

UNIDADE 2: TECTÓNICA DE PLACAS

1. INTRODUCCIÓN: PRIMEIRAS IDEAS MOBILISTAS

Paralelamente ao estudo da estrutura da xeosfera, os xeólogos trataron de explicar a súa dinámica (os seus cambios). En especial, intentaron describir os procesos endóxenos ou procesos tectónicos, e dicir, os que constrúen relevos mediante forzas do interior do planeta, como por exemplo, os que deforman as rochas e orixinan cordilleiras, a actividade volcánica, os terremotos...

As primeiras hipóteses que intentaban explicar os procesos tectónicos partían dun punto de vistas **fixista**, que non consideraba que as masas continentais da superficie terrestre puidesen variar a súa posición.

Estas hipóteses supoñían que as forzas xeradoras do relevo eran **movementos verticais** debidos a ascensos de magmas do manto, a contraccións da codia, a afundimentos ou descensos do terreo...

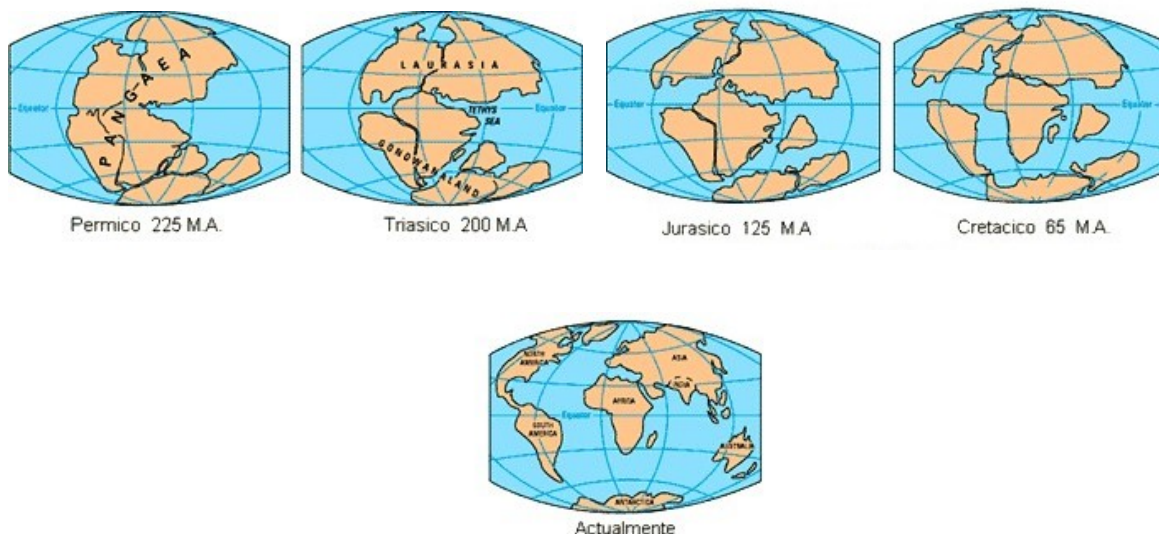
A primeira hipótese non fixista (**mobilista**) xorde en 1922 cando o meteorólogo **Alfred Wegener** publicou *A orixe dos continentes e océanos*, libro no que defendía que os continentes se desprazaban.

Wegener non foi o primeiro en falar de mobilidade continental. **Alexander Von Humboldt**, a principios do século XIX, chamou a atención sobre a complementariedade entre as costas de América e África do Sur, sinalando ademais a continuidade entre algunhas formacións xeolóxicas africanas e suramericanas.

O precedente máis inmediato a Wegener foi **Frank Taylor**, que en 1910 publicou un extenso traballo no que expoñía a hipótese da mobilidade continental.

2. TEORÍA DA DERIVA CONTINENTAL.

Segundo Wegener, a comezos do Mesozoico (hai 200 Ma) todas as terras emerxidas estiveron unidas formando un supercontinente, ao que denominou Panxea. Debido a movementos laterais da codia, a Panxea rachou en diferentes fragmentos que son os actuais continentes, que se foron desprazando sobre o fondo oceánico ata acadar a posición que ocupan na actualidade.



