

Introducción a la geología



Monemvasia, Grecia (M.V. Altinier, 2017)

Dra. María Victoria Altinier
maltinier@fi.uba.ar

Geología

Ciencia natural e histórica
Objeto de estudio: planeta tierra.



Origen, evolución, composición, estructura, forma, procesos internos y externos. Riesgos, impacto ambiental.

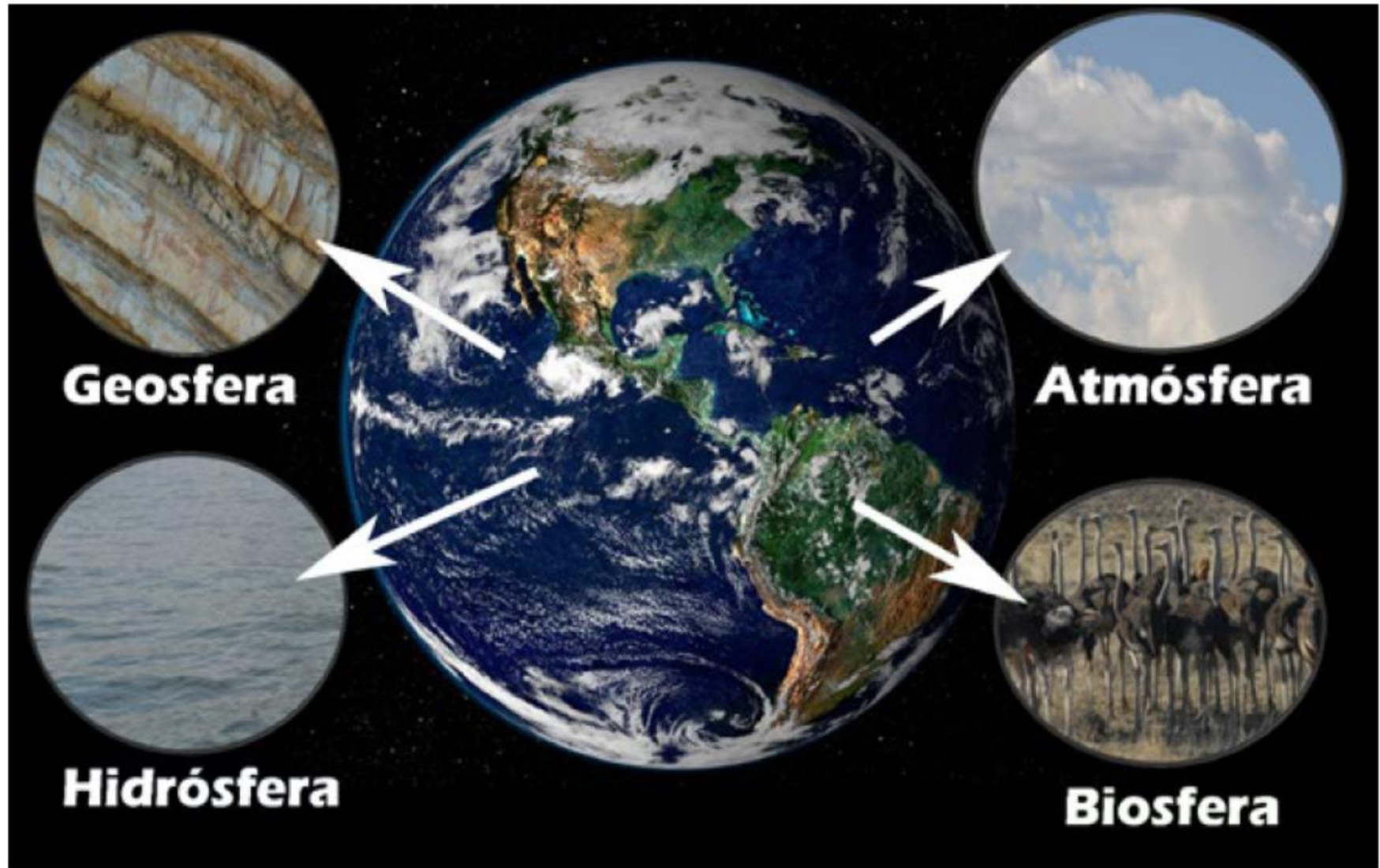


Isla Blå Jungfrun, Suecia (M.V. Altinier, 2019)



Äspo, Oskarsham, Suecia (M.V. Altinier, 2019)

Planeta Tierra: sistema abierto y dinámico



https://www.researchgate.net/publication/279192961_La_Tierra_como_sistema/link/558d9f4008ae47a3490bd0b4/download

Intercambio de energía y materia entre subsistemas y con el espacio exterior

Atmósfera

Cobertura gaseosa.
Filtro radiación solar y cósmica.
Regulación de la temperatura.
Gases indispensables para la vida.



**TABLA 1.
 GASES DE LA ATMÓSFERA**

Gas	Fórmula química	Porcentaje (por volumen)
Gases permanentes		
Nitrógeno	N ₂	78,08
Oxígeno	O ₂	20,95
Argón	Ar	0,93
Neón	Ne	0,0018
Helio	He	0,0005
Hidrógeno	H ₂	0,00006
Xenón	Xe	0,000009
Gases variables		
Vapor de agua	H ₂ O	0 a 4
Dióxido de carbono	CO ₂	0,036
Metano	CH ₄	0,00017
Óxido nitroso	N ₂ O	0,00003
Ozono	O ₃	0,000004
Partículas (polvo, etc.)		0,000001
Clorofluorocarbonos (CFC)		0,00000002

<http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL002316.pdf>

Hidrosfera

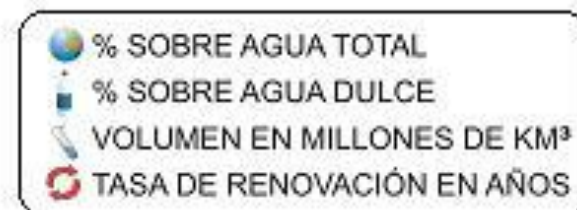
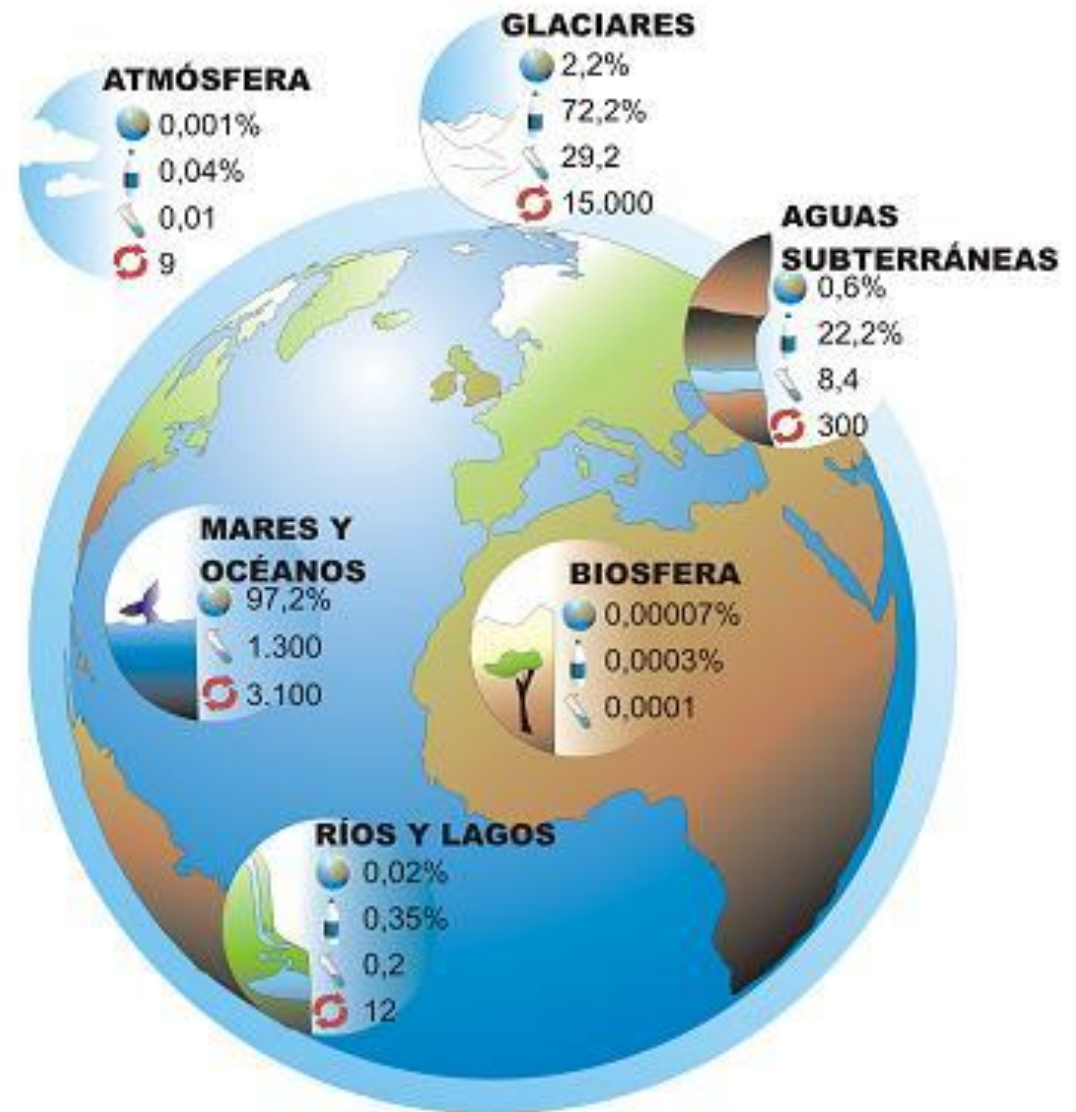
Agua del planeta en todos sus estados físicos.

Regulación del clima.

Modelado del relieve.

Funciones vitales de todos los seres vivos.

Reacciones químicas.



Ciclo hidrológico

Circulación del agua desde los océanos a la atmósfera, de la atmósfera a los continentes y de los continentes al océano

- **Interacción de todos los componentes de la hidrósfera**
- **Motor del ciclo hidrológico: energía solar**
- **Flujo del agua en la tierra en todos sus estados físicos**
- **Procesos: evaporación, condensación, precipitación, transpiración de plantas, etc.**



Regulación del clima
Modelado del relieve
Vida en el planeta.

El Ciclo del Agua



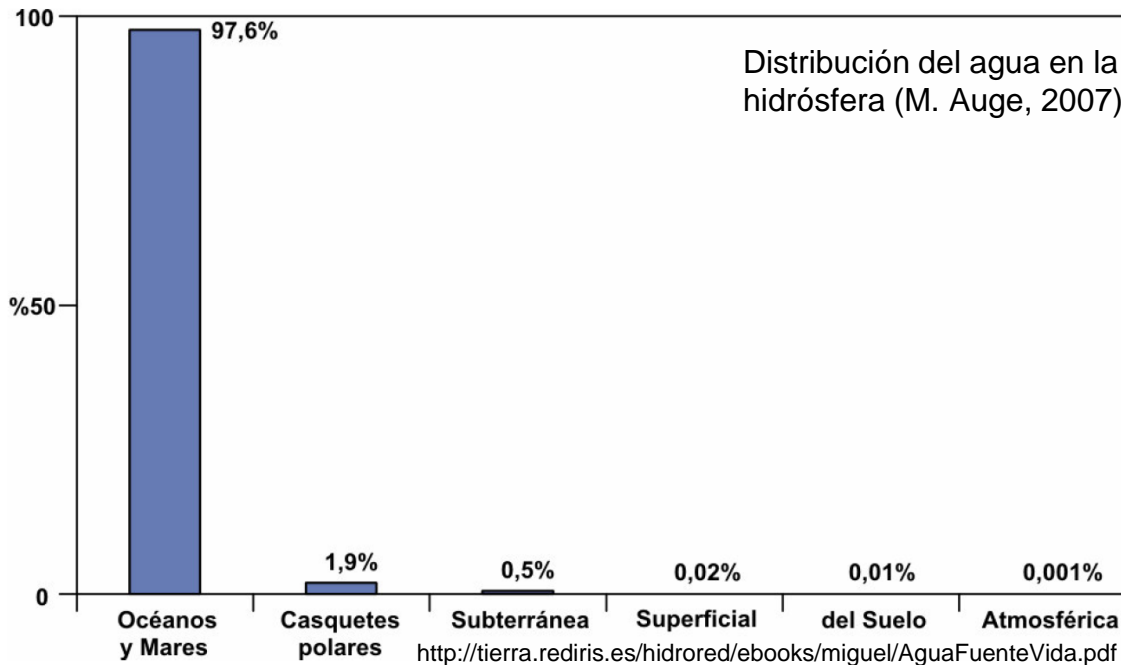
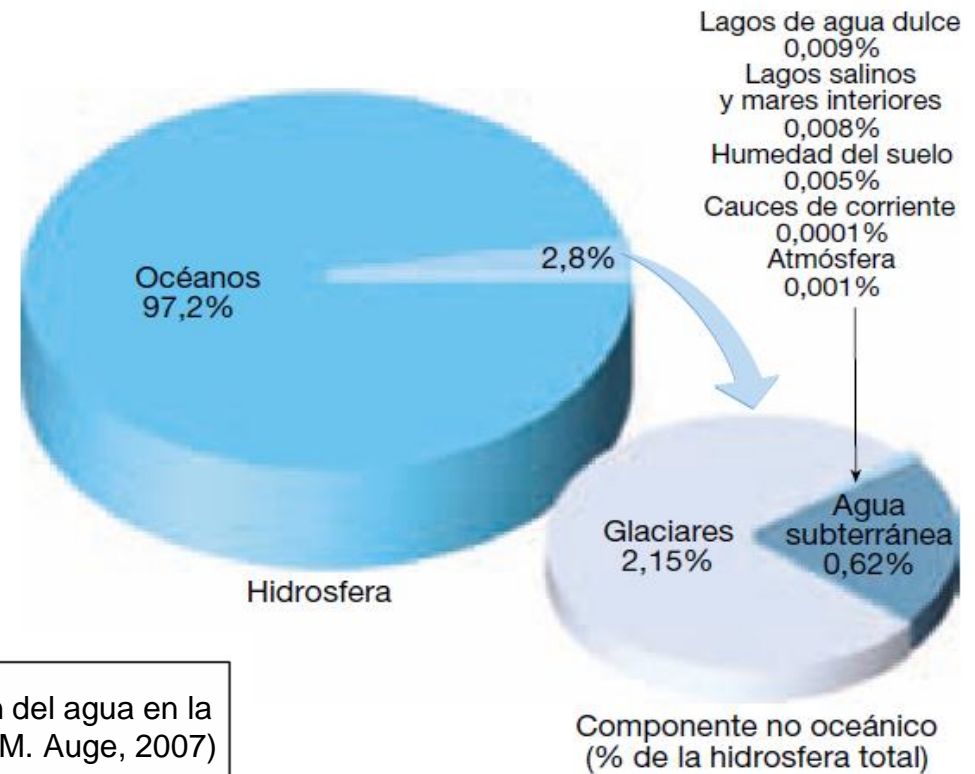
U.S. Dept. of the Interior
U.S. Geological Survey
Howard Perlman, John Evans, USGS
<https://www.usgs.gov/water-science-school>

Este diagrama muestra solo el ciclo natural del agua, ignorando las influencias humanas.

Geología aplicada

Distribución del agua en la hidrósfera

- Mayor proporción de agua dulce concentrada en casquetes polares y glaciares (~ 2%)
- Agua subterránea: mayor reservorio de agua dulce fácilmente extraíble (~ 0,6%)

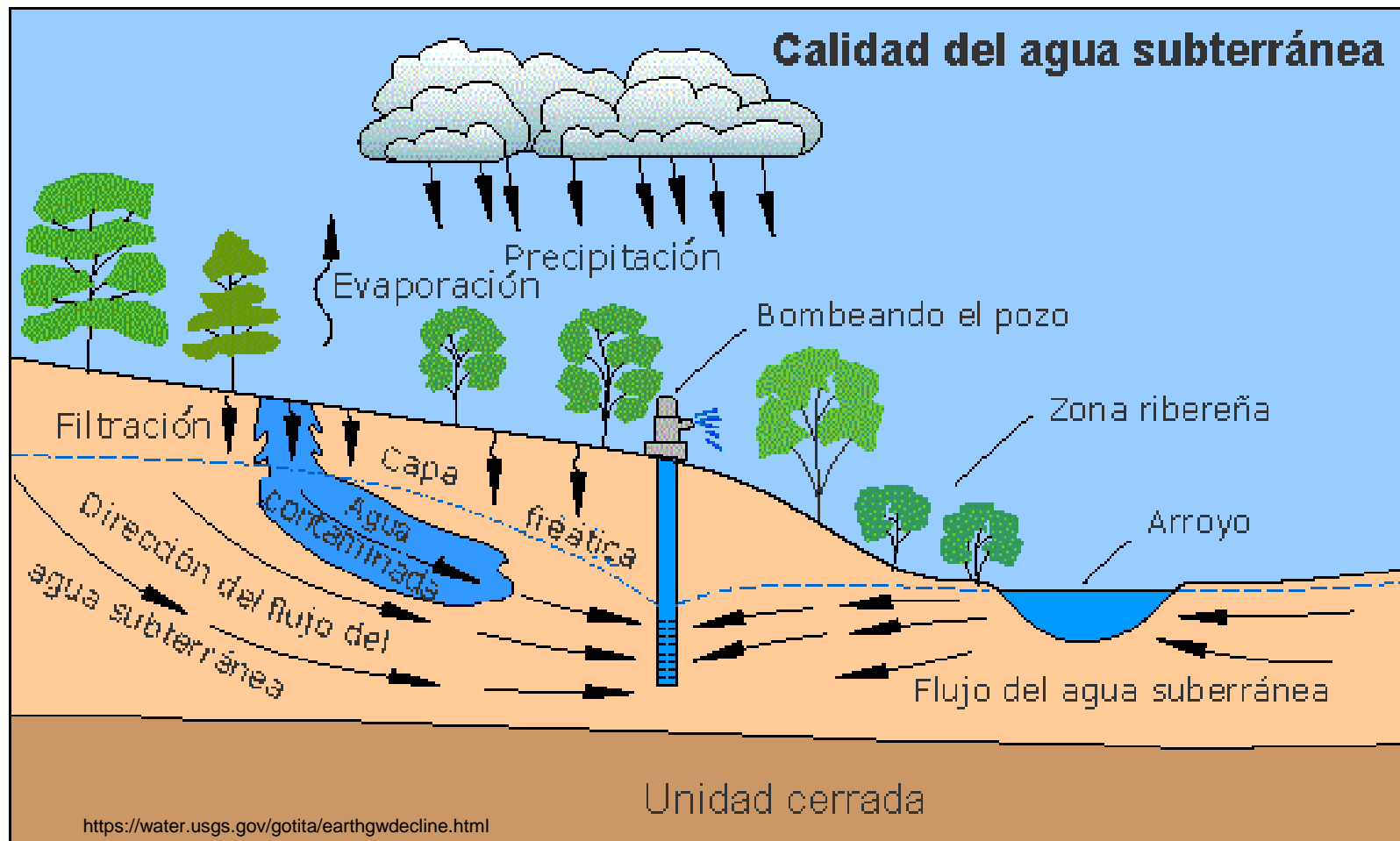


Distribución del agua de la Tierra.
Tarbuck y Lutgens (2005)

Aguas subterráneas

Del total de agua dulce en el planeta:

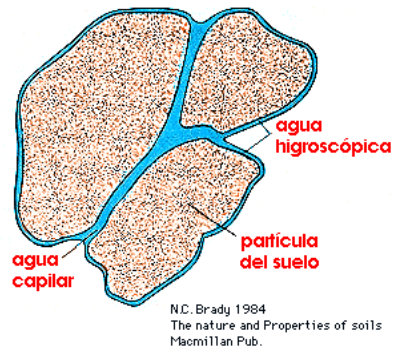
- Agua subterránea ~ 14%
- Glaciares y casquetes polares ~ 85%
- Aguas superficiales ~ 1%



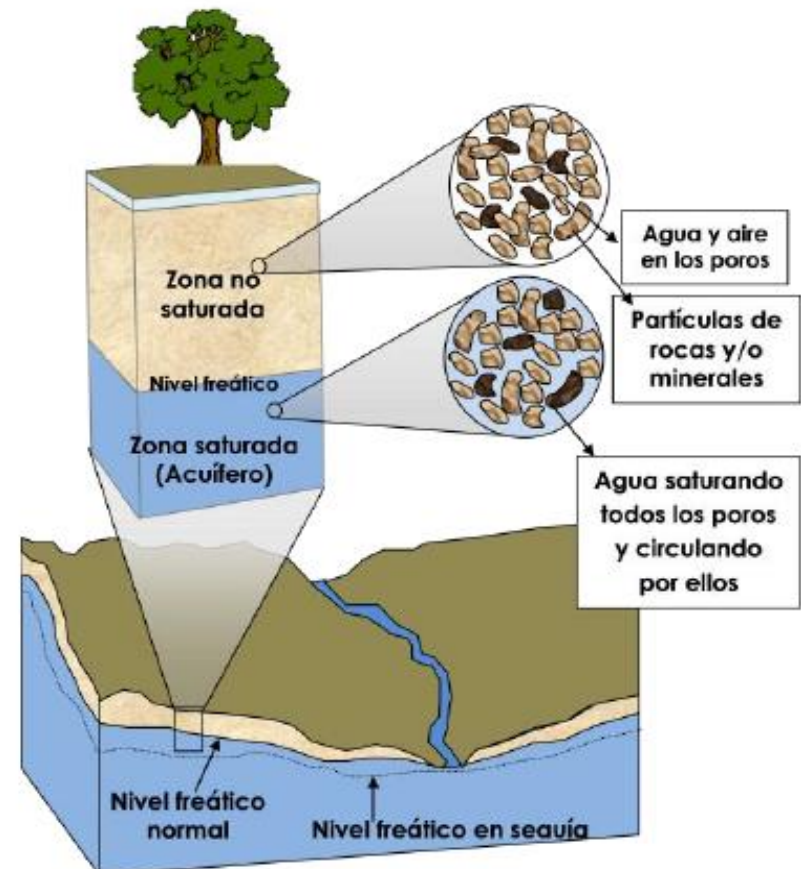
Aguas subterránea mejor calidad química que superficial ↔ filtrado natural

- **Agua retenida en el suelo:** agua capilar (tensión superficial) y agua higroscópica (adsorbida en partículas del suelo) ↔ funciones vitales y transpiración de plantas.

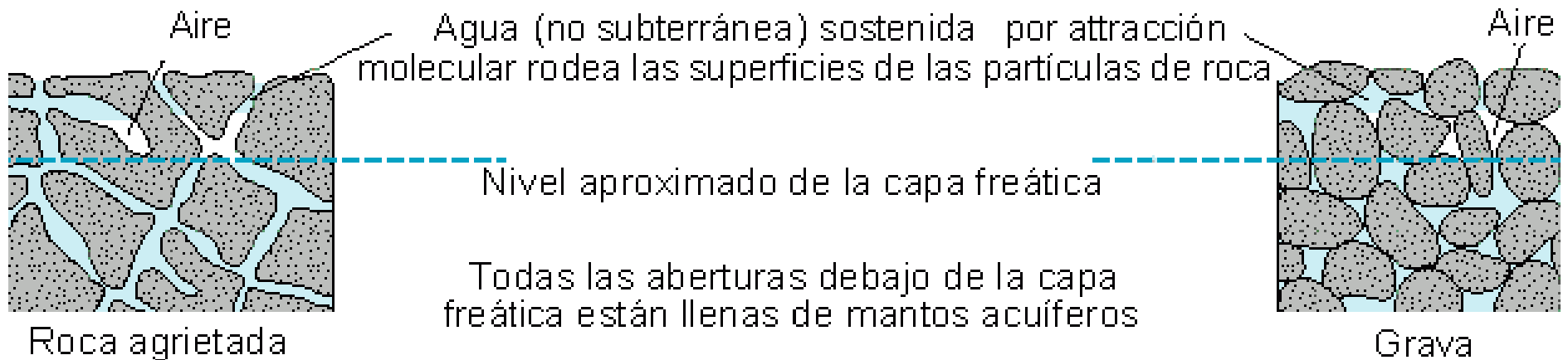
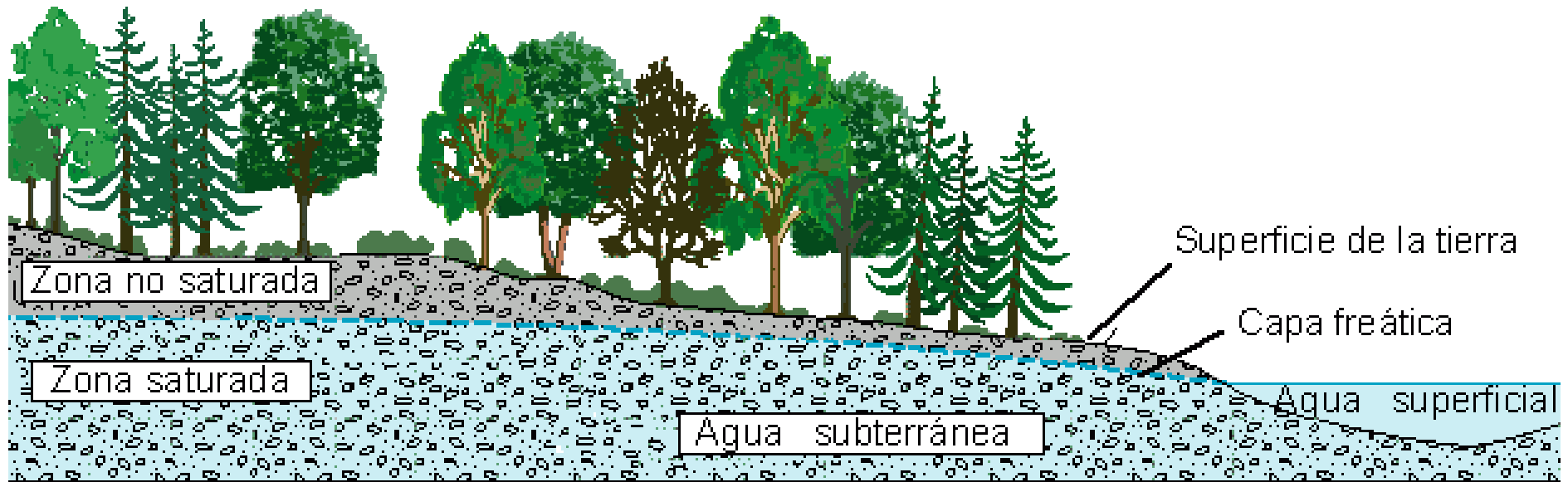
Zona no saturada.



- **Agua subterránea:** porción de agua no retenida por el suelo que percola en profundidad hasta llegar a la **zona saturada**.
Depende de la geología y del clima
Almacenada en formaciones geológicas:
capas de rocas o sedimentos.



Aguas subterráneas



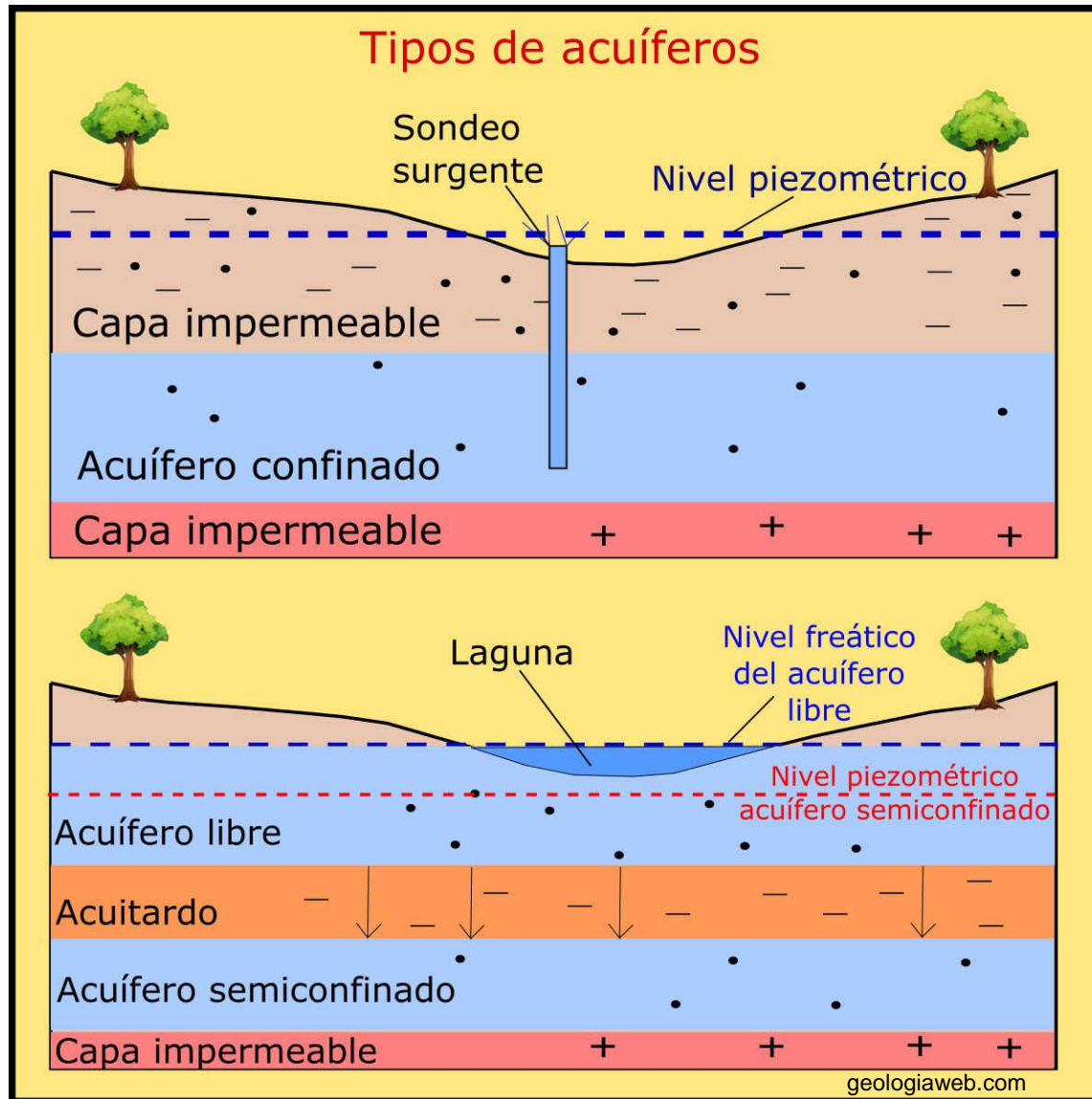
Los estratos de roca o sedimentos pueden actuar como:

- **Acuífero:** capacidad de recibir, almacenar y transportar agua. Altas permeabilidad y porosidad primaria o secundaria e importante interconexión de poros o fracturas. Explotable. Ej.: arenas, gravas, granitos fracturados o cualquier otra roca compacta con fracturación.
- **Acuitardo:** capacidad de almacenar agua y moderada a baja permeabilidad. Transmiten agua lentamente a acuíferos adyacentes. Ej.: arenas arcillosas, arenas limosas, limos, rocas compactas poco fracturadas.
- **Acuícludo:** muy baja permeabilidad aunque contiene agua. No explotables. Ej.: arcillas, arcillas limosas.
- **Acuífugo:** unidades que no contienen ni transmiten agua, baja proporción de vacíos interconectados. Ej.: granitos y otras rocas compactas.

Agua subterránea

Valores estimados de la conductividad hidráulica (metros /día)

		Domenico	Smith & W	Freeze	Fetter	Sanders
Sedimentos	Grava	25 a 2500	100 a 10 ⁵	100 a 10 ⁶	10 a 1000	
	Grava con arena					
	Arena gruesa	0,1 a 500	0,01 a 1000	1 a 1000	1 a 100	1 a 100
	Arena media	0,1a 50				
	Arena fina	0,02a 20			0,01 a 1	0,01 a 1
	Arena arcillosa			0,01 a 100	0,001 a 0,1	
	Silt, loess	10 ⁻⁴ a 2	10 ⁻⁴ a 1	10 ⁻⁴ a 1	0,001 a 0,1	10 ⁻⁴ a 1
	Arcilla	10 ⁻⁶ a 4*10 ⁻⁴	10 ⁻⁷ a 10 ⁻³		10 ⁻⁶ a 10 ⁻³	10 ⁻⁶ a 10 ⁻³
	Arcilla marina inalterada	10 ⁻⁷ a 2*10 ⁻⁴		10 ⁻¹¹ a 10 ⁻⁷		
Rocas Sedimentarias	Calizas carstificadas	0,1 a 2000	0,05 a 0,5	0,1 a 1000		0,1 a 10 ⁷
	Calizas, dolomías	10 ⁻⁴ a 0,5	0,001 a 0,5	10 ⁻⁴ a 1		10 ⁻⁴ a 1
	Areniscas	3*10 ⁻⁵ a 0,5	10 ⁻⁵ a 1	10 ⁻⁵ a 1		
	Argilitas (siltstone)	10 ⁻⁶ a 0,001				
	Pizarras sedimentarias (Shale) intactas	10 ⁻⁸ a 2*10 ⁻⁴	10 ⁻⁸ a 10 ⁻⁴	10 ⁻⁴ a 10 ⁻⁸		10 ⁻⁴ a 10 ⁻⁸
	Pizarras sed.(Shale) fracturadas/alteradas		10 ⁻⁴ a 1			
	Rocas cristalinas	Basalto inalterado, sin fracturar		10 ⁻⁶ a 10 ⁻³		
Basalto fracturado/vesicular cuaternario			10 a 1000			0,1 a 10 ⁵
Escorias basálticas			0,001 a 1000			
Basalto permeable		0,03 s 2000		0,02 a 1000		
Rocas ígneas y metamórficas sin fracturar		10 ⁻⁹ a 10 ⁻⁵	10 ⁻⁹ a 10 ⁻⁵	10 ⁻⁹ a 10 ⁻⁵		10 ⁻⁹ a 10 ⁻⁵
Rocas ígneas y metamórficas fracturadas		0,001 a 25	10 ⁻⁵ a 1	0,0005 a 20		10 ⁻⁵ a 1
Granito alterado		0,3 a 5				
Gabro alterado		0,05 a 0,3				



- **Acuífero libre o freático:** límite superior (techo) coincide con la superficie freática $\rightarrow P_{\text{agua}} = P_{\text{atm}}$
Espesor varía con las oscilaciones de la superficie freática: espesor saturado
- **Acuífero confinado:** limitado en su base y techo por formaciones impermeables $\rightarrow P_{\text{agua}} > P_{\text{atm}}$ Nivel de agua coincide con el nivel piezométrico
Espesor fijo = espesor de la formación geológica que lo constituye
- **Acuífero semiconfinado:** limitado por un acuitardo en el techo y un acuífero en la base. Recarga desde el acuitardo $\rightarrow P_{\text{agua}} > P_{\text{atm}}$ Nivel de agua corresponde al nivel piezométrico

Biósfera

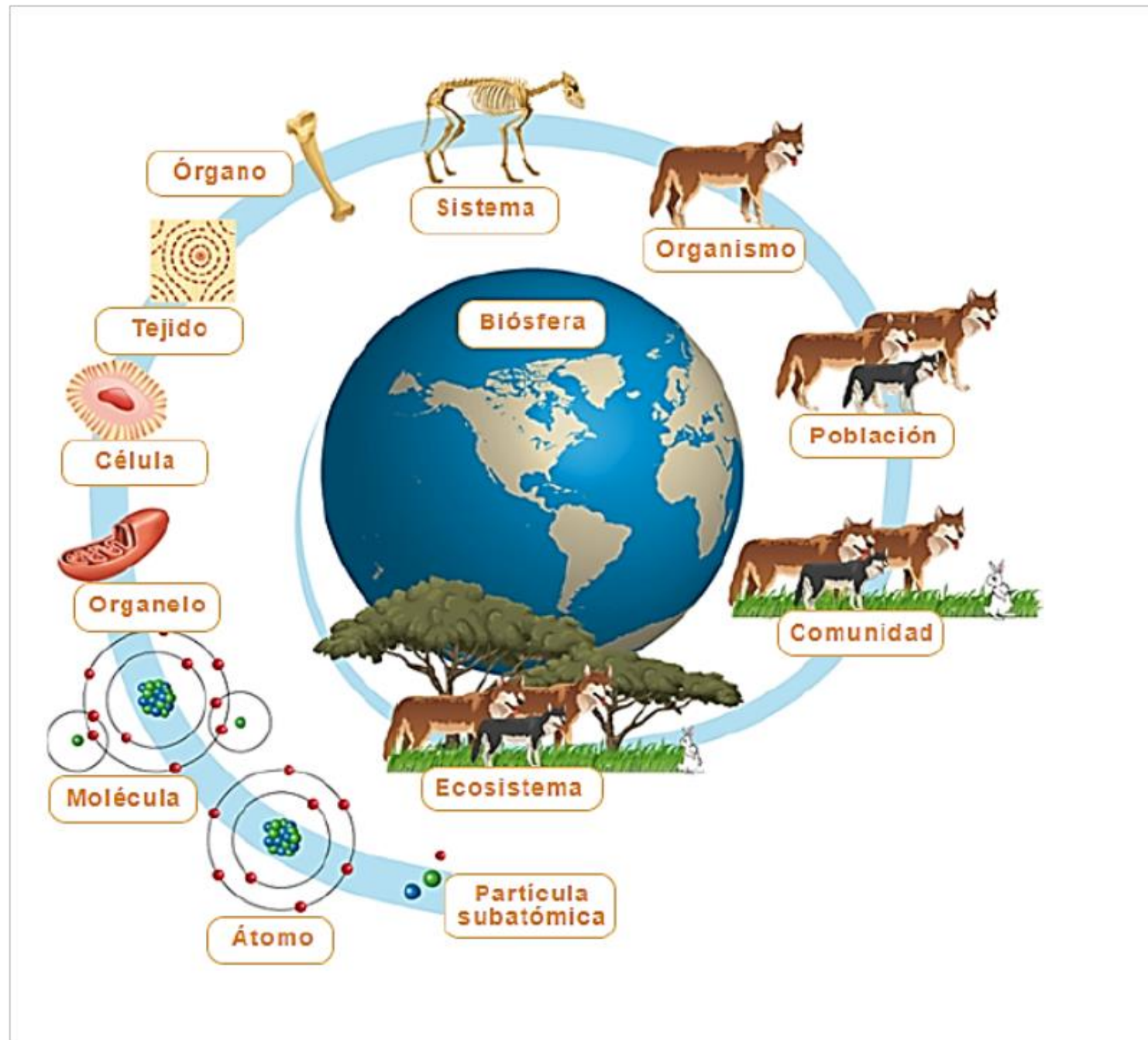
Todos los ecosistemas del planeta.

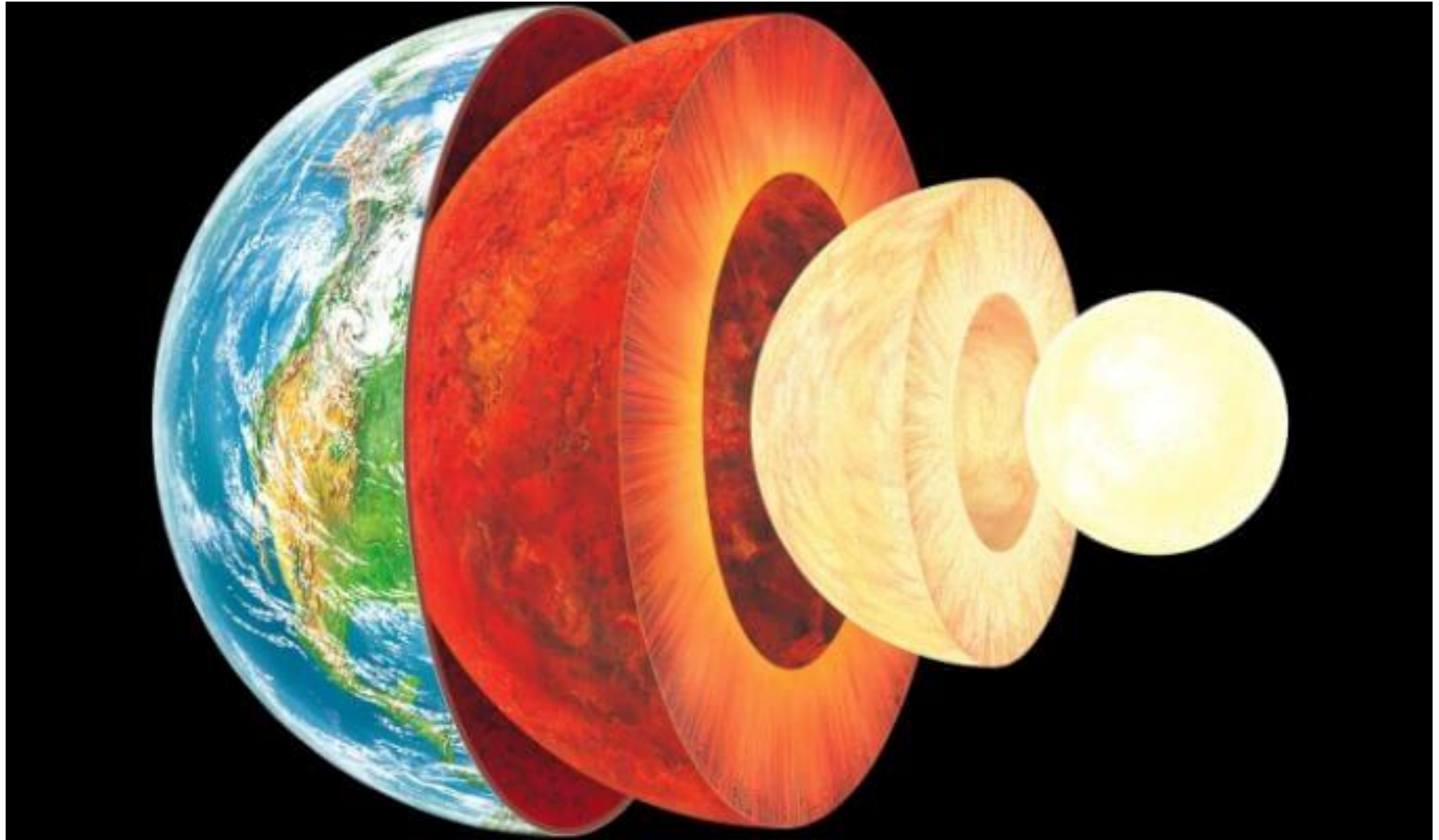
Ecosistema:
seres vivos + elementos
abióticos.

Base de la cadena
alimenticia.

Descomposición
biológica ↔
eliminación de
toxinas.

Proporciona
alimentos y
materias primas
(combustibles,
fármacos, etc.).



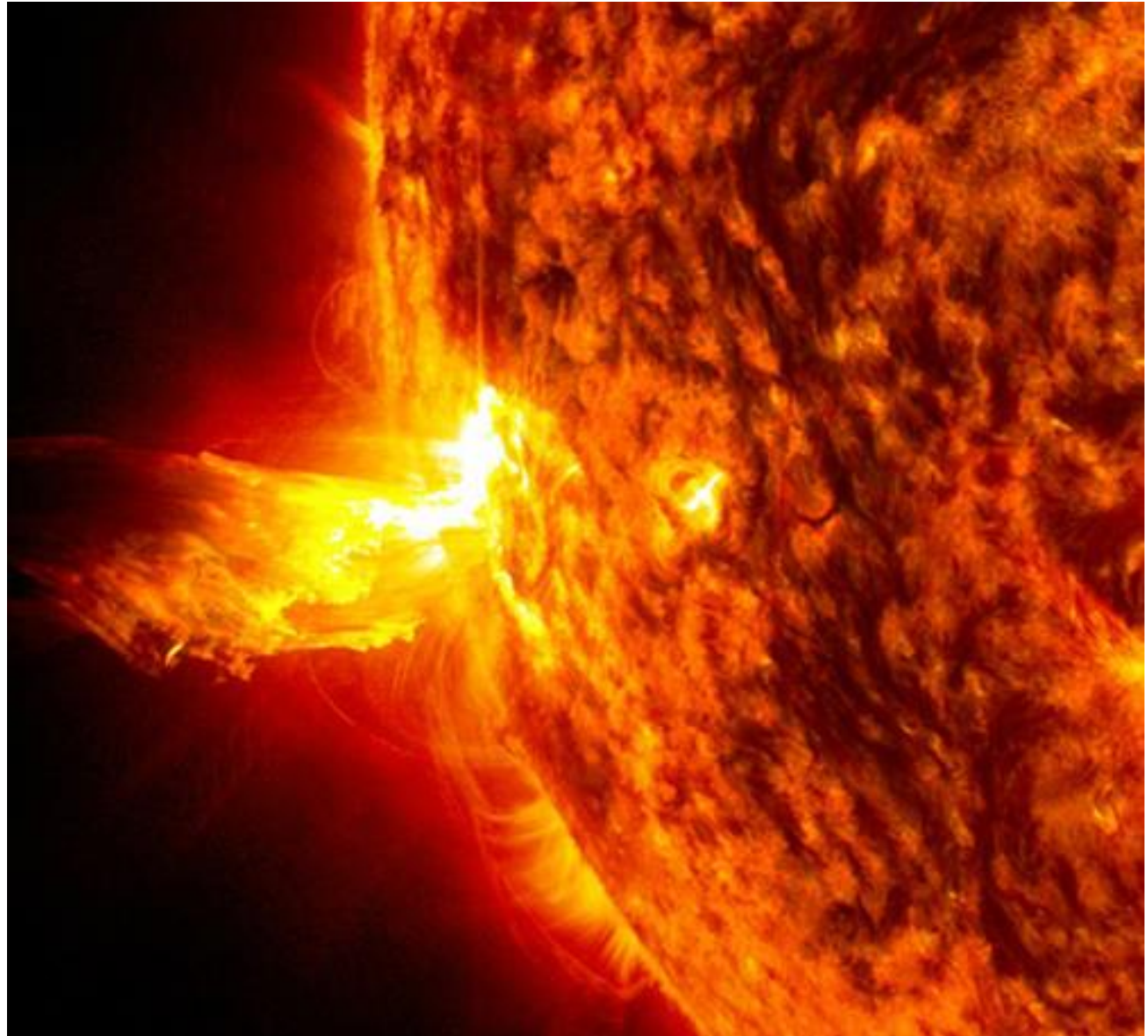


<https://www.capasdelatierra.org/wp-content/uploads/2018/04/capas-planetarias.jpg>

Parte sólida de la tierra y capas que forman su estructura interna.
Rocas, minerales, sedimentos y suelos.

Sistema terrestre: Fuentes de energía externa

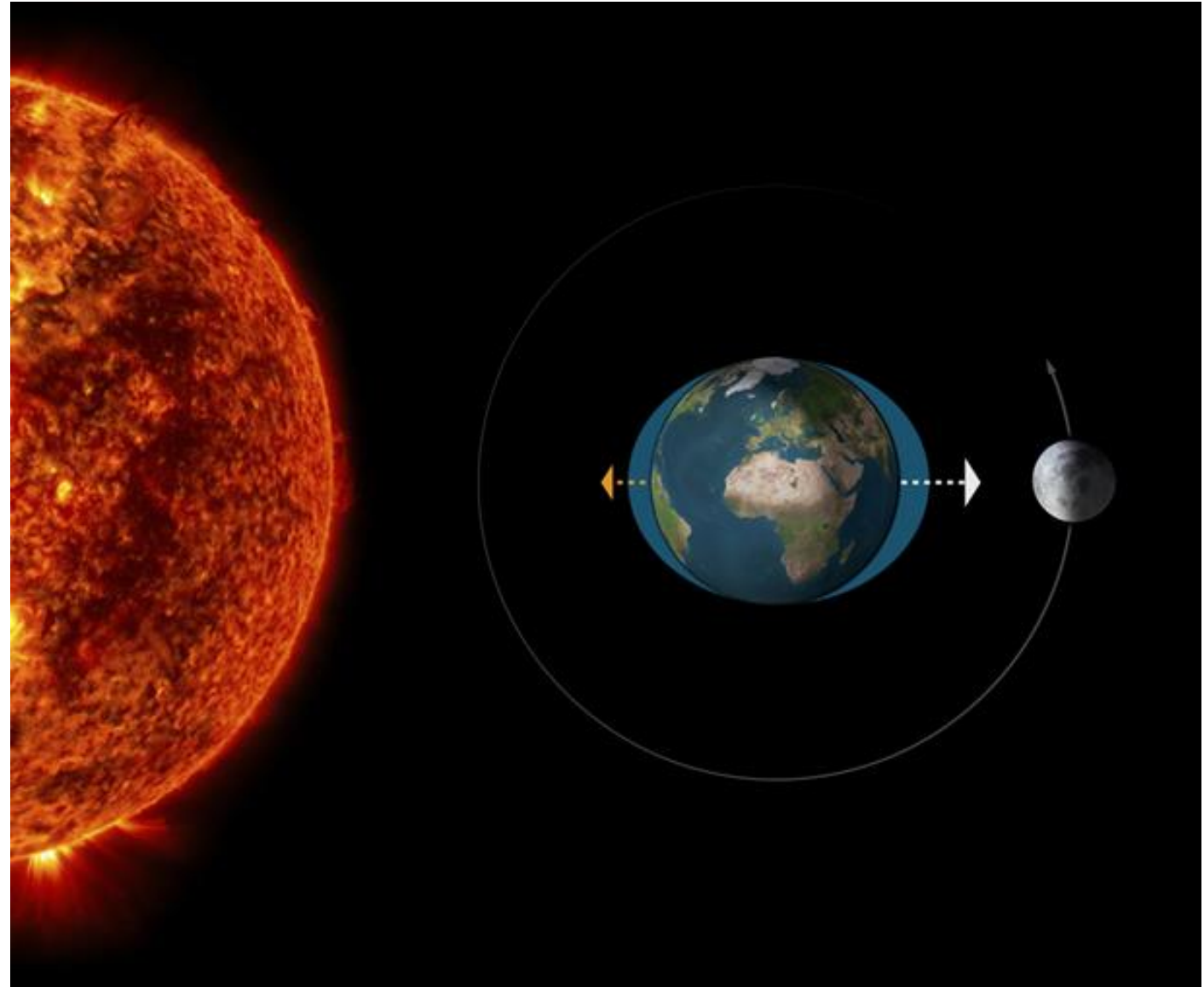
Radiación solar



https://images.nasa.gov/details-GSFC_20171208_Archive_e001434

Sistema terrestre: Fuentes de energía externa

Energía mareal

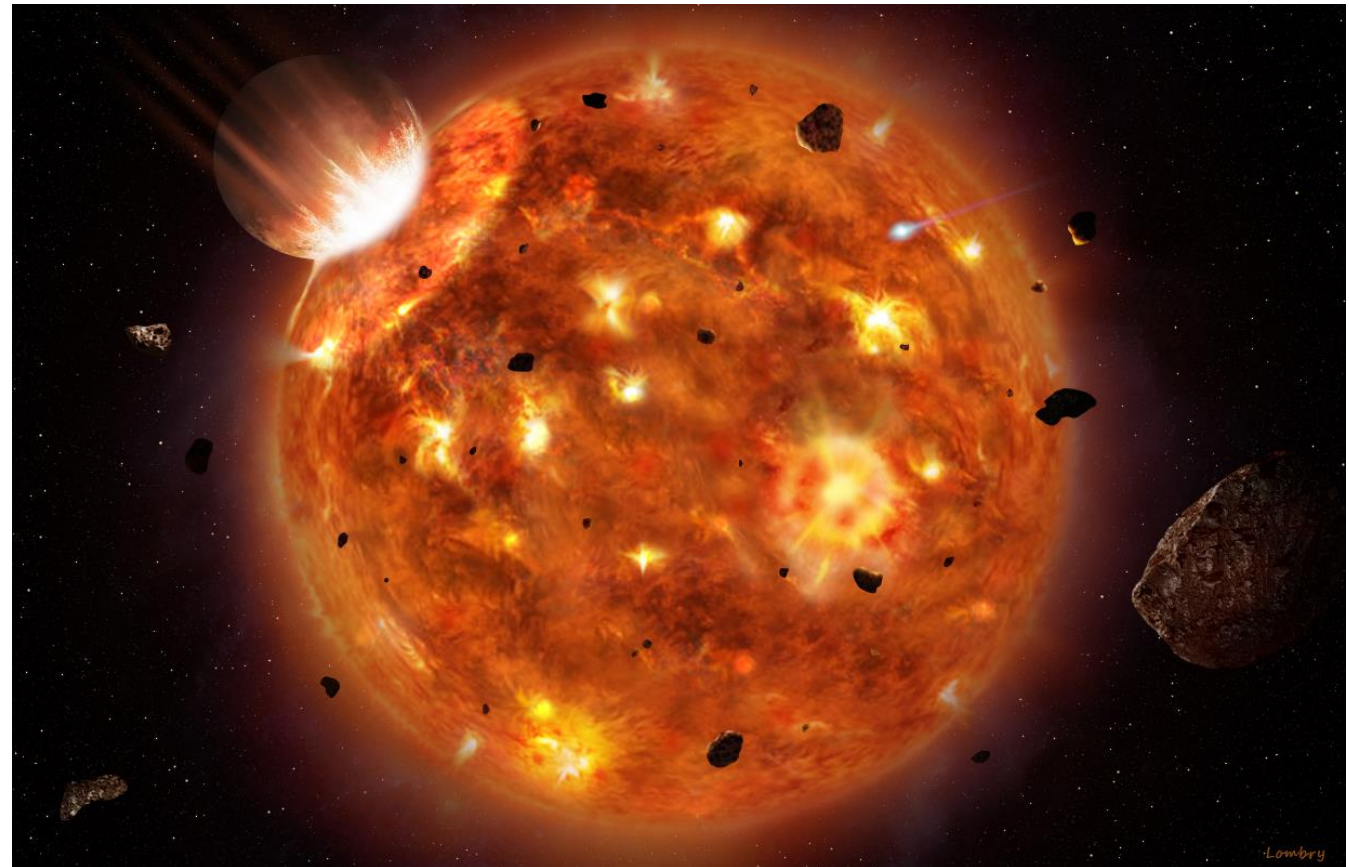


<https://tablademareas.com/mareas/tipos-mareas>

Sistema terrestre: Fuentes de energía térmica interna

Calor residual de formación del planeta

Colisiones de meteoritos y planetesimales en la fase de acreción del planeta.

