

Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

Asociación de Amigos del Camino de Santiago JACA



Ana Pascual  
Universidad del País Vasco UPV/EHU  
Fac. Ciencia y Tecnología. Dpto Geología

**INTRODUCCIÓN A LA GEOLOGÍA: CONCEPTOS BÁSICOS PARA COMPRENDER LA GEOLOGÍA DEL CAMINO DE SANTIAGO POR ARAGON** →

1

### INTRODUCCIÓN A LA GEOLOGÍA



- Concepto y definición de la Geología
- La Geología, el ser humano y el medio ambiente
- Algunas reseñas históricas acerca de la Geología
- Principios fundamentales: actualismo.
- El tiempo geológico.
- Una visión de la Tierra: la Tierra como un sistema
- Estructura interna de la Tierra
- La superficie de la Tierra
- Las rocas y el ciclo de las rocas

2

## CONCEPTO Y DEFINICIÓN DE GEOLOGÍA

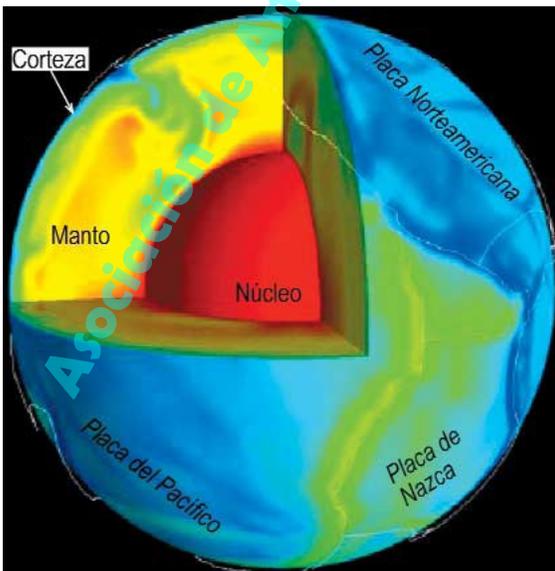
- GEA = Diosa de la tierra  
**Gea** (del latín Gæa)  
o **Gaya=Gaia** (griego antiguo)
- GEOLOGIA = Ciencia que estudia la tierra



### Dificultad en la apreciación real de los Conceptos de: ESPACIO y TIEMPO

- Espacio: Sólo conocemos la "piel de la Tierra".
- Tiempo: 4543. M.a.
- Unidad "básica" de medida: el **millón de años**.

3



### Dificultad de comprensión del concepto del Espacio en Geología

Solo podemos observar directamente la superficie del planeta

Radio medio de la Tierra=6.371km

Pozo más profundo del mundo: Koala superdeep (Rusia) = 12.262m = 12,2 Km

4

**Dificultad de comprensión del concepto del Tiempo en Geología**

**Inconscientemente, intentamos adaptar todos los procesos a nuestra escala de tiempo vital, o como mucho a la que surge de la Historia de la especie humana**

Tiempo: 4543. M.a.

5

## LA GEOLOGÍA, EL SER HUMANO Y EL MEDIO AMBIENTE (Interrelaciones)

- Riesgos naturales: volcanes, terremotos, tsunamis, inundaciones, deslizamientos....
- Recursos: agua, suelo, minerales metálicos y no metálicos, energía..... contaminación.

Los procesos geológicos tienen un impacto sobre las personas, pero también los seres humanos influimos en los procesos geológicos

6




Varios vehículos en una zona inundada por el río Alberche, 4 de septiembre de 2023, en Escalona, Toledo (por la acción de una DANA)

En algunos casos la asociación entre enfermedad y geología es muy clara. La falta de iodo en las aguas alpinas ha sido durante mucho tiempo causa de bocio.

*Habitante de las Hurdes con bocio*

7

### Impactos de la minería en el medio natural:

**La calidad de los suelos y las cicatrices del terreno**



**Contaminación atmosférica**

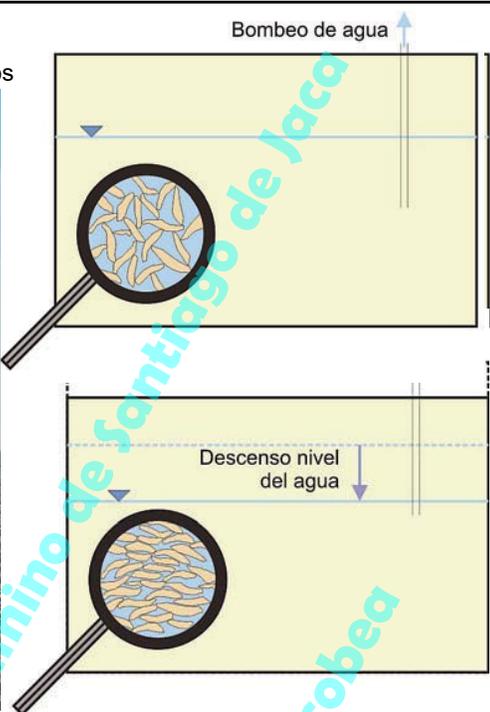


**Aguas y lodos residuales**



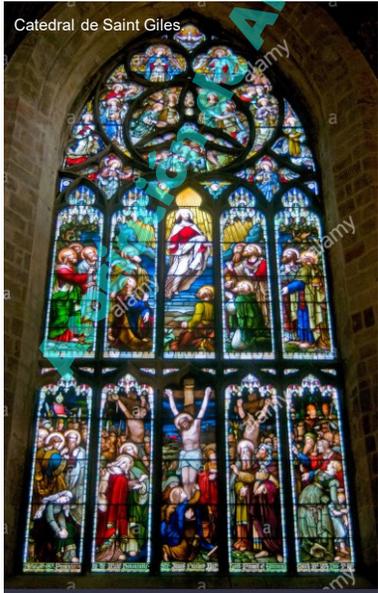
8

**SUBSIDENCIA**  
Por extracción de agua o hidrocarburos

9

**ALGUNAS RESEÑAS HISTÓRICAS ACERCA DE LA GEOLOGÍA**



Catedral de Saint Giles



Muro de Adriano (año 122) Edimburgo

James HUTTON (1788): "Uniformismo"

James Ussher (arzobispo anglicano). "Los anales del mundo" (1650): "Dios creó la Tierra y los mares: el sábado 22 de octubre del año 4004 a.C".

10

## ALGUNAS RESEÑAS HISTÓRICAS ACERCA DE LA GEOLOGÍA

### **Uniformismo**

James HUTTON (1788): "**Uniformismo**" (Las leyes y procesos naturales siempre son uniformes). "Las leyes físicas, químicas y biológicas que actúan hoy, lo han hecho también en el pasado geológico".

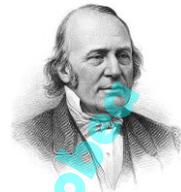


Charles LYELL (1832): Teoría del **Actualismo**, complementa al del Uniformismo. "**el presente es la clave del pasado**".



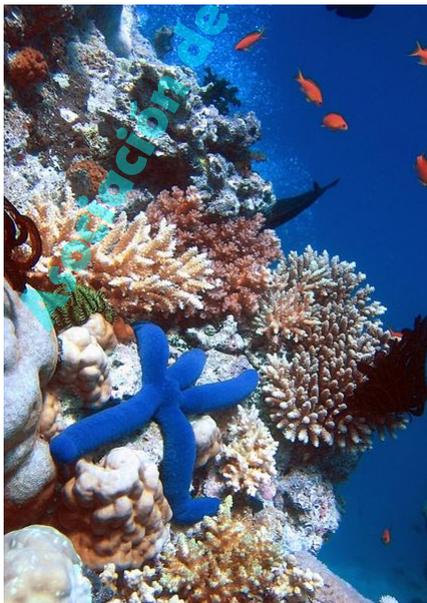
### **Catastrofismo**

AGASSIZ (Catastrofista) además de CUVIER (1769-1832): los hitos en la evolución de la Tierra fueron eventos catastróficos, no cambios graduales...

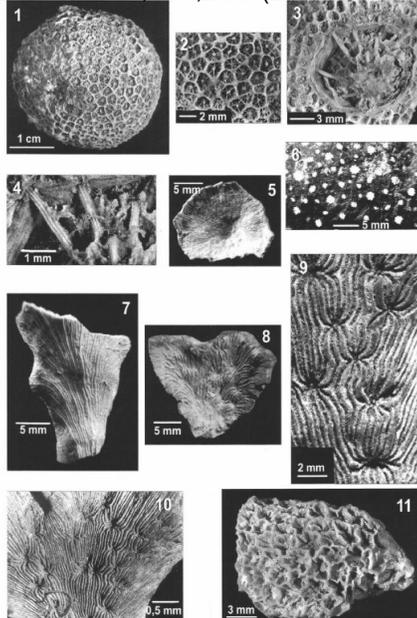


11

**Actualismo,**  
"el presente es la clave del pasado".

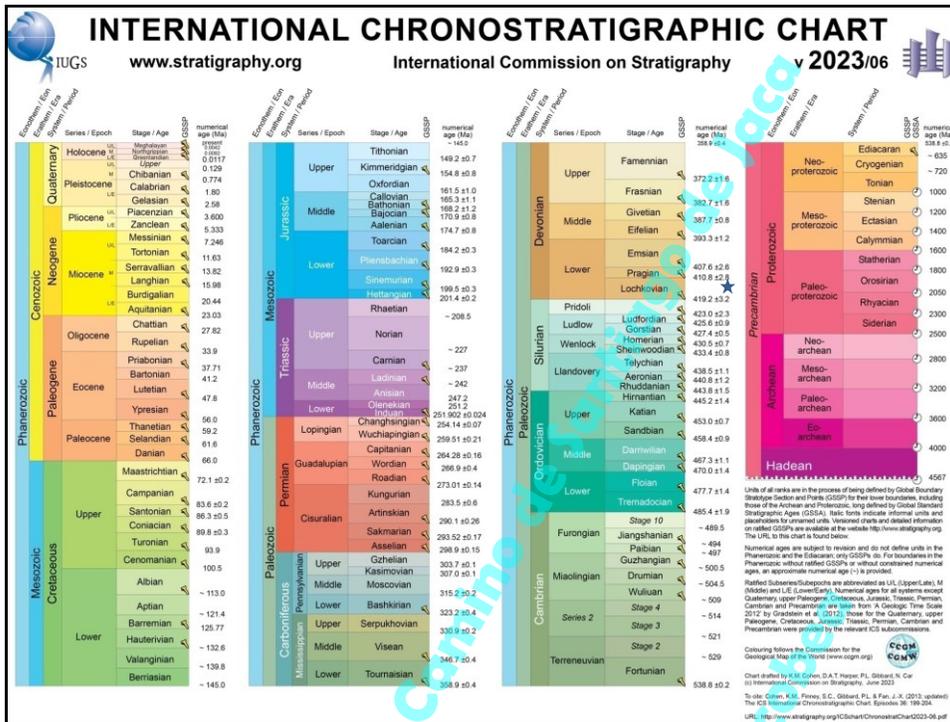


Bartonense 40,4-37,2 Ma (Eoceno Medio)



Formación Belsue-Atarés: →

12



13

## EL CONCEPTO DE TIEMPO EN GEOLOGIA

**SUCESIÓN DE ACONTECIMIENTOS**

**Datación relativa**

El libro azul se ha colocado después que el rojo y antes que el verde.

**Datación absoluta**

- **ESCALAS CRONOLÓGICAS RELATIVAS**
- Los acontecimientos se colocan en su secuencia u orden sin conocer su edad absoluta.
- **ESCALAS CRONOLÓGICAS ABSOLUTAS**
- Obtención de las fechas de los acontecimientos ocurridos en la Tierra.

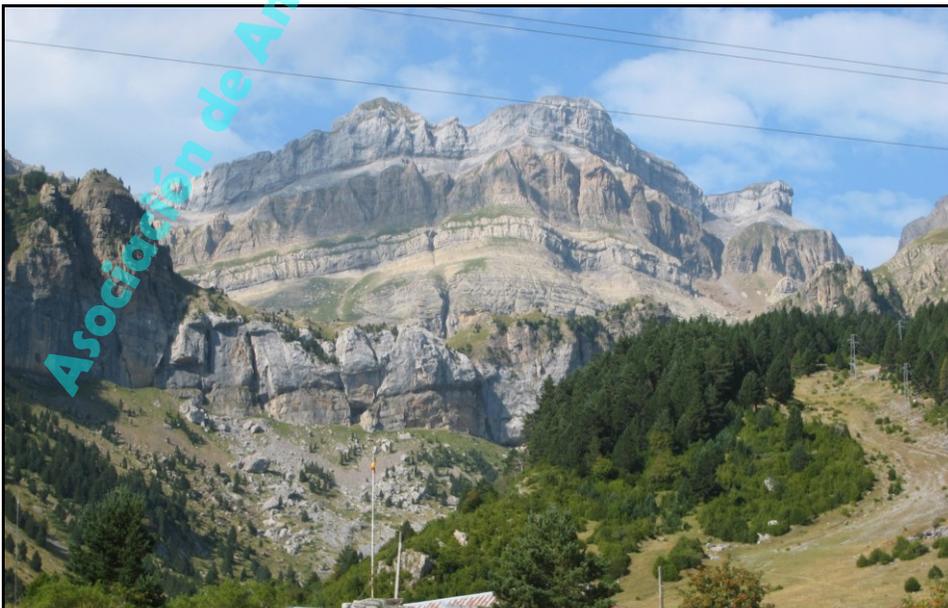
14

• **ESCALAS CRONOLÓGICAS RELATIVAS**

- Los acontecimientos se colocan en su secuencia u orden sin conocer su edad absoluta.



15



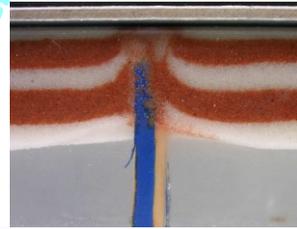
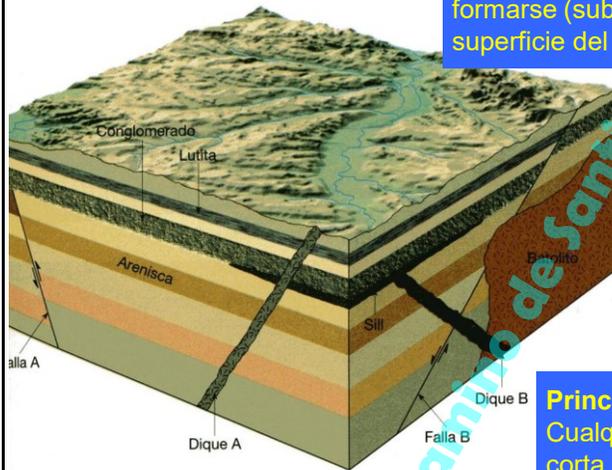
**LEY DE LA SUPERPOSICIÓN DE ESTRATOS** 

*"En una sucesión de estratos depositados horizontalmente, cada capa o estrato que se superpone a otra es más joven o moderna que ella" (Steno, 1669)*

16

## PRINCIPIO DE LA HORIZONTALIDAD ORIGINAL y PRINCIPIO DE INTERSECCIÓN

**Principio de Horizontalidad original:** las unidades de rocas tienden en general a formarse (sub)horizontales sobre la superficie del planeta



**Principio de intersección:** Cualquier estructura o unidad que corta a otra es en edad posterior a ella

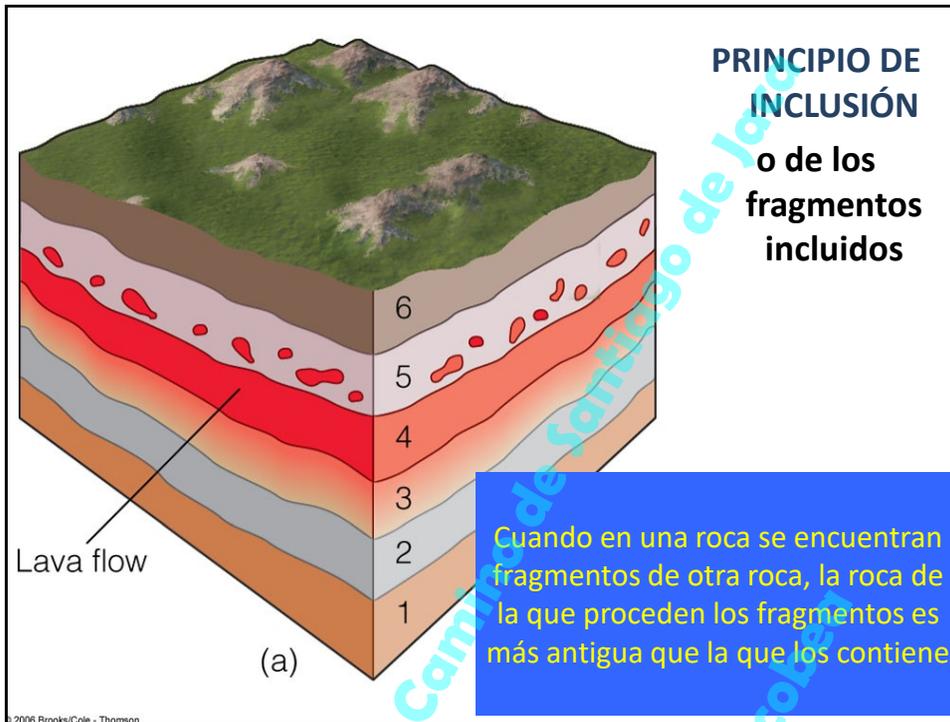
17



## PRINCIPIO DE LA CONTINUIDAD LATERAL

Un estrato tiene la misma edad a lo largo de toda su extensión horizontal.

18



19



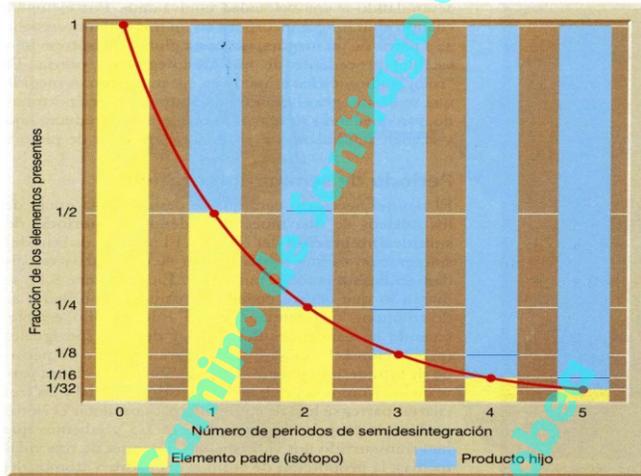
20



**VIDA MEDIA**, duración promediada de un isótopo radiactivo previa a su desintegración

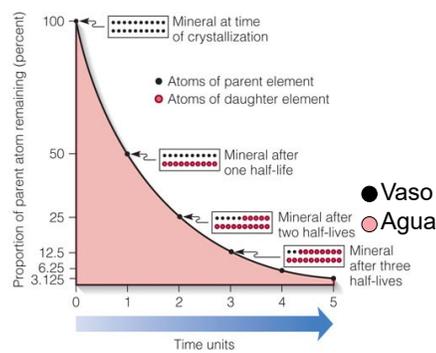
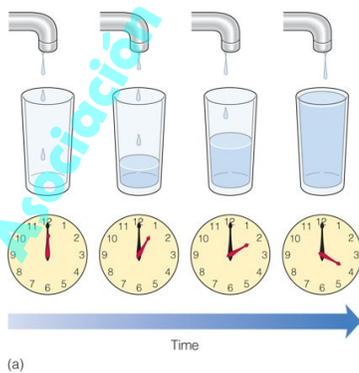
**Periodo de semidesintegración**, tiempo que transcurre hasta que la cantidad de núcleos radiactivos de un isótopo radiactivo se reduce a la mitad de la cantidad inicial

Curva de desintegración radiactiva



23

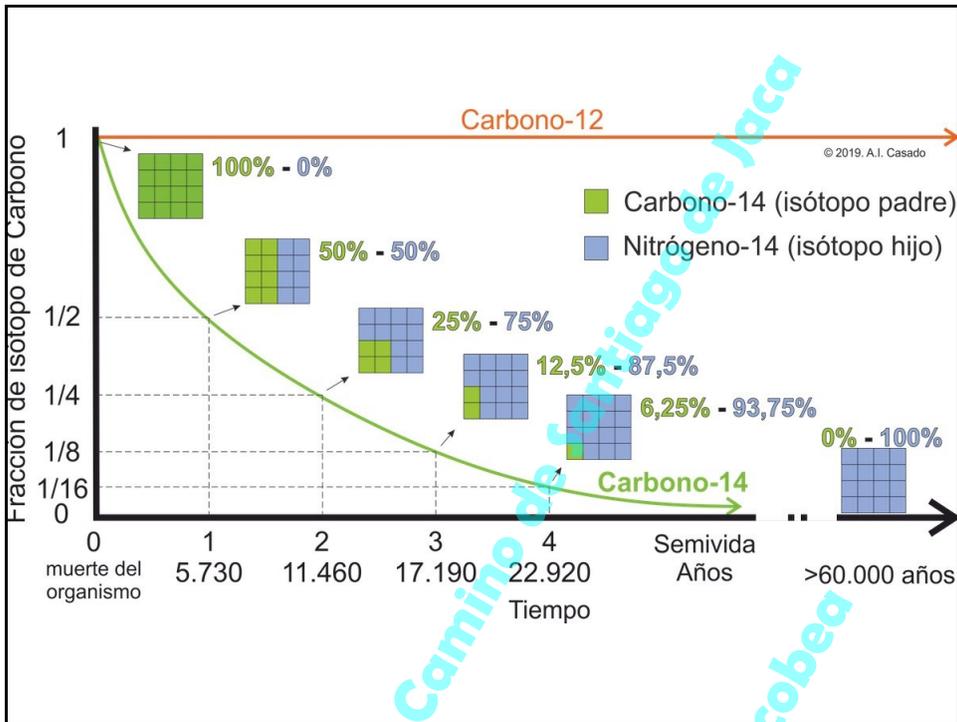
### Cambios similares: vida media



### Principio de la datación radiométrica

La proporción padre/hijo se determina mediante un **espectrómetro de masas**, instrumento que mide las proporciones de átomos de diferentes masas.

24



25

When an organism dies,  $C^{14}$  converts back to  $N^{14}$  by beta decay.

Carbon 14  $\xrightarrow{\text{Beta decay}}$  Nitrogen 14

• Proton    • Neutron

### Datación $C_{14}$ .

#### El ciclo del carbono

$C_{12}$  y  $C_{13}$  = estables

$C_{14}$  = inestable (radiactivo)

$C_{14}$  se forma constantemente en la atmósfera.

Luego se asimila en el ciclo del carbono y es absorbido por los seres vivos.

Mientras un organismo está vivo la proporción  $C_{14} / C_{12}$  permanece constante.

Pero cuando el organismo muere el  $C_{14}$  no se repone.

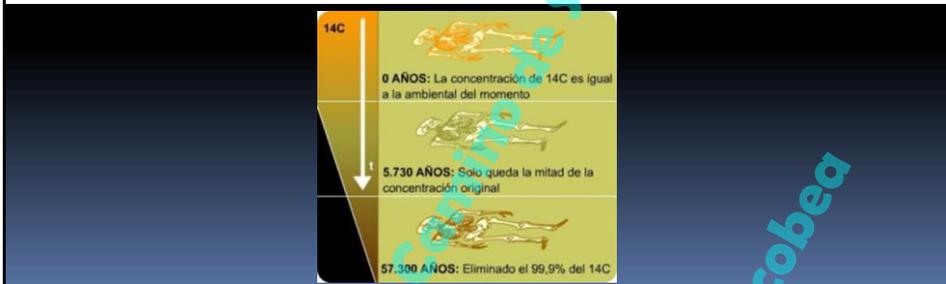
Comparando las proporciones  $C_{14} / C_{12}$  en una muestra se puede determinar la edad de la muestra .

