

Unidade 1.

Estrutura e a dinámica da Terra.

1. O planeta Terra.

Para estudar o noso planeta, consideramos catro sistemas principais:

- **Atmosfera:** envoltura gaseosa do planeta.
- **Hidrosfera:** Toda a auga en estado líquido, sólido e gaseoso.
- **Xeosfera:** É a parte rochosa e metálica do planeta.
- **Biosfera:** Está formada por todos os seres vivos do planeta.

Os catro sistemas están relacionados e intercambian materia.

As fontes de enerxía que posibilitan as dinámicas dos sistemas son:

- **Enerxía do Sol:** Mantén a biosfera, determina o clima e as condicións meteorolóxicas, é o motor dos **procesos xeolóxicos externos**....

- **A calor interna da Terra:** calor residual procedente da formación do planeta e en menor medida da desintegración de elementos radioactivos. É o motor dos **procesos xeolóxicos internos**.

2. A atmosfera

A atmosfera orixinouse pola liberación de gases no proceso de desgasificación na consolidación da xeosfera. A composición da atmosfera actual é moi diferente a orixinal. Isto explicase, en gran medida, pola actividade fotosintética que causa o aumento de osíxeno e diminución de dióxido de carbono.

Composición actual da atmosfera:

Gases	Porcentaxe
Nitróxeno (N ₂)	78 %
Osíxeno (O ₂)	21 %
Argon (Ar)	0,93 %
Dióxido de carbono (CO ₂)	0,033 %
Vapor de auga	Cantidade variable
Po en suspensión	Cantidade variable

Estrutura vertical da atmosfera:

- A troposfera: Esténdese desde a superficie ata uns 12-15 km de altura. A temperatura presenta un descenso paulatino coa altura de aproximadamente 6,5 °C/km ou. Conteñen o 75% da masa da atmosfera e case todo o vapor de auga e os aerosois (partículas en suspensión). Nos 500m contiguos á superficie denomínase capa sucia xa que nela concéntranse a maior parte do po en suspensión. Na troposfera danse as correntes ascendentes e descendentes de aire polo que se producen a maior parte dos fenómenos meteorolóxicos.

- Estratosfera: Dende a tropopausa á estratopausa, situada aos 50 km de altura. Nesta capa a temperatura aumenta coa altura ata acadar unha temperatura entre 0°C e 10°C na estratopausa. O incremento da temperatura parece estar relacionado coa absorción polo ozono (O₃) de parte da radiación solar—en concreto a maior parte da radiación ultravioleta—. Este gas é especialmente abundoso nunha parte da estratosfera coñecida como ozonosfera ou capa de ozono e se sitúa entre os 15 e os 50 km . A estratosfera caracterízase pola práctica ausencia de circulación vertical

- Mesosfera: Abrangue dende a estratopausa a mesopausa, a cal localízase aos 80 km de altura. A temperatura, igual que ocorre na troposfera, diminúe coa altura ata chegar ao seu límite superior a

alcanzar valores entre -85°C e -100°C . Nas capas altas da estratosfera e na mesosfera fórmanse as estrelas fugaces e orixínanse debido a incandescencia dos meteoritos por rozamento co aire.

- Ionosfera ou termosfera: Esténdese desde a mesopausa ata os 600 km de altura. Esta formada por nitróxeno, osíxeno e helio que se sitúan de forma estratificada. Aquí a temperatura elévase moito, ata uns 1.000°C debido á absorción das radiacións solares de onda máis curta (raios X e gamma) levada a cabo polas moléculas de nitróxeno e osíxeno presentes e que, debido a iso, se transforman en ións de carga positiva, liberándose electróns. Nas zonas polares, á altura da termosfera, prodúcese un fenómeno luminoso coñecido como aurora boreal. As ondas de radio tamén se reflicten nesta capa.

Funcións da atmosfera

A estrutura e composición da atmosfera confírenlle unha serie de características que favorecen o desenvolvemento da vida:

a) Actúa de pantalla protectora. Evita o impacto de meteoritos e outros corpos que se desintegran na atmosfera e actúa de **filtro da radiación e partículas solares**. Cando a radiación chega á superficie

da Terra ocorre o seguinte:

- **A radiación UV** (200 e 300 nm de lonxitude de onda) é **absorbida pola capa de ozono** na estratosfera, antes de chegar á superficie terrestre.

- Os **raios X e gamma** e son filtrados polos gases da ionosfera ou termosfera.

- Parte da radiación que chega á atmosfera e á superficie terrestre é reflectida cara ao espazo.

A radiación reflectida por un planeta recibe o nome de **ALBEDO**.

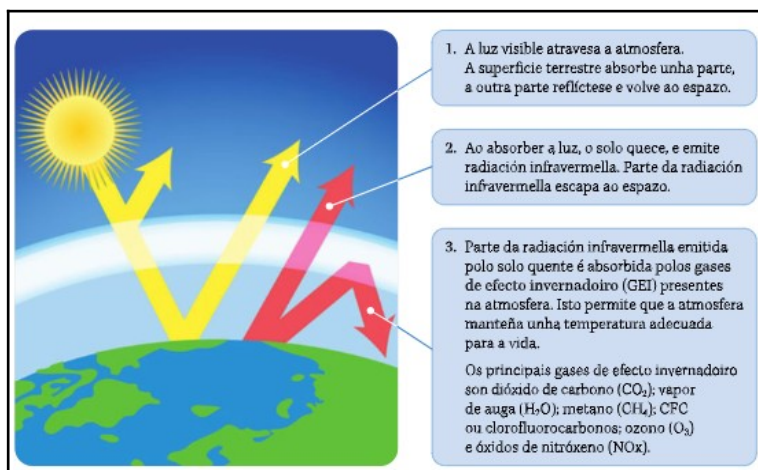
- A radiación visible pasa a través da atmosfera e chega á superficie da Terra.

b) Intervén no ciclo da auga. O vapor de auga que contén condénsase, forma nubes e precipita.

c) Contén os gases necesarios para a vida. O O_2 e o CO_2 son imprescindibles para os seres vivos.

d) Regula o sistema climático:

Mantén unha temperatura media adecuada para a vida. Grazas ao efecto invernadoiro, que impide que parte da calor que chega á Terra disípiase provocando que a temperatura media global na superficie do noso planeta sexa de 15°C , o que permite a existencia de auga nos tres estados e vida sobre o planeta. Este valor da temperatura media global, mantívose máis ou menos constante nos últimos millóns de anos, o que indica que existe un equilibrio térmico entre o noso planeta.



