

UD X: A ESTRUTURA DA TERRA. TECTÓNICA DE PLACAS.

Índice

- 1. O estudo do interior terrestre.**
 - 1.1. Métodos de estudo directos**
 - 1.1.1. Estudo xeolóxico das minas
 - 1.1.2. Sondaxes
 - 1.1.3. Estudo dos materiais aflorados
 - 1.1.4. Estudos de laboratorio
 - 1.2. Métodos de estudo indirectos**
 - 1.2.1. Densidade Terrestre
 - 1.2.2. Gradiente xeotérmico
 - 1.2.3. Métodos gravimétricos
 - 1.2.4. Xeomagnetismo
 - 1.2.5. Método eléctrico
 - 1.2.6. Estudo dos meteoritos
 - 1.2.7. Métodos sísmicos
 - 1.3. Estrutura interna da Terra**
 - 1.3.1. Modelo Xeoquímico
 - 1.3.2. Modelo Xeofísico
- 2. A tectónica de Placas**
 - 2.1. Deriva Continental**
 - 2.1.1. Probas e críticas á deriva continental
 - 2.2. Creación de fondo submarino**
 - 2.3. Disposición de sismos e volcáns**
 - 2.4. Teoría de placas**
 - 2.4.1. Tipos de placas
 - 2.4.2. Tipos de bordos
 - 2.4.3. Os movementos das placas
 - 2.4.4. Ciclo de Wilson

1. O estudo do interior terrestre.

A determinación da estrutura e a composición química do interior da Terra realízase fundamentalmente a partir de datos obtidos mediante métodos indirectos, aínda así, tamén existen métodos directos.

1.1. Métodos directos:

1.1.1. Estudo xeolóxico das minas, mediante **pozos, galerías e socavóns**, que tamén poden ser a ceo aberto, co obxecto de extraer os minerais útiles. Poden chegar ós 2 Km.

1.1.2. Sondaxes, mediante a práctica de pequenas perforacións no solo con **barrenas** ou **sondas**, pódese sacar á superficie unha columna de materiais chamada **testemuña**. Con este método penetrouse preto dos 13 Km na antiga URSS, no pozo supermasivo da península de Kola. O proxecto foi abandonado polo seu elevado coste e as dificultades tecnolóxicas.

1.1.3. Materiais aflorados, xeralmente lavas provintes de volcáns onde se obtén información dos magmas dos que derivan. Así mesmo tamén poden ser da erosión, ou procesos dinámicos ou impactos de meteoritos que poñen ó descubierto rochas formadas a unha certa profundidade do subsolo.

1.1.4. Análises de laboratorio, consisten na análise directa de rochas que se presupoñen das capas inferiores. Destacan as análises microscópicas, químicas e físicas.

1.2. Métodos indirectos:

1.2.1. Densidade terrestre, as medicións de densidades de rochas en diferentes puntos da codia superficial da Terra levan a un valor medio de $2,8 \text{ g/cm}^3$. Por outra parte, o valor da densidade media terrestre calculado a partir do volume do planeta ($V=4/3\pi r^3$) e da súa masa (obtida grazas a Lei de Gravitación Universal e a Segunda Lei de Newton), é de **$5,52 \text{ g/cm}^3$** . Polo tanto, é de supoñer que a codia terrestre é lixeira en comparación cos materiais que se atopan a maior profundidade.

1.2.2. Gradiente Xeotérmico, refírese ó aumento da temperatura en profundidade. Mediante métodos directos sábese que, a lo menos, nos primeiros 10 km a temperatura aumenta a razón de 3°C cada 100 m. Este gradiente xeotérmico delata a existencia de fontes de enerxía internas, como poden ser a desintegración de elementos radioactivos (Th, U ou K).

1.2.3. Métodos gravimétricos, a gravidade defínese como a forza coa que a Terra atrae ós corpos que están sobre a súa superficie. Ten un valor medio de $9,8 \text{ m/s}^2$, aínda que este valor sofre variacións debido a factores como a topografía, latitude, altitude ou aceleración centrífuga do planeta.