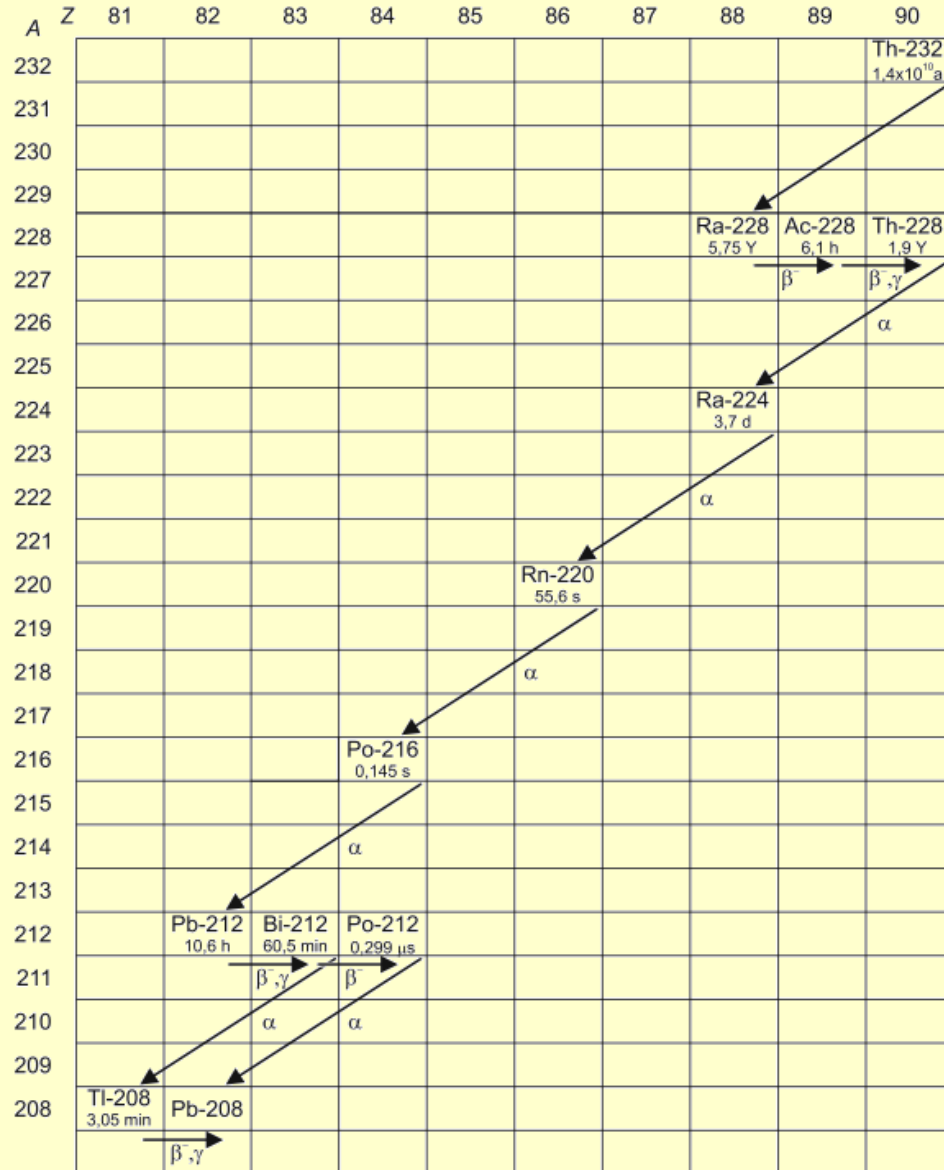


<http://www.astrosurf.com/luxorion/Sciences/terre-magma-hadeen.jpg>

Lombry

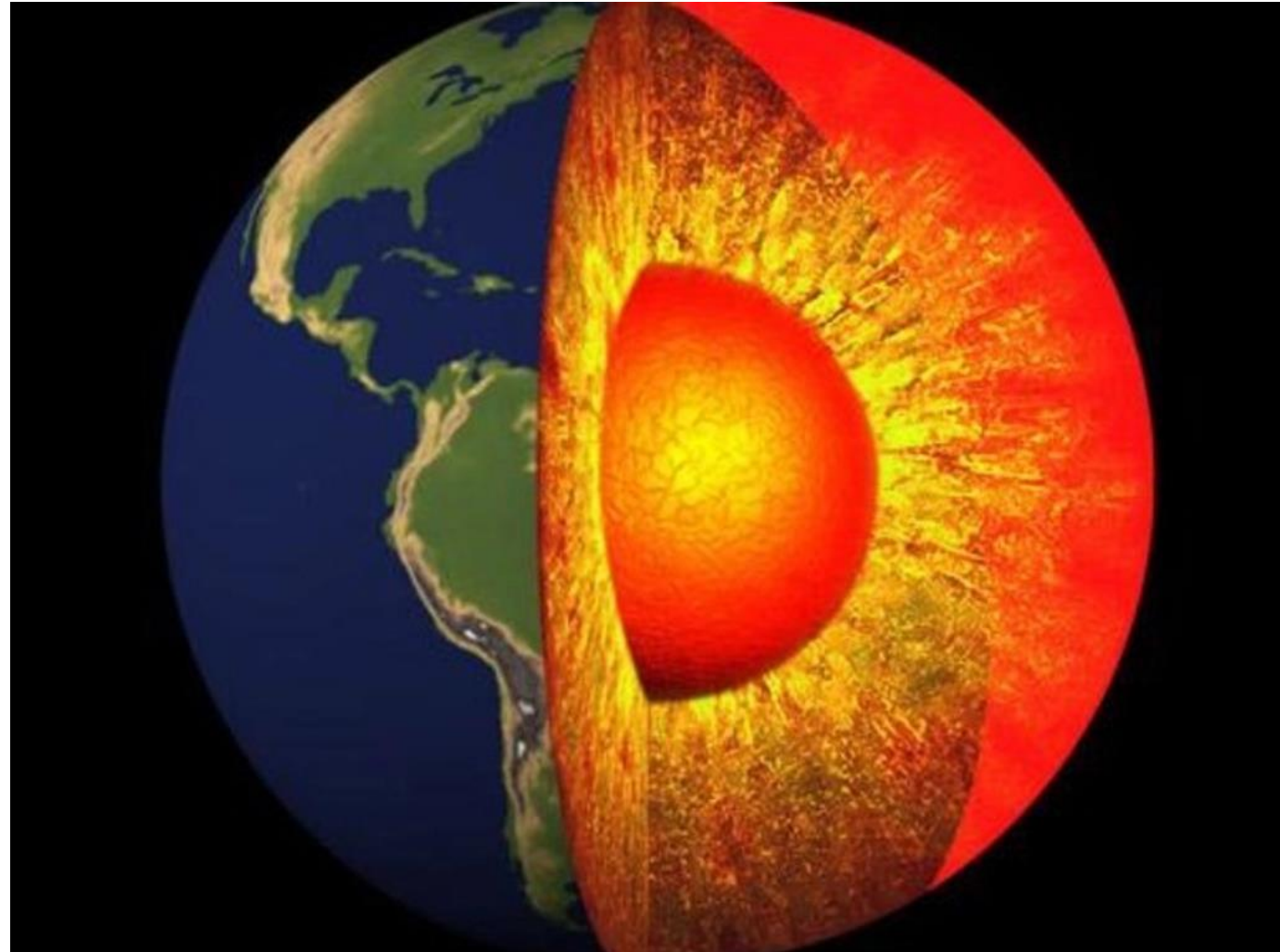
Sistema terrestre: Fuentes de energía térmica interna

Decaimiento de cadenas radiactivas naturales (Th-232, U-238, U-235, K-40)

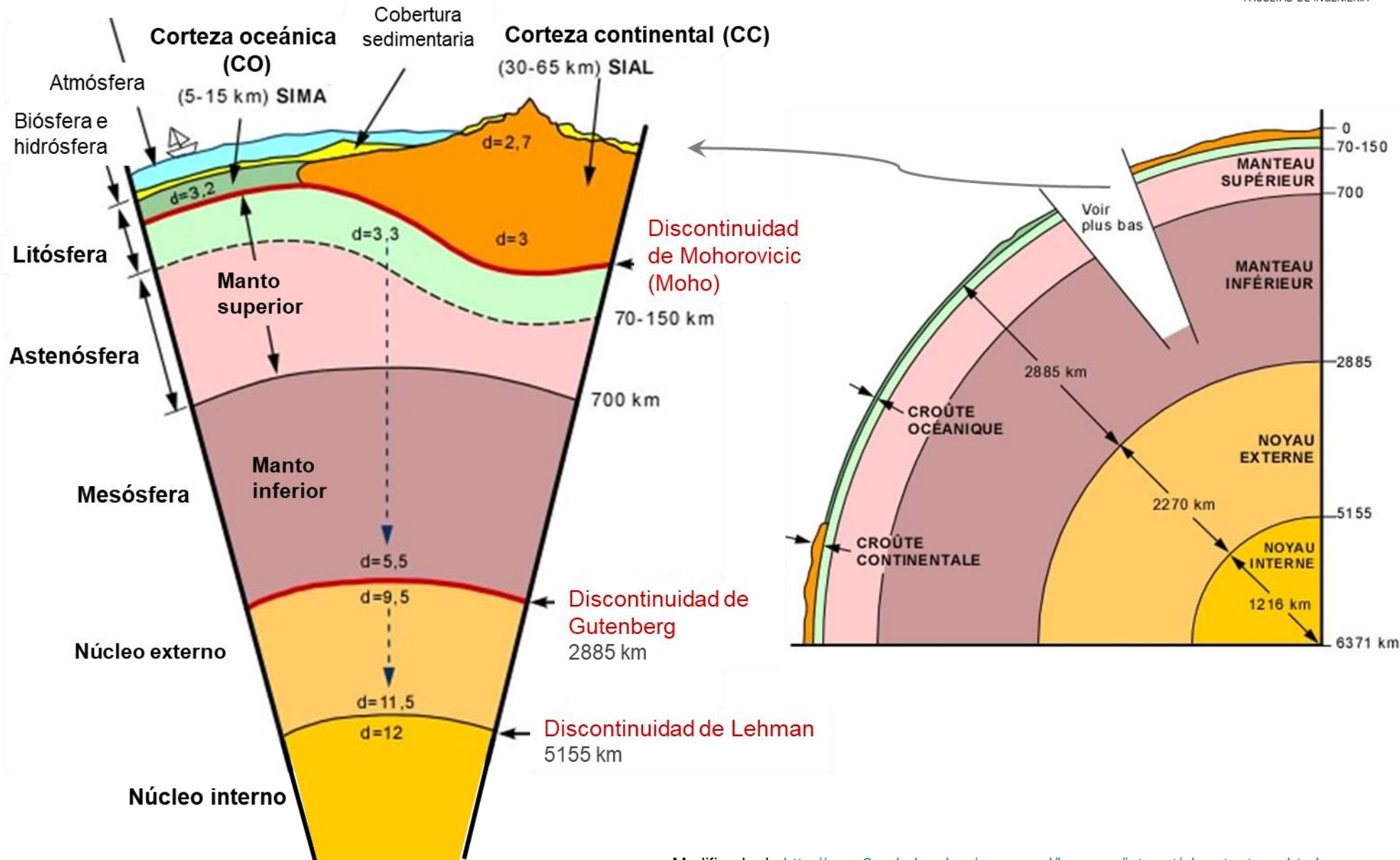


Sistema terrestre: Fuentes de energía térmica interna

**Calor latente de
cristalización
del hierro en el
núcleo externo**



Estructura interna de la tierra



Litósfera: corteza terrestre + manto litosférico

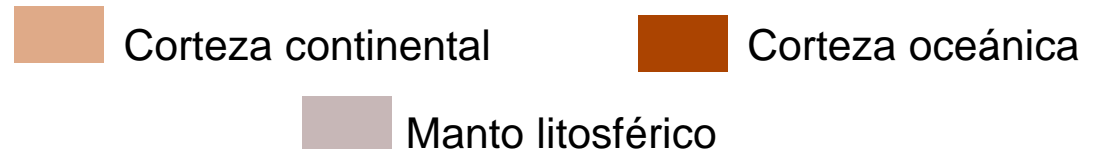
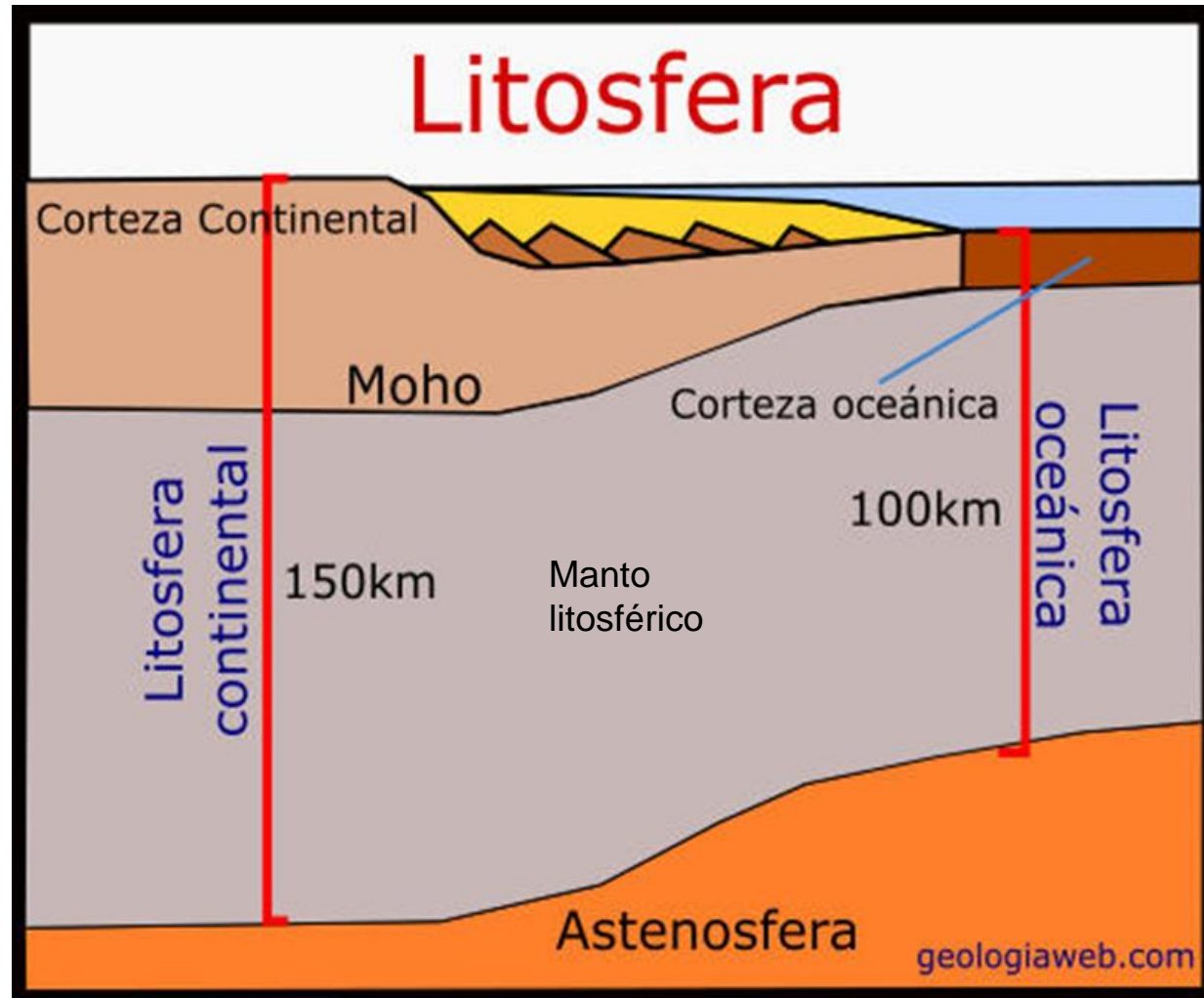
Sólido rígido.

Litósfera continental:
corteza continental + manto litosférico.

Litósfera oceánica: corteza oceánica + manto litosférico.

$T \sim \uparrow 30^{\circ}\text{C}/1\text{km}$ (gradiente geotérmico).

$T_{\text{máx}} \sim 1250^{\circ}\text{C}$ y $P_{\text{máx}} \sim 3\text{GPa}$
(límite con astenósfera).



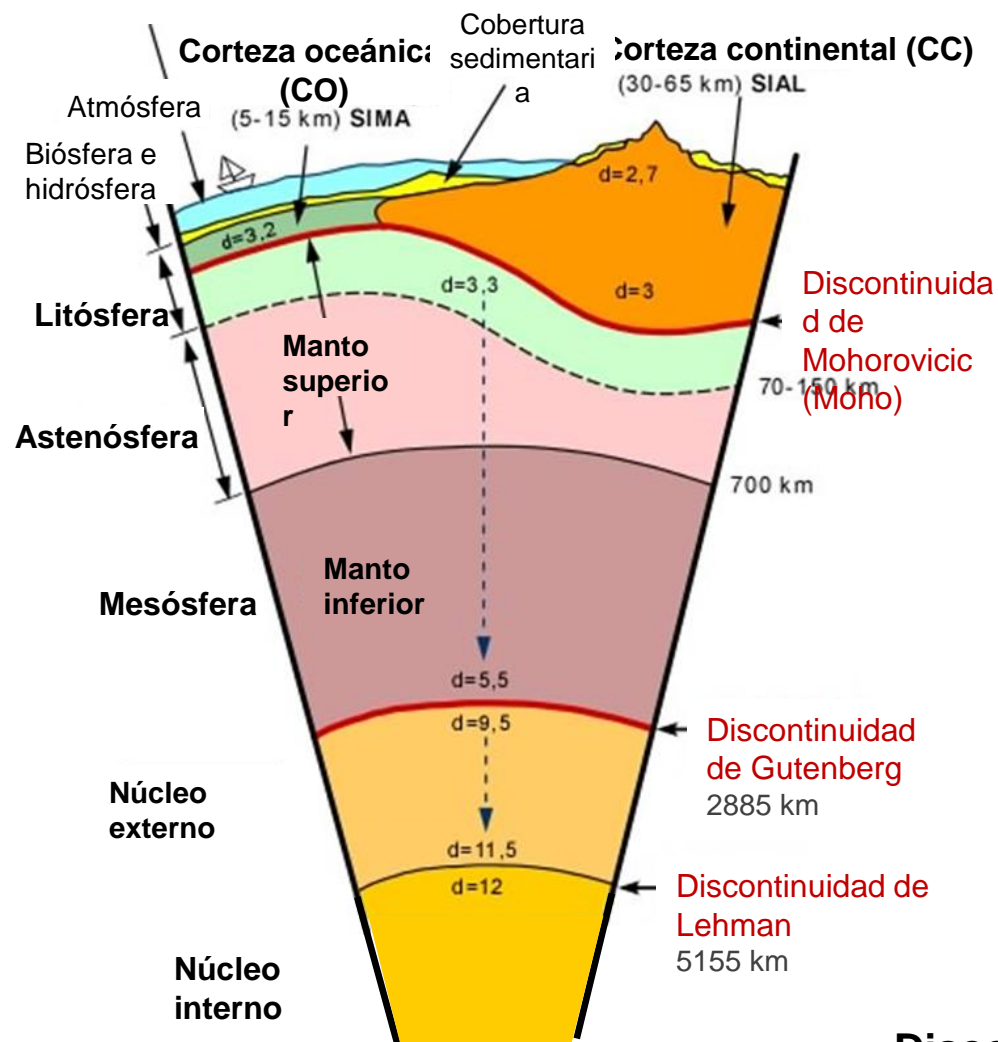
Corteza terrestre: corteza continental + corteza oceánica

Prof. ~0-70km. Sólido rígido.

Corteza continental (CC):
Rocas graníticas (silicatos de K y Al); $d \sim 2,7 \text{g/cm}^3$.

Esp. ~30-35km planicies continentales, 50-70km montañas.

Corteza oceánica (CO):
Rocas máficas (ej. basaltos, gabros, doleritas): aluminosilicatos de Fe, Mg y Ca; $d \sim 3 \text{g/cm}^3$. Esp. ~7km (0-15km).



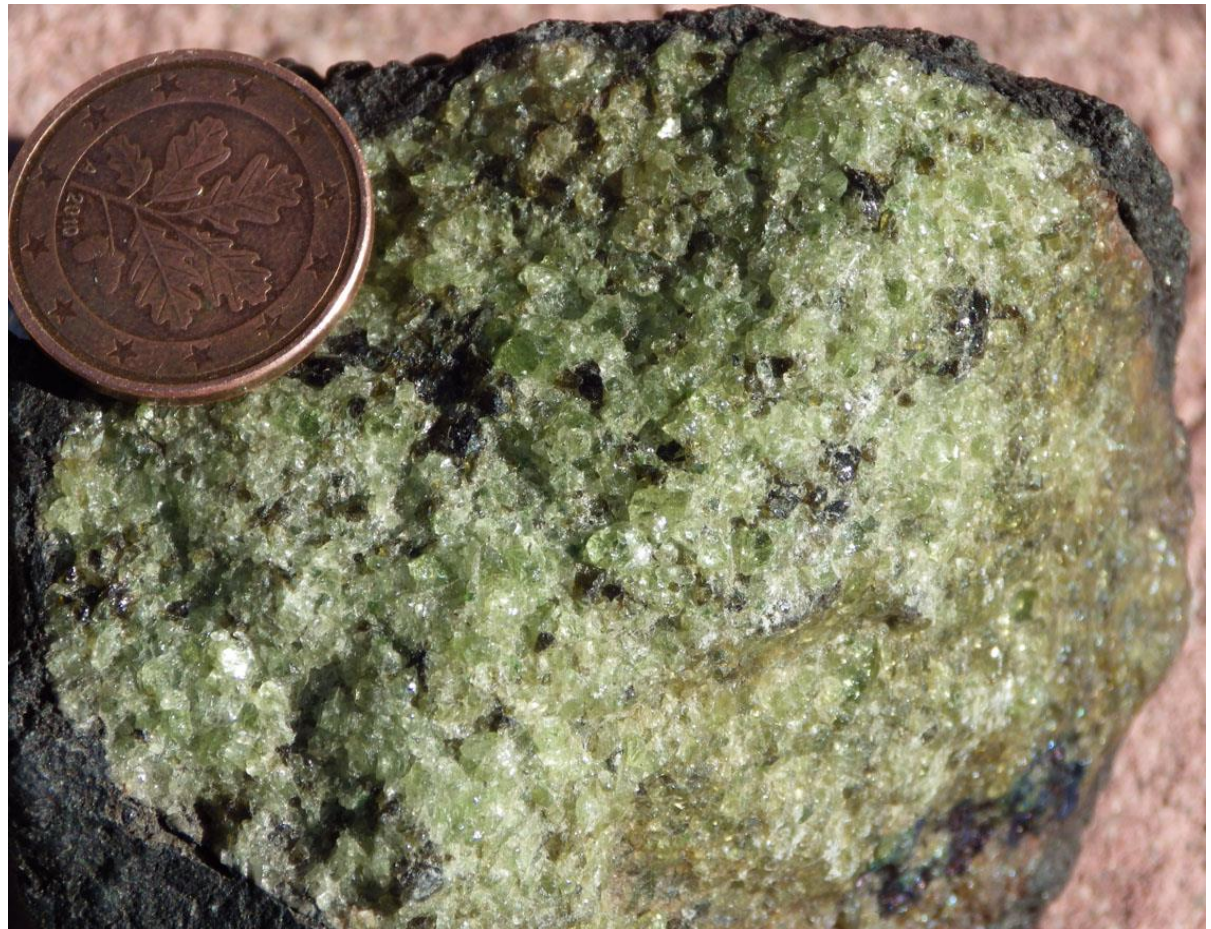
Discontinuidad de Mohorovicic (Moho): zona de transición corteza/manto. Aumento en la velocidad de transmisión de ondas sísmicas.

Manto litosférico

Capa rígida del manto superior.

Prof. ~70-150km.
Sólido rígido.

Rocas ultramáficas
(ej.: peridotitas):
silicatos y óxidos de
Fe y Mg. $d \sim 3,3\text{g/cm}^3$



<https://petroignea.files.wordpress.com/2013/03/1214-peridotita-3-mia.jpg>

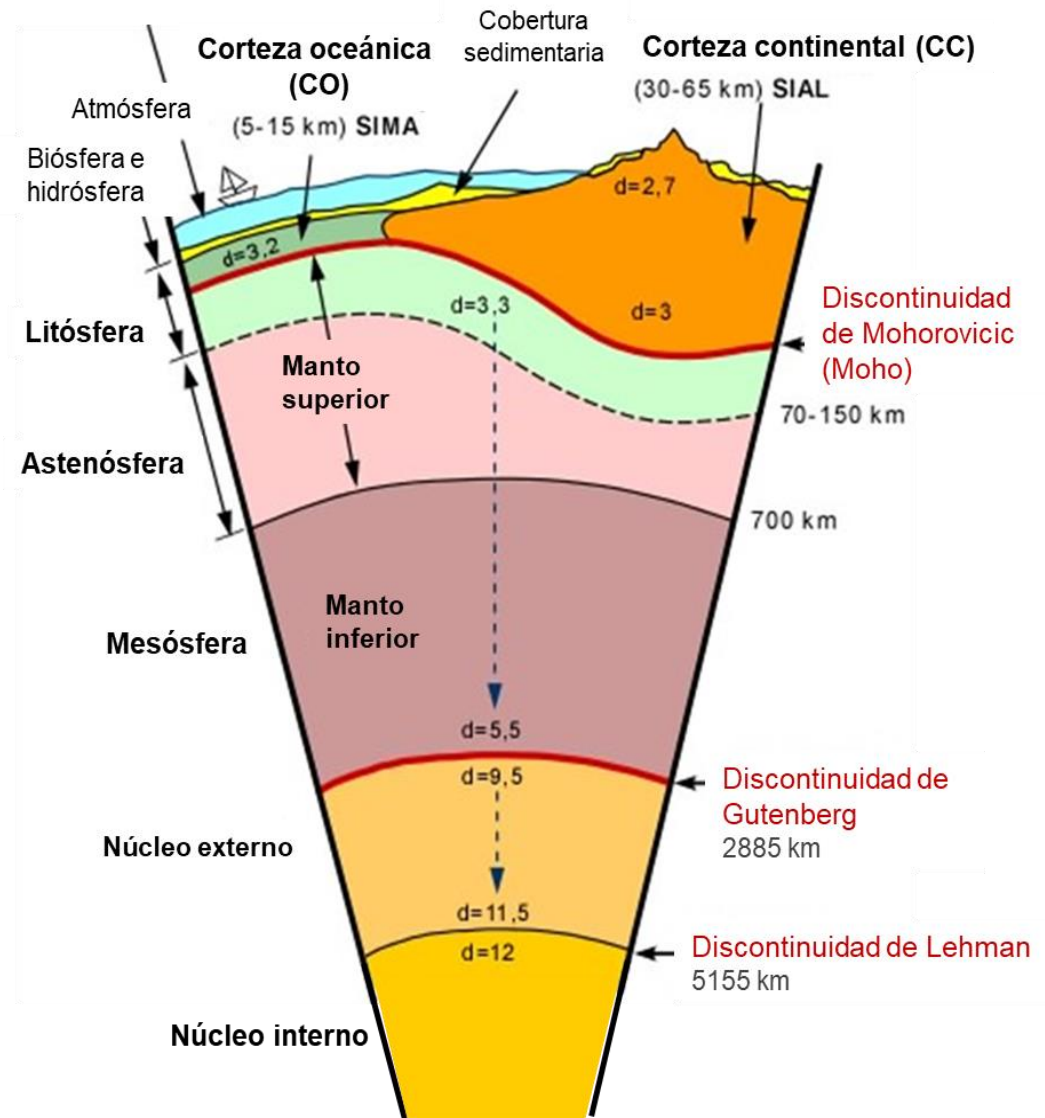
Astenósfera

Capa dúctil del manto superior.

Sólido. Comportamiento dúctil
(material fundido ~1-5%).

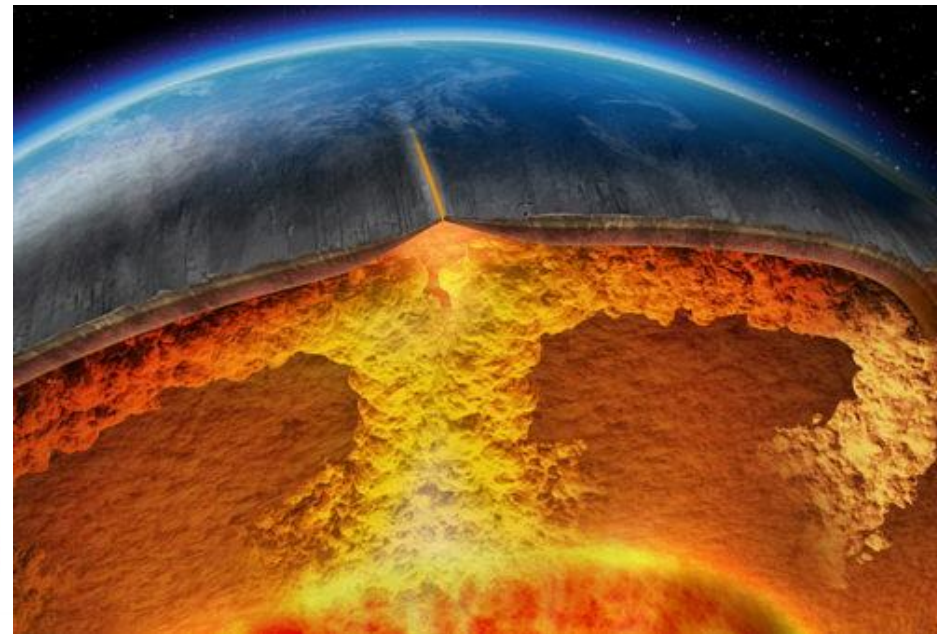
Rocas ultramáficas
(peridotitas): silicatos y óxidos
de Fe y Mg. $d \sim 3,3-5 \text{ g/cm}^3$

Prof. ~70-700 km.

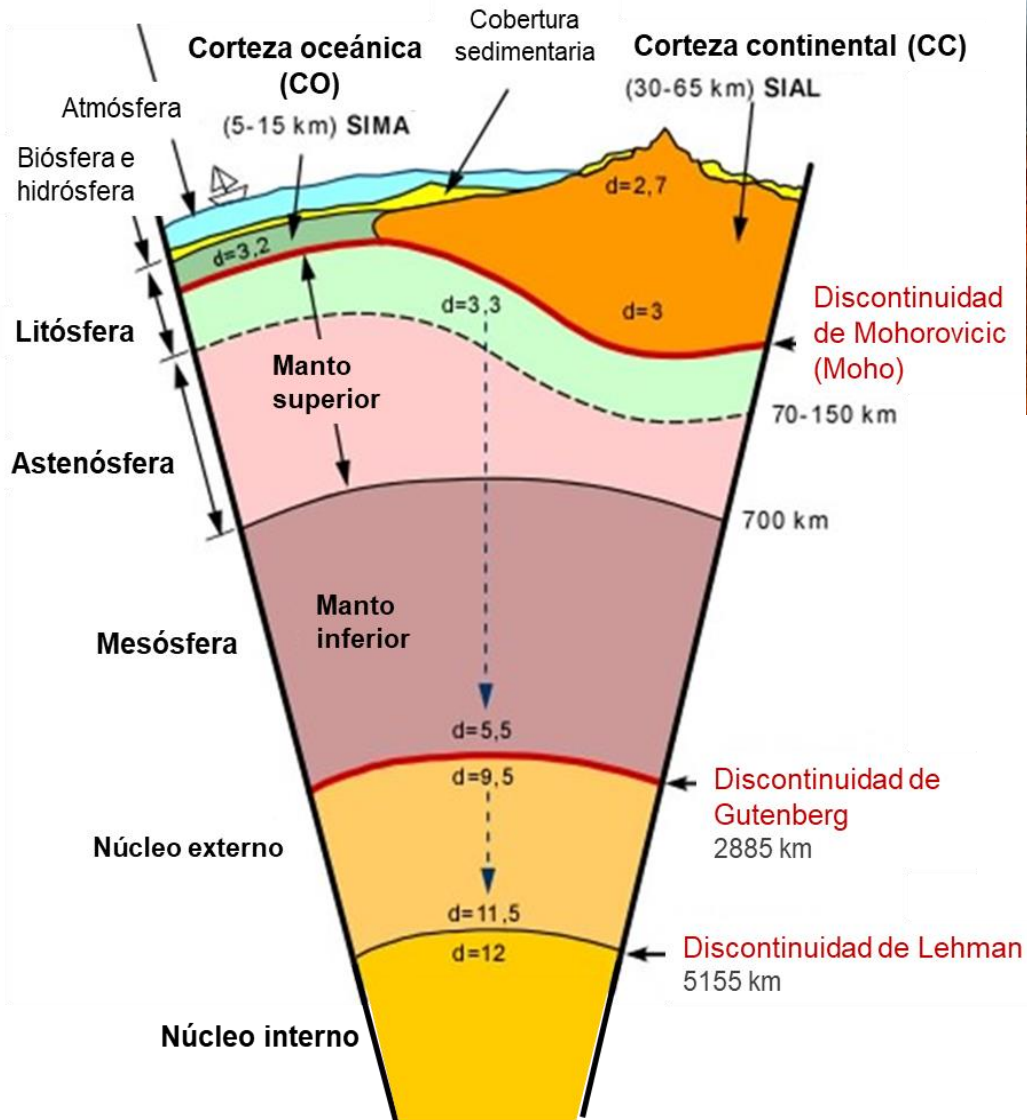


Modificado de http://www2.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/planete_terre.html

Mesósfera: manto inferior



<https://www.astromia.com/tierraluna/mantonucleo.htm>



Sólido rígido.

Rocas ultramáficas (peridotitas):
silicatos y óxidos de Fe y Mg.

$d \sim 5,7 \text{ g/cm}^3$

Prof. $\sim 700\text{-}2900 \text{ km}$

Discontinuidad de Gutenberg:
zona de transición manto/núcleo.

Núcleo

Núcleo: 90%Fe; 7%Ni; 3%O, Si, S; $d \sim 10-15 \text{g/cm}^3$

Núcleo externo: líquido. Campo magnético terrestre.

Prof. $\sim 2900-5100 \text{km}$.

T $\sim 4500^\circ\text{C}-6000^\circ\text{C}$.

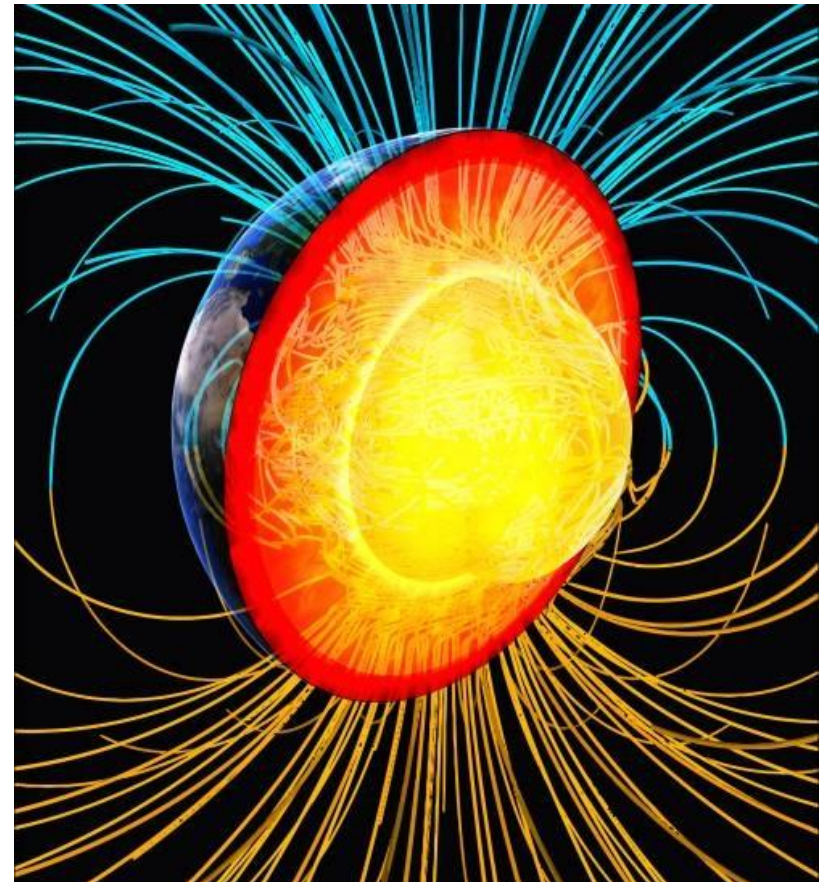
P $\sim 100 \text{GPa}-300 \text{GPa}$.

Núcleo interno: sólido rígido.

Prof. $\sim 5100-6378 \text{km}$.

T $\sim 5000^\circ\text{C}-7000^\circ\text{C}$.

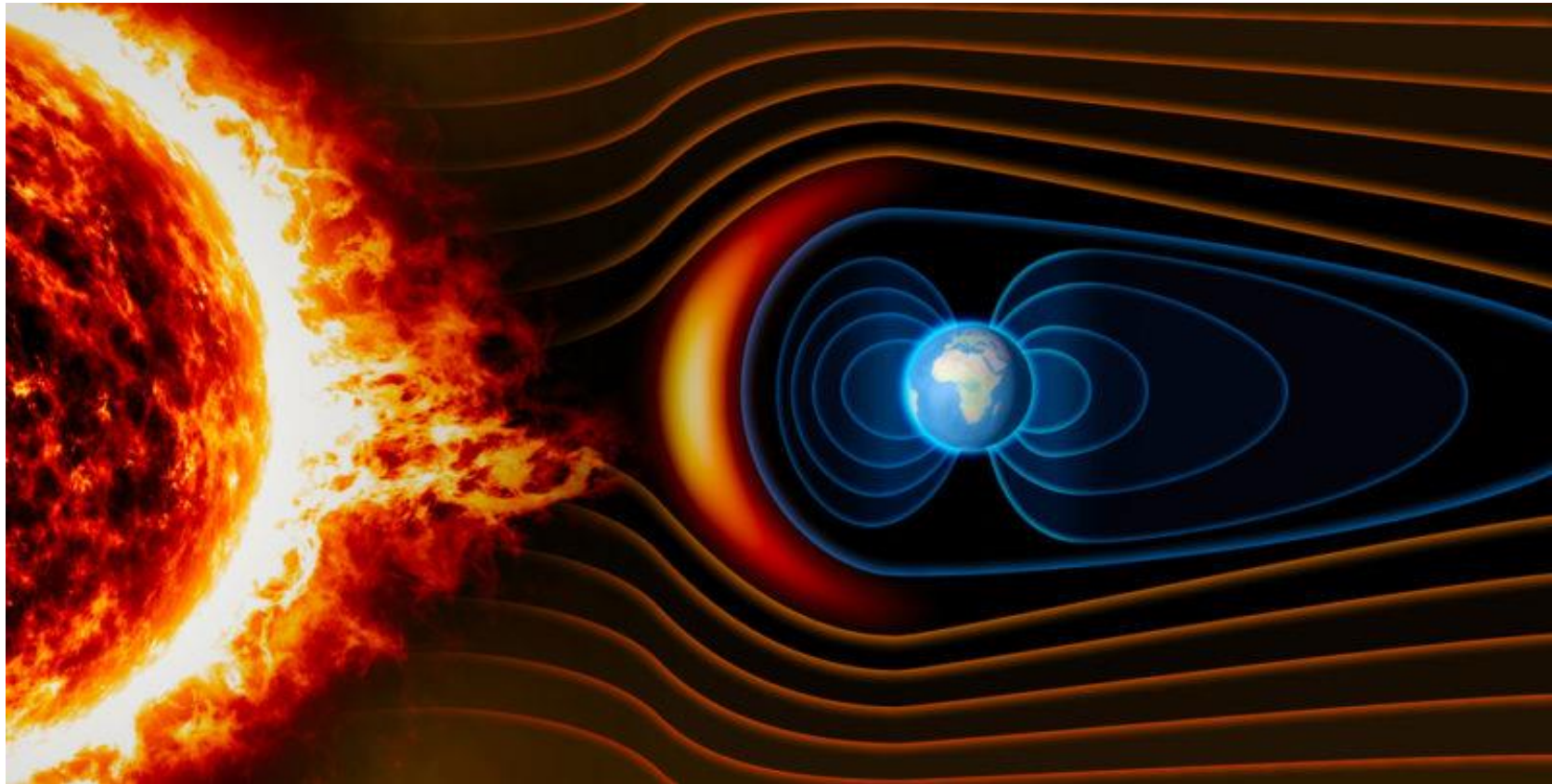
P_{max} $\sim 360 \text{GPa}$ ($3,6 \times 10^6 \text{atm}$).



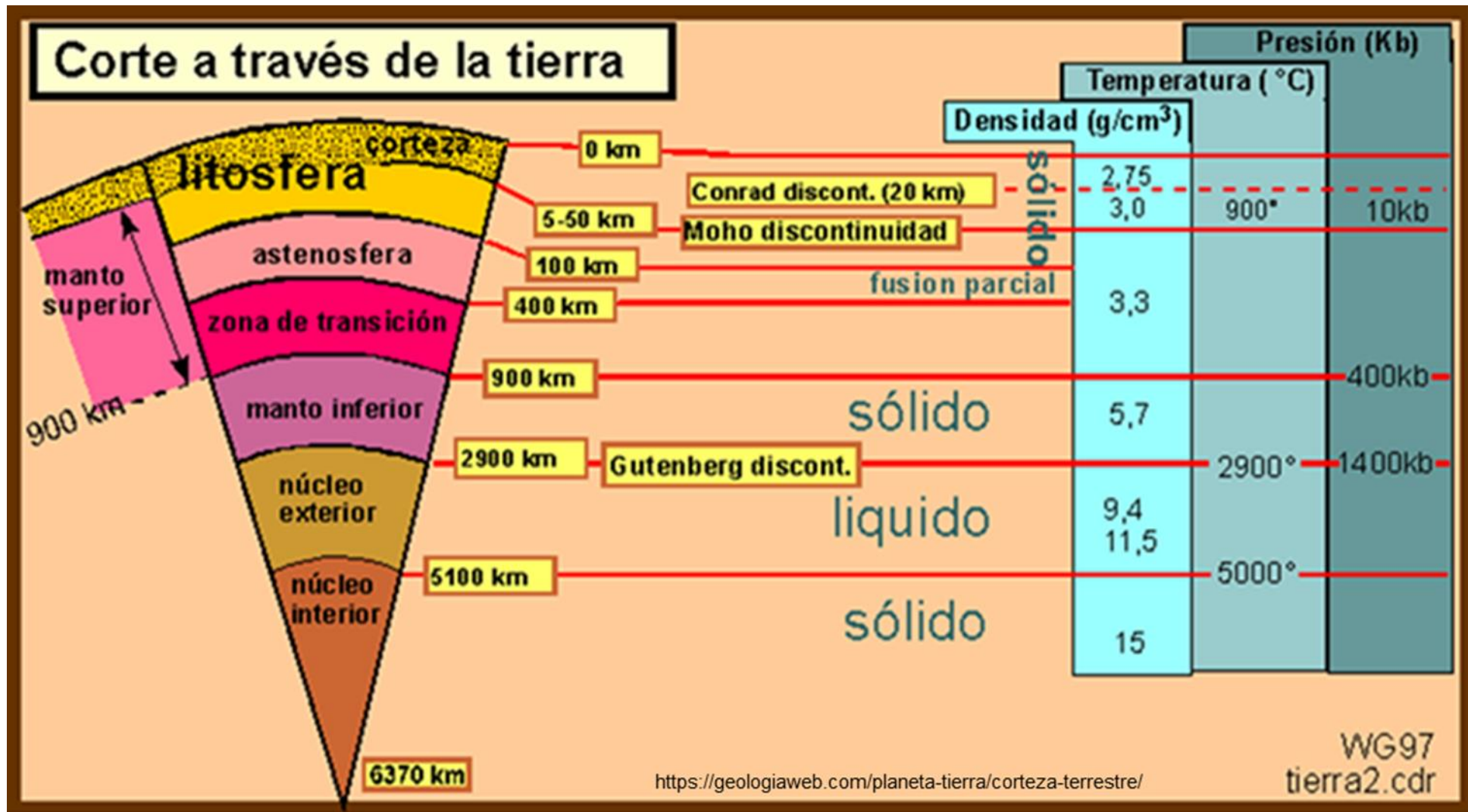
Campo magnético terrestre

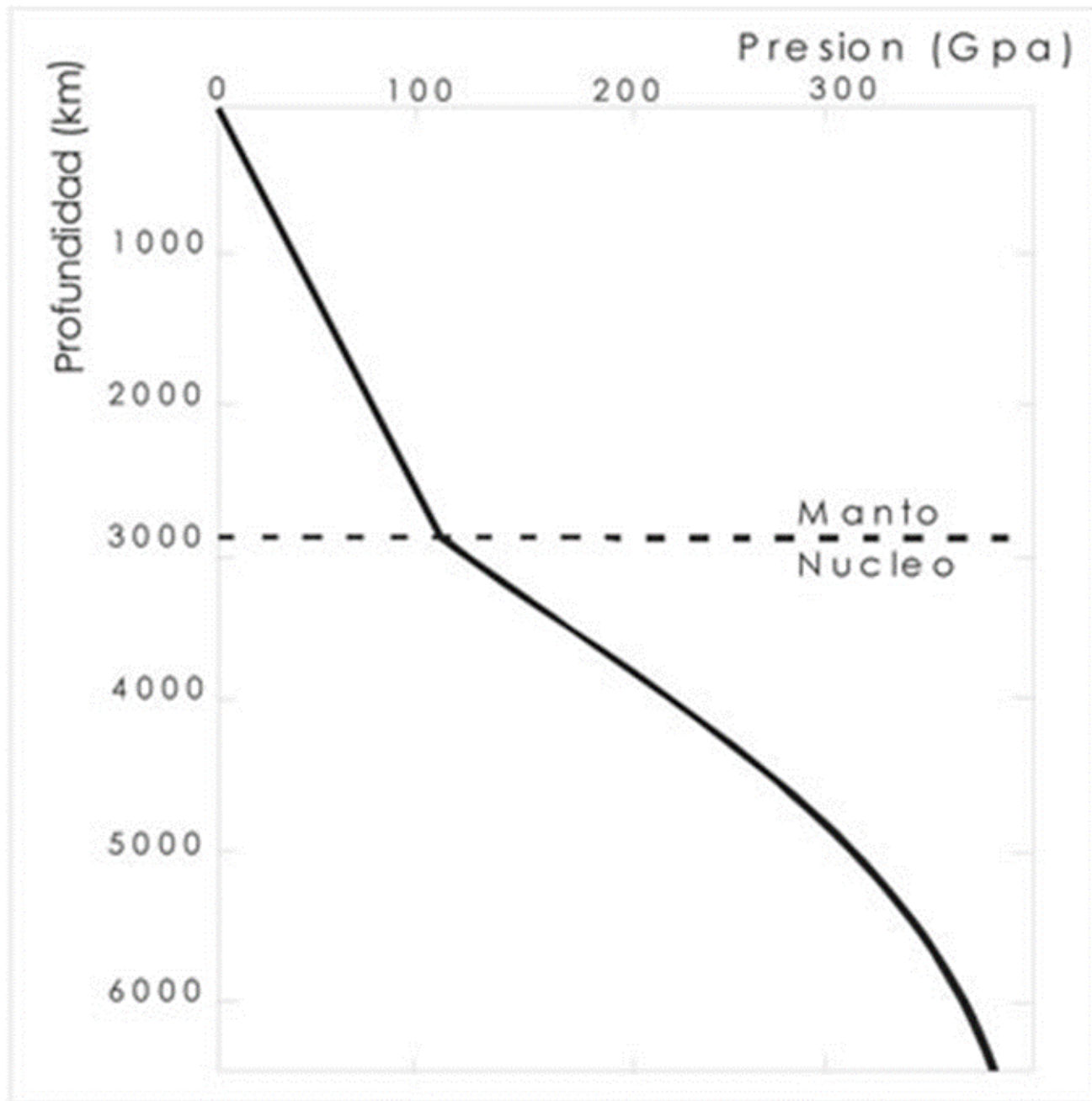
Origen: corrientes eléctricas generadas por las corrientes convectivas de iones de Fe fundido en el núcleo externo.