Os movementos de masas de aire de diferentes temperaturas e a súa interacción coa hidrosfera tamén son procesos importantes na regulación do clima

3. A hidrosfera

A hidrosfera é a capa descontínua de auga que existe no planeta. Desde o espazo, a Terra pódese observar como un planeta no que predomina a cor azul, o que indica a presenza de grandes extensións de auga; en efecto, arredor do 70% da superficie terrestre está cuberta pola auga. Esta repártese do modo seguinte:

- Augas oceánicas: Son as augas dos mares e océanos; constitúen o 97,2 % da hidrosfera.
- Augas continentais: Constitúen aproximadamente o 2,8% da hidrosfera e distribúense do seguinte xeito:
 - Augas superficiais: constituídas por ríos, torrentes, lagos, etc.
 - Augas subterráneas
 - Glaciares: conteñen a maior parte das augas continentais.

O ciclo hidrolóxico

A auga non está estática, senón en constante movemento segundo un ciclo pechado coñecido como ciclo hidrolóxico ou ciclo da auga que podemos resumir da seguinte maneira:

A enerxía solar produce a evaporación da auga superficial, tanto continental como oceánica, que pasa á atmosfera. Por outra banda, unha pequena cantidade de vapor de auga atmosférico procede da transpiración dos seres vivos. Dado que non podemos distinguir claramente entre a cantidade de auga que se evapora e a cantidade que é transpirada polos seres vivos, é frecuente utilizar o termo **evapotranspiración** para referirse a ambos procesos.

O vapor de auga atmosférico condénsase formando as nubes e, posteriormente, a auga das nubes precipita en forma de chuvia, neve ou xeo. As precipitacións poden caer sobre os océanos ou sobre os continentes e, neste último caso, a auga pode seguir varios camiños:

- Discorrer pola superficie terrestre (escorrentía) en forma de correntes de auga líquida (torrentes, ríos, etc.) ou de glaciares, desembocando no mar.
- Infiltrarse no terreo, pasando a constituír as augas subterráneas.
- Quedar transitoriamente retida nos continentes de diferentes maneiras: incorporada na biosfera, nos lagos ou nos glaciares.



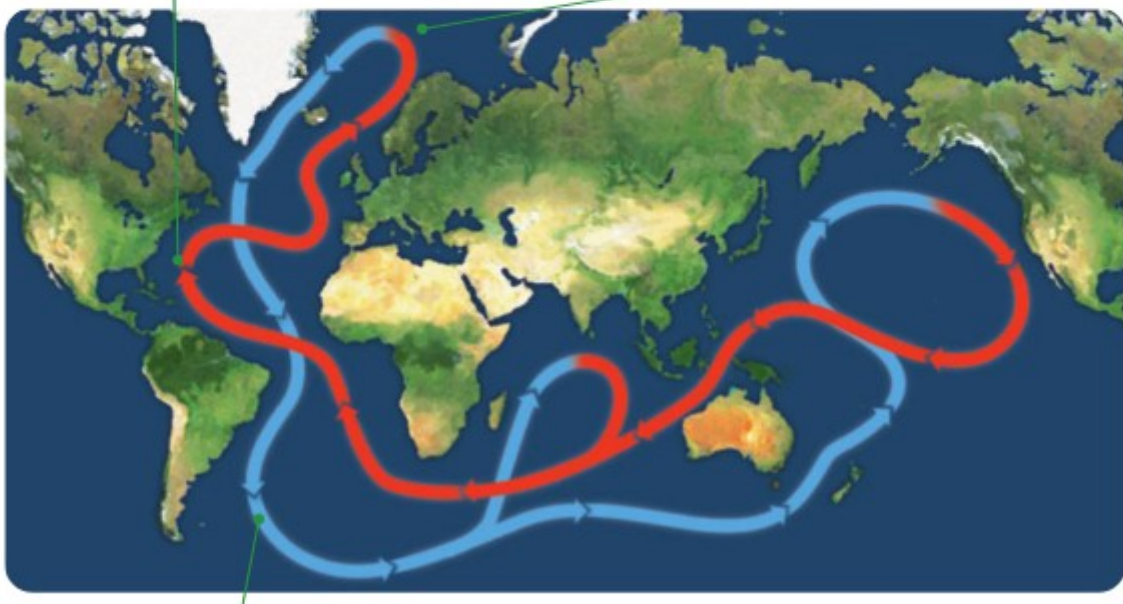
A circulación oceánica:

Para comprender a circulación a nivel global do océano e preciso saber que a densidade da auga oceánica depende da salinidade e da temperatura, de xeito que aumenta ao se incrementar o contido en sales e ao diminuír a temperatura —tendo o máximo de densidade arredor dos 4°C .

Vídeo resume do proceso: <https://www.youtube.com/watch?v=Grtrsg2uwsE> (olho! É unha explicación simplificada)

Nas zonas tropicais, como no golfo de México, onde hai unha forte insolación e a evaporación é intensa, a auga de mar presenta unha alta salinidade, e a densidade da auga é elevada; pero á vez a auga encóntrase a unha temperatura bastante alta. Ao aumentar a salinidade tamén o fai a densidade da auga, e esta tende a afondar, pero ao elevarse a temperatura a densidade diminúe e tende a flotar sobre a auga fría; así, a auga producida no golfo de México, a pesar da súa alta salinidade, flota pola superficie do Atlántico formando unha corrente cálida, chamada corrente do Golfo, que deriva cara ao norte.

Ao chegar a latitudes superiores, encontra masas de aire máis frío e vai cedendo a calor. Isto fai que Europa reciba ventos húmidos e cálidos procedentes do Atlántico. En Noruega, a corrente oceánica converteuse xa nunha corrente fría e salgada, e desprázase cara ao fondo do Atlántico. Esta corrente descendente é intensísima, o seu caudal é máis de 700 veces o das cataratas do Niágara, o seu salto vertical é de 300 metros, e a velocidade é de case 1,5 metros por segundo.



A corrente descendente chega ao fondo do océano Atlántico e pécorreo cara ao sur. Fórmase así un río submarino que discorre polos fondos oceánicos de todo o mundo e que recibe o nome de corrente termohalina, facendo referencia a que son a temperatura e a salinidade as causantes de que se forme.