1.2.4. Xeomagnetismo, a Terra compórtase como un xigantesco imán no que se distingue un polo N y un polo S magnético, pero hoxe en día sábese que as posicións dos polos non son fixas ó longo da

historia xeolóxica do noso planeta, senón que a polaridade N-S do campo magnético terrestre experimentou inversións periódicas denominadas **inversións magnéticas**, polo que o estudo da posición que ocupan determinados minerais nas rochas magmáticas permite saber como era o campo magnético en épocas pasadas. A esta ciencia denomínase **paleomagnetismo**.

1.2.5. Método eléctrico, aproveitan as propiedades eléctricas das diferentes rochas e minerais, dependendo das súas condicións ou natureza. Teñen como grande desvantaxe a súa escasa penetrabilidade. Axudan sobre todo a localización de **menas** ou **acuíferos**.

1.2.6. Estudo dos meteoritos, os meteoritos son corpos celestes de tamaño relativamente pequeno que son atrapados polo campo gravitatorio da Terra, entran na súa órbita e caen sobre a súa superficie. Son interesantes debido a que na súa maioría proveñen do Cinto de Asteroides da Vía Láctea, que se presupón que son fragmentos dun posible planeta que xiraría a redor do Sol.

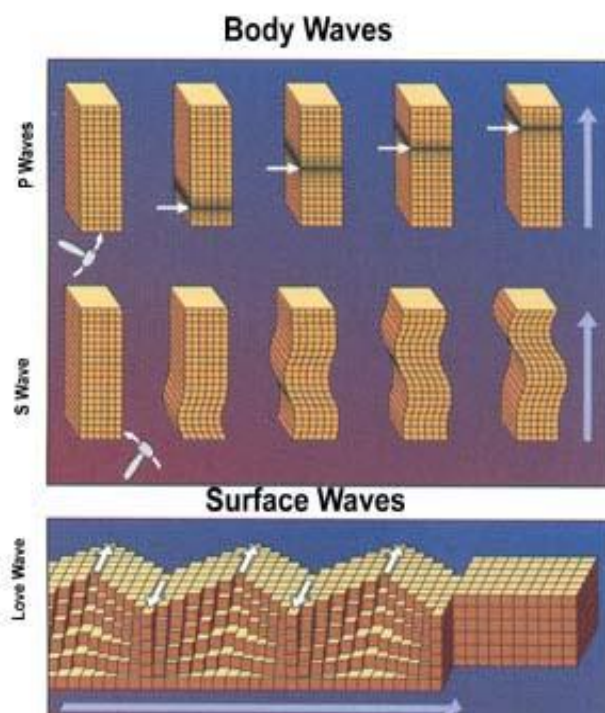
1.2.7. Métodos sísmicos, un sismo orixínase por unha brusca liberación de enerxía interna acumulada nas rochas elásticas. Cando a tensión á que están sometidas sobrepasa certo límite, desencadéase o terremoto. Ten a súa orixe nun foco (**hipocentro**) que se propaga en tódalas direccións do espazo mediante **ondas sísmicas**; o punto da superficie onde chegan por primeira vez denomínase **epicentro**. Estas ondas sísmicas poden ser dos seguintes tipos segundo a forma de oscilar as partículas respecto á traxectoria ou dirección de propagación:

- Ondas lonxitudinais ou P (Principais): Os desprazamentos de vaivén das partículas materiais realízanse **paralelamente** á dirección do raio sísmico. Son as máis rápidas (14 Km/h) e as primeiras que chegan á superficie da Terra.

A propagación das ondas P depende da compresibilidade do medio, como os corpos sólidos, líquidos e gasosos se poden comprimir, as ondas P **poden propagarse por calquera tipo de medio**.

- Ondas transversais ou S (Secundarias): Os desprazamentos das partículas teñen lugar nun plano **perpendicular** á dirección de propagación. Propáganse a menos velocidade que P.