(Medidas < 50.000 años)

26

## Periodos de semidesintegración de algunos elementos comunes

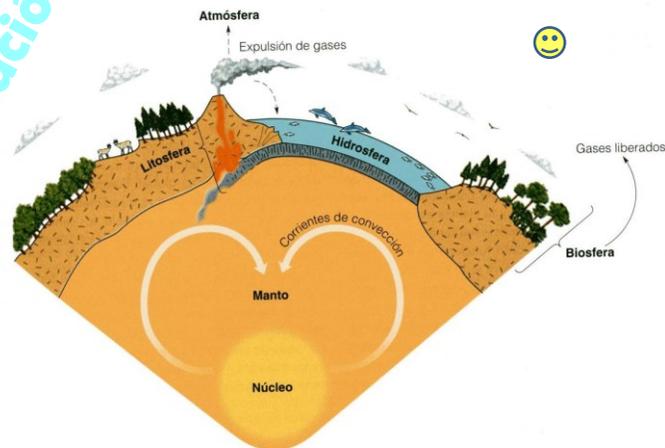
Uranio 235	$7,038 \cdot 10^8$ años	Uranio 238	$4,468 \cdot 10^9$ años	Potasio 40	$1,28 \cdot 10^9$ años
Rubidio 87	$4,88 \cdot 10^{10}$ años	Calcio 41	$1,03 \cdot 10^5$ años	Carbono 14	5760 años
Radio 226	1602 años	Cesio 137	30,07 años	Bismuto 207	31,55 años
Estroncio 90	28,90 años	Cobalto 60	5,271 años	Cadmio 109	462,6 días
Yodo 131	8,02 días	Radón 222	3,82 días	Oxígeno 15	122 segundos



27

## UNA VISIÓN DE LA TIERRA: LA TIERRA COMO UN SISTEMA

La atmósfera, la hidrosfera, la biosfera, la litosfera, el manto y el núcleo son subsistemas de la Tierra que interactúan entre sí constantemente.



**Fuentes de energía:** el Sol y el Calor interno de la Tierra

28

## ESTRUCTURA INTERNA DE LA TIERRA

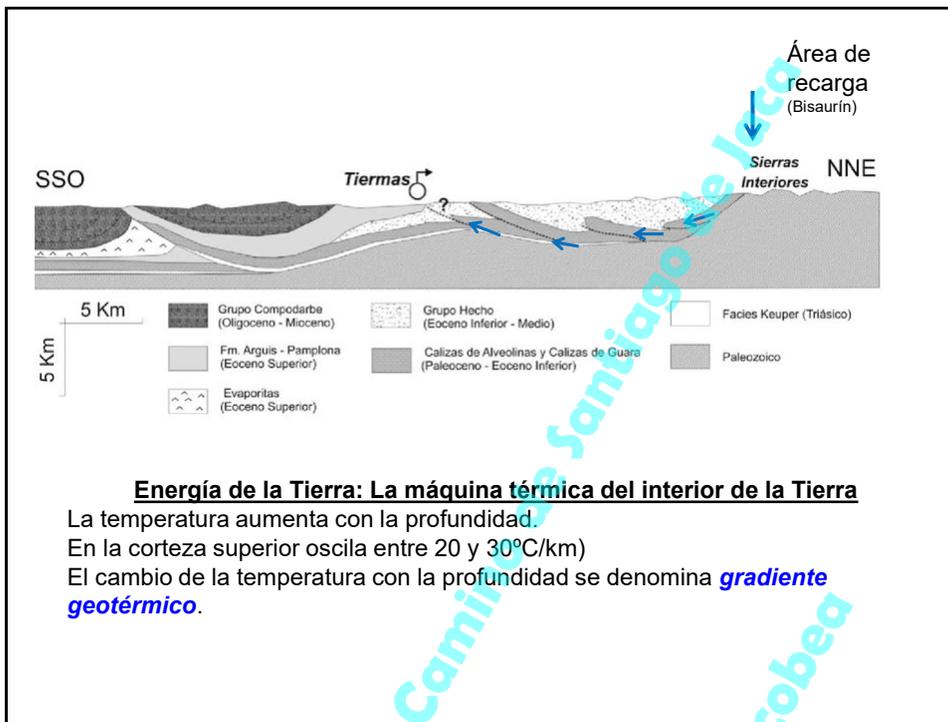
**PROPIEDADES FÍSICAS DEL PLANETA:  
ENERGÍA INTERNA, SISMICIDAD,  
MAGNETISMO**

**Nos sirven para conocer cómo es el  
interior de la Tierra: su estructura  
GEOFISICA**

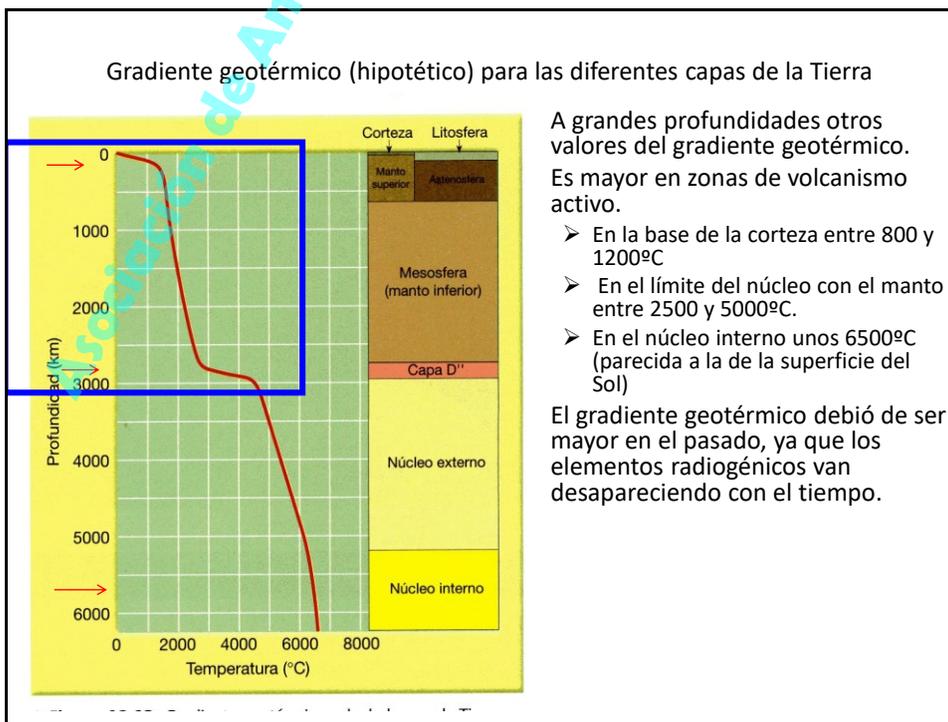
29



30



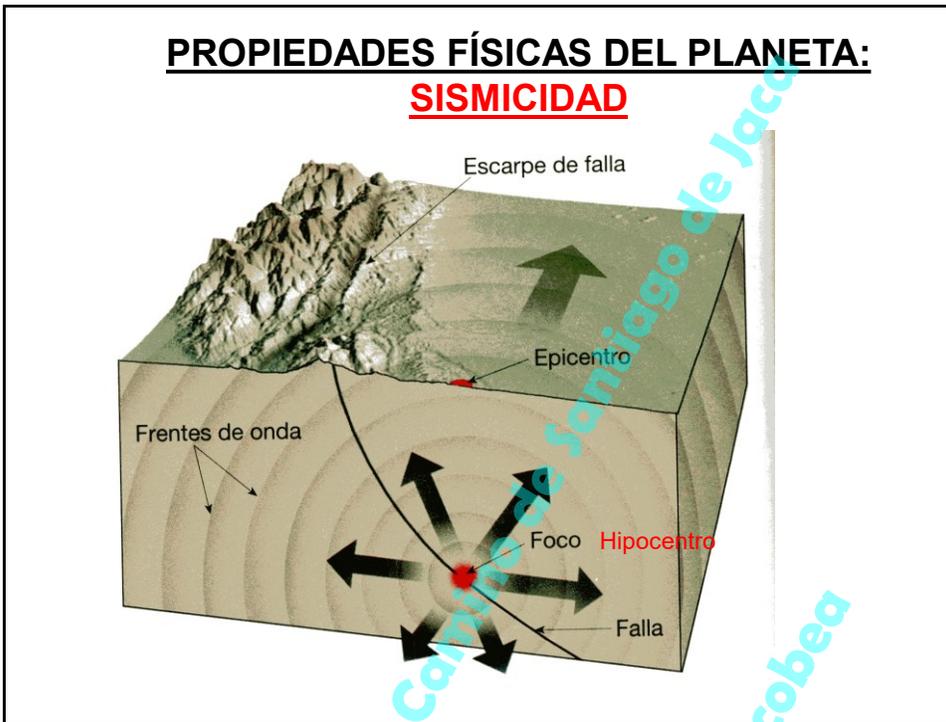
31



32

# PROPIEDADES FÍSICAS DEL PLANETA:

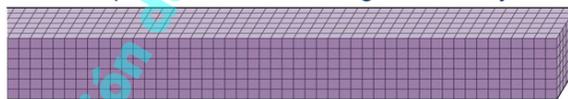
## SISMICIDAD



33

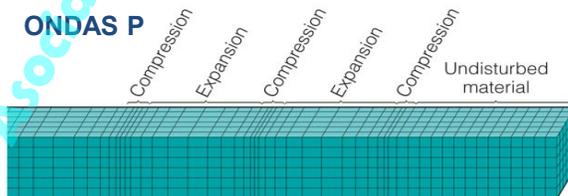
## Tipos de Ondas SíSMICAS

[http://www.visionlearning.com/library/module\\_viewer.php?mid=69](http://www.visionlearning.com/library/module_viewer.php?mid=69)



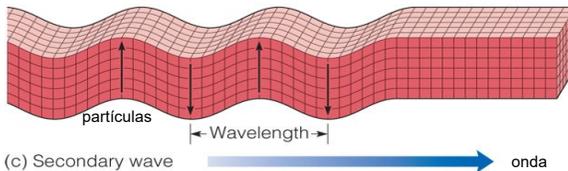
(a) Undisturbed material

### ONDAS P

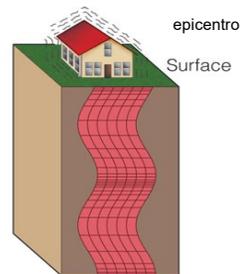


(b) Primary wave

### ONDAS S



(c) Secondary wave

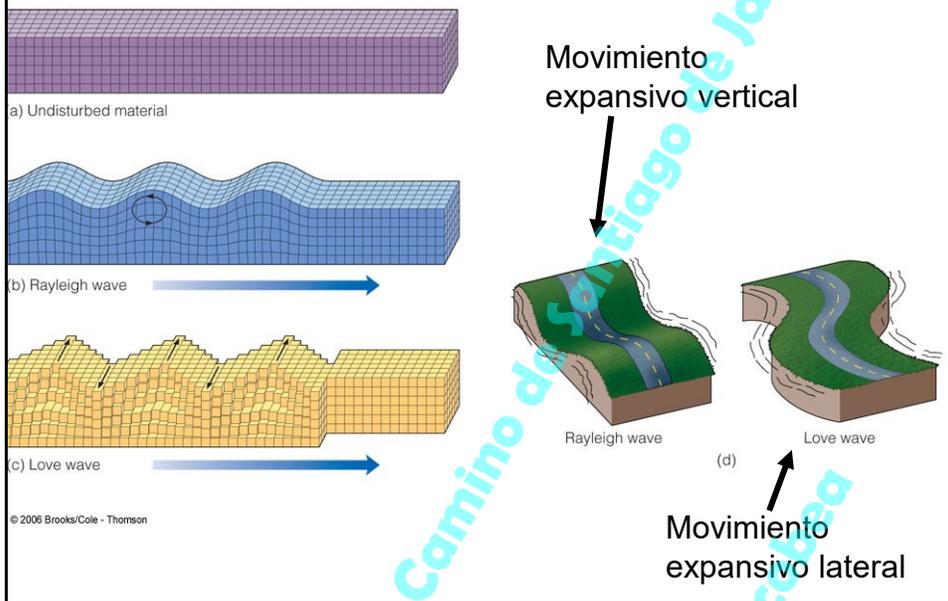


Focus (d)

© 2006 Brooks/Cole - Thomson

34

## Ondas superficiales

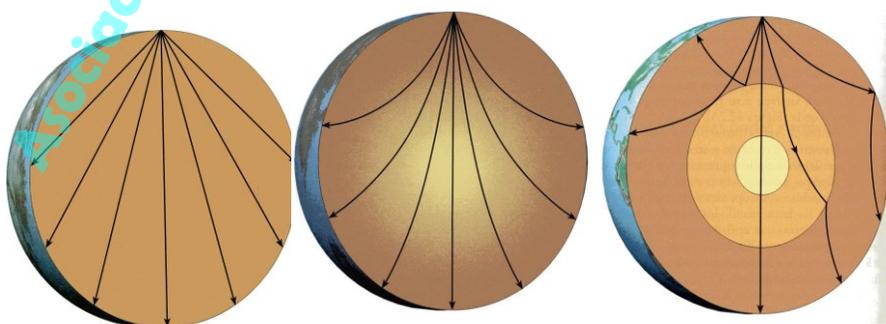


35

Los geofísicos provocan terremotos en miniatura (como las antiguas explosiones nucleares) y observan como se propagan las ondas.

Establecen así las estructuras internas de la Tierra.

Las ondas no se transmiten a la misma velocidad por el interior de la tierra, existen CAPAS, donde se registran descensos de velocidad. Es decir, existe una heterogeneidad en el interior de la tierra



Planeta homogéneo

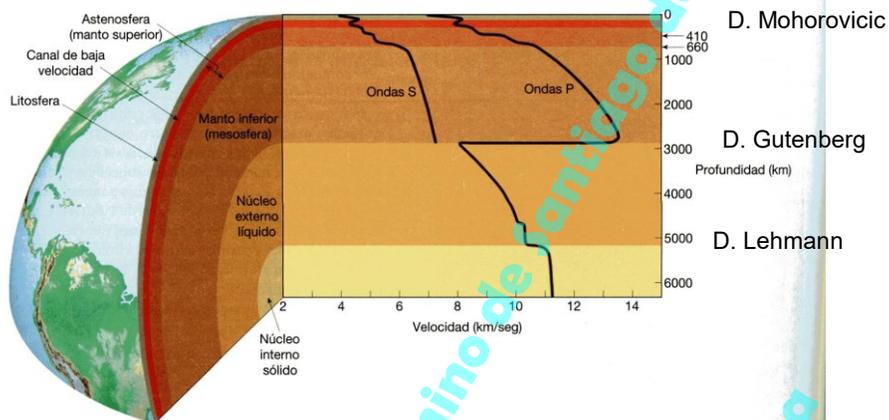
Planeta heterogéneo  
Incrém. densidad progresiva

Planeta heterogéneo en capas: La Tierra

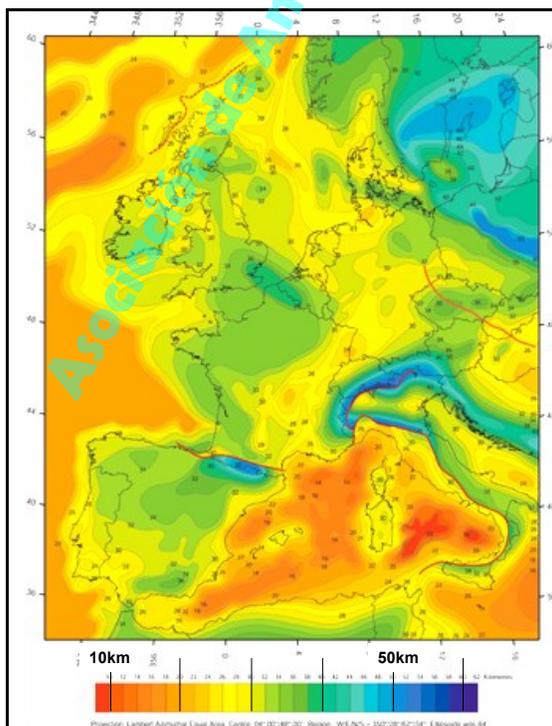
Ondas sísmicas y estructura de la Tierra

36

Variaciones en la velocidad de las ondas P y S con la profundidad: **CAPAS DE LA TIERRA (definidas por su composición)**

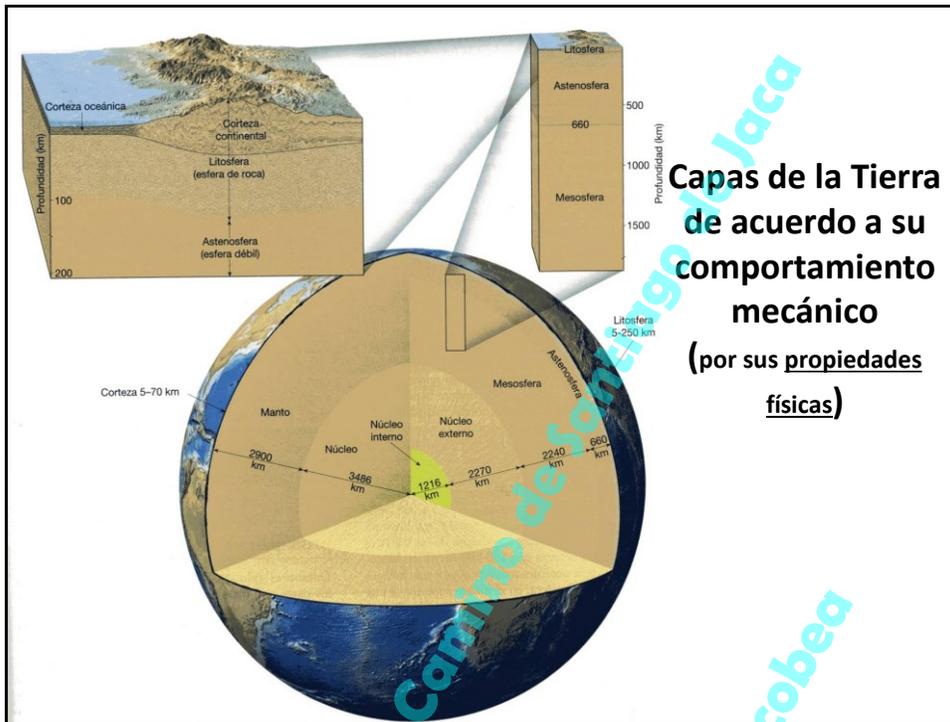


37

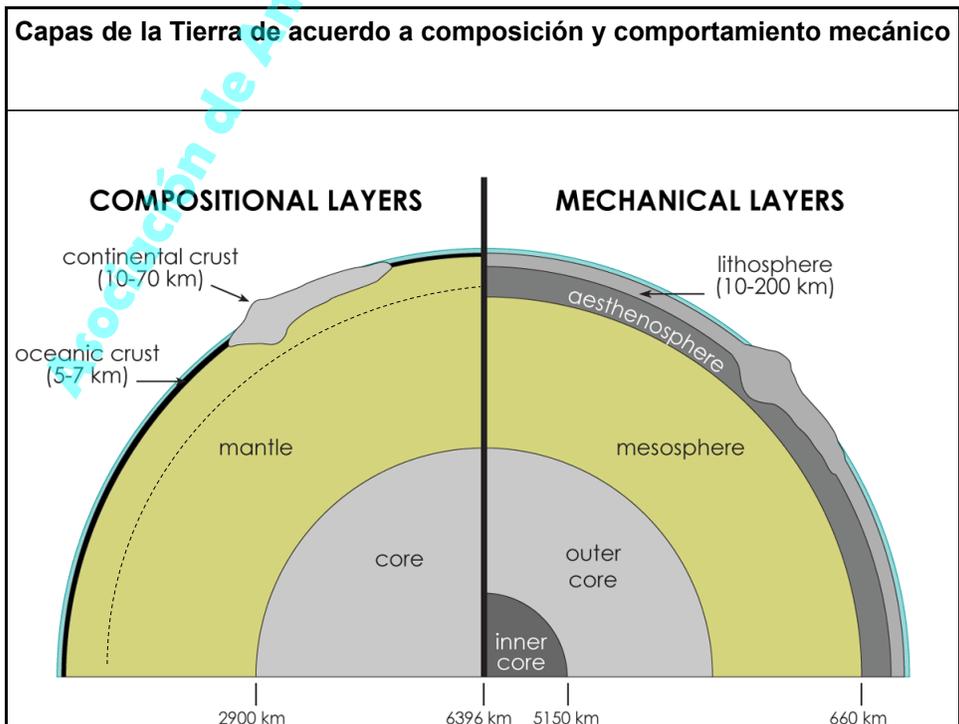


PROFUNDIDAD DE LA DISCONTINUIDAD DE MOHOROVICIC (Contacto **corteza-manto**) EN EUROPA  
Campañas de sismica profunda en el continente europeo

38

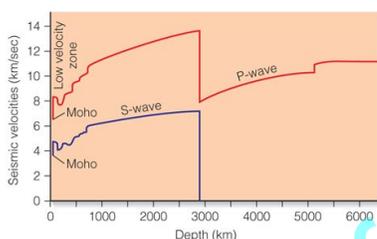
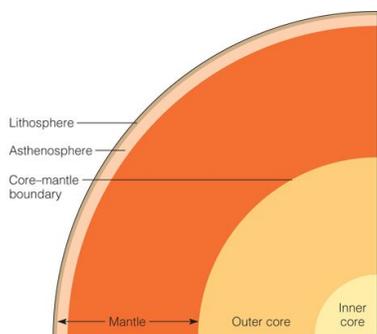


39



40

## Litosfera y Astenosfera



- **Litosfera** = Rígida y quebradiza, con un grosor medio de 100 km, ocupa la **corteza y una parte del manto superior** (por encima de astenosfera). Está dividida en una serie de **placas**.
- **Astenosfera** (A = No, Sthenos= consistencia) = Temperaturas altas de unos 1400 °C Se extiende hasta casi unos 700 km de profundidad, es decir, **el resto del manto superior**.
- Las rocas están cerca de su punto de fusión y son **menos elásticas y más plásticas**, lo que explica la **disminución de la velocidad de las ondas sísmicas**. Es una zona importante porque puede que sea donde se genera parte del magma.
- **D. de Repetti**
- **Mesosfera**: Manto inferior (entre 660 y 2900km). Rocas resistentes pero al estar todavía muy calientes pueden fluir.

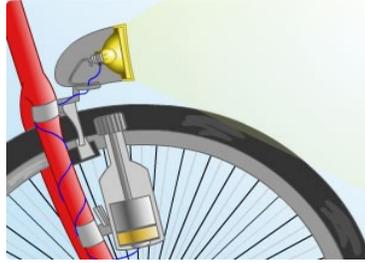
41

## PROPIEDADES FÍSICAS DEL PLANETA:

### MAGNETISMO TERRESTRE

- Tierra: Dinamo que genera energía. Además, se comporta como un imán. Este hecho es conocido desde el siglo XI cuando los árabes crearon las brújulas.
- Magnetismo terrestre = conjunto de los efectos del campo magnético ligado a la Tierra. Este campo es análogo al que desarrollaría una barra imantada situada en el centro del globo terrestre (dipolo magnético central) y se llama CAMPO DIPOLAR, CAMPO DE GAUSS O CAMPO GEOMAGNETICO

42



**Dinamo:** aparato que transforma la rotación mecánica en eléctrica (electromagnética)

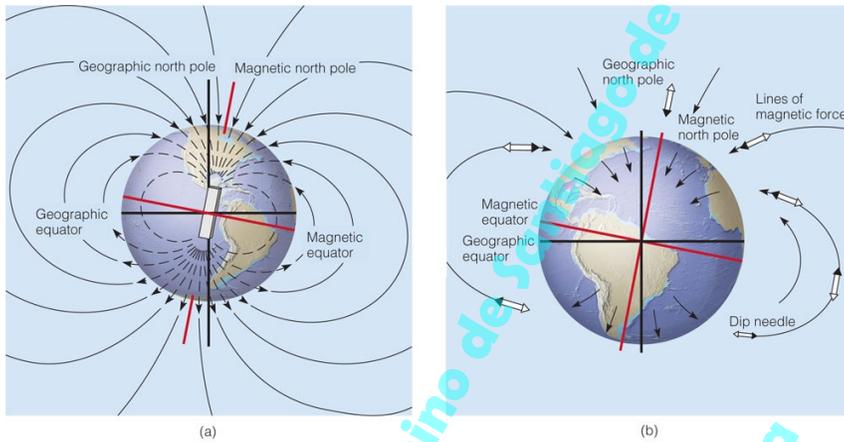


43



44

■ Como promedio, durante un periodo largo de tiempo se puede considerar que esta barra se alinea con el eje de rotación de la tierra, aunque a veces se aparta considerablemente (actualmente unos  $11.5^{\circ}$ - $15^{\circ}$ ). Este movimiento es la **VARIACION O DERIVA SECULAR**.