Corrente termohalina

Corrente cálida
Corrente fría

4. A xeosfera:

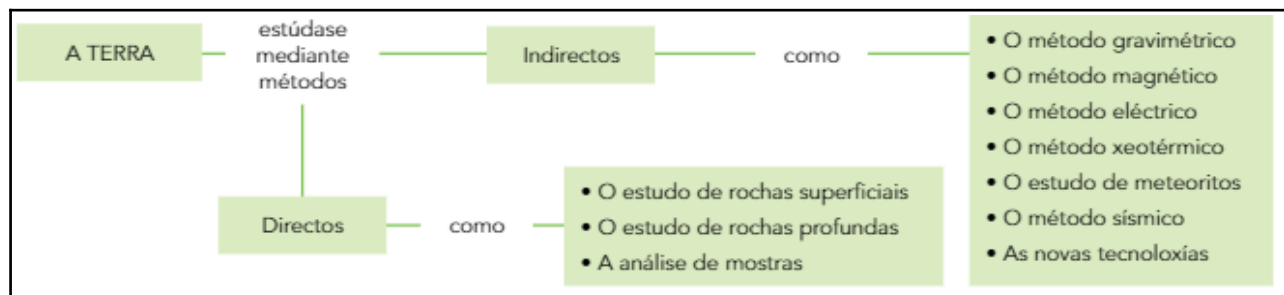
Parte rochosa e metálica formada por codia, manto e núcleo.

Para o estudo da xeosfera utilízanse dous tipos de **métodos: directos e indirectos**.

4.1 Métodos de estudo da xeosfera

- **Directos:** Permiten observar estrutura e propiedades dos materiais dun xeito directo. Os materiais deben ser accesibles e estudar nun laboratorio.

. **Volcáns, sondaxe, minas, microscopio petográfico...**



- **Indirectos:** Proporcionan datos sobre zoas non accesibles. Existen multitude de métodos indirectos, do que o máis importante é o sísmico.

- **Método magnéticos:** as anomalías no campo magnético pode indicar a presenza de compostos metálicos ou acuíferos.

- **Estudo de meteoritos:** A maioría dos meteoritos formáronse na mesma época que a Terra, polo que a súa composición debería ser semellante

- **Método gravimétrico:** Variacións no campo gravimétrico indican a presenza de materiais máis densos (anomalías positivas) ou menos densos (anomalías negativas)

- **Método sísmico:** Nos sismos ou terremotos liberase enerxía que se propaga en forma de ondas. Estas ondas desvíanse nas discontinuidades ou superficies de separación entre materiais de diferente composición ou estado.

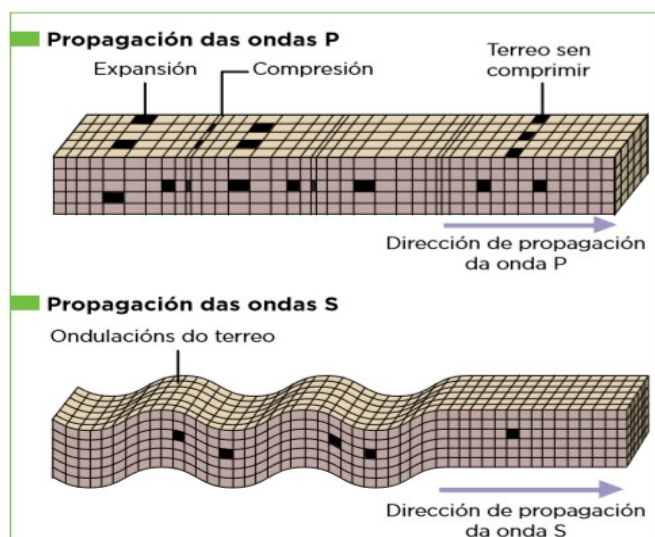
Tipos de ondas:

a) Superficiais: Son as que causan os danos pero non son útiles para o estudo do interior do planeta. Son as R (Rayleigh) e as L (Love). As R presentan un movemento parecidos as ondas mariñas e as L desprázanse de xeito perpendicular.

b) Profundas:

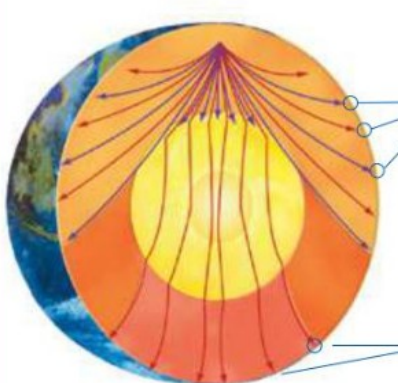
-P: Son as máis rápidas. Son ondas lonxitudinais que se propagan na mesma dirección na que se moven as partículas. Transmítense por sólidos e líquidos. Aumentan a velocidade en materiais ríxidos.

- S: Máis lentas. Propáganse de xeito perpendicular ao movemento das partículas. Non se transmiten nos fluídos.



Como se estuda o interior terrestre con ondas sísmicas?

1 Prodúcese un terremoto. As ondas sísmicas propáganse en todas as direccións, variando a súa traxectoria e a súa velocidade segundo os materiais que atravesen.



Estes sismógrafos detectan ondas P e S

Estes sismógrafos só detectan ondas P

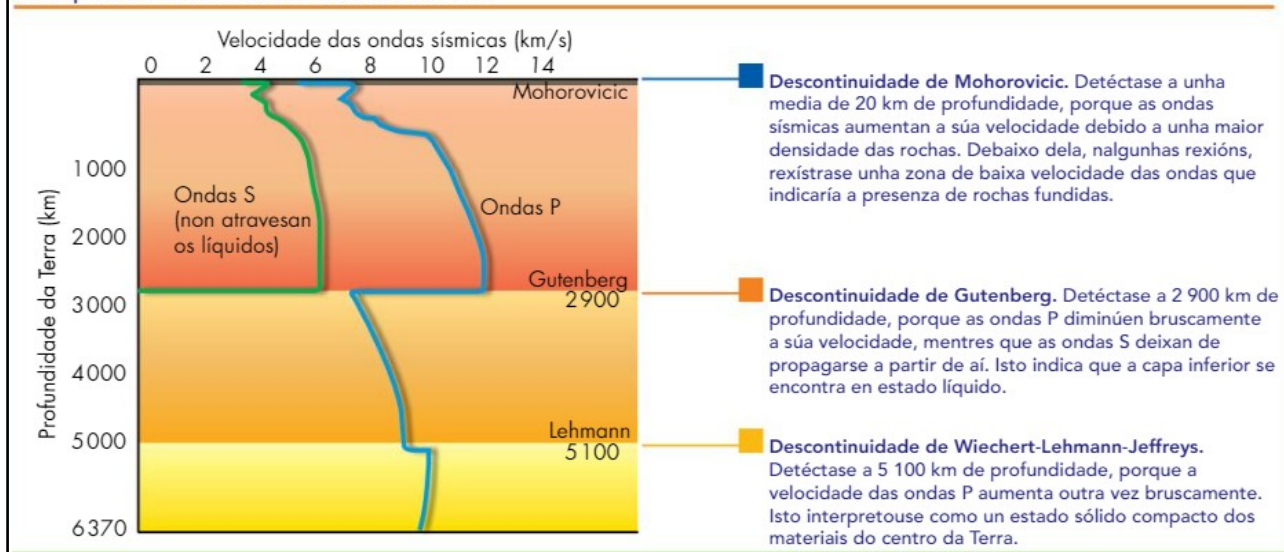
2 Sismógrafos de todo o mundo detectan as ondas sísmicas P e S que chegan ata eles. A partir dos datos dos sismogramas calcúlanse a velocidade e a traxectoria das ondas e establécense as discontinuidades. Todo iso represéntase nun gráfico como o que aparece na parte inferior deste cadro.



