



O INTERIOR TERRESTRE



"Cabo Ortegal, Galicia" (Adbar - CC BY-SA 3.0)



ÍNDICE

O INTERIOR TERRESTRE

1. MÉTODOS DE ESTUDO E ESTRUTURA DA XEOSFERA.....	1
1.1 Métodos de estudo.....	1
1.2. Estrutura da Terra.....	2
<i>Exercicios</i>	3
2. A DINÁMICA DA XEOSFERA.....	4
2.1 O modelo xeodinámico.....	4
2.2 A Teoría da tectónica de placas.....	5
<i>Exercicios</i>	7
3. OS PROCESOS XEOLÓXICOS INTERNOS.....	8
3.1 Volcáns.....	8
3.2 Terremotos.....	9
<i>Exercicios</i>	9
4. RISCOS XEOLÓXICOS INTERNOS.....	11
<i>Exercicios</i>	12
SOLUCIÓN.....	13

1. MÉTODOS DE ESTUDO E ESTRUTURA DA XEOSFERA

1.1 Métodos de estudo

Para intentar coñecer a estrutura interna da xeosfera utilízanse dous tipos de métodos, os **directos** e os **indirectos**.

Métodos directos

Baseados na observación directa do interior da Terra. Aínda que os datos e as medidas son fiables, achegan pouca información, pois o acceso á información procedente do interior terrestre é limitado.

- **Materiais de afloramentos do interior terrestre:** análise dos materiais volcánicos e plutónicos da superficie que proceden de materiais orixinados en profundidade.
- **Sondaxes e prospeccións:** perforacións da superficie terrestre que permiten a análise directa da composición das rochas. O pozo máis profundo perforado na península de Kola (Rusia) tiña uns 13 km de profundidade.
- **Estudo de minas profundas:** estudo de rochas e minerais destas explotacións.

Métodos indirectos

Baseados en cálculos e deducións resultantes do estudo de propiedades físicas e químicas da Terra e dos seus materiais.

- **Método magnético:** estudo das anomalías do campo magnético terrestre.
- **Método gravimétrico:** estudo das flutuacións do campo gravitacional en diferentes rexións do planeta. A gravidade diminúe coa altura, pois a distancia ao centro da Terra aumenta. Tamén cambia segundo a composición das rochas (canto máis densas, maior forza da gravidade).
- **Método xeotérmico:** estudo do fluxo térmico, chamado gradiente xeotérmico, que vai aumentando cara ao interior terrestre (uns 25°C/km de media).
- **Método sísmico:** trátase dun método de estudo indirecto que utiliza a variación na velocidade de propagación que experimentan as ondas sísmicas (as producidas polos terremotos) cando atravesan os diferentes materiais do interior da xeosfera. É o método indirecto que mellores resultados proporciona para o estudo da composición e estrutura do interior da Terra. As ondas sísmicas son vibracións que se xeran nos puntos do interior da Terra onde ten lugar un terremoto (ou unha explosión). Todo sismo produce ondas sísmicas primarias (P), secundarias (S) e superficiais (estas ondas, ao non viaxaren polo interior da Terra, non achegan tanta información). As **ondas P** fan vibrar os materiais de xeito que estes se comprimen e se dilatan alternativamente, como un acordeón. Propáganse tanto en medios sólidos como líquidos. As **ondas S** fan vibrar os materiais de modo que estes oscilan

perpendicularmente á dirección de propagación. Son máis lentas ca as ondas P e non poden atravesar líquidos.

1.2. Estrutura da Terra

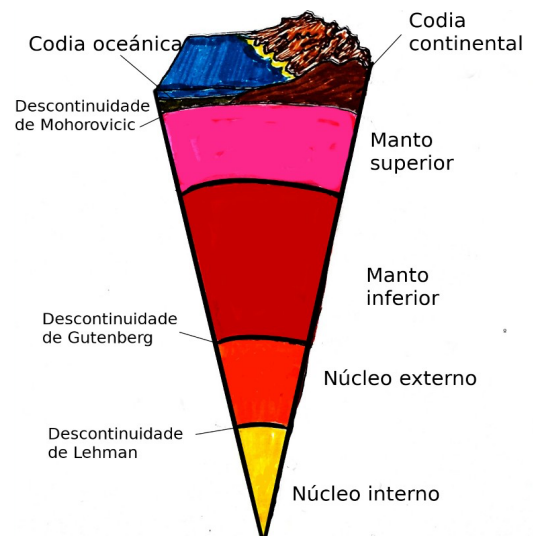
A xeosfera é a parte rochosa e mineral da Terra. Segundo o modelo xeoquímico, presenta unha estrutura en capas ordenadas segundo a densidade: a codia, o manto e o núcleo. Estas capas están separadas por discontinuidades debidas a cambios bruscos na velocidade das ondas sísmicas.