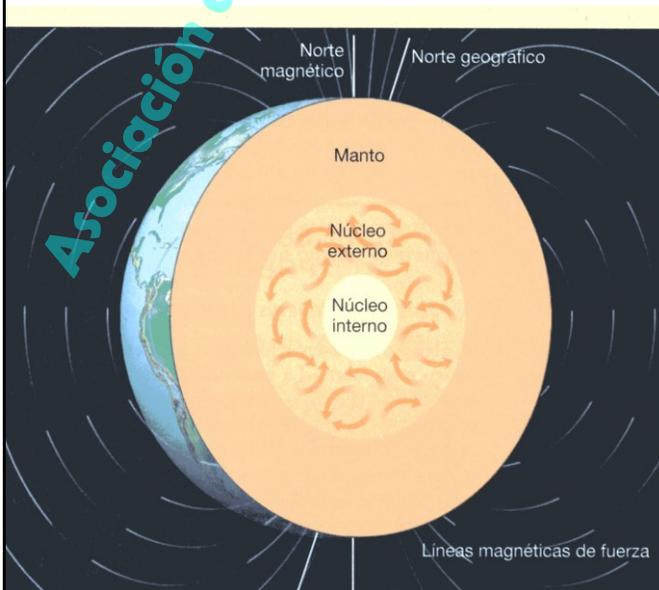


© 2006 Brooks/Cole - Thomson

El campo magnético terrestre

45

**Campo magnético de la Tierra: probablemente generado por convección de la aleación de Fe fundido del núcleo externo líquido**



El campo magnético no puede tener su origen en un material permanentemente magnetizado, porque el interior de la Tierra está demasiado caliente para que cualquier material conserve su magnetismo.

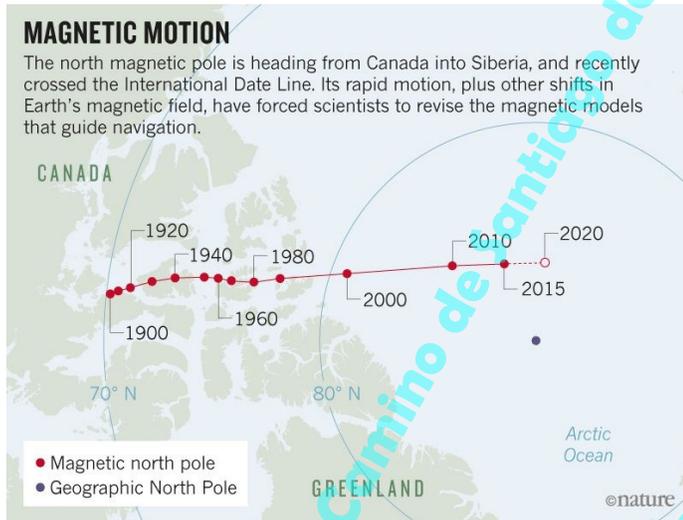
La explicación más aceptada es que el núcleo está compuesto por un material conductor de la electricidad como es el Fe y además es móvil.

**EFFECTO ELECTROIMÁN**

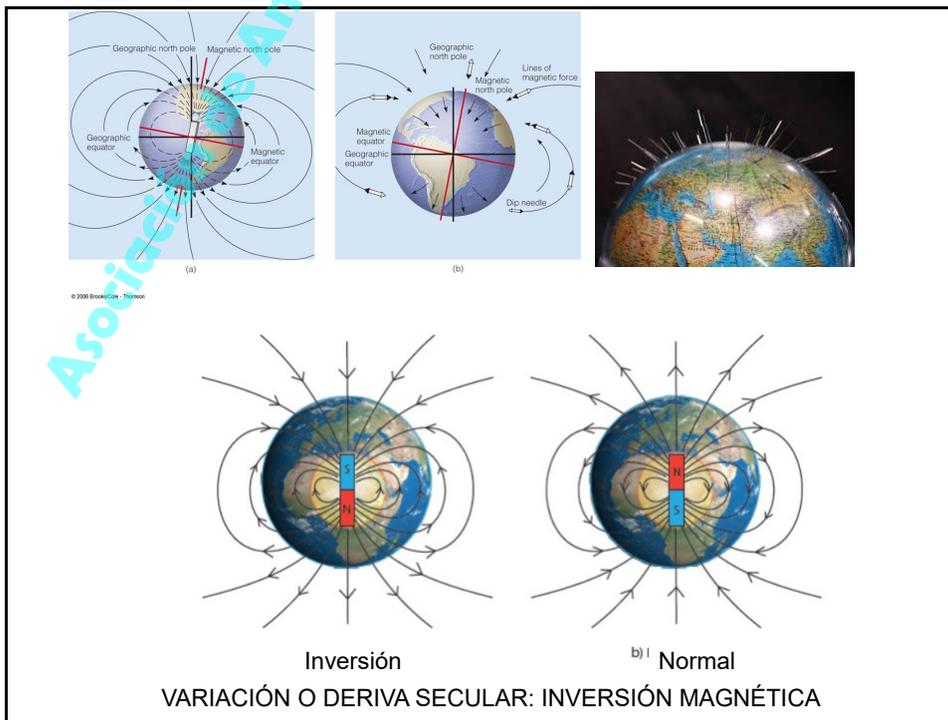
46

NATURE: 09 January 2019

**Earth's magnetic field is acting up and geologists don't know why**  
Erratic motion of north magnetic pole forces experts to update model that aids global navigation.



47



48

El límite entre el núcleo y el manto es la malla azul , el límite entre el núcleo interno y el externo es la malla roja

Campo magnético simulado      Inversión magnética

**INVERSIONES DEL CAMPO MAGNÉTICO:** Se comprueba al medir el **paleomagnetismo** (con un magnetómetro) que el campo magnético ha variado de orientación y actividad (DERIVA SECULAR), pudiendo describirse el itinerario de los polos o su inversión.

En la mitad de la inversión

(Extraído de Ciencia @NASA)

49

**PALEOMAGNETISMO:**  
El avance en la idea de la Tectónica

Los minerales magnéticos se incorporan y “fijan” tanto en rocas sedimentarias como ígneas

**Magnetita,** típico mineral magnético

50

**Paleomagnetismo**

La imanación permanente coincide con la dirección del campo magnético terrestre en el lugar y momento de la formación de la roca, cuando contiene elementos ferromagnéticos = IMANACION PALEOMAGNETICA

A altas temperaturas los minerales no son magnéticos, pero cuando se enfrían, sus partículas toman una dirección paralela a la de las líneas de fuerza del campo terrestre.

Este magnetismo es indicador permanente del estado del campo magnético terrestre EN ESE MOMENTO CONCRETO.

Paleomagnetismo conservado en coladas de lava de varias edades

**MAGNETISMO TERRESTRE**

51

Puente Torrijos: estudios de paleomagnetismo en el flysch. →

52



53

### Inclinación magnética



Los minerales magnéticos se inclinan de forma diferente según la latitud:

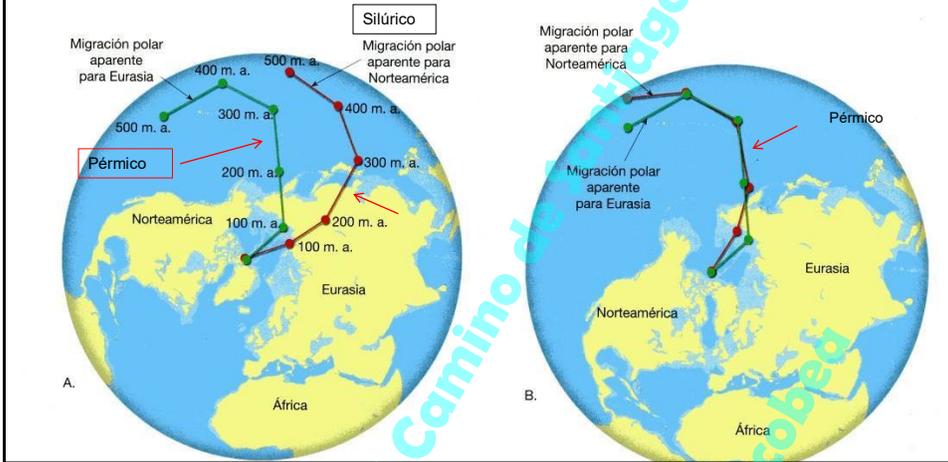
- horizontales en el ecuador
- verticales en los polos)

**Permite conocer la latitud**

54

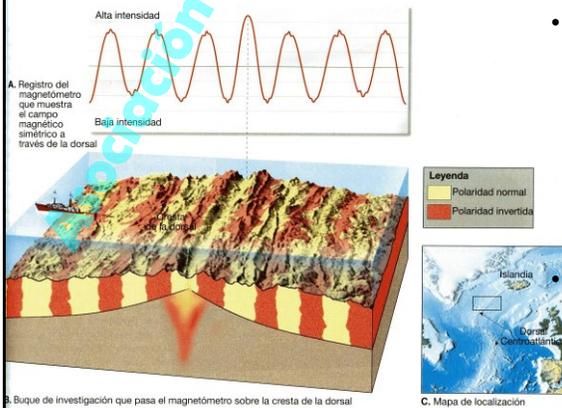
## Paleomagnetismo y deriva de los polos

Las lavas del Silúrico y del Pérmico europeos, apuntan a una ubicación del polo magnético distinta a la de Norteamérica. Como no puede haber dos polos norte magnéticos a la vez, la única explicación posible es que sean los continentes los que se desplacen.



55

## El fondo oceánico como una cinta registradora del magnetismo de la Tierra



Harry Hess, década 1960)

- Los análisis magnéticos de la corteza oceánica revelaron la presencia de anomalías magnéticas en las rocas, indicando que el campo magnético terrestre se había invertido varias veces en el pasado.
- Puesto que las anomalías son paralelas y forman cinturones simétricos adyacentes a las dorsales oceánicas, era preciso que se hubiera formando nueva corteza oceánica a medida que el fondo marino se expandía

## PALEOMAGNETISMO Y TECTONICA DE PLACAS

56



Alfred WEGENER, en trabajos publicados en 1912 y 1922 reconstruyó un supercontinente llamado PANGEA (Toda la Tierra), que se habría formado hace 300 M.a. (Carbonífero).

57

### TECTONICA DE PLACAS

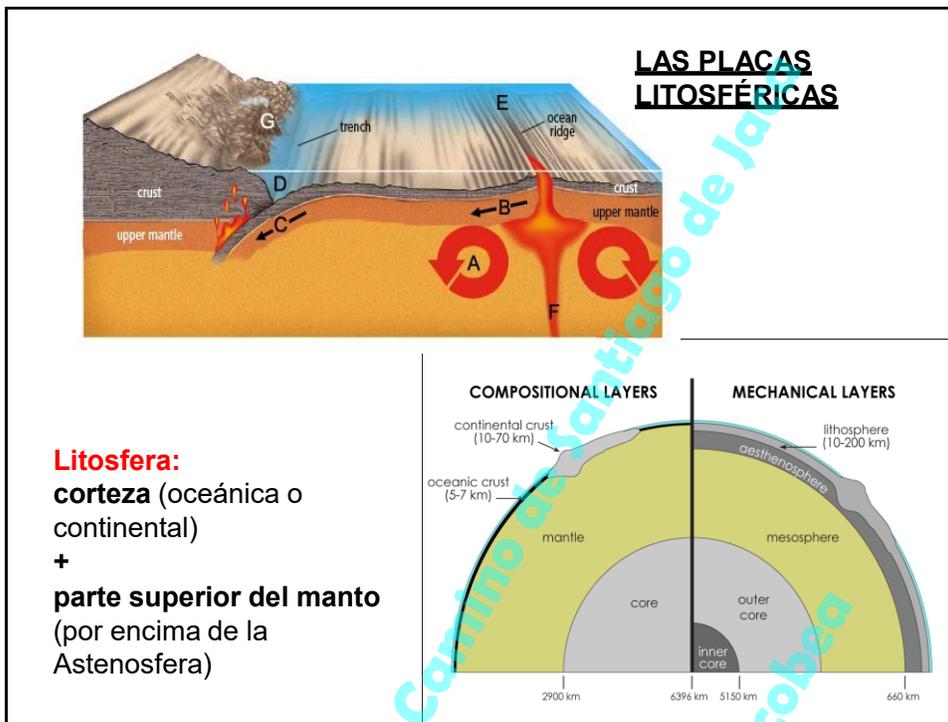
**WEGENER : PANGEA**  
(Toda la Tierra),

Al proceso de separación se le llamó en un principio **DERIVA CONTINENTAL**. Wegener aludió a que la capa continental rocosa menos densa se había desplazado como si fuera una "balsa" sobre un mar de roca cortical oceánica más densa.

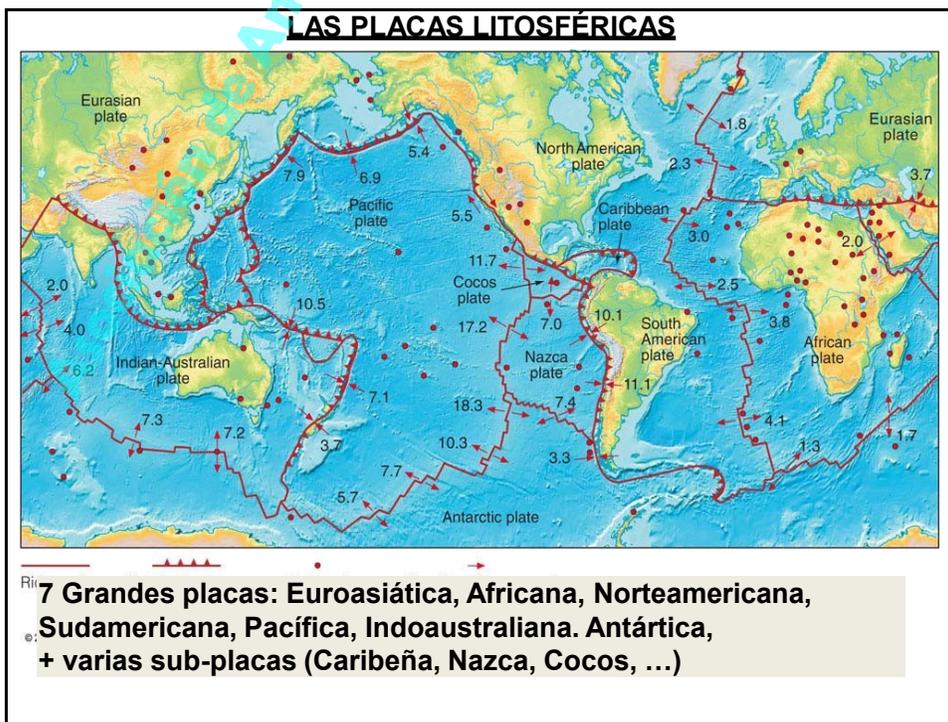
Hoy en día, hablamos de **TECTONICA DE PLACAS**. Se involucra a placas litosféricas que se mueven sobre una astenosfera.

© 2008 Brooks/Cole - Thomson

58



59



60

## Tipos de contacto entre placas

### Types of Plate Boundaries

Type	Example	Landforms	Volcanism
<b>Divergent</b>			
Oceanic	Mid-Atlantic Ridge	Mid-oceanic ridge with axial rift valley	Basalt
Continental	East African Rift Valley	Rift valley	Basalt and rhyolite, no andesite
<b>Convergent</b>			
Oceanic-oceanic	Aleutian Islands	Volcanic island arc, offshore oceanic trench	Andesite
Oceanic-continental	Andes	Offshore oceanic trench, volcanic mountain chain, mountain belt	Andesite
Continental-Continental	Himalayas	Mountain belt	Minor
<b>Transform</b>	San Andreas fault	Fault valley	Minor

© 2006 Brooks/Cole - Thomson

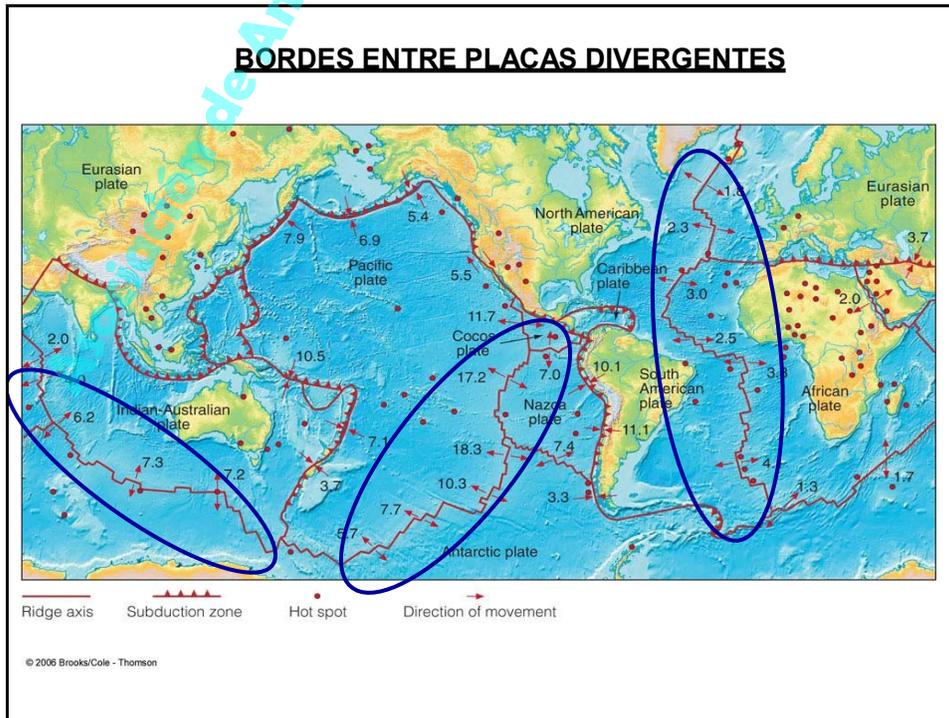
**Borde entre placas divergentes: dorsales**

**Borde entre placas convergentes: fosas**

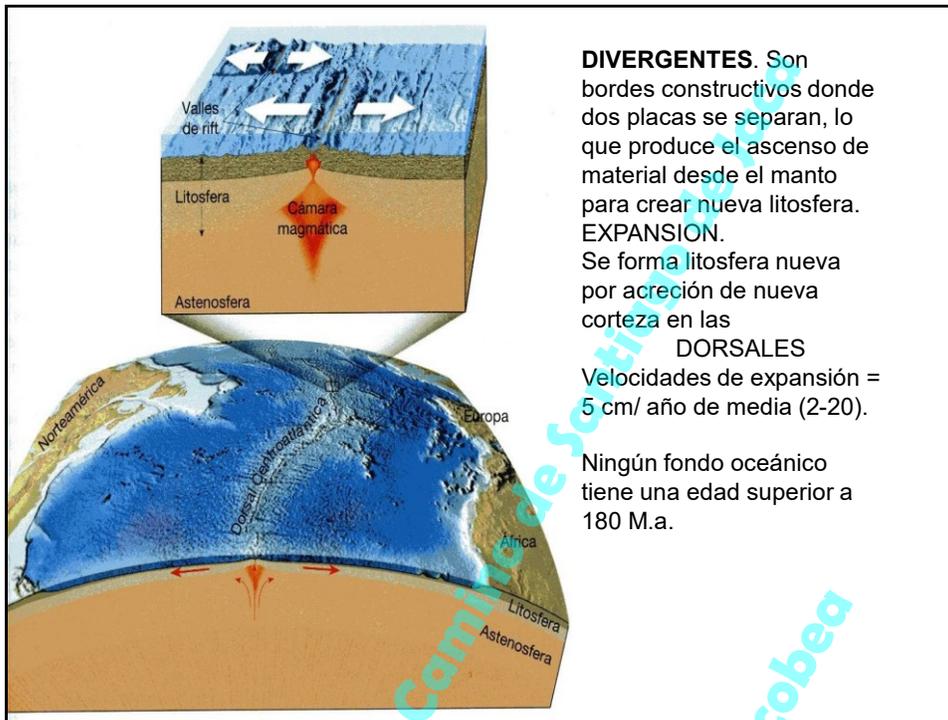
**Borde transformante entre placas: fallas transformantes**