Debuxo esquemático dun sismógrafo

As discontinuidades son superficies que separan capas do interior terrestre con distintas propiedades físicas, polo que as ondas sísmicas experimentan cambios na súa velocidade e traxectoria ao atravesalas.

Principais discontinuidades sísmicas da Terra

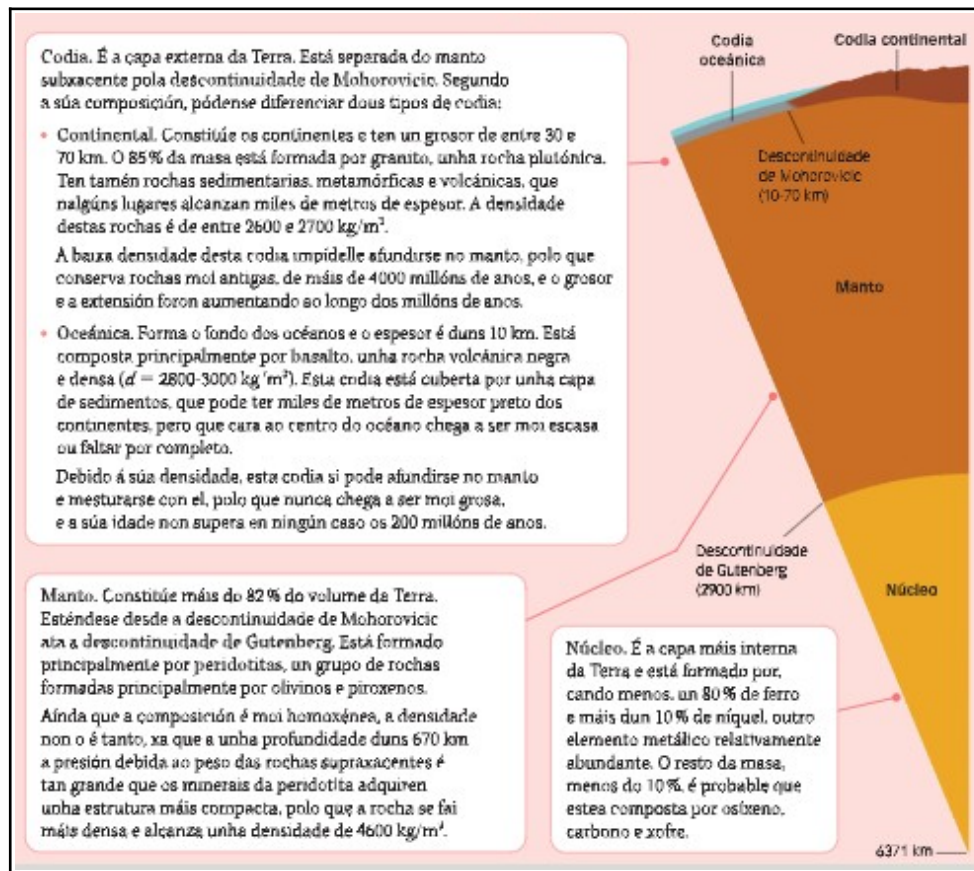


Inge Lehmann



4.2.. Interior do planeta. Modelo xeoquímico (composición) e Modelo dinámico (considera o comportamento mecánico)

Modelo da Terra segundo a composición:



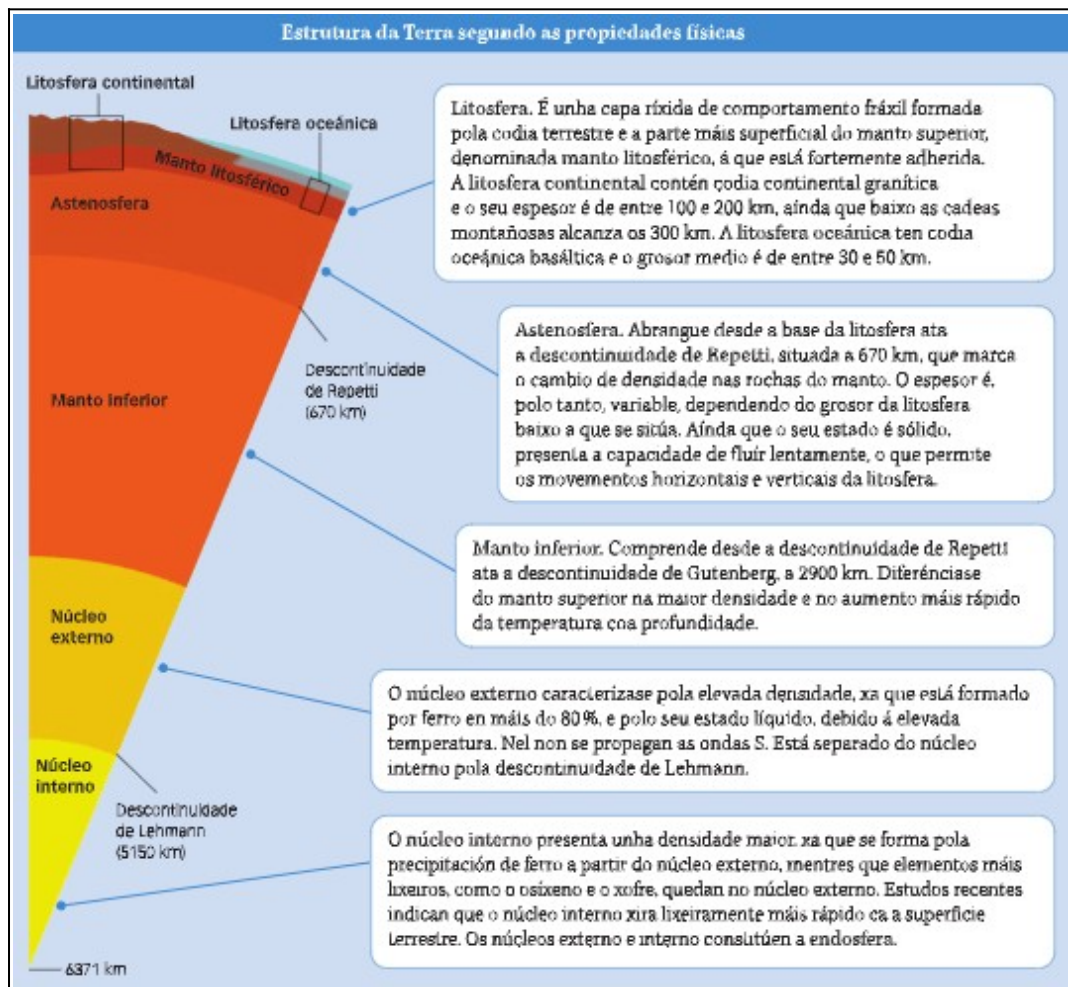
Crosta: capa externas. Separada do manto pola discontinuidade de Mohorovicic. Podemos diferenciar:

Continental: Composta principalmente por granito. Tamén presenta rochas sedimentarias, volcánicas e metamórficas. En relación con outras capas do planeta, esta é unha capa de baixa densidade. Presenta un grosor de entre 30 e 70 km.

Oceánica: ten un grosor duns 10 km. Está composta de basalto, rocha volcánica máis densa que o granito.

Manto: 82% do volume da xeosfera. Formado principalmente por peridotitas. O seu límite inferior é a discontinuidade de Gutenberg.

Núcleo: Capa máis interna e densa da Terra.



A astenosfera non existe como capa que rodea totalmente ao planeta!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!

A **litosfera** é a capa máis superficial da xeosfera. Esténdese desde a superficie ata uns 100 km de profundidade nas zonas continentais e ata 30 km nas zonas oceánicas. Pódese relacionar con dúas das divisións xeoquímicas: a codia terrestre e a parte superior do manto; ambas as dúas capas teñen un comportamento ríxido. A litosfera **non é unha capa continua**, senón que está dividida en placas que están en contacto unhas coas outras, como as pezas dun crebacabezas.

5. Dinámica da litosfera.

5.1. Movimentos horizontais

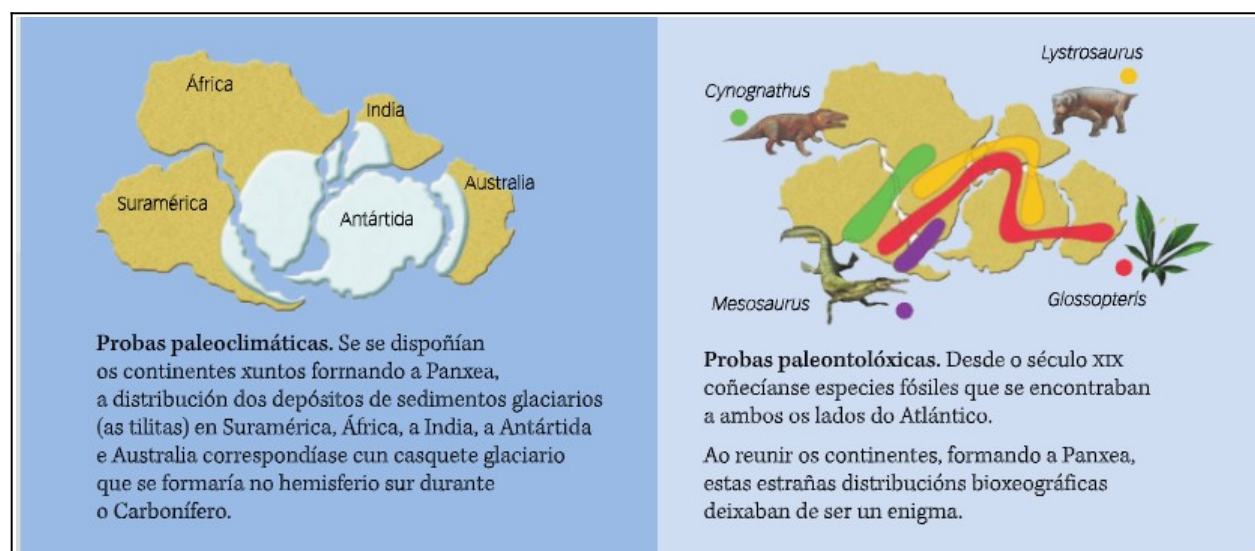
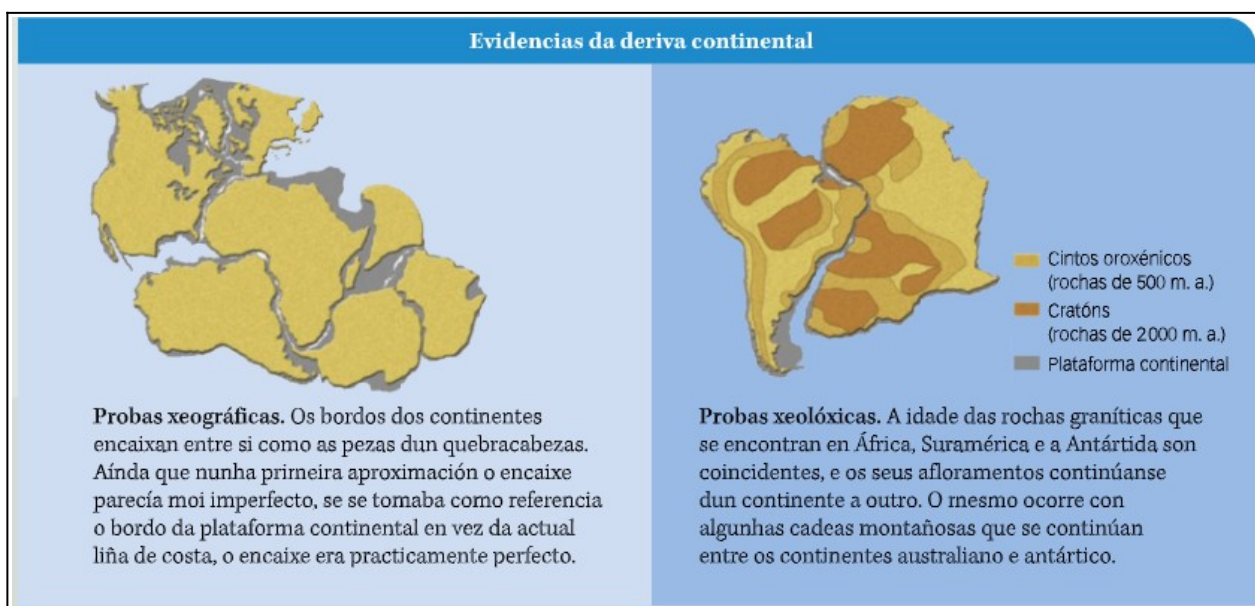
As **hipóteses fixistas** afirmaban que as masas continentais da superficie terrestre non podían variar a súa posición, xa que esta permanecera invariable desde a formación da Terra. Sostiñan que as forzas xeradoras de relevos eran movementos verticais)