Esta teoría tivo moitos detractores e, aínda que ten aspectos incorrectos, supuxo unha nova concepción da Xeoloxía e un triunfo das teorías mobilistas.

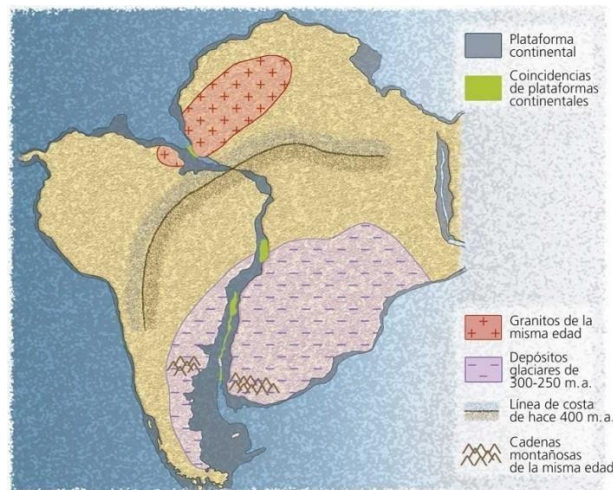
As causas do desprazamento dos continentes apuntadas por Wegener non foron convincentes; atracción lunar, que provocaría unha freada no movemento de rotación terrestre e separación dos continentes pola forza centrífuga que os desprazaría cara ó Ecuador.

Wegener pensaba que o fondo mariño era inmóbil e que eran os continentes os que se desprazaban sobre el e no seu desprazamento arrastrarían os sedimentos acumulados nos fondos oceánicos, pregándose e orixinando cordilleiras

2.1. PROBAS DA DERIVA CONTINENTAL

Para apoiar a súa teoría, Wegener proporcionou catro tipos de argumentos:

❖ **PROBAS XEOLÓXICAS:** Baseadas na gran semellanza dos terreos e estruturas xeolóxicas que se encontran a un e outro lado dos océanos. As cordilleiras hercínicas de Europa, África e América encaixan perfectamente se unimos os continentes. O mesmo ocorre con algunhas cadeas montañosas que se continúan entre os continentes australiano e antártico.



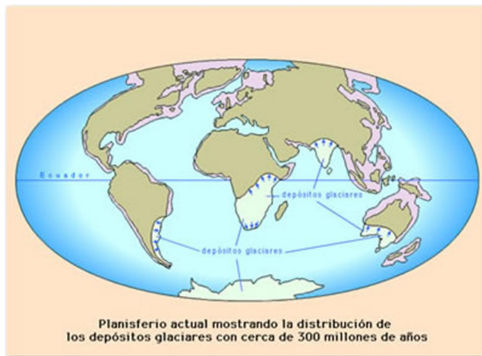
❖ **PROBAS XEOGRÁFICAS:** Os bordos dos continentes encaixan entre si como as pezas dun crebacabezas. Aínda que nunha primeira aproximación o encaixe parecía moi imperfecto, se se tomaba o bordo da plataforma continental en vez da actual liña de costa, o encaixe era practicamente perfecto.

Son notables as semellanzas entre as costas de América do Sur e África, de Europa e Norteamérica, India e Sudáfrica, Antártida e Australia,...