61

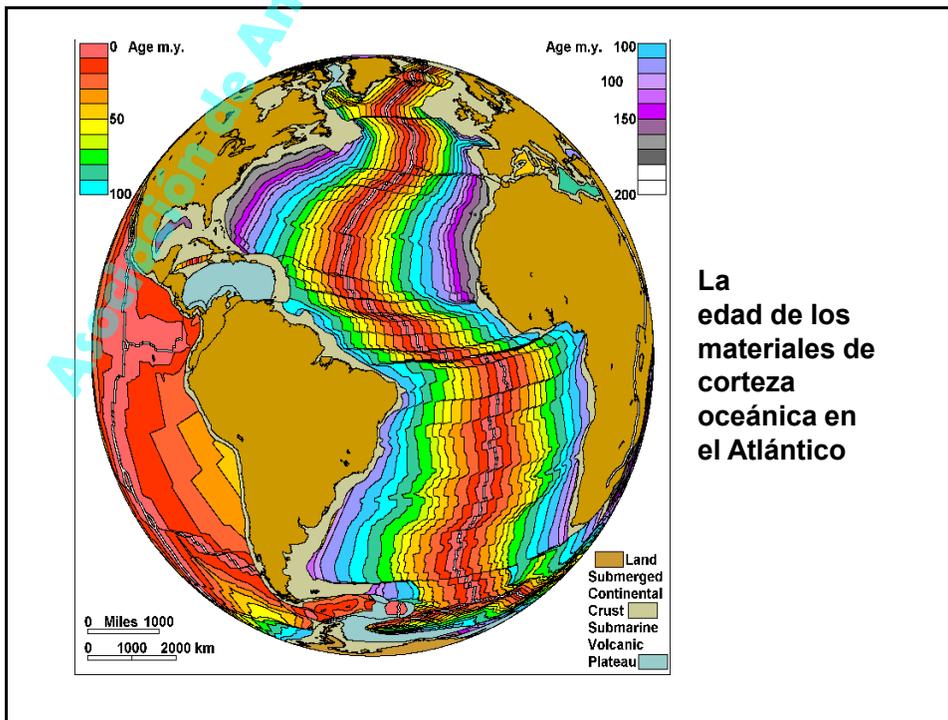
## BORDES ENTRE PLACAS DIVERGENTES



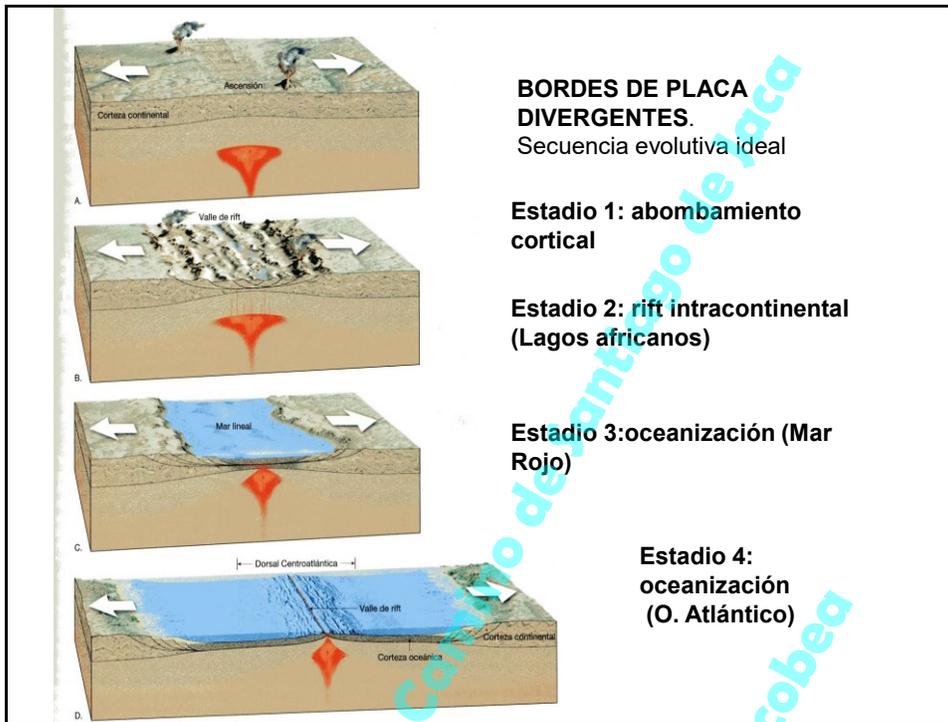
62



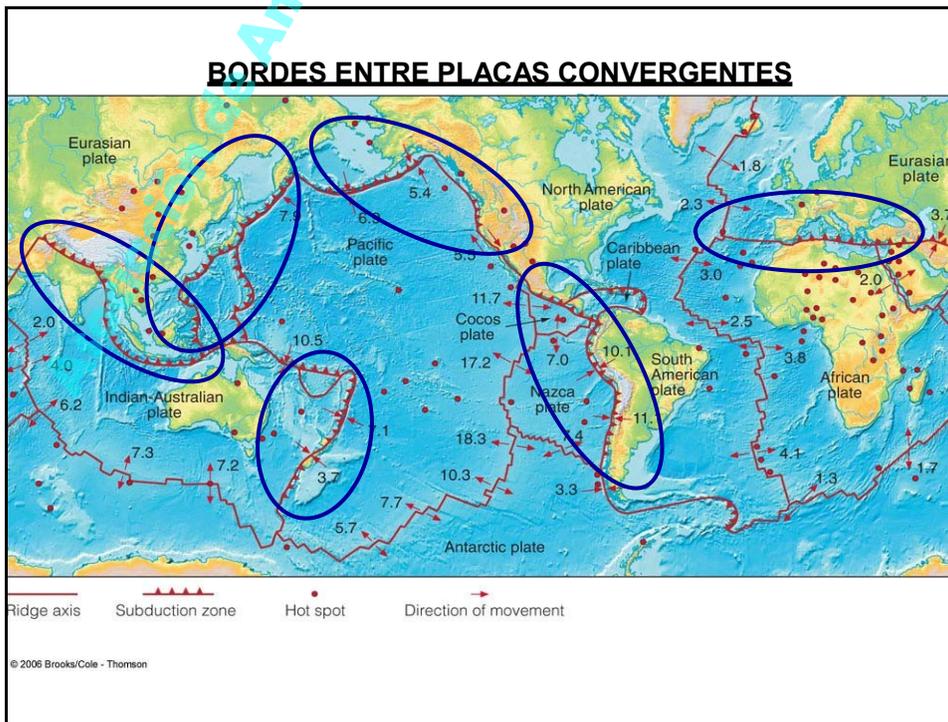
63



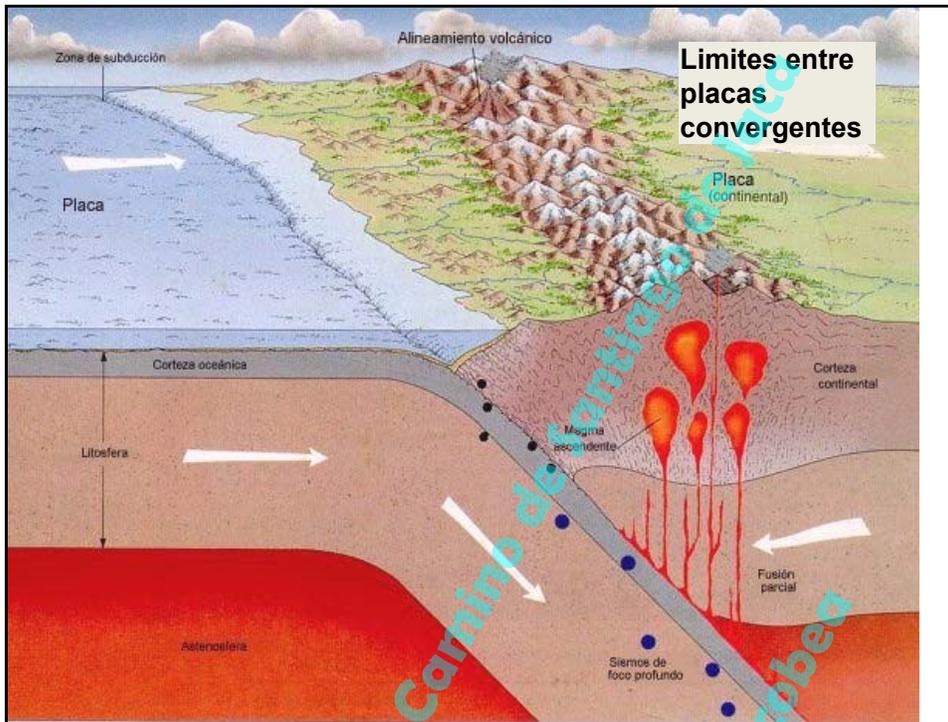
64



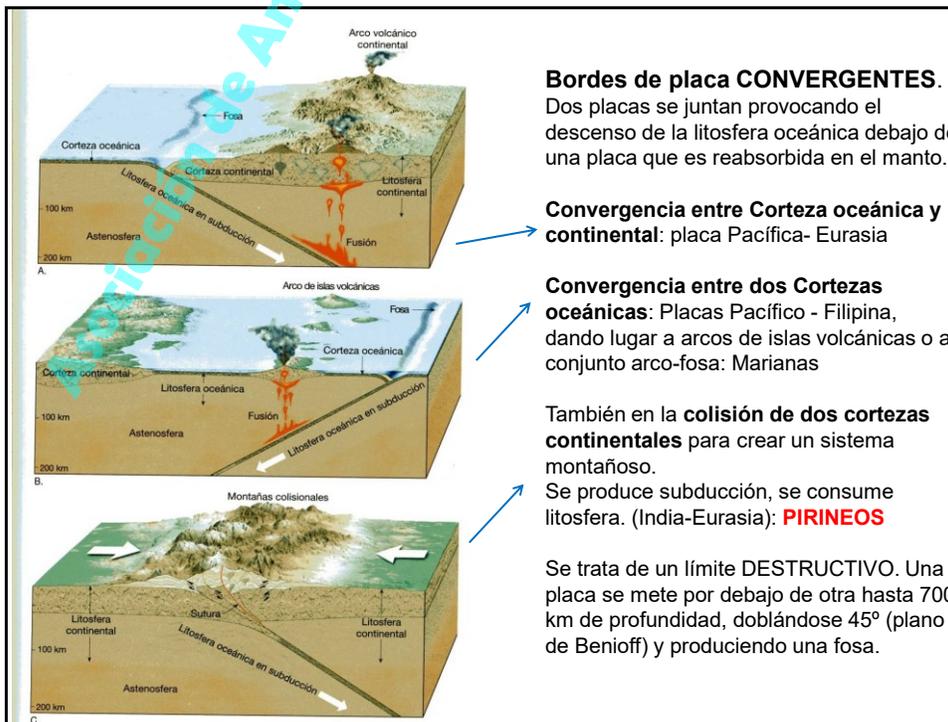
65



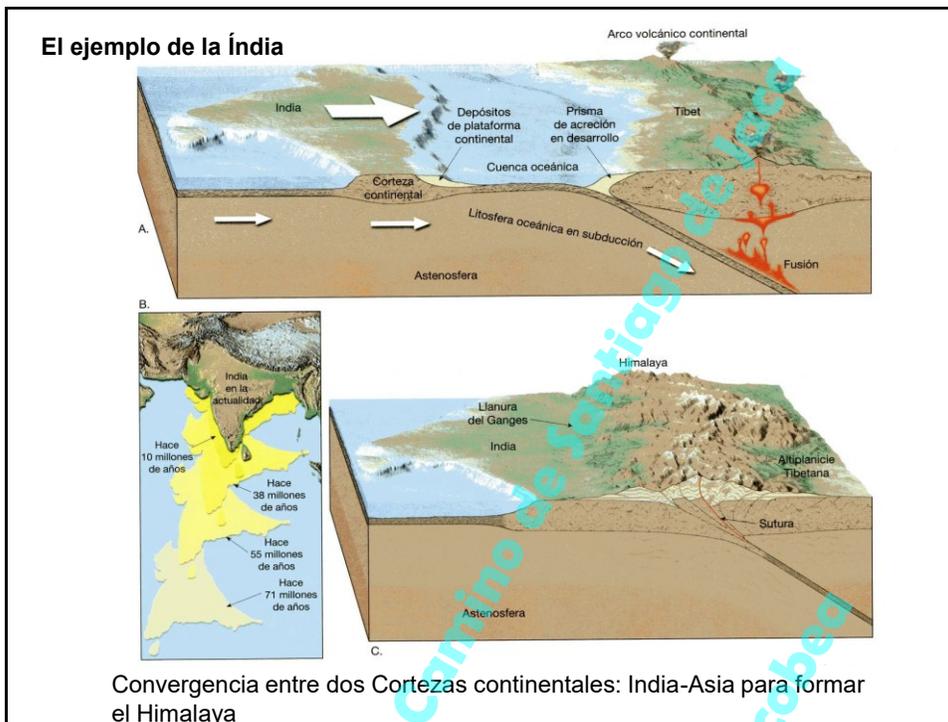
66



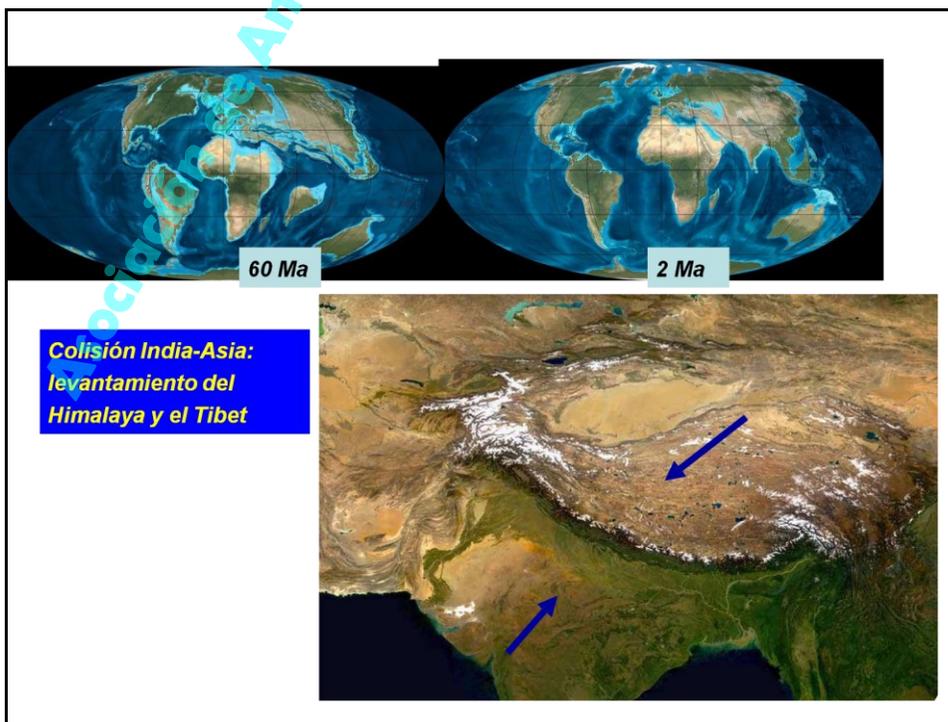
67



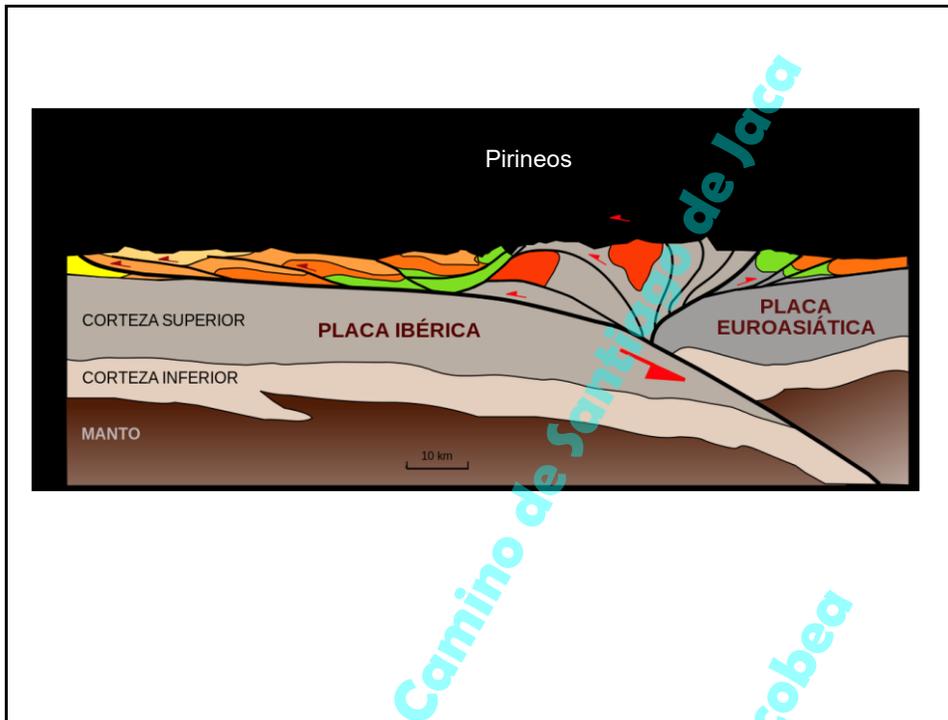
68



69



70



71

**LÍMITES DE PLACA: FALLAS TRANSFORMANTES**

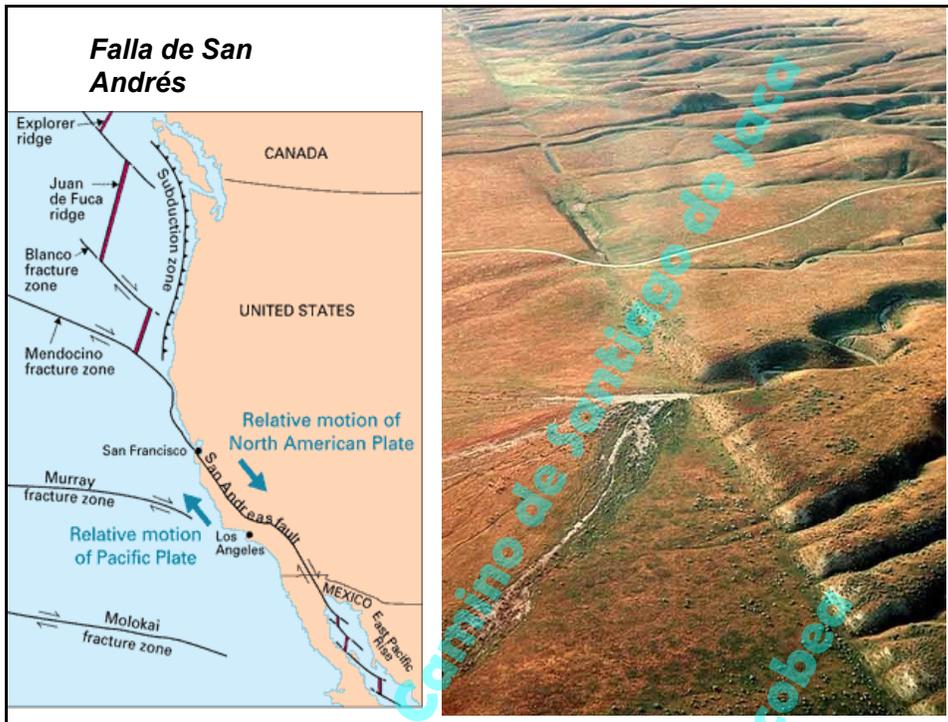
- Las placas “resbalan” una al lado de la otra.
- Ni se crea ni se destruye litosfera.
- La mayor parte de las fallas transformantes están rompiendo las dorsales centro-oceánicas
- También aparecen entre zonas continentales. Ej. Europa y África o la **Falla de San Andrés en California.**

a

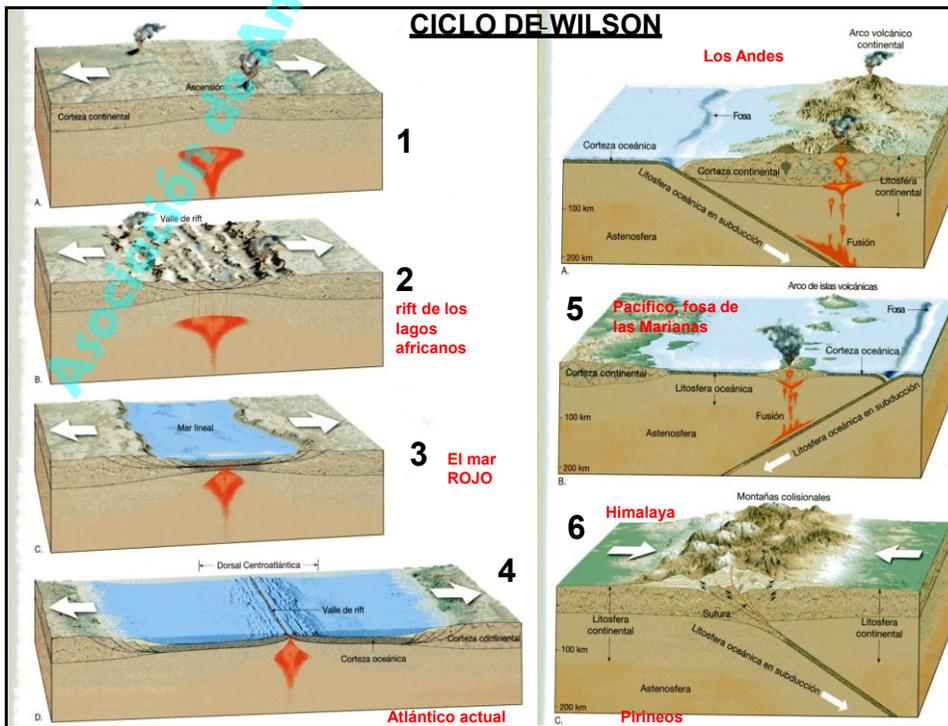
Diagrama de una zona de fractura que muestra una falla transformante activa entre dos zonas inactivas. Se ilustra la litosfera oceánica y la astenosfera, así como la corteza oceánica. Se muestran flechas que indican el movimiento lateral de las placas. Una leyenda define los símbolos para centros de expansión, zonas de fractura y fallas transformantes.