A primeira hipótese na que se consideraban os desprazamentos horizontais (non fixistas) dos continentes foi publicada polo meteorólogo e xeofísico alemán Alfred Wegener na súa obra *A orixe dos continentes e océanos*. Wegener sostíña que, no pasado, houbo un supercontinente (chamouno Panxea) que se fragmentou nos continentes actuais. Aqueles fragmentos desprazáronse lentamente sobre o manto, ata alcanzar a súa posición actual. Ao movérense, empurraron, pregaron e elevaron os sedimentos dos leitos mariños, provocando a aparición de cordilleiras.

vídeo resume: <https://www.youtube.com/watch?v=8xSSDVMnsqY&t=2s>

Para demostrar o que el chamou **deriva continental** proporcionou catro tipo de probas:

- Probas xeográficas
- Probas xeolóxicas
- Probas paleoclimáticas
- Probas paleontolóxicas



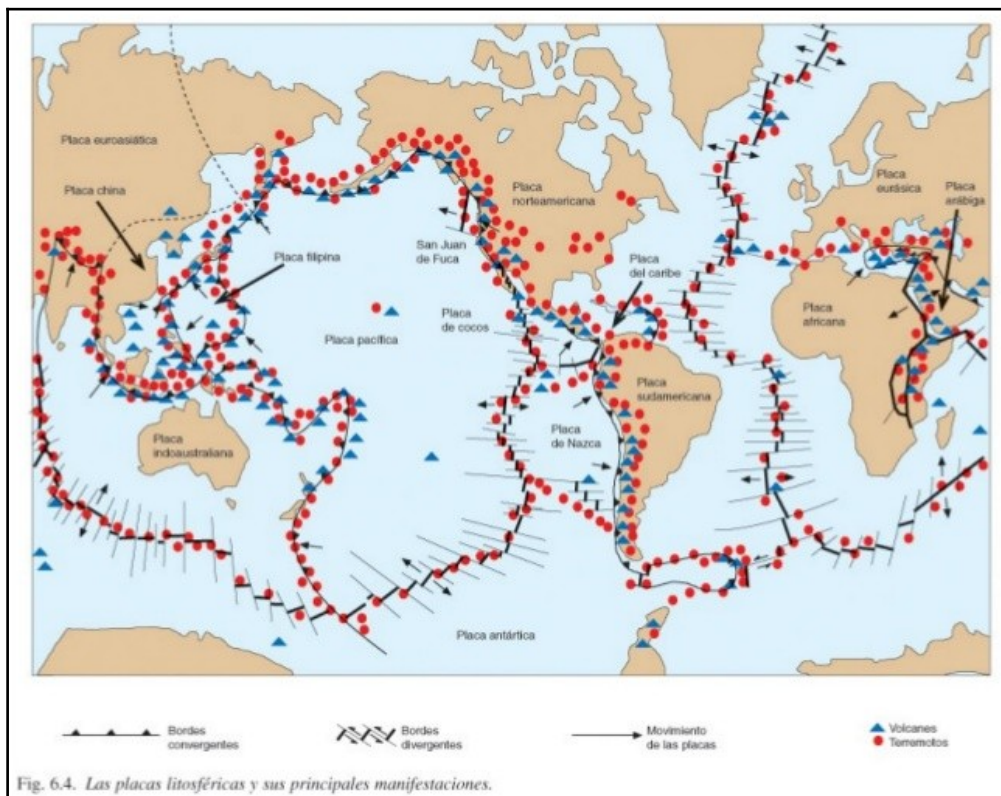
A hipótese de Wegener foi rexeitada por dúas razóns principais:

- 1º Non daba unha explicación satisfactoria sobre que forzas movían os continentes .
- 2ª A imposibilidade de que as masas de rochas continentais flotasen sobre as rochas do fondo oceánico.

Pero as probas que achegou o alemán eran indiscutibles: a posición dos continentes cambiara co tempo.

- **Investigacións** posteriores aclararon moitas das dúbidas de Wegener:

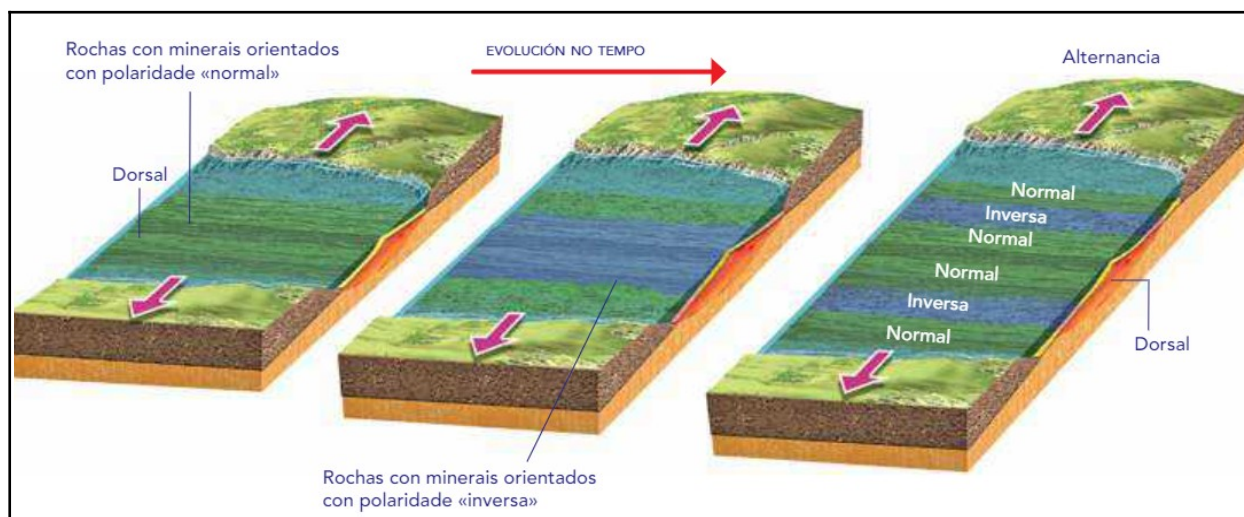
1. **Distribución de terremotos e volcáns:** que permitiu definir con bastante claridade os contornos das placas litosféricas.