Protección frente al viento solar y la radiación cósmica.



Estructura interna de la tierra



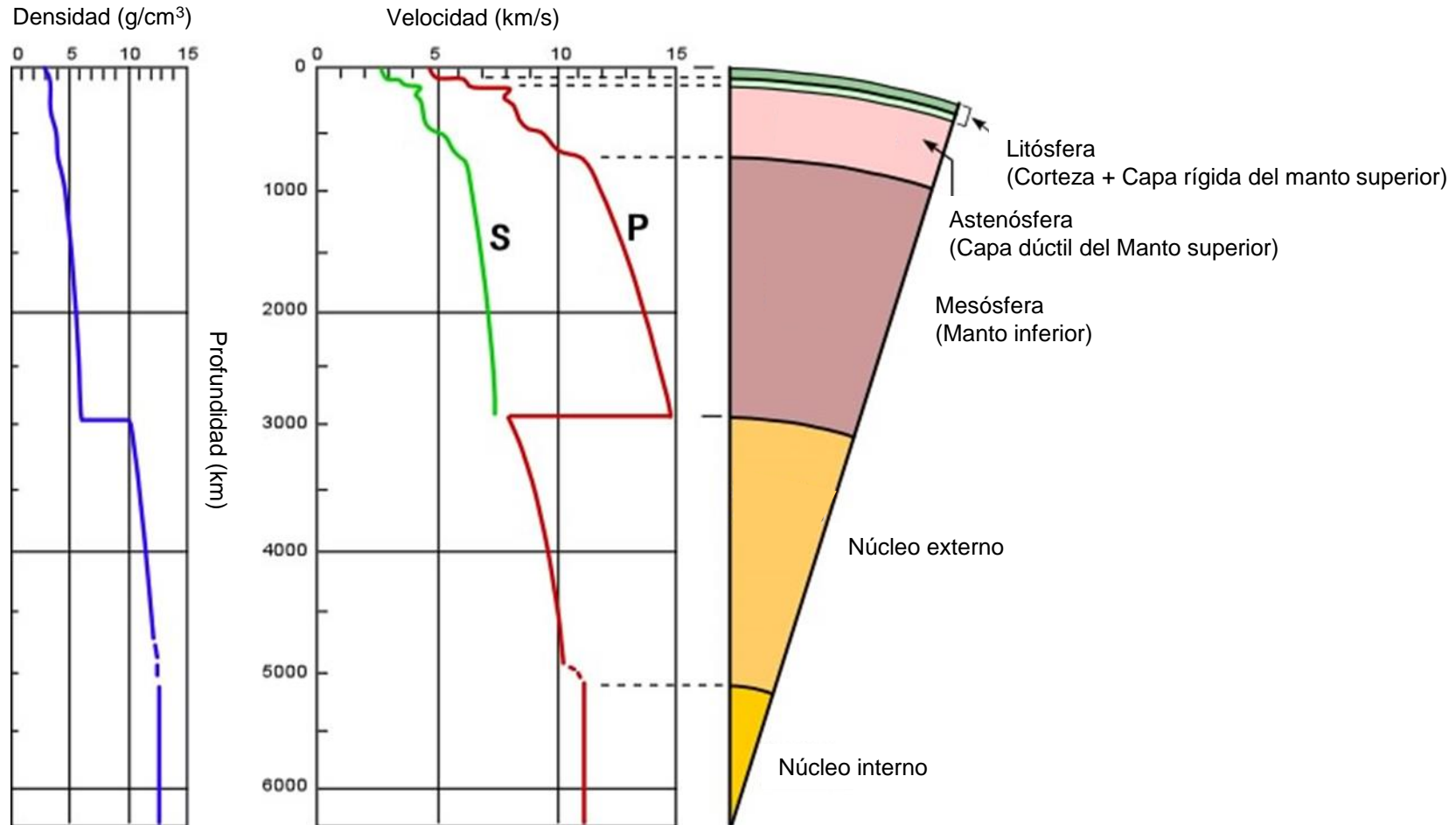


Variación de la presión
con la profundidad

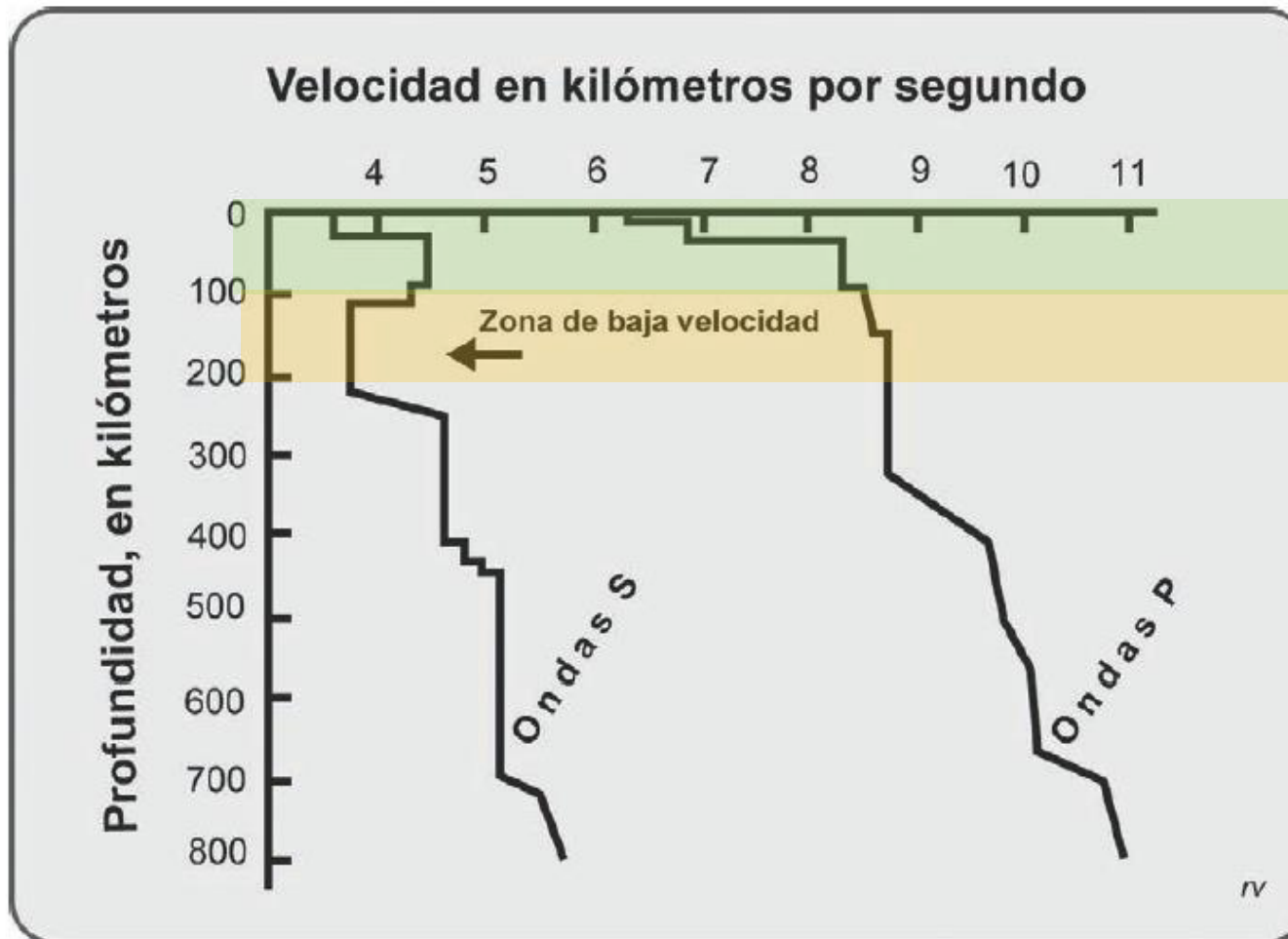
Estructura interna de la tierra

Comportamiento de ondas sísmicas producidas por terremotos

Velocidad de propagación de ondas sísmicas ↔ estado y densidad de la materia



Estructura interna de la tierra



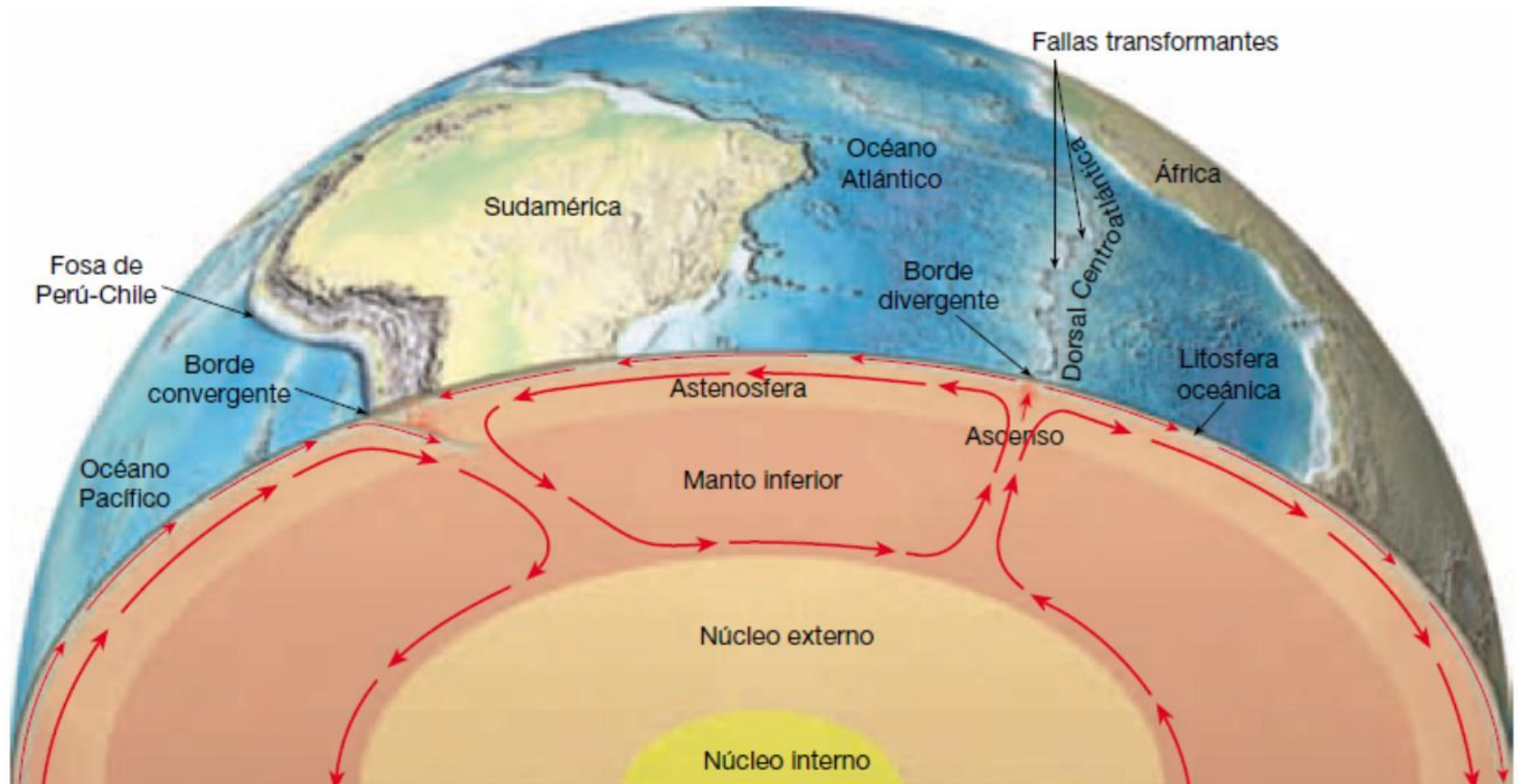
Litósfera

Astenósfera

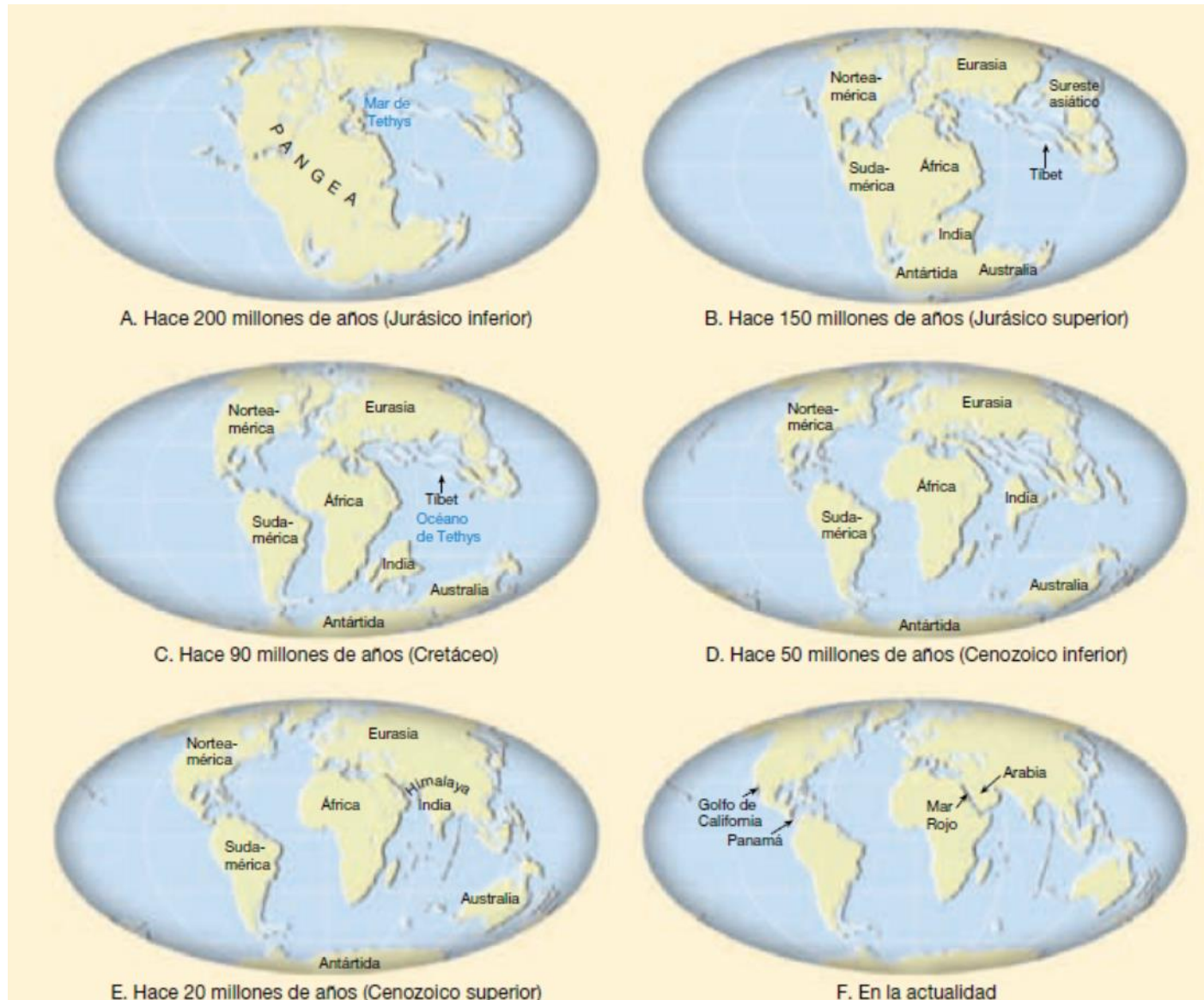
<http://www.insugeo.org.ar/publicaciones/docs/misc-21-03.pdf>

Tectónica de placas

Teoría que vincula las corrientes convectivas del manto con el movimiento de las placas litosféricas ↔ Geodinámica interna.



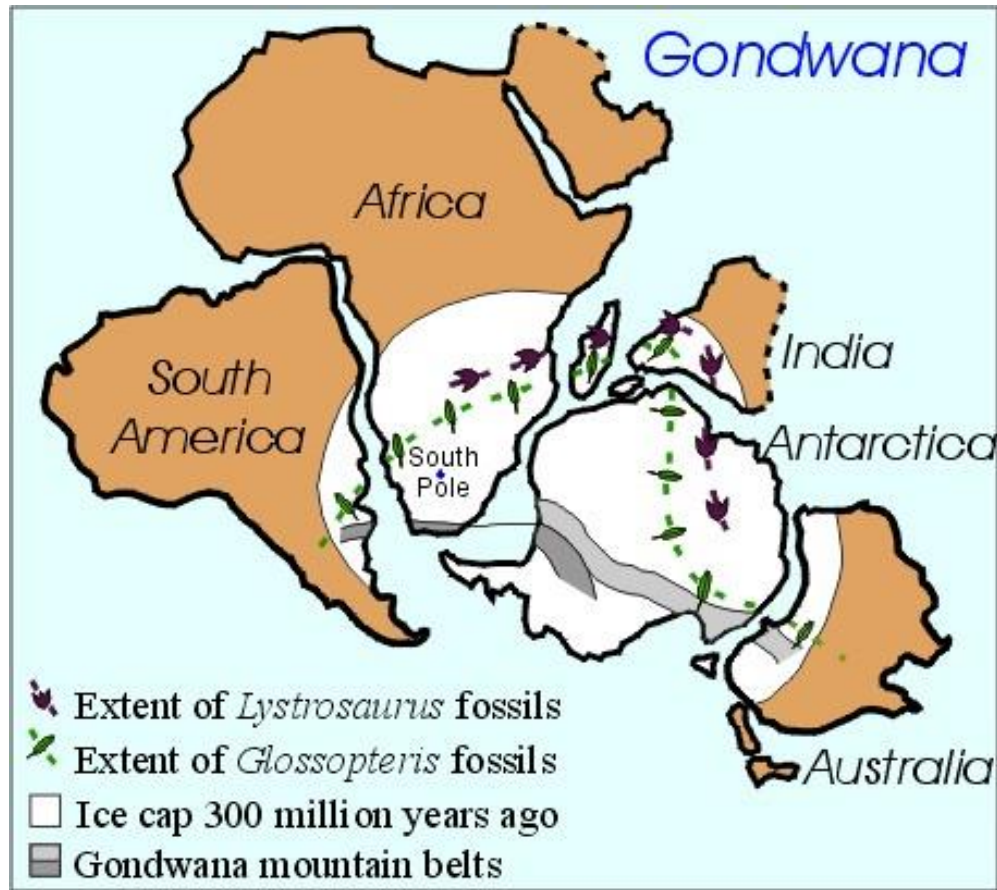
Deriva continental



▲ **Figura 2.A** Esquemas de la fragmentación de Pangea a lo largo de un período de 200 millones de años.

Deriva continental

Evidencias: paleontología, rocas y semejanzas estructurales

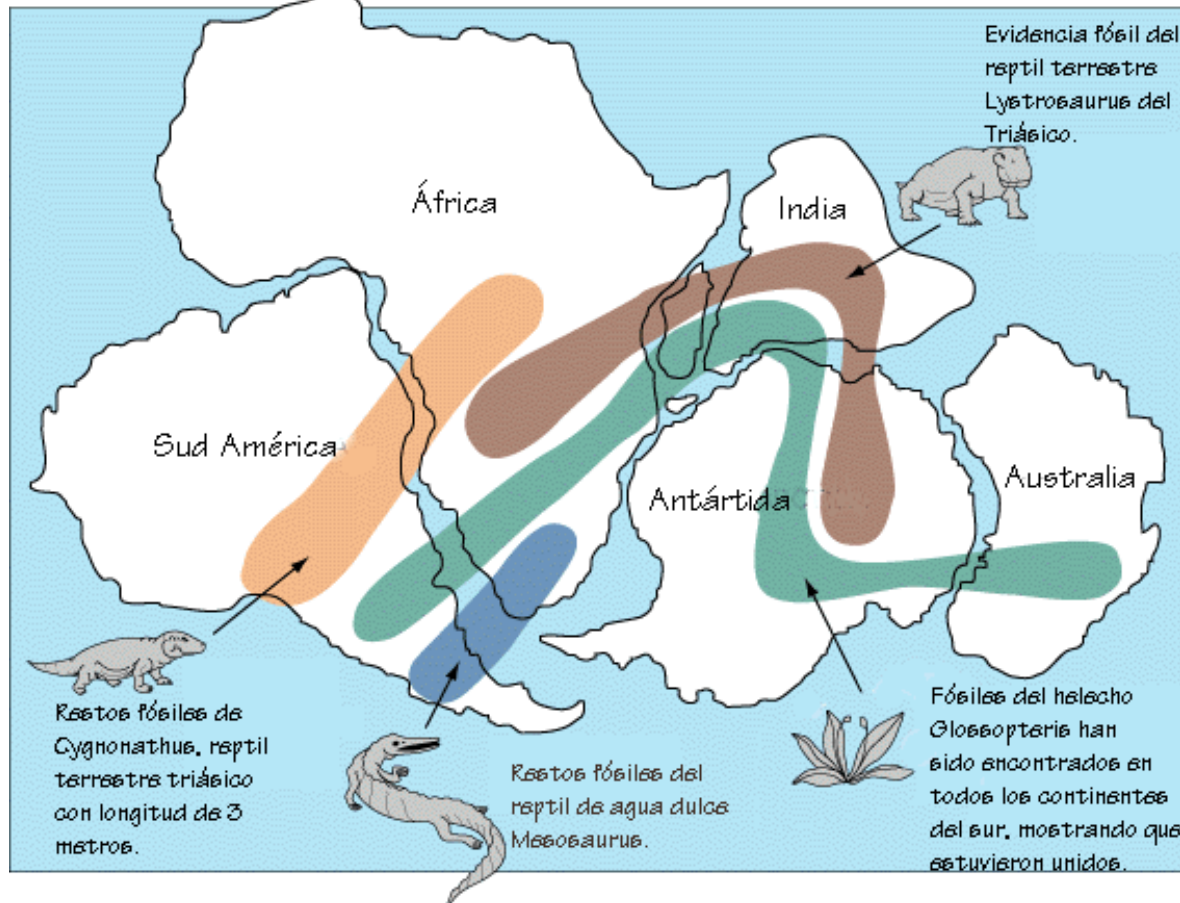


Orógeno y glaciación de Gondwana
(Pérmico - Triásico)



Orógeno de Laurentia (Jurásico)
Concordancia entre cordilleras

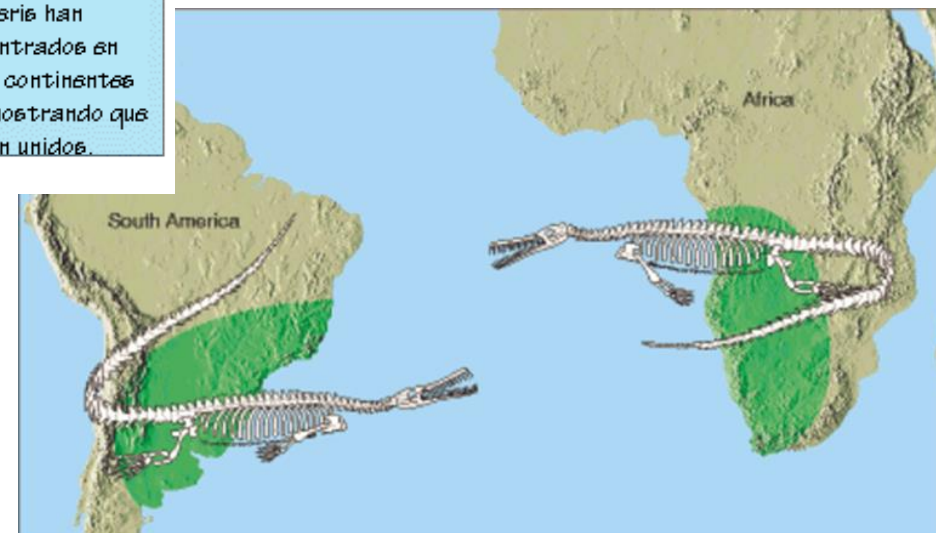
Deriva continental



Evidencias paleontológicas

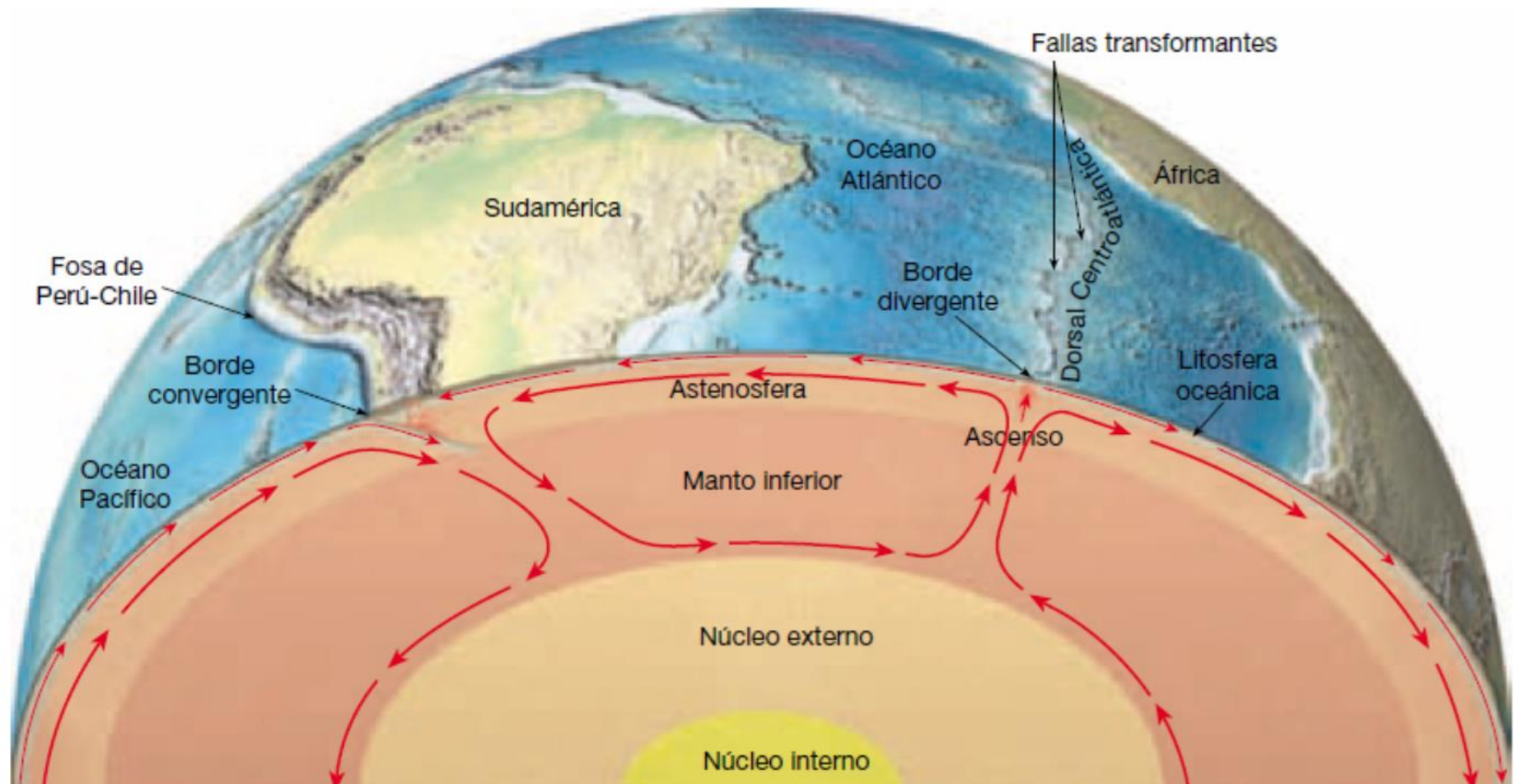
Distribución de fósiles de flora y fauna

<https://www.geologia.unam.mx/contenido/la-teoria-de-la-tectonica-de-placas-y-la-deriva-continental>

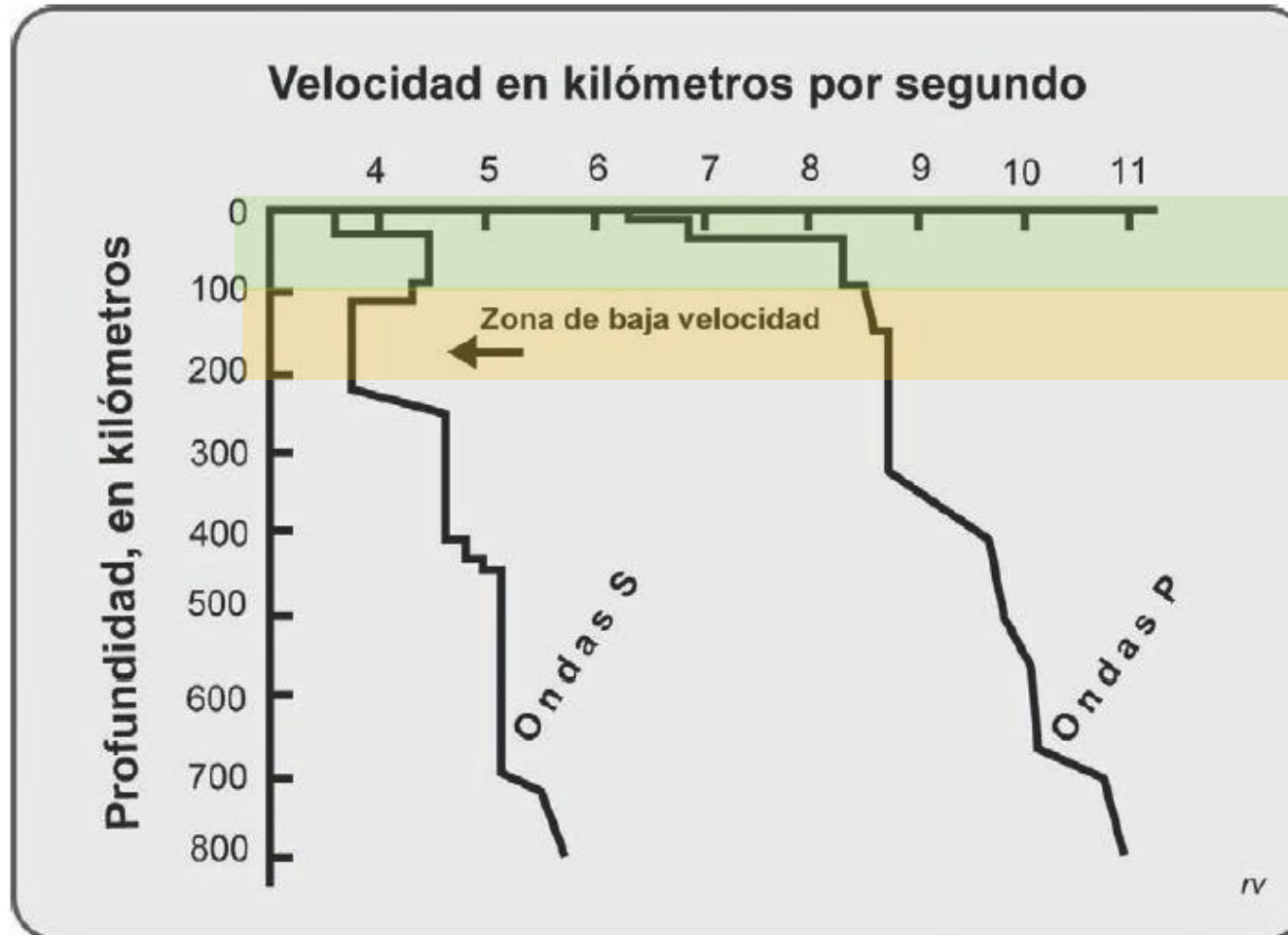


Límites entre placas litosféricas

Corrientes convectivas del manto ↔ movimiento e interacción de placas litosféricas



Tectónica de placas



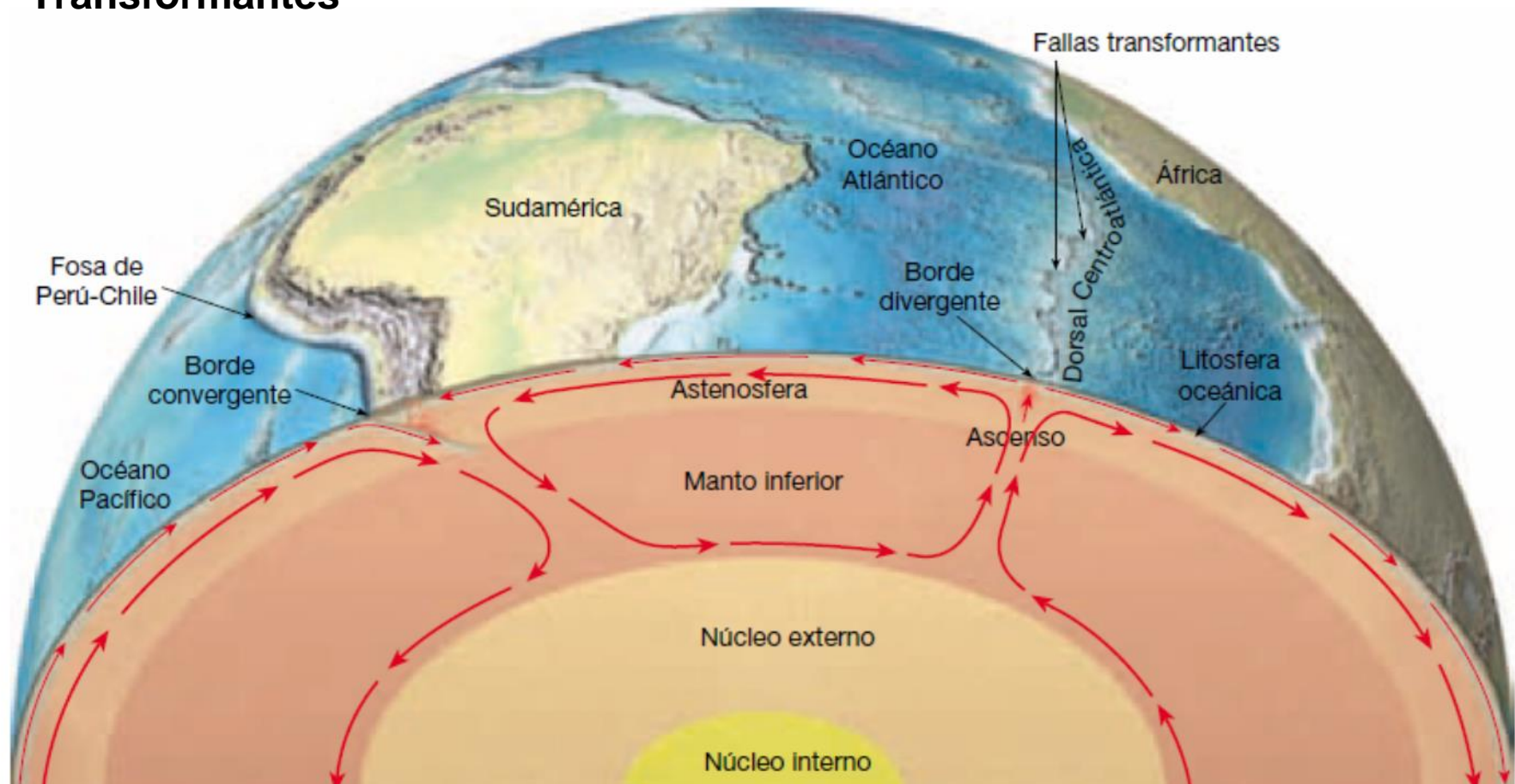
<http://www.insugeo.org.ar/publicaciones/docs/misc-21-03.pdf>

Desacople entre litósfera (sólido rígido) y astenósfera (sólido dúctil, 1-5% roca fundida (magma)) → movimiento de placas litosféricas

Límites entre placas litosféricas

Corrientes convectivas del manto ↔ movimiento e interacción de placas litosféricas definen 3 tipos de límites:

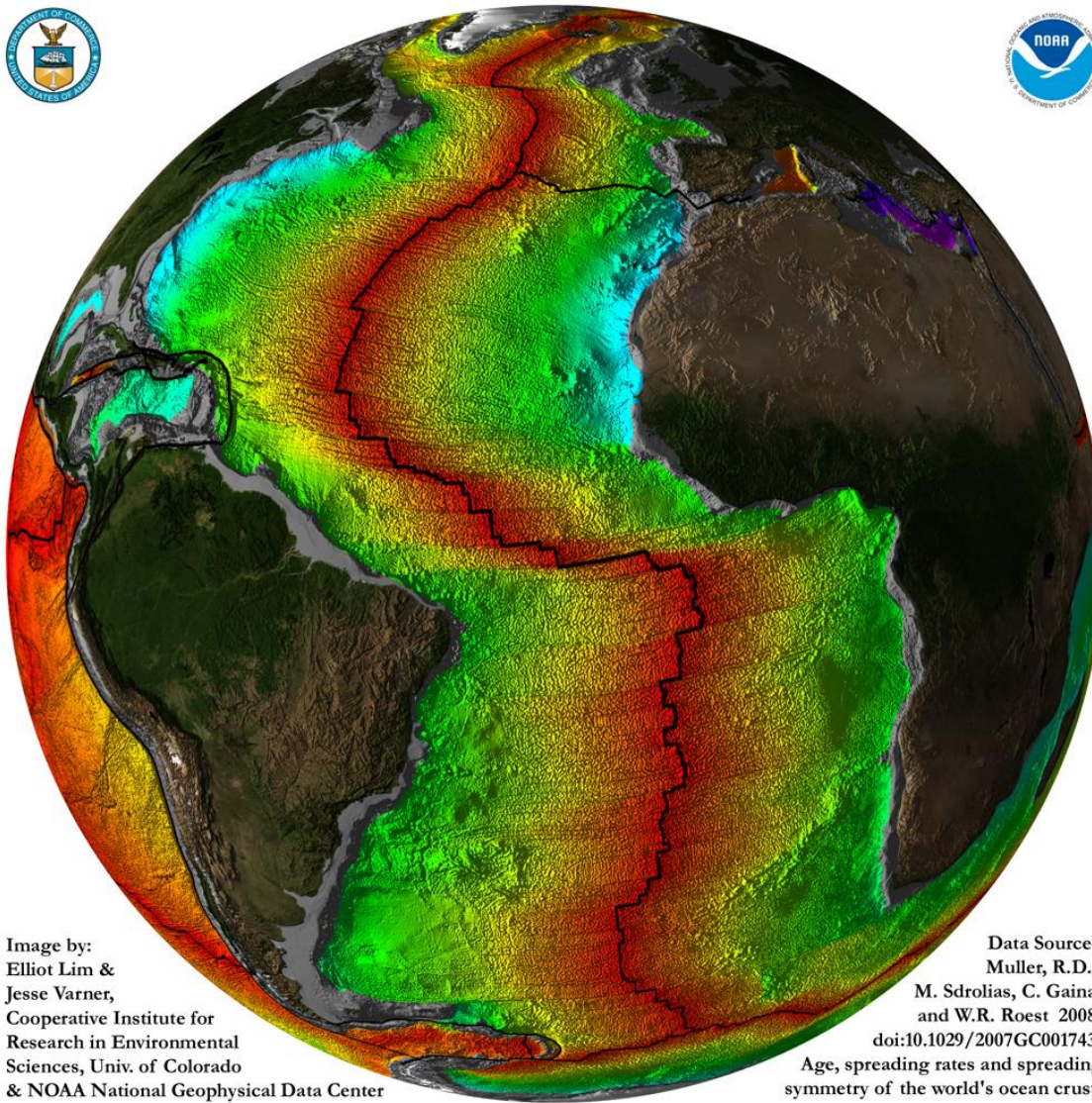
- **Divergentes**
- **Convergentes**
- **Transformantes**



Placas litosféricas



Márgenes divergentes: dorsales oceánicas



Corrientes convectivas
del manto ascendentes.

Márgenes constructivos
(generación de CO).

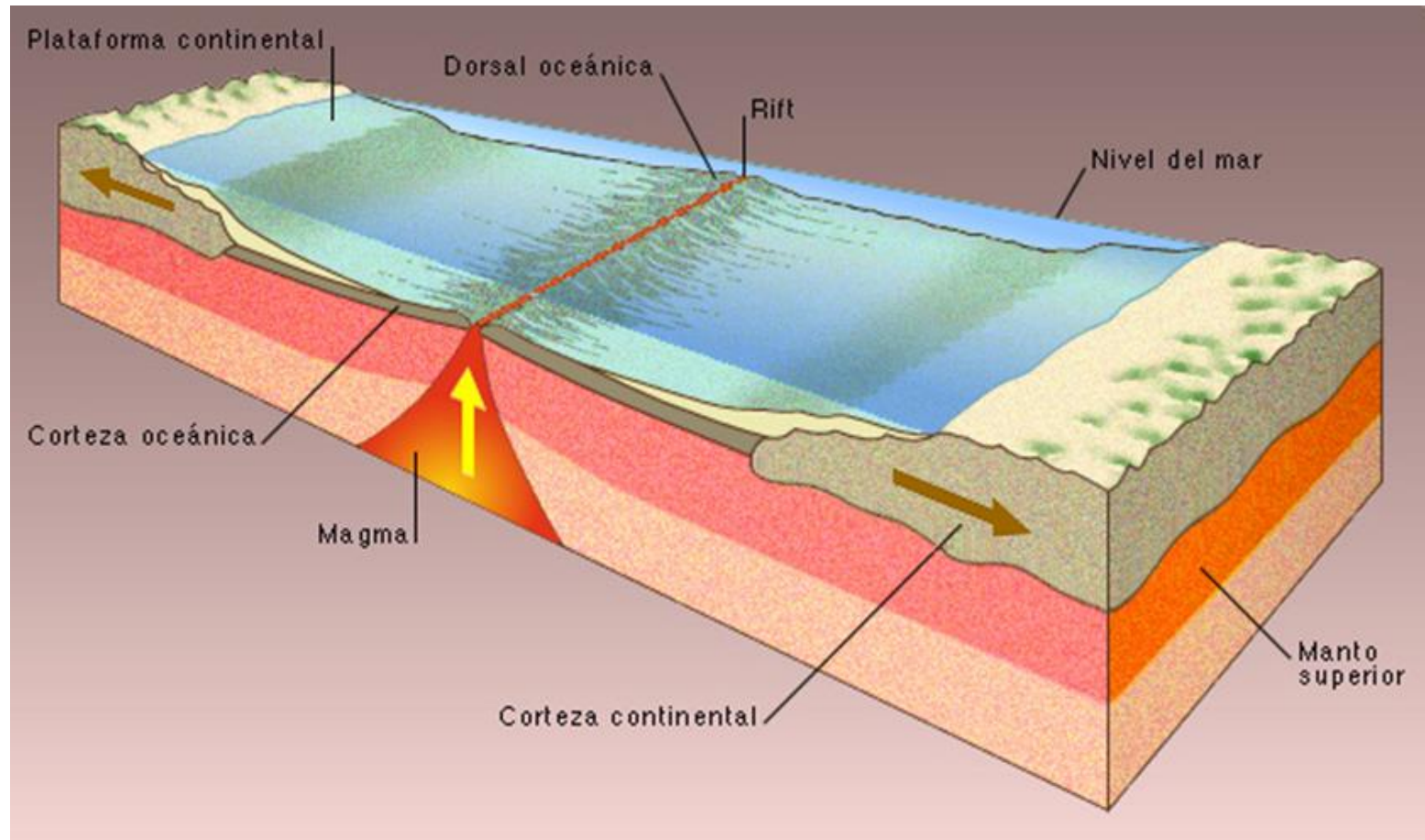
Image by:
Elliot Lim &
Jesse Varner,
Cooperative Institute for
Research in Environmental
Sciences, Univ. of Colorado
& NOAA National Geophysical Data Center

Data Source:
Muller, R.D.,
M. Sdrolias, C. Gaina,
and W.R. Roest 2008.
doi:10.1029/2007GC001743.
Age, spreading rates and spreading
symmetry of the world's ocean crust.

Márgenes divergentes: dorsales oceánicas

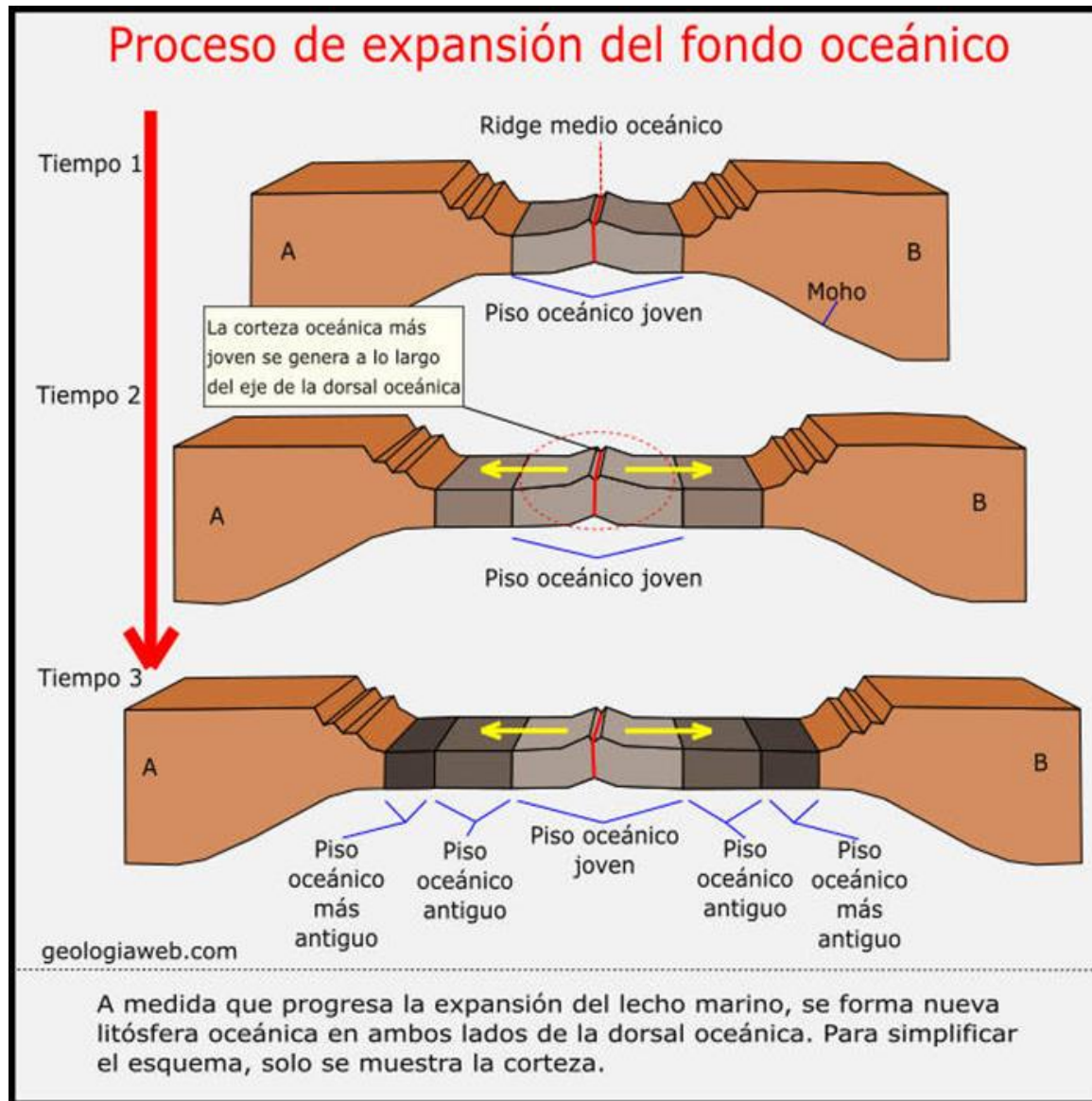
Sistemas extensivos.

Ascenso y cristalización de magma → generación de corteza oceánica.



<https://sites.google.com/site/planetabase/home/volcanes/vulcanismo-en-las-dorsales-oceanicas>

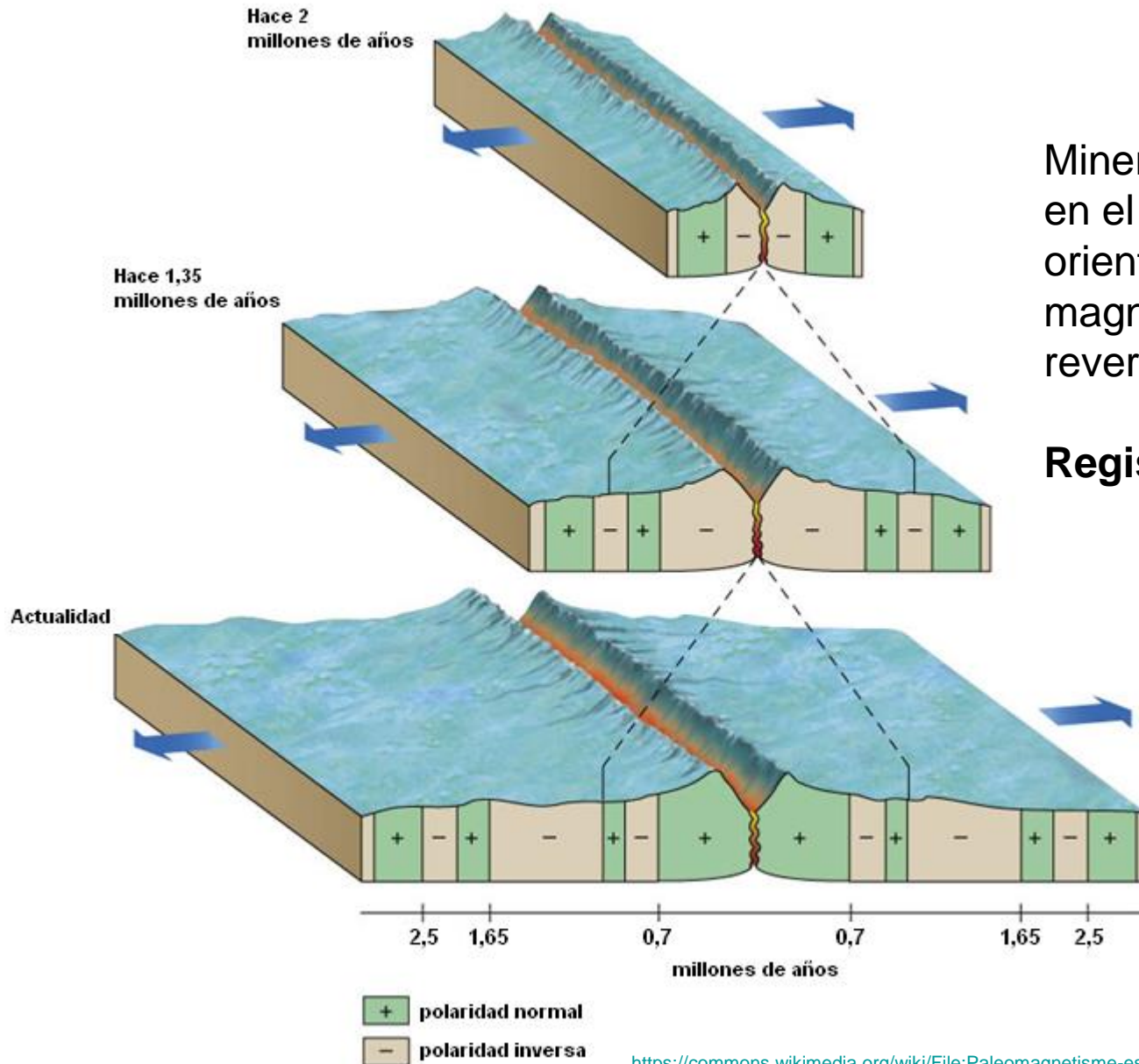
Márgenes divergentes: dorsales oceánicas



Rocas: **Basaltos**
Minerales: **aluminosilicatos ricos en Fe y Mg.**

Extrusión, enfriamiento y solidificación de magma → fajas de CO simétricas a cada lado de la dorsal.

