

# LA TERRA, UN PLANETA CANVIANT

Ciències Naturals per a Mestres

Tema 5, part 1

Alicia Marcos



# CONTINGUTS

- Formació del planeta
- Estructura, composició i dinàmica de les capes terrestres
- Tectònica global: evidències geològiques, paleontològiques i biològiques



# Formació del planeta



La Terra és un planeta del Sistema Solar que orbita al voltant del Sol.

La Terra és el tercer planeta més proper al Sol. És el més dens i el cinquè més gran del Sistema Solar.

# Formació del planeta

La teoria del *Big Bang* és el model cosmològic de l'Univers. Explica com es va formar l'Univers (generació conjunta de matèria, espai i temps) fa 13.800 milions d'anys.

Es considera que l'Univers s'ha expandit fins al seu estat actual a partir d'una **singularitat** de densitat infinita i de temperatura molt elevada.

El físic anglès Fred Hoyle es va riure del concepte de *Big Bang* (programa de ràdio de la BBC *The Nature of Things*) i en proposà una altra, la teoria de l'estat estacionari, segons la qual l'Univers no hauria experimentat una etapa densa i calenta.

Tot i el menyspreu original, aquesta expressió ha esdevingut un nom científic.

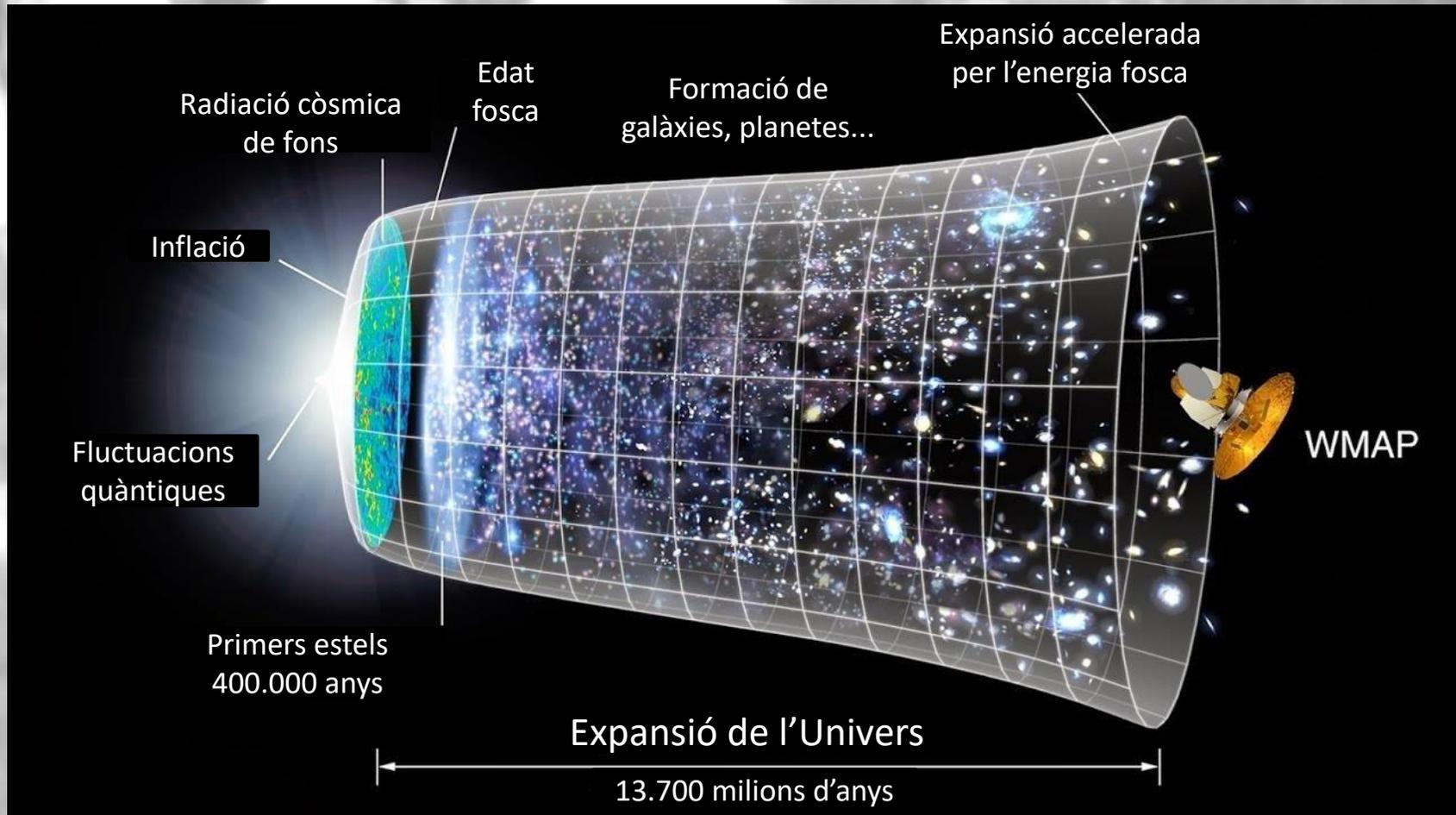
# Formació del planeta

- ❑ Segons els models més acceptats, l'Univers era homogeni, un isòtrop molt dens i amb elevadíssimes temperatures i, en un procés molt ràpid, s'expandia i es refredava alhora.
- ❑ Quan s'aturà l'expansió, el material que formava l'Univers va quedar en forma d'un plasma de quarks i gluons i altres partícules elementals.
- ❑ L'Univers va continuar augmentant de volum i disminuint de temperatura. Els quarks i gluons es combinaren i formaren protons i neutrons.

# Formació del planeta

- ❑ Quan la densitat va ser com la de l'aire, els neutrons es combinaren amb els protons per a formar nuclis de deuteri i heli (nucleosíntesi primordial o nucleosíntesi del *Big Bang*).
- ❑ Després d'uns 380.000 anys els nuclis i els electrons es combinaren per a formar àtoms (fonamentalment d'hidrogen).
- ❑ En passar el temps, algunes regions més denses van créixer atraient més matèria per l'acció de la gravetat i així es formaren estrelles i galàxies.

# Formació del planeta



# Formació del planeta

## Formació del Sistema Solar

El Sistema Solar es va formar fa 4.600 milions d'anys amb el col·lapse gravitacional d'una part d'un núvol molecular gegant.

La gran part de la massa col·lapsant es va reunir al centre i va formar un primitiu Sol, mentre que la resta (disc protoplanetari) va formar planetes, satèl·lits, etc.

# Formació del planeta

## Formació del Sistema Solar

Format al voltant de 4.600 milions d'anys

### Nebulosa solar

Enorme núvol de gas i pols que va col·lapsar en un disc aplanat



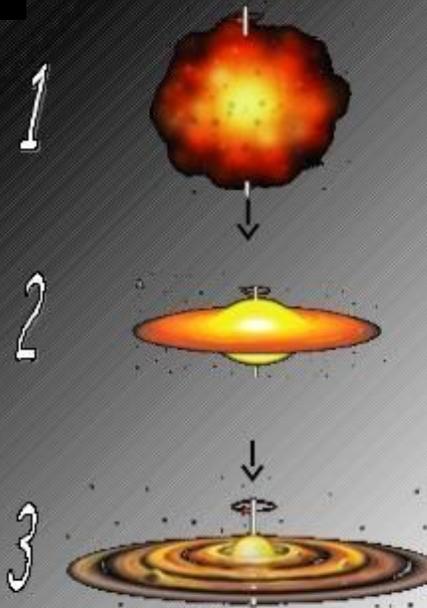
### Disc:

El sol es va formar al centre del disc mentre que els altres objectes (planetes, llunes, etc.) es van formar a partir del material del disc que girava en ràpid moviment.



### El Sistema Solar:

Molt de material va desaparèixer. El Sol, els planetes i altres objectes van romandre.



\* imàgen tomada de:

<http://astronomyonline.org/SolarSystem/SolarSystemFormation.asp>

# Formació del planeta

- Formació de la Terra.
- La Terra es va formar després del Sistema Solar, fa 4.500 milions d'anys.
- Els materials terrestres es varen distribuir d'acord amb les seues masses: les més pesades es van situar al centre del planeta i les més lleugeres, a la superfície.
- La Terra inicialment tenia temperatures molt elevades i estava envoltada per una atmosfera primitiva .
- Quan la temperatura va baixar dels 100 °C, l'aigua es condensà i es van formar els oceans.



Intensa pluja de meteorits sobre la superfície magmàtica de la Terra. Formació de l'atmosfera primigènia, sense contingut d'oxigen.

**4.600 milions**  
Formació de la Terra a partir d'un núvol de gas i pols.

Progressiu refredament i solidificació de l'escorça terrestre. Formació dels oceans.

**400 milions**  
Aparició dels amfibis. La vida colonitza la terra ferma.

**330 milions**  
Aparició dels rèptils.

**2.500 milions**  
Primeres glaciacions.

**3.500 milions**  
Apareixen als oceans les primeres formes de vida.

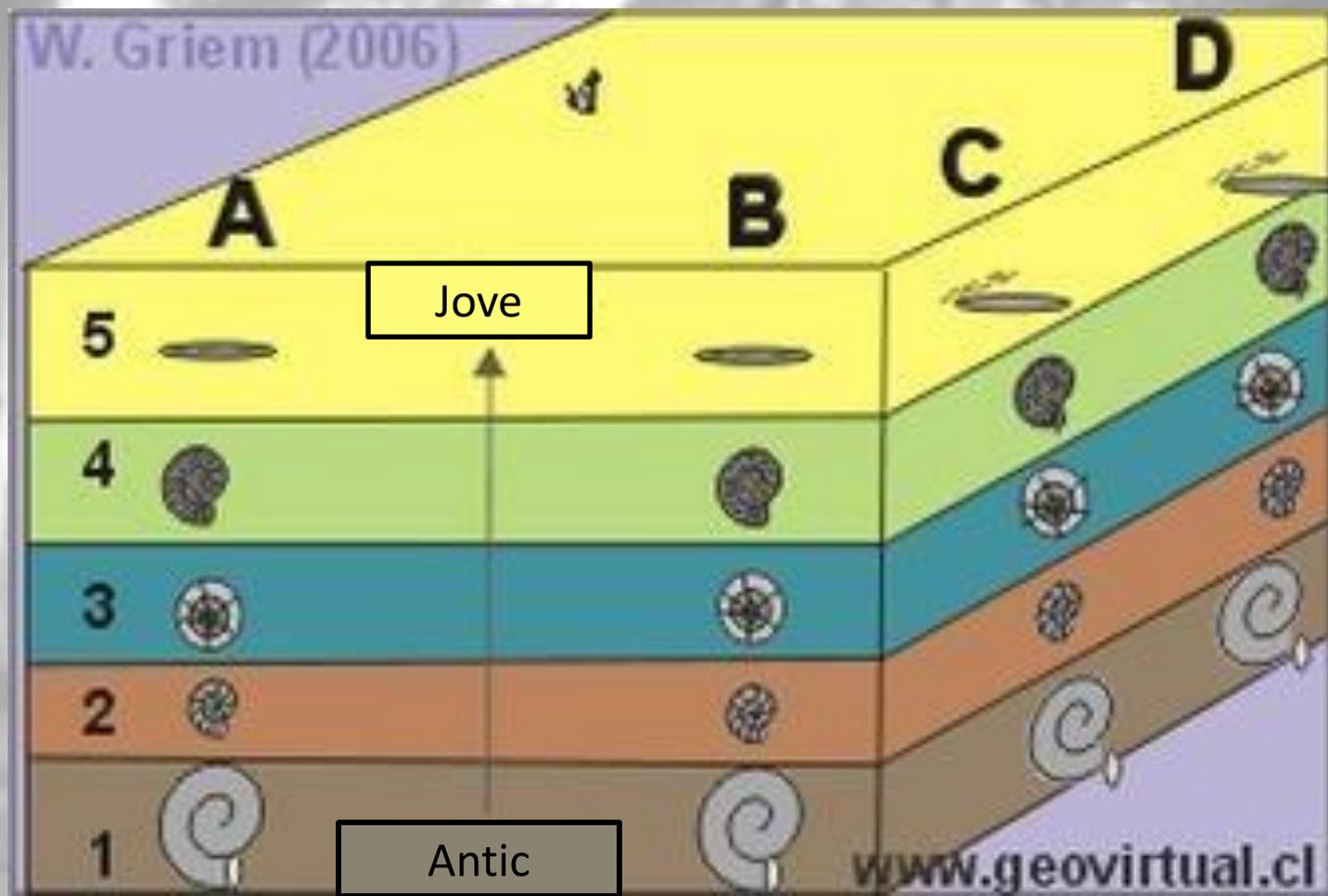
**300 milions**  
Aparició dels rèptils marins.

**230 milions**  
Aparició dels dinosaures.

# Formació del planeta

- Formació de la Terra
- Com podem saber l'edat de la Terra?
- Diferents mètodes de datació que ens permeten determinar-ho:
  - Datació relativa: estableix l'ordre relatiu dels esdeveniments i materials antics sense precisar-ne necessàriament l'edat absoluta. Es tracta d'ordenar roques, fòssils o esdeveniments, des dels més antics fins als més moderns, però sense concretar-ne la data.
    - Estratigrafia: ciència que estudia la superposició dels estrats. (Principi de superposició dels estrats: un estrat és més modern que els que té davall i més antic que els que té al damunt).
    - Dendrocronologia: estudia els anells de creixement dels arbres.
    - Successió biòtica: estudia la successió faunística de les espècies fòssils.