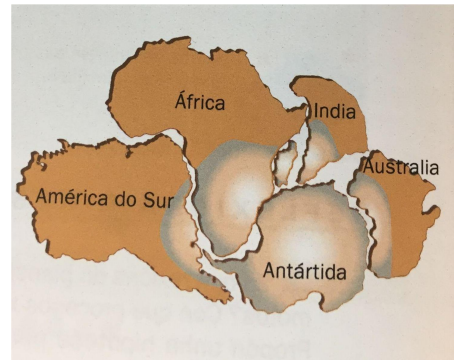


❖ **PROBAS PALEOCLIMÁTICAS:** a formación de rochas sedimentarias está relacionada co clima do lugar onde se crearon. Así, por exemplo, en climas glaciares fórmanse uns depósitos que se coñecen como “tillitas”, en climas desérticos fórmanse depósitos de sales e en climas tropicais fórmanse depósitos de carbón. Wegener analizou a distribución das tillitas datadas en 200 Ma; actualmente se localizan en zonas de clima cálido e separadas unhas das outras (A), pero se os continentes se levan á posición que ocupaban na Panxea (B), eses depósitos se unen e se localizan en altas latitudes (clima frío).

A



B

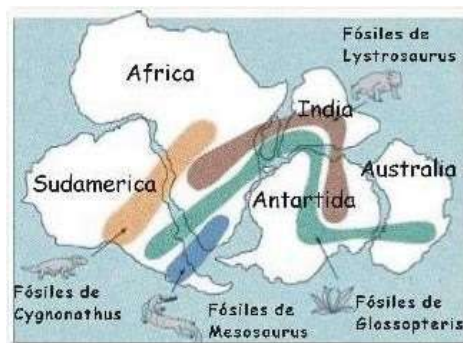


❖ **PROBAS PALEONTOLÓXICAS:** Están baseadas na semellanza da fauna e flora fósil a ambos lados dos continentes:

-A distribución de fósiles de *Mesosaurus* (réptil que viviu hai uns 270 m. a.) en África do Sur e Suramérica.

-Plantas como *Glossopteris* que están presentes en rexións tan afastadas como Suramérica, África, India, Antártida e Australia.

Segundo Wegener esta estraña distribución bioxeográfica, é dicir, a presenza simultánea das mesmas especies en lugares tan separados, só podía explicarse se os continentes estiveran unidos no pasado.



❖ **PROBAS BIOXEOGRÁFICAS:** a distribución actual de determinadas especies no planeta é o resultado da separación dos continentes. Este é o caso por exemplo das avestruces (africanas), os hemúes (australianos) e os ñandús (suramericanos).

Wegener estaba no certo ao afirmar que os continentes cambiaban de posición, pero non deu explicado cal era a forza que os empurraba e sobre que materiais escorregaban.

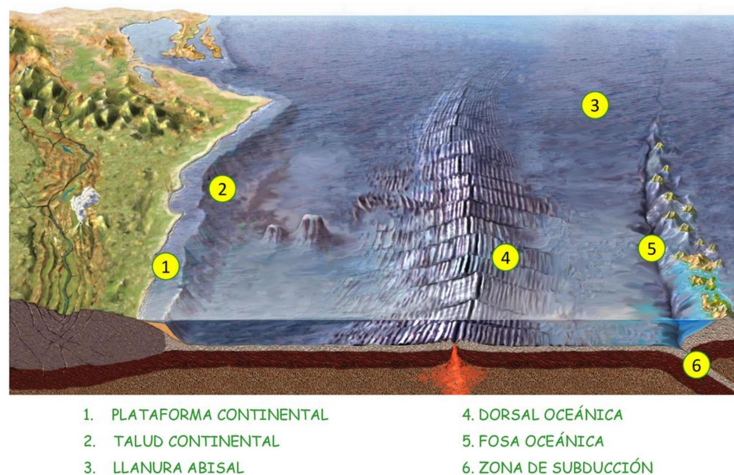
3. DA DERIVA CONTINENTAL Á TECTÓNICA DE PLACAS

3.1. A CLAVE ESTÁ NOS OCÉANOS

Nas dúas décadas que seguiron ao falecemento de Wegener (1930 a 1950) lanzouse pouca luz sobre a hipótese de deriva continental. Con todo, a mediados da década dos anos 50, os avances tecnolóxicos permitiron recoller unha información moi valiosa sobre os fondos oceánicos. Esa información foi clave para completar e perfeccionar a teoría de Wegener, e para chegar ó modelo que se acepta hoxe en día, que é a teoría da tectónica de placas.