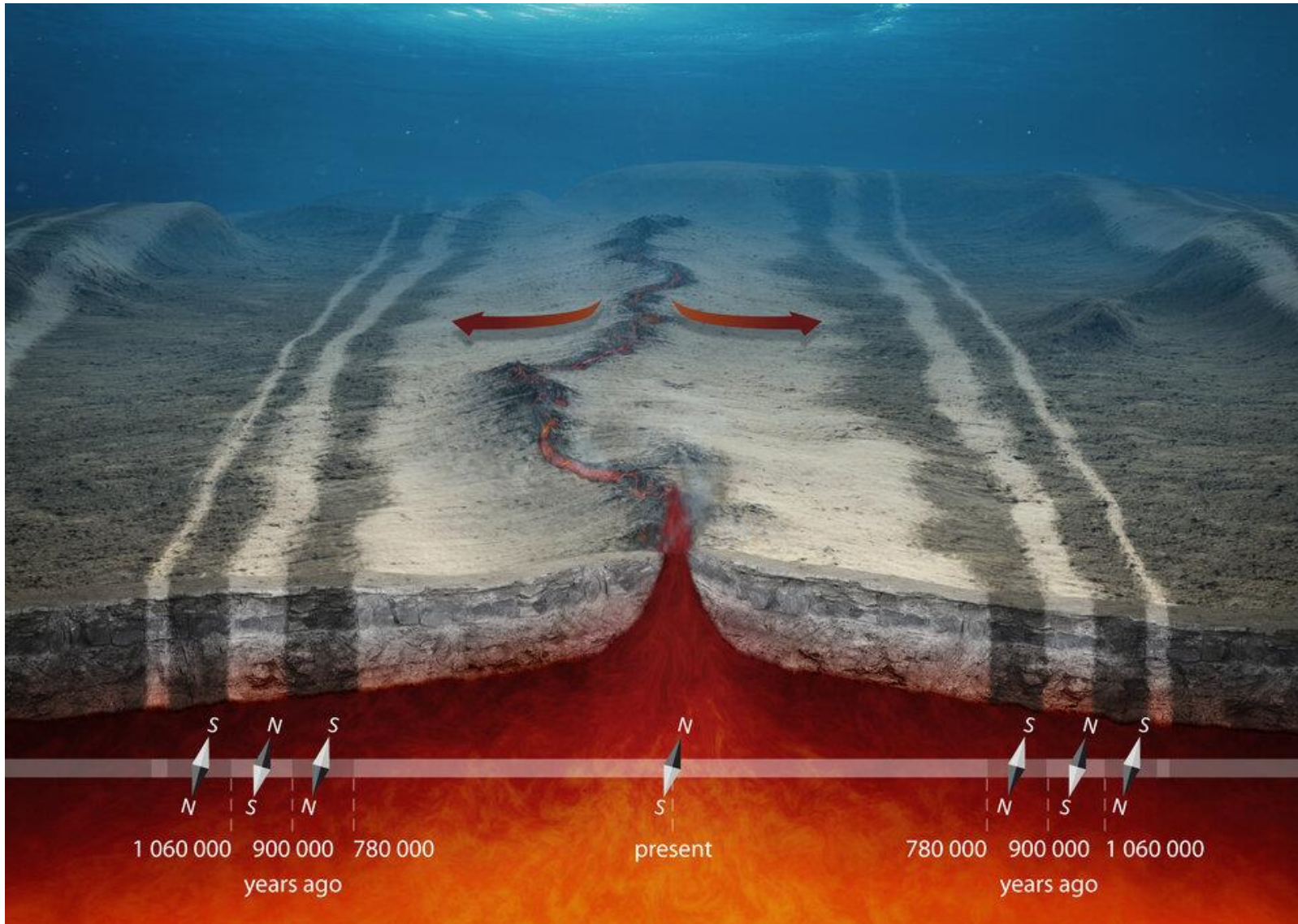
Márgenes divergentes: dorsales oceánicas



Minerales ricos en hierro disueltos en el magma al cristalizar se orientan según la polaridad magnética de ese momento ↔ reversiones geomagnéticas.

Registro paleomagnético.

Márgenes divergentes: dorsales oceánicas

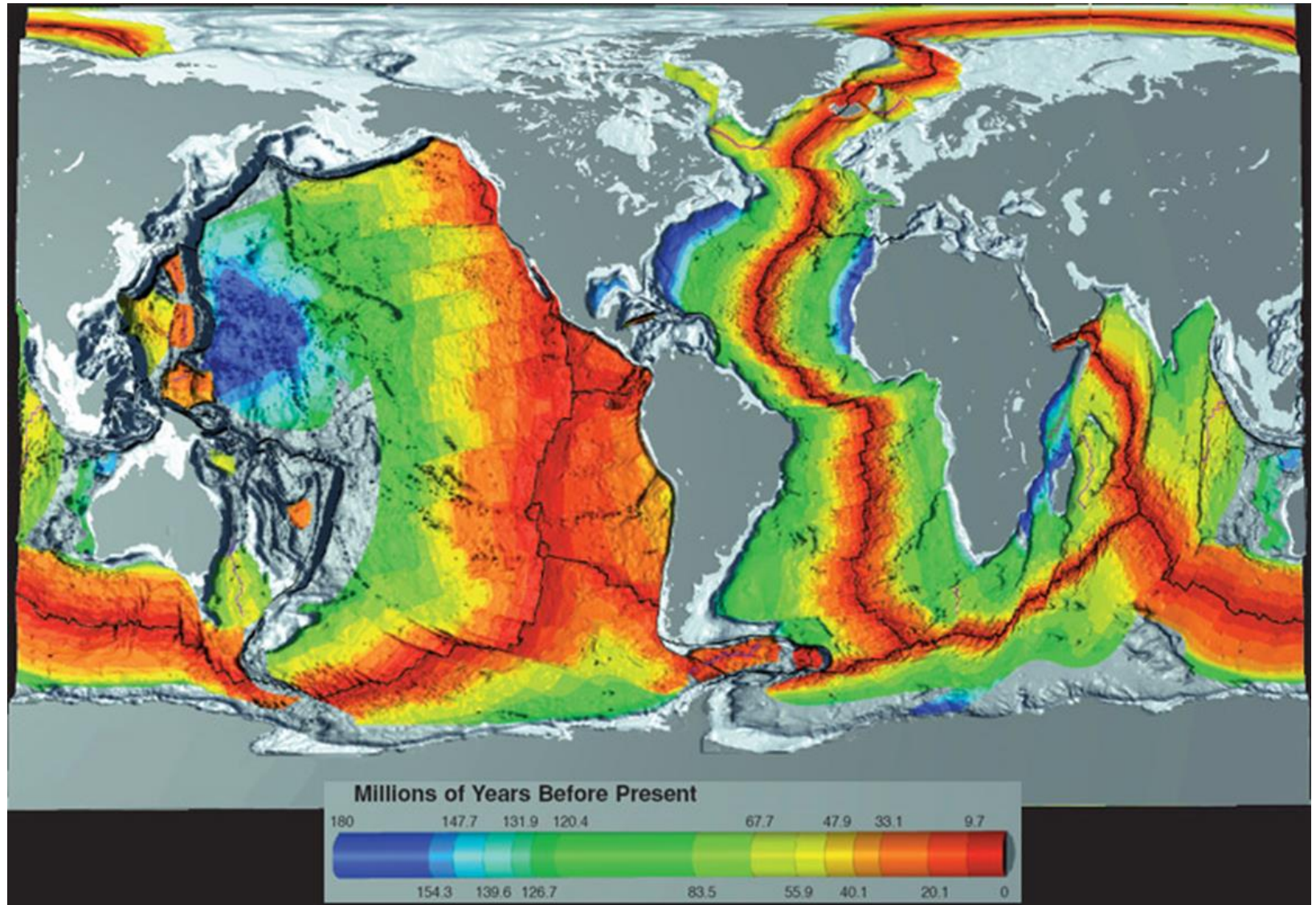


https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Spain/Desde_el_nucleo_hasta_la_corteza

Fajas de CO simétricas + registro paleomagnético

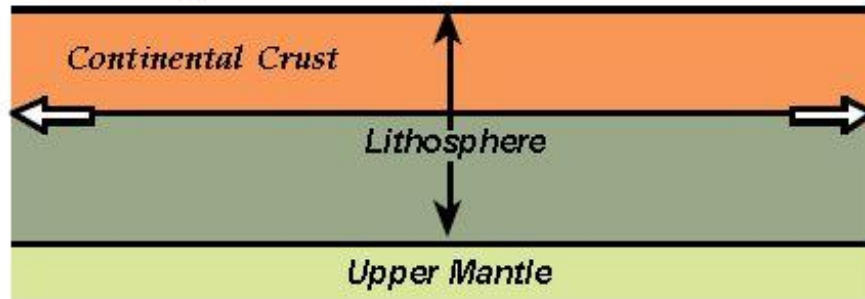
Edad del fondo oceánico $\leq 180\text{Ma}$

Dataciones radimétricas en basaltos del fondo oceánico + registro paleomagnético + registro fósil en sedimentos.

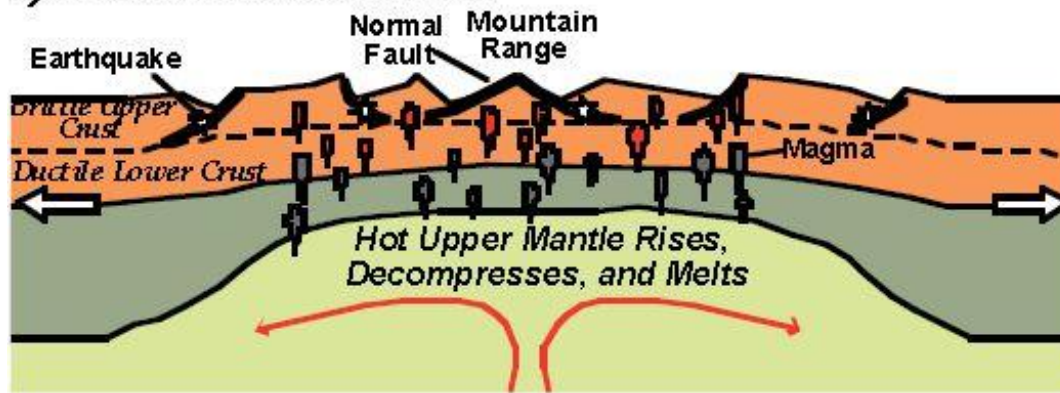


Márgenes divergentes: rift continentales

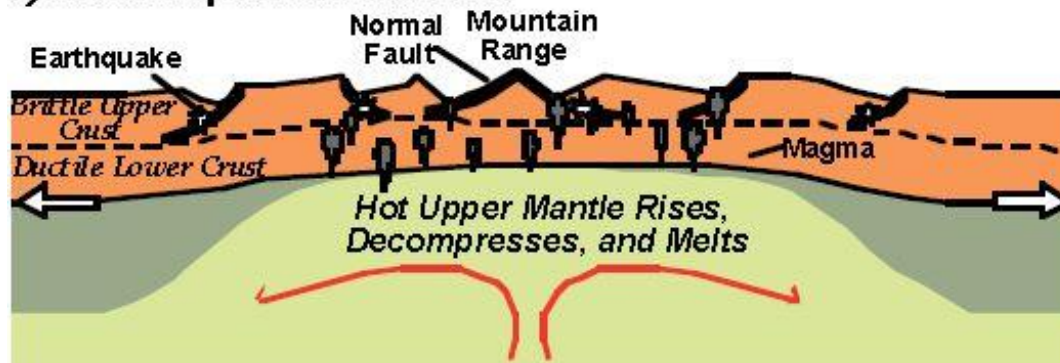
a) Continent begins to Rift Apart



b) Plate Stretches and Thins



c) Lava Erupts at the Surface



Ascenso de corrientes convectivas del manto.

Extensión y adelgazamiento de la litósfera continental → ascenso magmático desde la astenósfera e intrusión a través de fracturas.

Valle de rift: cuenca sedimentaria continental asociada a vulcanismo.

Etapas inicial de fragmentación continental.

Rift del África oriental



<https://www.gondwanataks.com/l/gran-valle-del-rift/>



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Erta_Ale.jpg

Rift del África oriental



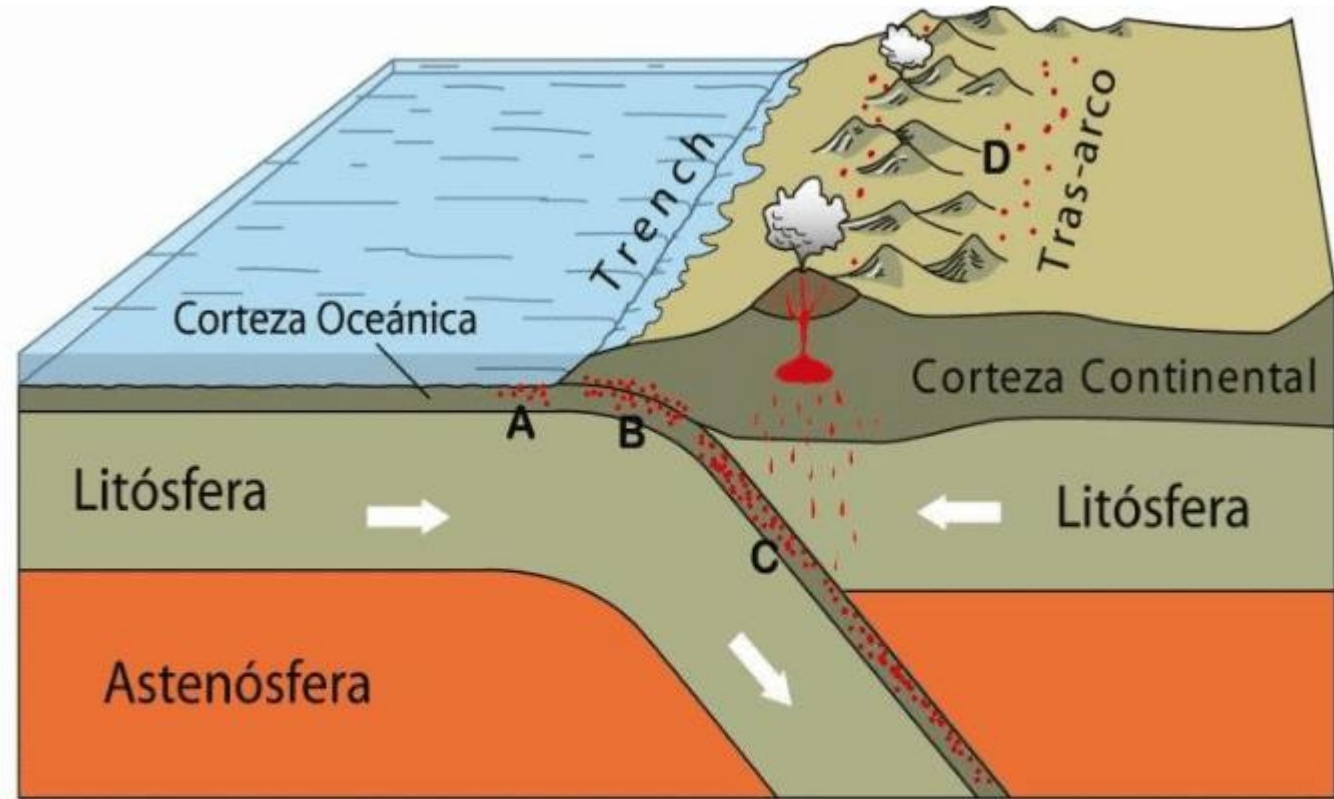
Rift del África oriental



Márgenes convergentes: subducción

Convergencia de placa litosférica oceánica y continental.
Arcos magmáticos

Descenso de corrientes convectivas del manto.
Fosas submarinas.
Subducción de litósfera oceánica en continental.



ZONA DE SUBDUCCION

A: Sismos "outer-rise"
B: Sismos Interplaca

C: Sismos Intraplaca oceánica
D: Sismos Intraplaca continental

Márgenes activos.
Actividad sísmica y volcánica intensa.

Márgenes convergentes

Arcos volcánicos continentales
y formación de montañas



<https://www.telam.com.ar/notas/201909/391146-decretan-al-erta-naranja-por-el-volcan-villarica.html>



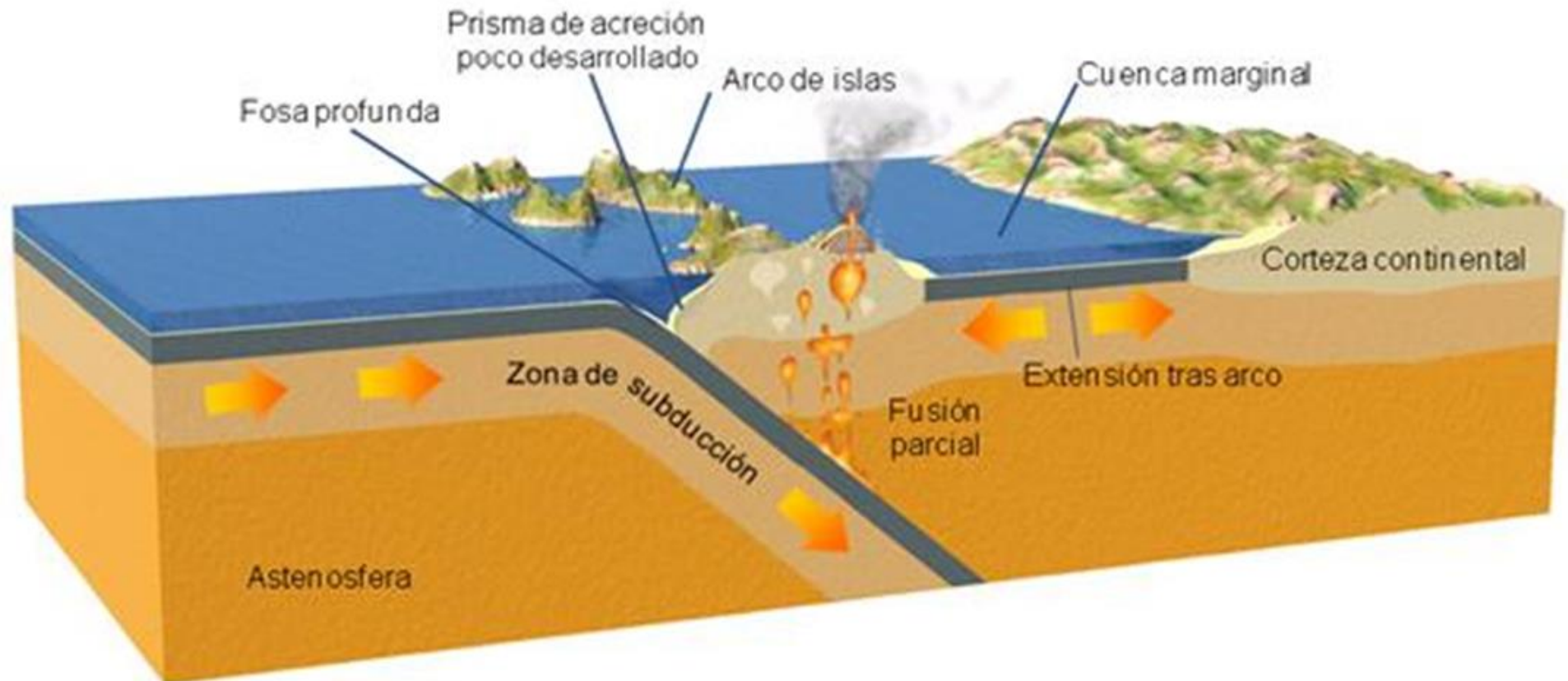
Cordillera de los Andes

https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Cordillera_de_los_Andes.jpg

Márgenes convergentes: subducción

Convergencia de 2 placas litosféricas oceánicas de distintas densidades.

Arcos de islas.



<https://sites.google.com/site/planetabase/home/volcanes/vulcanismo-en-las-zonas-de-subduccion>

Márgenes convergentes

Arcos de islas

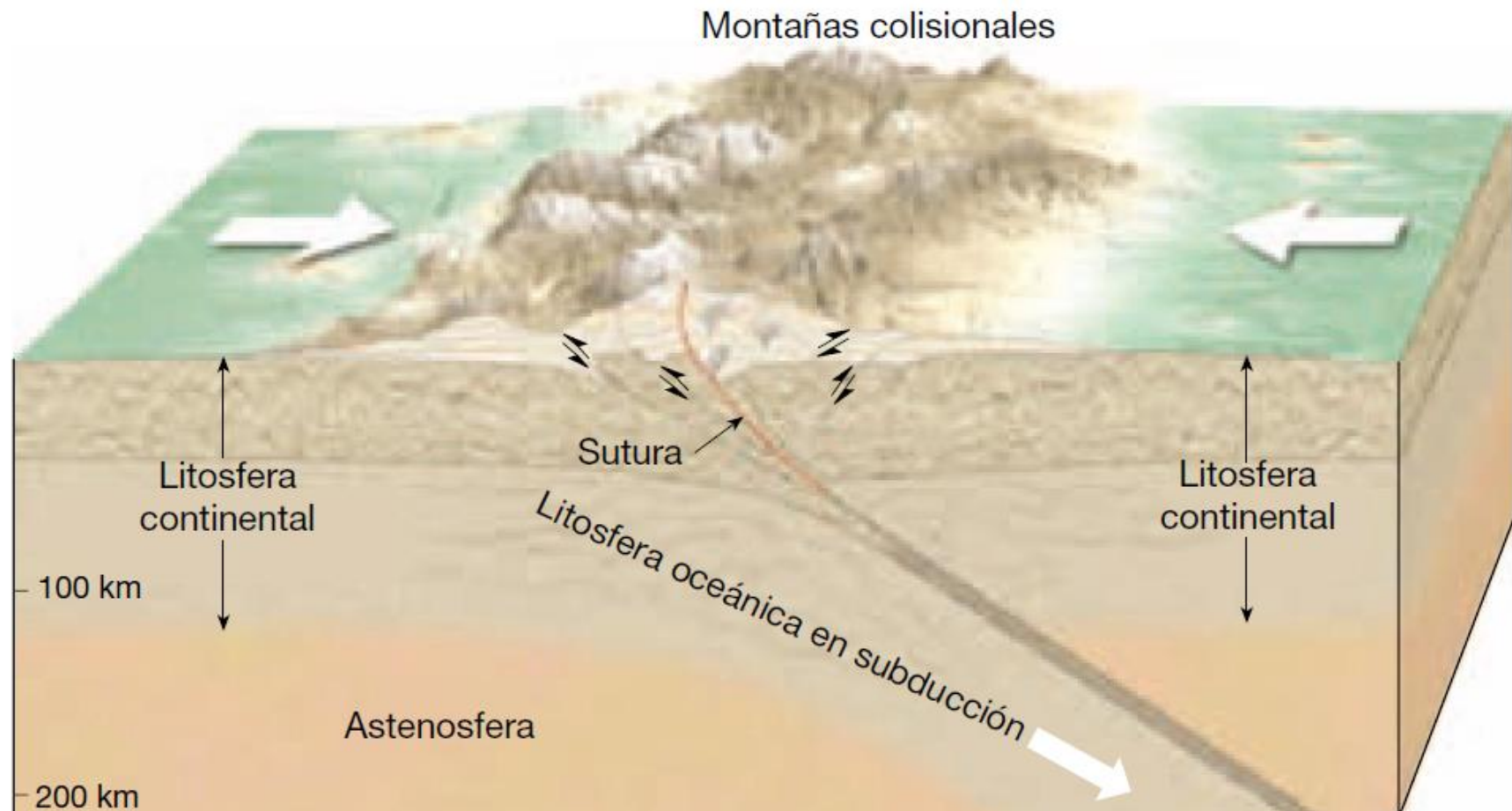


https://es.noticias.yahoo.com/espect%C3%A1culo-alaska-volcanes-entraron-erupcionan-233121805.html?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLmNvbS8&guce_referrer_sig=AQAAAECyrlVI2nAFEWz-2PitQDhahyL6tdXlbarxurvwOwT6k1B7I6BtD9kqXn7GAzYaFX3kVBKmLYw3cwaMLPrEJRjGLkp4Ts2nW7uNz7FHcwcaYk61r0CKD3di_ci0dpXHnkt6vYz5rZCJOOevcVsd066f5pq_39VmHdpcKJbyV4ld

Márgenes convergentes: colisión continental

Convergencia de 2 placas litosféricas continentales → colisión.

Orógenos colisionales → plegamiento y deformación intensos.



Márgenes convergentes: colisión continental .UBAfiuba

FACULTAD DE INGENIERÍA

Cordillera del Himalaya.

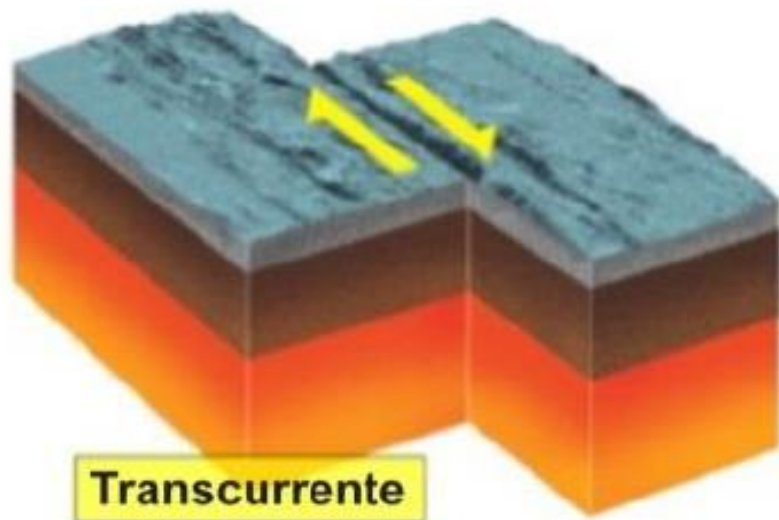


https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_152.html

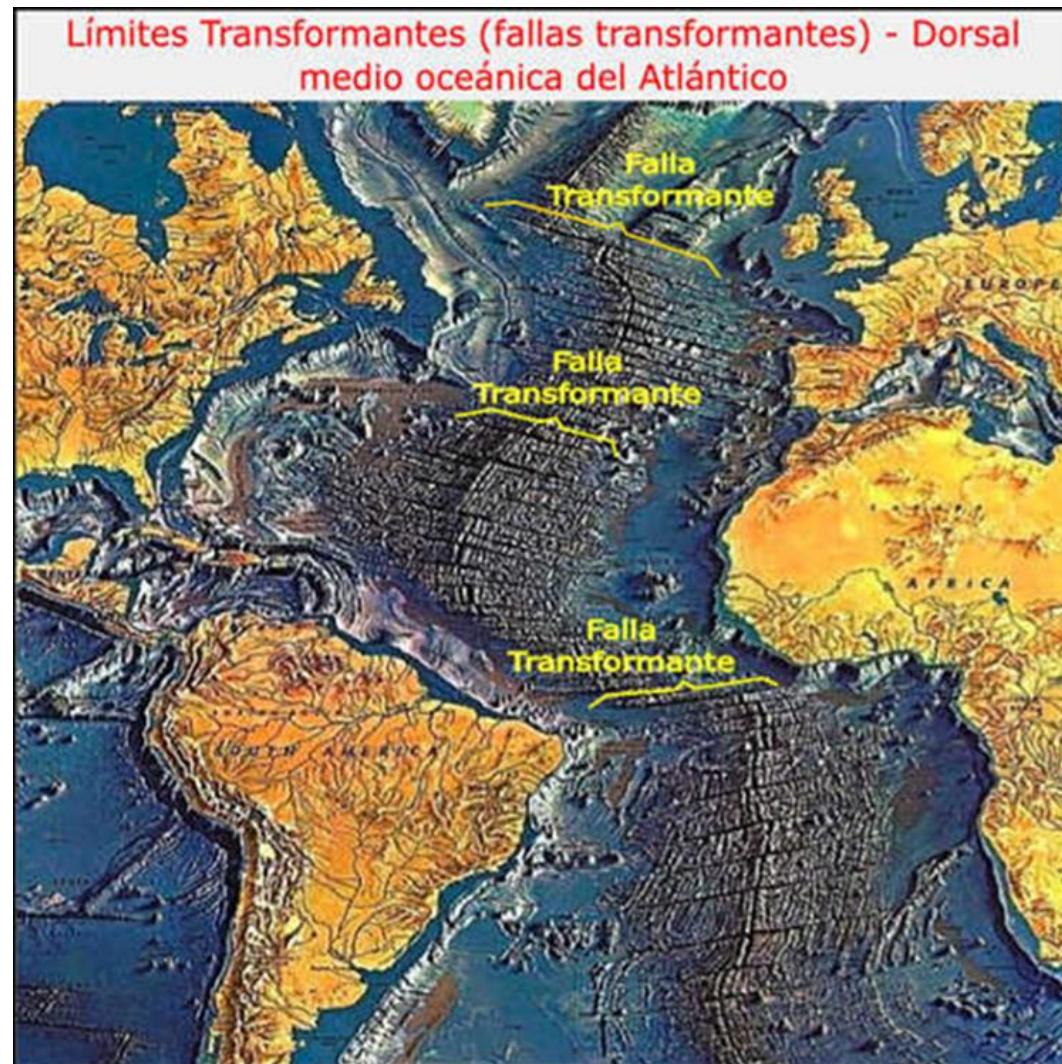
Márgenes transcurrentes

Bordes conservativos: no se genera ni destruye corteza oceánica.

Principalmente en dorsales oceánicas.



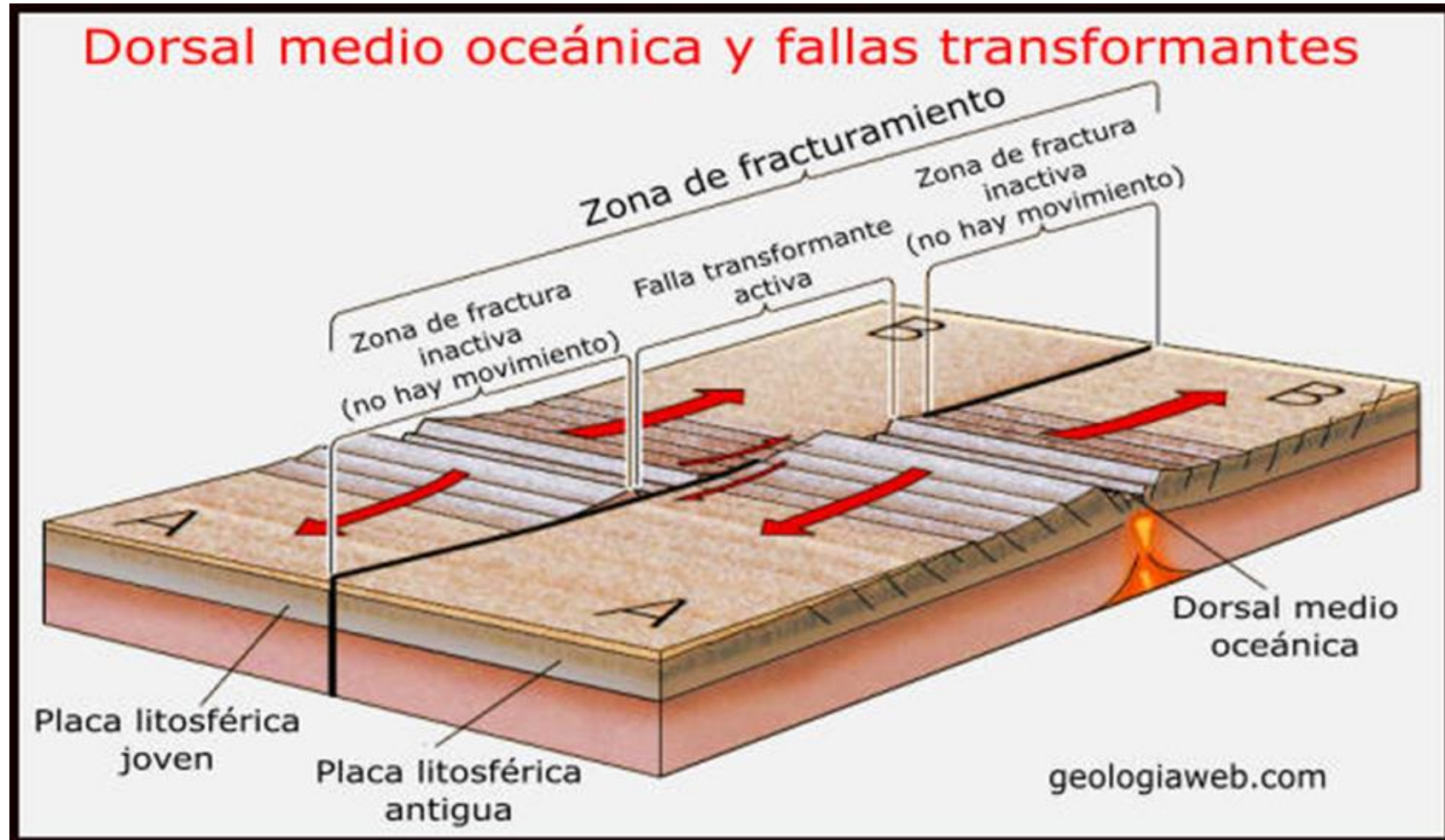
<http://contenidos.inpres.gob.ar/docs/VULCANISMO%20MUNDIAL.pdf>



Sistemas de fracturas paralelas, perpendiculares a segmentos de dorsales oceánicas.

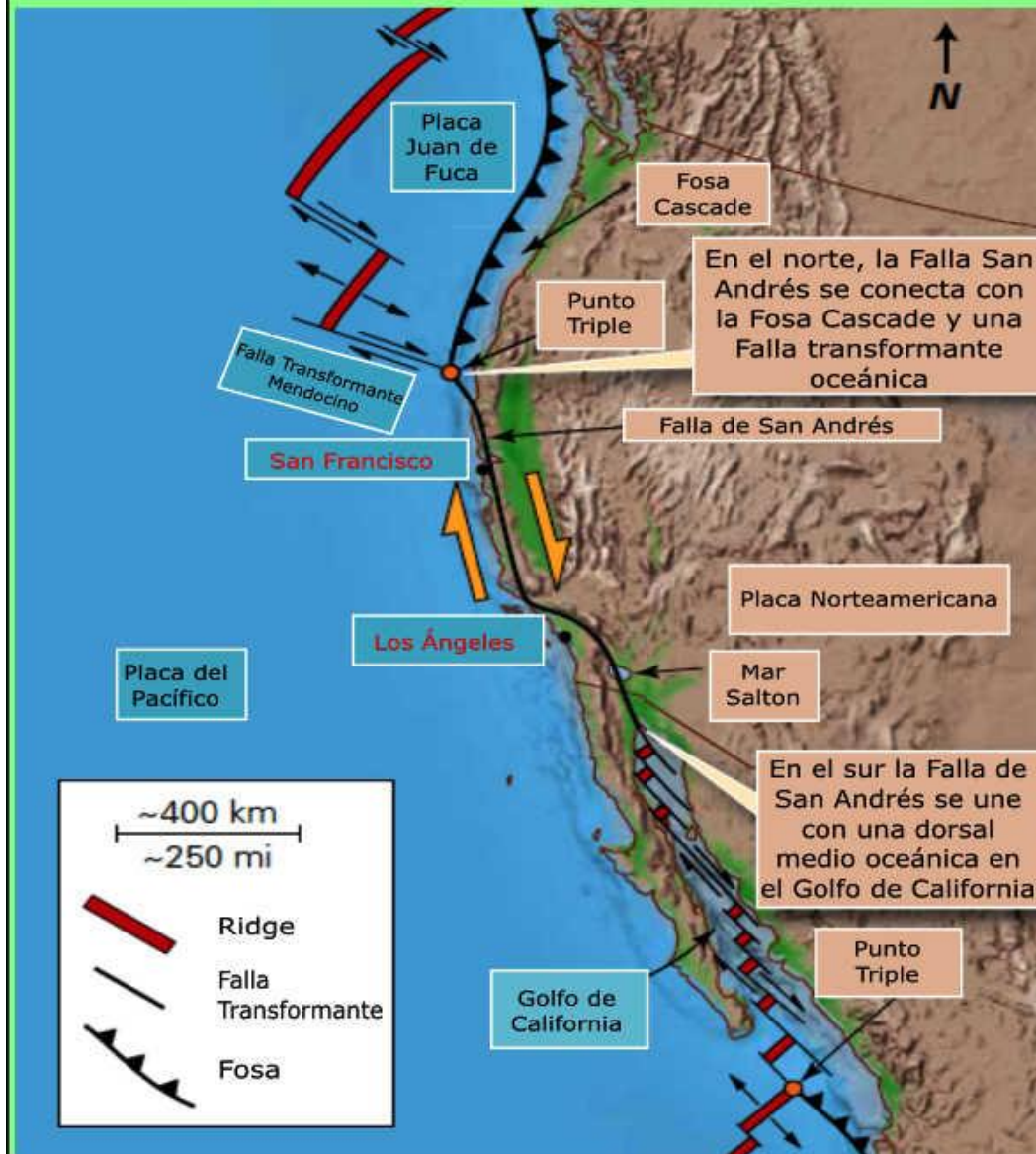
Márgenes transcurrentes

Planos de fallas verticales. Desplazamiento de bloques paralelo a la superficie.
Actividad sísmica entre los segmentos de la dorsal.



Márgenes transcurrentes

La falla de San Andrés es un borde de placa transformante



Litósfera continental.

Ej.: Falla de San Andrés (límite entre la placa de América del Norte y la del Pacífico).

Zonas de fallas.

Planos de fallas verticales.
Desplazamiento de bloques paralelo a la superficie.

Actividad sísmica destructiva.

Márgenes transcurrentes

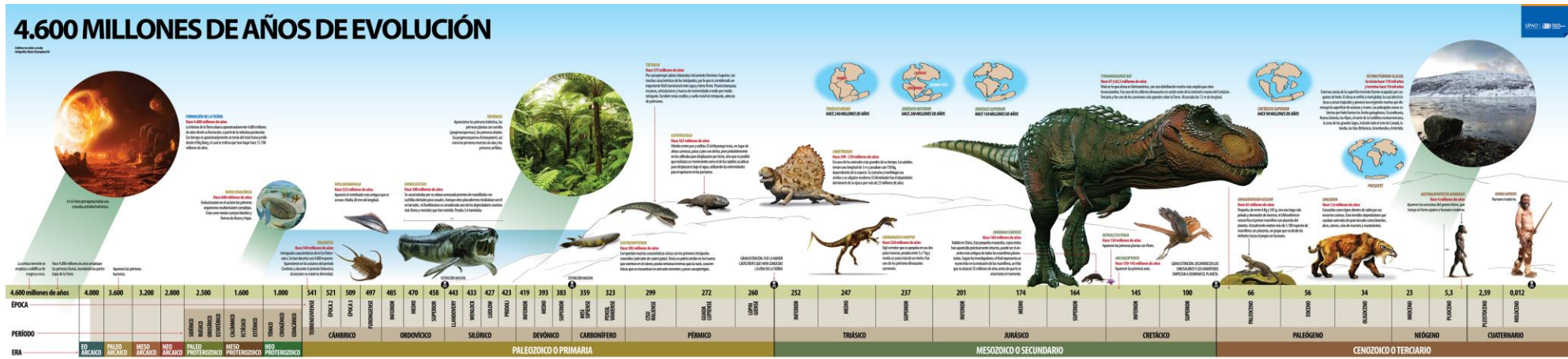
Falla de San Andrés



<https://phys.org/news/2018-06-earthquakes-san-andreas-fault-large.html>

Tiempo geológico

4600 Ma (formación de la tierra) hasta el presente



<https://infografiasos.files.wordpress.com/2013/10/linea.jpg>

Escala de tiempo geológico

Dataciones relativas

Orden cronológico de una secuencia de hechos sin asignar edades.



Dataciones absolutas

Estimaciones cuantitativas de edades.

Historia y evolución de la tierra.

Evolución biológica.

Acontecimientos claves.

Tiempo geológico: dataciones relativas

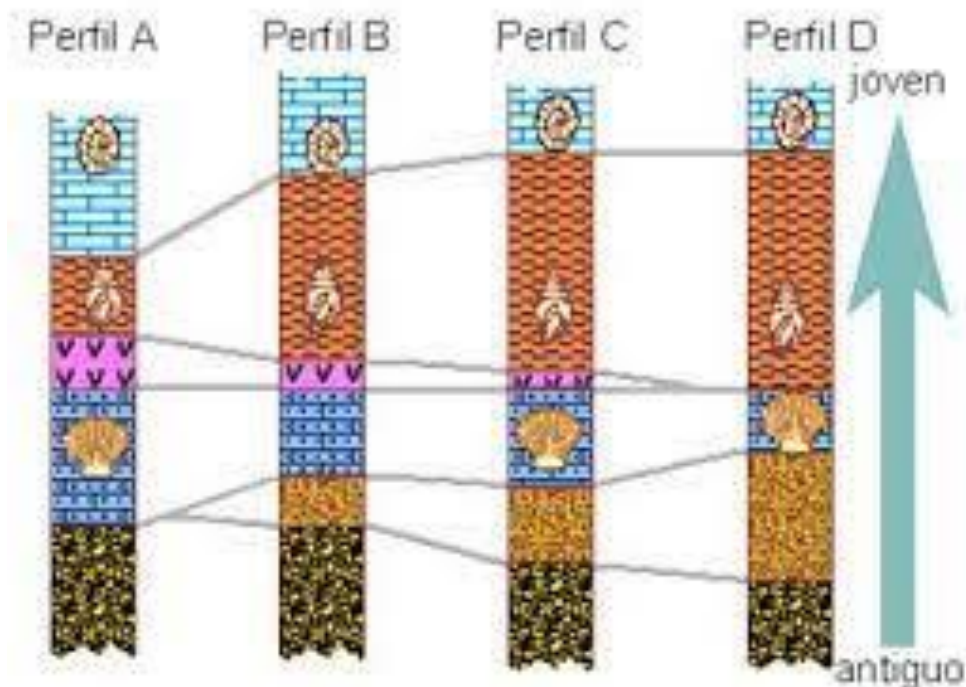
Estratigrafía

Relaciones entre secuencias de estratos de rocas sedimentarias.

Plano vertical: relaciones temporales → cronología relativa.

Plano horizontal: distribución ambiental → paleoambientes sedimentarios → facies sedimentarias → reconstrucciones paleogeográficas.

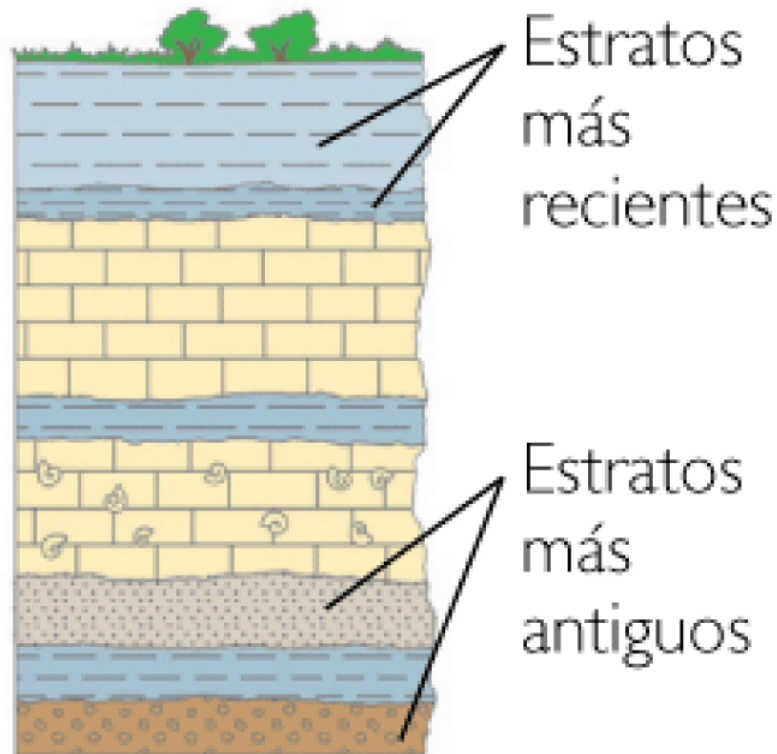
Ubicación espacial y temporal de acontecimientos geológicos.



Tiempo geológico: dataciones relativas

Ej.: Principio de superposición y horizontalidad

Los materiales que forman las rocas sedimentarias se depositan en capas horizontales → en una secuencia de estratos poco o nada deformados los más antiguos se hallan debajo de los más jóvenes.



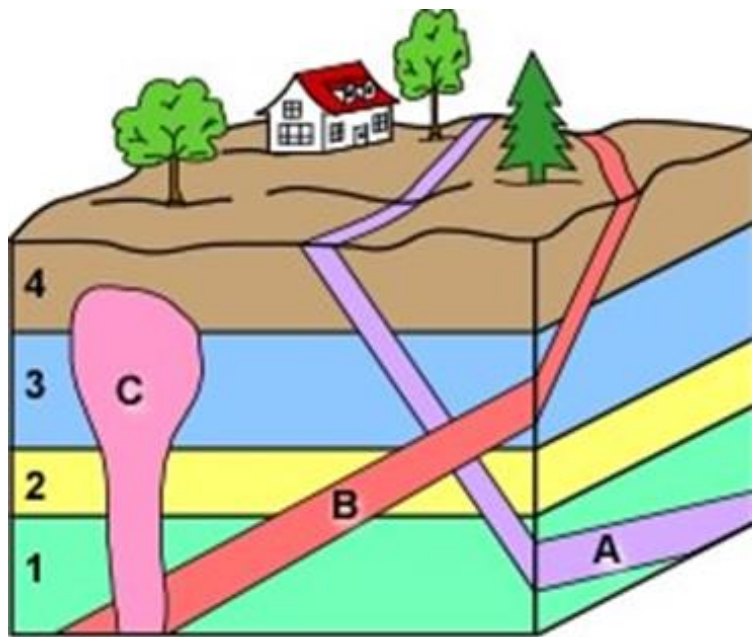
<https://revistacienciasdelatierra.com/geociencias/sedimentologia/rocas-sedimentarias-un-viaje-al-pasado/5270/>

Tiempo geológico: dataciones relativas

Ej.: Principio de relaciones de corte o intersección

Relaciona cuerpos intrusivos de rocas ígneas con las rocas sedimentarias hospedantes.

Los cuerpos de roca que cortan a otros son más jóvenes que las rocas a las que cortan.



Ej. de edades relativas:

- Capas sedimentarias de mayor a menor antigüedad $1 > 2 > 3 > 4$, principios de superposición y horizontalidad.
- Cuerpos intrusivos (A, B y C) más jóvenes que las capas sedimentarias. Orden de intrusión: A, B y C.

http://www2.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/planete_terre.html

Estimar cuantitativamente la edad de un material o suceso geológico.

Diversos métodos según el rango de antigüedad a medir. Ej.:

Dendrocronología: 10.000 años – actualidad.

Esclerocronología (conteo de bandas de crecimiento anuales en corales y moluscos): 8000 años – actualidad.

Métodos radimétricos (ej.: $^{235}\text{U}/^{207}\text{Pb}$, $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$, $^{40}\text{K}/^{36}\text{Ar}$, $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$): 4600 Ma – 50000 años.

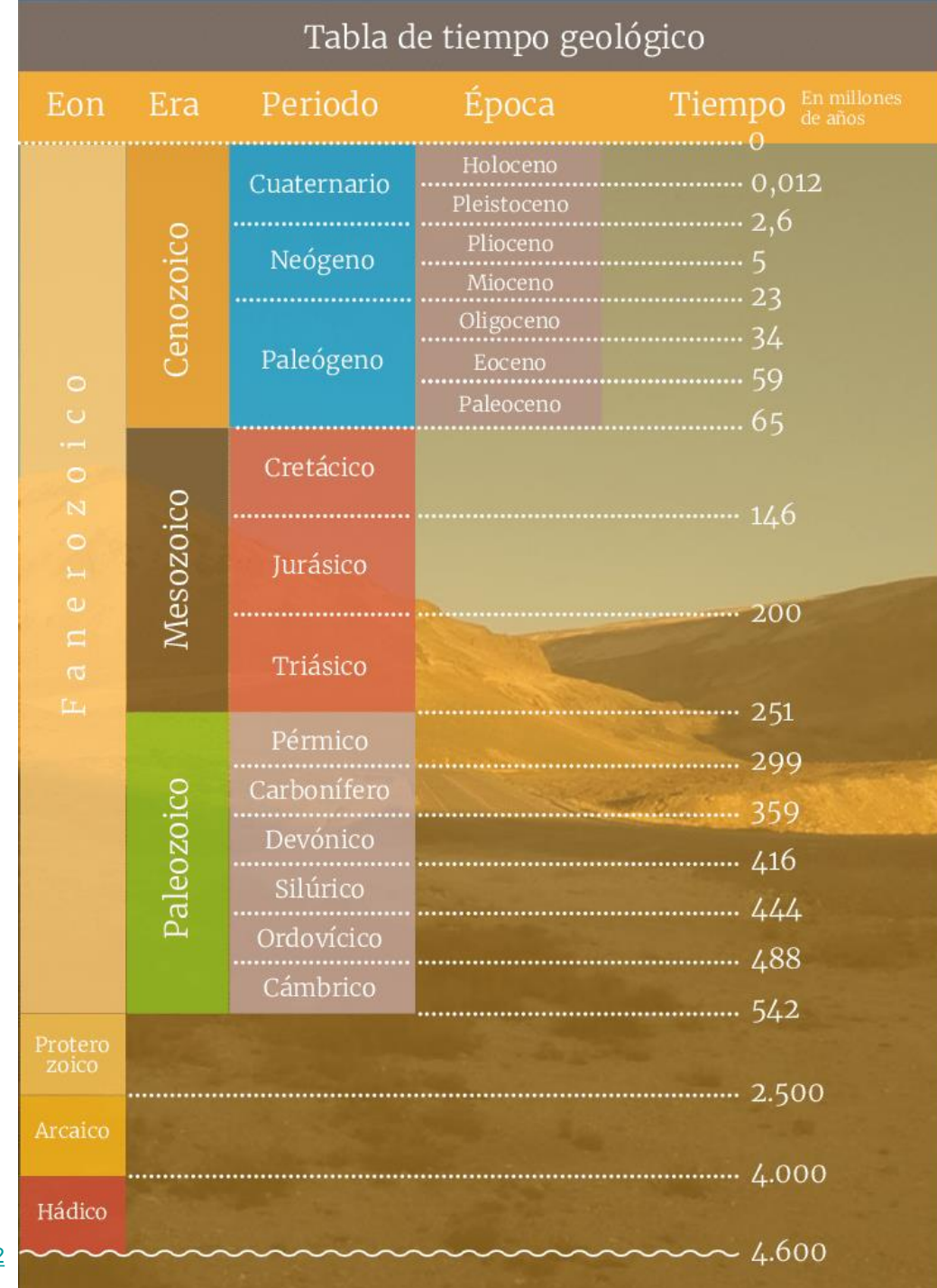
Métodos químicos y biológicos: miden el resultado de procesos químicos o biológicos que dependen del tiempo. Ej.: hidratación de obsidiana, tasa de crecimiento de líquenes.