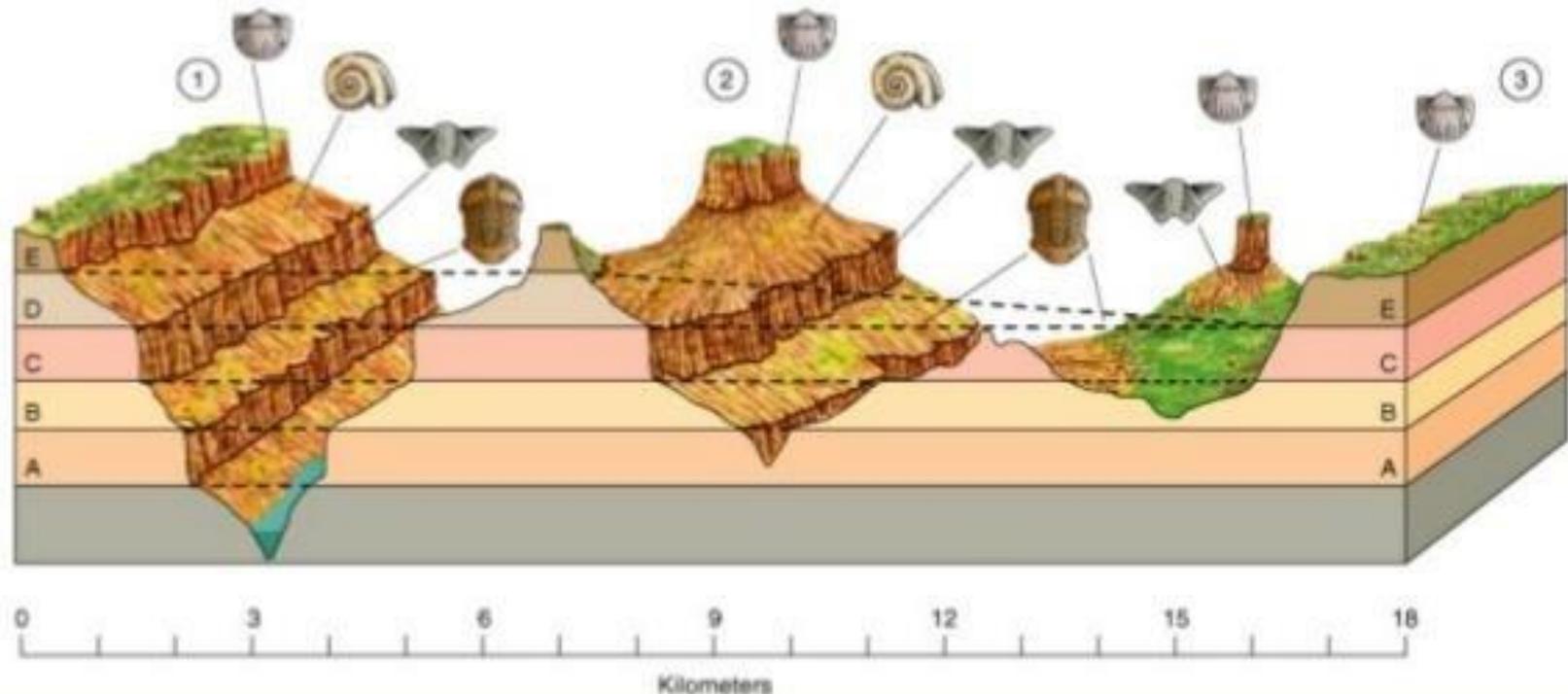
# Principi de superposició dels estrats



## Principi de successió faunística

Els estrats que es van depositar en èpoques geològiques distintes contenen fòssils diferents.

D'igual manera, les capes que contenen fòssils pertanyents als mateixos tàxons, encara que siguin de diferent litologia, seran de la mateixa edat.  
(Smith, 1778)



# Formació del planeta

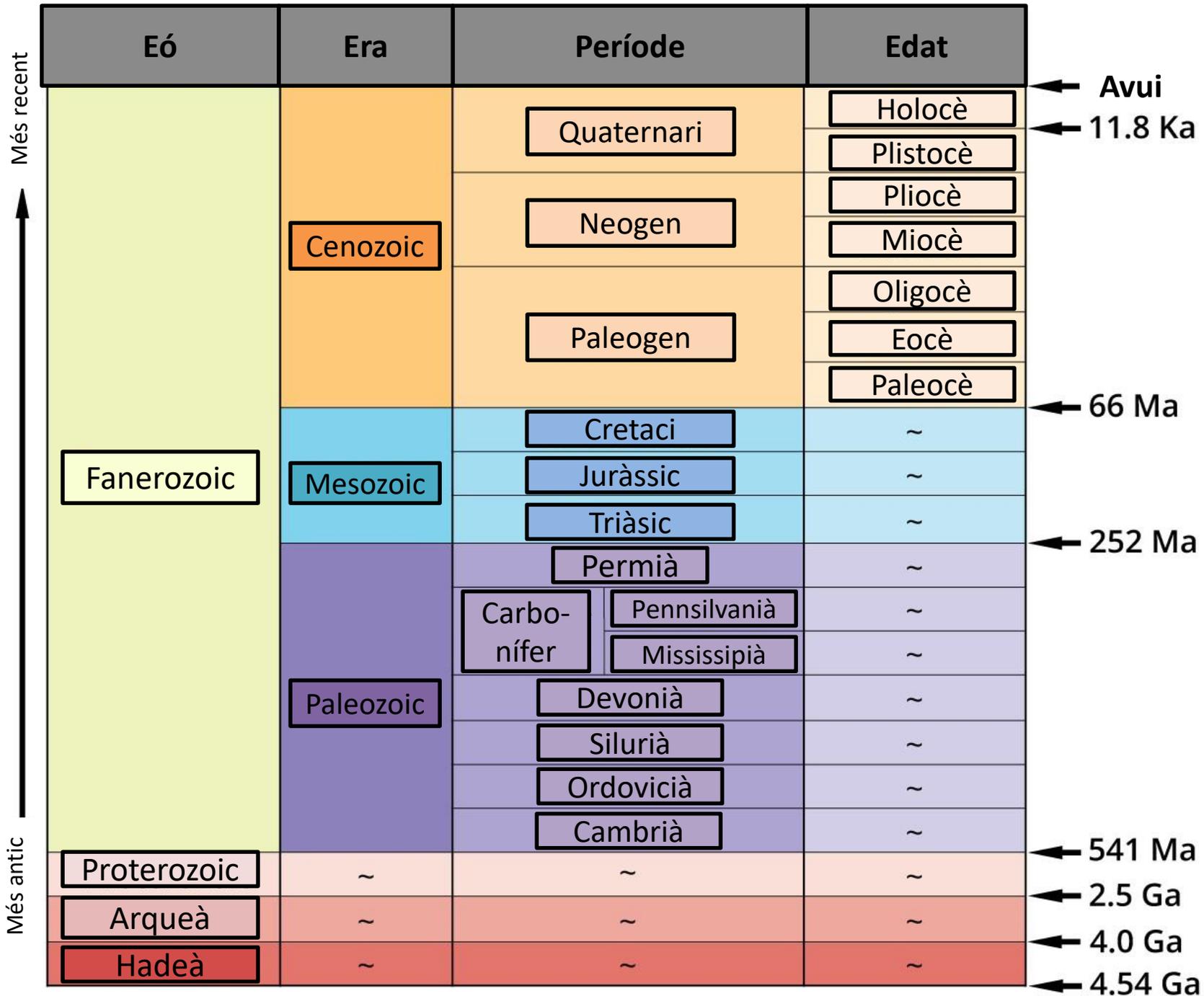
- Formació del planeta
- Com podem saber-ne l'edat?
  - Datació relativa
  - Datació absoluta: consisteix a posar data a esdeveniments o materials determinats, és a dir, a precisar els milions d'anys que tenen.
    - Termoluminescència (determinar l'edat d'elements que abans havien estat sotmesos a escalfament).
    - Paleomagnetisme (l'estudi del camp magnètic en el passat).
    - Datació radiomètrica (presència d'isòtops radioactius en els materials).

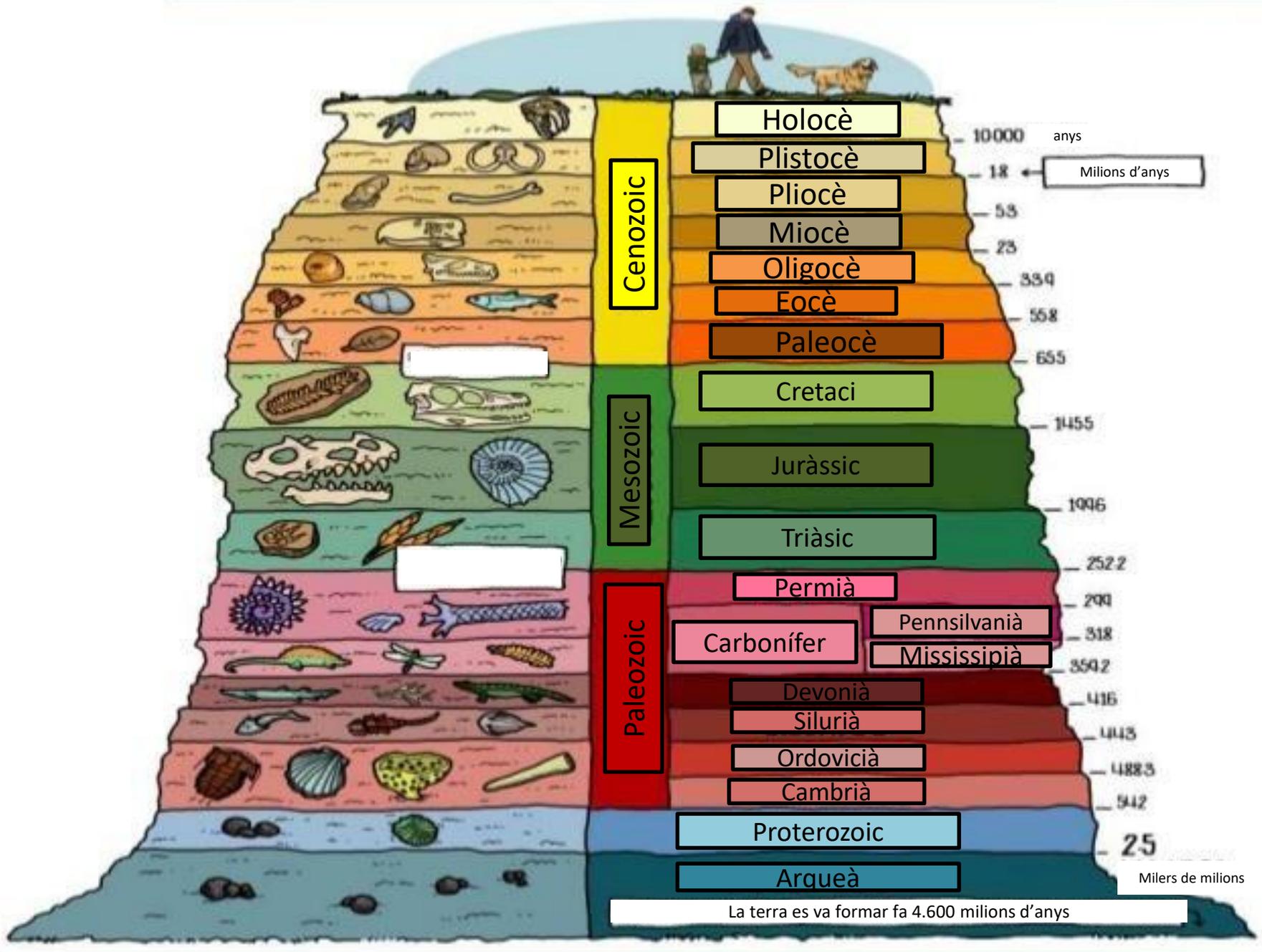
# Formació del planeta

- Datació radiomètrica.
- Es basa en l'existència de nuclis inestables d'elements químics ("elements pares") que poden arribar a ser isòtops o elements més estables ("elements fills") (decaïment radioactiu).
- Comparant l'abundància dels isòtops "pares" i "fills" dins d'un material.

# Formació del planeta

- Història de la Terra
- Els més de 4.500 milions d'anys que componen el temps geològic se separen en intervals per a facilitar-ne la comprensió. Les unitats més grans són els eons, que es divideixen en eres. Les eres, al seu torn, se segmenten en períodes.





La terra es va formar fa 4.600 milions d'anys

Milers de milions

# Formació del planeta

- **Podem diferenciar dos eons**

- Precambrià
- Fanerozoic

## **PRECAMBRIÀ**

És l'eó més llarg (des de fa 4.500 Ma fins a 541 Ma). Els processos més importants durant aquest eó són: la formació de la Terra, l'aparició de les primeres formes de vida i la generació de l'atmosfera. Dividit en: Hadeà, Arqueà i Proterozoic.

## **FANEROZOIC**

Des de fa 541 Ma fins al present. Durant aquest eó es varen formar els actuals continents, amb la gran diversitat de formes de vida. Aquest eó es divideix en tres eres: Paleozoic, Mesozoic i Cenozoic.

# Formació del planeta

- **PRECAMBRIÀ**

- **Hadeà** (4500 a 4000 Ma).

Formació de la Terra i de la Lluna, de la primera atmosfera (reductora, sense oxigen). Col·lisions de meteorits. Formació dels oceans primitius i de les primeres roques.

- **Arqueà** (4000 a 2500 Ma).

Apareix la vida a la Terra (procariotes unicel·lulars anaeròbics). Formació dels primers continents. Origen de les plaques tectòniques. Acaben les col·lisions de meteorits. Creix la quantitat d'oxigen a l'atmosfera.

- **Proterozoic** (2500 a 541 Ma).

Supercontinent Rodínia. L'oxigen s'acumula a l'atmosfera. Primeres glaciacions. Apareixen els primers organismes pluricel·lulars aeròbics.

# Formació del planeta

- **FANEROZOIC**

- **Paleozoic** (541 a 252 Ma).

Dividit en els períodes: Càmbric, Ordovicià, Silurià, Devonià, Carbonífer i Permià. Supercontinent Pangea. L'atmosfera presenta els nivells actual d'oxigen. Diversificació dels invertebrats. Apareixen els primers vertebrats. Colonització dels ecosistemes terrestres (plantes i animals).

# Formació del planeta

- **Mesozoic** (252 a 66 Ma).

Dividit en els períodes: Triàssic, Juràssic, Cretaci.

Apareixen els dinosaures (vertebrats dominants de la Terra).

Pangea es fragmenta. Apareixen mamífers i aus.