LEYENDA  
 Centros de expansión  
 Zonas de fractura  
 Fallas transformantes

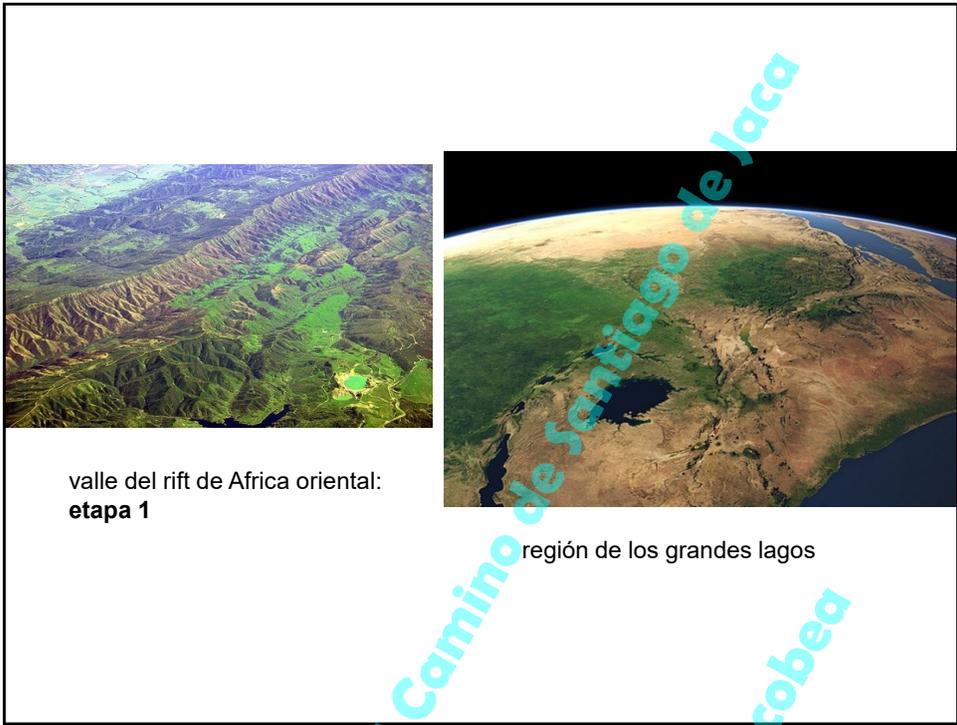
72



73



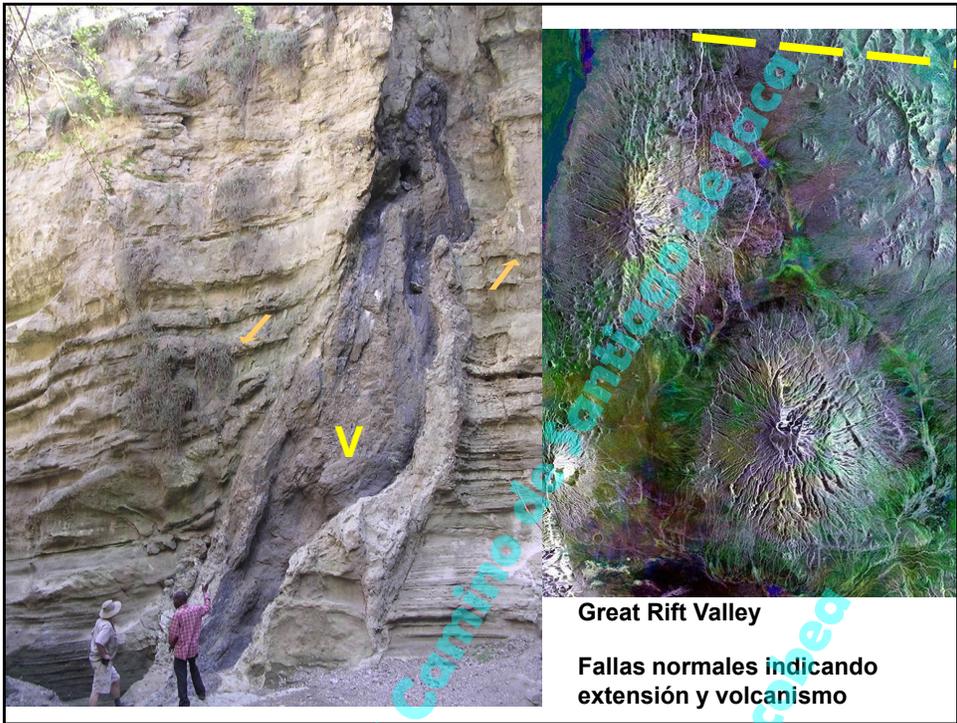
74



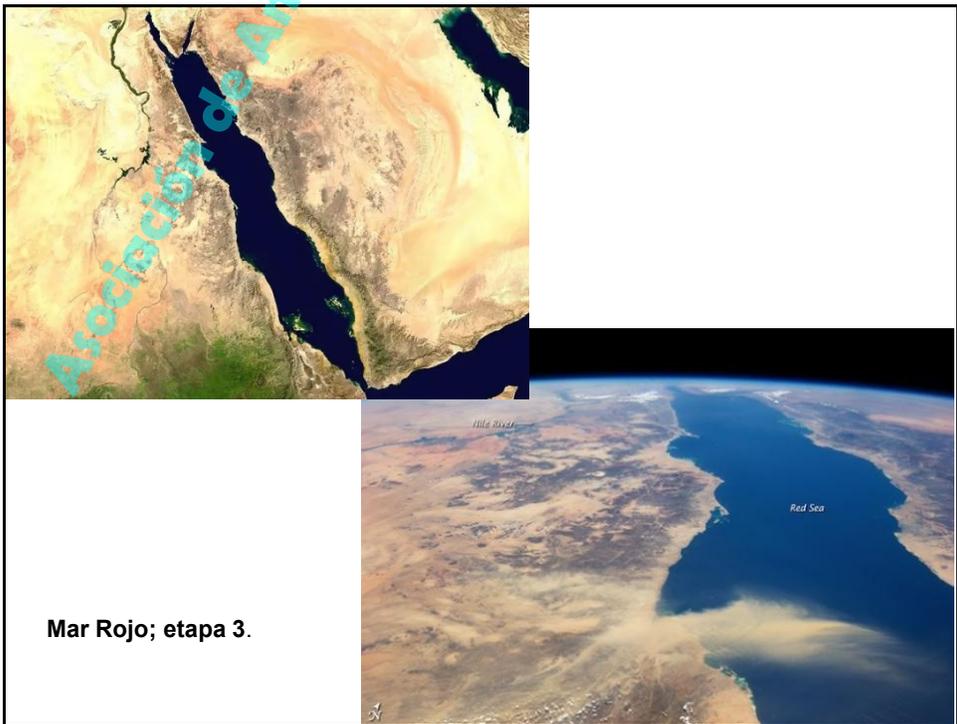
75



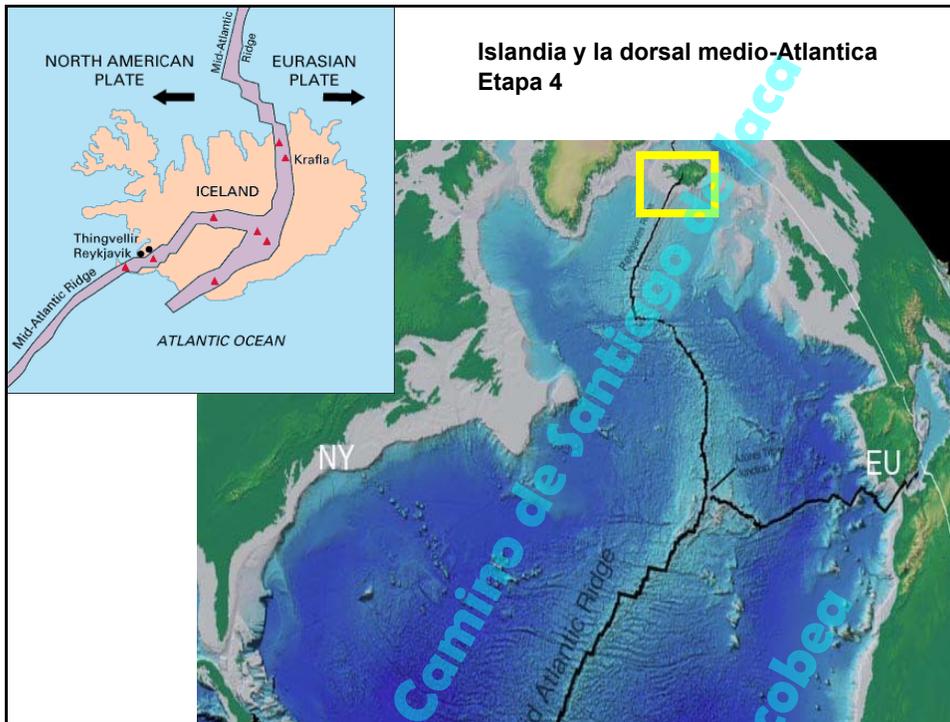
76



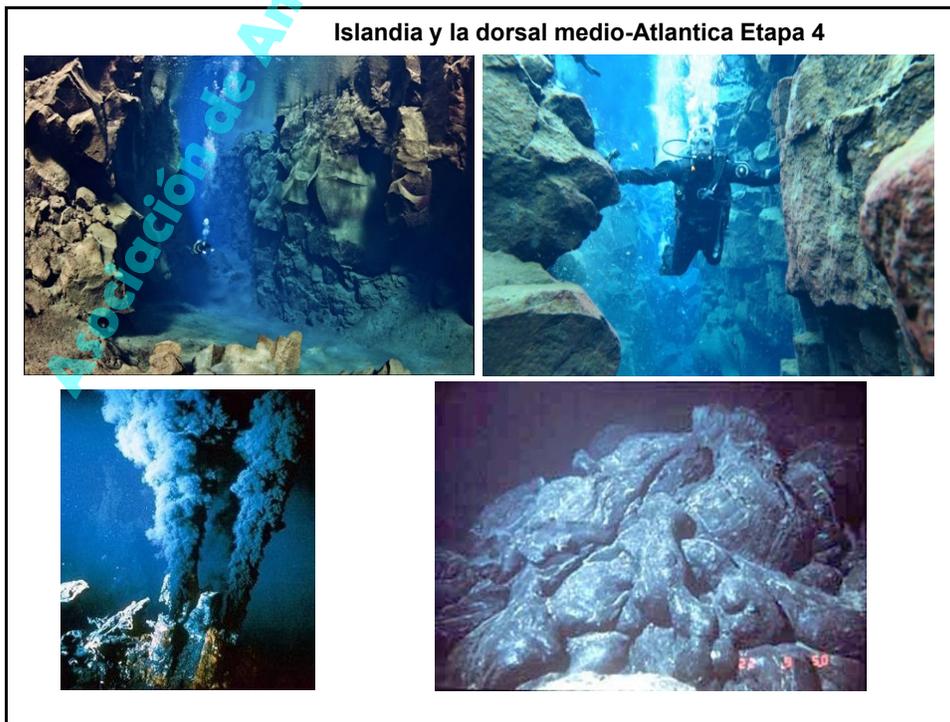
77



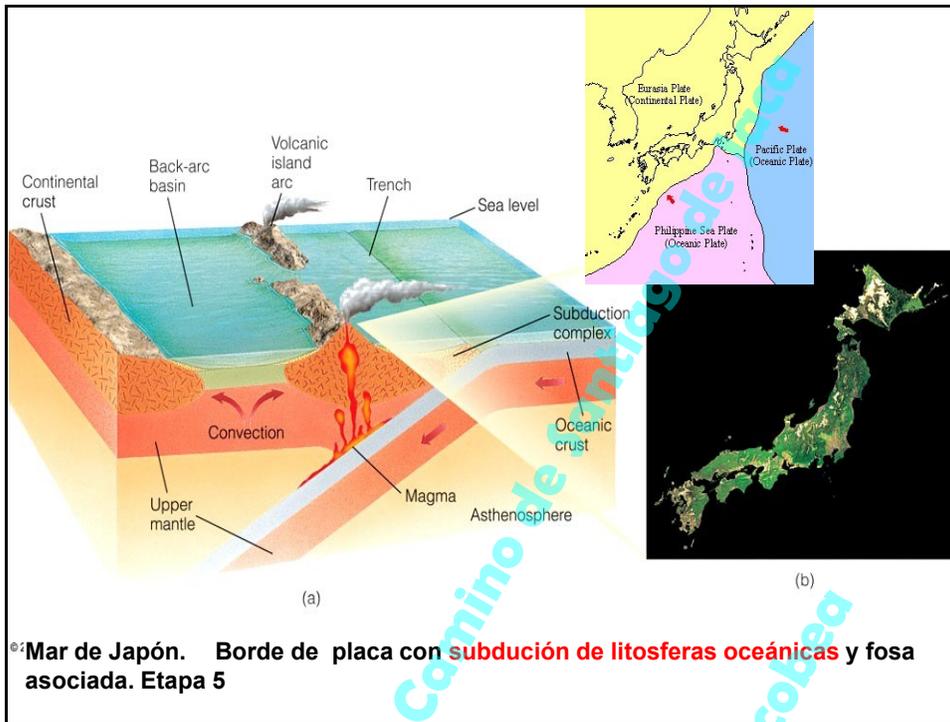
78



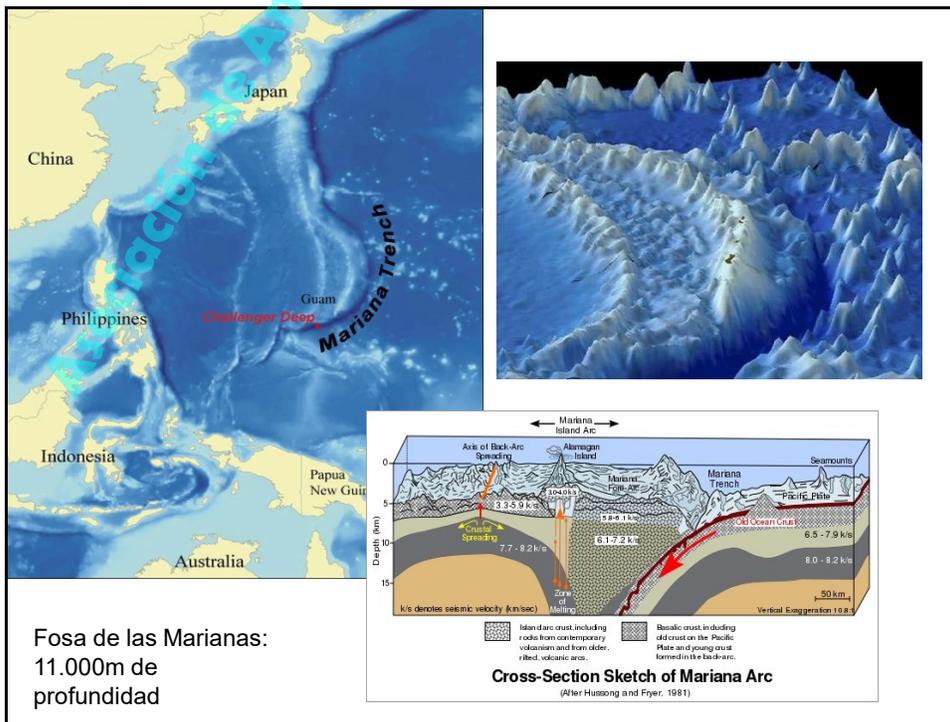
79



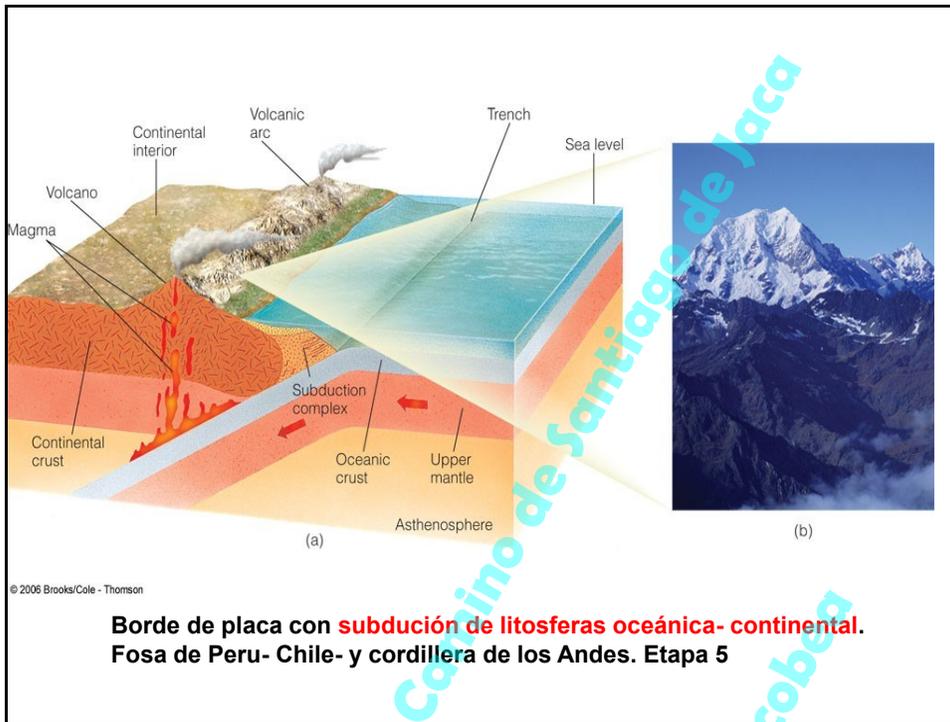
80



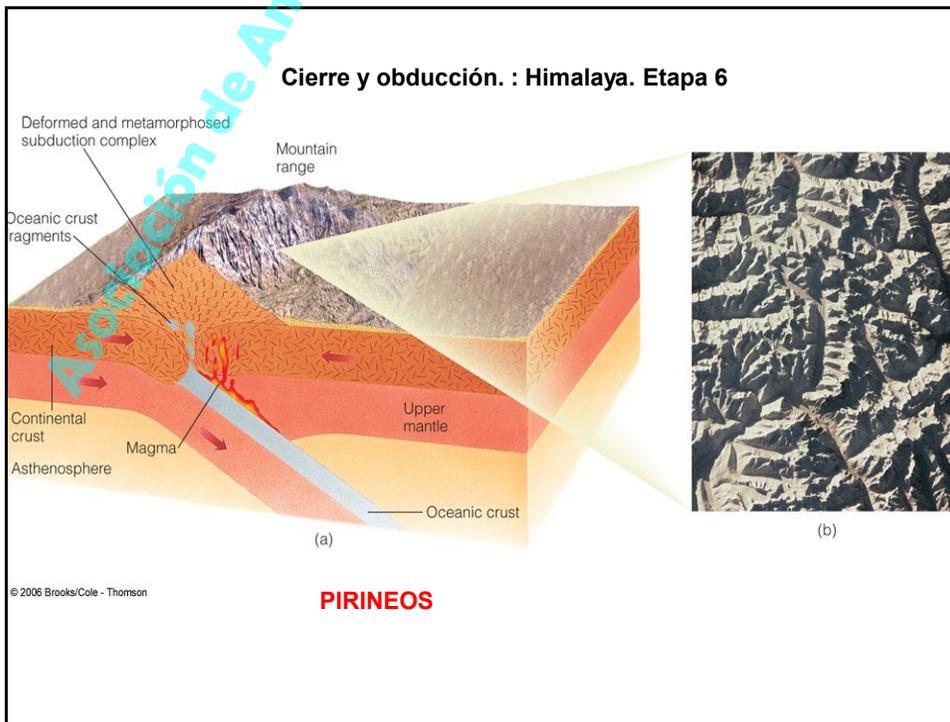
81



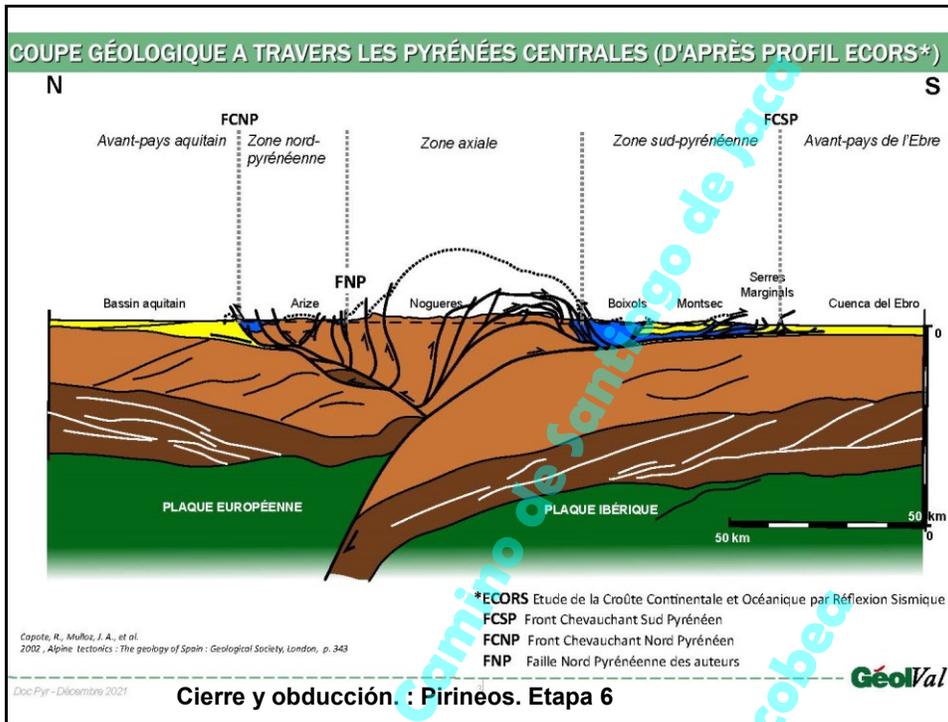
82



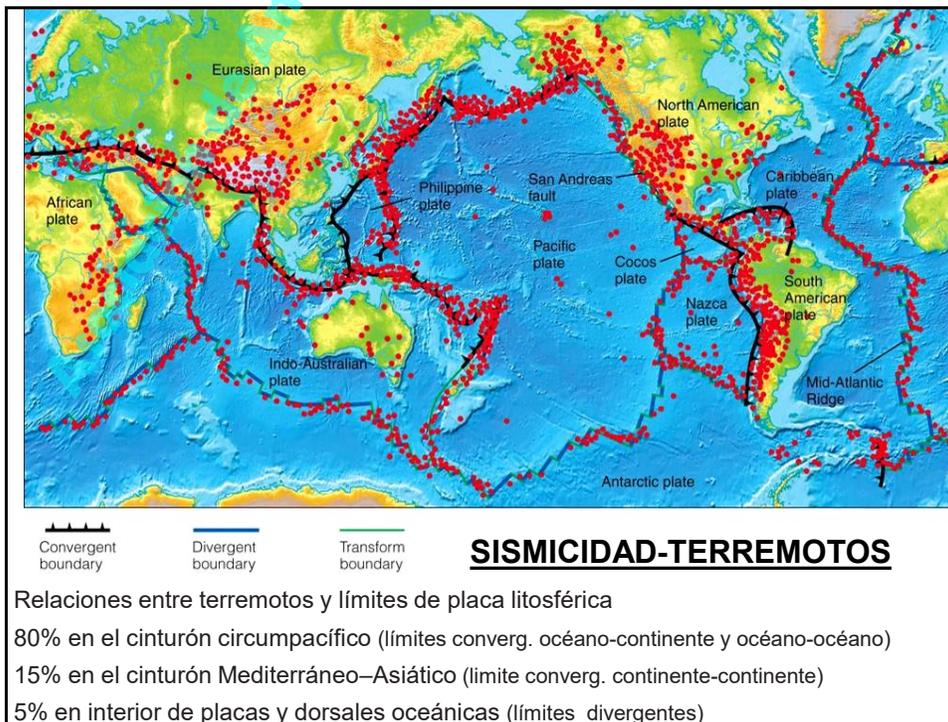
83



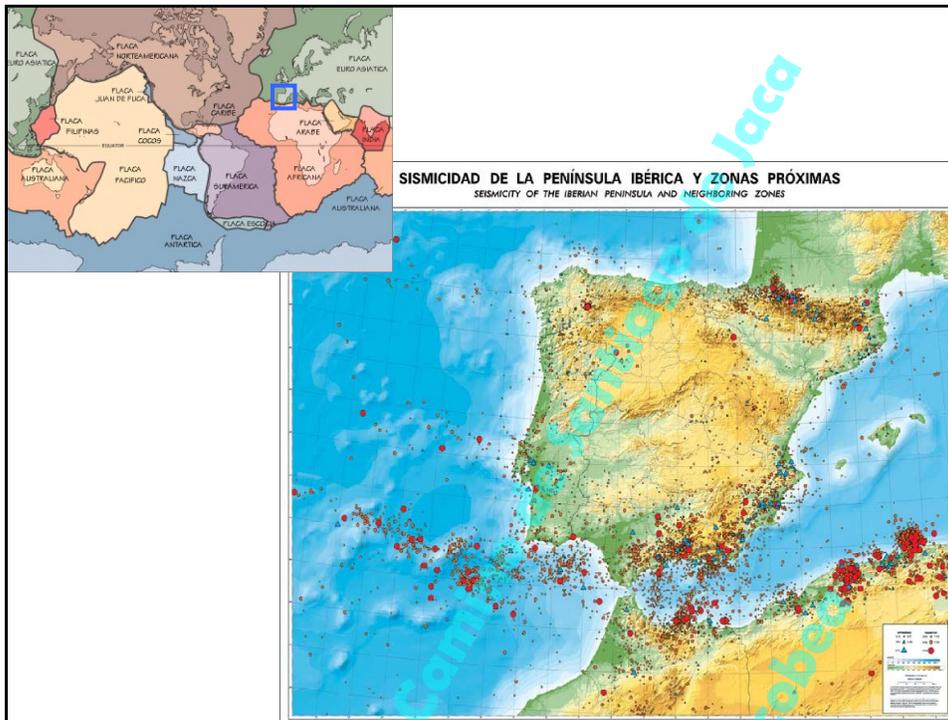
84



85



86



87

## LA SUPERFICIE DE LA TIERRA: CONTINENTES

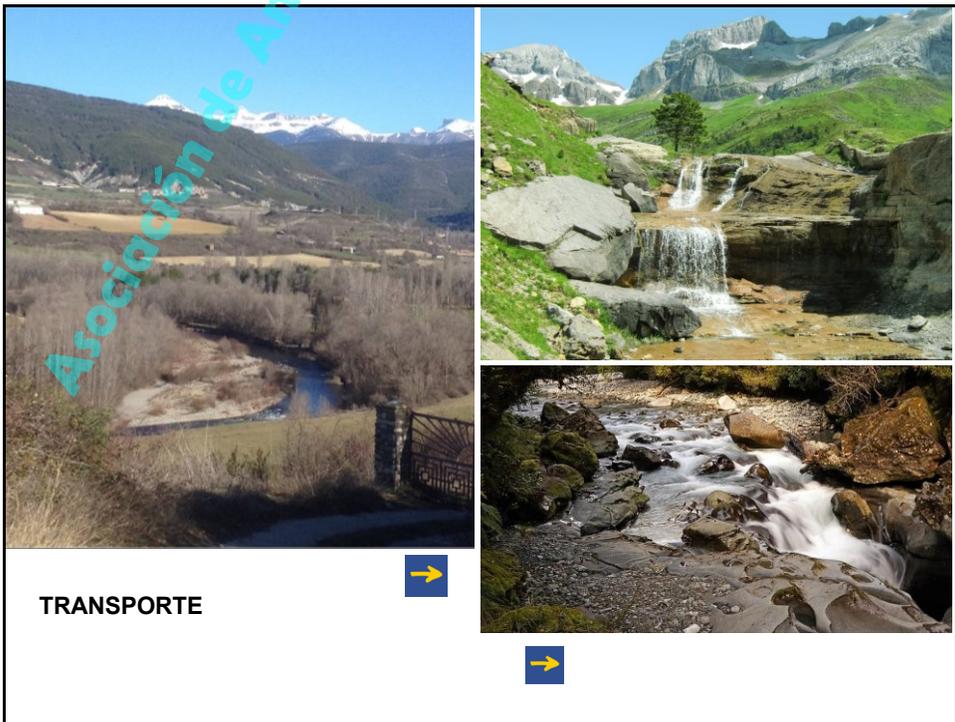
Hasta el desarrollo de la **tectónica de placas** se consideraba que las cadenas de montañas se generaban por movimientos verticales y plutonismo-volcanismo.

**DEFORMACION Y OROGENESIS**  
(PIRINEOS)

88



89



90

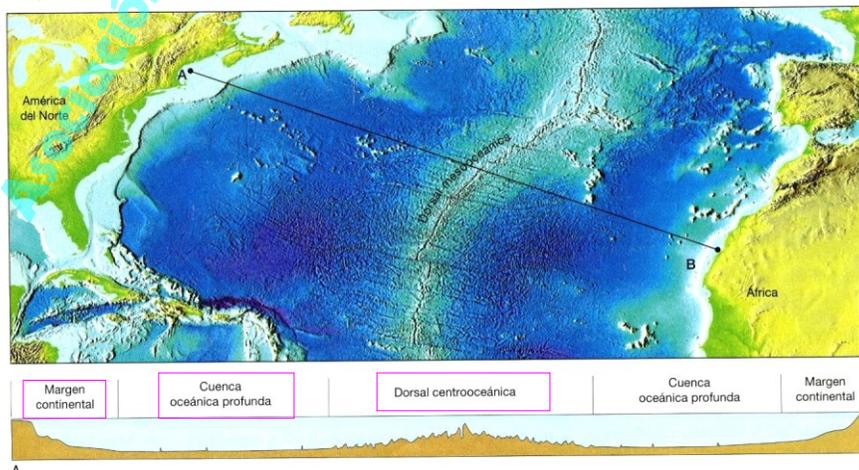


91

## LA SUPERFICIE DE LA TIERRA: OCEANOS

### TOPOGRAFIA DE LAS CUENCAS SUBMARINAS

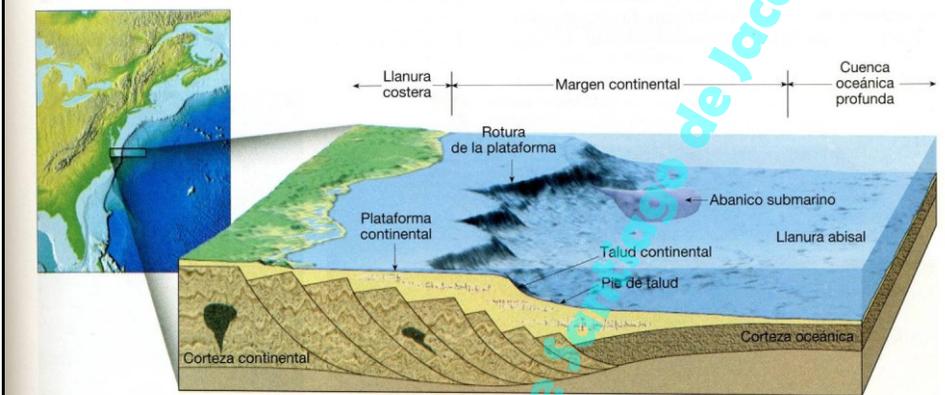
Morfoestructura general del fondo marino



▲ **Figura 13.5** Principales divisiones topográficas del Atlántico norte y perfil topográfico desde Nueva Inglaterra hasta la costa de África del Norte.