Escala del tiempo geológico

4600Ma-presente

Unidades geocronológicas divididas de mayor a menor jerarquía: eón, era, período, época y edad.

Nuevos datos → correcciones y actualizaciones periódicas de la escala.



Escala del tiempo geológico

4600Ma-presente

Divisiones y subdivisiones ↔ cambios globales registrados en las rocas (variaciones en fauna, flora, clima, eventos geológicos, etc.).

- Eón Precámbrico (4600-540Ma): Fósiles más antiguos ~3500 Ma. Organismos unicelulares. Primeros organismos multicelulares ~600 Ma.
- Era Paleozoica (540-250Ma): aparición de organismos multicelulares, gran diversificación biológica en mares. Pérmico: Extinción masiva de formas de vida marinas y terrestres (~80%).
- Era Mesozoica (250-66Ma): era de los reptiles. Apogeo de los dinosaurios y extinción a fines del Cretácico.
- Era Cenozoica: diversificación de aves y mamíferos. Aparición del género *Homo* ~2,5Ma y diversificación en el Cuaternario.



Eonotema / Eón		Eratema / Era		Sistema / Período		Serie / Época	Piso / Edad	GSSP	Edad (Ma)
Fanerozoico		Cenozoico		Neógeno					
						Pleistoceno		Superior	0.0042
								Medio	0.0052
								Superior	0.0117
								Medio	0.126
						Plioceno		Calabriense	0.781
								Gelasiense	1.80
								Piacenziense	2.58
								Zancliense	3.600
								Messiniense	5.333
								Tortonense	7.246
								Serravallense	11.63
								Langhiense	13.82
								Burdigaliense	15.97
								Aquitaniense	20.44
								Chattienense	23.03
								Rupeliense	27.82
								Priabonense	33.9
								Bartoniense	37.8
								Luteciense	41.2
								Ypresiense	47.8
								Thanetiense	56.0
								Selandiense	59.2
								Daniense	61.6
								Maastrichtiense	66.0
								Campaniense	72.1 ± 0.2
								Superior	83.6 ± 0.2
								Santoniense	86.3 ± 0.5
								Coniaciense	89.8 ± 0.3
								Turonense	93.9
								Cenomaniense	100.5
								Albiense	~ 113.0
								Aptiense	~ 125.0
								Barremiense	~ 129.4
								Hauteriviense	~ 132.9
								Valanginiense	~ 139.8
								Berriasiense	~ 145.0

Eonotema / Eón		Eratema / Era		Sistema / Período		Serie / Época	Piso / Edad	GSSP	Edad (Ma)
Fanerozoico		Mesozoico		Jurásico					
								Kimmeridgiense	152.1 ± 0.9
								Oxfordiense	157.3 ± 1.0
								Calloviense	163.5 ± 1.0
								Bathonense	166.1 ± 1.2
								Bajociense	168.3 ± 1.3
								Aalenense	170.3 ± 1.4
								Toarciense	174.1 ± 1.0
								Pliensbachiense	182.7 ± 0.7
								Sinemuniense	190.8 ± 1.0
								Hettangiense	199.3 ± 0.3
								Rhaetiense	201.3 ± 0.2
								Noriense	~ 208.5
								Carniense	~ 227
								Ladiniense	~ 237
								Anisiense	~ 242
								Olenekiense	247.2
								Induense	251.2
								Changhsingiense	251.902 ± 0.024
								Wuchiapingiense	254.14 ± 0.07
								Capitaniense	259.1 ± 0.5
								Wordiense	265.1 ± 0.4
								Roadiense	268.8 ± 0.5
								Kunguriense	272.95 ± 0.11
								Artinskiense	283.5 ± 0.6
								Sakmariense	290.1 ± 0.26
								Asseliense	293.52 ± 0.17
								Gzheliense	298.9 ± 0.15
								Kasimoviense	303.7 ± 0.1
								Moscoviense	307.0 ± 0.1
								Bashkiriense	315.2 ± 0.2
								Serpukhoviense	323.2 ± 0.4
								Viseense	330.9 ± 0.2
								Tournaisiense	346.7 ± 0.4
								Fortuniense	358.9 ± 0.4

Eonotema / Eón		Eratema / Era		Sistema / Período		Serie / Época	Piso / Edad	GSSP	Edad (Ma)
Fanerozoico		Devónico		Superior					
								Frasniense	382.7 ± 1.6
								Givetense	387.7 ± 0.8
								Eifeliense	393.3 ± 1.2
								Emsiense	407.6 ± 2.6
								Pragiense	410.8 ± 2.8
								Lochkoviense	419.2 ± 3.2
								Pridoli	423.0 ± 2.3
								Ludlow	425.6 ± 0.9
								Gorstiense	427.4 ± 0.5
								Homeriense	430.5 ± 0.7
								Sheinwoodiense	433.4 ± 0.8
								Telychiense	438.5 ± 1.1
								Aeroniense	440.8 ± 1.2
								Rhuddaniense	443.8 ± 1.5
								Hirnantense	445.2 ± 1.4
								Katiense	453.0 ± 0.7
								Sandbiense	458.4 ± 0.9
								Darriwilense	467.3 ± 1.1
								Dapingiense	470.0 ± 1.4
								Floienze	477.7 ± 1.4
								Tremadociense	485.4 ± 1.9
								Piso 10	~ 489.5
								Jiangshaniense	~ 494
								Paibiense	~ 497
								Guzhangsiense	~ 500.5
								Drumiense	~ 504.5
								Wuliuense	~ 509
								Piso 4	~ 514
								Piso 3	~ 521
								Piso 2	~ 529
								Fortuniense	541.0 ± 1.0

Eonotema / Eón		Eratema / Era		Sistema / Período		GSSP	Edad (Ma)
Precámbrico		Proterozoico		Ediacárico			
						GSSA	~ 635
						GSSA	~ 720
						GSSA	1000
						GSSA	1200
						GSSA	1400
						GSSA	1600
						GSSA	1800
						GSSA	2050
						GSSA	2300
						GSSA	2500
						GSSA	2800
						GSSA	3200
						GSSA	3600
						GSSA	4000
						GSSA	~ 4600

Todas las unidades de esta Tabla, cualquiera que sea su rango, se definen por el Estratipo Global de Límite (GSSP - *Global Boundary Stratotype Section and Point*) referido siempre a su límite inferior. Este proceso se halla todavía inacabado e incluirá las unidades del Arcaico y Neoproterozoico, cuyas divisiones se conviniere inicialmente mediante edades absolutas (GSSA - *Global Standard Stratigraphic Ages*). La posición de los GSSP oficiales se indica en la tabla mediante el símbolo del "Clavo Dorado" (*Golden Spike*), que los materializa en el terreno. El original de la tabla en distintos idiomas y formatos, junto con los detalles de los estratotipos globales de límite (criterio de definición de cada uno, localización geográfica y geológica, correlación, etc.), están disponibles en la web www.stratigraphy.org.

Las edades absolutas, expresadas en millones de años (Ma), son sólo orientativas, pues tanto el Ediacárico como las unidades del Fanerozoico se definen formalmente por sus correspondientes GSSP, en vez de por edades numéricas. No obstante, para aquellas divisiones que no cuentan aún con un estratotipo global o con edades bien establecidas, se indican las dataciones aproximadas (~ Ma) de sus límites. Las edades numéricas han sido tomadas de Gradstein et al. (*A Geologic Time Scale 2012*), con excepción de las correspondientes al Cuaternario, Paleógeno superior, Cretácico, Triásico, Pérmico y Precámbrico, que fueron aportadas por las subcomisiones respectivas de la ICS-IUGS.

Tabla diseñada por K.M. Cohen, D.A.T. Harper, P.L. Gibbard y J.-X. Fan © International Commission on Stratigraphy (IUGS), Agosto 2018

Citar como: Cohen, K.M., Finney, S.C., Gibbard, P.L. & Fan, J.-X. (2018; actualizada). The ICS International Chronostratigraphic Chart. Episodes 36: 199-204.

<http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2018-08Spanish.pdf>

Minerales



Ilvaíta,
 $\text{CaFe}_3^{2+}2\text{Fe}^{3+}\text{O}(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{OH})$
Cuarzo, SiO_2

<http://webmineral.com/specimens/picshow.php?id=548&target=Quartz#.Ywt4phzMJpw>

Mineral: unidad básica constituyente de las rocas

- Sólido homogéneo.
- Inorgánico.
- Natural.
- **Estructura atómica ordenada** (cristales).
- **Composición química definida**, fija (ej.: cuarzo) o con ciertas variaciones (ej.: olivino).



<https://www.mineralesyrocas.top/olivino/>

Olivino ($(\text{Fe}, \text{Mg})_2\text{SiO}_2$)

Mineral: sólido homogéneo, inorgánico, natural, estructura atómica ordenada, composición química definida, fija o con ciertas variaciones.

Mineraloide: sólido natural, inorgánico u orgánico sin estructura atómica definida o amorfo (ej.: vidrio volcánico, ámbar)



<https://mineralesdelmundo.com/obsidiana/>

Obsidiana (vidrio volcánico)



https://www.nationalgeographic.com/es/ciencia/actualidad/descubierto-nuevo-orden-insectos-atrapado-amber_11092



Ambar (resina vegetal fosilizada)

<https://previews.123rf.com/images/huandi/huandi1410/huandi141000232/33036280-amber.jpg>

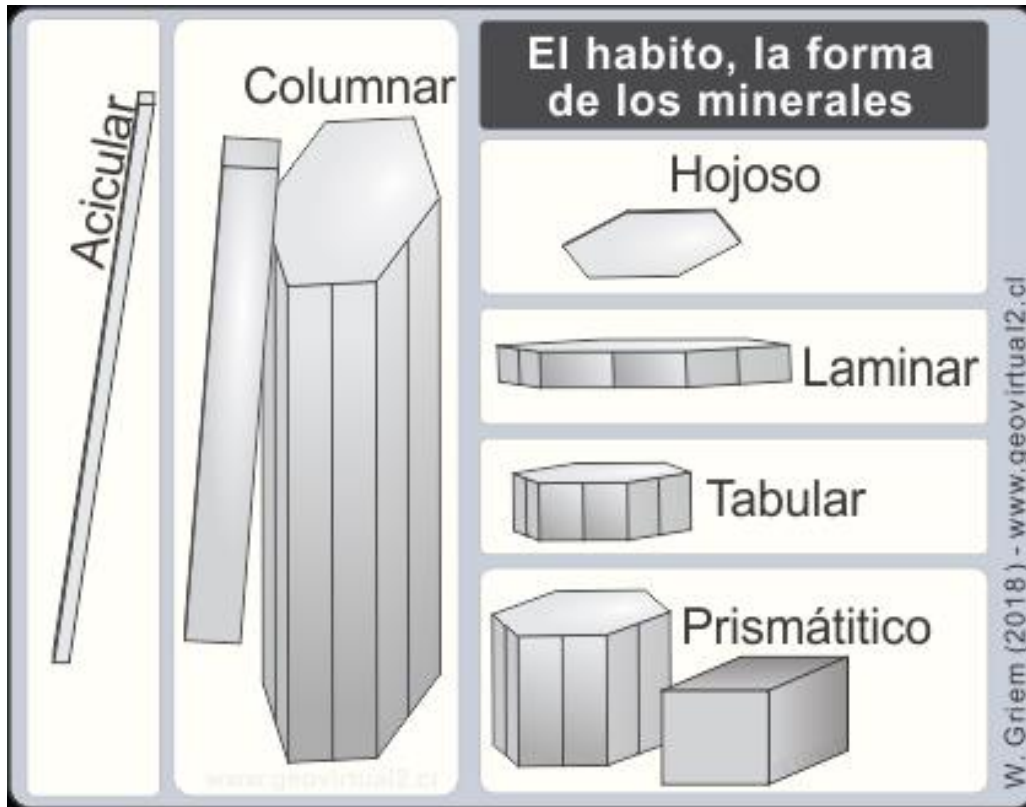
Identificación de minerales

Propiedades físicas. Ej.: color, brillo, hábito, peso específico, densidad, dureza relativa, ruptura (clivaje, fracturación), magnetismo, fluorescencia, fosforescencia, etc.

Propiedades ópticas (microscopio petrográfico sobre láminas delgadas, esp. $\sim 30\mu\text{m}$). Ej.: birrefringencia, índice de refracción, pleocroísmo, fluorescencia, forma, color, maclado, impurezas, etc.

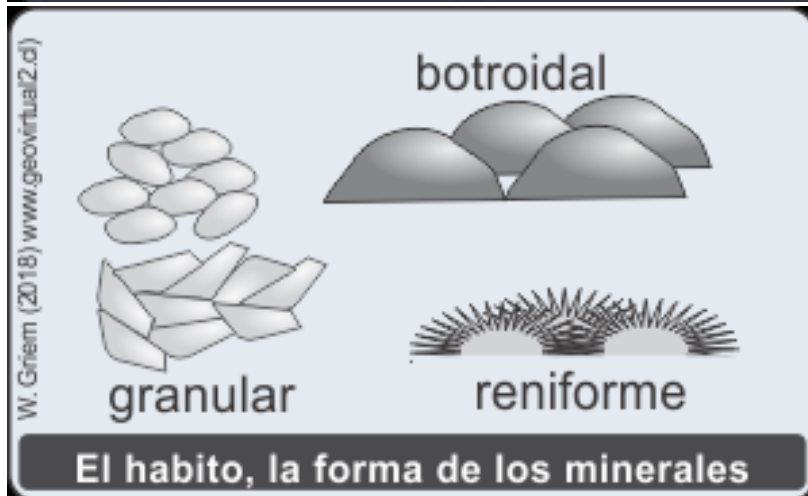
Propiedades químicas. Ej.: composición química, solubilidad en agua, reacción con ácidos.

Propiedades físicas. Ej.: hábito: forma externa del mineral.



<https://geologiaweb.com/minerales/pirita/>

Pirita. Hábito cúbico



<https://geologiaweb.com/minerales/turmalina-verde/>

Turmalina verde. Hábito prismático

Ruptura por clivaje (exfoliación): ruptura según planos definidos ↔
planos de debilidad de la estructura cristalina

Biotita (mica). Clivaje laminar

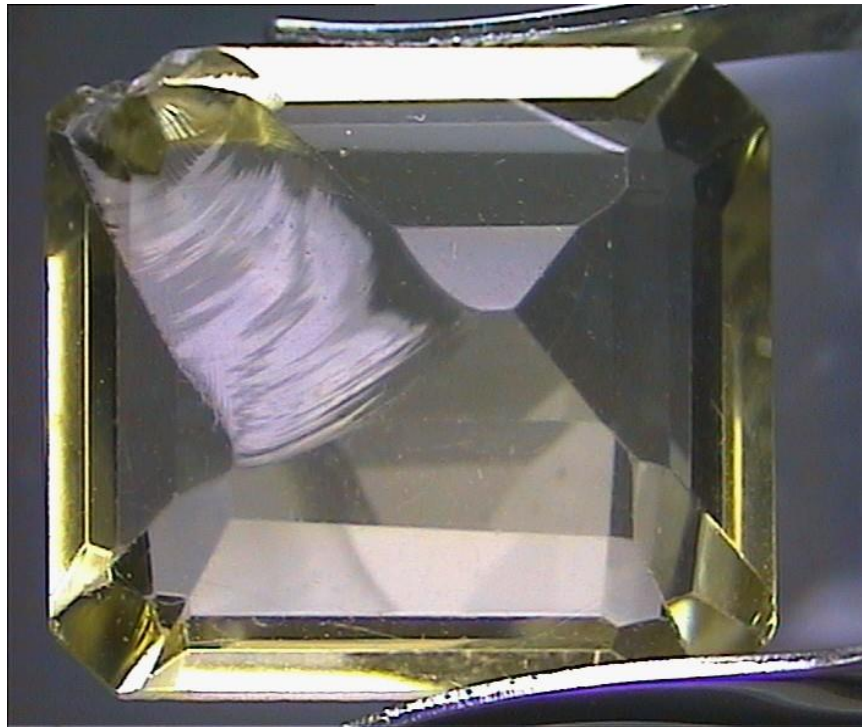


http://contenidos.educarex.es/sama/2006/minerales/imagenes/imag_ud1/calcita-exf-i.jpg

Calcita. Clivaje romboédrico

http://contenidos.educarex.es/sama/2006/minerales/imagenes/imag_ud1/mica-exf.jpg

Ruptura por fracturación: forma de ruptura de un mineral cuando no posee clivaje



<https://gemologiamllopis.com/fracturas-concoideas/>

Cuarzo ametrino. Fractura concoidea

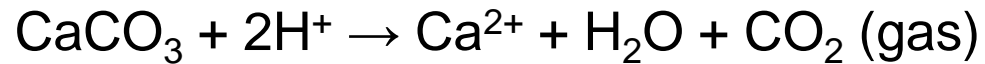


<http://www.webmineral.com/specimens/photos/PG2MS/267-25.jpg>

Plata. Fractura astillosa

Propiedades químicas. Ej.: efervescencia

Reacción con ácidos: efervescencia. Ej.: reacción de calcita con HCl (10%) frío para diferenciarla de dolomita.



<http://contenidos.educarex.es/sama/2006/minerales/ud1/propiedades.htm>

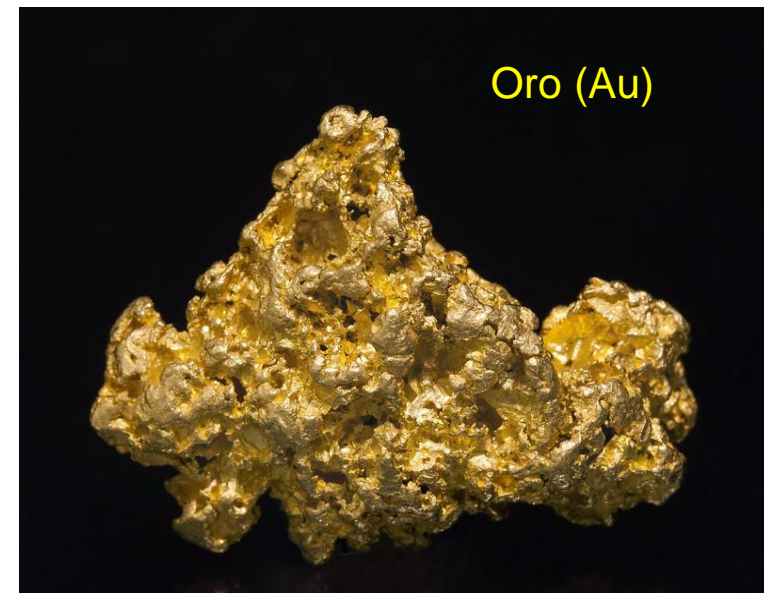


<https://www.geovirtual2.cl/geologiageneral/Reaccion-HCl-carbonatos-270.jpg>

Clasificación

Según composición química y características estructurales:

- **Elementos nativos.** Ej.: Au, Ag, Pt, Cu, C (diamante, grafito), As, S.
- **Sulfuros y sulfosales.** Ej.: galena (SPb), blenda (S(Zn, Fe)), pirita (SFe).
- **Óxidos e hidróxidos.** Ej.: magnetita (Fe_3O_4), hematita (Fe_2O_3), cuprita (Cu_2O)



Oro (Au)

<https://www.mineralsmining.com/productos/mineral-de-metales-preciosos/>



Pirita (SFe)

<https://rocasycristales.com/piedra-en-bruto/660-pirita.html>



Magnetita (Fe_3O_4)

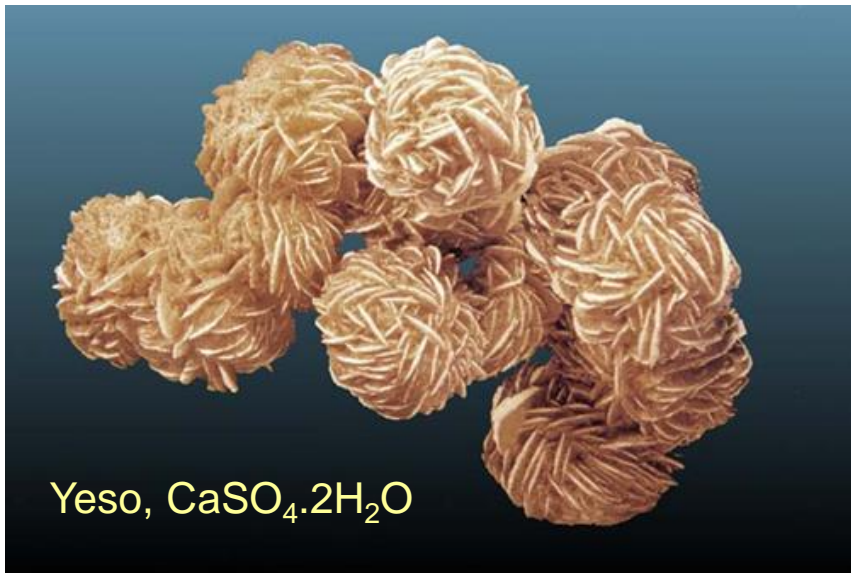
www.webmineral.com

- **Halogenuros.** Ej.: halita (NaCl), fluorita (CaF_2)
- **Carbonatos, nitratos, boratos.** Ej.: dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), calcita (CaCO_3), cerusita (PbCO_3), bórax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_5 (\text{OH})_4 \cdot 8 \text{H}_2\text{O}$)
- **Fosfatos, vanadatos, arseniatos**
- **Sulfatos, cromatos, molibdatos, wolframatos.**
Ej.: yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), cromita (FeCr_2O_4)



Halita, NaCl

https://mineriaenlinea.com/rocas_y_minerales/halita/



Yeso, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

www.webmineral.com



Dolomita, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$

www.webmineral.com

• Silicatos



<https://www.mineralesweb.es/oxidos/cuarzo.htm>

Cuarzo, SiO_2



<https://www.reino-minerales.es/virtudes-de-las-piedras/piedra-turmalina-verde/>

Turmalina verde



<https://www.mineralesweb.es/silicat/moscovita.htm>

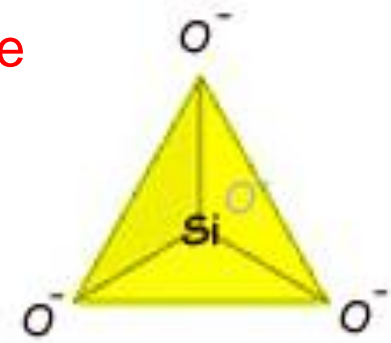
Muscovita, $\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$

Silicatos

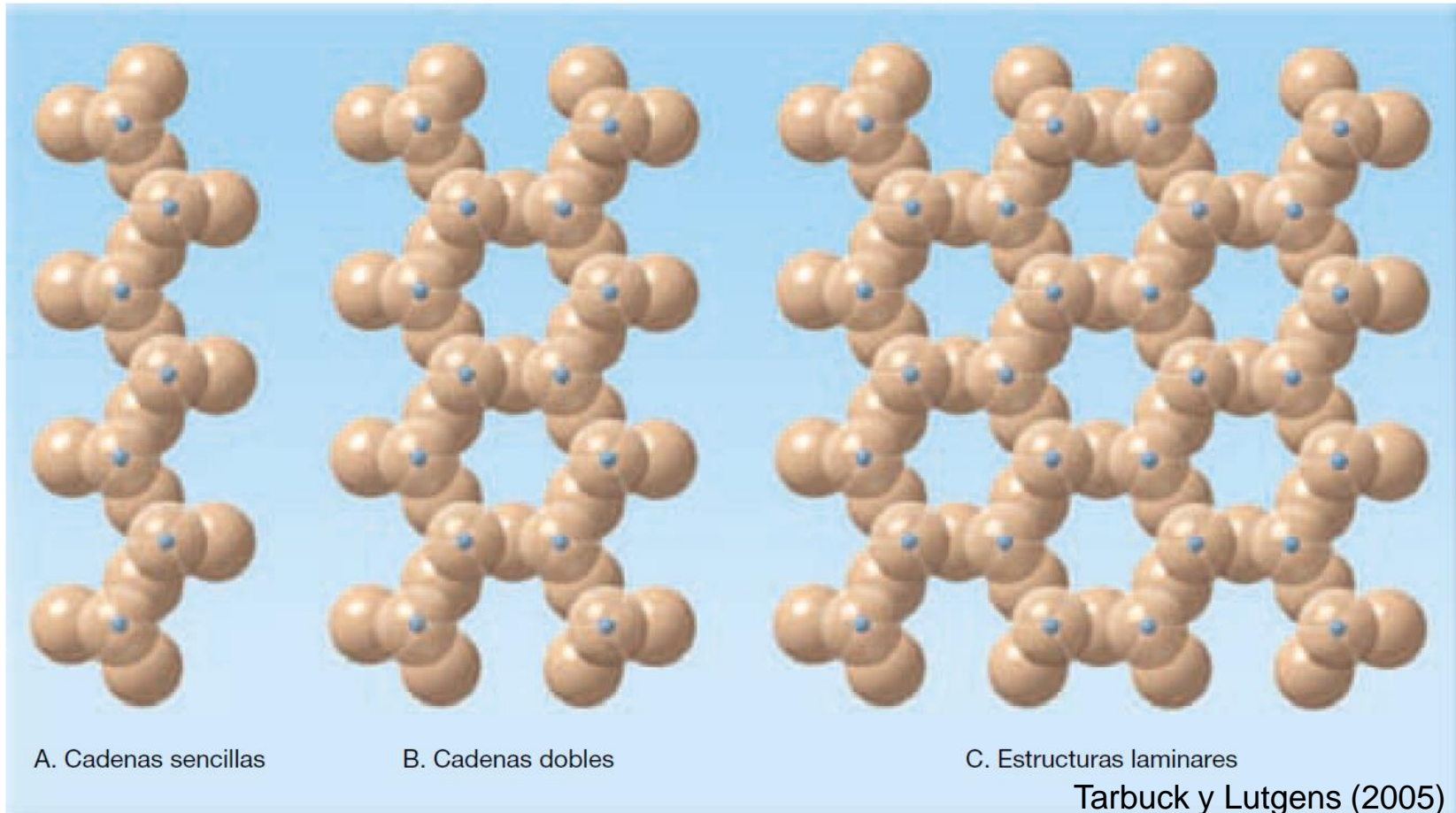
90% de las rocas de la corteza terrestre

Celda unitaria (unidad estructural): **tetraedro SiO_4^{4-}**

Cationes: Al^{3+} , Fe^{3+} , Fe^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Mn^{2+} , Ti^{4+} , Rb^+ , Ba^{2+}

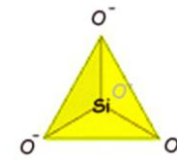


Diversas estructuras cristalinas según como se unan los tetraedros



Estructura de silicatos

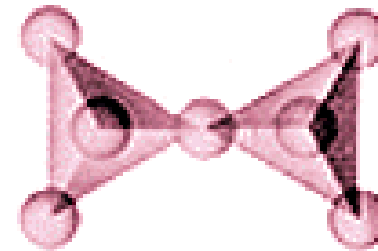
Nesosilicatos: tetraedros independientes. Estabilidad química por combinación con cationes. Ej.: zircón, olivinos, granates.



Zircón



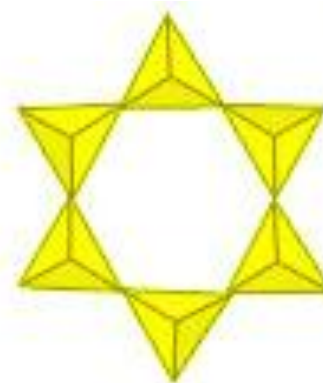
Sorosilicatos: 2 tetraedros que comparten 1 átomo de oxígeno. Formas prismáticas elongadas.



Epidoto



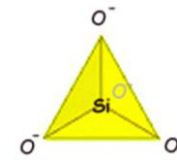
Ciclosilicatos: 3 a 6 tetraedros que comparten 2 átomos de oxígeno cada uno formando un anillo. Formas poligonales en el eje de crecimiento



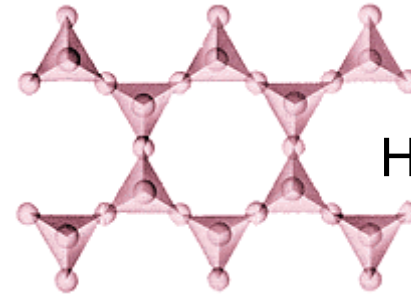
Turmalina



Estructura de silicatos



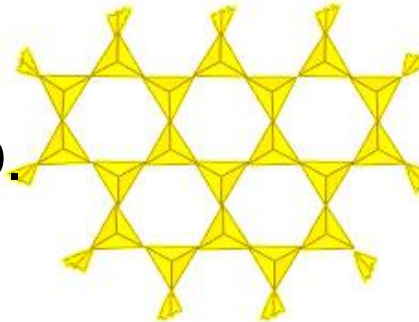
- **Inosilicatos:** tetraedros se unen en cadenas simples (2 oxígenos compartidos) o dobles (2 y 3 oxígenos compartidos) Ej.: piroxenos, anfíboles.



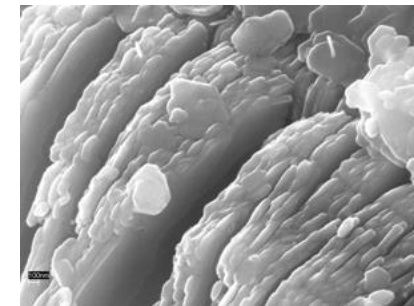
Hornblenda



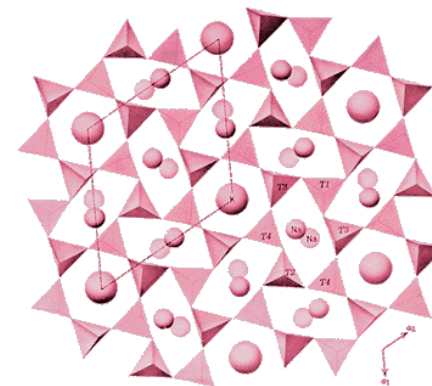
- **Filosilicatos:** tetraedros comparten 3 átomos de oxígeno formando láminas. Estructura 2D. Micas y arcillas.



Caolinita



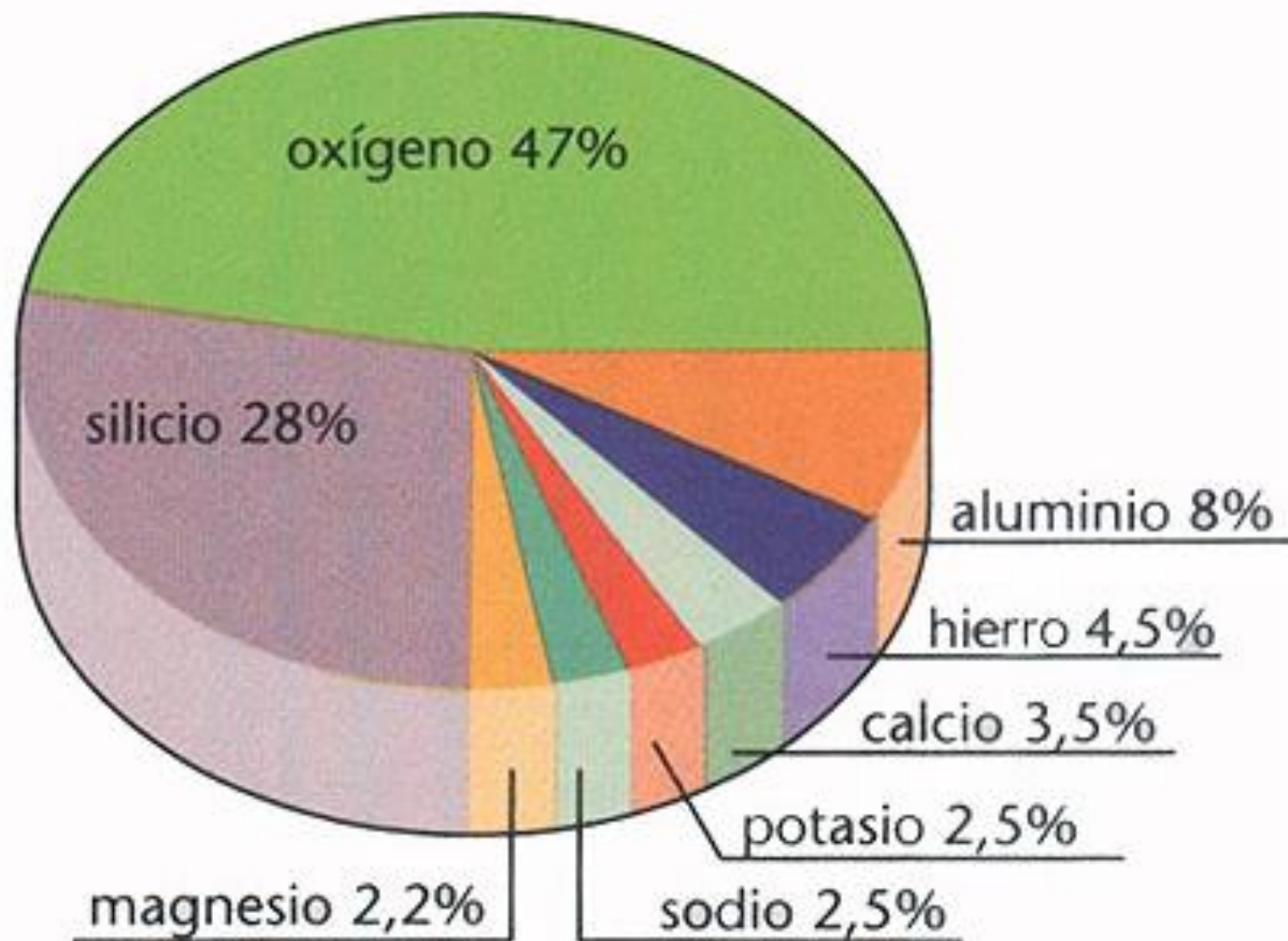
- **Tectosilicatos:** tetraedros comparten 4 átomos de oxígeno en redes 3D. Formas prismáticas. Cuarzo y feldespatos.



Cuarzo



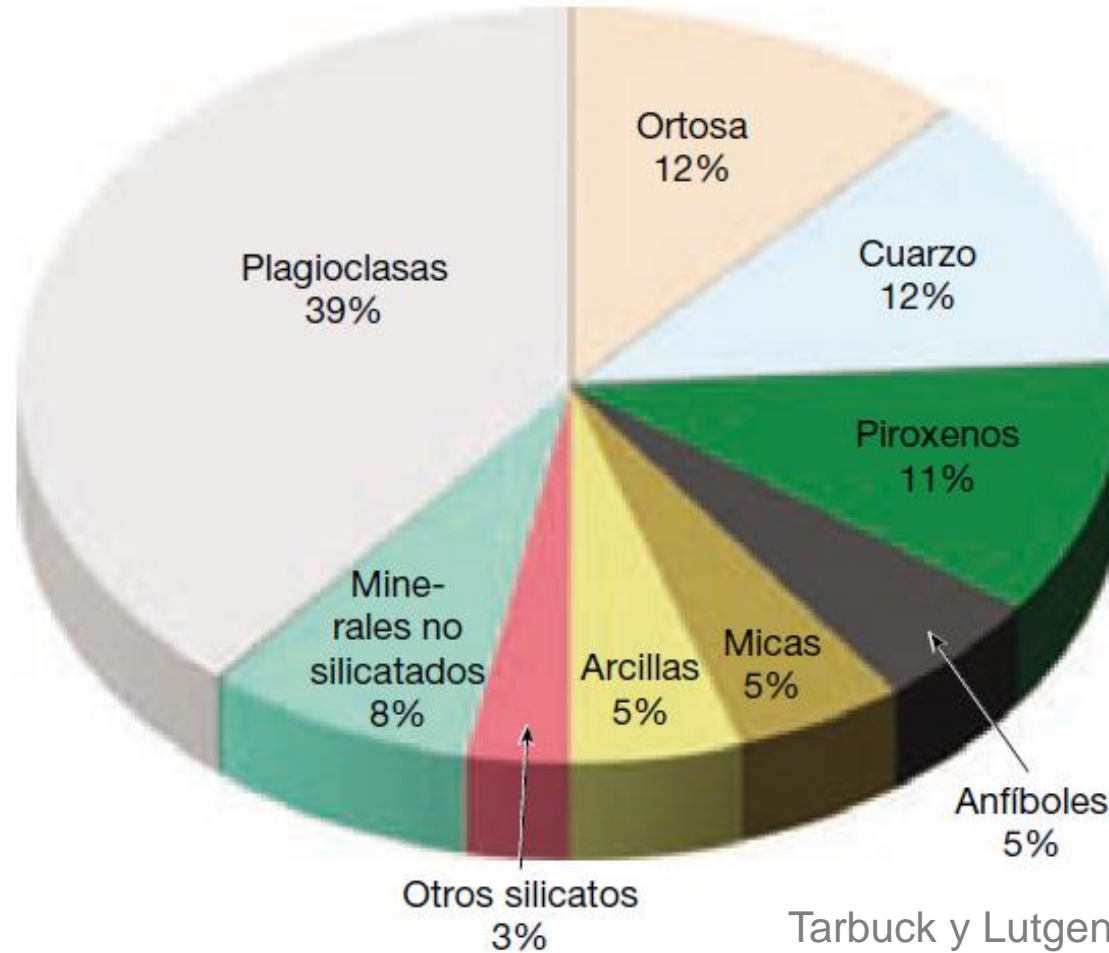
Elementos predominantes en la corteza terrestre



Si + O ~ 75%

Minerales formadores de rocas

Minerales más abundantes en la corteza terrestre: **Silicatos (90%).**



Tarback y Lutgens (2005)

<https://xeologosdelmundu.org/wp-content/uploads/2016/03/TARBUCK-y-LUTGENS-Ciencias-de-la-Tierra-8va-ed.-1.pdf>

Otros minerales comunes: óxidos, carbonatos, sulfatos, sulfuros, fosfatos.

Minerales formadores de rocas

Otros minerales comunes: óxidos, carbonatos, haluros, sulfatos, sulfuros, fosfatos.

Tabla 3.2 Grupos de minerales comunes no silicatados

Grupos de minerales (aniones o elementos clave)	Miembro	Fórmula	Interés económico
Carbonatos (CO_3^{2-})	Calcita	CaCO_3	Cemento portland, cal
	Dolomita	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	Cemento portland, cal
Haluros (Cl^- , F^- , Br^-)	Halita	NaCl	Sal común
	Fluorita	CaF_2	Utilizado en la fabricación de acero
	Silvina	KCl	Fertilizante
	Hematitas	Fe_2O_3	Mena de hierro, pigmento
Óxidos (O^{2-})	Magnetita	Fe_3O_4	Mena de hierro
	Corindón	Al_2O_3	Piedra preciosa, abrasivo
	Hielo	H_2O	Forma sólida del agua
	Sulfuros (S^{2-})	Galena	PbS
Esfalerita		ZnS	Mena de cinc
Pirita		FeS_2	Producción de ácido sulfúrico
Calcopirita		CuFeS_2	Mena de cobre
Cinabrio		HgS	Mena de mercurio
Sulfatos (SO_4^{2-})		Yeso	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
	Anhidrita	CaSO_4	Argamasa
	Bartinita	BaSO_4	Lodo de perforación
	Elementos nativos (elementos simples)	Oro	Au
Cobre		Cu	Conductor eléctrico
Diamante		C	Piedra preciosa, abrasivo
Azufre		S	Fármacos de azufre, productos químicos
Grafito		C	Mina de lápiz, lubricante seco
Plata		Ag	Joyería, fotografía
Platino		Pt	Catalizador

Formación de minerales. Recristalización

Recombinación de sustancias o elementos químicos por variaciones en las condiciones ambientales (ej.: aumento de T y $P_{\text{conf.}}$ en procesos metamórficos).

Recristalización en solución sólida por reactividad química con fluidos cargados de iones.



www.webmineral.com

Almandino, $(\text{Fe}^{2+})_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ (grupo de los granates)



<https://www.uhu.es/museovirtualdemineralogia/galerias/clase8/nesosilicatos.html>

Estaurolita $(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg}, \text{Zn})_2\text{Al}_9(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{22}\text{OH}_2$

Formación de minerales. Alteración.

Formación de nuevos minerales por alteración de minerales inestables bajo nuevas condiciones ambientales. Ej: arcillas, hidróxidos.



<https://geologiaweb.com/minerales/caolinita/>

Caolinita, $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$



https://mineriaenlinea.com/rocas_y_minerales/goethita/amp/

Goethita, $\alpha\text{-Fe}^{3+}\text{O}(\text{OH})$

Formación de minerales. Precipitación química.

Precipitación a partir de una solución sobresaturada con respecto a un mineral.
Ej.: geodas, ágatas.

Geodas de amatista



Formación de minerales. Precipitación química.

Precipitación de solutos en salmueras por evaporación. Evaporitas. (Ev, variaciones P o T).



Halita, NaCl

https://mineriaenlinea.com/rocas_y_minerales/halita



Depósitos de yeso, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.
Yesera del Tromen (Neuquén)

<https://masneuquen.com/wp-content/uploads/2019/11/Yesera-del-Tromen.jpg>

Formación de minerales.

Acumulación de restos orgánicos.



<https://mineriaenlinea.com/2016/06/que-es-el-carbon-mineral>

Carbón mineral

Cristalización por sublimación.



https://geologiaweb.com/minerales/azufre/#Los_minerales_de_azufre_mas_importantes

Formación de minerales.

Cristalización a partir de un líquido

Cristalización por enfriamiento de magma (roca fundida).

Pasaje de agua líquida a hielo.



www.webmineral.com

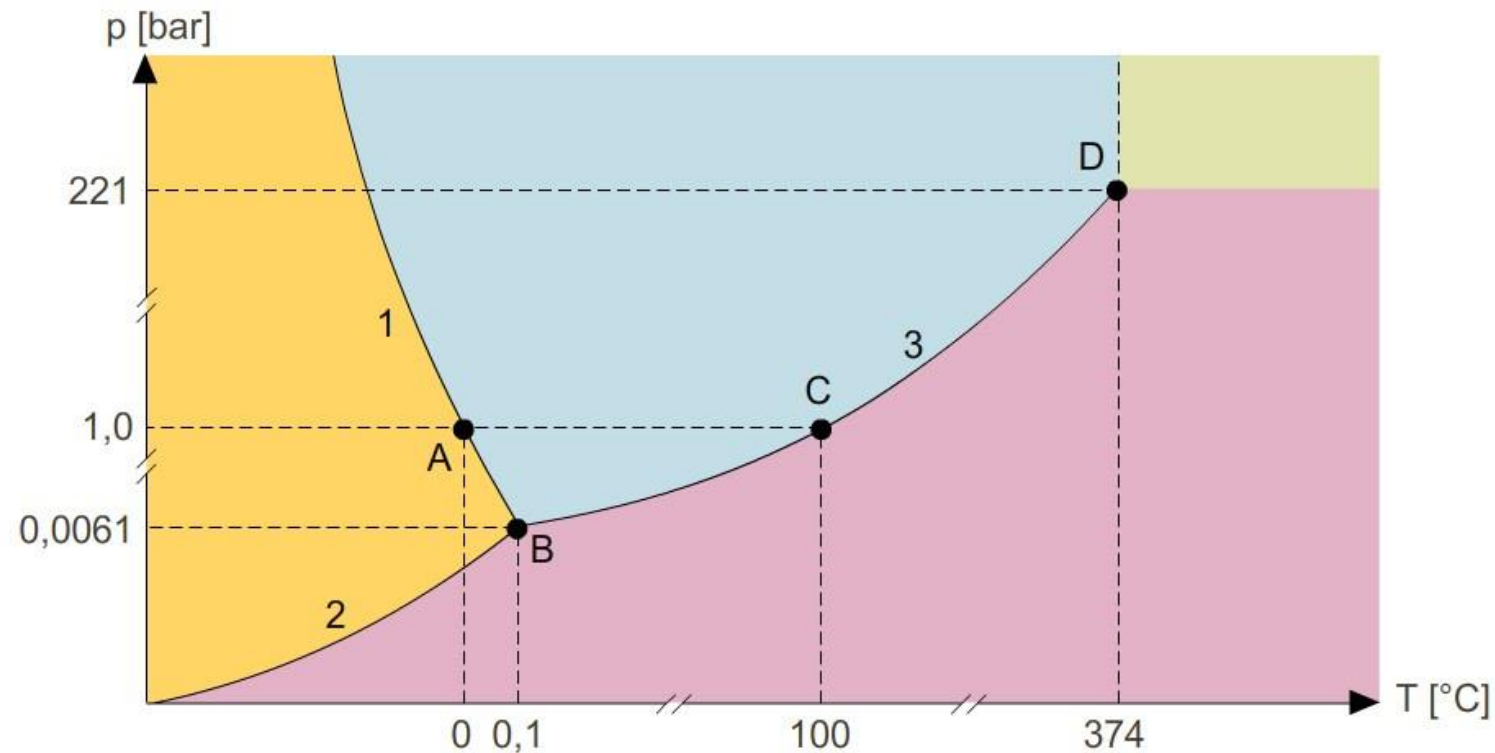


<https://lageografia.com/geografia-fisica/cristales-y-copos-nieve>

Cristalización por enfriamiento de magma

P y T: regulan el estado de la materia. Ej.

Diagrama des fases del agua



A Punto de fusión

B Punto triple

C Punto de ebullición

D Punto crítico

1 Curva de fusión

2 Curva de sublimación

3 Curva de vaporización

■ sólida

■ líquida

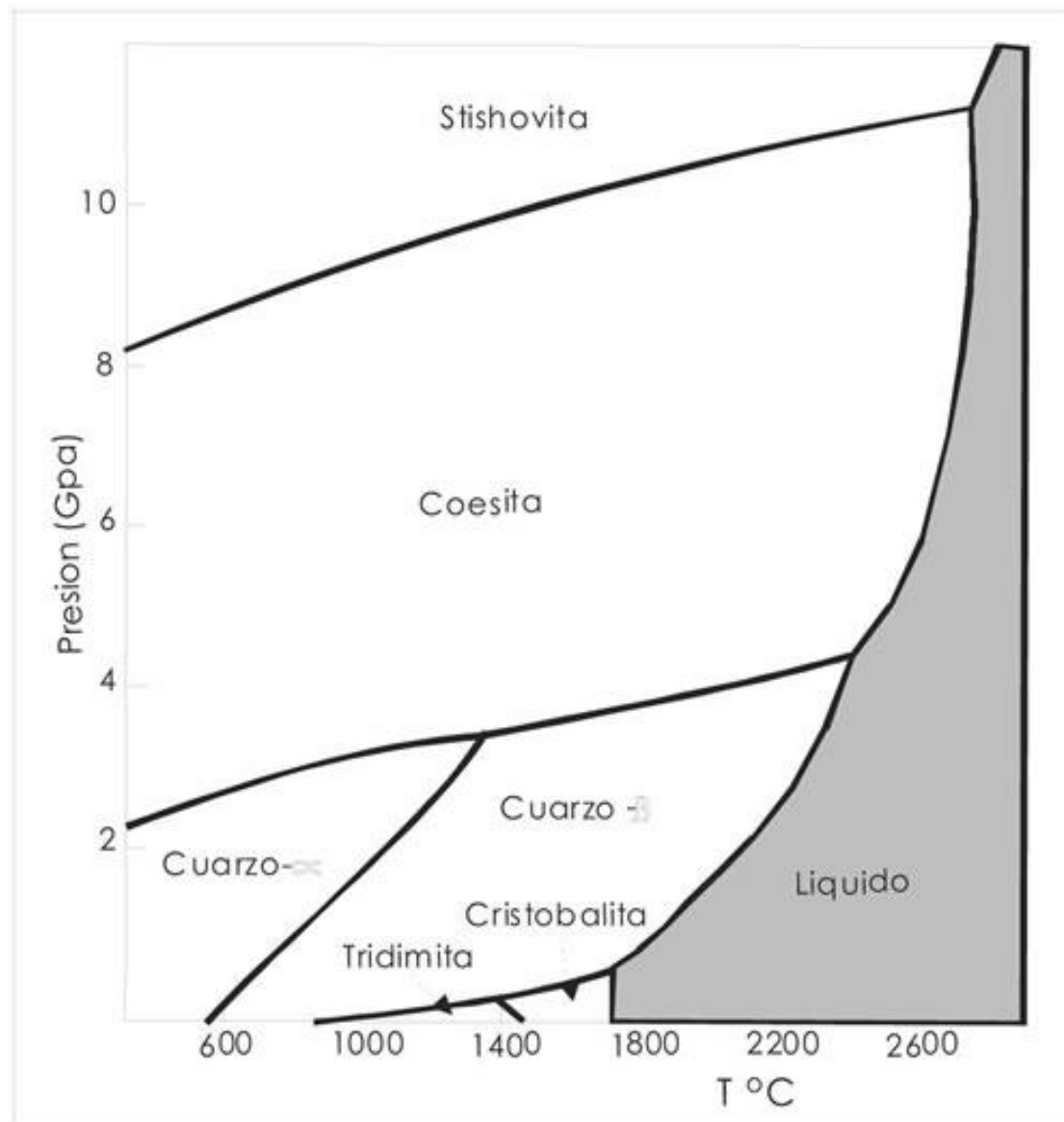
■ gaseosa

■ región supercrítica

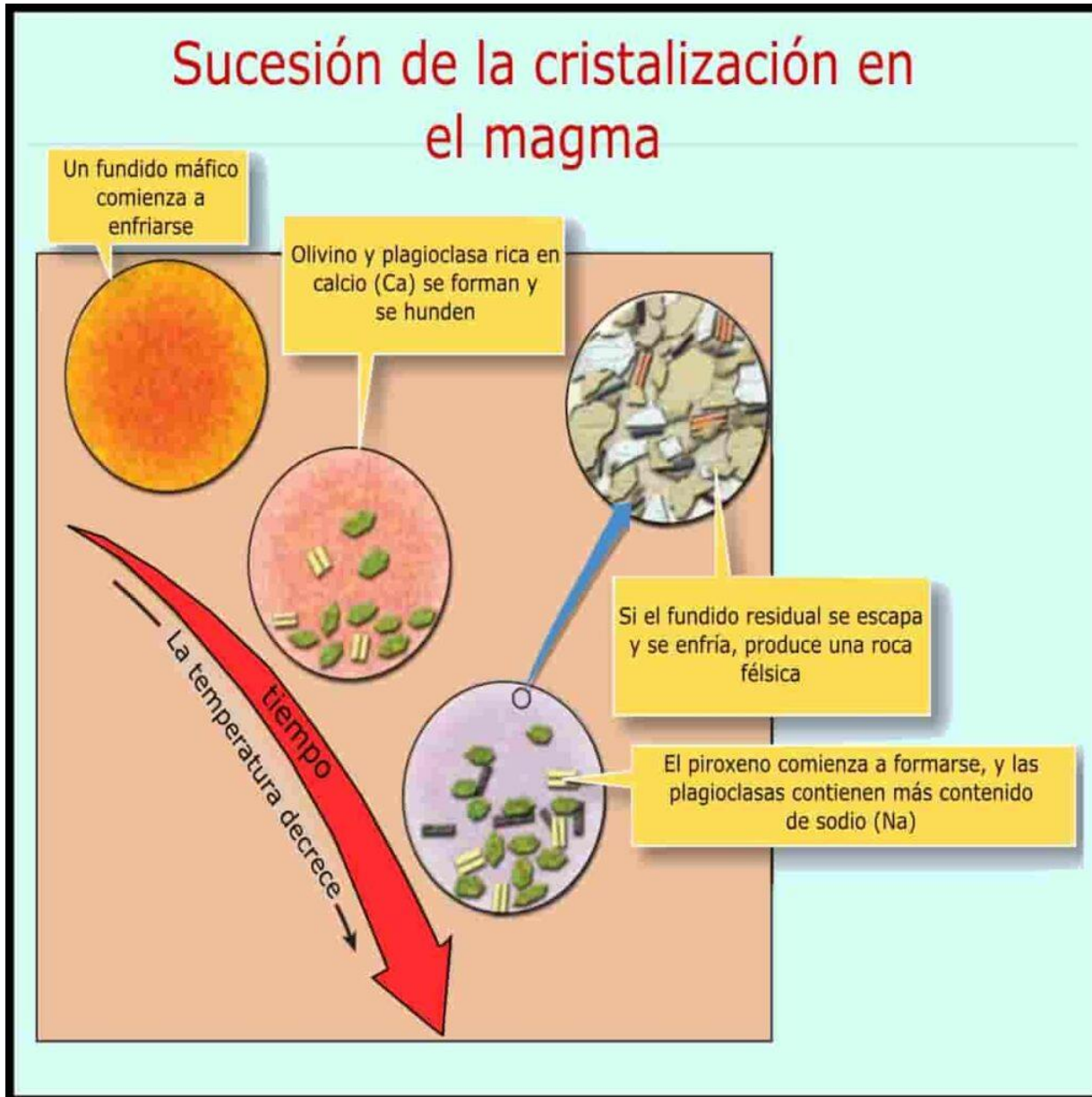
Diagramas de fases de los minerales

Estado de los minerales a T y P variables → puntos de fusión y cristalización dentro de la corteza terrestre y en el manto.