- **Codia:** é a capa máis externa, delgada, sólida e lixeira. Esténdese desde a superficie ata a discontinuidade de Mohorovicic, situada a unha profundidade media de 20 km. Podemos distinguir:

- **Codia continental** (ata 25-70 km): forma os continentes. A rocha máis abundante é o granito. De espesor variable como resultado da dinámica terrestre e por acumulación de rochas e outros sedimentos, ademais de rochas metamórficas.

- **Codia oceánica** (ata 6-12 km): forma os fondos oceánicos. A rocha máis abundante neste caso é o *basalto* (rocha volcánica) e o *gabro* (o seu equivalente plutónico). É, polo tanto, máis delgada ca a codia continental pero, debido á súa composición, é máis densa (o basalto e o gabro son rochas máis densas ca o granito).

- **Manto:** constitúe a capa intermedia e é a capa máis grossa. Sitúase entre a discontinuidade de Mohorovicic e a de Gutenberg (a unha profundidade de 2.900 km). Está formada por unha rocha moi densa, a *peridotita*. Divídese en dúas partes:
 - **Manto superior** (70-670 km): menos denso que o manto inferior, con parte dos seus materiais fundidos.
 - **Manto inferior** (670-2.900 km): sólido debido ás maiores presións a que están sometidos os materiais.
- **Núcleo:** é a capa máis interna da Terra. Esténdese desde o límite inferior do manto, 2.900 km, ata o centro do noso planeta, a 6.371 km. Formado por materiais máis pesados, como o ferro e o níquel, de composición similar á dos meteoritos sideritas. Nel xérase o campo magnético. Está dividido en dúas partes separadas pola discontinuidade de Lehmann:



"Modelo xeoquímico" (Elaboración propia)

- **Núcleo externo** (2.900-5.100 km): formado por materiais fundidos (debido ao seu estado líquido e tamén ás altas temperaturas e presións a que están sometidos os seus materiais, as ondas S non o atravesan). Nel maniféstanse correntes de convección, responsables do campo magnético terrestre.
- **Núcleo interno** (5.100-6.371 km): formado por ferro e níquel que, debido ás altas presións, é sólido (as ondas P aumentan aquí a súa velocidade).

EXERCICIOS

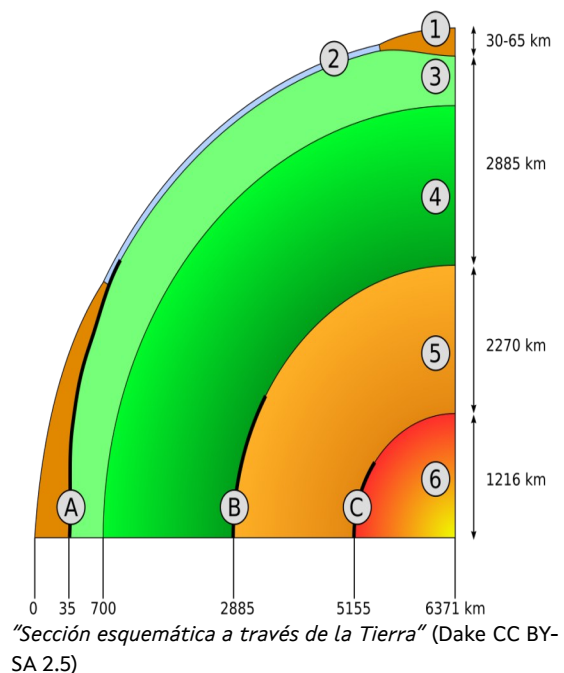
Exercicio 1

Dentro dos métodos de estudo do interior terrestre, o que maior información achega é o método sísmico. Explica en que consiste.