- **Cenozoic** (66 Ma a l'actualitat).

Dividit en els períodes: Paleogen, Neogen i períodes quaternaris.

Els mamífers es diversifiquen i són la fauna dominant a la Terra.

S'amplia l'oceà Atlàntic. Apareixen els Homínids.

# LA TERRA, UN PLANETA CANVIANT

**Ciències Naturals per a Mestres**  
**Tema 5, part 2**  
Alicia Marcos

# Estructura, composició i dinàmica de les capes terrestres

ATMOSFERA

HIDROSFERA

GEOSFERA



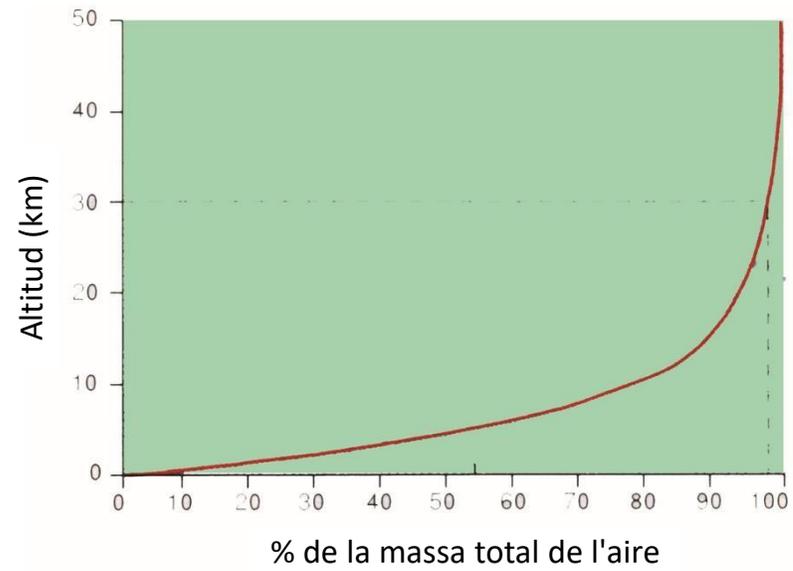
# Estructura, composició i dinàmica de les capes terrestres: l'atmosfera

## CONCEPTE D'ATMOSFERA

- L'atmosfera és l'embolcall gasós que rodeja la Terra. La força d'atracció gravitatòria permet que els gasos queden retinguts prop de la superfície i acompanyen el planeta en el seu gir i desplaçament.

## CARACTERÍSTIQUES DE L'ATMOSFERA

- Es troba estructurada en capes. La major part dels fenòmens meteorològics té lloc a la capa més pròxima a la superfície (troposfera). Pel que fa a la seua massa, cal destacar que el 97% del total de la massa atmosfèrica es concentra en els seus primers 30 km.



Percentatges de la massa total de l'atmosfera fins als 50 km d'altitud

# Estructura, composició i dinàmica de les capes terrestres: l'atmosfera

## CARACTERÍSTIQUES DE L'ATMOSFERA

- Pel que fa a les seues propietats, cal destacar que la densitat de l'atmosfera disminueix amb l'altitud. La temperatura també varia amb l'altura, i aquest fet s'utilitza per a dividir l'atmosfera en capes.
- D'altra banda, la calor procedent del Sol, que influeix d'una manera desigual a causa de la inclinació de l'eix de rotació, incideix sobre l'escalfament de les capes baixes de l'atmosfera, fet que motiva la circulació general de l'aire a la troposfera. La insolació, junt amb el règim de precipitacions, determinen l'existència dels diferents climes al nostre planeta.

# Estructura, composició i dinàmica de les capes terrestres: l'atmosfera

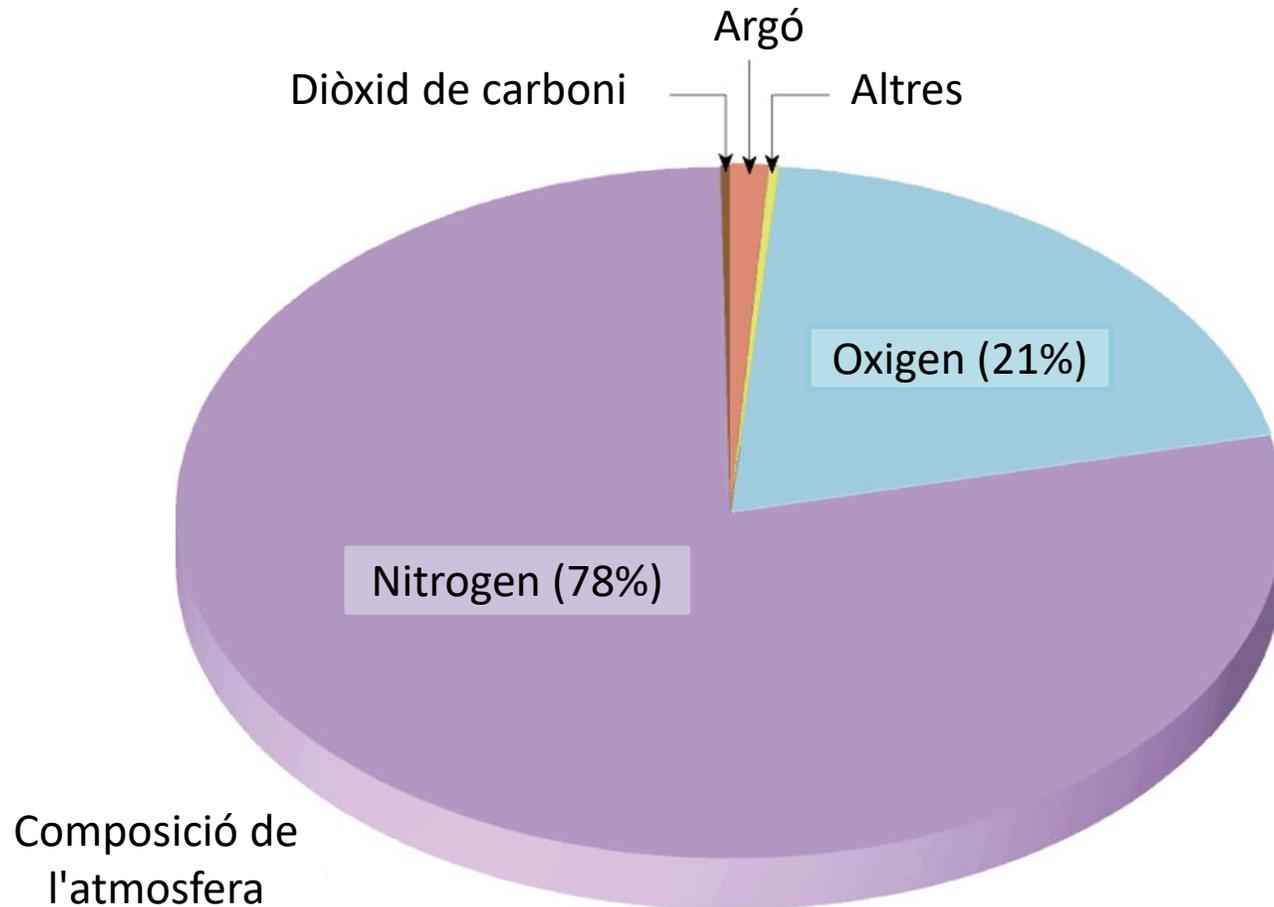
## COMPOSICIÓ:

- El 1774, el francès Lavoisier i el suec Scheele van demostrar que l'aire no era un element simple (com es creia fins llavors), sinó una mescla d'oxigen i de nitrogen.

### A continuació analitzarem les característiques principals dels gasos atmosfèrics:

- El **nitrogen** n'és el principal component (78%) i és un gas inert, motiu pel qual alguns autors el consideren un farciment atmosfèric.
- L'**oxigen** (21%), al contrari que el nitrogen, és un gas molt actiu, que reacciona fàcilment amb altres elements i els oxida, tant en la biosfera com en la litosfera.
- L'**argó**, un dels gasos nobles, és inert i es produeix per la desintegració radioactiva del **potassi 40** al mantell i l'escorça. Es desprèn a l'atmosfera a través dels volcans.
- El vapor d'aigua es troba en quantitats molt petites i depèn de la temperatura de l'aire (l'aire calent admet més proporció de vapor d'aigua).
- Els components restants (**diòxid de carboni, neó, criptó, heli, hidrogen, ozó**) estan presents en quantitats molt petites, per la qual cosa es mesuren en parts per milió (ppm).
- El  $\text{CO}_2$  és utilitzat pels organismes autòtrofs en la fotosíntesi, es troba a les closques dels animals marins i a les roques calcàries i, des del punt de vista ambiental, és un dels gasos responsables de l'efecte hivernacle en acumular-se a l'atmosfera per la combustió del carbó i el petroli (combustibles fòssils).

# Estructura, composició i dinàmica de les capes terrestres: l'atmosfera



# Estructura, composició i dinàmica de les capes terrestres: l'atmosfera

## ESTRUCTURA

- L'estructura de l'atmosfera pot ser descrita de diverses formes segons el criteri que es trie.
- Des del punt de vista de l'atracció gravitatòria, es distingeixen l'**endosfera** i l'**exosfera**. Aquesta última, a partir dels 10.000 km, on les partícules gasoses comencen a escapar del camp gravitatori.
- Des del punt de vista de la composició química, les dades facilitades pel programa del satèl·lit *Explorer* de la NASA indiquen que els gasos, a excepció del vapor d'aigua, estan ordenats en capes concèntriques segons el seu pes molecular: les molècules més pesades se situen a les capes més baixes i les més lleugeres, a les més altes.  
Fins als 60-80 km, els gasos es distribueixen d'una forma homogènia formant una capa denominada **homosfera**. Per damunt d'aquesta zona, els gasos ja no es distribueixen de forma homogènia i s'estratifiquen segons els seus pesos moleculars.

# Estructura, composició i dinàmica de les capes terrestres: l'atmosfera

Des del punt de vista tèrmic, és a dir, en funció de la variació de la temperatura amb l'altitud, podem estructurar a l'atmosfera en capes denominades:

Troposfera

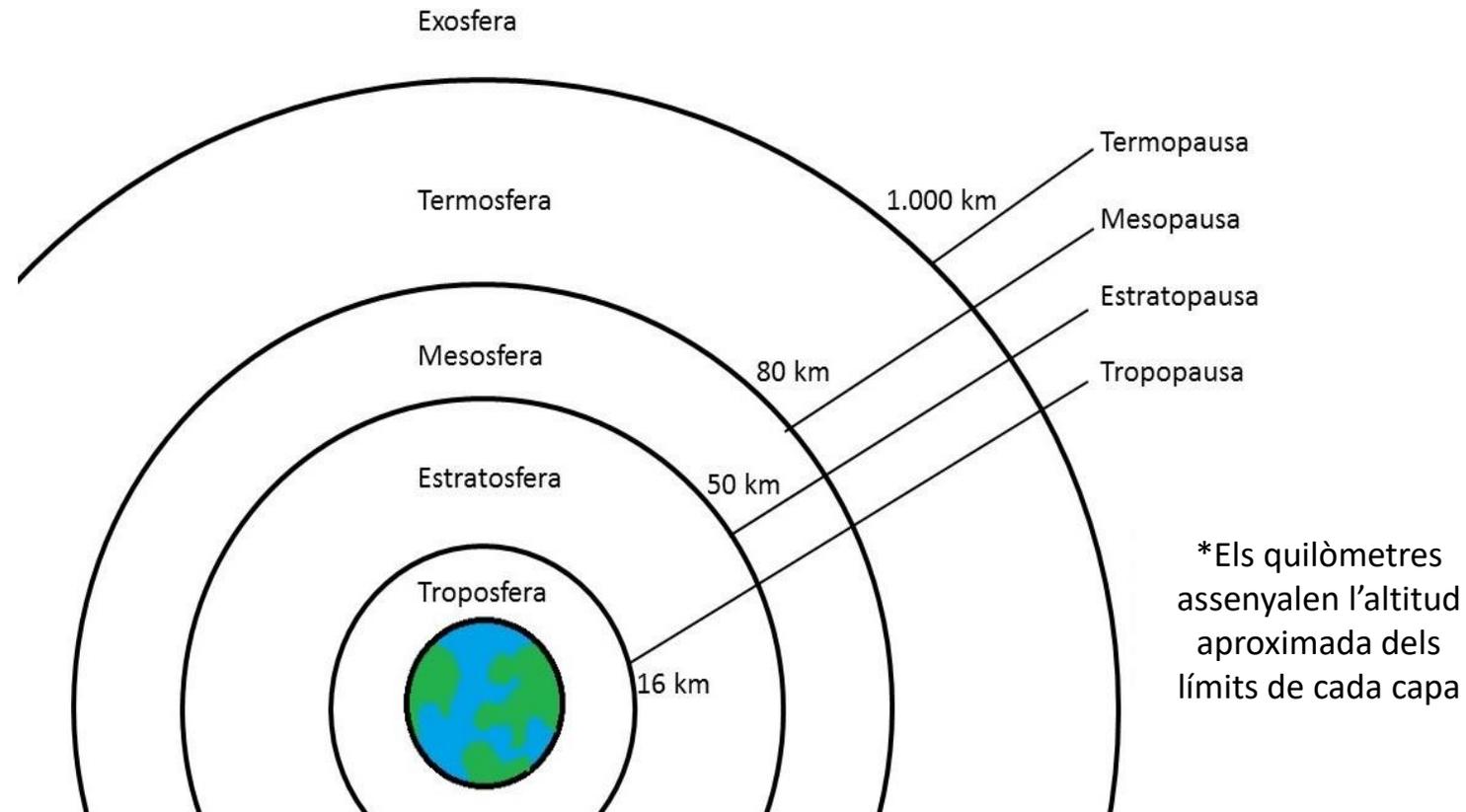
Estratosfera

Mesosfera

Termosfera

# Estructura, composició i dinàmica de les capes terrestres: l'atmosfera

## Capas de l'atmosfera



# Estructura, composició i dinàmica de les capes terrestres: l'atmosfera

## TROPOSFERA

És la capa inferior i s'hi produeix una disminució gradual de la temperatura amb l'altitud.