O comportamento das ondas S depende da elasticidade do medio, como só os medios sólidos teñen propiedades elásticas, as ondas

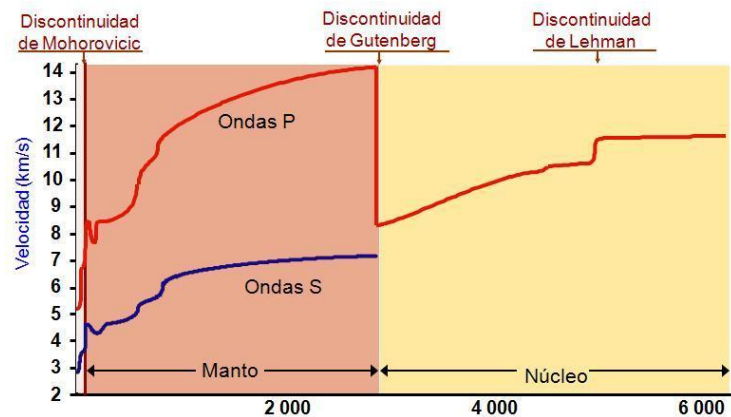


Só se propagan por medios sólidos.

- **Ondas Love ou L**, cada partícula móvese horizontalmente na dirección normal ó raio sísmico superficial. Son xeralmente as causantes das destrucións en movementos sísmicos.

Para o estudo do interior terrestre só interesa o comportamento das ondas P e S (se ben a observación da que as ondas L se propaguen moi rapidamente na superficie do fondo dos océanos e que sufran un retardo en chegar á superficie dos continentes, permitiu formular a hipótese de que a codia continental é de diferente natureza que a oceánica).

A propagación das ondas sísmicas non é continua, senón que sofren cambios bruscos en canto á súa velocidade. Estes cambios marcan o paso dunha zona a outra de diferente densidade e propiedades elásticas. Son as chamadas **superficies de descontinuidade sísmica**, que



establecen a división da Terra en codia, manto e núcleo. Dacordo coa distribución das ondas P e S en profundidade distínguense as seguintes descontinuidades:

- Mohorovicic, Entre os 25-70 Km nos continentes e 5-10 Km nos océanos. Separa a codia do manto.
- Gutemberg, sitúase a 2900 Km de profundidade. Separa o manto do núcleo.
- Lehman, sobre os 5150 Km de profundidade. Isto interprétase como resultado dun cambio dun material fluído a un sólido (Núcleo interno/externo).
- Repetti, entre os 600-800 Km dividindo o manto inferior do superior.

1.3. A estrutura interna da Terra, teremos diferentes capas, esta separación produciuse probablemente pola **estratificación por densidades** que tivo lugar no período de fusión parcial das primeiras etapas da Terra. Así, os elementos máis pesados como o Ni e o Fe, foron caendo ó núcleo, namentres os materiais lixeiros ascendían. Seguiremos 2 modelos segundo nos guiemos pola composición das capas ou polo seu comportamento xeodinámico:

1.3.1. Modelo xeodinámico baséase no comportamento mecánico dos materiais. Distínguiremos:

- Litosfera, a máis superficial. É ríxida, e resposta ós esforzos mecánicos como unha unidade rompéndose nas **placas litosféricas**. Comprende a codia e parte do manto superior. Esta capa abarca a litosfera **continental** e a **oceánica** (máis fina).
- Manto, capa cun comportamento fluído e de convección lenta. Divídese en:

- **Astenosfera**, capa situada debaixo da litosfera ata a descontinuidade de Repetti.
- **Inferior**, representa o 49% da masa da Terra, xa que vai dende a descontinuidade de Repetti á descontinuidade de Gutenberg.
- **Endosfera**, dividido en **externo** (2900 - 5150 km), de natureza líquida e axitado por unhas correntes de convección que desenrolan un papel clave no campo magnético terrestre; e, **interno**, separados pola descontinuidade de Lehman. O interno é sólido debido ás altas presións que non permiten que se funda.