Exercicio 2

Indica a que capas do interior terrestre corresponde cada número e a que discontinuidade cada letra:

- | | |
|----|----|
| 1. | A. |
| 2. | B. |
| 3. | C. |
| 4. | |
| 5. | |
| 6. | |



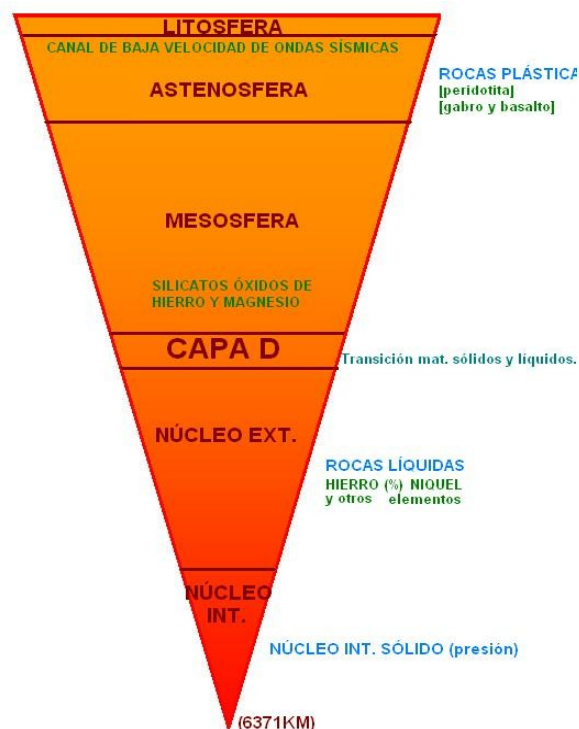
Exercicio 3

Realiza unha táboa coas capas en que se divide o interior terrestre, en orde crecente de densidade, e indica para cada unha delas a profundidade a que se atopa e a súa composición.

2. A DINÁMICA DA XEOSFERA

2.1 O modelo xeodinámico

Na epígrafe anterior vimos a división do interior terrestre con base na súa composición, o denominado modelo xeoquímico. Agora imos ver o modelo xeodinámico que divide o interior terrestre en función de dous criterios: o seu estado físico e o seu comportamento dinámico. Neste modelo considéranse as seguintes capas:



Modificado de "Estructura del modelo geodinámico terrestre"
(Nanow Jesús Madrid, CC BY-SA 3.0)

- **Litosfera:** é a capa máis superficial da Terra, formada pola codia e a parte superior do manto ríxido, que forman unha capa ríxida cun grosor de entre 30 km (zonas oceánicas) e 100 km (zonas continentais). Esta capa non é continua, senón que está dividida en grandes fragmentos que reciben o nome de **placas litosféricas** ou tectónicas. Distínguense dous tipos: litosfera continental e oceánica.
- **Astenosfera:** por baixo da litosfera atopamos unha capa que, debido ás condicións de temperatura e presións, ten un comportamento de material viscoso sobre o que "flotan" e se moven as placas litosféricas. É unha capa plástica e de espesor variable, entre 100 e 300 km nos lugares onde foi recoñecida, feito polo que algúns autores non a consideran como nivel universal. Permite o desprazamento horizontal das placas litosféricas ríxidas, así como os movementos verticais de elevación e afundimento de continentes.

- **Mesosfera:** é a parte máis extensa da Terra (300–2.900 km). É a capa formada polo resto do manto en estado sólido. A súa dinámica presenta correntes de convección. Nesta capa atópase unha zona de transición coa endosfera denominada **Nivel D''** na cal se producen intercambios de materiais e gran cantidade de enerxía en forma de calor entre estas capas a través destas plumas térmicas, que atravesan a mesosfera e a litosfera.
- **Endosfera:** ocupa o centro do planeta e coincide co núcleo (2.900–6.371 km). A súa estrutura coincide co núcleo do modelo xeoquímico, isto é, núcleo externo líquido e núcleo interno sólido. Nesta capa é onde se orixinan as correntes de convección, "motor" da dinámica interna do planeta.

2.2 A Teoría da tectónica de placas

Esta teoría xorde na década de 1960 despois dos estudos e da acumulación de evidencias sísmicas, magnéticas e xeográficas, baseándose na Teoría da deriva continental (Wegener) e na Teoría da expansión dos fondos oceánicos. Tamén recibe o nome de tectónica global, xa que é capaz por si soa de explicar todos os fenómenos xeolóxicos que ocorren na Terra, como a situación actual dos continentes ou a orixe e a distribución xeográfica das cordilleiras, e dos principais fenómenos internos, como volcáns e terremotos, a partir do movemento relativo das placas litosféricas.