Ej.: diagrama de fases de sílice (SiO_2). Sistema de un componente.



Cristalización por enfriamiento de magma



Serie de reacciones de Bowen.

$T \sim 1300^{\circ}\text{C}$.

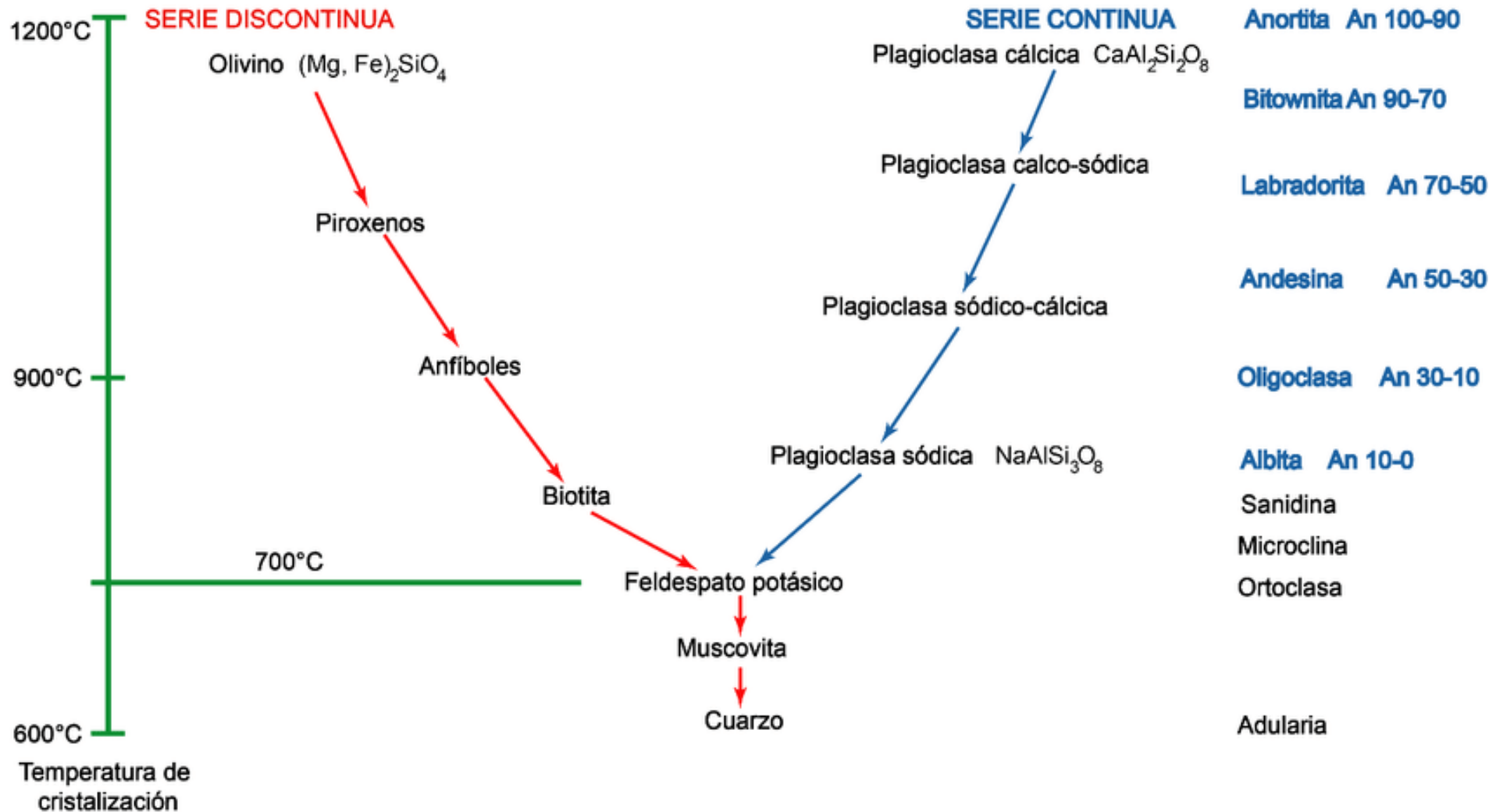
Magma basáltico en manto superior (roca basáltica fundida) → minerales en fase líquida.

Corteza terrestre → disminución de T y P: solidificación progresiva del magma ↔ punto de cristalización de minerales.

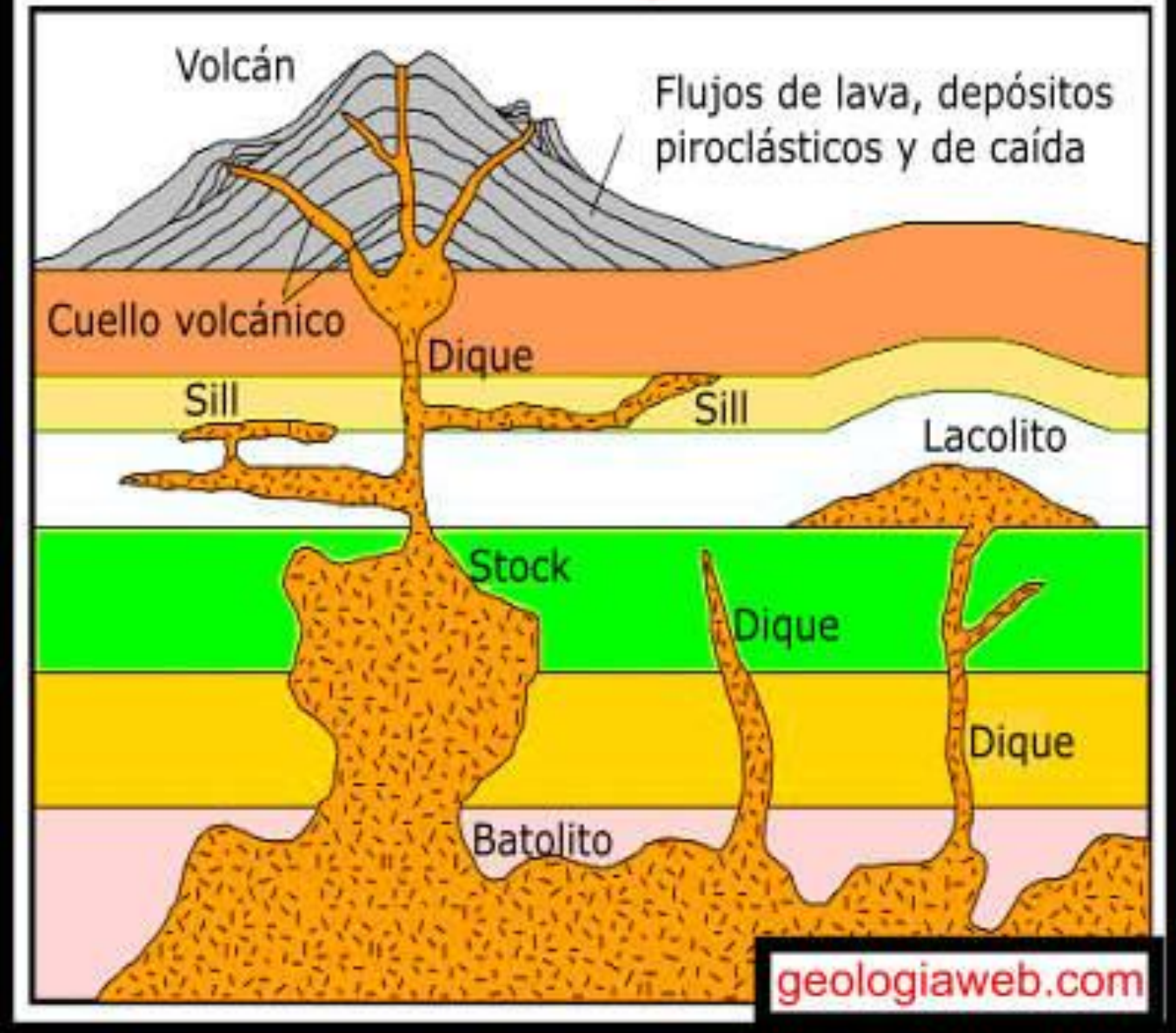
Composición química del magma varía progresivamente a medida que cristalizan sus componentes minerales.

Cristalización por enfriamiento de magma

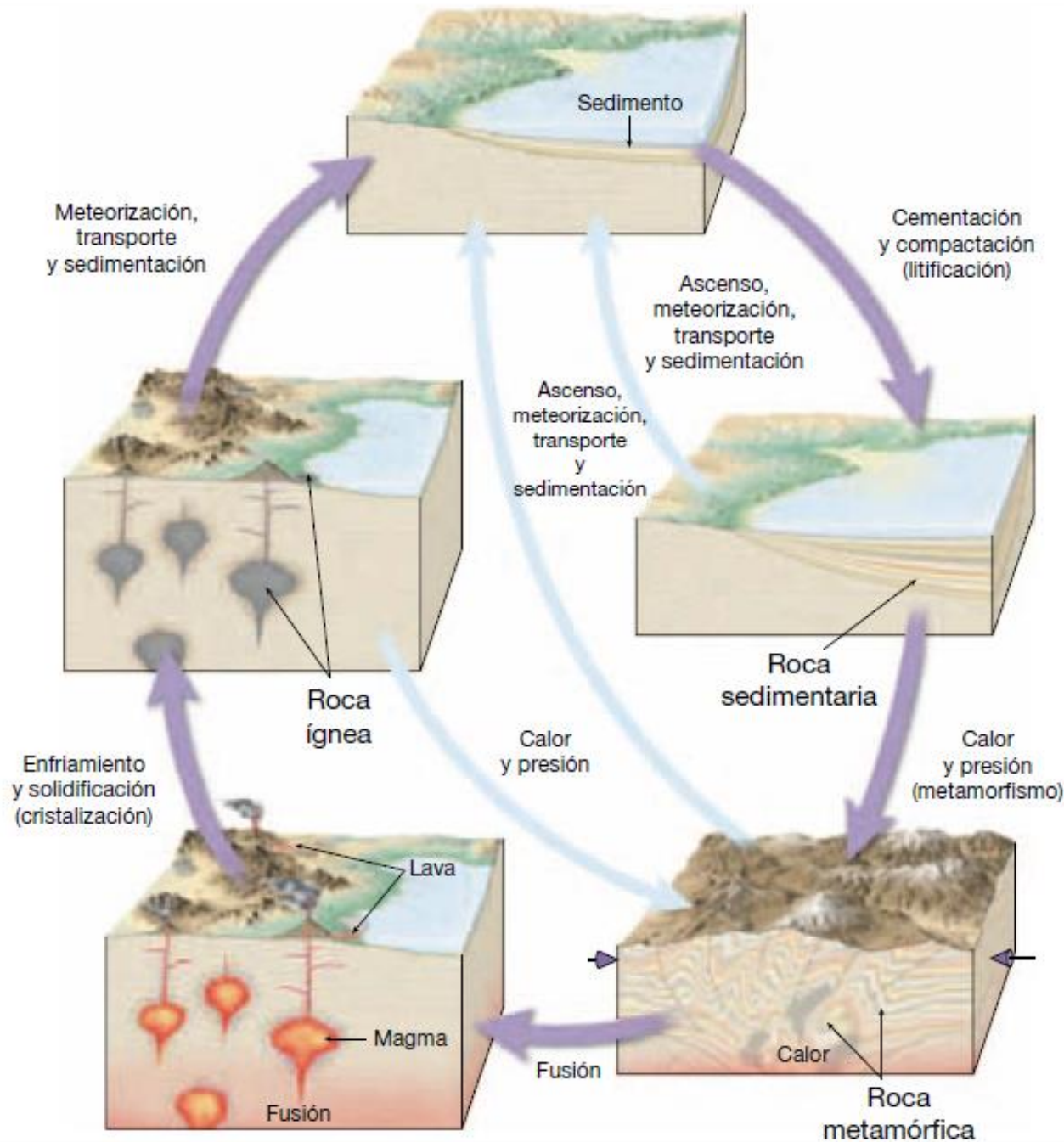
SERIE DE CRISTALIZACIÓN DE BOWEN



Rocas ígneas



Ciclo de las rocas

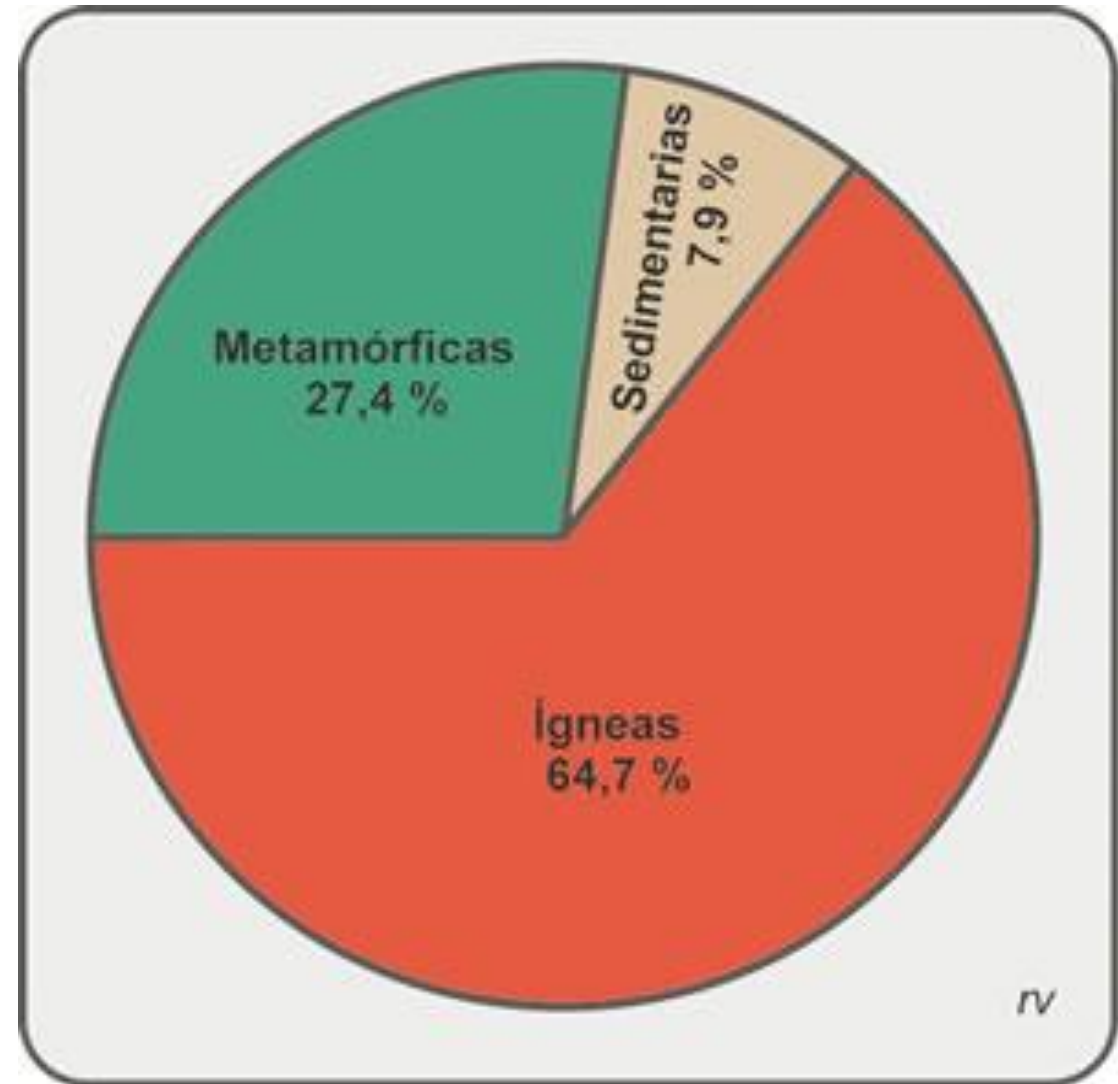


Tarback y Lutgens
(2005)

Rocas ígneas

RI ~ 65% del volumen total de rocas que forman la corteza terrestre.

Origen: **enfriamiento y cristalización de magma** (interior de la CT) o lava (en superficie).



http://www.insugeo.org.ar/libros/misc_21/04.htm

Proporción de los distintos tipos de roca en la corteza terrestre (Varela, 2014)

Magma

Producto de la **fusión de rocas del manto y de la corteza terrestre.**

Magma: fase líquida + fase sólida (minerales) + volátiles
(vapor de agua, CO_2 y SO_2).

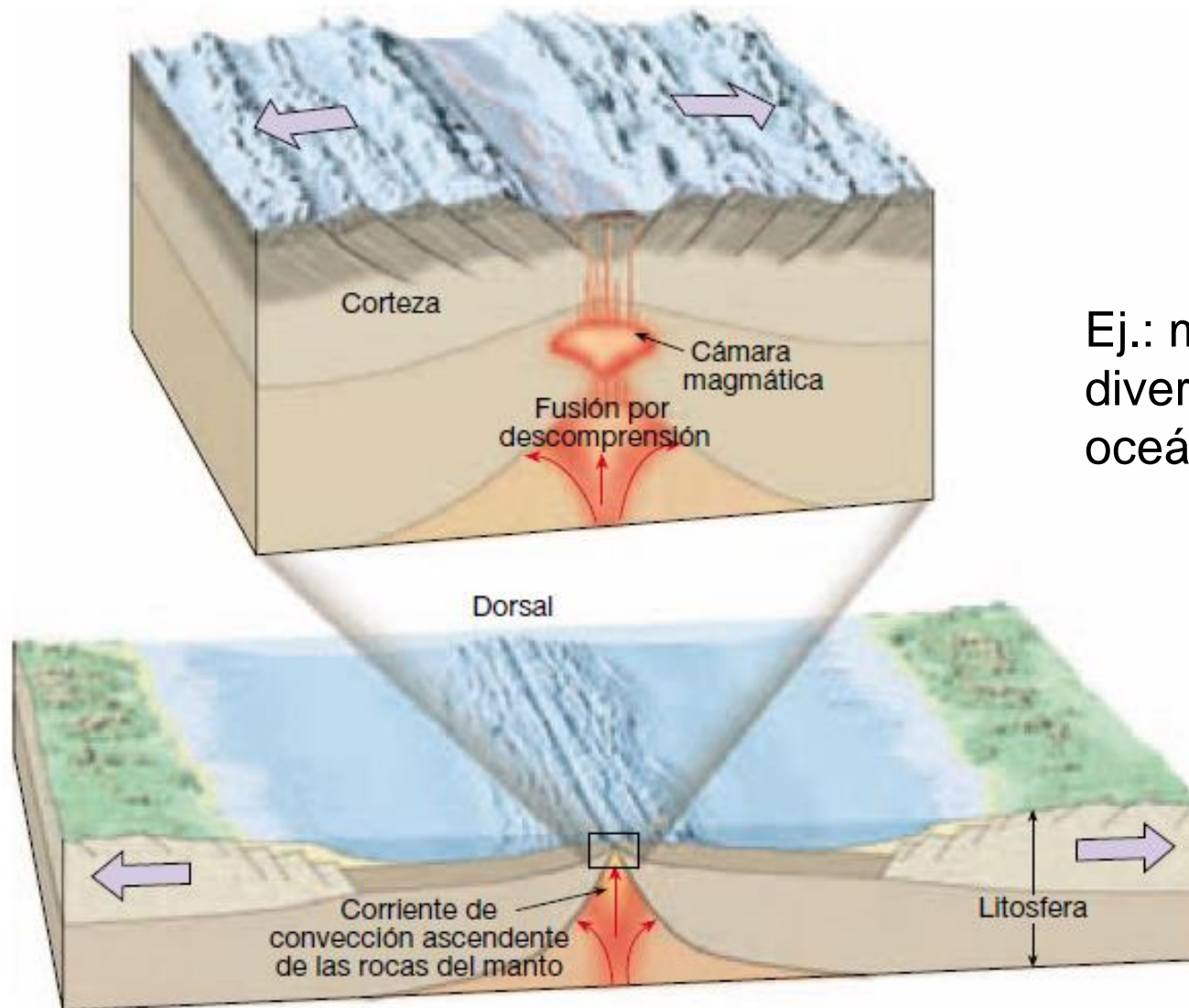
Menor densidad que la roca de origen → ascenso magmático
→ disminución de la P de confinamiento y aumento de la
proporción de volátiles → baja la T de fusión o cristalización.

Parámetros que conducen a la disminución del punto de fusión (cristalización) de las rocas → generación de magma:

- ✓ **Aumento de T.** Ej.: fricción entre placas en zonas de subducción; ascenso magmático desde el manto superior.
- ✓ **Disminución de la P de confinamiento** → descenso de la T de fusión. Ej.: corrientes convectivas ascendentes y generación de magma en márgenes divergentes de placas (dorsales oceánicas, rift continentales).
- ✓ **Adición de volátiles (principalmente agua).** Ej.: en zonas de subducción aporte de agua expulsada de las rocas de la placa subducida durante su hundimiento ↔ incremento de T y P confinante.

Magmas basálticos o primarios

Fusión de rocas del manto terrestre. Profundidad de formación ~ 50 - 250 km.



Ej.: márgenes divergentes de dorsales oceánicas.

Parámetros que favorecen la disminución del punto de fusión (cristalización) de las rocas → generación de magma:

- ✓ **Aumento de T.** Ej.: fricción entre placas en zonas de subducción; ascenso magmático desde el manto superior.
- ✓ **Disminución de la P de confinamiento** → descenso de la T de fusión. Ej.: corrientes convectivas ascendentes y generación de magma en márgenes divergentes de placas (dorsales oceánicas, rift continentales).
- ✓ **Adición de volátiles (principalmente agua).** Ej.: en zonas de subducción aporte de agua expulsada de las rocas de la placa subducida durante su hundimiento ↔ incremento de T y P confinante.

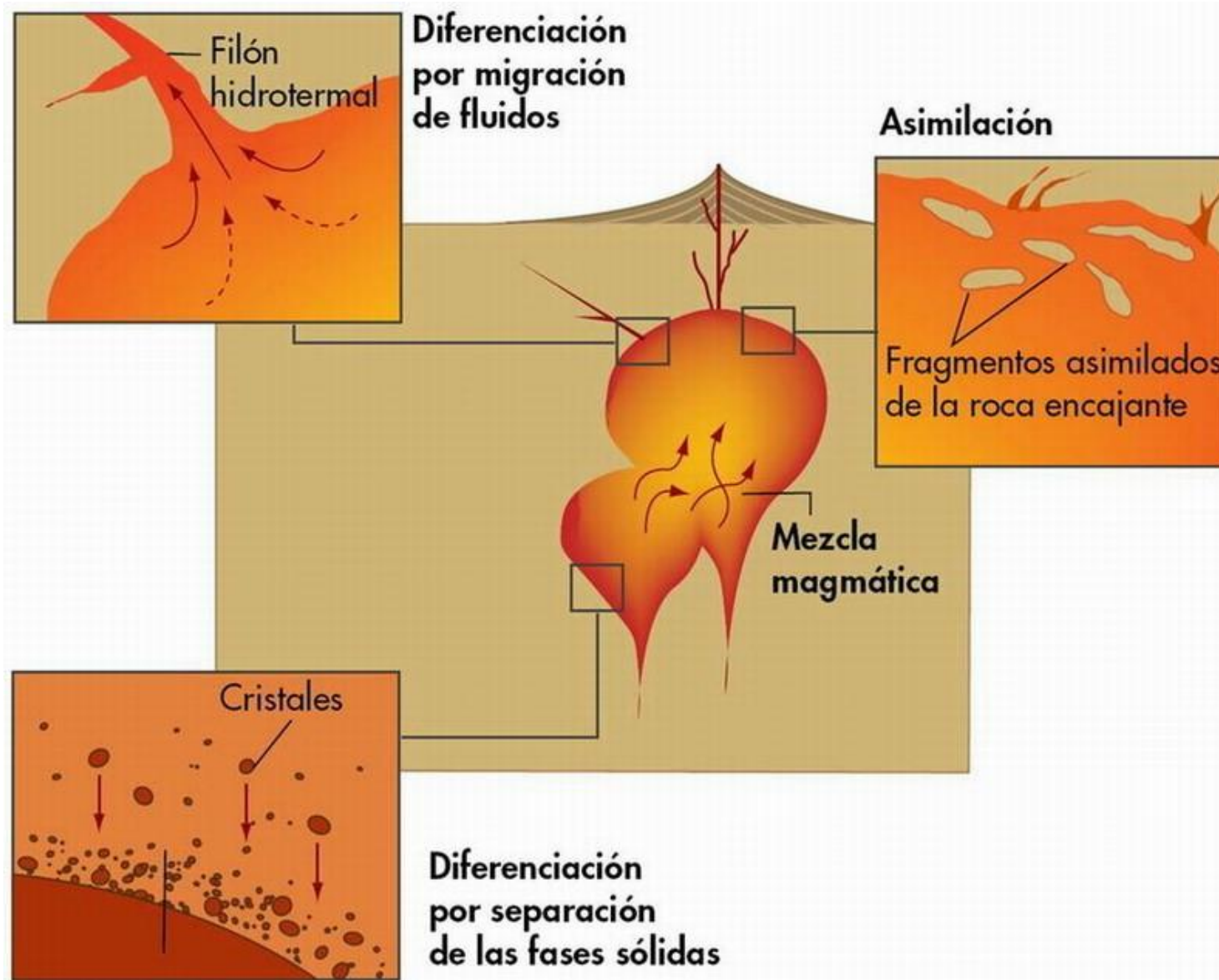
Magmas secundarios ricos en sílice

Fusión de rocas de la corteza terrestre

Ej.: márgenes convergentes asociados a arcos volcánicos continentales



Evolución de los magmas



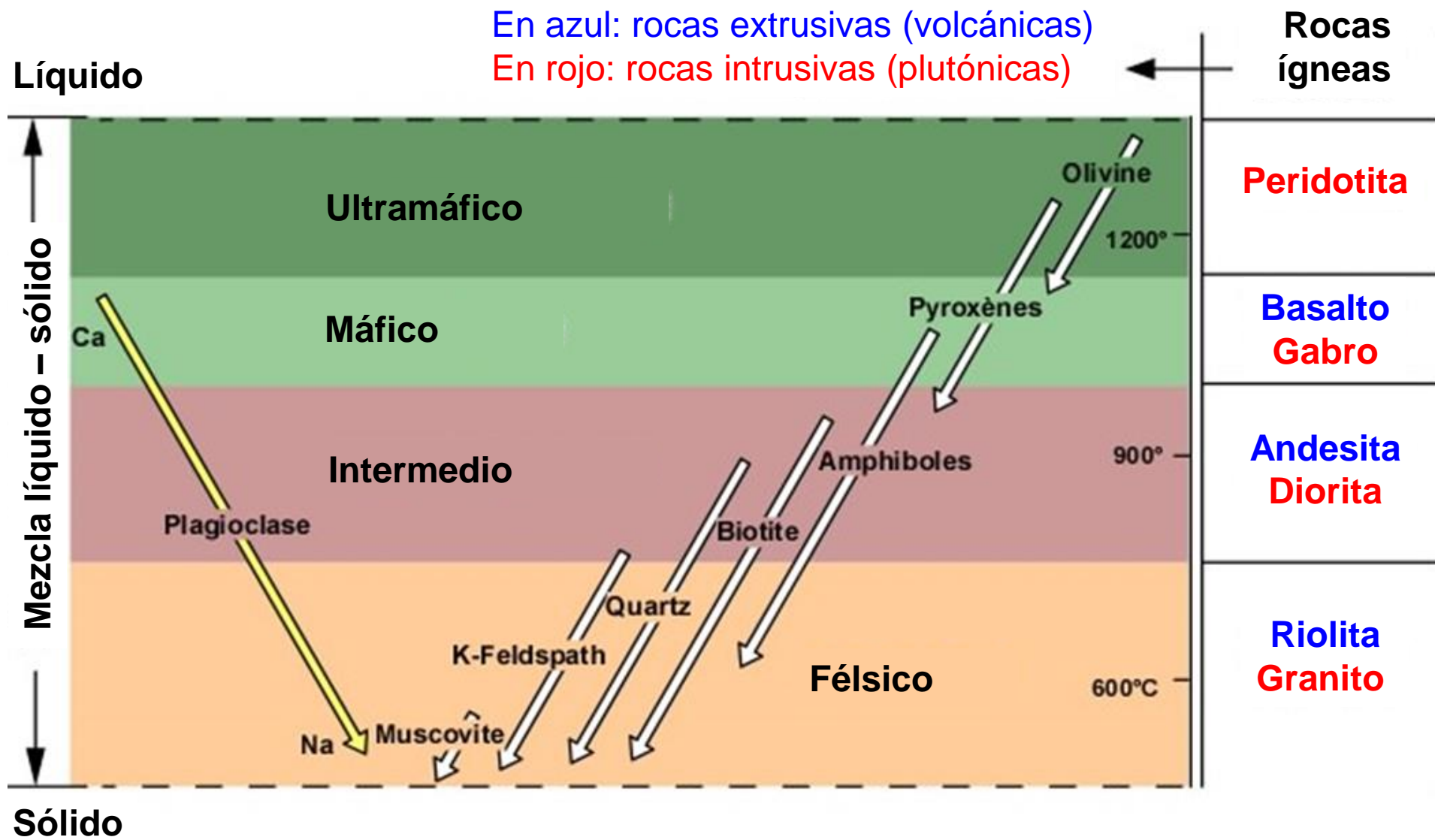
Evolución de los magmas

Ascenso de magma primario \leftrightarrow variaciones de composición \rightarrow distintos tipos de rocas ígneas. Procesos:

- ✓ **Diferenciación magmática por cristalización fraccionada.** Formación de uno o más magmas secundarios químicamente diferentes.
- ✓ **Asimilación o contaminación magmática.** Reacciones químicas entre la roca de caja y el magma o incorporación de roca de caja al magma.
- ✓ **Mezcla de magmas diferentes.**

Cristalización fraccionada

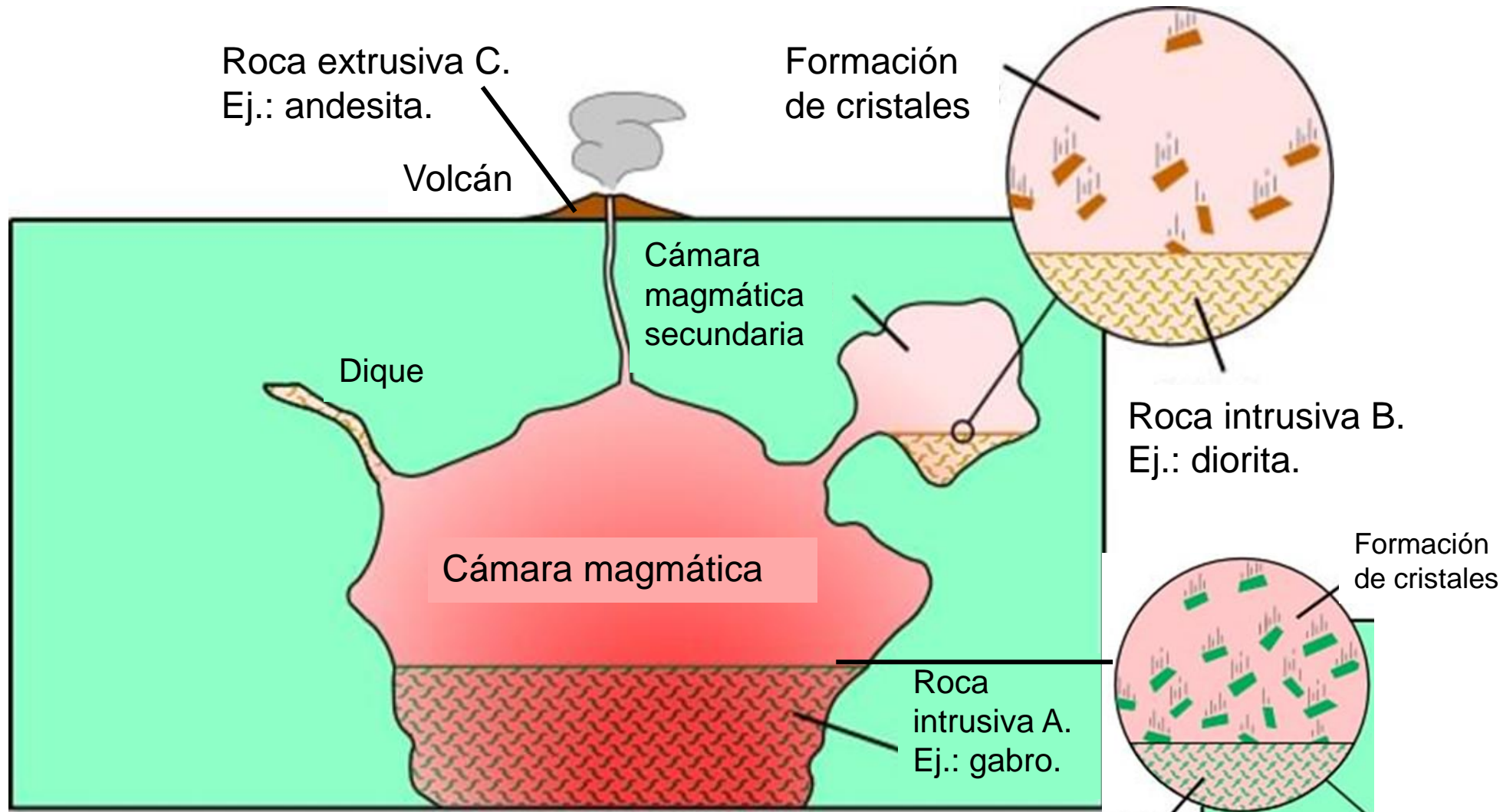
Serie de Bowen



Modificado de http://www2.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/planete_terre.html

Diferenciación magmática por cristalización fraccionada

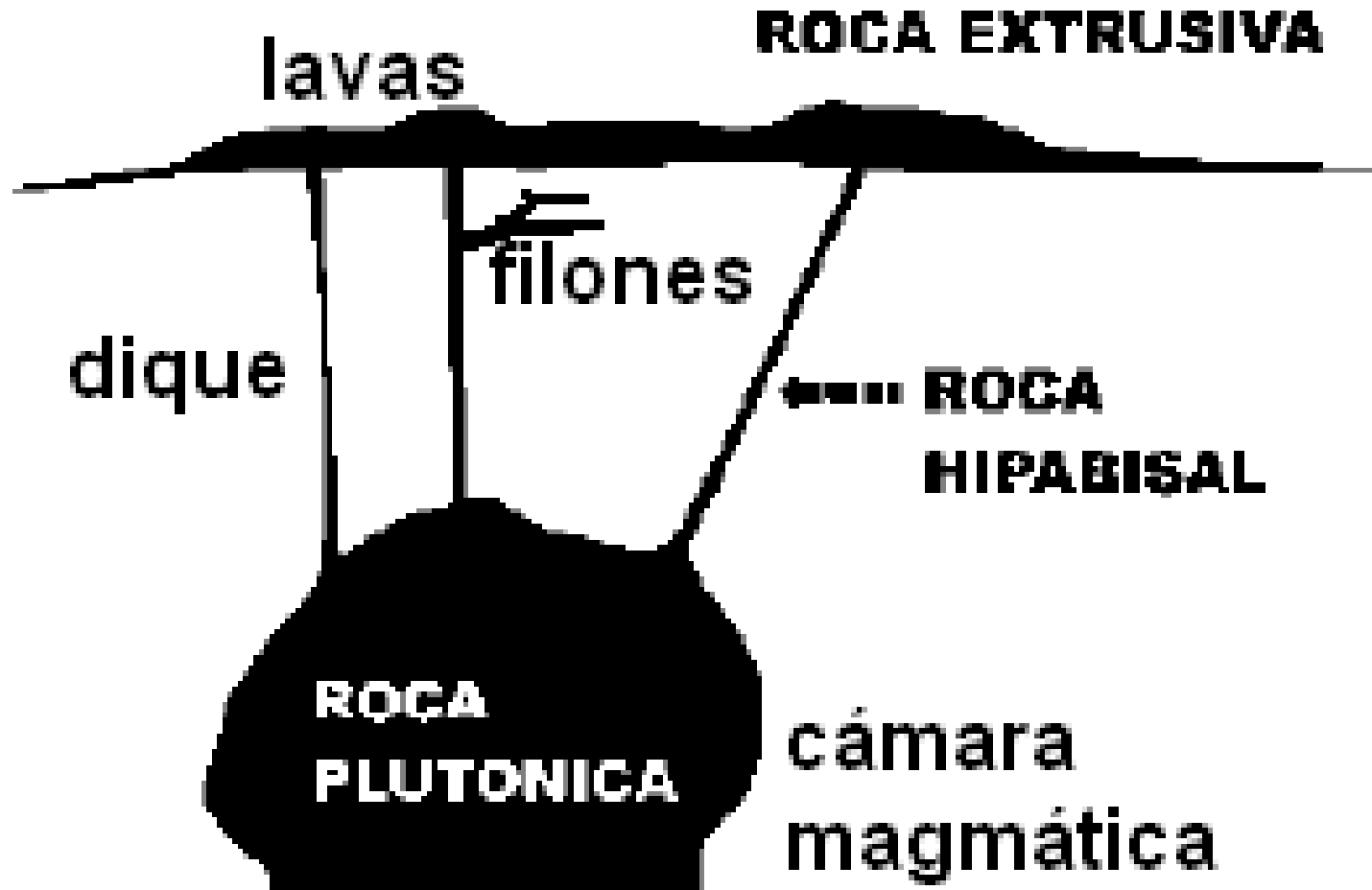
Magma primario → magmas secundarios → diferentes tipos de rocas ígneas.



Modificado de http://www2.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/planete_terre.html

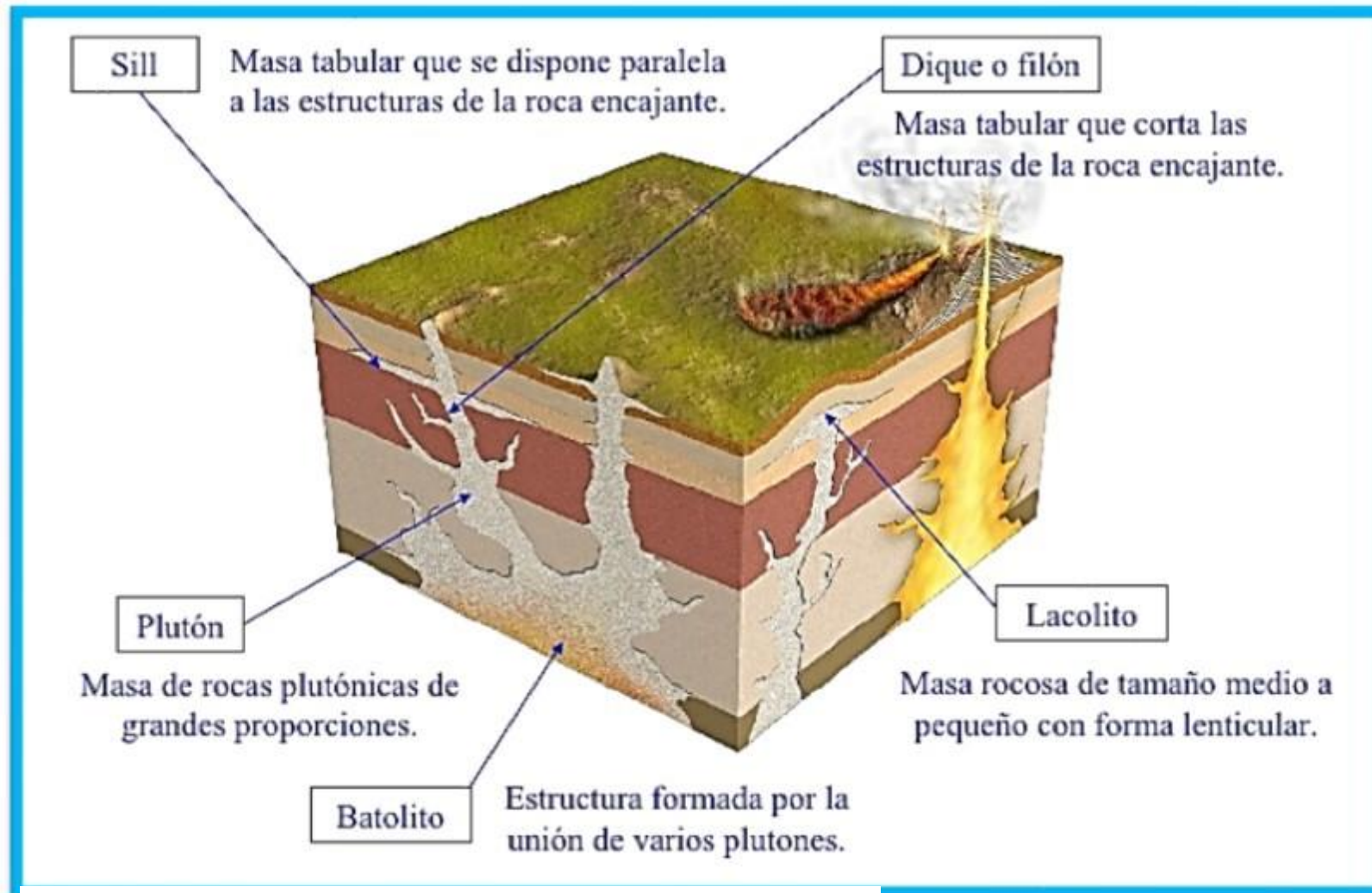
Rocas ígneas: clasificación

Distintos tipos de rocas según el ambiente de formación y la composición química del magma ↔ evolución magmática.



Rocas ígneas intrusivas o plutónicas

Origen: magma solidificado muy lentamente (del orden de Ma) dentro de la corteza terrestre a profundidades > 3km. Ej.: **granitos, granodioritas, dioritas, gabro**. Rocas granosas.



Cuerpos plutónicos



<https://www.flickr.com/photos/mherrero/albums/72057594048074786/with/388474628/>

Batolito de Achala, Sa. Grande de Córdoba, Argentina.

Edad: Devónico inferior a medio (419-382Ma).

Extensión ~ 2.500 km²



Granito



Granodiorita



Rocas ígneas
intrusivas o
plutónicas

Gabro



Diorita



https://geologiaweb.com/rocas/rocas-igneas/#Rocas_igneas_extrusivas_o_volcnicas

Rocas ígneas intrusivas o plutónicas

Sienita



Tonalita



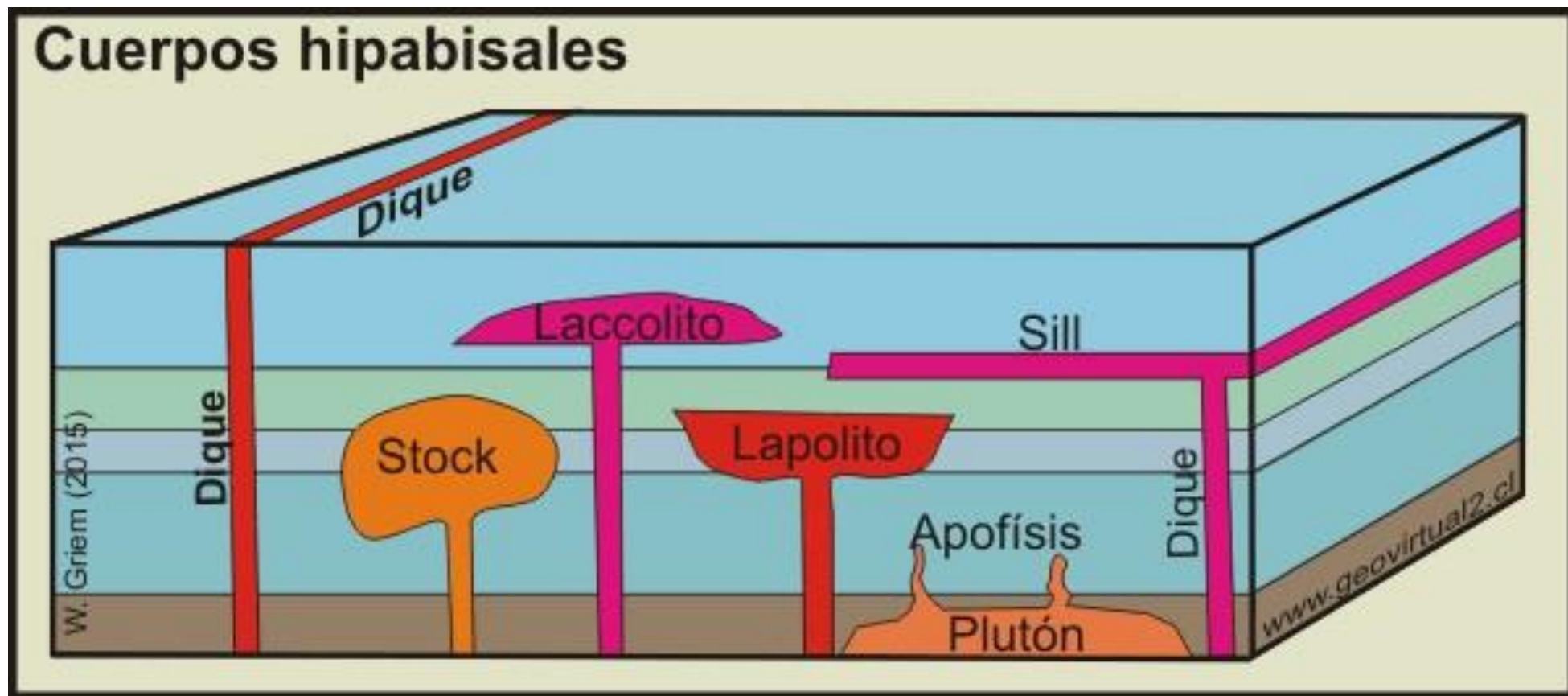
Peridotita



Rocas hipabisales o filonianas

Origen: magma solidificado en la corteza terrestre a poca profundidad (< 3km)

Ej.: pegmatita, aplita.