1.3.2. Modelo xeoquímico establecido utilizando fundamentalmente o método sísmico e, en base á composición química e mineralóxica dos materiais. Podemos establecer 3 rexións principais que teñen composicións químicas diferentes:

- **Codia**, separada do manto pola descontinuidade de Mohorovicic. Comprende:
 - **Codia oceánica** de espesor variables (5-10 km), comprende os fondos oceánicos.
 - **Codia continental**, de espesor variable (25-75 Km), comprende os continentes emerxidos e as partes somerxidas deles (plataforma e talude continental).
- **Manto**: capa máis grande da Terra. Aproximadamente ós 800 km de profundidade apréciase un cambio brusco na velocidade de propagación das ondas que se corresponde coa **descontinuidade de Repetti**, que divide o manto en superior e inferior.

Así mesmo ós 2.900 km de profundidade as ondas P diminúen bruscamente a súa velocidade e as S desaparecen. Este cambio correspóndese coa **descontinuidade de Gutenberg**, que separa o manto inferior do núcleo.
- **Núcleo**: É a parte máis interna da Terra e a través del só se propagan as ondas P, que a unha profundidade de 5.100 km sofren un novo aumento de velocidade. Este aumento de velocidade indica a presenza da descontinuidade de Lehman, que separa o núcleo externo líquido do interno sólido.

2. **A Tectónica de Placas**

Esta teoría formulouse nos anos 60 e baséase en 3 feitos fundamentais:

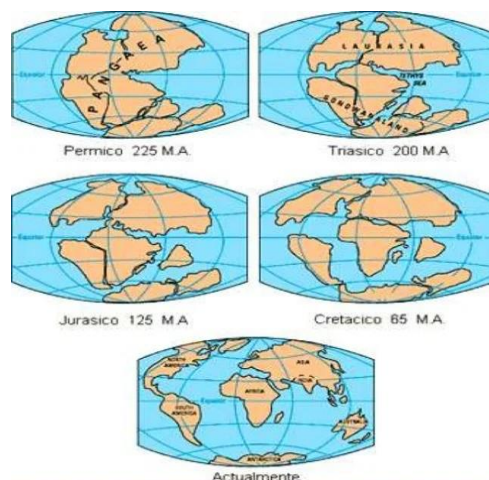
2.1. Deriva continental, no ano 1919 Alfred Wegener propuxo que as masas continentais estaban nun pasado unidas e, que os continentes se foron desprazando e separando paseniño, ata a posición actual. A súa hipótese fundamentouse en 3 puntos:

- Ó final do Paleozoico, tódalas terras emerxidas estaban unidas nun único continente a **Panxea**.
- Os continentes desprazáronse **escorregando sobre o fondo oceánico**. Como consecuencia deste movemento Panxea fragmentouse en varias masas ata chegar á distribución actual.

- Os continentes movéronse grazas á **forza centrífuga** orixinada pola rotación da Terra e a **atracción** do Sol e a Lúa, chocando contra os materiais nas marxes, dando lugar a cordilleiras. No seu desprazamento deixaron materiais ó seu paso que deron lugar a illas.

2.1.1. Probas e críticas á deriva continental, a teoría de Wegener susténtase en 4 probas:

- Xeográfica, xa que se observamos o mapa do mundo os continentes son como pezas dun crebacabezas que se poden unir.
- Xeolóxica, as cordilleiras están aliñadas a ámbolos lados do Atlántico: Montes Apalaches en Norteamérica, montes de Escocia e Escandinavia. Isto confirma o punto anterior.
- Paleontolóxicas, xa que se atoparon fósiles de reptís como o *Mesosaurus* en Sudamérica e o S de África.
- Paleoclimáticas, atopáronse sedimentos glaciares como os da Antártida no S de África, América e Australia.

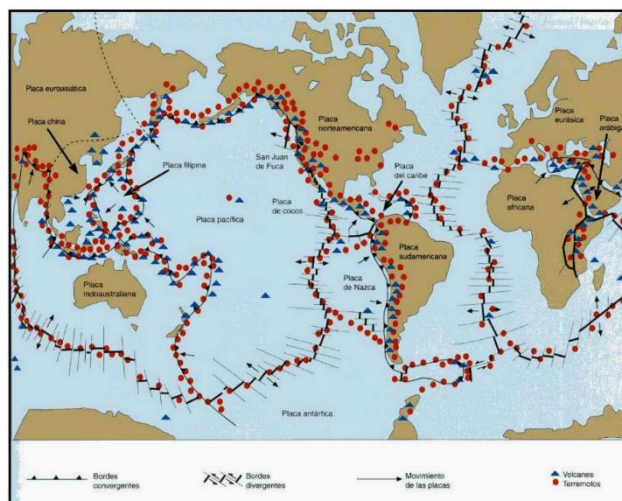


Pero tamén hai unha **crítica** a esta teoría, posto que a **forza centrífuga** que causa a rotación terrestre é moito menor que a forza de gravidade, polo que é imposible que provoque o movemento das masas continentais. Aínda faltaban coñecementos posteriores que subsanaban este feito.