2. Estudos dos **fondos oceánicos** con sonar permitiron demostrar que nas **dorsais** se forma litosfera oceánica, o que explicaba o desprazamento de masas continentais.

Características das dorsais:

- Relevos de orixe volcánicas
- A idade dos basaltos que as forman aumenta coa distancia a dorsal
- No eixe da dorsal non aparecen apenas sedimentos. A medida que nos afastamos dos eixes os sedimentos van aumentando.
- Os materiais que as forman os fondos oceánicos presentan un **bandeado paleomagnético simétrico**. O campo magnético terrestre cambia a súa orientación. Cando os materiais fundidos se solidifican, os minerais ferromagnéticos orientase na dirección do campo magnético existente. O estudo destes materiais dende os eixes das dorsais cara os seus extremos presenta bandeados simétricos. Isto indica que os materiais coa mesma orientación e situados a unha distancia semellante do eixe da dorsal, formáronse ao mesmo tempo.

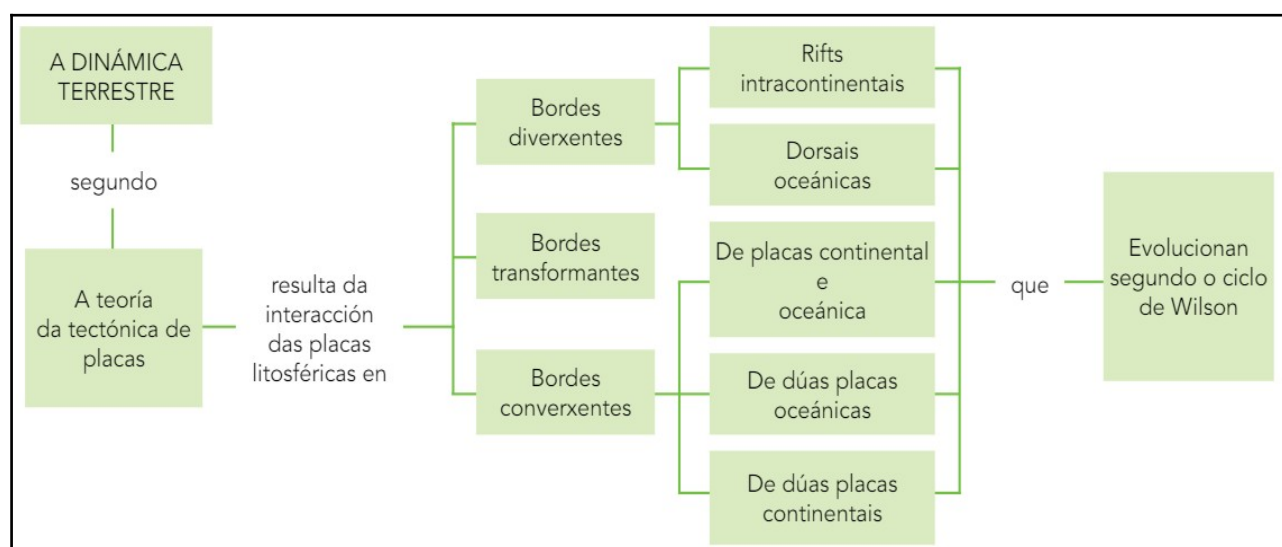


Con todas esas evidencias, en 1962 Hess propúxose a teoría do fondo oceánico.

Nesta teoría afirmase que as dorsais son fracturas da litosfera polas que sae material do manto en forma de coladas de lava basáltica. Ao consolidar a lava, formase novo fondo oceánico separando os continentes que se atopan aos marxes.

Grazas a todos as investigacións citadas anteriormente, na década de 1970, desenvolveuse a **teoría da tectónica de placa**. Esta teoría baséase nos seguintes postulados fundamentais:

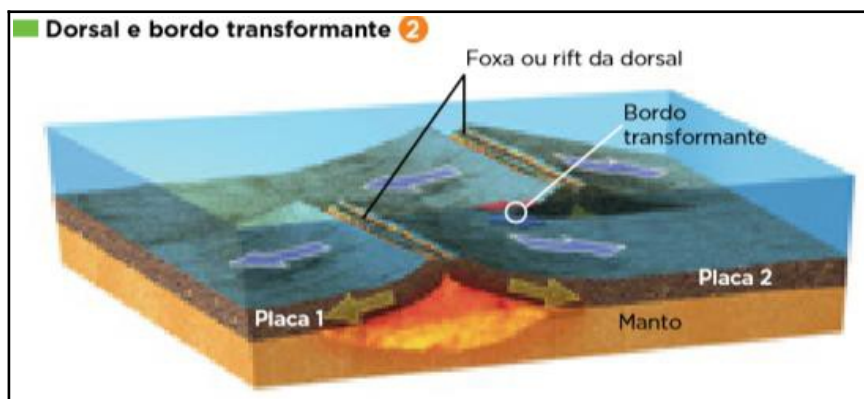
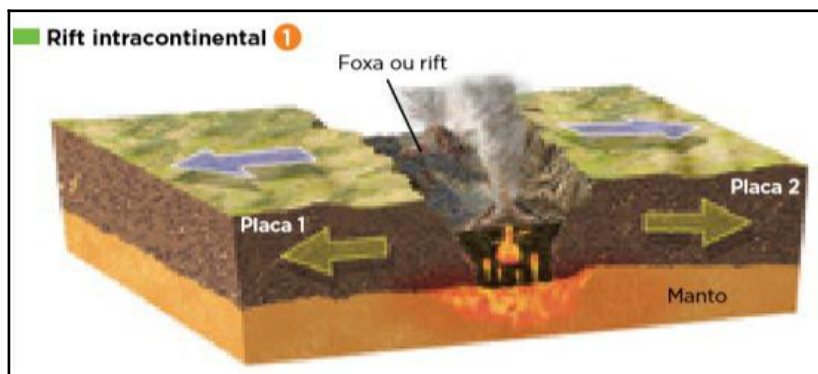
- A litosfera está dividida en fragmentos ríxidos chamados **placas litosféricas** ou **placas tectónicas**. A litosfera continental esta formada principalmente por **granito** (material menos denso que os que constitúen o manto) e a litosfera oceánica por **basaltos**, que presenta unha densidade semellante a dos materiais do manto.
- As placas litosféricas **son dinámicas**: desprázanse, aumentan ou reducen o seu tamaño e cambian de forma.
- As placas **interactúan, sobre todo nos seus bordos ou límites**, onde ten lugar unha intensa actividade xeolóxica.