Cal foi a información que proporcionaron os océanos?

- ❖ **O relevo dos fondos oceánicos:** detectáronse longas cordilleiras de ata 3000 m de altura, intensamente fracturadas e cunha depresión central (rift), que percorren o fondo dos océanos; son as **dorsais oceánicas**. Ademais, tamén se identificaron **fosas oceánicas**, que son zonas moi profundas, de forma alongada e de moi extensa lonxitude; por exemplo a fosa das Aleutianas, de 11000 m de profundidade.

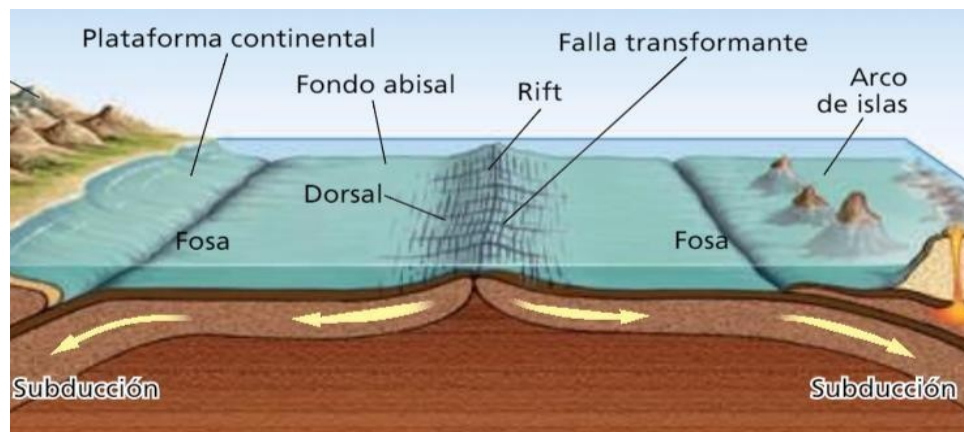


- ❖ **A idade da litosfera oceánica:** a idade das rochas que compoñen o fondo oceánico aumenta a medida que se incrementa a distancia ó eixe da dorsal. Non hai litosfera oceánica que teña máis de 185 Ma.
- ❖ **O espesor dos sedimentos:** os sedimentos son moi escasos nas fosas oceánicas e non existen nas dorsais.
- ❖ **As bandas de magnetismo nos fondos oceánicos:** sabemos que a Terra actúa como un inmenso imán e que os polos magnéticos norte e sur cambian cada 200.000 anos. Cando as lavas que teñen minerais magnéticos solidifican, eses minerais quedan orientados sinalando o norte magnético do momento. Nos fondos oceánicos descubriuse que a un e outro lado da dorsal hai bandas simétricas que marcan os cambios dos polos magnéticos.

3.2. TEORÍA DA EXPANSIÓN DOS FONDOS OCEÁNICOS

A partir da análise de toda esta grande cantidade de información nova, en 1962 o xeólogo **Harry Hess** propuxo a **teoría da extensión do fondo oceánico**, segundo a cal os fondos oceánicos esténdense dende as dorsais e se destrúen nas fosas oceánicas. O proceso sería o seguinte:

- ❖ Nas dorsais se produce a saída de lavas dende o manto, que ao solidificar se convirten en codia oceánica.
- ❖ A medida que a lava vai solidificando, a codia vai aumentando o seu tamaño, de forma que vai empuxando o fondo oceánico desde a dorsal cara ambos lados, nun movemento similar a unha cinta transportadora.
- ❖ Cando a nova codia oceánica está fría, por ser máis densa ca continental, acaba por introducirse baixo ela para finalmente voltar ó manto. Estas zonas se coñecen como **zonas de subducción**.