Aquesta disminució és d'aproximadament  $6,5^{\circ}\text{C}$  per cada km d'altitud (gradient tèrmic vertical).

La variació es produirà entre els  $45^{\circ}\text{C}$  que es poden presentar arran de terra, fins a aconseguir els  $-70^{\circ}\text{C}$  a una altitud que oscil·la entre els 10 km als pols i els 18 km a l'equador i que coincideix amb el límit amb l'estratosfera, anomenat **tropopausa** (imatge anterior, diapositiva núm. 9).

# Estructura, composició i dinàmica de les capes terrestres: l'atmosfera

## ESTRATOSFERA

Aquesta capa comprèn una zona de comportament isoterm fins als 30 km, que és on comença un gradient tèrmic ascendent que la porta a acostar-se als 0°C al límit amb la mesosfera, anomenat **estratopausa** (diapositiva núm. 9).

Dins de l'estratosfera hi ha la capa d'ozó, la densitat màxima de la qual es troba entre els 20 i 25 km d'altitud.

# Estructura, composició i dinàmica de les capes terrestres: l'atmosfera

## **MESOSFERA**

Cap als 45 km d'altitud apareix la mesosfera, que comença amb la denominada "capa calenta", a pesar que la seua temperatura és de 0°C. Després, l'atmosfera es refreda gradualment fins als -80°C, que aconseguix als 80 km, altitud on es considera que acaba la capa d'aire. El límit entre la mesosfera i la termosfera s'anomena **mesopausa** (diapositiva núm. 9).

# Estructura, composició i dinàmica de les capes terrestres: l'atmosfera

## TERMOSFERA

És l'última capa de l'atmosfera i s'hi produeix un escalfament gradual fins a aconseguir els 1000°C, als 800 km d'altitud.

Segons l'estat d'ionització de les partícules de l'atmosfera, distingim una part inferior, la **neutrosfera**, on les partícules no estan ionitzades, i una d'inferior, la **ionosfera**, on sí que ho estan.

La ionosfera s'estén des dels 80 als 400 km (amb predomini de l'oxigen) i s'hi produeixen fenòmens de reflexió d'ones de ràdio i televisió.

# Estructura, composició i dinàmica de les capes terrestres: la hidrosfera

## **HIDROSFERA**

- L'aigua cobreix les tres quartes parts de la superfície del nostre planeta. La immensa majoria forma els oceans i els mars i una petita part es troba sobre els continents: congelada en glaceres, circulant per les conques fluvials o constituint aqüífers.
- Gràcies a les seues propietats fisicoquímiques, l'aigua és el suport essencial per a la vida.
- A més, la hidrosfera interacciona amb els altres sistemes terrestres contribuint a la regulació climàtica, modelant el relleu i participant en els cicles biogeoquímics.

# Estructura, composició i dinàmica de les capes terrestres: la hidrosfera

## PROPIETATS DE L'AIGUA

- L'aigua és un compost format per àtoms d'hidrogen i oxigen, units en la proporció 2:1.
- L'aigua es troba en estat líquid en l'interval de temperatures comprès entre 0°C (el punt de congelació) i 100°C (el punt d'ebullició). Si no fora així, no serien possibles molts processos vitals.
- La seua elevada calor específica permet que absorbisca grans quantitats de calor sense canviar gaire la temperatura. És aquesta característica la que fa que les grans masses d'aigua ajuden a mantenir moderat el clima de la Terra, ja que emmagatzemen calor a l'estiu, la transmeten per convecció a les zones més profundes i l'alliberen a l'hivern, de manera que contribueixen a la circulació atmosfèrica (la calor alliberada afavoreix la convecció de les masses d'aire).

# Estructura, composició i dinàmica de les capes terrestres: la hidrosfera

## PROPIETATS DE L'AIGUA

- Presenta una alta calor de vaporització, és a dir, cal molta energia per a evaporar l'aigua líquida. Conseqüència d'això és el seu poder refrigerant: en evaporar-se l'aigua de la superfície d'un organisme (a través de la suor en les persones, transpiració en plantes...) s'emporta una gran quantitat de calor.
- L'aigua també presenta una elevada tensió superficial i gran capacitat humectant. Gràcies a aquestes propietats, pot ascendir per capil·laritat des del terra fins a diversos metres d'altura per l'interior d'una planta.

# Estructura, composició i dinàmica de les capes terrestres: la hidrosfera

## **PROPIETATS DE L'AIGUA**

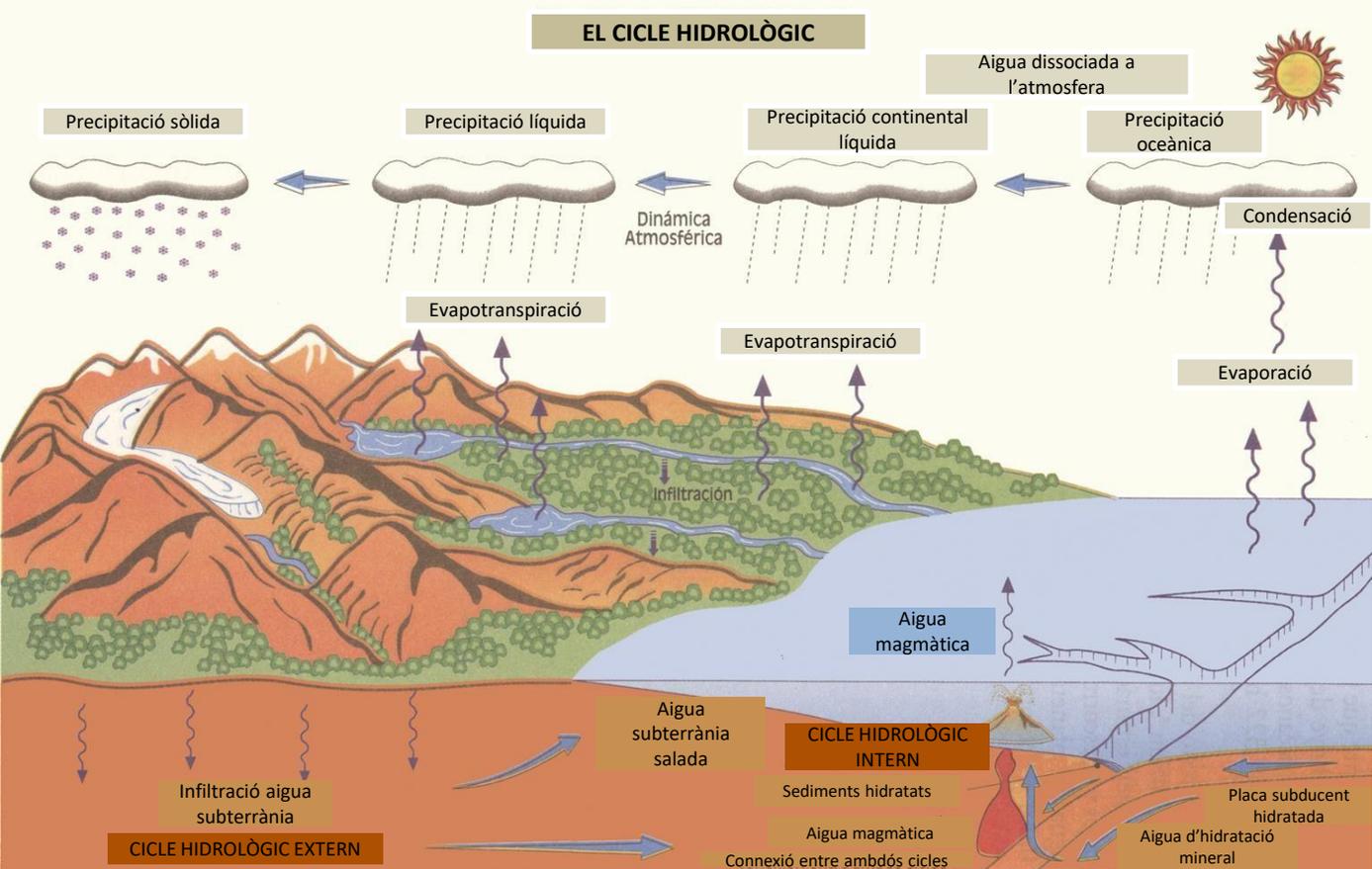
- A causa de la seua naturalesa dipolar i de la seua capacitat per a formar ponts d'hidrogen, l'aigua pot dissoldre una gran varietat de compostos.
- Així, en els organismes vius, transporta en dissolució els nutrients i les substàncies de rebuig. De la mateixa manera, dissol sals als oceans i distribueix compostos solubles als rius.
- Per altra banda, també es contamina amb facilitat amb els residus provinents de les activitats humanes.

# Estructura, composició i dinàmica de les capes terrestres: la hidrosfera

## EL CICLE HIDROLÒGIC

- L'aigua cobreix més del 70% de la superfície terrestre, però es distribueix desigualment sobre els sòls oceànics i continentals.
- De tota l'aigua dolça que emmagatzema la Terra, la major part (el 79%) es troba congelada a les glaceres, una altra part (20%) és aigua subterrània, i tan sols una petita proporció (1%) és aigua superficial.
- Els diversos dipòsits de la hidrosfera estan connectats. L'aigua flueix dels uns als altres i configura un sistema tancat, anomenat cicle hidrològic o cicle de l'aigua, mogut per l'energia solar i la gravetat.
- La calor del Sol provoca l'evaporació de l'aigua dels oceans, llacs i rius, així com la transpiració dels éssers vius (eixida de vapor d'aigua a l'atmosfera, sobretot des de les fulles de les plantes). El vapor d'aigua ascendeix i es refreda en les capes altes de l'atmosfera, es condensa i forma núvols. Aquests alliberen l'aigua com a pluja, pedra o neu, procés anomenat precipitació.
- En el cicle hidrològic el volum d'aigua que s'evapora dels oceans és major que el que es recupera per precipitació. Als continents succeeix el contrari, és a dir, hi ha més aportació per precipitació que pèrdues per evaporació. Aquest excedent d'aigua continental retorna als mars per mitjà del vessament: això és possible perquè les terres emergides presenten certa altura sobre el nivell de base dels oceans (actua la gravetat). El vessament pot ser superficial (rius, torrents, etc.) o subterrani, que és molt més lent.

Si ens fixem en el balanç hídric total (precipitació total - evaporació total) comprovem que el moviment de l'aigua descriu un cicle.



# Estructura, composició i dinàmica de les capes terrestres: la geosfera

## INTRODUCCIÓ

- L'escocès James Hutton va formular el principi de l'actualisme i el concepte de cicle geològic.
- Hutton va plantejar una visió holística de la Terra que la considerava com un superorganisme en el qual la vida i el medi ambient formaven un conjunt singular.
- Posteriorment, i dins del marc de la ciència contemporània, sorgeix el concepte de **geosfera**.
- En 1967, L. Von Bertalanffy va enunciar la seua Teoria General de Sistemes. El concepte de sistema constitueix un nou paradigma que considera el món com una gran organització.
- En el marc d'aquesta Teoria, James Lovelock proposà en 1972 la hipòtesi GAIA (en honor a la deessa de la Terra dels antics grecs), expressió moderna del superorganisme de Hutton. Gaia és la Terra vista com un sistema singular, una entitat viva en la qual, com ocorre amb molts altres organismes vivents, la composició i la temperatura s'autoregulen per a assolir les condicions més favorables per a la vida.

# Estructura, composició i dinàmica de les capes terrestres: la geosfera

## ESTRUCTURA DE LA GEOSFERA

Podem diferenciar un **model estàtic** i un **model dinàmic**.

### Model estàtic

La geosfera, segons la visió estàtica, està estructurada en zones concèntriques la densitat de les qual augmenta com més internes són. Aquestes zones són:

- La part més interna de la geosfera és el **nucli**, format principalment per ferro. La part externa és fluida i pot participar en processos convectius que expulsen calor cap a l'exterior de la Terra.
- El **mantell** és la zona intermèdia de la geosfera. Probablement formada per silicats. Se suposa que el mantell transmet calor cap a l'exterior, en part pel desplaçament de masses de roques calentes anomenades plomes o plomalls.
- La part exterior de la geosfera és l'**escorça**, que pot ser de dos tipus, caracteritzats pel seu origen, composició, edat i gruix:
  - escorça oceànica.
  - escorça continental.