Tipos de bordos ente placas:

- **Bordos diverxentes ou construtivos:** son os de dúas placas que se separan. A separación fai que entre ambos os dous bordos se formen gretas, a través das que adoita a saír material fundido do manto, que se solidifica no exterior, enche o oco e forma nova litosfera (as placas aumentan de tamaño).

Nestes bordos fórmanse dous tipos de estruturas dependendo do tipo de litosfera das placas: os rifts intracontinentais e as dorsais.



- **Bordos transformantes** (tamén chamados pasivos): Neles non se constrúe nin se destrúe litosfera.

Case todos os bordos transformantes son fracturas perpendiculares aos bordos diverxentes, que se producen polo diferente ritmo de crecemento das dúas placas. Soen estar asociados as dorsais, aínda que algunhas, como a falla de Santo Andrés, en California, non está asociado as dorsais.

- **Bordos converxentes:**

Nestes bordos chocan dúas placas, e pode producirse unha subdución, é dicir, a placa máis densa introdúcese no manto. Se unha placa subduce baixo a outra, no bordo de contacto aparece unha fosa.

A subdución pódese detectar, xa que a litosfera roza coas rochas do manto ao afundirse nel e esa fricción xera terremotos en numerosos puntos dun plano inclinado que coincide coa superficie da placa que se afunde. Esa disposición dos focos dos terremotos chámase **plano de Benioff**. O ángulo de inclinación do plano de Benioff depende da facilidade con que a placa desce cara ao manto, que á súa vez depende da súa flotabilidade.

- En función do tipo de placas, temos 3 tipos de bordes converxentes:

a) **Placa oceánica e oceánica:**



A «rápida» subdución da placa oceánica produce terremotos de baixa intensidade, pero grandes cantidades de magma que ascenden cara á superficie a través das fracturas que aparecen na **placa pasiva** (a que non subduce).

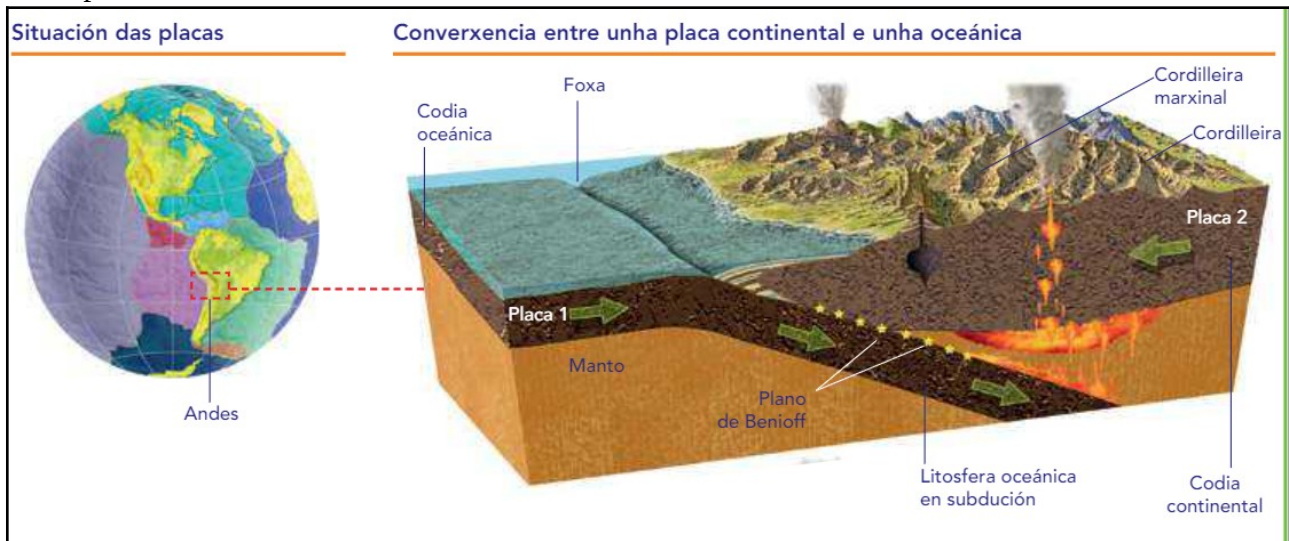
A saída ao exterior destes magmas a través do fondo oceánico dá lugar a conxuntos de illas volcánicas aliñadas que forman un arco paralelo ao bordo de colisión. Son os chamados **arcos insulares**.

Un dos arcos insulares máis coñecidos é o das illas Aleutianas (xunto á rexión de Alaska).

Nalgúns casos (como os dos arcos insulares de Filipinas e de Xapón), a placa que non subduce ten unha plataforma continental situada preto do bordo de colisión e as illas fórmanse sobre ela.

b) Placa continental e oceánica:

A placa oceánica subduce baixo a continental. Asociados a este proceso presentase actividade sísmica, actividade volcánica e a formación dunha cordilleira marxinal. Os Andes son un exemplo.



c) Dúas placas continentais:

Ningunha das placas subduce. Aparece unha deformación e formase unha gran cordilleira. Exemplo: O Himalaia.



A **enerxía** que permite estes desprazamentos proven principalmente do **calor remanente do proceso de formación do planeta**, e en menor medida, da **degradación de materiais radioactivos** e do xerado na fricción das masas que se desprazan.

Esta enerxía causa procesos de convección (ascenso de materiais quentes e menos densos) do núcleo externo de procesos e convección do manto.

- **Ciclo de Wilson:** Modelo cíclico que pretende explicar a dinámica da litosfera.

<https://www.youtube.com/watch?v=Tw8XVun5sY4>

https://www.youtube.com/watch?v=I_q3sAcuzIY