4. A TECTÓNICA DE PLACAS

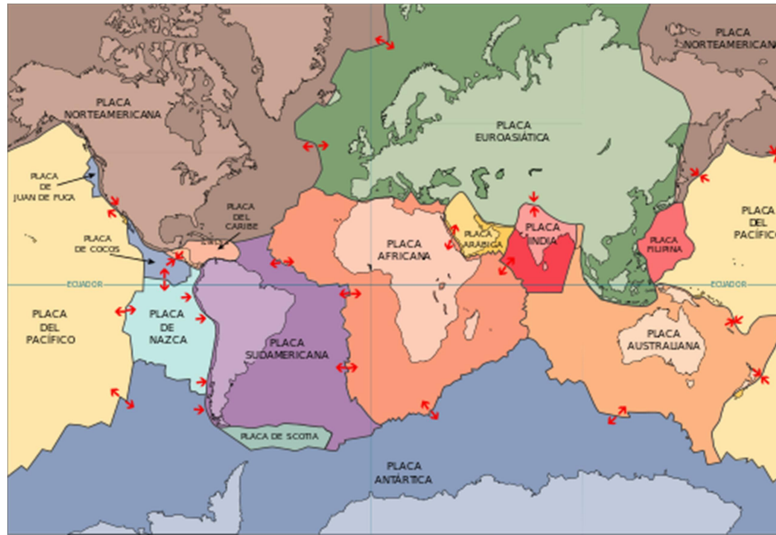
En 1968 uníronse tódalas hipóteses propostas nunha teoría moito máis completa coñecida como **tectónica de placas**. Segundo o modelo da tectónica de placas, a litosfera terrestre está rachada en fragmentos que se coñecen como placas litosféricas. Esas placas desprázanse sobre o manto sublitosférico, que está formado por rochas sólidas que por mor das altas temperaturas e presións poden fluír.

Recoñécense na actualidade 7 placas litosféricas principais, que representan o 94% da superficie do planeta: Suramericana, Norteamericana, Australiana, Pacífica, Africana, Euroasiática, Antártica. As placas de tamaño mediano son: Nazca, Arábica, Cocos, Juan de Fuca, Caribeña, Filipina e Escocesa. Existen outras máis pequenas.

Existen dous tipos de placas:

- ❖ **Placas mixtas:** están formadas por litosfera continental e oceánica. Entre elas está a Suramericana, a Norteamericana, Euroasiática, Africana, Australiana e a Antártica.

- ❖ **Placas oceánicas:** están compostas unicamente por litosfera oceánica. Entre elas está a placa Pacífica e a de Nazca.



As placas móvense unhas con respecto ás outras. Ese movemento pode ser de tres tipos: unha colisión, unha separación ou un desprazamento lateral. En base a ilo, os límites entre placas clasifícanse en:

- ❖ **Bordos converxentes ou destrutivos:** dúas placas achéganse, provocando o descenso da litosfera oceánica debaixo da outra placa (**zonas de subducción**). Nelas destrúese litosfera e se produce a creación de cordilleiras (**ORÓXENOS**).
- ❖ **Bordos diverxentes ou construtivos:** dúas placas sepáranse e se forma litosfera oceánica. Son as **dorsais oceánicas**.
- ❖ **Bordos de fallas transformantes** ou pasivos: as placas deslízanse lateralmente entre si. Nin se crea nin se destrúe litosfera.

Así, mentres nuns bordos fórmase nova litosfera, noutros se destrúe, mantendo constante a superficie da Terra. Este modelo explica por que non hai litosfera oceánica de máis de 180 Ma.

4.1. BORDOS CONVERXENTES: ZONAS DE SUBDUCCIÓN

As **zonas de subducción** son lugares nos que se destrúe litosfera. Sitúanse nos límites de dúas placas litosféricas que teñen un movemento **converxente**. En función dos tipos de litosfera implicadas diferéncianse tres situacións:

- ❖ **Placa oceánica subduce baixo placa continental. ORÓXENO DE TIPO ANDINO**

Nestes tipos de bordos a litosfera oceánica (máis densa) subduce baixo a litosfera continental. Os elementos que se identifican son:

-
- Diagrama A ilustra el proceso de subducción de la corteza oceánica y la formación de un arco volcánico continental. Se muestra una sección transversal de la litosfera y astenosfera. La corteza oceánica, etiquetada como "Corteza oceánica", se está hundiendo bajo la corteza continental, etiquetada como "Corteza continental". La zona donde la corteza oceánica se hunde se indica como "Fosa". La "Litosfera oceánica en subducción" se muestra descendiendo hacia la "Astenosfera". La "Litosfera continental" se encuentra sobre la astenosfera. La "Fusión" ocurre en la astenosfera, generando magma que asciende a través de la litosfera continental para formar un "Arco volcánico continental". Las profundidades de 100 km y 200 km están marcadas en la astenosfera.

- **Gran actividade sísmica** polo rozamento entre as dúas placas, moi intensa e concentrada nun plano inclinado chamado plano de Benioff (coincidente coa superficie da placa que subduce).
- **Magmatismo:** a calor xerada pola fricción entre as placas e a presenza de auga favorecen a **fusión parcial das rochas**, formando magmas. Os magmas ascenden porque son menos densos. Poden solidificar en profundidade, engrosando a codia continental, ou facelo en superficie, creando volcáns.
- **Metamorfismo:** as rochas por riba da zona de subdución están sometidas a elevadas temperaturas e presións, transformándose noutras diferentes.

❖ **Placa oceánica subduce baixo placa oceánica.**

- O afundimento da placa que subduce orixina **unha fosa moi profunda** na zona de contacto entre as dúas placas (fosa do Xapón, Illas Marianas).
- Arcos de illas: a rápida subducción funde as rochas e orixina magmas que ascenden e saen a superficie dando lugar a conxuntos de illas volcánicas agrupadas en forma de arco, como Xapón, Indonesia, Antillas, illas Kuriles e illas Aleutianas.

7

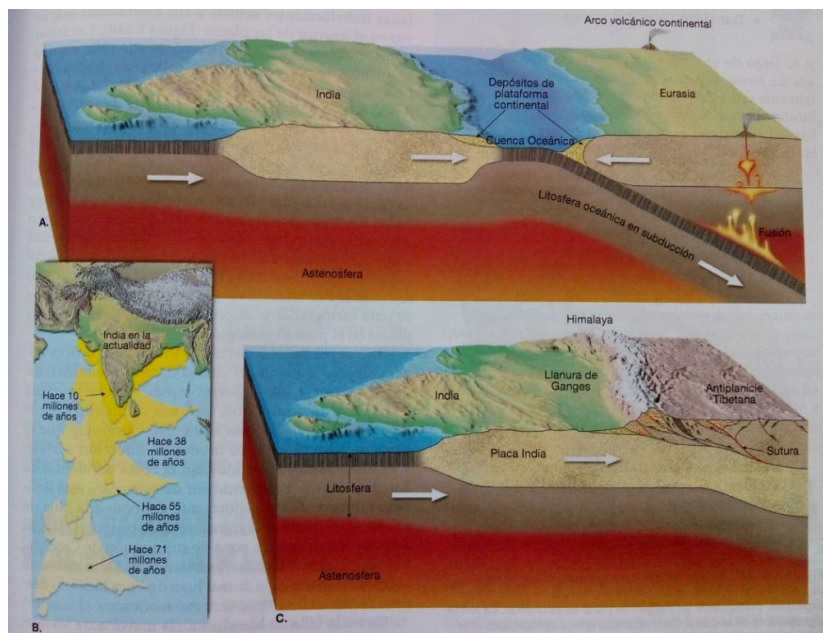


❖ Colisión entre placas continentais. ORÓXENOS DE TIPO ALPINO

Comeza sendo unha converxencia continental-oceánica na que a placa que subduce ten un tramo oceánico e tras el, outro continental. Unha vez que subduciu toda a litosfera oceánica prodúcese a colisión de dous continentes. Como a litosfera continental é demasiado lixeira para afundirse no manto, a subducción interrómpese tras a colisión continental.