<https://cursa.ihmc.us/rid=1T07PBTLG-190Z7W-1J6Y/Cuerpos%20plut%C3%B3nicos.jpg>

Pegmatita

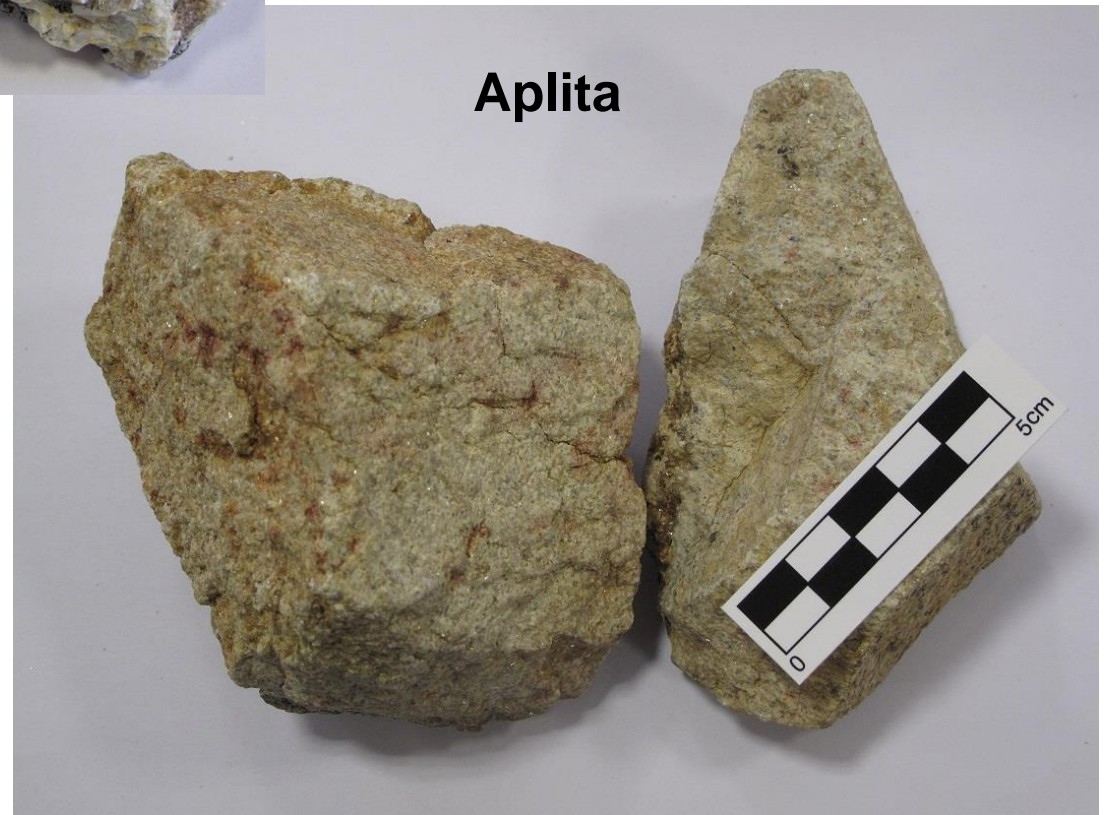


<https://diarium.usal.es/rocalbum/rocas-igneas-2/>

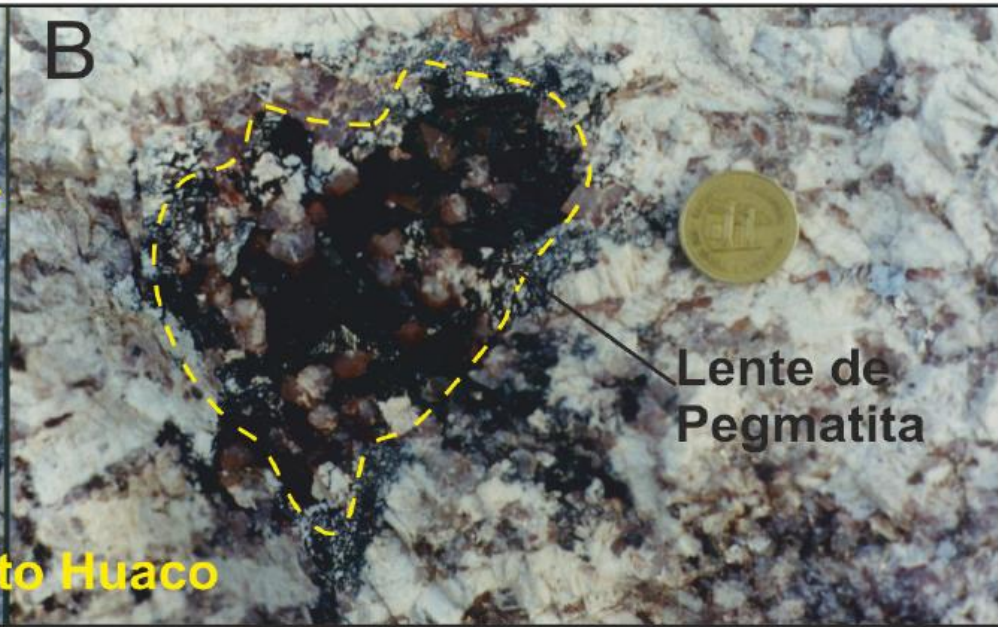
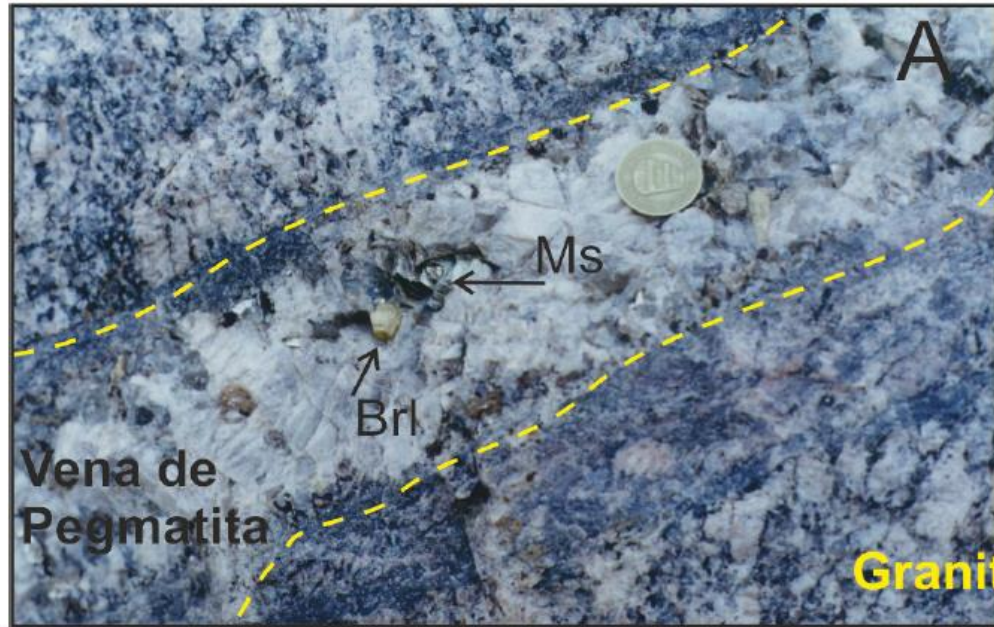
Pegmatita



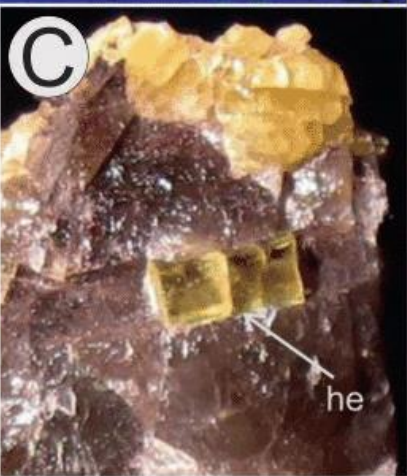
Aplita



https://geologiaweb.com/rocas/rocas-igneas/#Rocas_igneas_extrusivas_o_volcanicas



Granito Huaco



<https://www.insugeo.org.ar/publicaciones/docs/scg-31%20-1-06.pdf>

Filones y lentes de reducidas dimensiones en el Granito Huaco portadores de berilo (Brl) y turmalina. Ms: muscovita

Pegmatitas del distrito Velasco (La Rioja, Argentina). A) Berilos verdes, pegmatita El Bolsoncito. B) Aguamarina, pegmatita El Principio. C) Berilos amarillos, con un ejemplo de variedad heliodoro (he), pegmatita Diadema Riojana.

https://www.researchgate.net/publication/322526632_PEGMATITAS_GRANITICAS_DE_LA_REGION_NOROESTE_DE_ARGENTINA

Rocas extrusivas o volcánicas

Origen: lava solidificada rápidamente (días o semanas) en la superficie.

Ej.: andesitas, basaltos, riolitas, tobas.



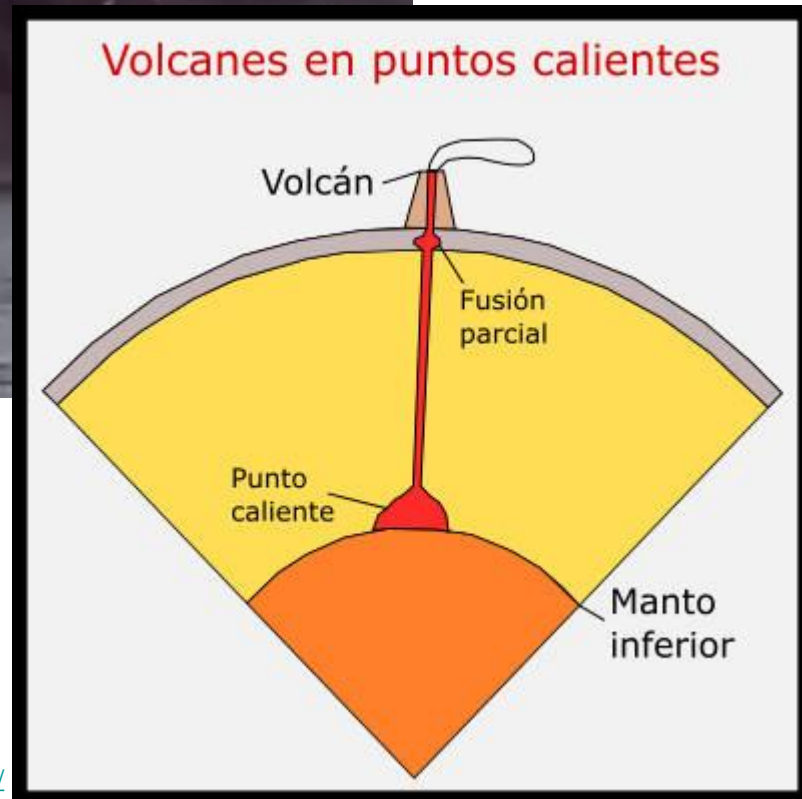
<https://www.nationalgeographic.es/ciencia/2021/03/erupcion-islandia-podria-ser-comienzo-de-decadas-de-actividad-volcanica>

Península de Reykjanes (Islandia). Marzo 2021



https://www.huffingtonpost.es/entry/la-lava-de-la-segunda-colada-llega-al-mar_es_618ac4e3e4b0a518aca6c353

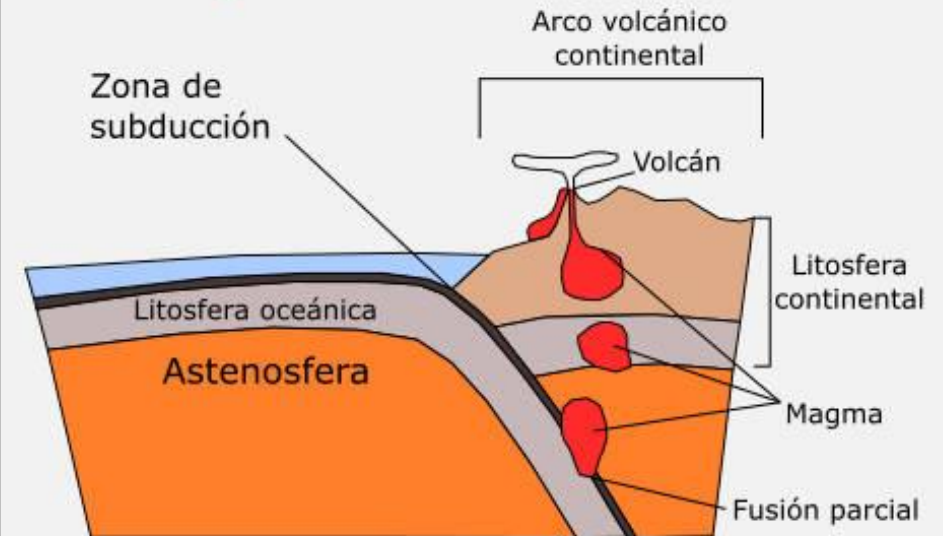
Colada del volcán La Palma (Islas Canarias).
Noviembre 2021



<https://geologiaweb.com/riesgos-naturales/volcanes/>



Volcanes en bordes convergentes y zonas de subducción



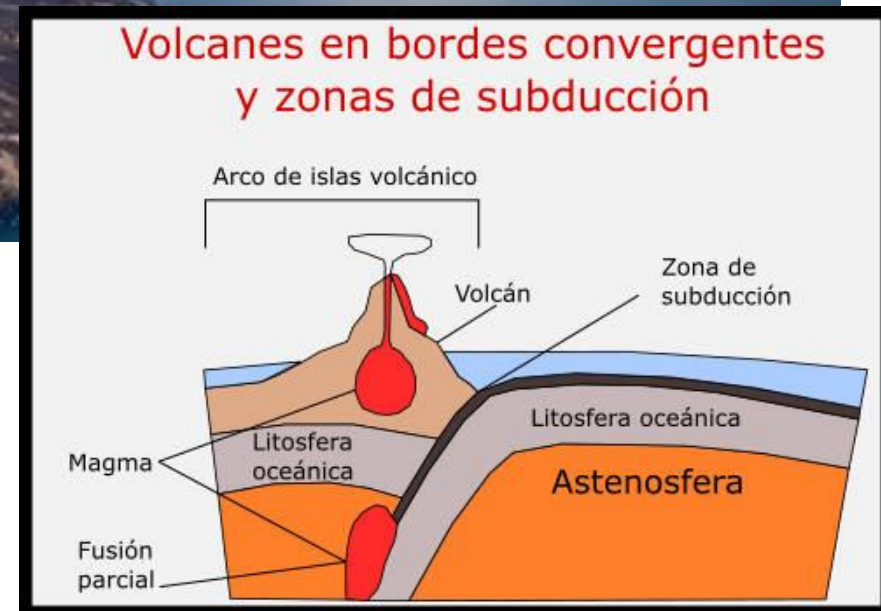
<https://geologiaweb.com/riesgos-naturales/volcanes/>

Volcán Villa Rica (Chile).
Marzo 2015

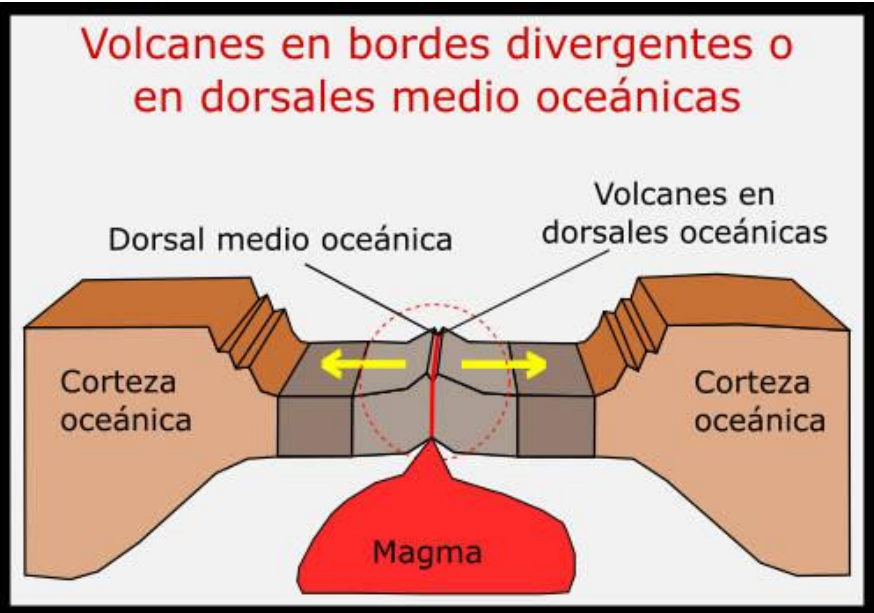


Islas Aleutianas, Alaska

https://es.noticias.yahoo.com/espect%C3%A1culo-alaska-volcanes-entraron-erupcionan-233121805.html?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLmNvbS8&guce_referrer_sig=AQAAECyrlVI2nAFEWz-2PitQDhahyL6tdXlbarxurvwOwT6k1B7I6BtD9kqXn7GAzYaFX3kVBKmlYw3cwaMLPrEJRjGLkp4Ts2nW7uNz7FHcwcaYk61r0CKD3di_ci0dpXHnkt6vYz5rZCJOevecVsd066f5pq_39VmHdpcKJbyV4ld



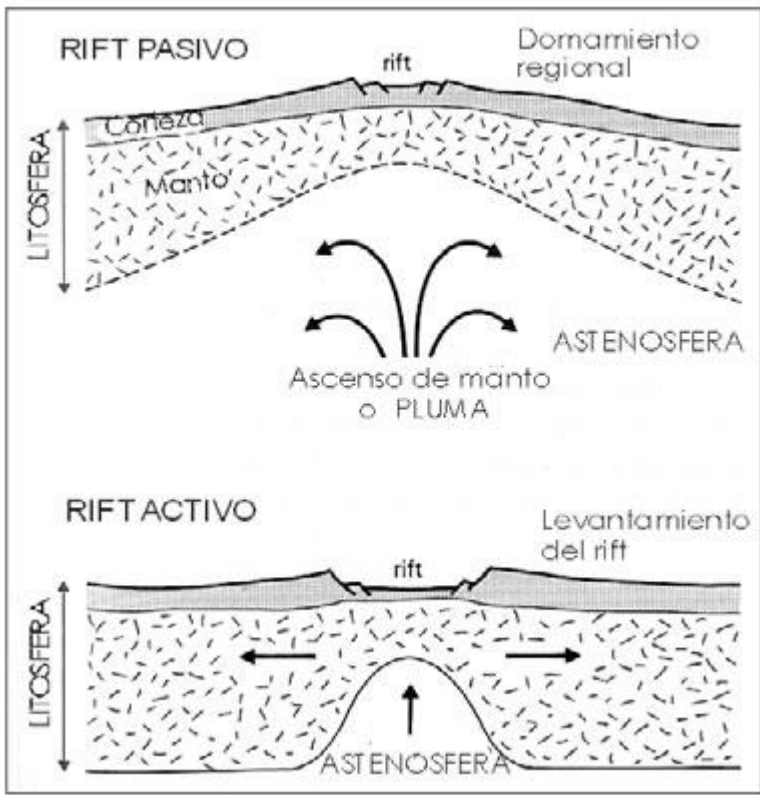
<https://geologiaweb.com/riesgos-naturales/volcanes/>



<https://geologiaweb.com/riesgos-naturales/volcanes/>

Volcán Fagradalsfjall (Islandia). Abril 2021

https://www.nationalgeographic.com.es/fotografia/foto-del-dia/volcan-fagradalsfjall_16920



https://www.insugeo.org.ar/libros/misc_18/19.htm

Volcán Montaña de los Dioses (Tanzania).

https://viajes.nationalgeographic.com.es/a/valle-rift-gran-fisura-africa_15806

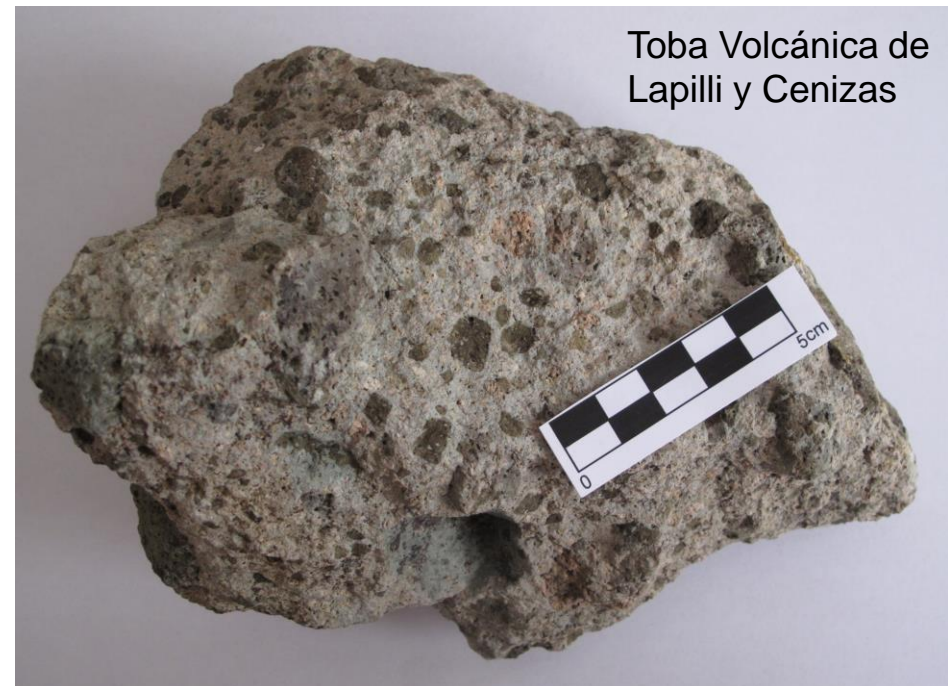
Rocas extrusivas o volcánicas



Andesita



Basalto Porfídico



**Toba Volcánica de
Lapilli y Cenizas**

Rocas ígneas. Clasificación según textura y composición mineralógica

I) Textura: forma y tamaño de granos + relaciones espaciales intergranulares.

Tamaño de grano: muy grueso (>30mm), grueso (5-30mm), medio (1-5mm), fino (<1mm).

Factores que controlan la textura de las rocas ígneas:

- I) Velocidad de enfriamiento del magma.
- II) Contenido de SiO_2 .
- III) Proporción de volátiles en el magma.

Rocas ígneas

Textura fanerítica (cristales de grano fino, medio, grueso, muy grueso): rocas formadas a partir de magma solidificado lentamente (~Ma) dentro de la corteza terrestre. Rocas intrusivas (plutónicas) y rocas hipabisales.



Rocas ígneas

Textura afanítica (cristales no visibles a simple vista): rocas formadas en o cerca de la superficie, enfriamiento rápido (días, semanas). Rocas extrusivas (volcánicas) y rocas hipabisales.

Textura porfídica (cristales de grano muy grueso a medio en una matriz de grano fino o afanítica): indica 2 o más etapas de enfriamiento del magma. Rocas volcánicas y rocas hipabisales.



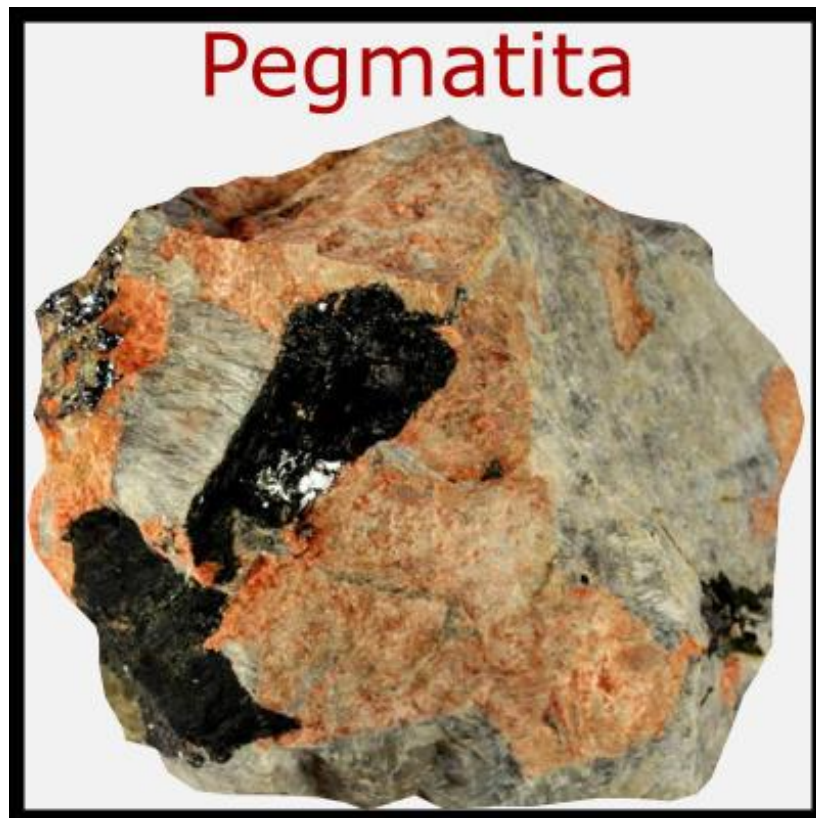
Rocas ígneas

Textura vítrea (cristales de grano fino, medio, grueso, muy grueso): enfriamiento brusco de lavas durante erupciones volcánicas. Rocas extrusivas con vidrio volcánico.



Rocas ígneas

Textura pegmatítica (cristales de grano grueso a muy grueso (1cm-200cm)): rocas formadas en las últimas etapas de cristalización magmática (magmas ricos en agua y otros volátiles) a partir de fluidos concentrados en iones que cristalizan en los bordes de los cuerpos intrusivos o en las fracturas asociadas en la roca de caja.



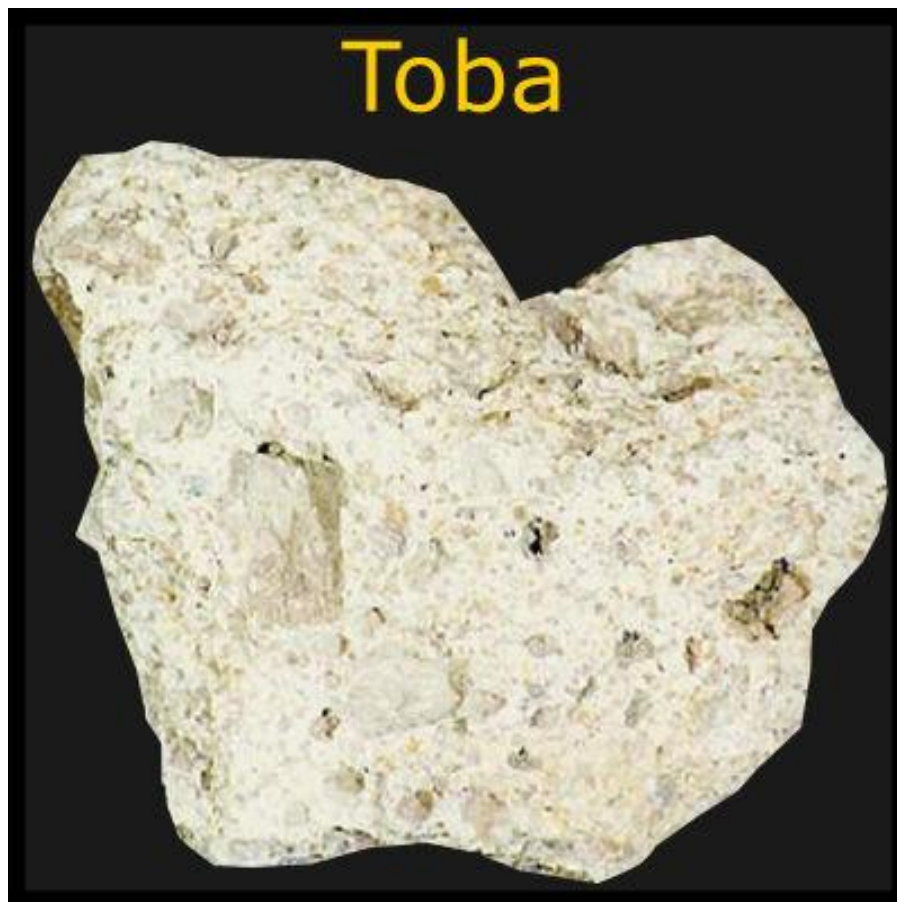
Rocas ígneas

Textura vesicular: formación de burbujas de gases que escapan durante el enfriamiento de las lavas y forman vesículas. Rocas extrusivas.



Rocas ígneas

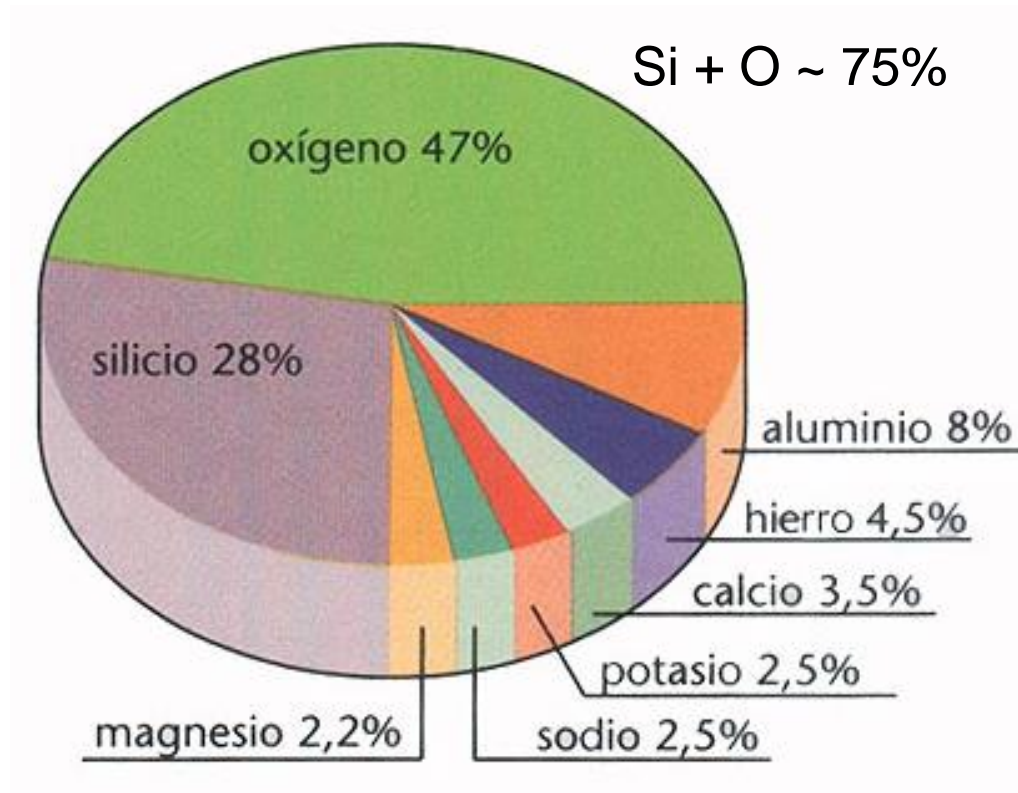
Textura piroclástica: rocas formadas durante erupciones volcánicas explosivas por consolidación y cristalización de materiales piroclásticos (ceniza, escoria, lapilli, partes de rocas, vidrio volcánico). Rocas extrusivas.



Rocas ígneas

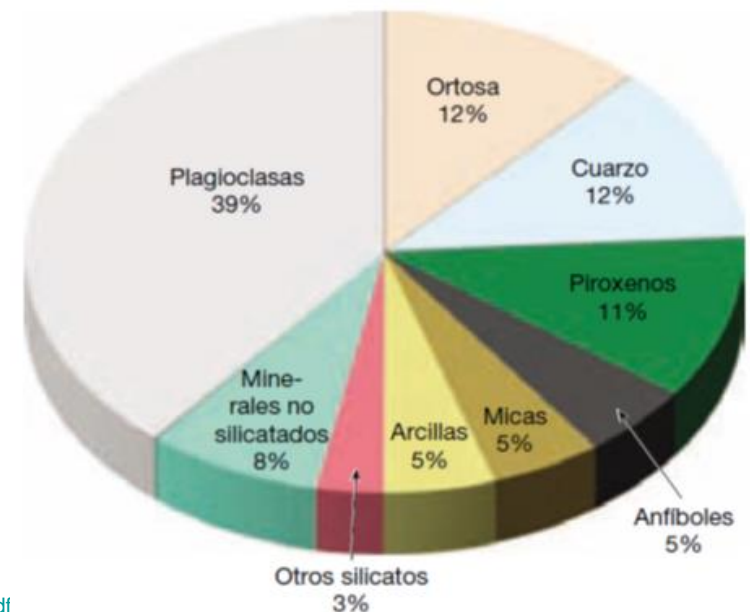
II) Composición mineralógica.

Definida por la composición química del magma a partir del cual se formó.

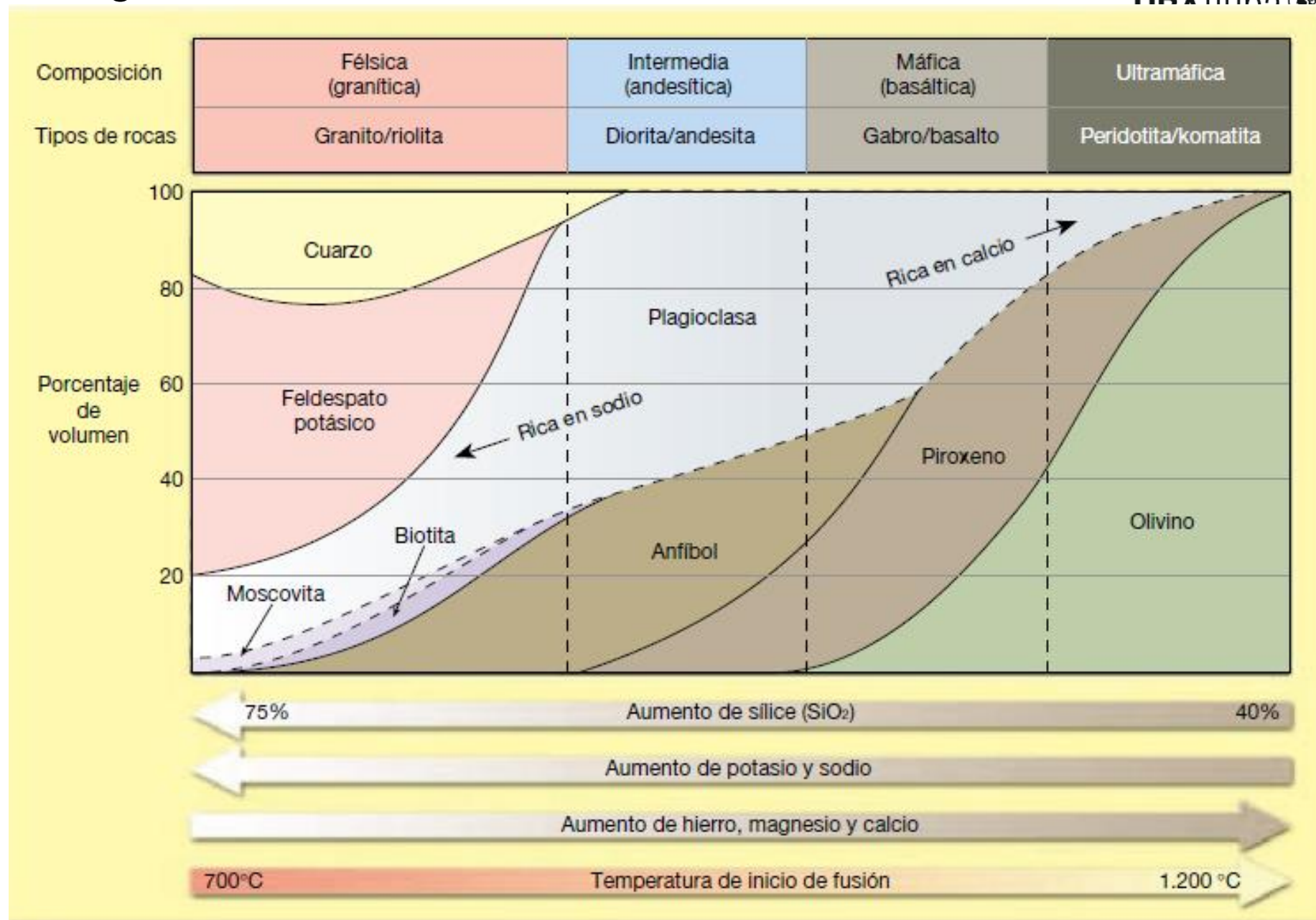


Tarback y Lutgens (2005)






Elementos predominantes en la corteza terrestre → principales componentes de las rocas ígneas: **Silicatos ~ 95%**



Rocas ígneas



Rocas ígneas

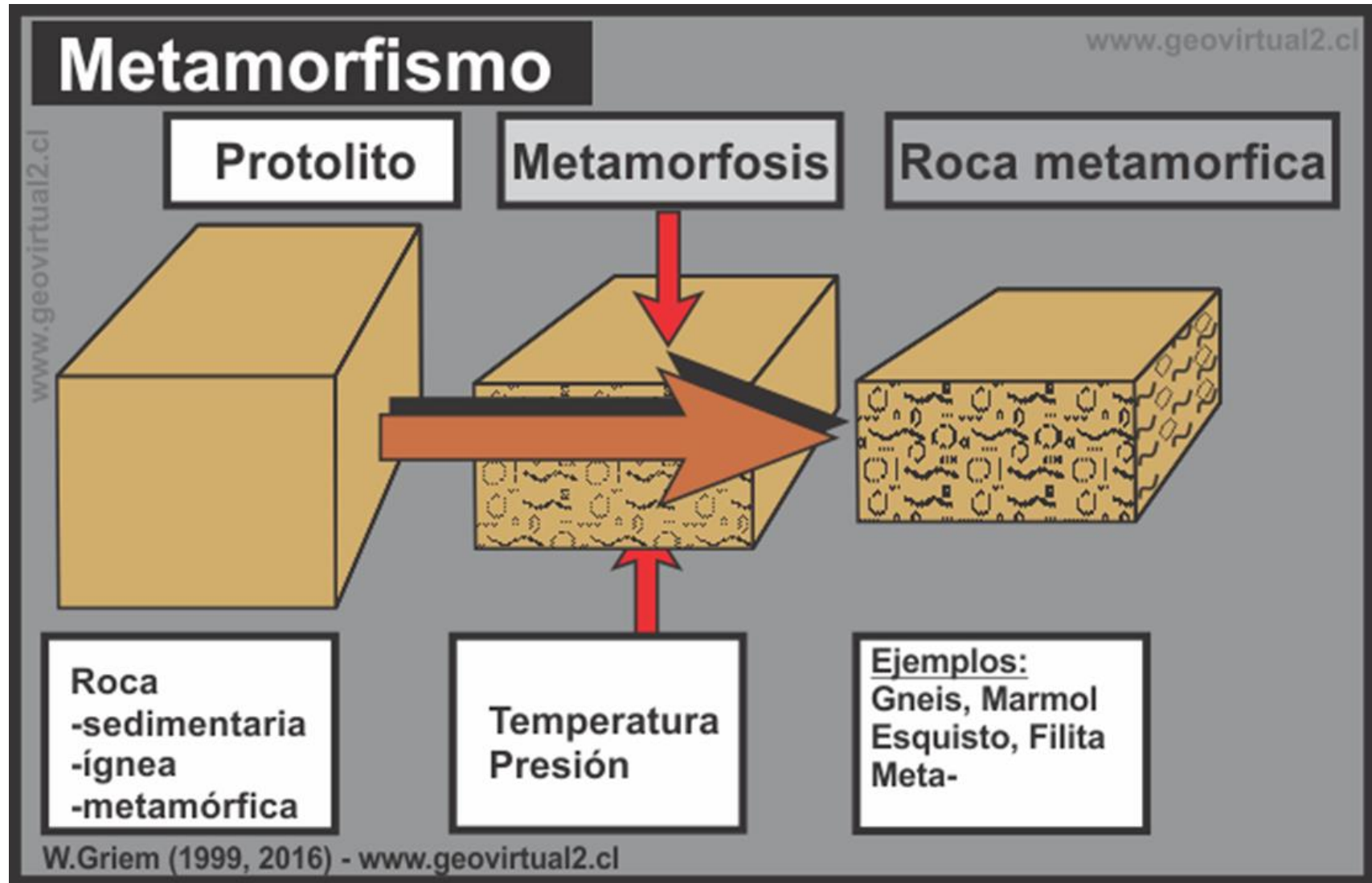
Composición química		Granítica (félsica)	Andesítica (intermedia)	Basáltica (máfica)	Ultramáfica	
Minerales dominantes		Cuarzo Feldespato potásico Plagioclasa rica en sodio y calcio	Anfibol Plagioclasa rica en sodio y calcio	Piroxeno Plagioclasa rica en calcio	Olivino Piroxeno	
Minerales accesorios		Anfibol Moscovita Biotita	Piroxeno Biotita	Anfibol Olivino	Plagioclasa rica en calcio	
TEXTURA	Fanerítica (grano grueso)		Granito	Diorita	Gabro	Peridotita
	Afanítica (grano fino)		Riolita	Andesita	Basalto	Komatita (poco común)
	Porfídica		«Porfídico» precede cualquiera de los nombres anteriores siempre que haya fenocristales apreciables			Poco comunes
	Vitrea		Obsidiana (vidrio compacto) Pumita (vidrio vacuolar)			
	Piroclástica (fragmentaria)		Toba (fragmentos de menos de 2 mm) Brecha volcánica (fragmentos de más de 2 mm)			
Color de la roca (basado en el % de minerales oscuro)		0% a 25%	25% a 45%	45% a 85%	85% a 100%	
						

Rocas metamórficas



Rocas metamórficas

Transformaciones químicas y físicas en estado sólido de rocas por aumentos de P y T e ingreso de fluidos químicamente activos.



Rocas metamórficas

Composición química similar o igual a la del **protolito** (roca de origen)

Composición mineralógica \neq protolito

Efectos del metamorfismo sobre el protolito: **cambios en mineralogía, tamaño de cristales, texturas y estructuras** \leftrightarrow campo de esfuerzos y T



Agentes metamórficos

Calor, T ($\sim 200^{\circ}\text{C}$ a 900°C).

P confinamiento

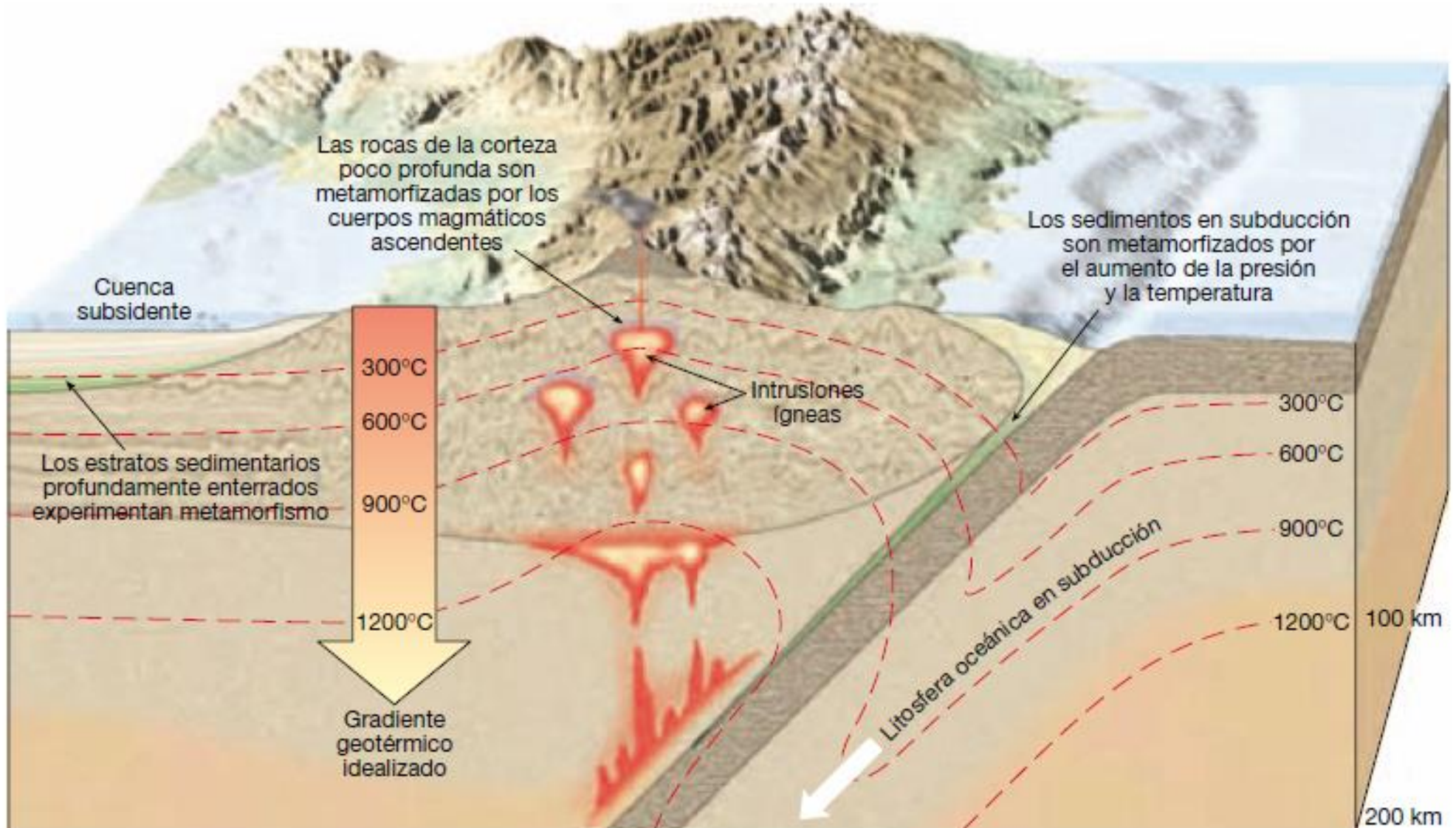
Esfuerzos diferenciales.

Actividad de fluidos
hidrotermales

Tiempo

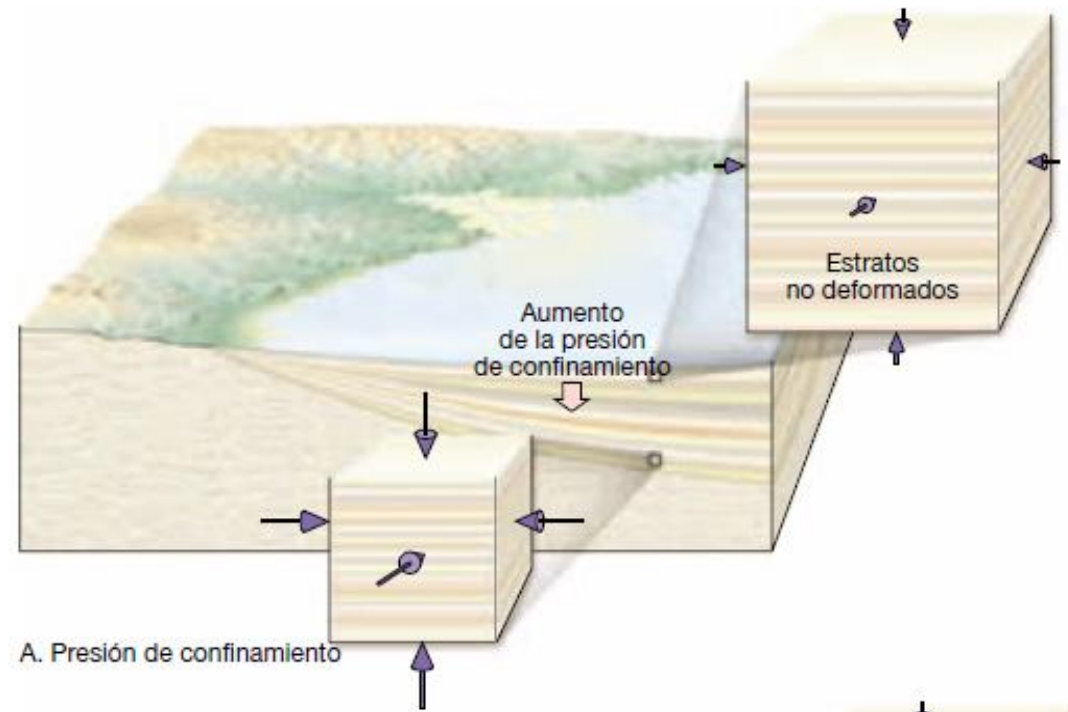
Calor

↑ T → **1) recristalización, 2) neoformación de minerales.** Variaciones mineralógicas. Composición química de la roca, en general, equivalente a la del protolito. Ej.: ambiente de subducción continental.



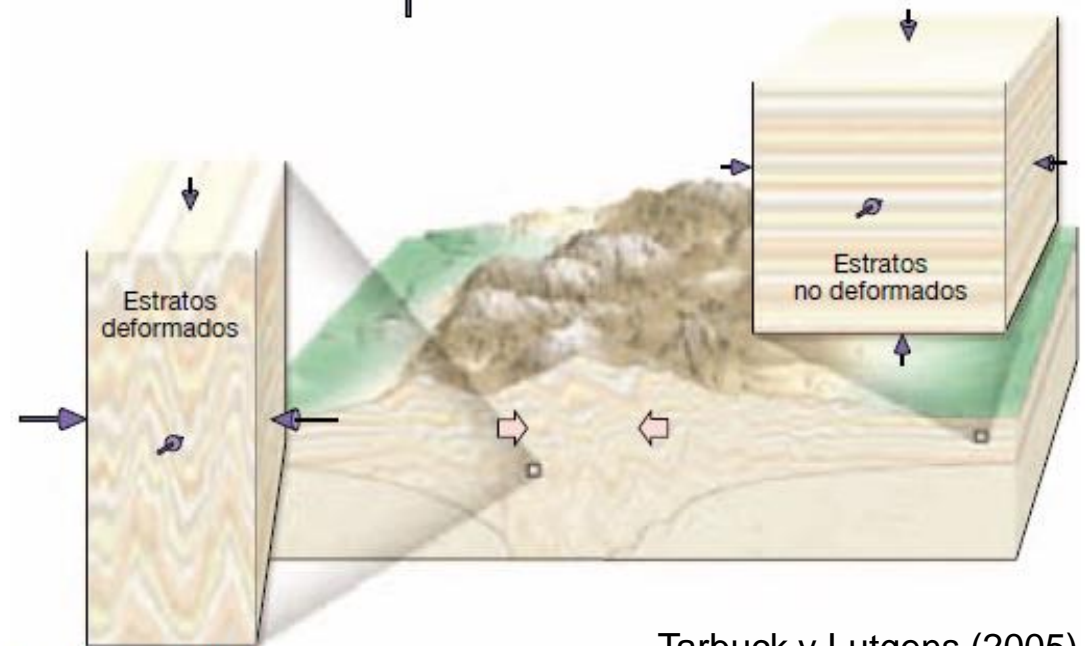
P de confinamiento y esfuerzos diferenciales

↑ **P conf.** → **rocas más compactas.**
Variaciones mineralógicas.