# Estructura, composició i dinàmica de les capes terrestres: la geosfera

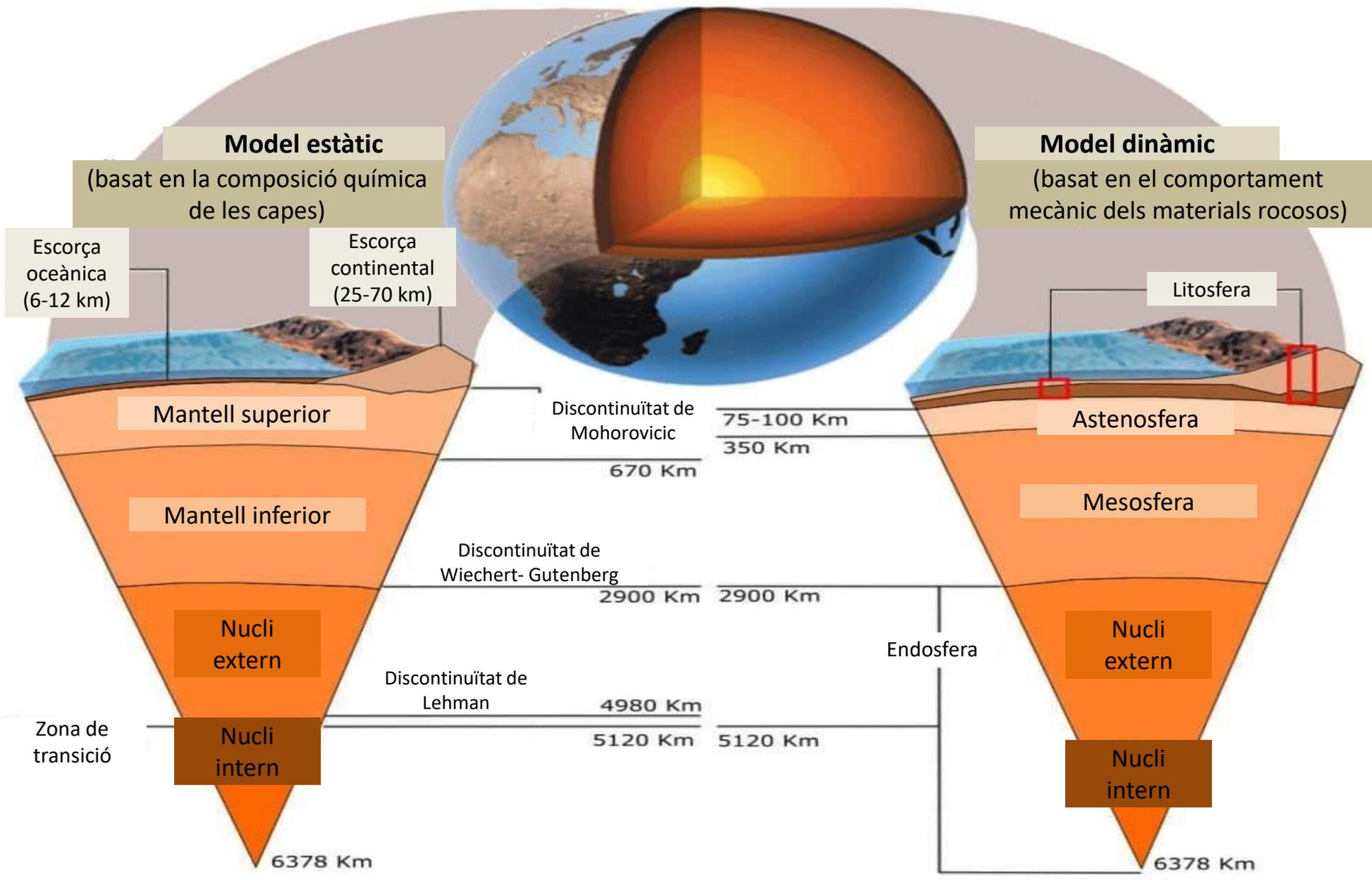
## **ESTRUCTURA DE LA GEOSFERA**

### **Model dinàmic**

Des d'un punt de vista dinàmic, es distingeixen a la geosfera 5 unitats amb comportaments diferents:

- Litosfera (antiga escorça i part del mantell superior).
- Astenosfera (capa semifluida amb corrents de convecció).
- Mesosfera (part restant de l'antic mantell).
- Endosfera (equivalent al nucli).

# CAPES DE LA TERRA



# Estructural, composició i dinàmica de les capes terrestres: la geosfera

## COM CONEIXEM L'ESTRUCTURA DE LA TERRA?

- Hi ha dos tipus de mètodes:
  - Mètodes directes
  - Mètodes indirectes

### Mètodes directes

**Sondejos:** perforacions que permeten obtenir testimonis de roca que serviran per a conèixer la natura i els canvis del substrat amb la profunditat. Arribem a 13 Km de profunditat (dificultats tècniques).

# Estructura, composició i dinàmica de les capes terrestres: la geosfera

## Mètodes indirectes

- Mètodes no sísmics: gravimètric, magnètic, elèctric.
- Mètodes sísmics: basats en l'estudi de la propagació de les ones sísmiques originades per terratrèmols o mitjançant explosions controlades.

# Estructura, composició i dinàmica de les capes terrestres: la geosfera

## Mètodes indirectes

### Mètodes no sísmics

- **Gravimètric:** basats en les variacions del camp gravitatori terrestre que permeten explicar la forma del planeta, els moviments verticals de l'escorça i l'existència de jaciments minerals.
- **Magnètic:** detecten les variacions en la intensitat del camp magnètic terrestre, expliquen la natura del nucli i constitueixen una de les principals evidències de la dinàmica litosfèrica.
- **Elèctric:** mesuren les variacions de les propietats elèctriques de les roques. Detecció de jaciments minerals i quantificació de contaminants en aigües subterrànies.

# Estructura, composició i dinàmica de les capes terrestres: la geosfera

## **Mètodes indirectes**

### Mètodes sísmics

Basats en l'estudi de la propagació de les ones sísmiques.

- Tipus d'ones sísmiques:
  - Ones de profunditat (ones P i ones S).
  - Ones superficials (ones R i ones L).

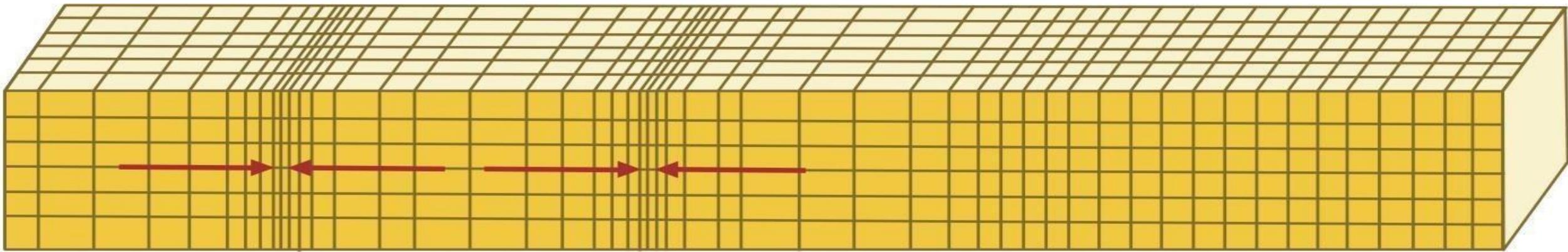
# Estructura, composició i dinàmica de les capes terrestres: la geosfera

## Mètodes indirectes

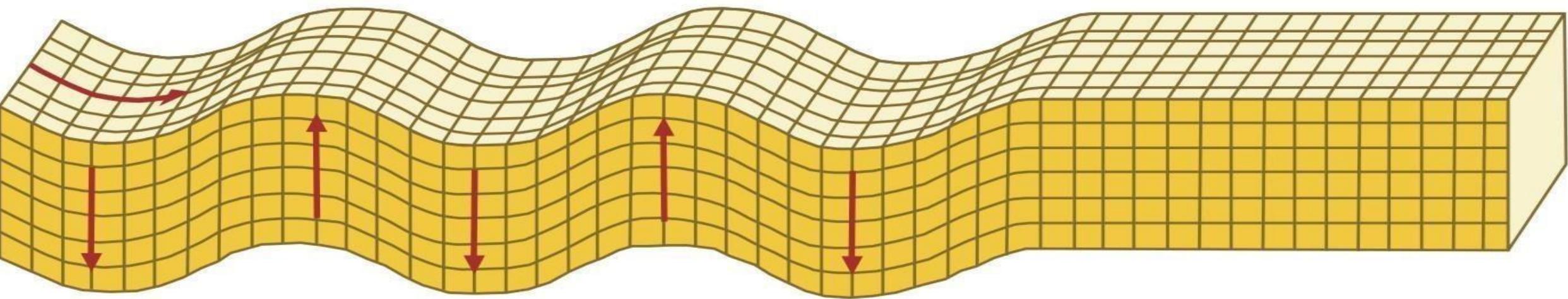
### Mètodes sísmics

Característiques de les ones de profunditat (P i S):

- **Ones primàries o ones P.** Són les més ràpides, per la qual cosa són les primeres a rebre's. Comprimeixen i dilaten alternativament la roca en la mateixa direcció que el seu moviment de propagació. Són capaces de viatjar tant a través de sòlids com de líquids.
- **Ones secundàries o ones S.** Quan es propaguen deformen la roca perpendicularment al seu desplaçament. No es transmeten a través de fluids.



Direcció de l'ona P



Direcció de l'ona S



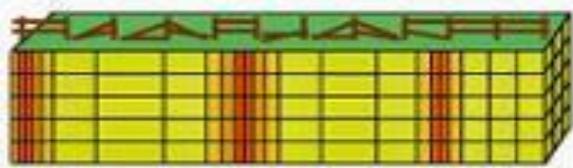
# Estructura, composició i dinàmica de les capes terrestres: la geosfera

## Mètodes indirectes

### Mètodes sísmics

Característiques de les ones superficials (R i L):

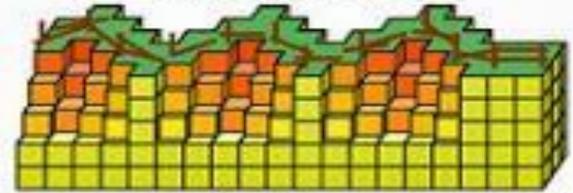
- Són les més lentes, però a elles es deuen els principals danys causats pels terratrèmols a la superfície.
- Poden dividir-se en dues classes:
  - **Ones Love:** mouen el sòl horitzontalment i perpendicularment a la direcció de propagació.
  - **Ones Rayleigh:** es comporten de forma anàloga a les onades d'un llac. Les partícules pertorbades es mouen en el pla vertical, en la direcció en què viatgen les ones, descrivint el·lipses.



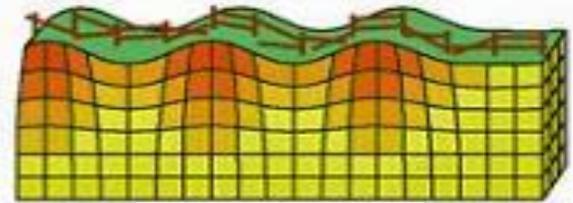
**Ona primària**



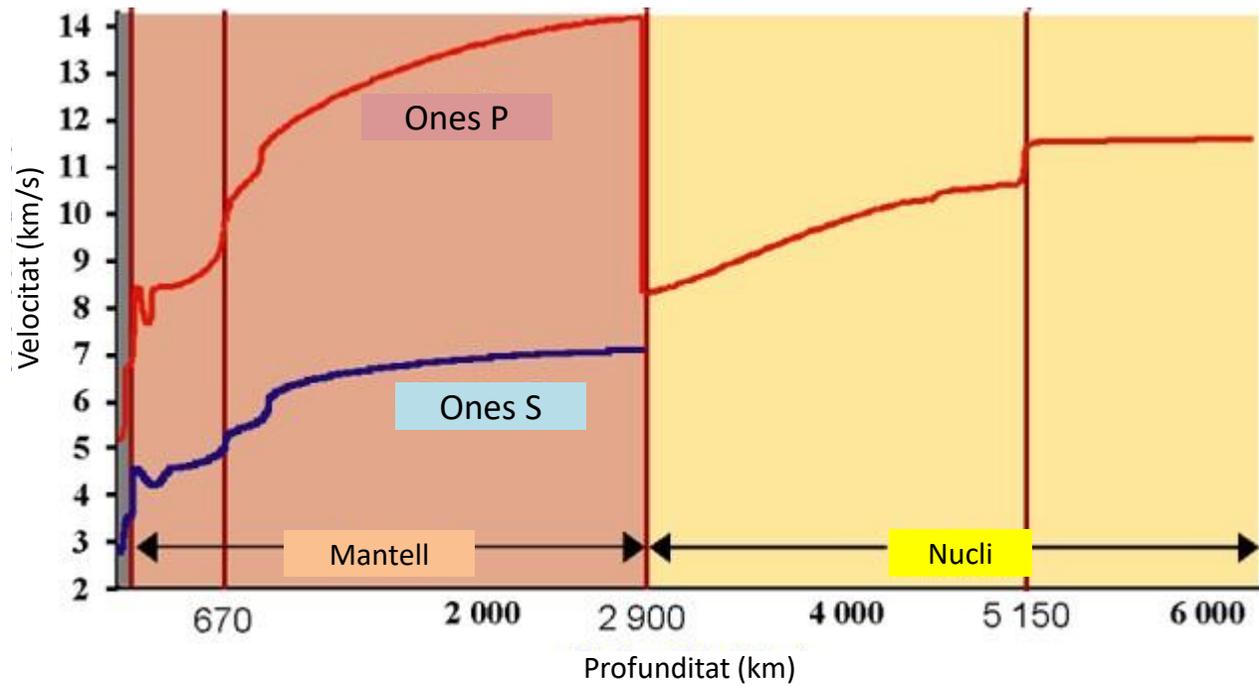
**Ona secundària**



**Ona Love**



**Ona Rayleigh**



**Ciències Naturals per a Mestres**  
**Facultat de Magisteri**  
**Universitat de València**

# La Terra, un planeta canviant

Ciències Naturals per a Mestres

Tema 5, part 3

Alicia Marcos

# Teoria de la tectònica de plaques o tectònica global

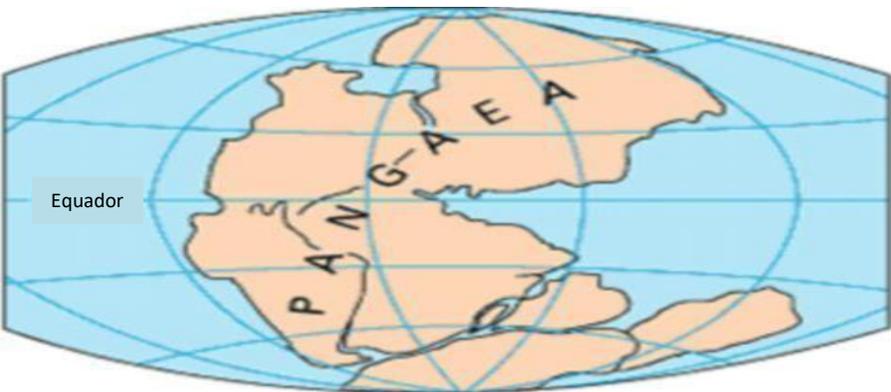
- ▶ Podem distingir tres etapes prèvies a la formulació de la teoria de la tectònica global:
  - ▶ Segle XVIII-principis del segle XX. Explicar la formació de les grans serralades d'acord amb la hipòtesi de contracció de la Terra (per un refredament gradual).
  - ▶ La **teoria de la deriva continental** (1912-Alfred Wegener).
  - ▶ Els descobriments, als anys seixanta del segle XX, sobre el fons oceànic donaren lloc a la formació de la **teoria de l'expansió del fons oceànic**.