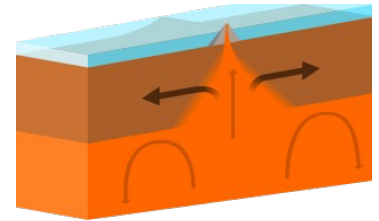
Os seguintes puntos resumirían a **Teoría da tectónica de placas**:

- A litosfera está dividida en grandes fragmentos ríxidos: as placas litosféricas ou placas tectónicas (oito grandes placas).
- A maior parte da actividade xeolóxica interna concéntrase nos límites entre as placas, onde interactúan estas.
- Os fondos oceánicos xéranse continuamente nas dorsais e destrúense, por subdución, nas fosas oceánicas.
- As placas litosféricas móvense, son dinámicas, no seu movemento arrastran os continentes e accionan entre si, onde dúas placas se separan, xéranse novos océanos; onde se achegan e chocan, levántanse cordilleiras.
- A calor interna da Terra xunto coa forza de gravidade xeran correntes de convección que moven unhas placas con respecto a outras, arrastrando con elas os continentes.

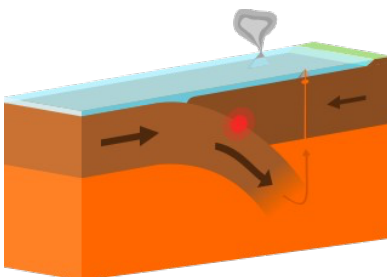
BORDOS DE PLACA

Como acabamos de ver, os procesos xeolóxicos internos maniféstanse nos límites entre as placas litosféricas.

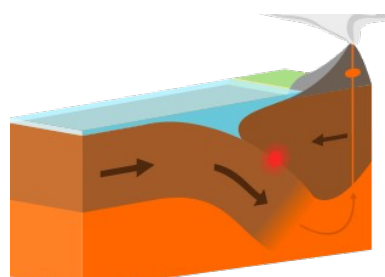
- **Bordos diverxentes ou construtivos:** onde as placas se separan e ascende o magma do interior terrestre creando unha nova litosfera. Nestes bordos fórmanse dous tipos de estruturas, as dorsais oceánicas e os *rifts* continentais, como son a dorsal atlántica e o Gran Val do Rift Africano (*imaxe 1*).
- **Bordos converxentes ou destrutivos:** onde se produce un choque de placas.
 - **Converxencia de dúas placas oceánicas.** Prodúcese destrución de litosfera por subducción e creación de arcos de illas volcánicas, como Xapón e as fosas oceánicas (*imaxe 2*).
 - **Converxencia dunha placa oceánica e unha continental.** Tamén se produce subducción e creación dunha cordilleira perioceánica como a dos Andes (*imaxe 3*).
 - **Converxencia de dúas placas continentais.** Cando por subducción o océano entre dúas masas continentais desaparece, prodúcese a colisión entre eles formando grandes cordilleiras como os Alpes ou o Himalaia (*imaxe 4*).



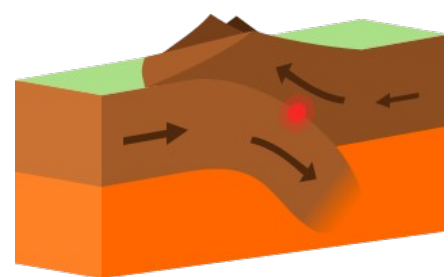
"A constructive/divergent plate margin/boundary with oceanic plates" (Domdomegg, CC BY 4.0)



"A destructive/convergent plate margin/boundary with an oceanic plate subducting under another oceanic plate with a bit of continental crust" (Domdomegg, CC BY 4.0)

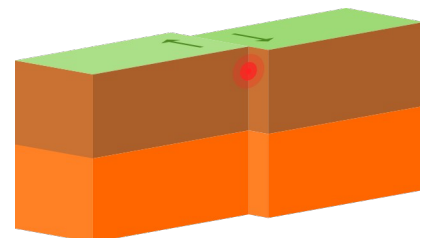


" A destructive/convergent plate margin/boundary with an oceanic plate subducting under a continental plate" (Domdomegg, CC BY 4.0)



"A destructive/convergent plate margin/boundary with a continental plate subducting under another continental plate creating fold mountains" (Domdomegg, CC BY 4.0)

- **Bordos transformantes:** as placas esvaran unha con respecto a outra e non se crea nin se destrúe litosfera. Exemplo deste tipo sería a Falla de Santo André (California) (*imaxe 5*).