2.2. Creación do fondo submarino, co descubrimento do sonar, nos anos 50 cartografáronse os fondos mariños. Estes mapas foron estudados por Hess, postulando a súa **teoría sobre os fondos oceánicos**. Esta teoría di que as rochas da astenosfera ascenden por de **correntes de convección** a través das **dorsais**, estendéndose a ambos lados da mesma. Esta nova codia oceánica despraza á antiga, contribuíndo á creación e expansión dos fondos oceánicos. Isto susténtase en 2 puntos:

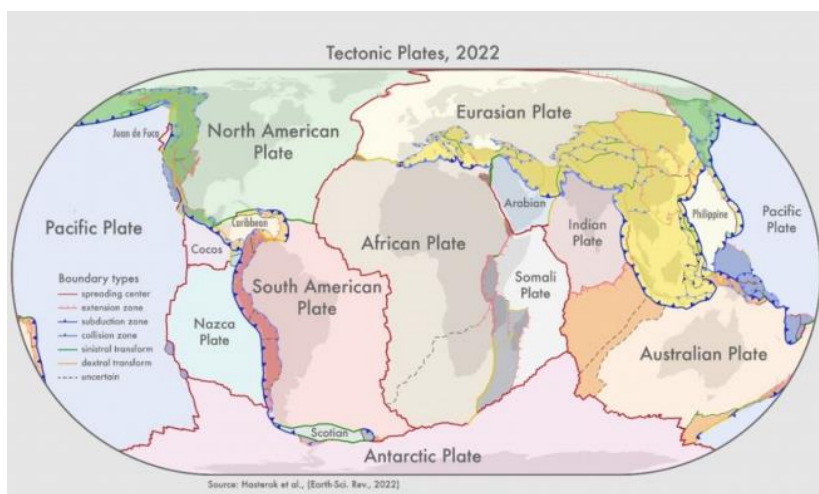
- As rochas dos fondos oceánicos son máis novas que as continentais. Sendo inclusive máis novas canto máis preto das dorsais.
- As rochas preséntanse en bandas, con alternancia na polaridade magnética (ver xeomagnetismo (páx 2) dos seus minerais. Esas bandas son simétricas a ámbolos lados das dorsais.

2.3. Disposición dos sismos e volcáns, se nun mapa superpoñemos os sismos acaecidos nos



últimos séculos, xunto cos volcáns existentes na actualidade, podemos observar que se atopan xusto na converxencia entre 2 ou máis placas tectónicas. Estes contactos denomínanse **cintos sísmicos**.

2.4. A Tectónica de Placas, en base ós 3 puntos anteriores propúxose que a superficie do planeta é unha **capa ríxida**, denominada **litosfera**, que se atopa fragmentada en **placas litosféricas**. Os límites destas placas coinciden coas liñas de inestabilidade en que se producen volcáns e seismos. Esta teoría ten 6 ideas básicas:



- A parte máis externa da Terra é a **Litosfera**. Esta é descontínua, atopándose dividida en **placas litosféricas** que encaixan entre si.
- Nos límites das placas sucede a **maioría da actividade xeolóxica**, mentres que no centro é moi escasa.
- A litosfera oceánica é **máis delgada** que a continental.
- A litosfera **créase nas dorsais oceánicas** e destrúese nas fosas oceánicas
- O movemento das placas é causa do **cambio de posición dos continentes**.
- Os océanos fórmanse en zonas de **separación** de 2 placas; as cordilleiras en zonas de **choque**.