# Teoria de la tectònica de plaques o tectònica global

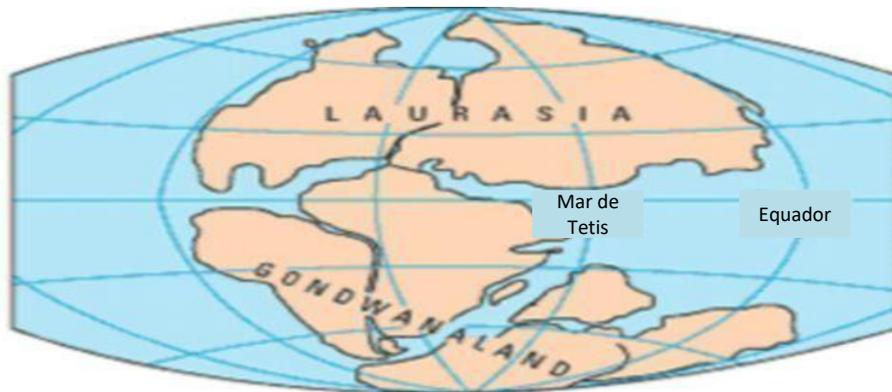
## Teoria de la deriva continental

- ▶ En 1912 Alfred Wegener va plantejar que fa 200 Ma un supercontinent anomenat **Pangea** es va fragmentar gradualment i els fragments es van allunyar els uns dels altres.
- ▶ Va presentar una sèrie de proves per a avalar la seua hipòtesi: proves geogràfiques, paleontològiques, paleoclimàtiques i geològiques

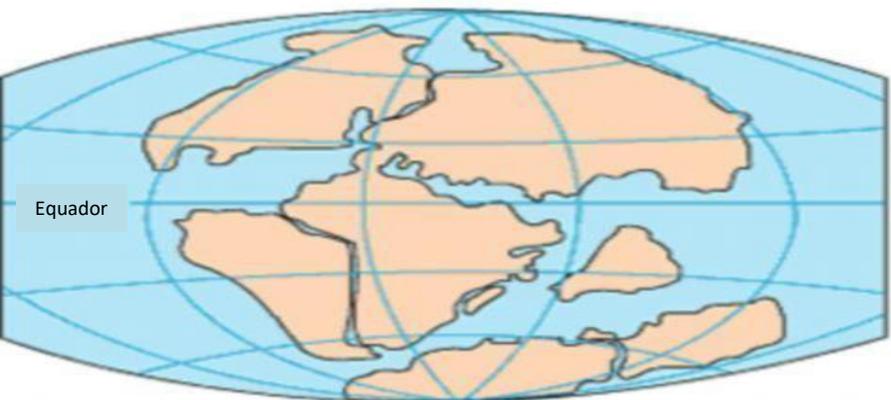




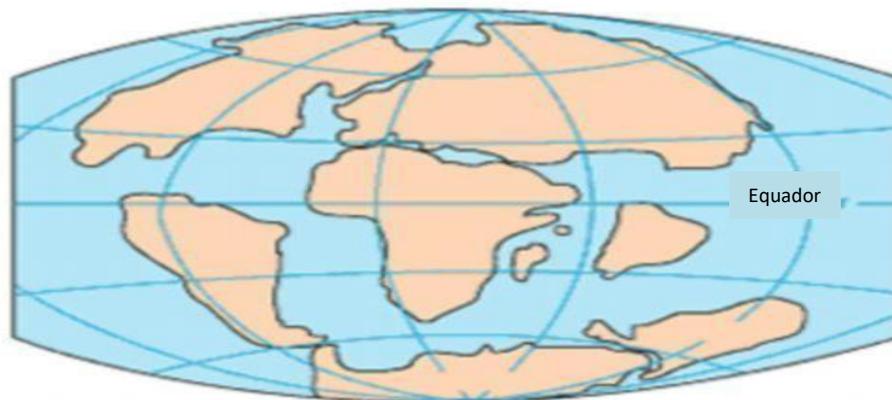
**PERMIÀ**  
Fa 225 milions d'anys



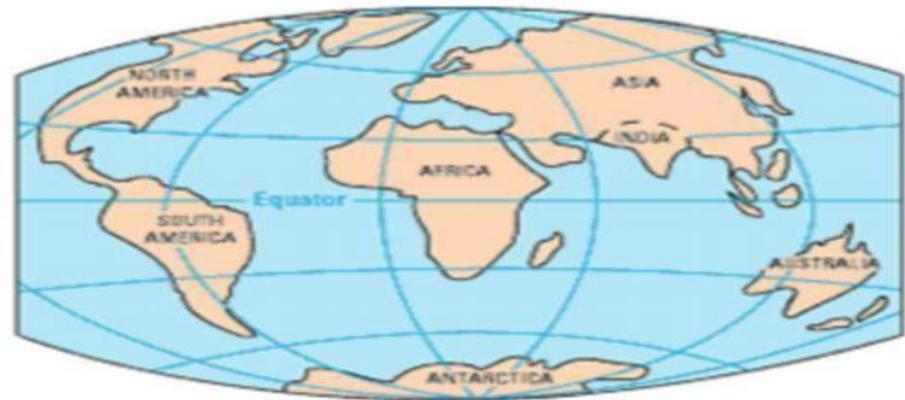
**TRIÀSIC**  
Fa 200 milions d'anys



**JURÀSSIC**  
Fa 150 milions d'anys



**CRETACI**  
Fa 65 milions d'anys



**Actualitat**

# Teoria de la tectònica de plaques o tectònica global

## Proves de la deriva continental

### Proves geogràfiques:

- ▶ Les línies de costa encaixaven als dos costats de l'Atlàntic, especialment entre l'Amèrica del Sud i l'Àfrica. Les coincidències eren més exactes pel que fa a la plataforma continental.

# DERIVA CONTINENTAL: PROVES GEOGRÀFIQUES

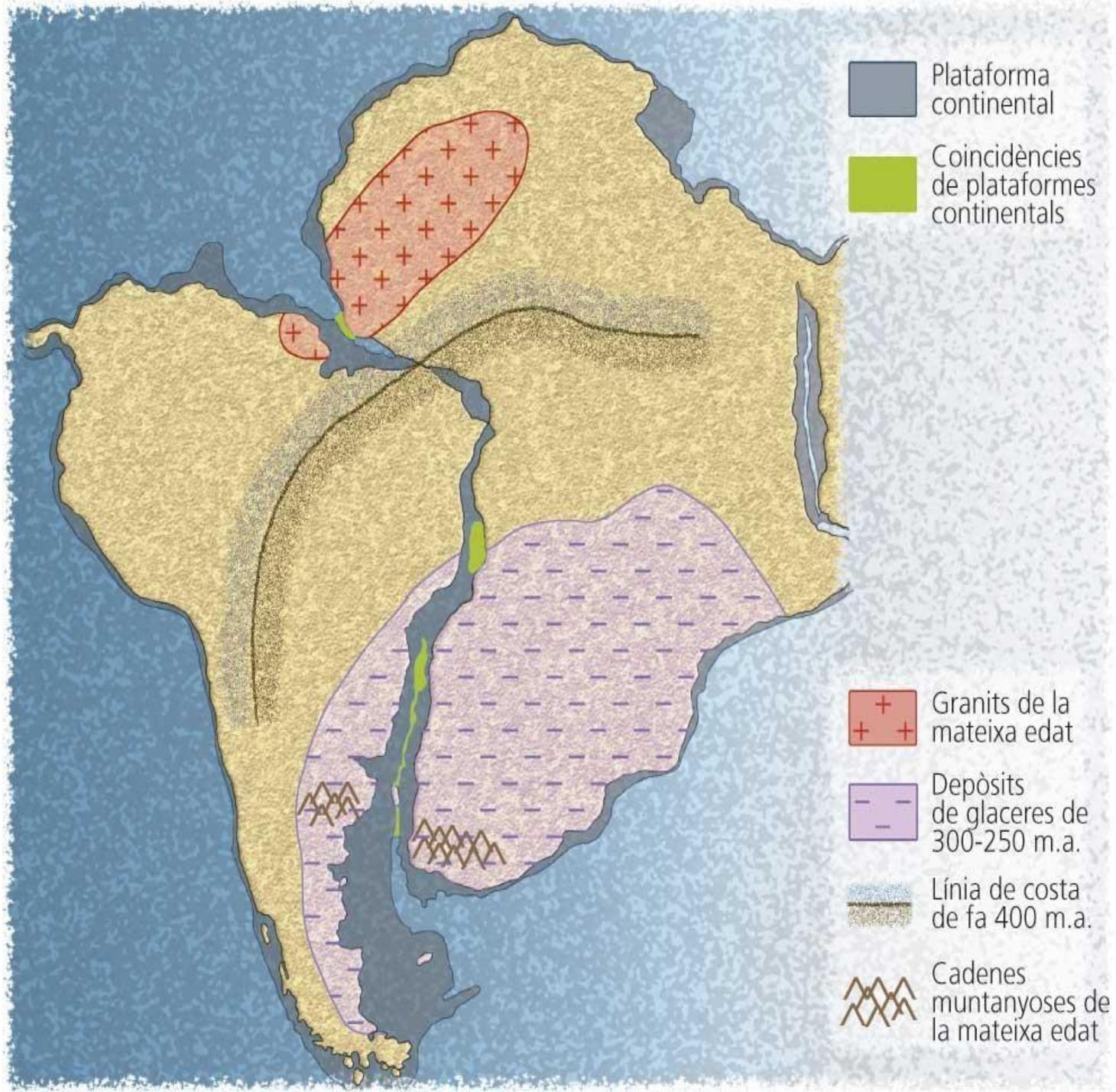


# Teoria de la tectònica de plaques o tectònica global

## Proves de la deriva continental

### Proves geològiques:

- ▶ Coincidència en els afloraments de roques ígnies (Àfrica i Brasil) i coincidència en les roques sedimentàries.
- ▶ Serralades que presenten continuïtat a l'altre costat de l'Atlàntic (coincideix direcció i edat de plegament).

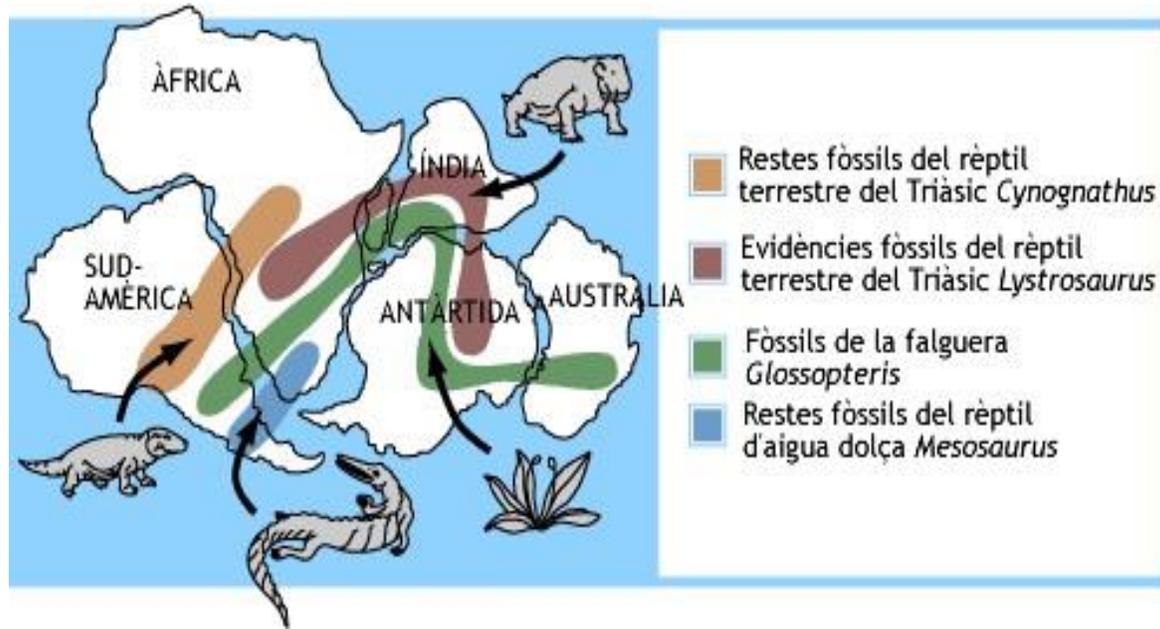


# Teoria de la tectònica de plaques o tectònica global

## Proves de la deriva continental

### Proves paleontològiques:

- ▶ La distribució comuna de fòssils paleozoics i mesozoics als diferents continents.



# Teoria de la tectònica de plaques o tectònica global

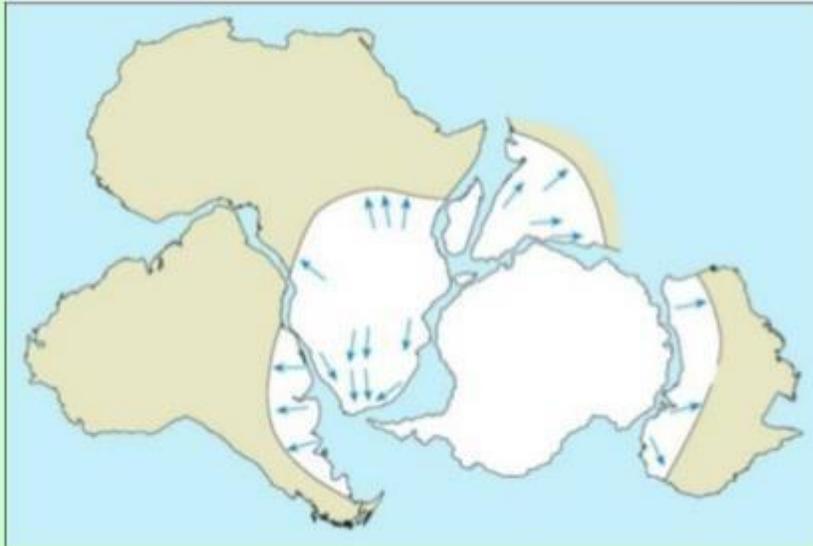
## Proves de la deriva continental

### Proves paleoclimàtiques:

- ▶ La distribució dels esculls coral·lins, glaceres i depòsits de carbó del Carbonífer i del Permià no es pot explicar amb la posició actual dels continents.