Na sutura entre ambas placas continentais fórmase un **oróxeno de colisión ou de tipo alpino**, debido ao aumento de grosor da litosfera e ao amoreamento dos sedimentos que se acumulan previamente entre ambos os continentes.

Deste xeito orixinouse a cordilleira do Himalaia, polo choque da placa Índica e Euroasiática. Tamén os Pireneos e os Alpes.



4.2. BORDOS DIVERXENTES: DORSAIS OCEÁNICAS

Os bordos de placa diverxentes se corresponden coas dorsais oceánicas, é dicir, esas longas cadeas montañosas submarinas nas que se crea nova codia. A velocidade coa que se separan é de 5 cm e 18 cm/ano, a mesma velocidade aproximadamente á que crecen as unllas dunha persoa. As dorsais máis importantes do planeta son a dorsal Centroatlántica e a dorsal do Pacífico Oriental.

Os elementos que se recoñecen nas dorsais son o val central (rift) e as fallas transformantes. Nas dorsais se produce magmatismo e tamén sismicidade de orixe pouco profunda.

Tamén se poden desenvolver bordos de placa diverxentes dentro dun continente, nese caso a masa continental pode acabar rompéndose en dúas ou máis segmentos pequenos separados por unha conca oceánica. Isto é o que está a suceder no val do Rift Africano e Mar Vermello.

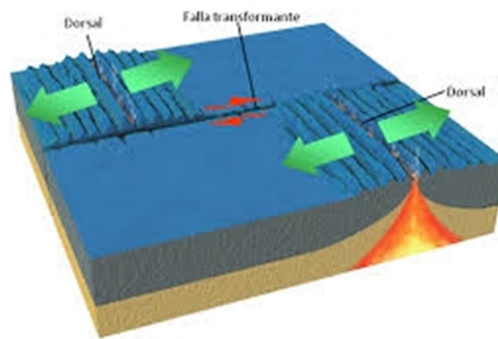
4.3. BORDOS TRANSFORMANTES

Ademais de dorsais e zonas de subducción, as placas litosféricas poden ter un terceiro tipo de bordo. Nel prodúcese un desprazamento lateral dunha placa con respecto a outra; son as **fallas transformantes**.

Nestes límites de placa non se crea nin destrúe litosfera, polo que se denominan **bordos pasivos**. Hai dous tipos de bordos pasivos:

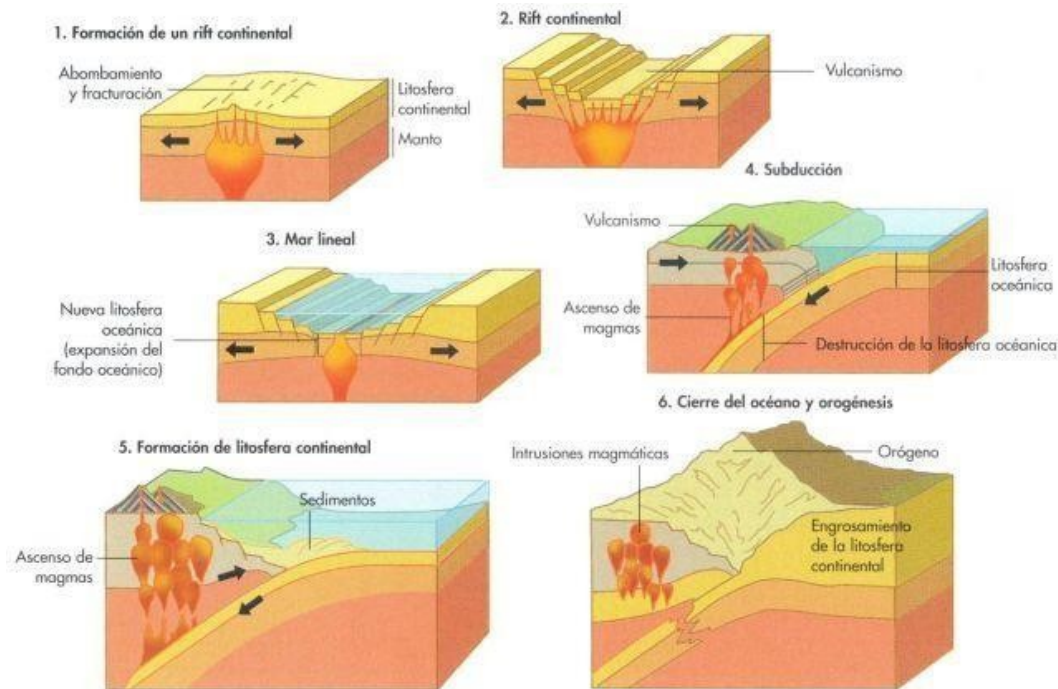
- **Fallas entre placas continentais.** É o caso da falla de Santo André (California).
- **Fallas transversais ó eixo da dorsal.**