"A conservative/transform plate margin/boundary" (Domdomegg, CC BY 4.0)



"Mapa de las principales placas tectónicas de la tierra" (M.Bitton, CC-BY-SA 4.0)

A ENERXÍA INTERNA DA TERRA

Como xa vimos, as placas móvense unhas con respecto ás outras grazas á forza da gravidade e á enerxía interna en forma de calor. Os procesos internos baséanse nas transferencias de calor que manteñen en continuo movemento as rochas do interior terrestre. A súa orixe débese á calor remanente, isto é, a calor residual do proceso de formación do noso planeta, e por outra banda, á desintegración de elementos radioactivos que tamén liberan calor. Pénsase que ambas as dúas interveñen na liberación de calor cara á superficie terrestre pero, en maior medida, da calor do núcleo. Polo tanto, é esta calor interna a que constitúe o auténtico motor da tectónica de placas.

A transferencia desta calor é a través de **correntes de convección**, mediante as cales o material quente, menos denso e, polo tanto, máis lixeiro, ascende cara á superficie. Cando arrefría, este material aumenta a súa densidade e volve afundirse. Este fluxo de materiais é xerado pola forte variación de temperatura entre a litosfera e o nivel D'.

EXERCICIOS

Exercicio 4

Elabora unha táboa resume dos tipos de bordos entre placas litosféricas. No que se inclúan os tipos de bordos, o movemento das placas, as estruturas formadas e exemplos de cada un deles.

Exercicio 5

A seguinte imaxe representa o interior da Terra segundo o modelo xeodinámico. Indica o nome de cada capa e explica o significado das frechas representadas.

Exercicio 6

Nun xornal aparece o seguinte titular na sección de ciencia: "América sepárase de Europa 4 centímetros ao ano". Comenta esta nova a partir da teoría da tectónica de placas.

3. OS PROCESOS XEOLÓXICOS INTERNOS

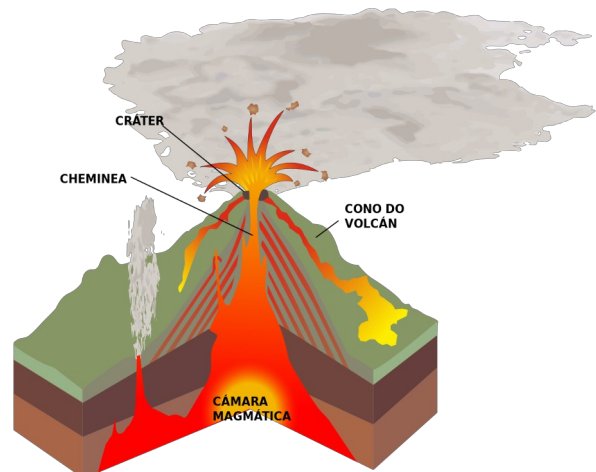
O noso planeta posúe unha enerxía interna en forma de calor que se vai dissipando cara ao exterior e que se manifesta nunha serie de procesos xeolóxicos internos como son o vulcanismo, a sismicidade, os movementos dos continentes e a formación das montañas.

3.1 Volcáns

Son fendas na codia terrestre pola que saen mesturas de minerais fundidos, algúns cristais minerais e gases que denominamos *magma* cando están en profundidade e *lava* cando saen nas erupcións. Os volcáns poden pasar por períodos longos de inactividade e, nun momento determinado, volvérense activos. Na actualidade hai uns 500 volcáns activos en todo o mundo, pero curiosamente a actividade volcánica máis intensa pasa inadvertida, xa que ocorre nos fondos dos océanos, nunhas cordilleiras situadas a miles de metros baixo a superficie, nas dorsais oceánicas.

A estrutura dun volcán sería a seguinte:

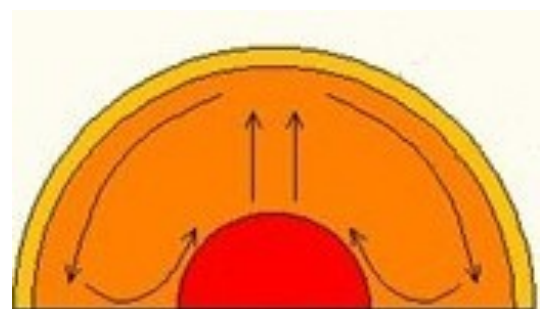
- **Cámara magmática:** zona achegada á superficie onde se acumulan os materiais que ascenden desde o manto.
- **Cheminea:** conduto da codia a través do que sae ao exterior o magma.
- **Cono:** elevación formada pola acumulación do magma no exterior.
- **Cráter:** orificio polo que o magma emerxe ao exterior.