## La deriva continental de Wegener: proves

Glaciació a Godwana fa 250 m. d'a. i direcció dels gels



paleoclimàtiques

# Teoria de la tectònica de plaques o tectònica global

## Teoria de l'expansió del fons oceànic

- ▶ Plantejada per Harry Hess (1962), amb aportacions de Vine i Matthews.
- ▶ Aquesta teoria considera quatre fets significatius:
  - ▶ La cartografia dels fons oceànics, que presenta dorsals, fosses i grans falles submarines.
  - ▶ Al Rift hi ha laves basàltiques, cosa que prova que sorgeixen roques incandescentes.
  - ▶ Els materials de l'escorça oceànica son més joves que els de l'escorça continental.
  - ▶ L'escorça oceànica presenta una sèrie de bandes magnètiques paral·leles i simètriques respecte a l'eix del Rift ( descobert per Vine i Matthews).

# Teoria de la tectònica de plaques o tectònica global

## Teoria de l'expansió del fons oceànic

- ▶ Aquesta teoria proposa que a través del rift de les dorsals oceàniques s'expulsa material magmàtic procedent de l'astenosfera i aquest material genera nou sòl oceànic que es desplaça als dos costats de la dorsal.

# Teoria de la tectònica de plaques o tectònica global

## Teoria de l'expansió del fons oceànic: proves

### Edat de les roques del fons marí:

- ▶ A les dorsals oceàniques l'edat dels materials dipositats s'incrementa des del rift de les dorsals cap als continents (els materials són més recents al rift i més antics prop dels continents).

### Gruix dels sediments:

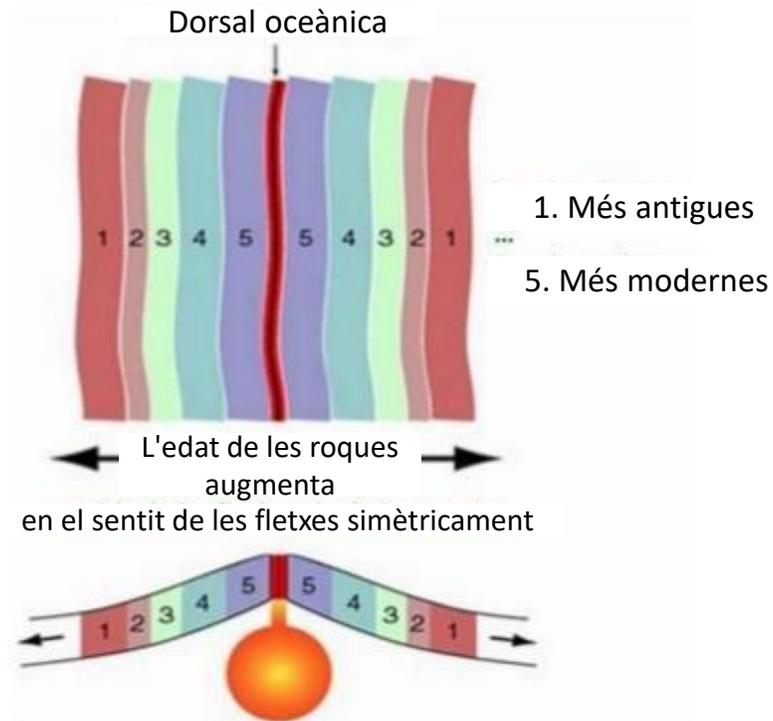
- ▶ El gruix és menor prop del rift i més gran prop dels continents.

## PROVES DE L'EXPANSIÓ DEL FONS OCÈANIC

Les principals proves que demostren l'expansió del fons oceànic són:

Que els basalts dels fons oceànics siguin recents ( $\leq 135$  m.a.), i que la seva edat disminueixi al apropar-nos a la dorsal.

El centre de la dorsal té els materials més joves.



# Teoria de la tectònica de plaques o tectònica global

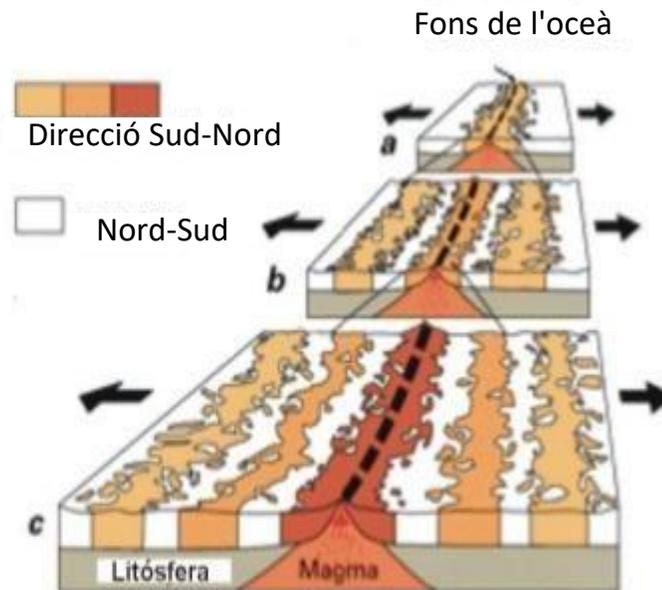
## Teoria de l'expansió del fons oceànic: proves

- ▶ El canvi de sentit del camp magnètic queda gravat a les roques que ixen de les dorsals, i produeix un sistema de bandes als dos costats de la dorsal.

## L'EXPANSIÓ DEL FONS OCEÀNIC

Les principals proves que demostren l'expansió del fons oceànic són:

1. Estudi del magnetisme: mostra que a banda i banda de les dorsals existeixen bandes paral·leles i simètriques de roques que tenen la mateixa polaritat magnètica.
2. L'edat de les roques volcàniques del fons oceànic augmenta a mesura que ens allunyem de la dorsal.



*Veure una animació sobre la simetria de la polaritat magnètica de les roques a banda*

# Teoria de la tectònica de plaques o tectònica global

## Teoria de la tectònica de plaques o tectònica global

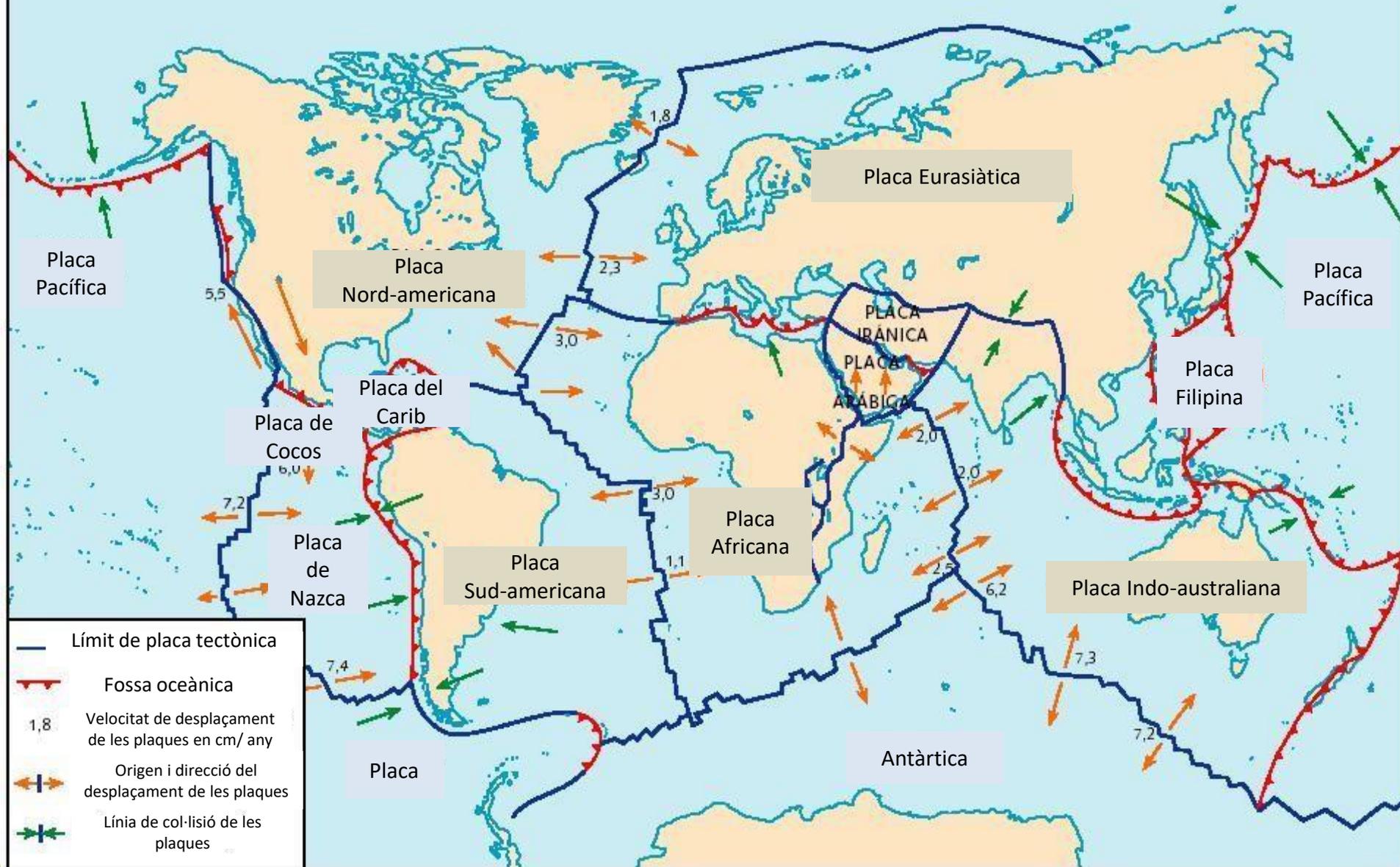
- ▶ En el model dinàmic, la capa més superficial és la **litosfera**, una placa sòlida, rígida i fragmentada en **plaques litosfèriques** (la calor interna de la Terra fragmenta la litosfera en plaques que es desplacen sobre l'astenosfera).
- ▶ **Les plaques, en funció de la seua natura, poden ser:**
  - ▶ Oceàniques
  - ▶ Continentals
  - ▶ Mixtes

# Teoria de la tectònica de plaques o tectònica global

## Teoria de la tectònica de plaques o tectònica global

- ▶ Segons la grandària, diferenciem
  - ▶ Macroplaques
  - ▶ Microplaques
- ▶ Les plaques presenten límits, que poden ser:
  - ▶ **Convergents** (col·lisió o destructius)
  - ▶ **Divergents** (distensió o constructius)
  - ▶ **Transformants** (lliscants o conservatius)

# DISTRIBUCIÓ SUPERFICIAL DE LES PLAQUES LITOSFÈRIQUES

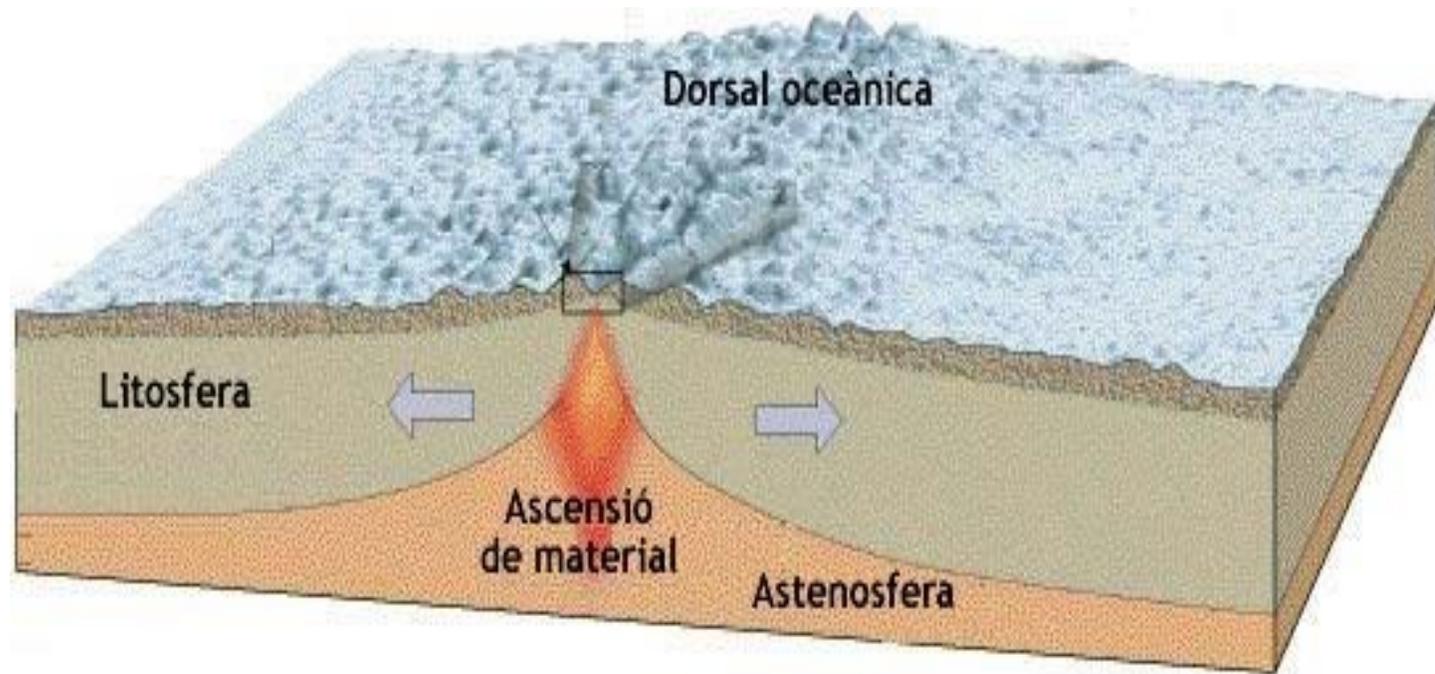


# Teoria de la tectònica de plaques o tectònica global

## Teoria de la tectònica de plaques o tectònica global

### Límits divergents

- ▶ Anomenats també de **distensió** (les forces que actuen són de distensió) o **constructius** (perquè són zones que generen nova litosfera).
- ▶ Estructura geològica: dorsal oceànica (aquests límits coincideixen amb una estructura geològica, la dorsal oceànica).
- ▶ A partir del rift de la dorsal ix material de l'interior terrestre (les corrents de convecció a l'astenosfera són ascendents i divergents, fet que provoca l'ascens de material) que generarà nova litosfera.
- ▶ Rift continental (menys freqüent).



