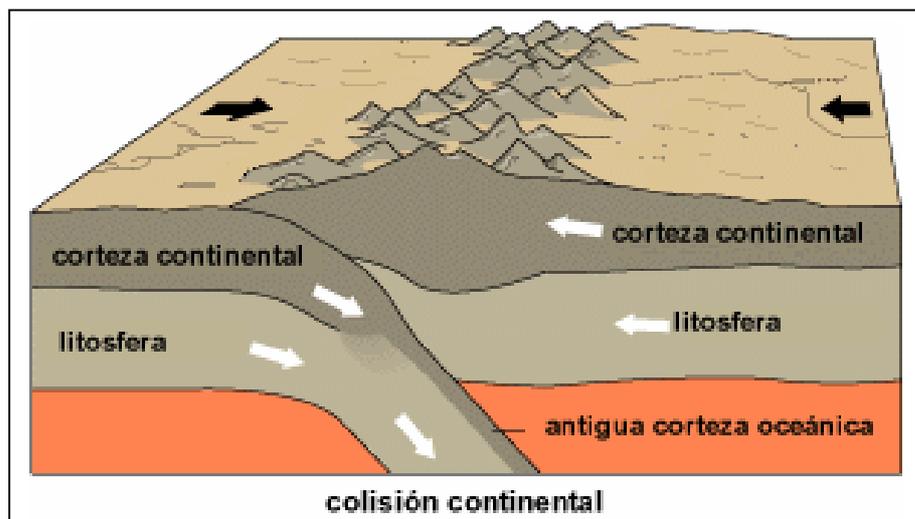
- Si se trata de dos placas oceánicas, una de ellas subduce bajo la otra y los magmas generados por el rozamiento afloran en erupciones volcánicas, que forman **arcos insulares**.



- Si se trata de una placa oceánica y otra continental, la oceánica (más densa) subduce bajo la continental. El formidable empuje de ambas placas da lugar al plegamiento de los sedimentos acumulados en la fosa oceánica, que acaban emergiendo y constituyendo un **orógeno o cordillera pericontinental** (p.ej., los Andes). A este proceso se asocian, también, intensos fenómenos de metamorfismo, así como actividad sísmica y volcánica.



- Si se trata de dos placas continentales, ninguna de las dos placas subduce, sino que ambas colisionan, en un proceso denominado **obducción**; el plegamiento desencadenado por este violento empuje produce un **orógeno o cordillera intracontinental** (p.ej., el Himalaya)

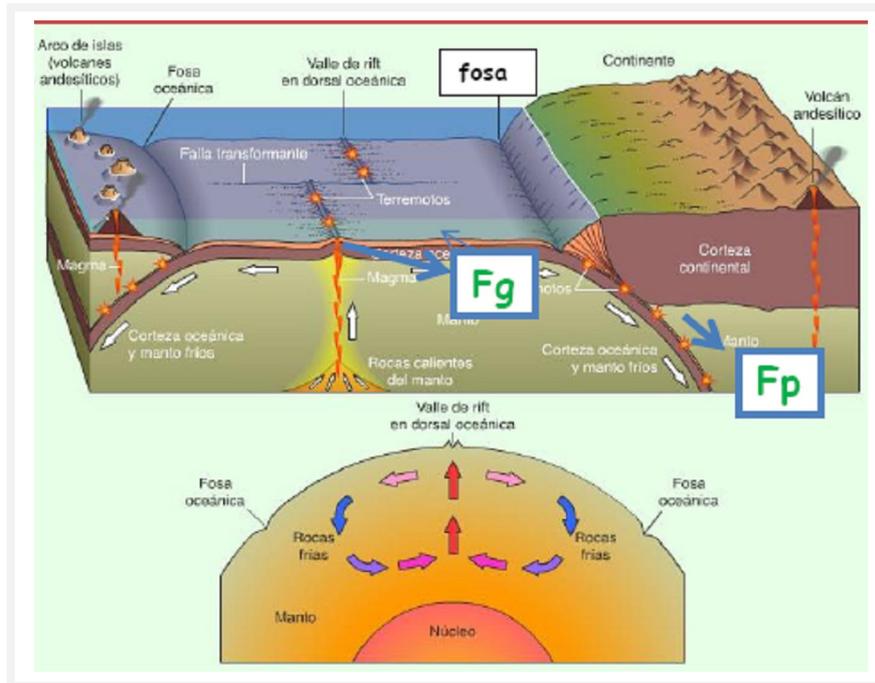


7. Los **bordes pasivos** son aquellos en que las placas se deslizan lateralmente, sin separación ni choque; por tanto, no hay ni creación ni destrucción de corteza oceánica. Los rozamientos entre las placas que se deslizan originan una intensa actividad sísmica.