Os bordos pasivos non presentan vulcanismo asociado, pero son frecuentes os terremotos cun foco sísmico superficial.



5. O CICLO DE WILSON

A distribución das placas e polo tanto, dos continentes cambiou ao longo do tempo, xa que poden fragmentarse e unirse uns cos outros. O **Ciclo de Wilson**, proposto por Tuzo Wilson, explica de forma ordenada, o proceso de apertura e peche dos océanos, e a fragmentación e posterior unión dos continentes.



No ciclo distingúense as seguintes fases:

1. **Fragmentación continental e formación dun rift.** O proceso de rotura dun continente comeza debido a esforzos distensivos, normalmente causados pola existencia dun penacho térmico baixo o continente, dando lugar a formación dun **rift continental** (como o Rift Valley africano).

2. **Formación dun océano en expansión.** Na liña de fragmentación empezase a formar litosfera oceánica que separa os fragmentos continentais. Se continúa a separación o rift é invadido polo mar e vaise transformando nunha **dorsal oceánica**.

Os continentes quedan separados por unha pequena conca oceánica (como o actual mar Vermello). O proceso continúa e os continentes sepáranse progresivamente. Entre eles aparece unha conca oceánica ancha, cunha dorsal ben desenvolvida (como o Océano Atlántico actual).

3. **Redución do océano e colisión continental.** Cando a conca oceánica acada certo tamaño e é suficientemente antiga, os bordos de contacto cos fragmentos continentais vólvense fríos e densos e comezan a afundirse debaixo dos continentes formándose un bordo converxente que reduce pouco a pouco o fondo oceánico (como a zona oriental do Océano Pacífico).

Dada a forma esférica da Terra, outros bordos construtivos poden empuxar aos fragmentos continentais en sentido contrario, de tal xeito que a conca oceánica vaise estreitando (como no Mar Mediterráneo).

Finalmente ao desaparecer a conca oceánica o océano péchase e as dúas masas continentais chocan orixinando unha cordilleira (como a cordilleira do Himalaia).

6. PERO, FINALMENTE, COMO É QUE SE MOVEN AS PLACAS?

Ningún dos modelos propostos actualmente para explicar que impulsa o movemento das placas pode explicar tódolos aspectos da tectónica de placas.

Aínda que o manto está formado case por completo por rochas sólidas, está o suficientemente quente como para moverse cun fluxo convectivo. Nos primeiros modelos considerábase que as placas se movían arrastradas de forma pasiva polas células convectivas mantélicas, pero hoxe en día acéptase que é o movemento horizontal das placas o que arrastra ao manto. Así, nos modelos actuais, as placas constitúen unha parte activa na convección do manto.

Os mecanismos que contribúen ao mecanismo do movemento das placas son:

- ❖ A forza de arrastre: exercida pola litosfera oceánica fría e densa que é subducida e arrastra á litosfera.
- ❖ A forza de empuxe: a litosfera oceánica creada nas dorsais móvese desde as partes altas da mesa cara a parte baixa (por gravidade), empuxando ó resto da placa.
- ❖ A forza de succión da placa que subduce.