# Teoria de la tectònica de plaques o tectònica global

## Teoria de la tectònica de plaques o tectònica global

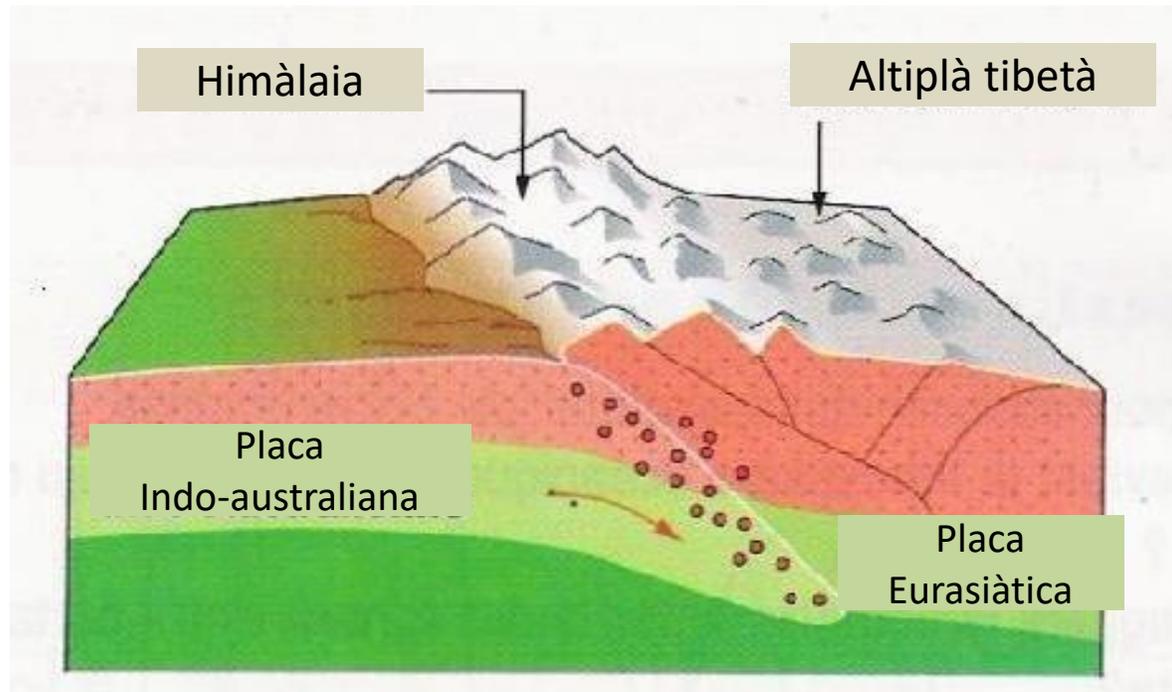
### Límits convergents

- ▶ Anomenats també de col·lisió (en aquestes zones les plaques col·lideixen, actuen les forces de compressió) o destructius (perquè es destrueix litosfera).
- ▶ Es poden donar **tres supòsits**:
  - ▶ Col·lisió de dues plaques continentals
  - ▶ Col·lisió d'una placa continental i una placa oceànica.
  - ▶ Col·lisió de dues plaques oceàniques.

# Teoria de la tectònica de plaques o tectònica global

Dues plaques continentals:

- ▶ En col·lidir dues plaques continentals (procés d'obducció) es formen serralades (formació de l'Himàlaia).



# Teoria de la tectònica de plaques o tectònica global

Dues plaques oceàniques:

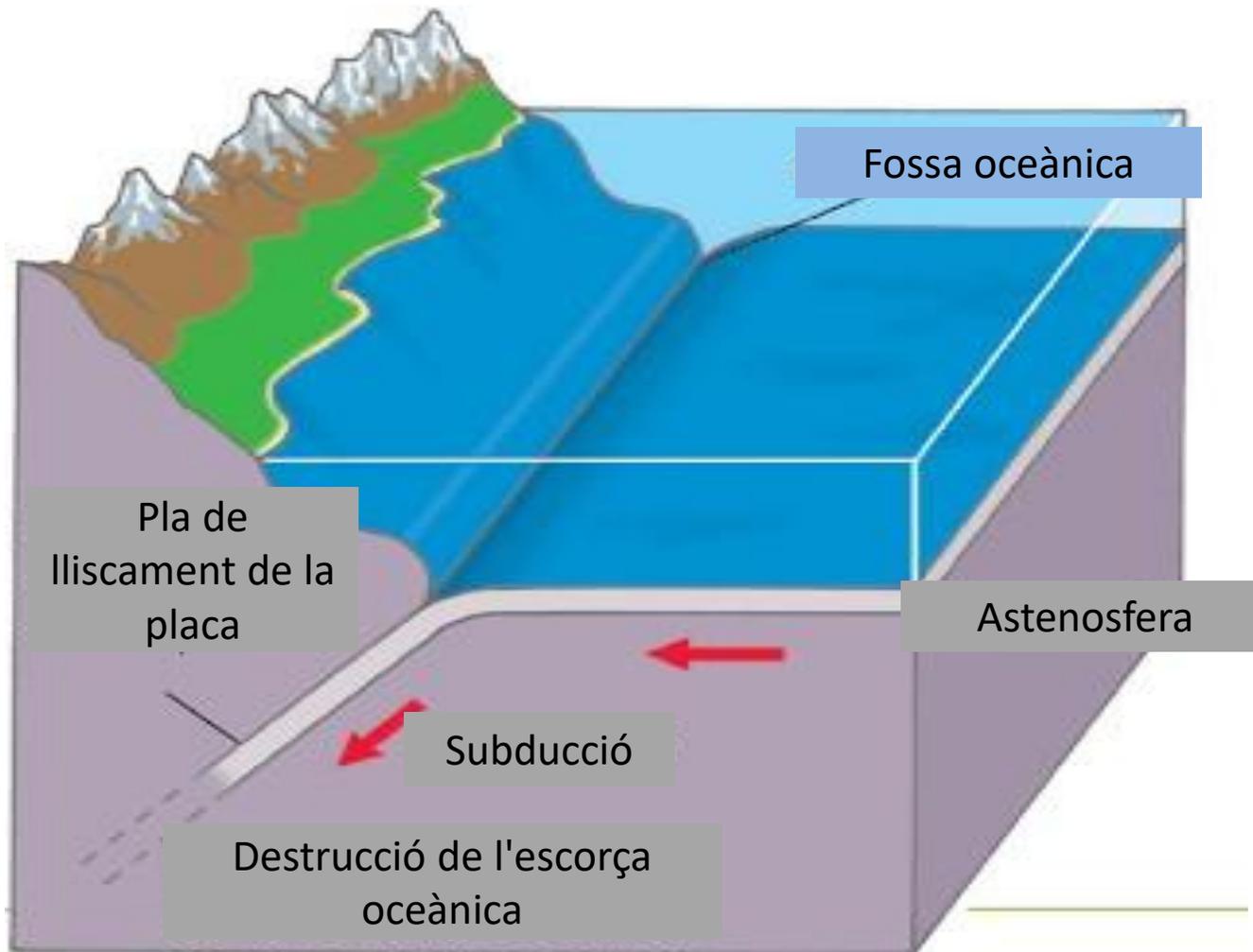
- ▶ En col·lidir dues plaques oceàniques es produeix un procés de subducció i es formen arcs d'illes (les dues plaques presenten una densitat molt semblant).



# Teoria de la tectònica de plaques o tectònica global

Una placa oceànica i una de continental:

- ▶ En col·lidir una placa continental i una d'oceànica es produeix un procés de subducció. La diferència de densitats entre les dues plaques, l'oceànica és més densa, provoca que l'oceànica se subduísca davall la continental i forme un pla anomenat pla de Benioff, que forma un angle de  $45^\circ$  amb l'horitzontal.
- ▶ El resultat és la formació en superfície d'una fossa oceànica.



Fossa oceànica

Placa de lliscament de la placa

Astenosfera

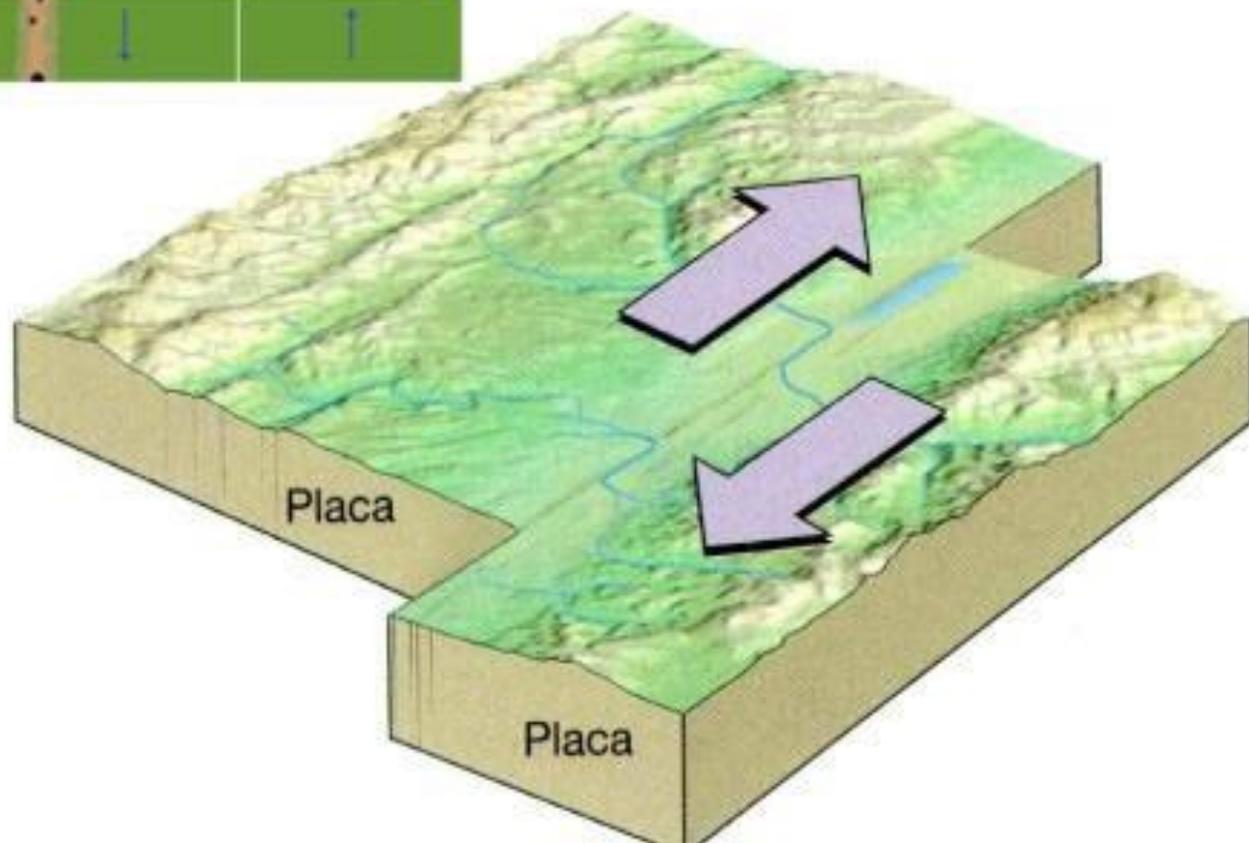
Subducció

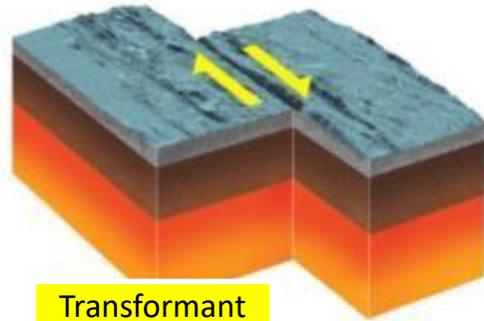
Destrucció de l'escorça oceànica

# Teoria de la tectònica de plaques o tectònica global

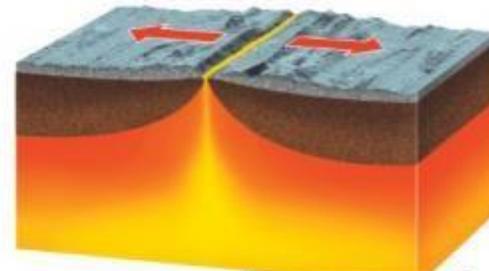
## Límits transformants

- ▶ En aquest tipus de límits es conserva la litosfera (ni es destrueix ni es genera nova litosfera) i, per tant, també s'anomenen **conservatius**.
- ▶ S'anomenen **transformants** perquè aquests límits coincideixen amb una estructura geològica (falla transformant).
- ▶ Reben el nom de **lliscants** pel moviment que experimenten les plaques.

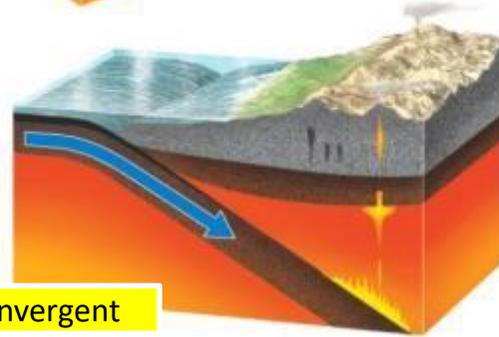




Transformant



Divergent



Convergent

Ciències Naturals per a Mestres  
Facultat de Magisteri  
Universitat de València