Modificado de "Structure volcano unlabeled" (Luigi Chiesa, Dominio público)

Nas erupcións volcánicas expúlsanse ao exterior unha serie de produtos volcánicos, algúns sólidos (bombas volcánicas, lapilli, cinzas), outros líquidos (a propia lava) e tamén gasosos (vapor de auga, dióxido de carbono, sulfuro de hidróxeno, etc.)

En función do tipo de lava que expulsan os volcáns e da perigosidade das súas erupcións, os volcáns clasifícanse en hawaiano, estromboliano, vulcaniano ou peleano; o primeiro é o que expulsa lavas máis fluídas e sen explosión e o último o que produce as erupcións máis violentas.



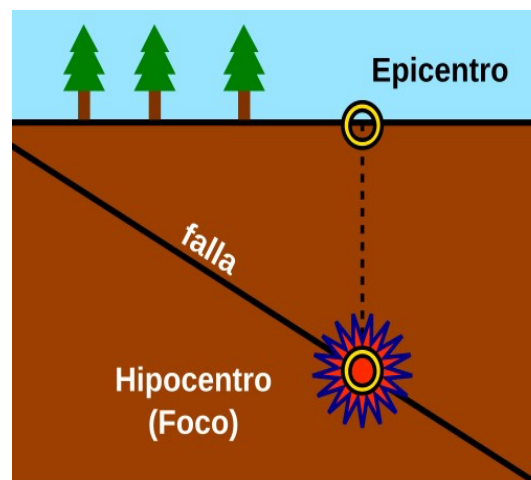
Modificado de "Stagnant lid convection" (Kzhan15 CC-BY-SA 3.0)

3.2 Terremotos

Son movementos bruscos das capas superficiais da Terra producidos pola fractura e o desprazamento de grandes masas rochosas do interior da codia. Estes movementos liberan gran cantidade de enerxía de forma repentina e violenta.

Elementos dun terremoto

- **Hipocentro:** lugar do interior da Terra onde se orixina o terremoto.
- **Ondas sísmicas:** son as vibracións que desde o hipocentro transmiten o movemento en todas as direccións. As ondas sísmicas son similares ás que se producen cando deixamos caer unha pedra na auga. Existen varios tipos de ondas sísmicas. Non todas se propagan do mesmo xeito; algunhas destas ondas móvense polo interior da Terra e outras fano pola superficie. Estas últimas son as responsables dos graves danos que causan algúns terremotos.
- **Epicentro:** é o lugar da superficie da Terra que está a menor distancia do hipocentro; nel é onde se notan con máis intensidade os efectos do terremoto.



"Diagram of the epicenter of an earthquake in relation to its hypocenter/focus point (Sam Hocevar (traducido por NikNaks), CC BY-SA 1.0)

EXERCICIOS

Exercicio 7

Indica as diferenzas entre os seguintes conceptos:

- Magma e lava.
- Epicentro e hipocentro.



Exercicio 8

Completa o seguinte texto sobre os produtos volcánicos, emprega os seguintes termos: **piroclastos, lavas, dióxido de carbono, cinzas, lapilli, vapor de auga, monóxido de carbono, bombas volcánicas, compostos do xofre.**

Os volcáns emiten os seguintes produtos volcánicos:

- Sólidos ou _____. Son fragmentos de lava ou rocha ardente que son lanzados ao exterior con forza pola presión de gases do interior do volcán. En función do seu tamaño distínguense de maior a menor diámetro: _____ e _____.
- Líquidos ou _____.
- Gases, dos cales os máis comúns son: _____, _____, _____ e _____.

4. RISCOS XEOLÓXICOS INTERNOS

Un risco é una situación en que os intereses e as vidas humanas están baixo a ameaza dalgún proceso destrutivo que pode causar danos. Vai depender de varios factores: do propio fenómeno xeolóxico catastrófico, da poboación que se vexa afectada e das medidas predictivas e preventivas tomadas.

Risco volcánico

Distribúense principalmente nas zonas de límite de placas, como os terremotos.

- **Factores de risco:** exposición alta (zonas densamente poboadas). O perigo vai depender do tipo de erupción de que se trate, da súa distribución xeográfica, da área total afectada e do tempo de retorno. Os riscos máis importantes son: gases, coadas de lava, choivas de piroclastos, nubes ardentes (é a manifestación máis grave), lahares (ríos de barro), tsunamis e movementos de ladeira.
- **Predición e prevención de riscos:** hai que coñecer a frecuencia das erupcións e a súa intensidade (datos históricos). A predición realízase a partir dos datos recollidos con sismógrafos, análise de gases, imaxes de satélite, etc., para elaborar mapas de risco. En canto aos métodos de prevención, algúns deles son: desviar correntes de lava, realizar plans de evacuación, ordenación do territorio, etc.