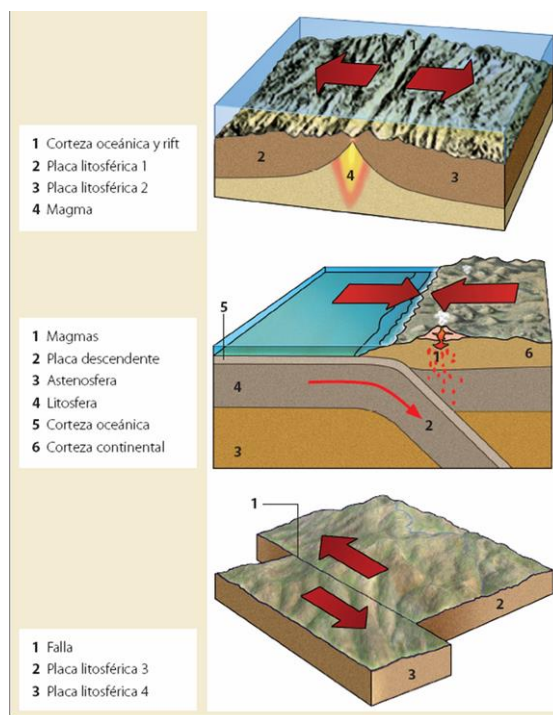
2.4.1. Tipos de placas, atoparemos 3 tipos fundamentais:

- Oceánicas, onde as placas soamente se conforman por litosfera oceánica. V.g.: placa pacífica.
- Mixtas, as máis frecuentes. Formadas por litosfera oceánica e continental. V.g.: placa sudamericana
- Continentais, formadas principalmente por litosfera continental. V.g.: placa arábica.

2.4.2. Tipos de bordos, estes son os **límites das placas**, que son as zonas de contacto entre as placas litosféricas. Hai diferentes tipos segundo o tipo de movemento que exista entre as placas e segundo se xere, conserve ou destrúa litosfera oceánica. Poden ser de 3 tipos:

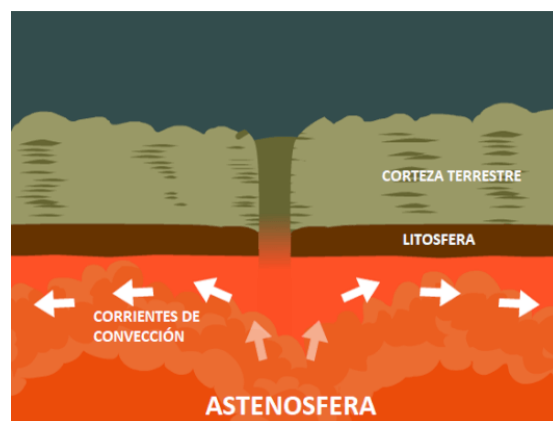
- **Bordos diverxentes**, son zonas nas que o afloramento do magma procedente do interior, en forma de erupcións volcánicas, produce novo solo oceánico. Isto ocorre cando as placas litosféricas se separan, de xeito que aparecen fallas directas e seismos preto da superficie. O val do Rift africano é o exemplo típico.

- **Bordos transformantes**, son límites onde nin se crea nin se destrúe litosfera. Neles as placas esvaran horizontalmente, co longo de fallas **transformantes**, e preto da súa superficie son frecuentes os sismos. V.g.: a **falla de Santo André** en California.
- **Bordos converxentes**, son lugares onde se destrúe o fondo oceánico. Localízanse nas **fosas abisais**, onde unha placa oceánica subduce baixo outra, xeralmente continental. Son típicos as fallas inversas e terremotos, tanto profundos como superficiais. Son exemplos típicos a **costa occidental de Suramérica** ou as **illas Aleutianas**.



2.4.3. O movemento das placas litosféricas, este débese a diferenza de temperatura entre as diferentes capas do planeta, provocando movementos de ascenso e descenso das rochas mediante as denominadas **correntes de convección**.