92

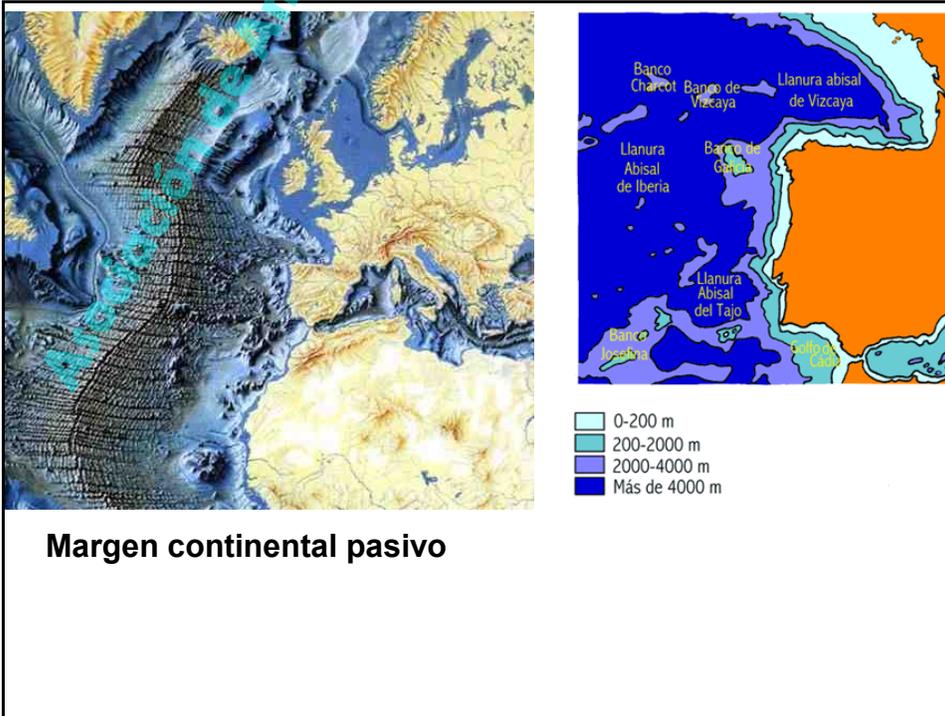
### Márgenes continentales pasivos



▲ **Figura 13.6** Vista esquemática que muestra las provincias de un margen continental pasivo. Obsérvese que las pendientes mostradas para la plataforma continental y el talud continental están muy exageradas. La plataforma continental tiene una pendiente media de una décima parte de 1 grado, mientras que el talud continental tiene una pendiente media de unos 5 grados.

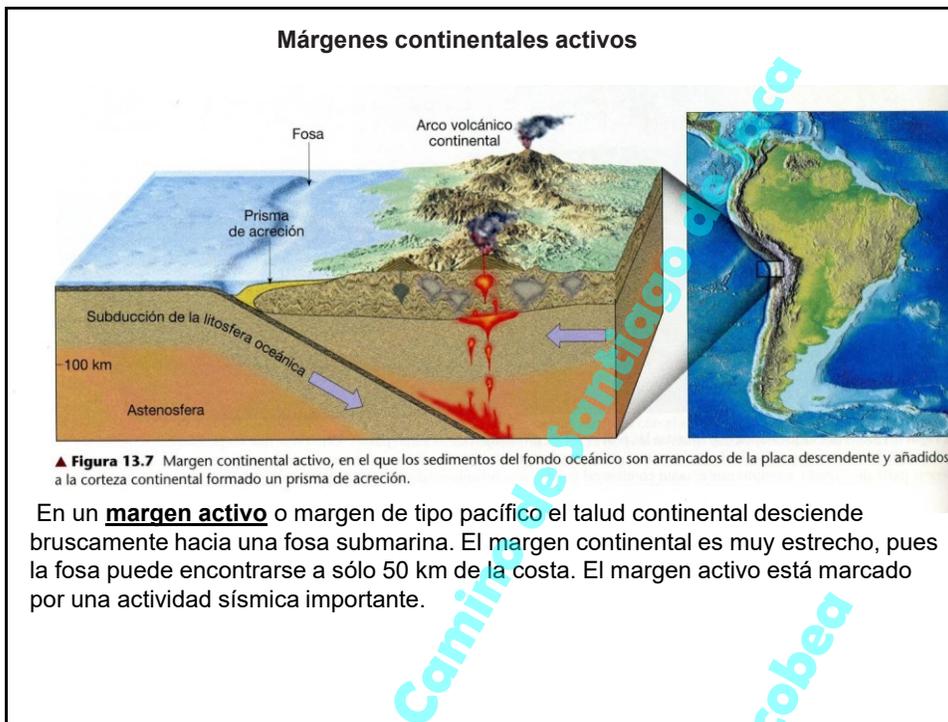
Los **márgenes continentales pasivos** son aquellos donde el paso de la corteza continental a oceánica se hace dentro de la misma placa litosférica, en el glacis. Esta conexión no está marcada por una actividad sísmica particular, llevando a la conclusión de que no supone un límite entre dos placas distintas.

93

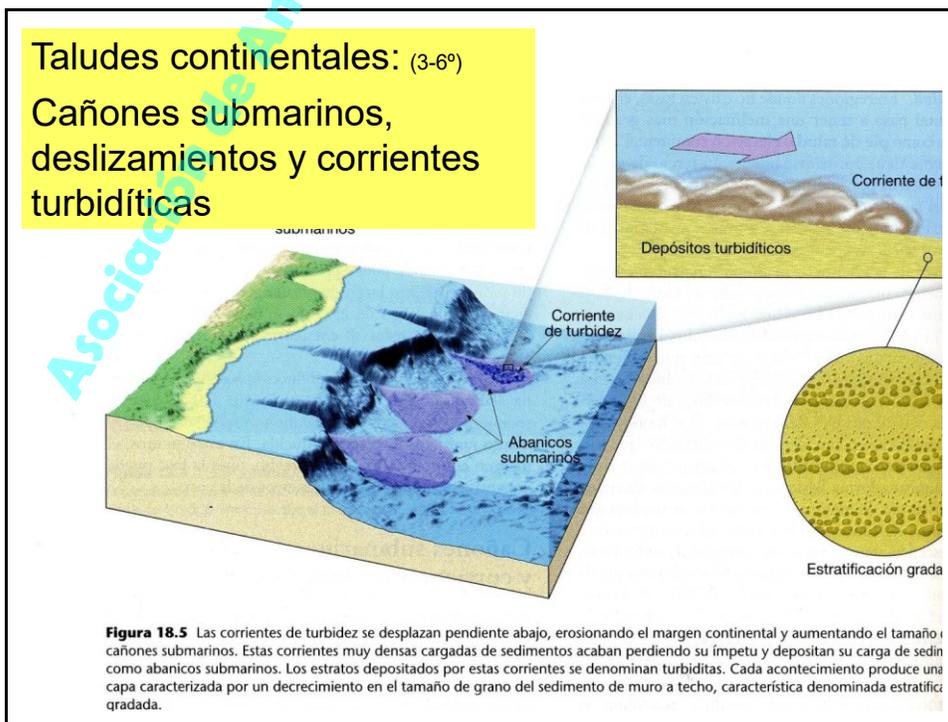


### Margen continental pasivo

94



95



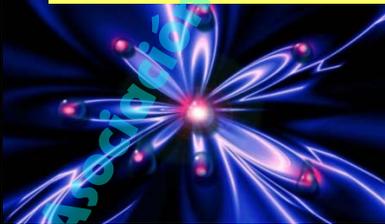
96



97

### LAS ROCAS Y EL CICLO DE LAS ROCAS

**ELEMENTO QUÍMICO**



¿De qué está formada la Tierra?



**MINERAL**



**ROCA**

Arriba: Mader Ambalite

98

## COMPOSICIÓN ELEMENTAL DE LA TIERRA

C<sup>2</sup> ciencia y cultura

2019 AÑO INTERNACIONAL DE LA TABLA PERIÓDICA DE LOS ELEMENTOS QUÍMICOS

1 H Hidrógeno																	2 He Helio																												
3 Li Litio	4 Be Berilio											5 B Boro	6 C Carbono	7 N Nitrógeno	8 O Oxígeno	9 F Flúor	10 Ne Neón																												
11 Na Sodio	12 Mg Magnesio											13 Al Aluminio	14 Si Silicio	15 P Fósforo	16 S Azufre	17 Cl Cloro	18 Ar Argón																												
19 K Potasio	20 Ca Calcio	21 Sc Escandio	22 Ti Titanio	23 V Vanadio	24 Cr Cromo	25 Mn Manganeso	26 Fe Hierro	27 Co Cobalto	28 Ni Níquel	29 Cu Cobre	30 Zn Zinc	31 Ga Galio	32 Ge Germanio	33 As Arsénico	34 Se Selenio	35 Br Bromo	36 Kr Kriptón																												
37 Rb Rubidio	38 Sr Estroncio	39 Y Ytrio	40 Zr Zirconio	41 Nb Niobio	42 Mo Molibdeno	43 Tc Technecio	44 Ru Rutenio	45 Rh Rodanio	46 Pd Paladio	47 Ag Plata	48 Cd Cadmio	49 In Indio	50 Sn Estaño	51 Sb Antimonio	52 Te Teluro	53 I Yodo	54 Xe Xenón																												
55 Cs Cesio	56 Ba Bario	57 La Lantano	72 Hf Hafnio	73 Ta Tantalio	74 W Wolframio	75 Re Renio	76 Os Osmio	77 Ir Iridio	78 Pt Platino	79 Au Oro	80 Hg Mercurio	81 Tl Talio	82 Pb Plomo	83 Bi Bismuto	84 Po Polonio	85 At Astatina	86 Rn Radón																												
87 Fr Francio	88 Ra Radio	89 Ac Actinio	104 Rf Rutherfordio	105 Db Dubnio	106 Sg Seaborgio	107 Bh Bohrio	108 Hs Hassium	109 Mt Meitnerio	110 Ds Darmstadtio	111 Rg Roentgenio	112 Cn Copernicio	113 Nh Nihonio	114 Fl Flerovio	115 Mc Moscovio	116 Lv Livermorio	117 Ts Teneso	118 Og Oganesson																												
<table border="1"> <tr> <td>58 Ce Cerio</td> <td>59 Pr Praseodimio</td> <td>60 Nd Neodimio</td> <td>61 Pm Prometio</td> <td>62 Sm Samario</td> <td>63 Eu Europio</td> <td>64 Gd Gadolinio</td> <td>65 Tb Terbio</td> <td>66 Dy Disproscio</td> <td>67 Ho Holmio</td> <td>68 Er Erbio</td> <td>69 Tm Tercio</td> <td>70 Yb Yterbio</td> <td>71 Lu Lutecio</td> </tr> <tr> <td>90 Th Torio</td> <td>91 Pa Protactinio</td> <td>92 U Uranio</td> <td>93 Np Neptunio</td> <td>94 Pu Plutonio</td> <td>95 Am Americio</td> <td>96 Cm Curcio</td> <td>97 Bk Berkelio</td> <td>98 Cf Californio</td> <td>99 Es Einsteinio</td> <td>100 Fm Fermio</td> <td>101 Md Mendelevio</td> <td>102 No Nobelio</td> <td>103 Lr Lawrencio</td> </tr> </table>																		58 Ce Cerio	59 Pr Praseodimio	60 Nd Neodimio	61 Pm Prometio	62 Sm Samario	63 Eu Europio	64 Gd Gadolinio	65 Tb Terbio	66 Dy Disproscio	67 Ho Holmio	68 Er Erbio	69 Tm Tercio	70 Yb Yterbio	71 Lu Lutecio	90 Th Torio	91 Pa Protactinio	92 U Uranio	93 Np Neptunio	94 Pu Plutonio	95 Am Americio	96 Cm Curcio	97 Bk Berkelio	98 Cf Californio	99 Es Einsteinio	100 Fm Fermio	101 Md Mendelevio	102 No Nobelio	103 Lr Lawrencio
58 Ce Cerio	59 Pr Praseodimio	60 Nd Neodimio	61 Pm Prometio	62 Sm Samario	63 Eu Europio	64 Gd Gadolinio	65 Tb Terbio	66 Dy Disproscio	67 Ho Holmio	68 Er Erbio	69 Tm Tercio	70 Yb Yterbio	71 Lu Lutecio																																
90 Th Torio	91 Pa Protactinio	92 U Uranio	93 Np Neptunio	94 Pu Plutonio	95 Am Americio	96 Cm Curcio	97 Bk Berkelio	98 Cf Californio	99 Es Einsteinio	100 Fm Fermio	101 Md Mendelevio	102 No Nobelio	103 Lr Lawrencio																																

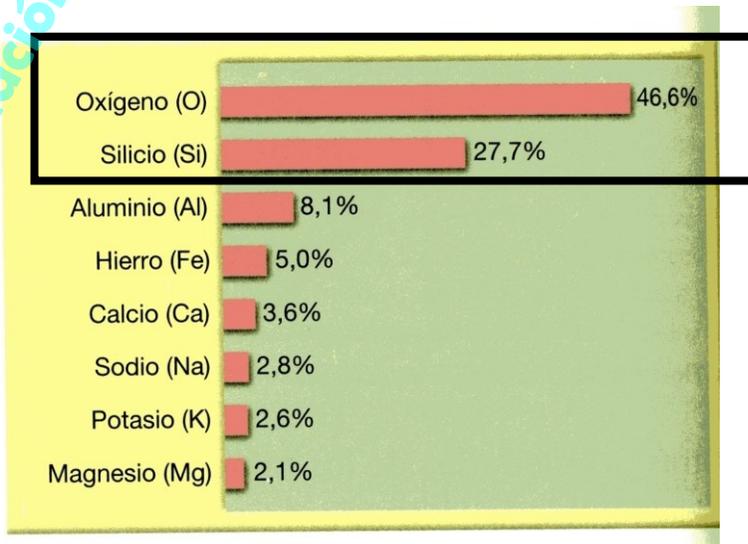
## COMPOSICIÓN ELEMENTAL DE LA TIERRA

118 elementos químicos de los que **92 sólo aparecen de forma natural**

99

## Los elementos más abundantes en la Tierra (8)

La elevada proporción de O (46.6%) y Si (27.7%) en peso, o el 93.77% y 0.86% en volumen, hace que ambos elementos se unan en forma de silicatos, base de la mayoría de los MINERALES



100

## **MINERALES: COMPOSICIÓN Y PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS**

Los minerales son los materiales con los que se trabaja en geología. Hay unos 4000 minerales

**Definición de mineral:** "Sólido, natural y homogéneo, formado por un proceso inorgánico, con una composición química definida y con una organización atómica ordenada"



PIRITA



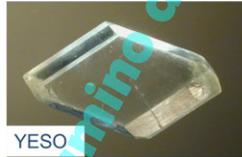
CUARZO



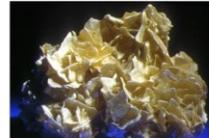
TURMALINA



DOLOMITA



YESO



MAGNETITA

101

## **LAS ROCAS. CONCEPTO Y CLASIFICACIÓN**

Las rocas pueden ser **MONOMINERALES** (formadas por una única especie mineral, p. ej. sal gema o halita)

Pero la mayoría son **POLIMINERALES** (formadas por varios minerales; granito = cuarzo, feldespato y micas)

ÍGNEAS.-METAMORFICAS. -SEDIMENTARIAS

SAL GEMA



GRANITO



Granite

102

## Rocas ígneas: plutónicas y volcánicas



Roca ígnea volcánica (BASALTO)

Roca ígnea plutónica (GRANITO)

Granite

Basalt

(a) Potassium feldspar

Sodium-rich plagioclase feldspar

Biotite

(b) Pyroxene

Amphibole

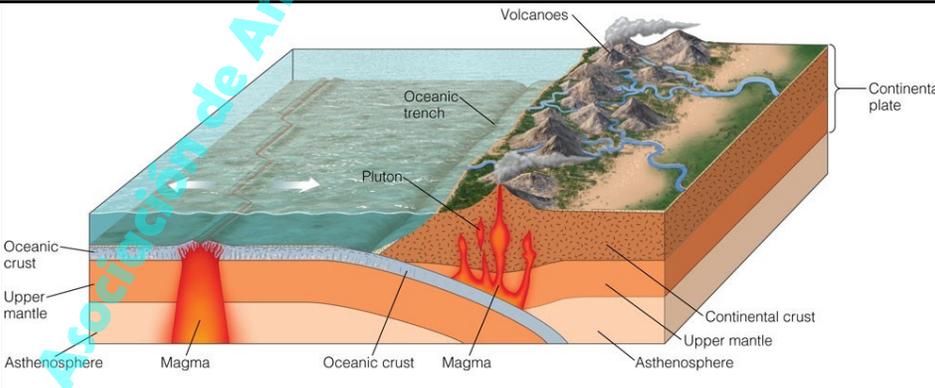
Calcium-rich plagioclase feldspar

© 2006 Brooks/Cole - Thomson

**ÍGNEAS (Magmáticas)** Formadas a partir de un magma

- Plutónicas.** Solidificadas en parte en el interior de la litosfera. Rocas granudas = p. ej. granitos.
- Volcánicas.** El magma sale fuera y cristaliza en la superficie formando pequeños cristales = p. ej. basaltos.

103



Volcanoes

Oceanic trench

Pluton

Oceanic crust

Upper mantle

Asthenosphere

Magma

Oceanic crust

Magma

Asthenosphere

Continental crust

Upper mantle

Continental plate

© 2006 Brooks/Cole - Thomson

**Rocas intrusivas = Plutónicas** = Proceden de grandes cuerpos de magmas aprisionados en profundidad. Son rocas con minerales de cristales grandes, identificables a simple vista. Proviene de un magma enfriado +/- lentamente.

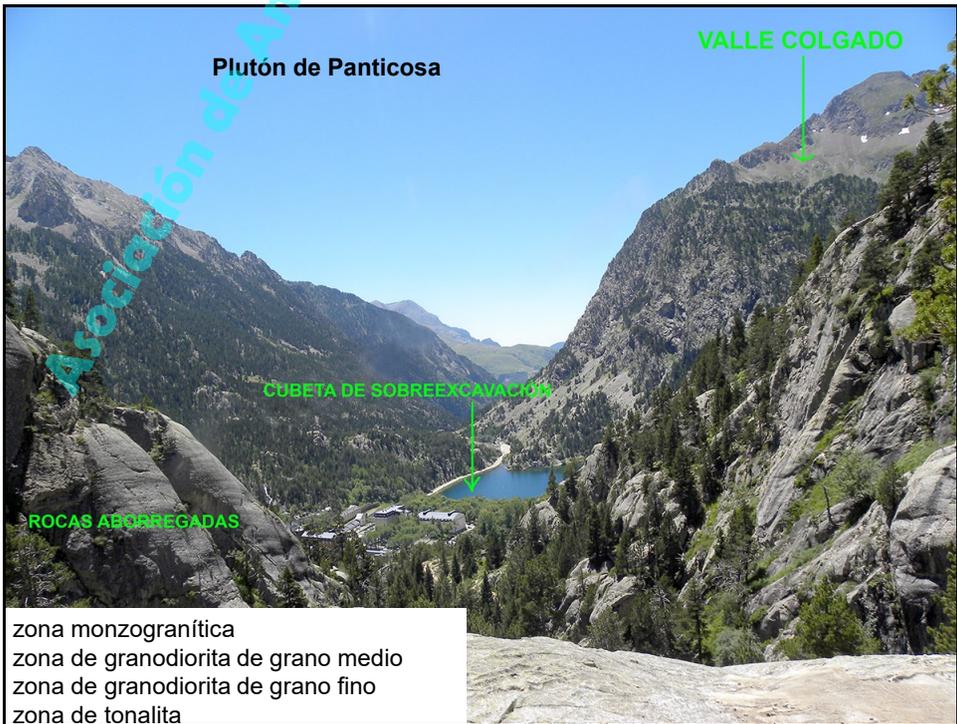
**Rocas extrusivas = Volcánicas** = Proceden del enfriamiento en superficie del magma. Son rocas con pequeños cristales no identificables a simple vista. Proceden de un magma enfriado rápidamente tras una erupción

104



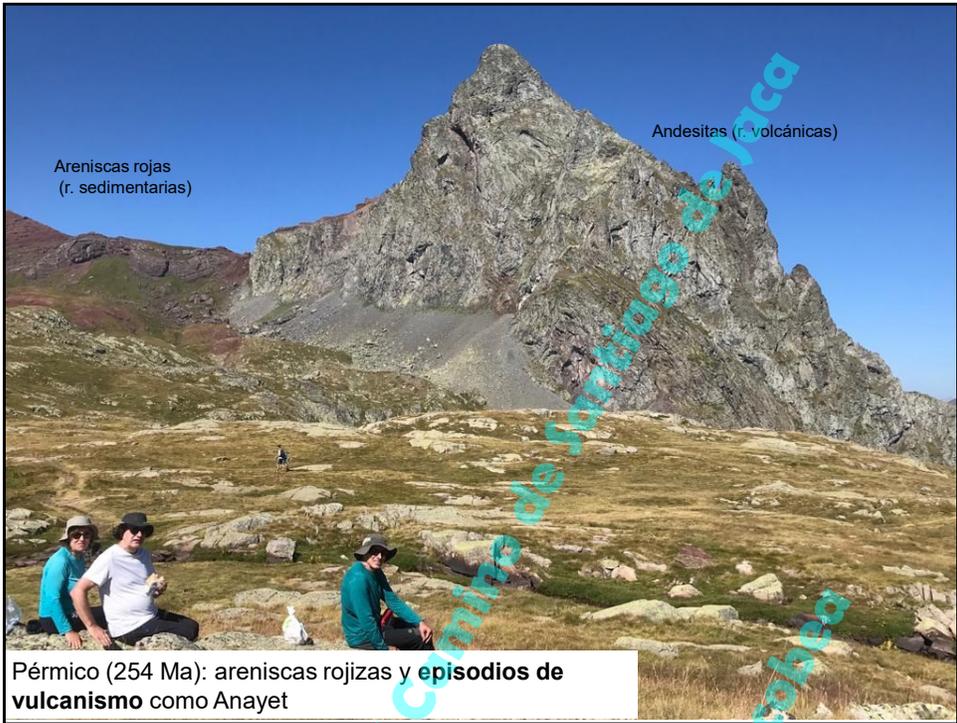
PLUTONES EN PIRINEOS. MACIZO DE POSEST

105

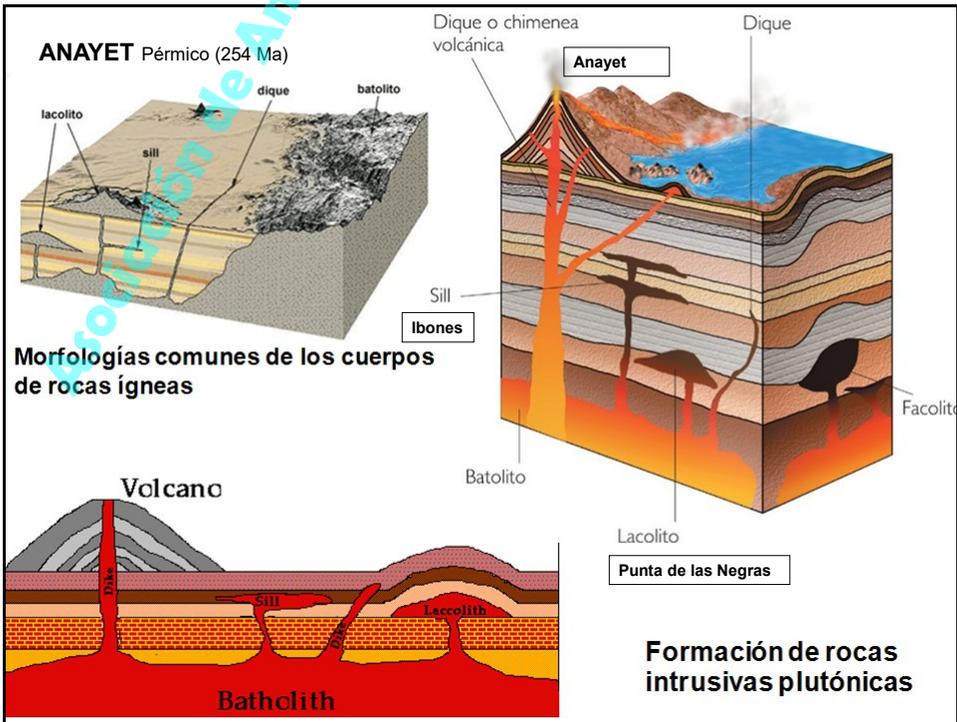


zona monzogranítica  
 zona de granodiorita de grano medio  
 zona de granodiorita de grano fino  
 zona de tonalita