Risco sísmico

- **Factores de risco:** os grandes terremotos ocasionan enormes desastres nun tempo breve. Os seus principais efectos son os seguintes: sacudidas e desprazamentos superficiais do solo, correntes de terras, tsunamis.
- **Predición e prevención de riscos:** a predición do risco sísmico é moi difícil, baséase nos datos históricos e nos períodos de recorrencia dos terremotos. Algúns posibles indicadores son: precursores sísmicos, cambios no fluxo ou a temperatura da auga, cambios na forza da gravidade, variacións no comportamento dos animais... En canto aos métodos de prevención, a mellor opción é determinar as zonas suxeitas a maior risco e paliar os danos. Algunhas medidas son: establecer restricións para a construción preto de fallas activas coñecidas, restrinxir o uso do chan en zonas en que pode haber correntes de terras, reforzar as estruturas dos edificios construídos e deseñar as dos novos de maneira que resistan as sacudidas do solo e respecten as normas de construción, educar a poboación...

EXERCICIOS

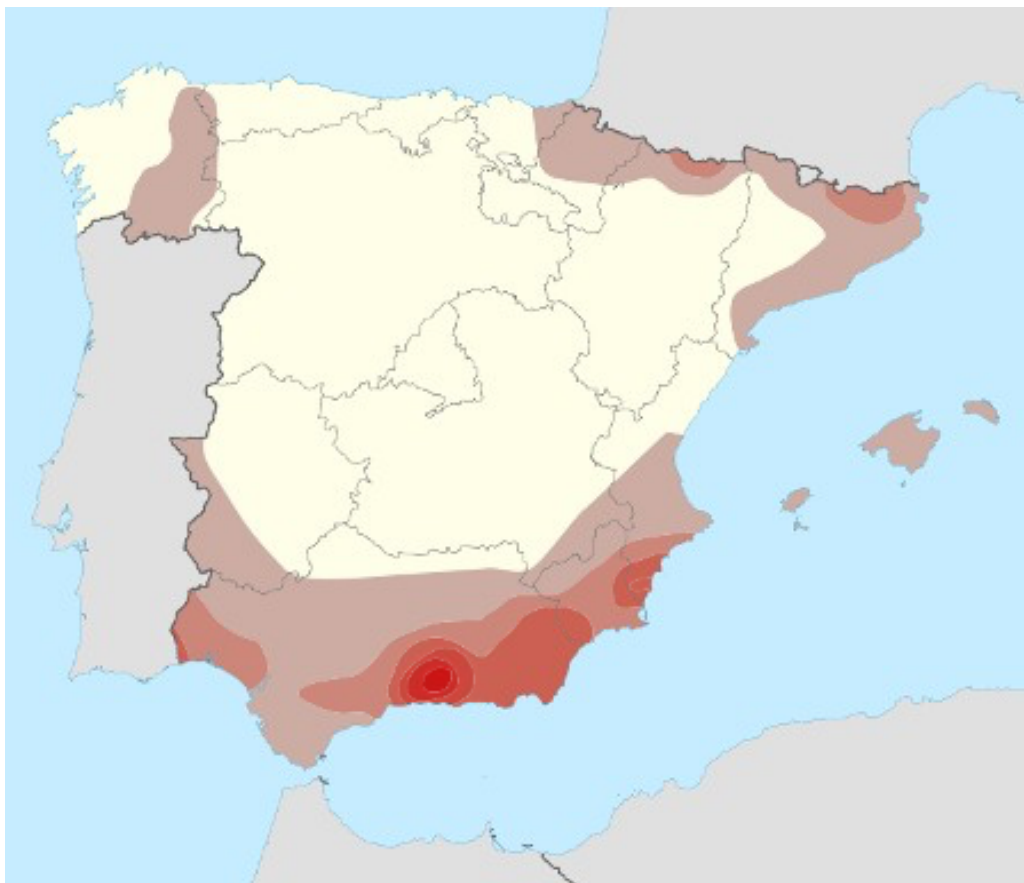
Exercicio 9

Enumera tres medidas preventivas para o risco sísmico e tres para o risco volcánico.

Exercicio 10

Observa o seguinte mapa de risco sísmico da península ibérica e responde as cuestións (o código de cores é de branco (risco nulo) a vermello (risco alto):

- Cal é a zona de maior risco sísmico?
- Que outras dúas zonas son sismicamente activas, pero menos?
- En que comunidade autónoma de España hai risco volcánico?