## 8. Causas del movimiento de las placas litosféricas.

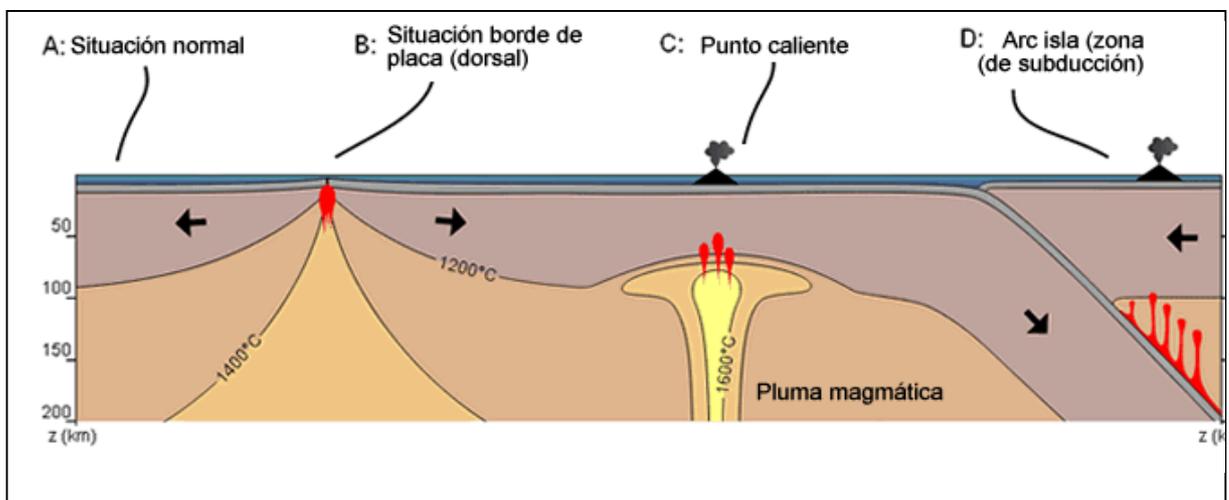
- Existencia de **corrientes de convección en el manto**. Estas corrientes “arrastrarían” en su movimiento a las placas litosféricas que “flotan” sobre el manto. Las corrientes se establecen por la diferencia de temperatura y densidad entre las **zonas más profundas** del manto, a **mayor temperatura y menos densas**, y las **más superficiales**, a **menor temperatura y más densas**. Los materiales profundos, menos densos tienden a subir provocando **corrientes ascendentes**; a medida que suben, se van enfriando, por lo que ganan densidad y, al entrar en contacto con la litosfera se desplazan lateralmente y luego bajan, constituyendo **corrientes descendentes**. De este modo se organiza un sistema de **celdas de convección**. En los lugares en que coinciden dos corrientes que confluyen y luego descienden se produciría una zona de subducción; en aquellos otros en que las corrientes ascienden y luego se bifurcan se originaría una zona de rift.
- **Arrastre y empuje de las placas**. Estos mecanismos implican, en parte, la fuerza gravitatoria ( $F_g$ ). La cresta de la dorsal se encuentra en una posición elevada, de modo que al enfriarse el magma, éste presiona y empuja a las placas, cuyo deslizamiento se ve favorecido porque el movimiento es descendente (**empuje**). Por otra parte, la placa oceánica, a medida que nos alejamos de la dorsal, se enfría gradualmente y aumenta su densidad. Finalmente, se “hunde” en la zona de subducción, “cuesta abajo”, a favor de la gravedad. Una vez iniciada la subducción, el peso de la placa hundida ( $F_p$ ) es capaz de arrastrar progresivamente al resto de la placa (**arrastre**).



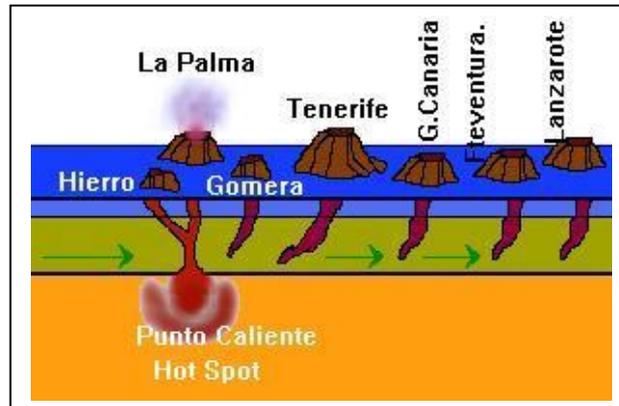
9. **Fenómenos en el interior de las placas. Magmatismo intraplaca.**

En el interior de las placas litosféricas se producen fenómenos magmáticos, asociados a la presencia de **puntos calientes**. Los puntos calientes son regiones de la superficie terrestre donde se da una anomalía térmica importante debido al ascenso de magma en forma de plumas o penachos desde zonas muy profundas del manto. Probablemente ese material proceda de la capa “D”, donde parece que llega la litosfera subducida que, una vez calentada y reblandecida pierde viscosidad y asciende nuevamente hacia el exterior de la tierra.