Estas correntes están formadas por materiais da astenosfera moi quentes que van ascendendo ata as gretas da dorsal oceánica, formando a litosfera que. Os materiais que non ascenderon ata a superficie terrestre (xunto cos materiais que se perden nas zonas de subducción dos bordos converxentes, **arrefriaron**, e descenderán ata recuperar temperatura e voltar a ascender.

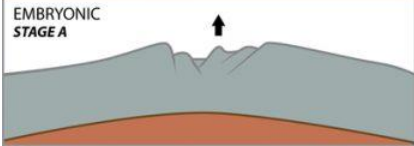

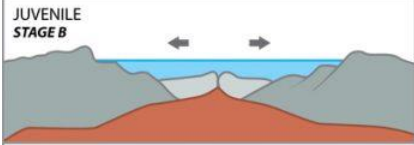

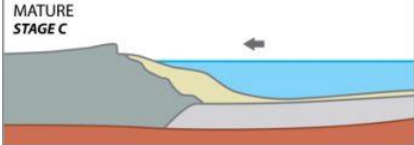

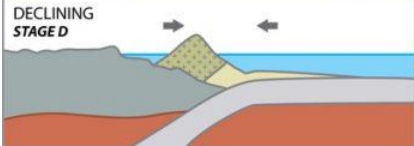

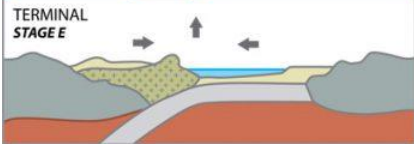

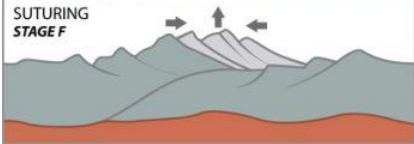


Este movemento continuo de materiais que van quentándose/arrefriándose provoca o movemento das placas litosféricas.

2.4.4. O ciclo de Wilson, este xeofísico sintetizou toda a dinámica terrestre neste ciclo, explicando tódolos sucesos tectónicos que ocorren nas placas litosféricas. Os pasos son os seguintes:

- **1º**, a fragmentación da litosfera continental ocorre nunha zona de distensión. Pode estar favorecida pola acción de magmas da astenosfera, que rematan por rompela litosfera. A consecuencia é un **rift continental**.
- **2º**, os bloques continentais resultantes sepáranse e anégase a zona intermedia. Aparece entre eles unha **dorsal oceánica**. A saída dos materiais fundidos dende a astenosfera xera litosfera oceánica. Os continentes vanse separando cada vez máis.

- **3º**, cando algún dos bloques continentais detén o seu afastamento da dorsal, orixínase unha **compresión**. A placa rompe (falla) pola súa zona máis débil: o límite continente-océano. A litosfera oceánica, máis densa, afúndese baixo a continental. Comeza a **subducción**.
- **4º**, a subducción continúa co desenvolvemento da **fosa abisal**, e a aparición de arcos insulares e cordilleiras litorais, producidos polo pregamento dos sedimentos depositados na placa baixo a que se produce a subducción.
- **5º**, en ocasións, unha segunda dorsal situada alén dun dos continentes despraza cara á zona de subducción á primeira dorsal, e ocasiona a converxencia dos bloques (continentes) que antes se separaban.
- **6º**, o movemento finaliza co choque de ámbalas masas continentais. Así conclúe a subducción e fórmase un oróxeno de colisión (cordilleira). O ciclo comezaría agora de novo.

Stage, showing cross-sectional view	Motion	Physiography	Example	
EMBRYONIC STAGE A 	Uplift	Complex system of linear rift valleys on continent	East African rift valleys	
JUVENILE STAGE B 	Divergence (Spreading)	Narrow seas with matching coasts	Red Sea	
MATURE STAGE C 	Divergence (Spreading)	Ocean basin with continental margins	Atlantic and Arctic Oceans	
DECLINING STAGE D 	Convergent (Subduction)	Islands arcs and trenches around basin edge	Pacific Ocean	
TERMINAL STAGE E 	Convergent (Collision & uplift)	Narrow, irregular seas with young mountains	Mediterranean Sea	
SUTURING STAGE F 	Convergence and uplift	Young to mature mountain belts	Himalaya Mountains	