"Mapa de peligrosidad sísmica", (Imagen de HrAD en Wikimedia Commons bajo Dominio Público)

SOLUCIÓNS

Exercicio 1

Trátase dun método de estudo indirecto que utiliza a variación na velocidade de propagación que experimentan as ondas sísmicas (as producidas polos terremotos) cando atravesan os diferentes materiais do interior da xeosfera. Existen dous tipos de ondas que nos achegan información sobre o interior terrestre: as **ondas P** ou **primarias** fan vibrar os materiais de modo que estes se comprimen e dilatan alternativamente, como un acordeón. Propáganse tanto en medios sólidos coma en líquidos. As **ondas S** ou **secundarias** fan vibrar os materiais de xeito que estes oscilan perpendicularmente á dirección de propagación. Son máis lentas que as ondas P e non poden atravesar líquidos.

Exercicio 2

1 (codia continental), 2 (codia oceánica), 3 (manto superior), 4 (manto inferior), 5 (núcleo externo), 6 (núcleo interno), A (descontinuidade de Mohorovicic), B (descontinuidade de Gutenberg), C (descontinuidade de Lehmann).

Exercicio 3

CAPA	PROFUNDIDADE	COMPOSICIÓ
Codia continental	25-70 km	Granito
Codia oceánica	6-12 km	Basalto-Gabro
Manto superior	70-670 km	Peridotita
Manto inferior	670-2900 km	Peridotita
Núcleo externo	2900-5100 km	Ferro e níquel
Núcleo interno	5.100-6.371 km	Ferro e níquel

Exercicio 4

Tipo de bordo	Movemento das placas	Estruturas formadas	Exemplos
Diverxente	Separación	Dorsal oceánica, rift	Dorsal atlántica
Transformante	Desprazamento lateral	Falla	Falla de Santo André
Converxente (oc.-oc.)	Choque	Arcos de illas	Xapón
Converxente (oc.-cont.)	Choque	Cordilleira perioceánica	Andes
Converxente(cont.-cont.)	Choque	Cordilleiras	Himalaia

Exercicio 5

Os materiais do manto próximos ao núcleo están a maior temperatura que os próximos á codia. Isto fai que teñan unha menor densidade e ascendan cara ao exterior. Os que se atopan na zona superior máis fría están a menor temperatura, polo tanto cunha maior densidade e descenden. Así se forman unhas correntes circulares chamadas correntes de convección do manto.

Exercicio 6

A causa desta separación é o bordo diverxente da dorsal centroatlántica. Nela as placas tectónicas euroasiática e norteamericana estanse a separar e ascende o magma do interior terrestre e crea unha nova litosfera, como acontece en Islandia.

Exercicio 7

- O **magma** é unha mestura de minerais fundidos, algúns cristais minerais e gases, e a **lava** é o magma en superficie, cando sae ao exterior nas erupcións.
- O **hipocentro** é o lugar do interior da Terra onde se orixina o terremoto mentres que o **epicentro** é o lugar da superficie da Terra que está a menor distancia do hipocentro; nel é onde se notan con máis intensidade os efectos do terremoto.



Exercicio 8

Os volcáns emiten os seguintes produtos volcánicos:

- Sólidos ou **piroclastos**. Son fragmentos de lava ou rocha ardente que son lanzados ao exterior con forza pola presión de gases do interior do volcán. En función do seu tamaño distínguense de maior a menor diámetro: **bombas volcánicas**, **lapilli** e **cinzas volcánicas**.
- Líquidos ou **lavas**.
- Gases, dos cales os máis comúns son: **vapor de auga**, **dióxido de carbono**, **monóxido de carbono** e **compostos do xofre**.

Exercicio 9

- a) Desviar correntes de lava, reducir os niveis dos encoros próximos, realizar plans de evacuación, ordenación do territorio...
- b) Restricións para a construción preto de fallas activas, tamén en zonas en que pode haber correntes de terras, reforzar as estruturas dos edificios construídos e o deseño sismorresistente, educar a poboación...

Exercicio 10

- a) As zonas con maior risco sísmico son principalmente o sur e sueste (Granada, Almería, Murcia).
- b) Outras dúas zonas tamén activas son:
 - A zona nordeste (dende os Pireneos ata Cataluña e Teruel).
 - A zona noroeste (Galicia e Zamora).
- c) En España, actualmente, só existe risco volcánico nas Illas Canarias.