Parece ser que los puntos calientes están fijos sobre el manto, por lo que el lugar de la superficie en el que aflora el punto caliente es independiente del movimiento de las placas. Este es el caso de algunos archipiélagos volcánicos, como el de las islas Hawai, que se sitúan alineados en la dirección del movimiento de la placa.

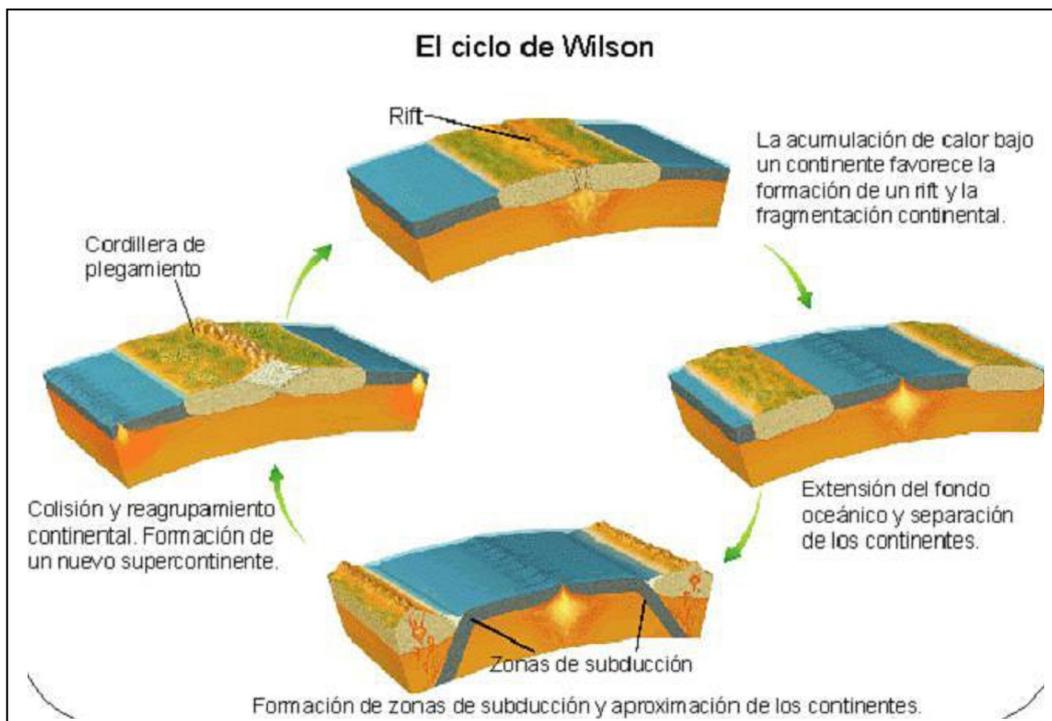


Lo más frecuente es que los puntos calientes se encuentren en el interior de una placa oceánica aunque también se localizan próximos a las dorsales oceánicas (Galápagos, Azores, Islandia) o en la litosfera continental (Parque Nacional de Yellowstone). Las Islas Canarias también podrían ser un caso de “punto caliente”.



### 10. El ciclo de Wilson.

Los procesos de fragmentación y colisión continental se repiten periódicamente, de modo cíclico, de modo que todas las masas continentales se reúnen para formar un supercontinente aproximadamente cada 500 millones de años. De acuerdo con este ciclo, el **ciclo de Wilson**, la corteza oceánica se crea y se destruye constantemente, en tanto que los continentes son permanentes.



## 11. Tectónica de Placas: Tectónica Global.

La principal virtud de la **Teoría de la Tectónica de Placas** es aportar una explicación global de todos los fenómenos asociados a la geodinámica interna (por esta razón, también nos referimos a ella como la **Teoría de la Tectónica Global**):

- Distribución en el espacio en el tiempo de continentes y océanos.
- Origen y evolución de los océanos.
- Formación de grandes cadenas montañosas.
- Fenómenos sísmicos.
- Actividad volcánica.
- Localización de yacimientos minerales y de combustibles fósiles.

# TEORÍA DE LA TECTÓNICA DE PLACAS