106



107



108



109

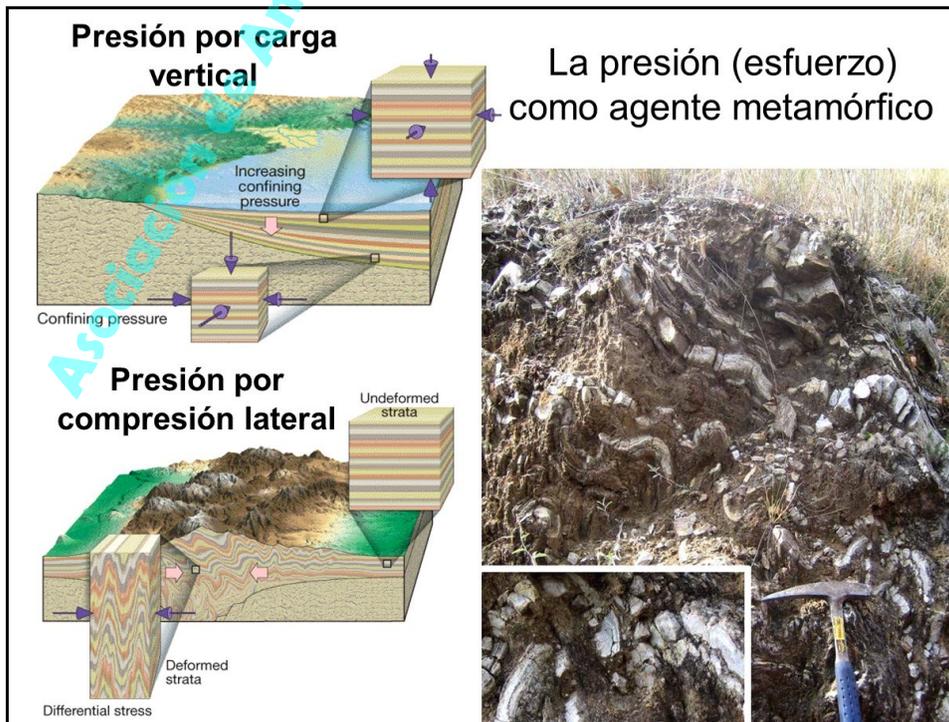


110

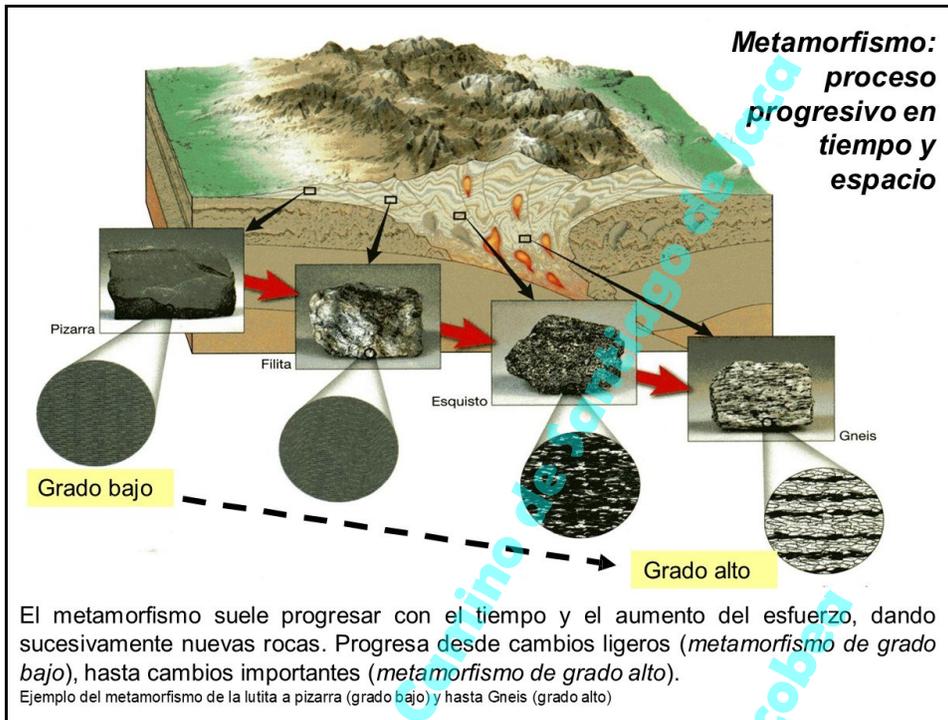
## **LAS ROCAS METAMORFICAS:** **METAMORFISMO DE CONTACTO Y** **METAMORFISMO REGIONAL**

- **Metamorfismo**: cambios físicos y químicos que sufren las rocas en ambientes de altas temperaturas (menores a los del punto de fusión) y/o presiones además de cizallamiento. Se produce bajo presiones al menos de 2 Kb y temperaturas de entre 150 y 900°C

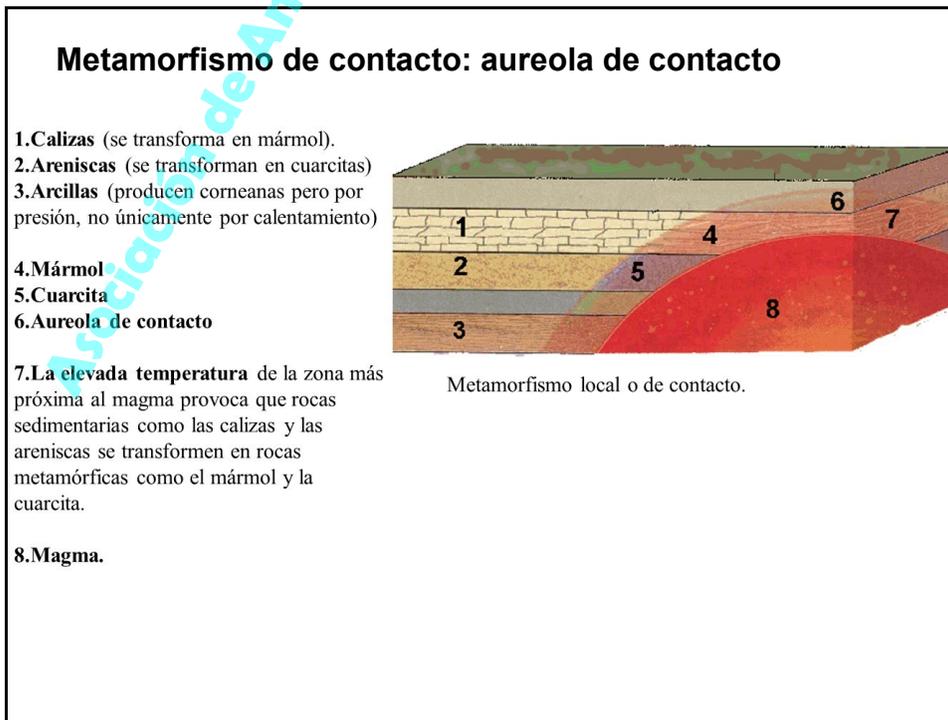
111



112



113



114



plegamiento hercínico o Varisco. Marmolera (Pico del "infierno")

**Texturas no foliadas**

(ej mármol con textura sacaróidea).  
Formadas a elevada **Temperatura**.



115

**LAS ROCAS SEDIMENTARIAS:**

**ROCAS DETRÍTICAS Y**

**ROCAS QUÍMICAS-BIOQUÍMICAS**

- Representan el 5% en volumen de la Tierra, pero el 75% de todos los afloramientos de rocas de la superficie del planeta.
- Son rocas formadas en dicha superficie del planeta en ambientes tanto continentales como marinos
- Son las rocas que contienen los fósiles y por tanto las que nos informan sobre la Historia de la Tierra y sobre la Evolución de la Vida.
- No son muy variadas en cuanto a composición, aunque extremadamente variadas en cuanto a texturas, estructura y tipos de componentes, lo que permite distinguir innumerables tipologías

116

**Rocas sedimentarias:** Resultado de la acumulación de elementos (minerales, fragmentos de otras rocas, organismos etc.) y/o de precipitaciones de minerales a partir de soluciones.



ARENISCA



CALIZA CORALINA



CONGLOMERADO



YESO LAMINADO



CARBÓN

117

**Formación de las rocas sedimentarias detríticas** (fases)

- 0) Meteorización
- 1) Erosión
- 2) transporte
- 3) sedimentación.
- +
- 4) Litificación y diagénesis.

118

**LITIFICACIÓN: COMPACTACIÓN y CEMENTACIÓN**

**A** **B** **C**

Peso de los sedimentos

Pérdida de agua

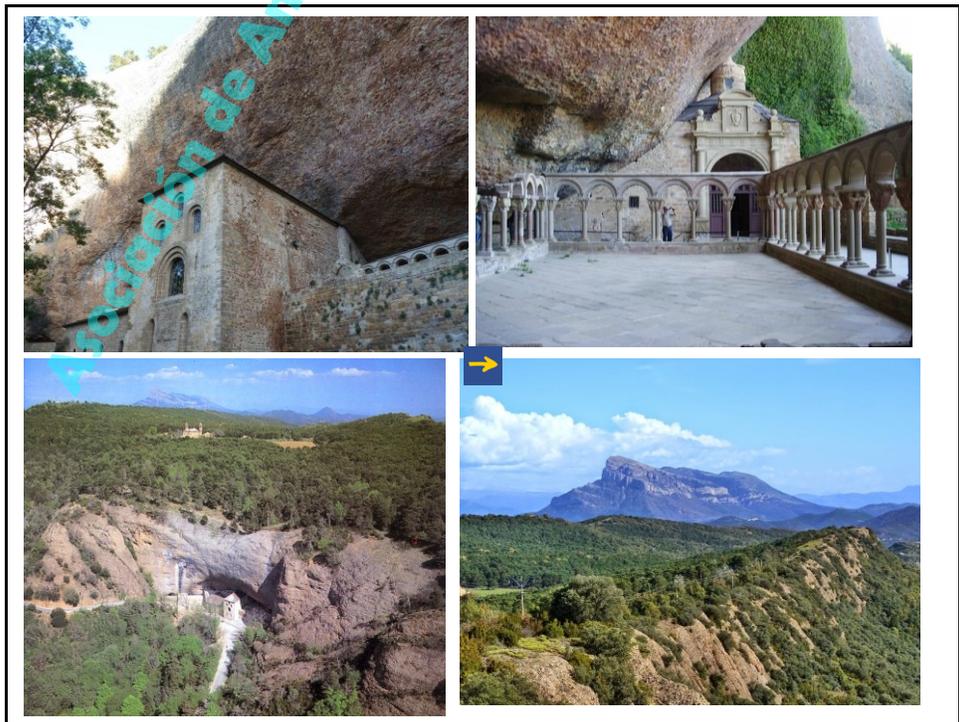
Cementación

Cantos rodados

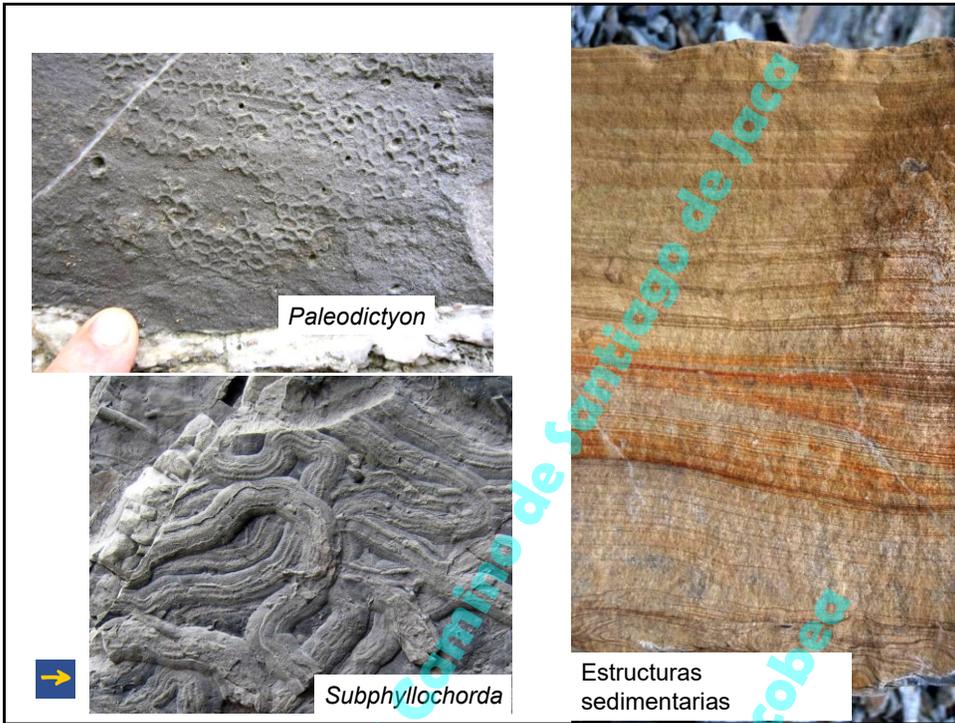
conglomerado

The diagram illustrates the three stages of lithification: 
   
A: Loose sediments with large pore spaces.
   
B: Compaction and loss of water, resulting in smaller pore spaces.
   
C: Cementation, where mineral matter binds the grains together.
   
The photographs show 'Cantos rodados' (rounded pebbles) and a 'conglomerado' (conglomerate) with a yellow roller and a knife for scale.

119



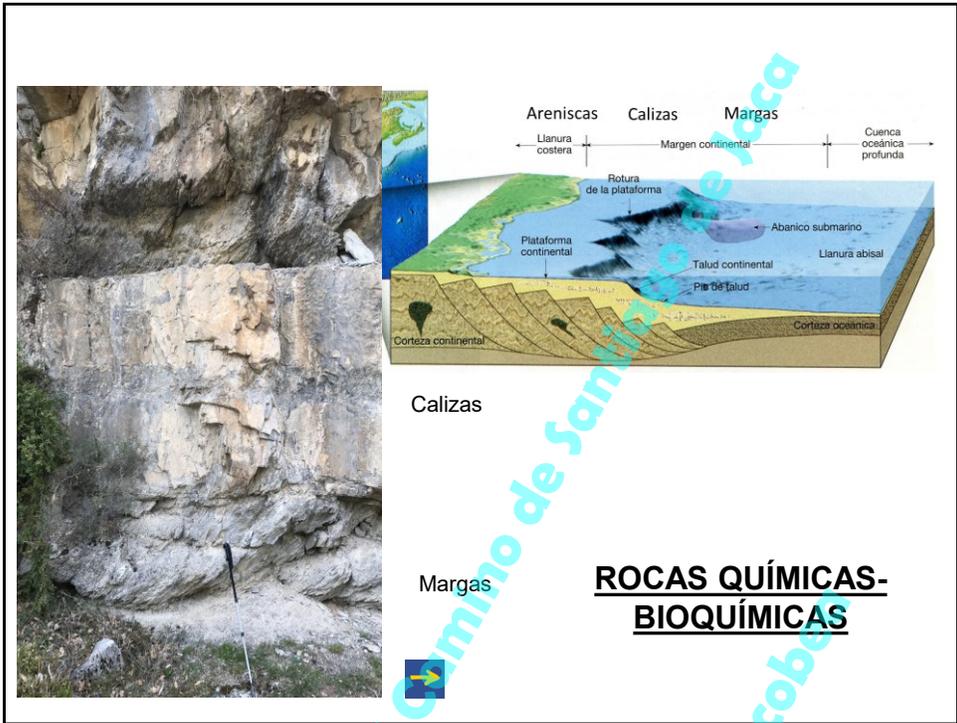
120



121



122



123



124

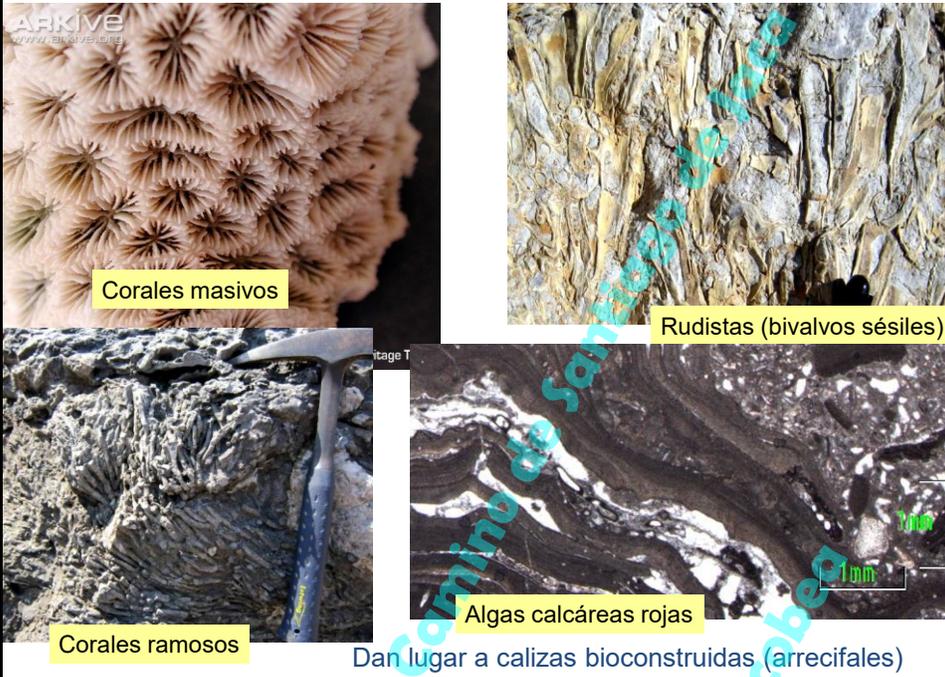


125



126

## COMPONENTES ESQUELETALES fijados al sustrato o interconectados



127

**AMBIENTE PANTANOSO**

**TURBA**  
(Materia vegetal parcialmente alterada: cuando se quema produce mucho humo y poca energía)

Enterramiento

**LIGNITO**  
(Carbón blanco y marrón; energía moderada)

Compactación

Mayor enterramiento

**HULLA**  
(Carbón blando; negro; principal carbón utilizado en la producción de energía y en la industria; gran energía)

Compactación

**METAMORFISMO**

**ANTRACITA**  
(Carbón negro; duro; utilizado en la industria; muy energético)

Presión

### ROCAS ORGANÓGENAS:

**Ej: El carbón**

- Formadas por acumulación de materia vegetal en zonas de condiciones reductoras.
- Ambientes de pantanos o turberas, con saturación de agua.
- Diferentes tipos en función del grado de compactación-maduración y poder calórico.
- Carbones:** antracita, hulla, lignito, turba.

Vegetación primitiva

Restos de plantas

Agua

Sedimentos

Turba

Agua

Sedimentos y rocas sedimentarias

Carbón

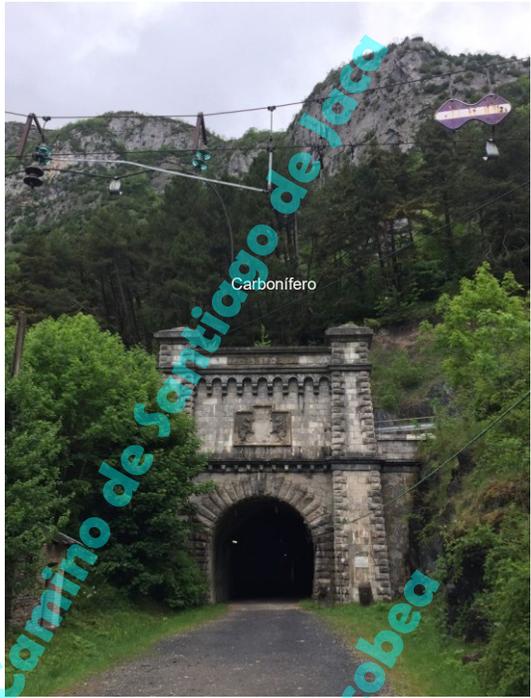
128

**CANFRANC ESTACIÓN  
(LOS ARAÑONES)**

El último Paleozoico

Calizas negras masivas o  
tableadas y areniscas del  
Carbonífero  
(307-300 Ma)

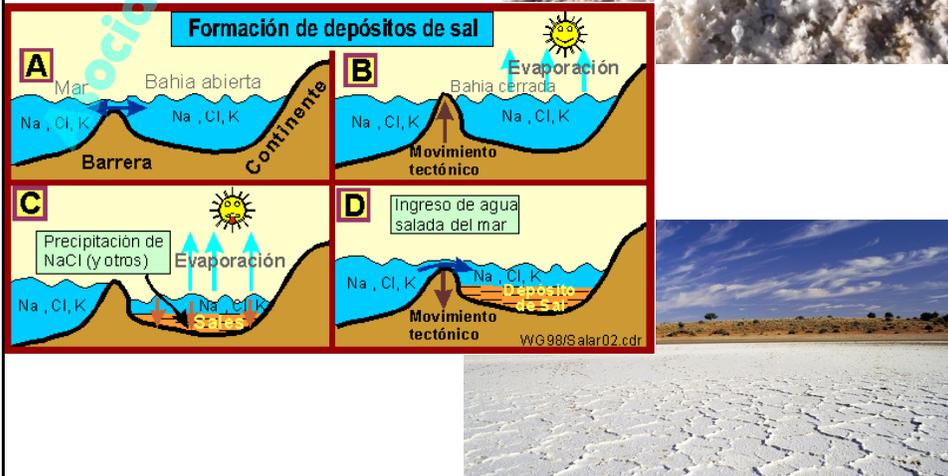
Clima cálido y húmedo →  
helechos arborescentes →  
Carbón (lignito)



129

**Las evaporitas**

Rocas sedimentarias formadas  
a partir de la evaporación  
progresiva de soluciones  
salinas en contextos marinos o  
lacustres



130

## MINERALES EVAPORÍTICOS COMUNES



Silvina O Silvita  $KCl$



Halita  $NaCl$



Carnalita  $KMgCl_3 \cdot 6H_2O$



Yeso  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$   
Anhidrita  $CaSO_4$

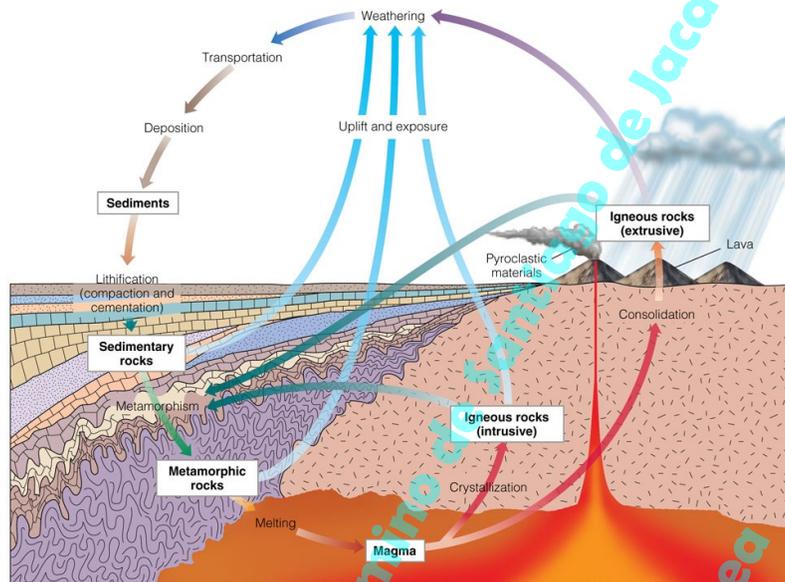
131

Yesos del Oligoceno / Anticlinal de Barbastro



132

## TECTONICA DE PLACAS Y EL CICLO DE LAS ROCAS



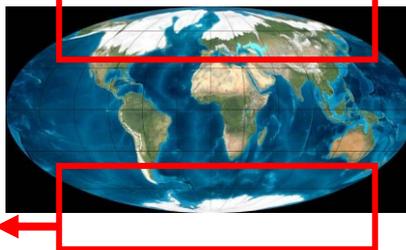
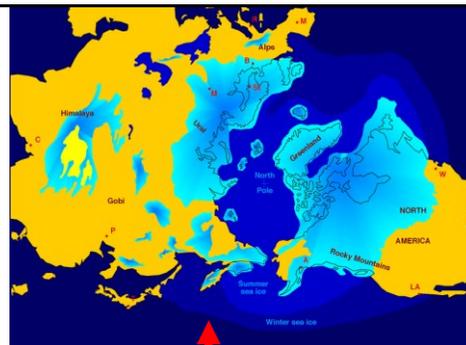
The rock cycle shows the interrelationships between Earth's internal and external processes and how the three major rock groups are related.

© 2006 Brooks/Cole - Thomson

133

### El Cuaternario (2.6 Ma)

- Casquetes permanentes en la Antártida
- Casquetes creciendo de forma intermitente en el hemisferio N
- Condiciones climáticas globales mucho más frías que el resto del Cenozoico



134

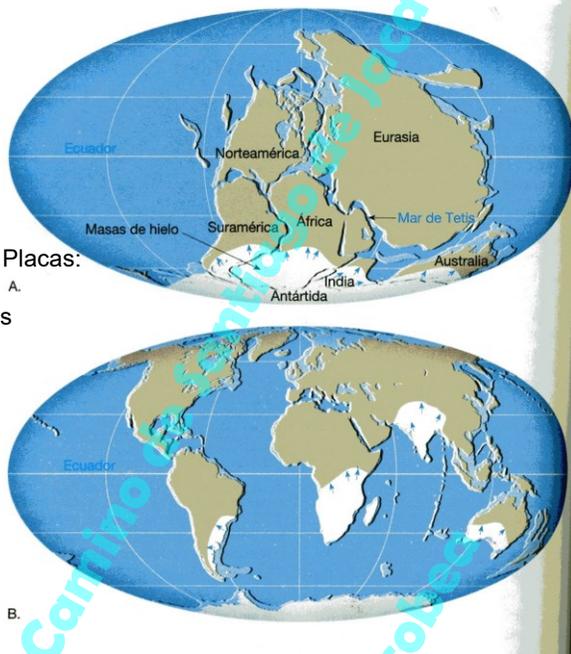
► **Figura 18.21** A. Supercontinente Pangea que muestra el área cubierta por el hielo glacial hace 300 millones de años. B. Los continentes como se encuentran en la actualidad. Las áreas blancas indican dónde existieron porciones de los antiguos glaciares de casquete.

## Causas de las glaciaciones: Causas geológicas

Implicaciones de la Tectónica de Placas:

- 1.- Distribución de los continentes
- 2.- Circulación oceánica global.
- 3.- Épocas orogénicas.
- 4.- Vulcanismo.

Causas solares  
Ciclos de Milankovitch

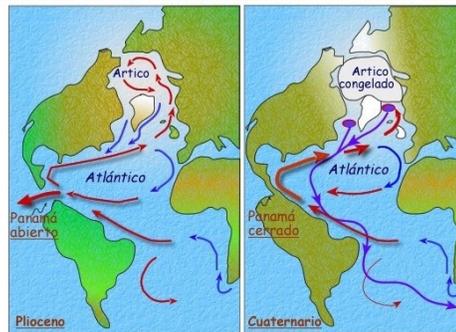


135

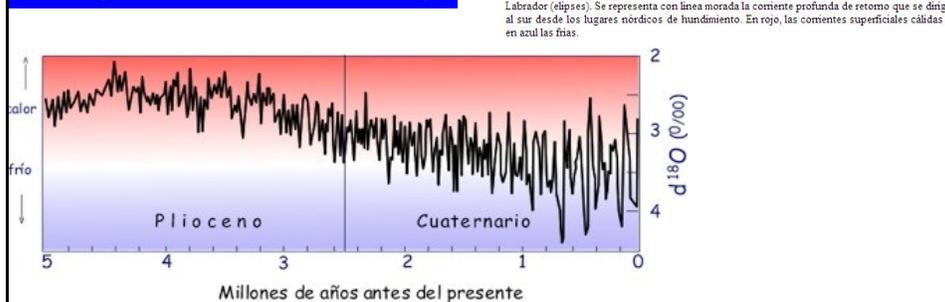
## Factores de control de las glaciaciones

### EL TRÁNSITO PLIOCENO-CUATERNARIO:

Cierre del istmo de Panamá, que completó el cierre de mares tropicales y refuerza la circulación termohalina en el Atlántico (inicio de casquetes extensos en el Ártico)

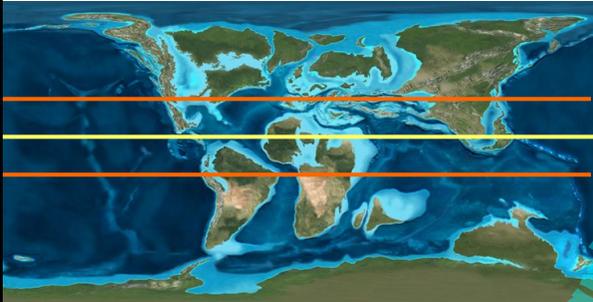


En el Plioceno (izquierda), cuando el paso de Panamá estaba abierto, gran parte de la corriente ecuatorial del Atlántico pasaba al Pacífico. La Corriente del Golfo era más débil pero lograba entrar en el Ártico, manteniéndolo descongelado todo el año. Al cerrarse el istmo de Panamá (derecha) la corriente del Golfo se reforzó, pero al acarrear aguas más saladas y, por lo tanto, más densas, se hundían por enfriamiento (como en la actualidad) en los Mares Nórdicos y de Labrador (elipses). Se representa con línea morada la corriente profunda de retorno que se dirige al sur desde los lugares nórdicos de hundimiento. En rojo, las corrientes superficiales cálidas y en azul las frías.



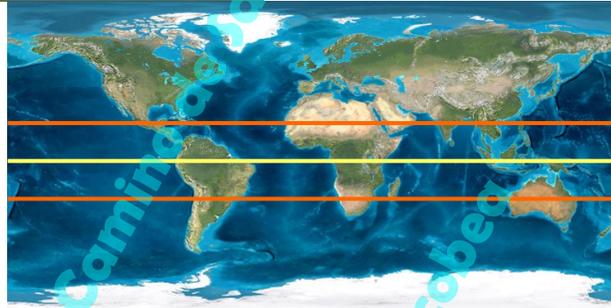
136

**2) CONCENTRACIÓN DE MASAS CONTINENTALES EN EL HEMISFERIO NORTE**



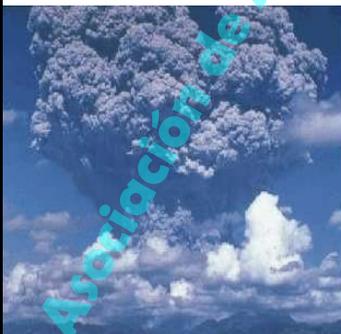
En el **Cretácico** y gran parte del **Cenozoico** la distribución de continentes era más regular y existía un gran "Océano ecuatorial": el **Tethys**

En el **Cuaternario** la mayoría de áreas continentales se sitúa al norte y los océanos están orientados N-S: mayor predisposición a contrastes climáticos

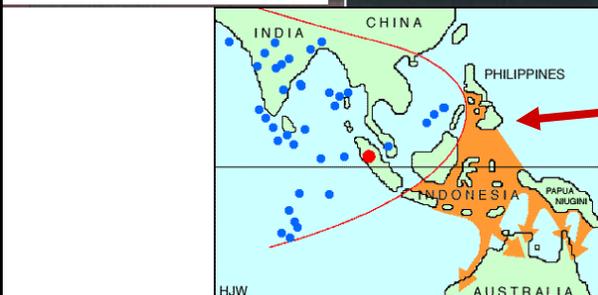


137

**Volcanismo explosivo y enfriamiento climático: ejemplos**



**Monte Pinatubo, 1991**



**Toba, Sumatra  
75.000 a.c.  
(2800 km<sup>3</sup> de aerosoles)**

138

### 3) Ciclos de Milankovitch

**Eccentricity Cycle (100 k.y.)**

**Obliquity Cycle (41 k.y.)**

Normal to Ecliptic

©Scott Rutherford (1997)

**Precession of the Equinoxes (19 and 23 k.y.)**

Northern Hemisphere tilted away from the sun at aphelion.

Northern hemisphere tilted toward the sun at aphelion.

**Ciclos de excentricidad (100.000 años)**  
 variaciones en la "redondez" de la órbita de la Tierra alrededor del Sol

**Ciclos de oblicuidad (41.000 años)**  
 variaciones en la "inclinación" del eje de rotación de la Tierra

**Ciclos de precesión (20.000 años)**  
 "bamboleo" del eje, posición del hemisferio norte con respecto al Sol

CAUSAS SOLARES

139

### TASA DE INSOLACIÓN: RADIACIÓN RECIBIDA menos el ALBEDO

Valores de albedo (% reflejado)

Luna 6%-8%

Zonas de agua 10%-60% (depende de la altura del sol)

Albedo de la Tierra (medio) 31%

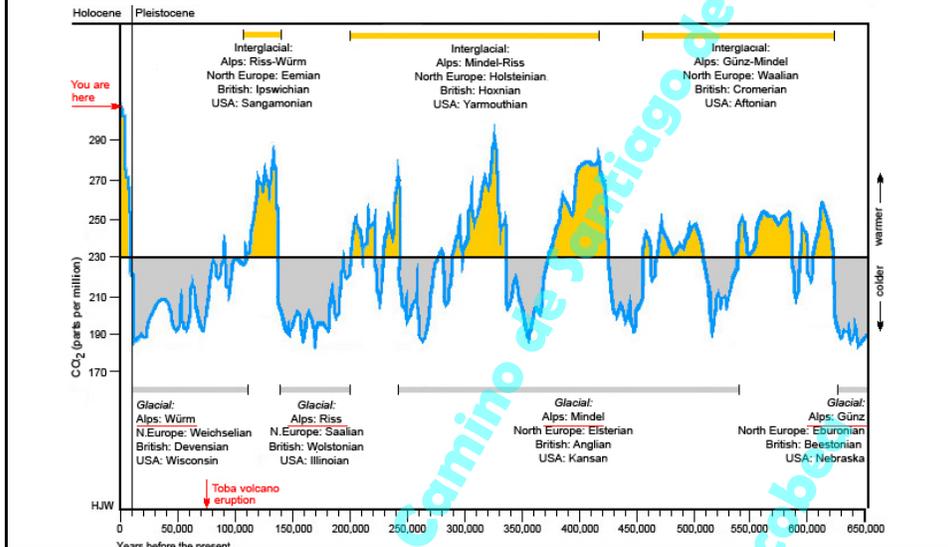
*El albedo depende mucho del terreno (color, vegetación, nieve-frío), ya que implica mayor o menor absorción de luz con diferente longitud de onda*

- Las zonas polares cubiertas de hielo-nieve registran un albedo mayor
- También es elevado en desiertos y zonas áridas
- La vegetación disminuye el albedo considerablemente

Albedo 0 0.1 0.2 0.3 0.4

140

**ETAPAS DE GLACIACIÓN:** Se han identificado al menos **9 fases principales** de glaciación a lo largo del Cuaternario, aunque las **4 últimas** son las mejor conocidas en Eurasia y Norteamérica



141

### Morfología debida a glaciares alpinos

CIRCO  
ARISTA  
HORN  
VALLE GLACIAR en forma de U.  
VALLES COLGADOS (o suspendidos)

(a) Un área montañosa antes de la glaciación. (b) El mismo área durante la extensión máxima de los glaciares de valle. (c) Después de la glaciación.

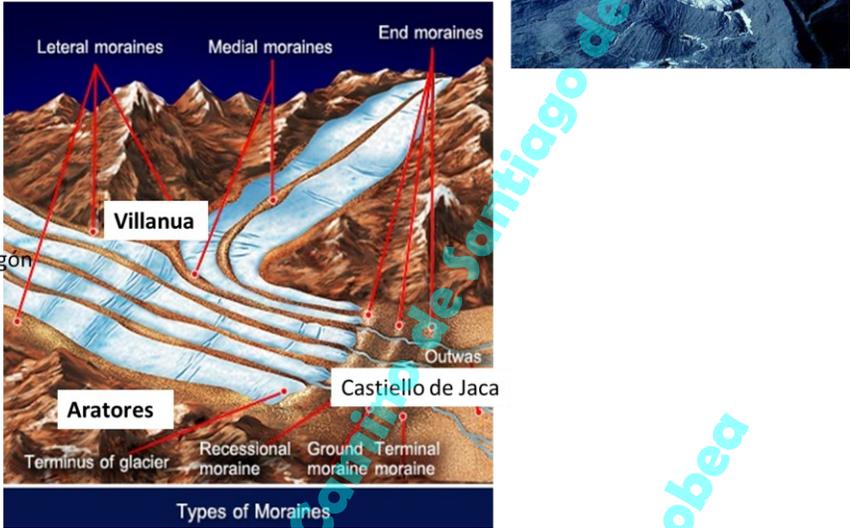
Labels in (c): Horn, Arête, Cirque, Truncated spurs, Hanging valley, U-shaped glacial trough.

© 2006 Brooks/Cole - Thomson

142

**LA SEDIMENTACIÓN GLACIAR**  
Morrenas glaciares

Till o depósitos fluvio-glaciares organizados en diferentes acumulaciones dentro de los glaciares: morrenas



The diagram, titled "Types of Moraines", illustrates various glacial landforms. It shows a cross-section of a glacier system with labels for "Lateral moraines", "Medial moraines", and "End moraines". Specific locations in the Pyrenees are marked: Astún, Rioseta, Río Aragón, Villanua, Aratores, and Castiello de Jaca. At the bottom, it identifies "Terminus of glacier", "Recessional moraine", "Ground moraine", and "Terminal moraine". An inset photograph shows a large glacier flowing through a mountain valley.

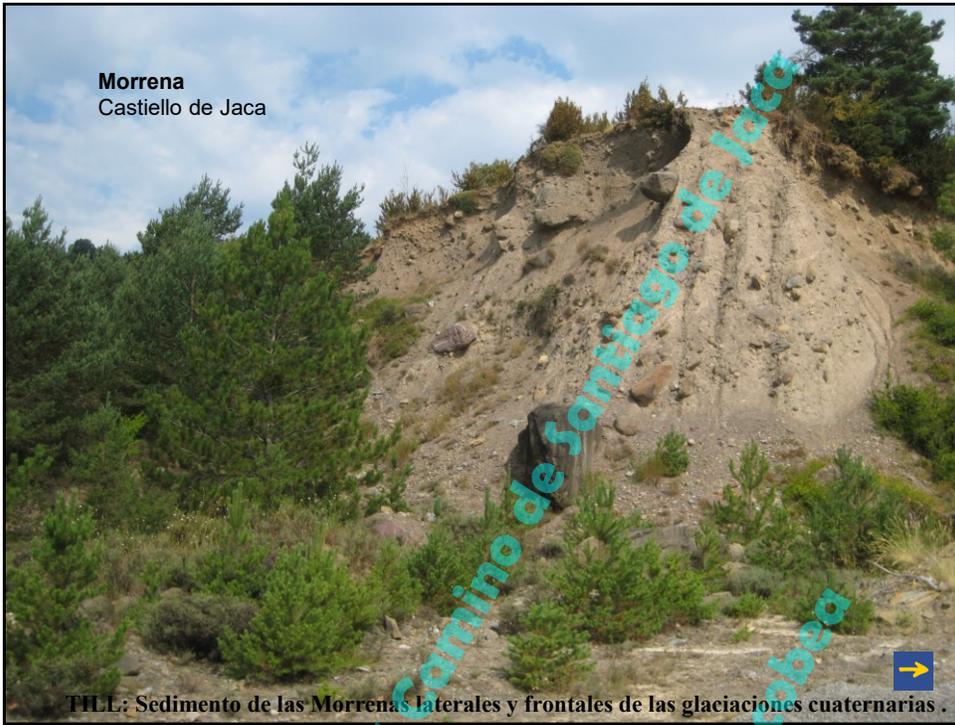
143



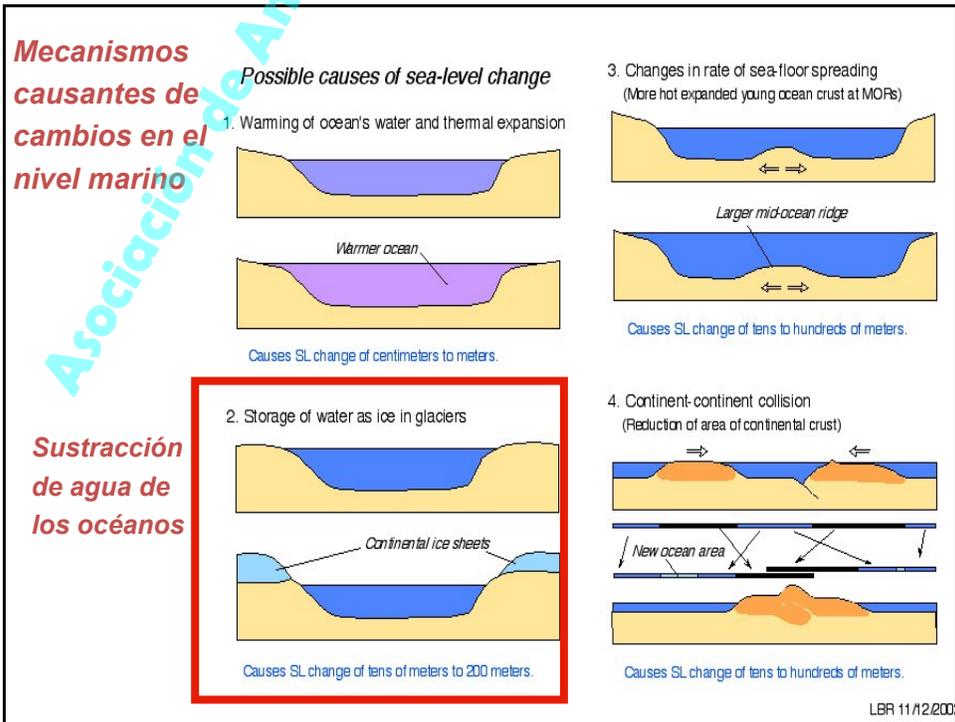
A landscape photograph showing a wide glacial valley. In the background, snow-capped mountain peaks are visible, with two specific peaks marked with the letter "H", representing horns. The foreground consists of a grassy field and some trees.

**MODELADO CUATERNARIO: Valle glacial y horns (H)** →

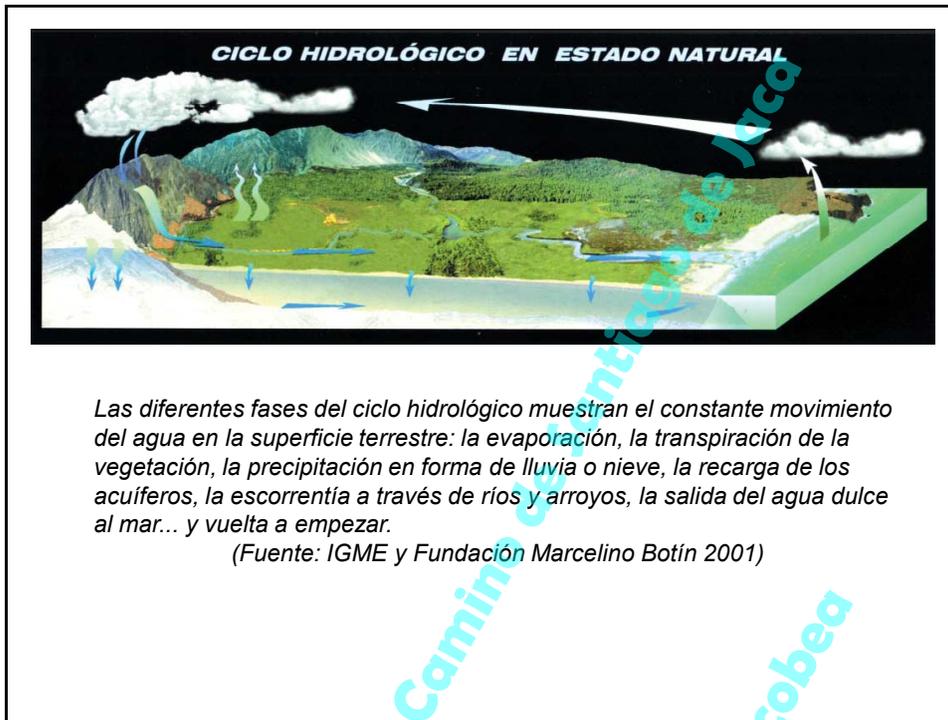
144



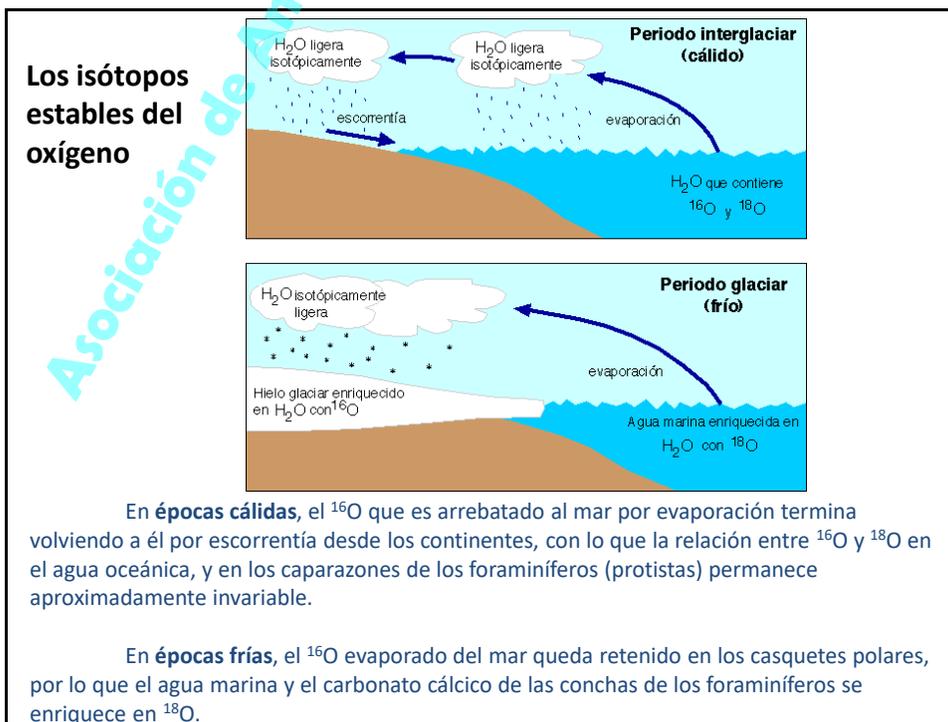
145



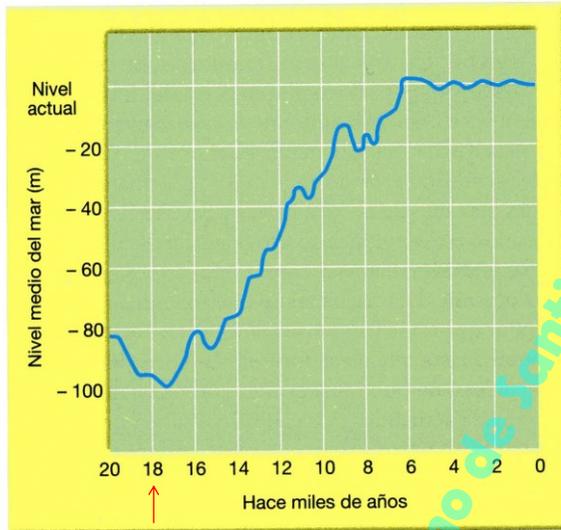
146



147



148



Durante el periodo glacial cuaternario el volumen de hielo glacial ascendía a unos  $70 \times 10^6 \text{ km}^3$ .

La nieve a partir de la cual se forman los glaciares procede de la evaporación del agua de los océanos. Por tanto, el crecimiento de los glaciares causó un descenso mundial del nivel del mar.

Hace unos 18000 años, cuando el hielo alcanzó su máxima extensión, el nivel del mar se hallaba por debajo de la actualidad 80 - 100 m.

▲ **Figura 18.19** Modificación del nivel del mar durante los últimos 20.000 años. El nivel más bajo mostrado en la gráfica representa una época de hace unos 18.000 años, cuando el avance de hielo más reciente estaba en su apogeo.

149



Periodo Glaciar Cuaternario (18.000 años): Línea costera frente a Urdaibai 20 km más al norte

150