A. Presión de confinamiento

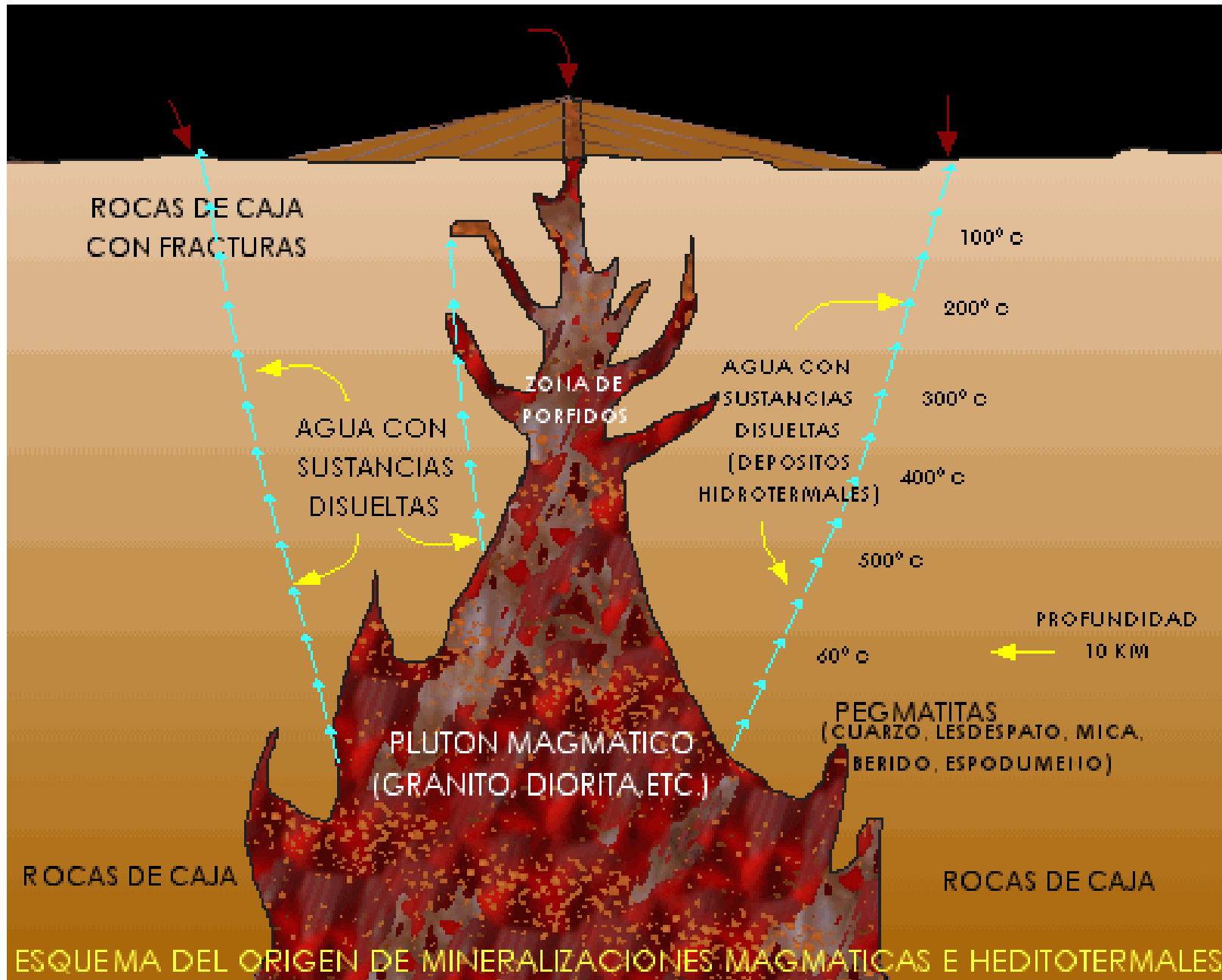
Esfuerzos diferenciales (ej.:
límites de placas convergentes)
→ **deformación de las rocas.**



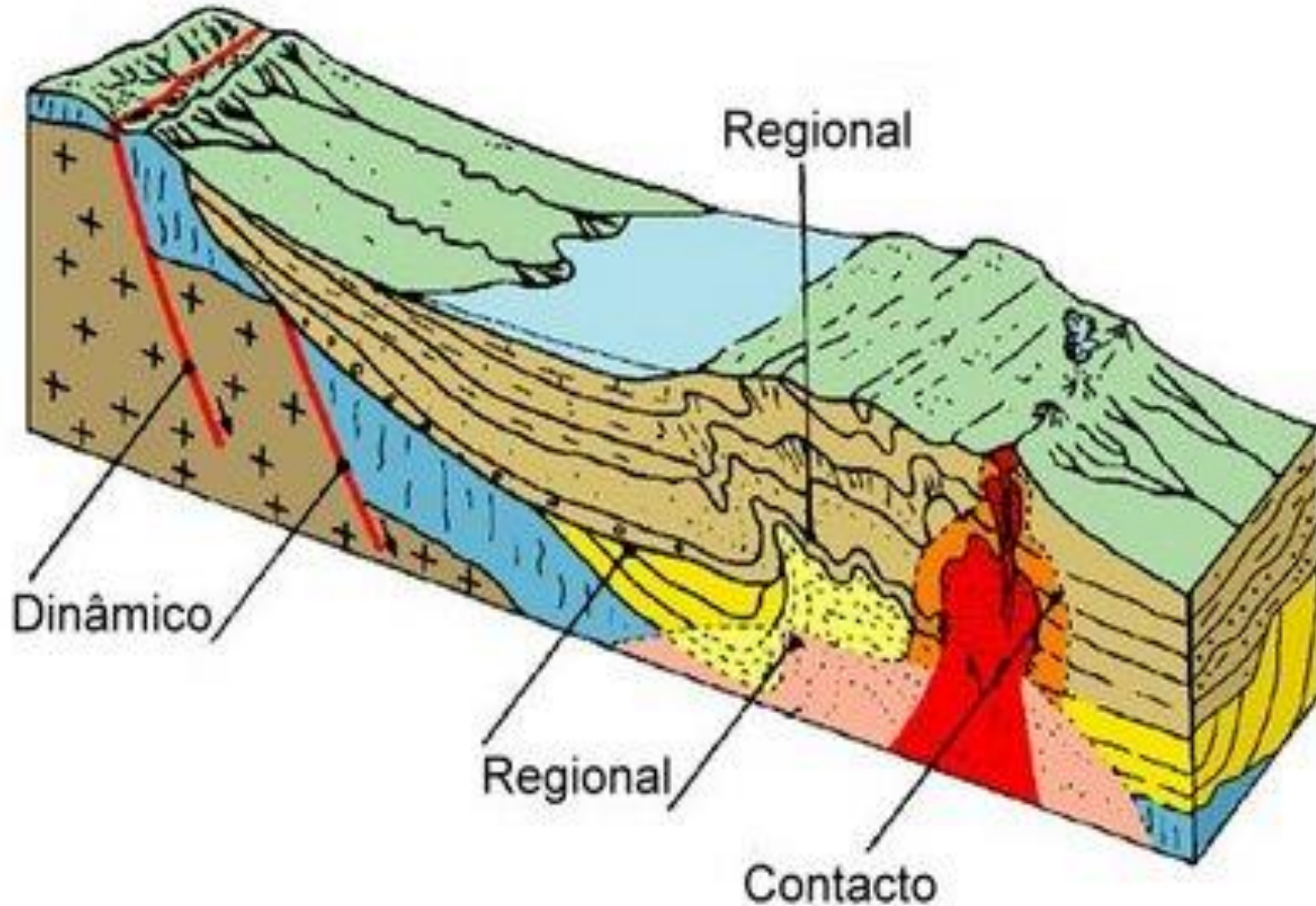
B. Esfuerzo diferencial

Tarback y Lutgens (2005)

Fluidos hidrotermales



Ambientes metamórficos principales



Metamorfismo regional

Asociado a **orogénesis**
(formación de montañas).

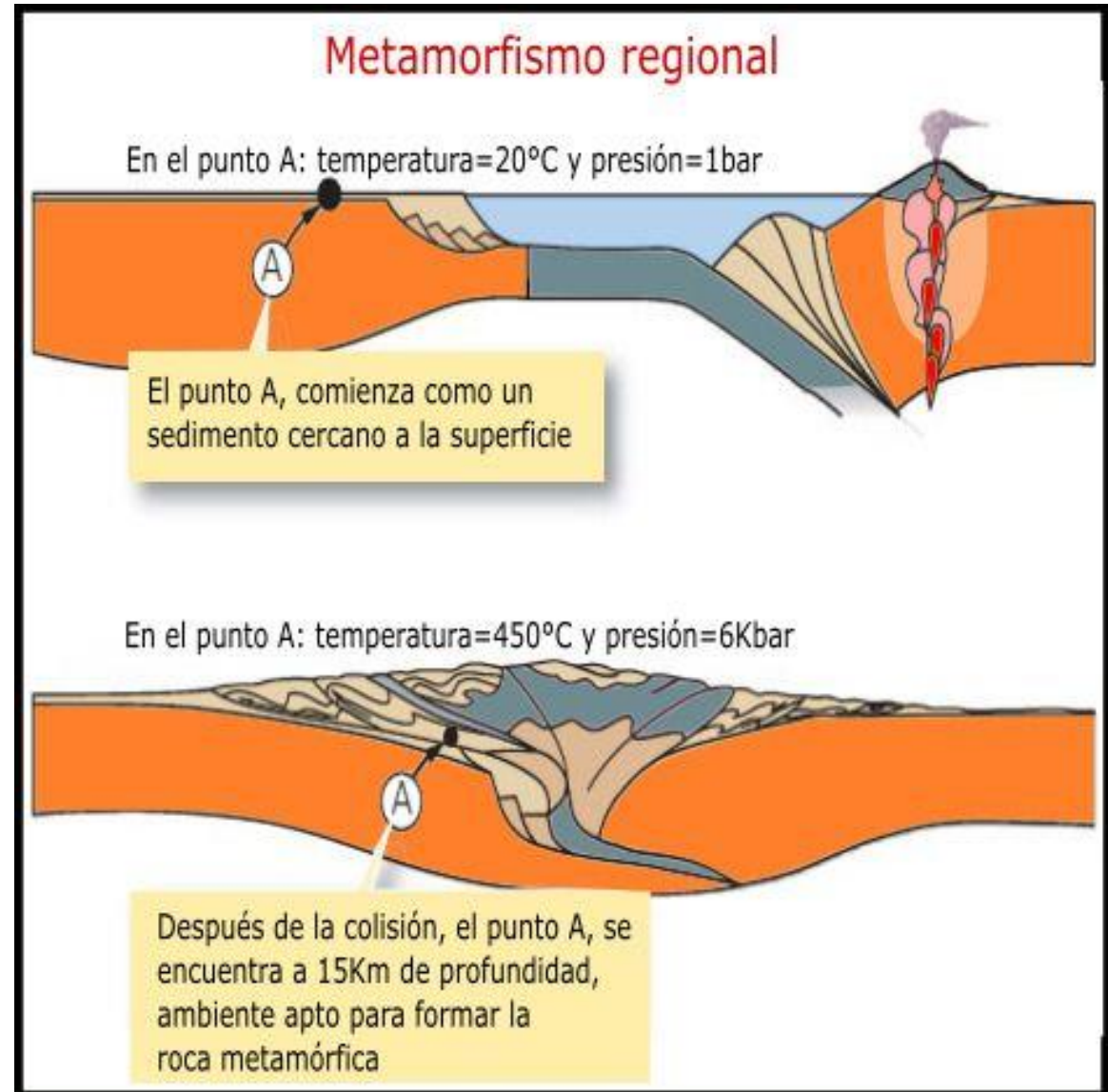
Desarrollo gradual en función
del aumento de P y T con la
profundidad.

Intensa deformación en
márgenes convergentes.

Afecta a **extensas áreas de
corteza terrestre.**

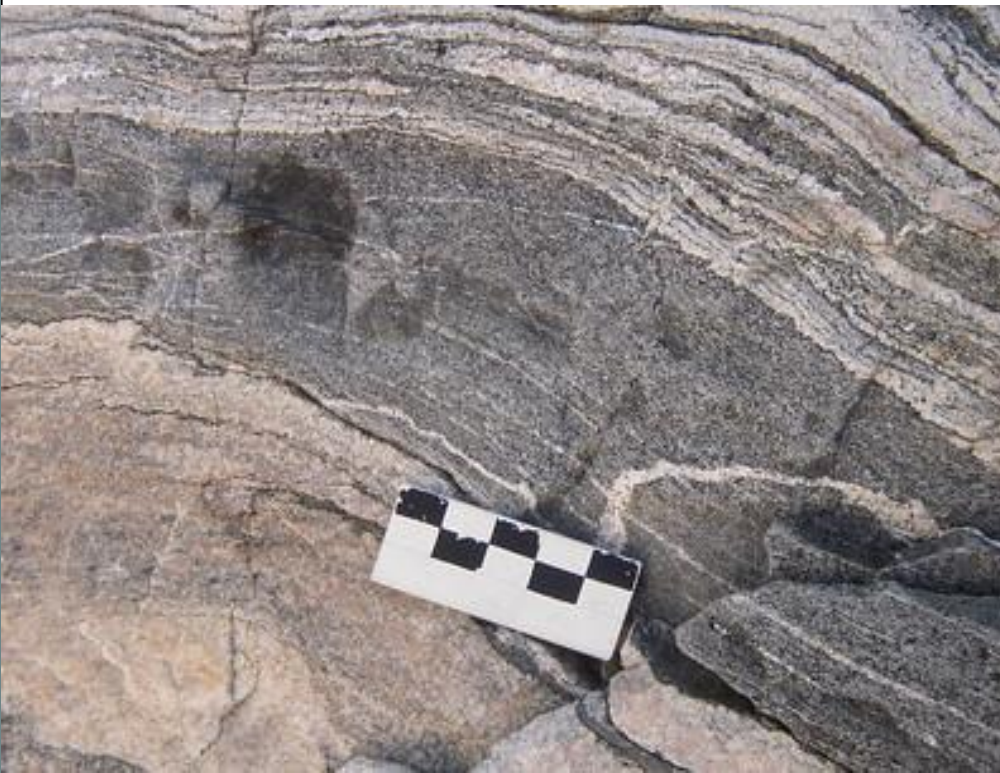
**Agentes metamórficos
predominantes: P y T.**

Rocas, ej.: pizarras, esquistos,
gneis, migmatitas.



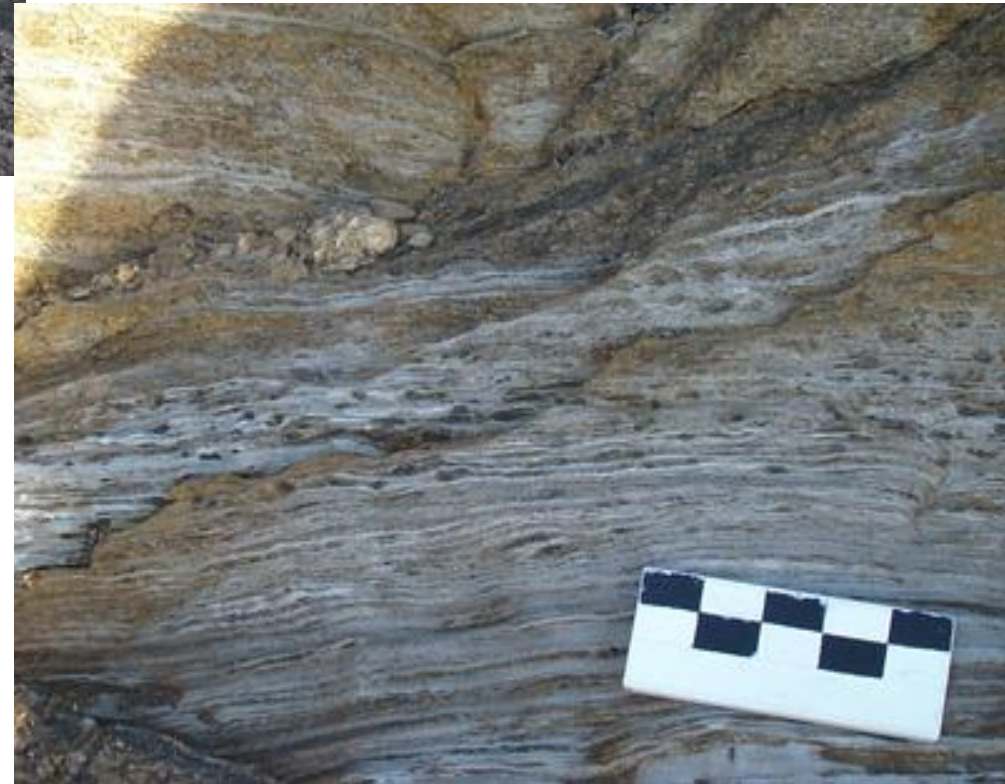
Metamorfismo regional

Gneis



https://www.flickr.com/photos/banco_imagenes_geologicas/5000760610/in/album-72157624979775716/

Esquisto moteado



https://www.flickr.com/photos/banco_imagenes_geologicas/5000155821/in/album-72157624979775716/

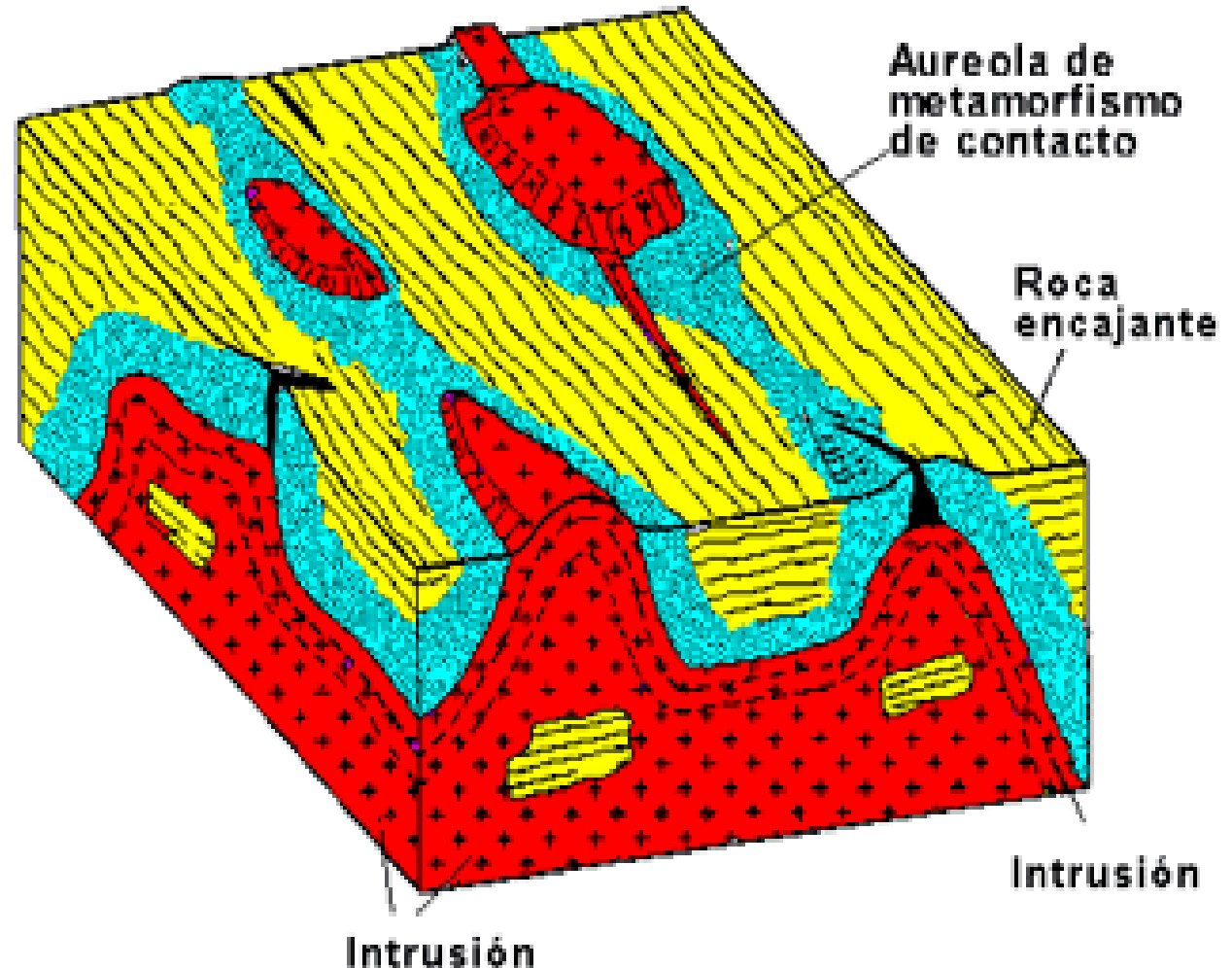
Metamorfismo térmico o de contacto

Asociado a **intrusión de magma** en una roca de caja.

Aureola de contacto alrededor del cuerpo intrusivo (mm a cientos de m o decenas de km).

Agente metamórfico predominante: T

Rocas, ej.: mármoles, cuarcitas.



Metamorfismo térmico o de contacto



<http://www.oyp.com.ar/nueva/revistas/262/1.php?con=5>

Mármol pardo



<https://geologiaweb.com/wp-content/uploads/2020/04/marmol-pardo.jpg>

Cuarcitas

Cuarcita blanca



Cuarcita roja



<https://geologiaweb.com/rocas/cuarcita/>

Metamorfismo hidrotermal

Circulación de **fluidos a alta T (~250-300°C) y cargados de iones (fluidos hidrotermales)** a través de fracturas de la roca de caja.

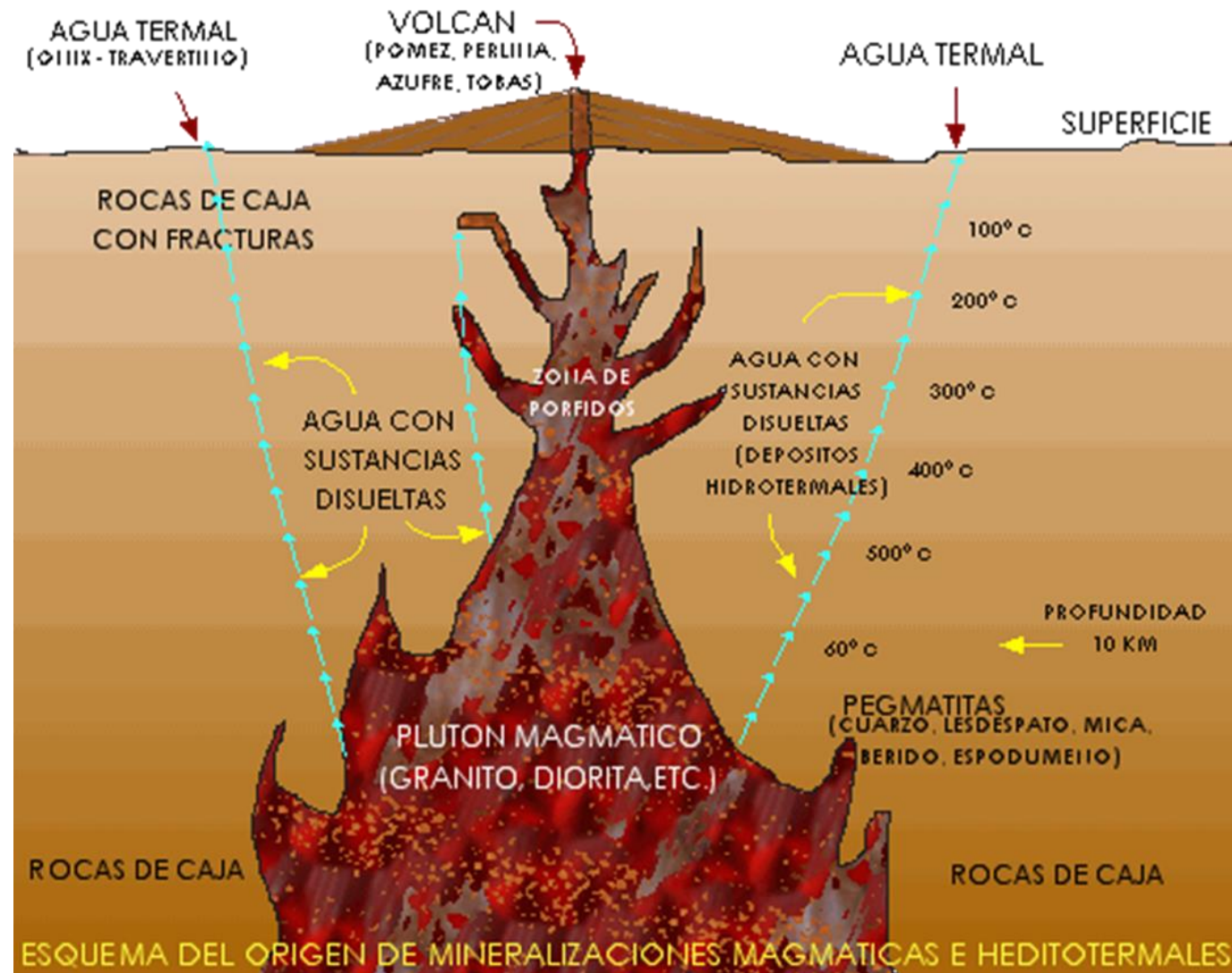
Asociado a **actividad ígnea intrusiva.**

Agente metamórfico predominante: fluidos hidrotermales.

Alteración química de la roca de caja.

Concentración y acumulación de minerales por pérdida de solubilidad.

Asociado a **depósitos de Cu, Au, Mo, Ag, Pb, Zn, Sn.**

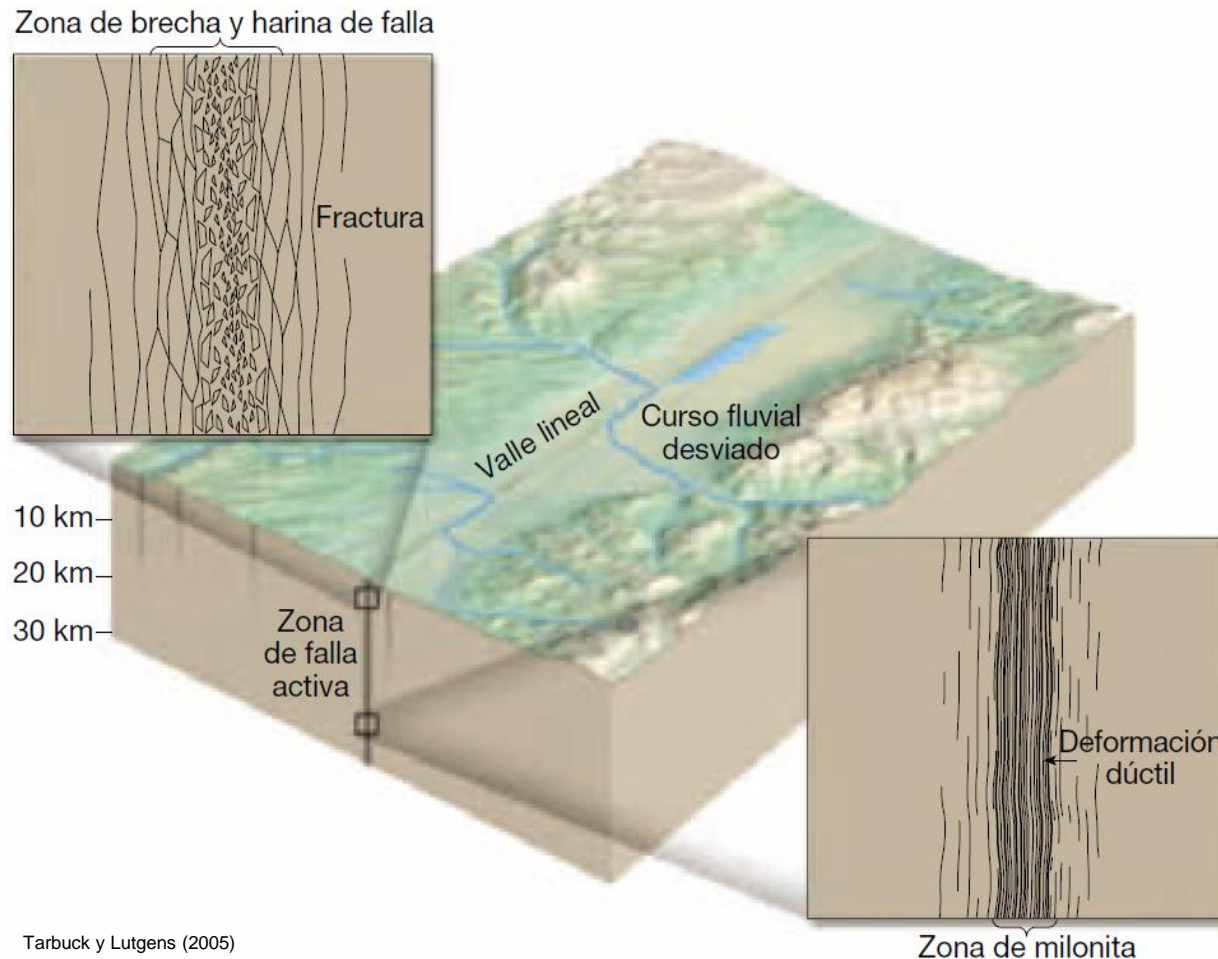


Metamorfismo dinámico o cataclástico

En **zonas de falla** → cataclasis (trituration de las rocas) e intensa deformación

Agentes metamórficos predominantes: P y T

Rocas, ej.: brecha de fallas, milonitas



Tarback y Lutgens (2005)

Metamorfismo dinámico o cataclástico

Milonita



<https://www.foro-minerales.com/forum/download.php?id=85715&id=5c71313f583992c70f20d9fcc6d90f26>

Brecha de falla



<https://www.biodiversidadvirtual.org/geologia/Brecha-de-falla-incohesiva-img198.html>

Rocas metamórficas: clasificación según estructura

Rocas foliadas: granos de minerales con dirección de orientación preferencial → lineamientos o bandeados.



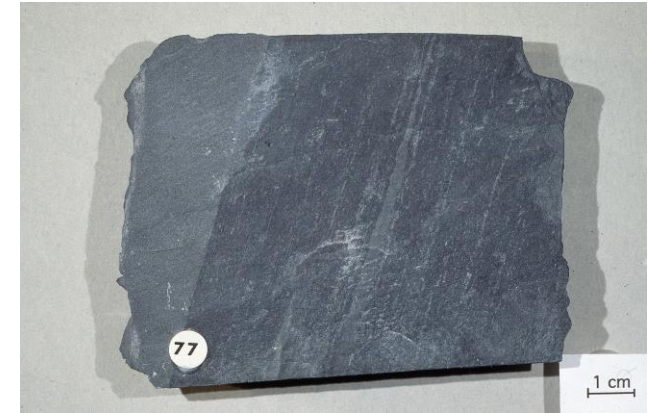
<http://edafologia.ugr.es/rocas/fotos2/gneis-biotitico-visu-91.jpg>

Gneis



<http://edafologia.ugr.es/rocas/fotos2/esquisto-cloritico-visu-80.jpg>

Esquisto



<http://edafologia.ugr.es/rocas/fotos2/pizarra-visu-77.jpg>

Pizarra

Rocas no foliadas: granos de minerales sin orientación preferencial



<http://edafologia.ugr.es/rocas/fotos2/marmol-visu-72.jpg>

Mármol



<http://edafologia.ugr.es/rocas/fotos2/cuarzita-con-distena-visu-86.jpg>

Cuarzita

Rocas metamórficas foliadas

Pizarra



Filita



Esquisto



Gneis



Migmatita



Milonita



Metaconglomerado



Rocas metamórficas: clasificación según estructura

Rocas metamórficas no foliadas

Mármol



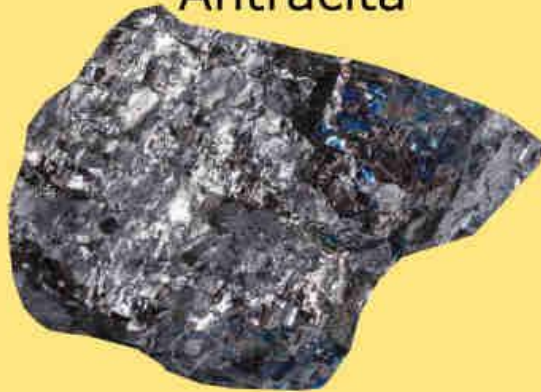
Cuarcita



Hornfels



Antracita



Brecha de falla



<https://geologiaweb.com/wp-content/uploads/2019/10/rocas-metamorficas-no-foliadas.jpg>

Rocas metamórficas

Nombre de la roca	Textura	Tamaño de grano	Observaciones	Protolito
Pizarra	Foliada	Muy fino	Pizarrosidad excelente, superficies lisas sin brillo	Lutitas, pelitas
Filita		Fino	Se rompe a lo largo de superficies onduladas, brillo satinado	Pizarra
Esquisto		Medio a grueso	Predominan los minerales micáceos, foliación escamosa	Filita
Gneis		Medio a grueso	Bandeado composicional debido a la segregación de los minerales	Esquisto, granito o rocas volcánicas
Migmatita		Medio a grueso	Roca bandeada con zonas de minerales cristalinos claros	Gneis, esquisto
Milonita	Poco foliada	Fino	Cuando el grano es muy fino, parece sílex, suele romperse en láminas	Cualquier tipo de roca
Metaconglomerato		De grano grueso	Cantos alargados con orientación preferente	Conglomerado rico en cuarzo
Mármol	No foliada	Medio a grueso	Granos de calcita o dolomita entrelazados	Caliza, dolomía
Cuarcita		Medio a grueso	Granos de cuarzo fundidos, masiva, muy dura	Cuarzoarenita
Comeana		Fino	Normalmente, roca masiva oscura con brillo mate	Cualquier tipo de roca
Antracita		Fino	Roca negra brillante que puede mostrar fractura concoide	Carbón bituminoso
Brecha de falla		Medio a muy grueso	Fragmentos rotos con una disposición aleatoria	Cualquier tipo de roca



Pizarra



Esquisto



Gneiss

Rocas sedimentarias

Procesos sedimentarios:

- Meteorización
- Erosión
- Transporte
- Depositación
- Acumulación en ambiente marino o continental

Energía potencial:
Gravedad: Contribuye al transporte de los sedimentos hasta zonas deprimidas

Fuentes de energía que mueven los procesos sedimentarios: Energía interna, energía solar y energía potencial.

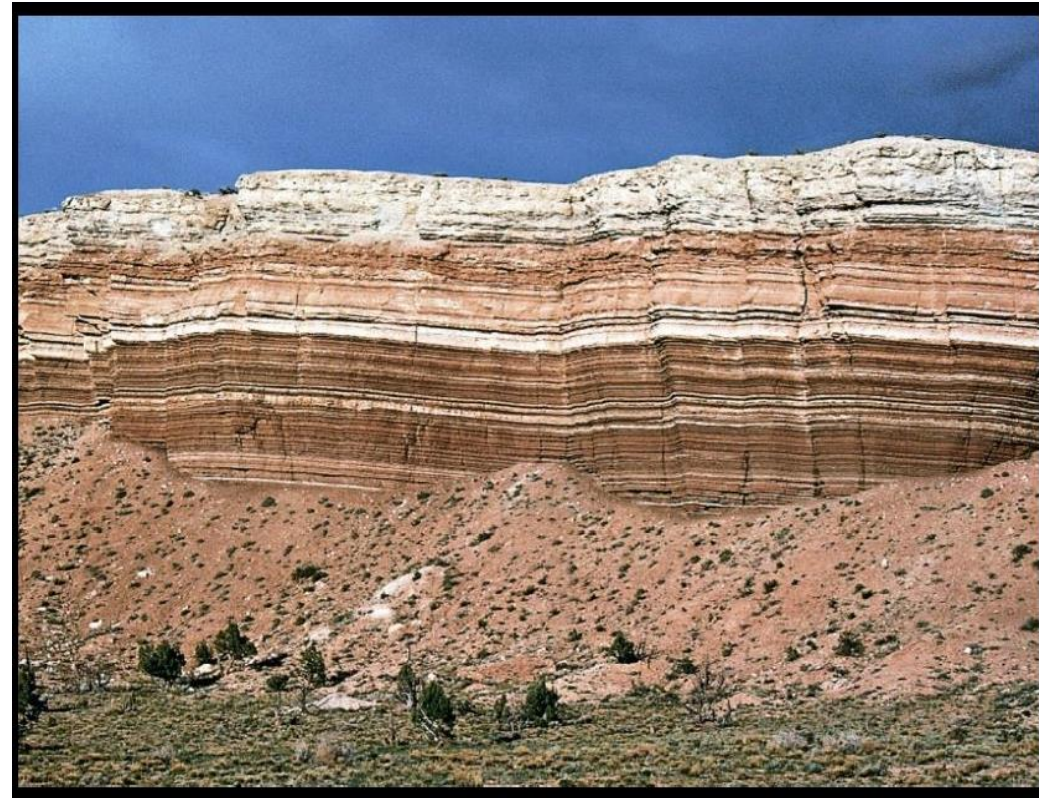
Energía interna: Tectónica de placas: Eleva zonas de la corteza sobre las que actúa la meteorización y forma las cuencas sedimentarias por hundimiento del terreno



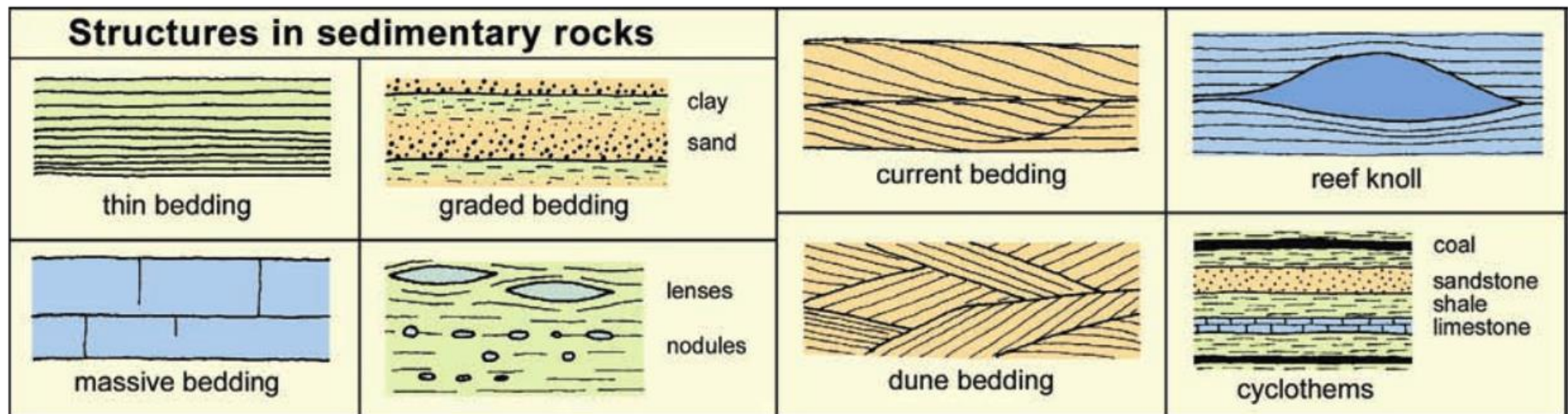
Energía solar: Responsable de la actuación de los **agentes geológicos externos:** ciclo del agua, viento, etc

Rocas sedimentarias

- Disposición en estratos por acumulación episódica en cuencas sedimentarias de ambiente marino o continental
- Planos de estratificación = planos de discontinuidad



https://sivea.uson.mx/docentes/tareas/20_ESTRUCTURAS_PRIMARIAS_I.pdf



Litificación

Procesos físicos y químicos que convierten a los sedimentos en rocas sedimentarias:

- **Compactación:** reducción de volumen por presión y tiempo
- **Cementación:** precipitación de sustancias minerales transportadas por los fluidos porales
- **Recristalización** de minerales

Rocas resultantes:

- Clásticas o detríticas
- Químicas
- Bioquímicas y biogénicas

Clasificación de rocas sedimentarias

Clásticas o detríticas: acumulación y litificación de fragmentos de rocas preexistentes



Arenisca



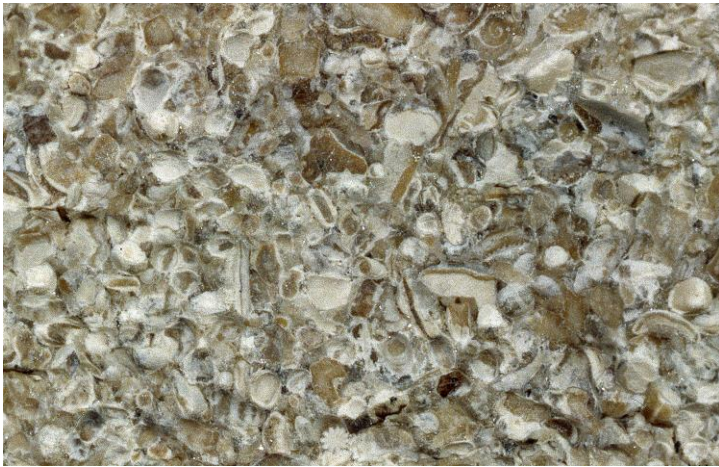
<https://www.rocasym minerales.net/arenisca/>



<https://geologiaweb.com/rocas-sedimentarias/conglomerados/>

Clasificación de rocas sedimentarias

Bioquímicas y biogénicas: formadas por actividad o acumulación de organismos. Rocas carbonáticas, fosforitas, carbón, chert.



<http://edafologia.ugr.es/rocas/fotos2/caliza-fosilifera-macro-59.jpg>

Calizas fosilíferas



Fosforita

Clasificación de rocas sedimentarias

Químicas: precipitación de solutos en salmueras por evaporación. Evaporitas.



Depósitos de Halita (NaCl)



<https://masneuquen.com/wp-content/uploads/2019/11/Yesera-del-Tromen.jpg>

Depósitos de yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

Geología estructural

- Análisis del esfuerzo y la deformación en la corteza terrestre
- Análisis de la respuesta de las rocas frente al esfuerzo

Intereses:

- Conocimiento científico
- Aplicaciones industriales, económicas y ambientales, ej.:
 - Energías renovables y no renovables
 - Minerales y metales estratégicos
 - Rocas industriales
 - Aguas subterráneas
 - Estudios geotécnicos
 - Riesgo geológico



<http://estructural.materias.gl.fcen.uba.ar/>

Acción de procesos endógenos: movimiento de placas tectónicas, vulcanismo, sismos.

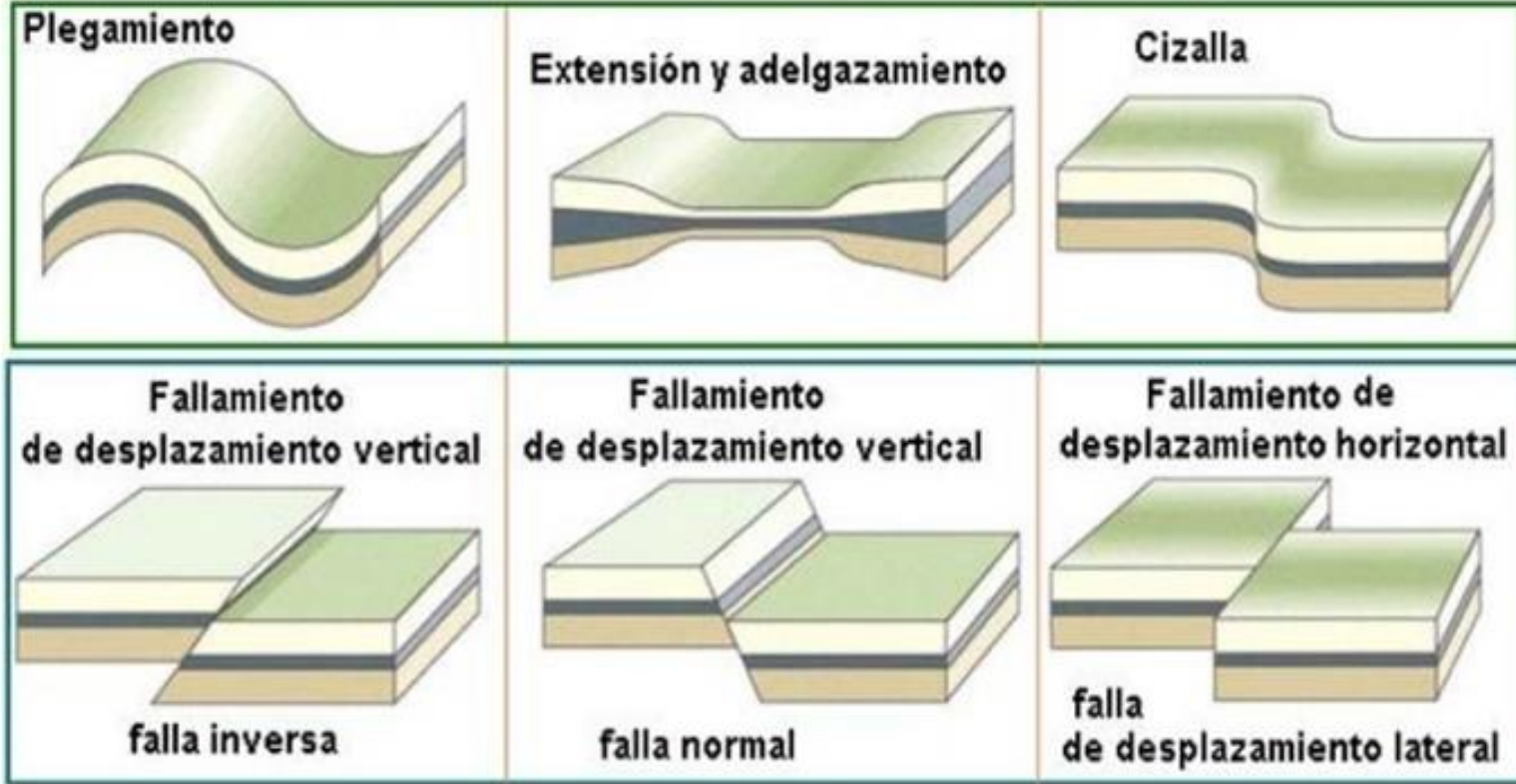
Factores que controlan la deformación:

- Tipo y magnitud de esfuerzos
- Tipo de roca
- Temperatura
- Presión de confinamiento
- Tiempo de aplicación de esfuerzos
- Presencia y presión de fluidos
- Anisotropías preexistentes

Tipo de esfuerzos



Estructuras resultantes de cada tipo de esfuerzos



<http://usuarios.geofisica.unam.mx/cecilia/cursos/33b-DEFORMACION.pdf>

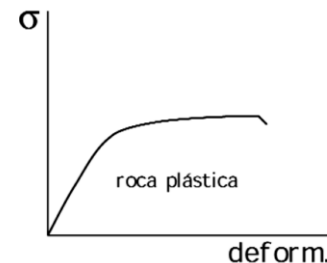
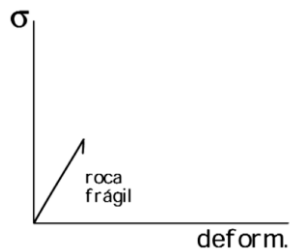
Tipo de roca

La misma roca en distintos ambientes geológicos se deforma de manera diferente.

Ej.: cuarcitas de Sierra de la Ventana: (a) En superficie comportamiento frágil; (b) 20 km de profundidad deformación plástica



<https://hablemosdeargentina.com/c-buenos-aires/sierra-de-la-ventana/>



Tipo de roca

En el mismo ambiente geológico distintas rocas se deforman de manera diferente.

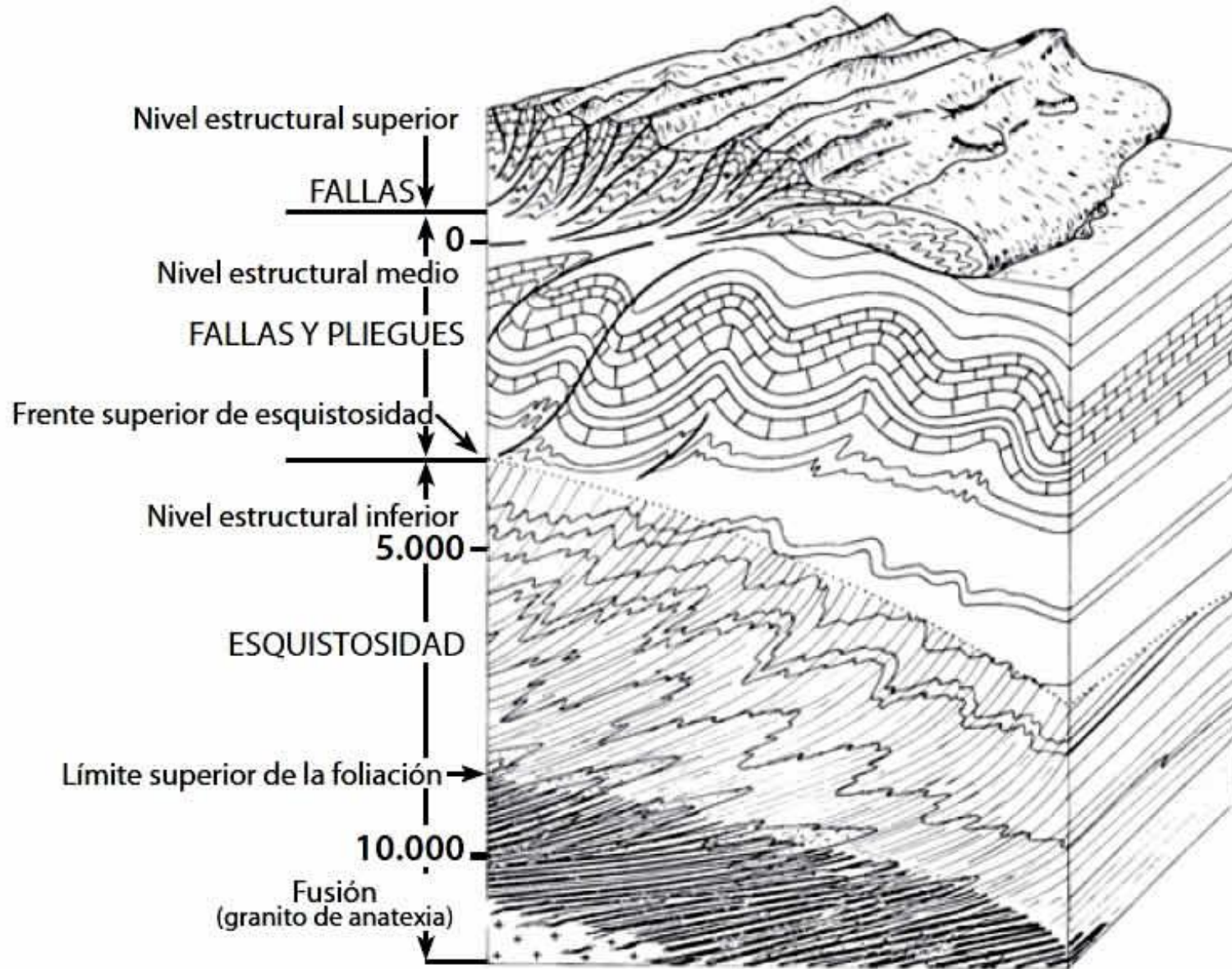


Isla Blå Jungfrun, Suecia (M.V. Altinier, 2019)

Rocas incompetentes: se deforman bajo acción de tensiones bajas a moderadas.
Ej.: rocas arcillosas, deformación plástica

Rocas competentes: se deforman por acción de grandes tensiones.
Ej.: granitos y granodioritas, comportamiento frágil

Temperatura y presión



Temperatura y presión

Calizas plegadas



Calizas diaclasadas



Temperatura

Basalto en superficie → frágil



<https://www.rocasminerales.net/basalto/#prettyPhoto>

Lava basáltica extruida (700°C – 1200°C) → dúctil



<https://ingeoexpert.com/articulo/coladas-lava-tipos-caracteristicas/?v=5b61a1b298a0>

Pliegues

Esfuerzos compresivos

Deformación plástica

Engrosamiento de la corteza terrestre



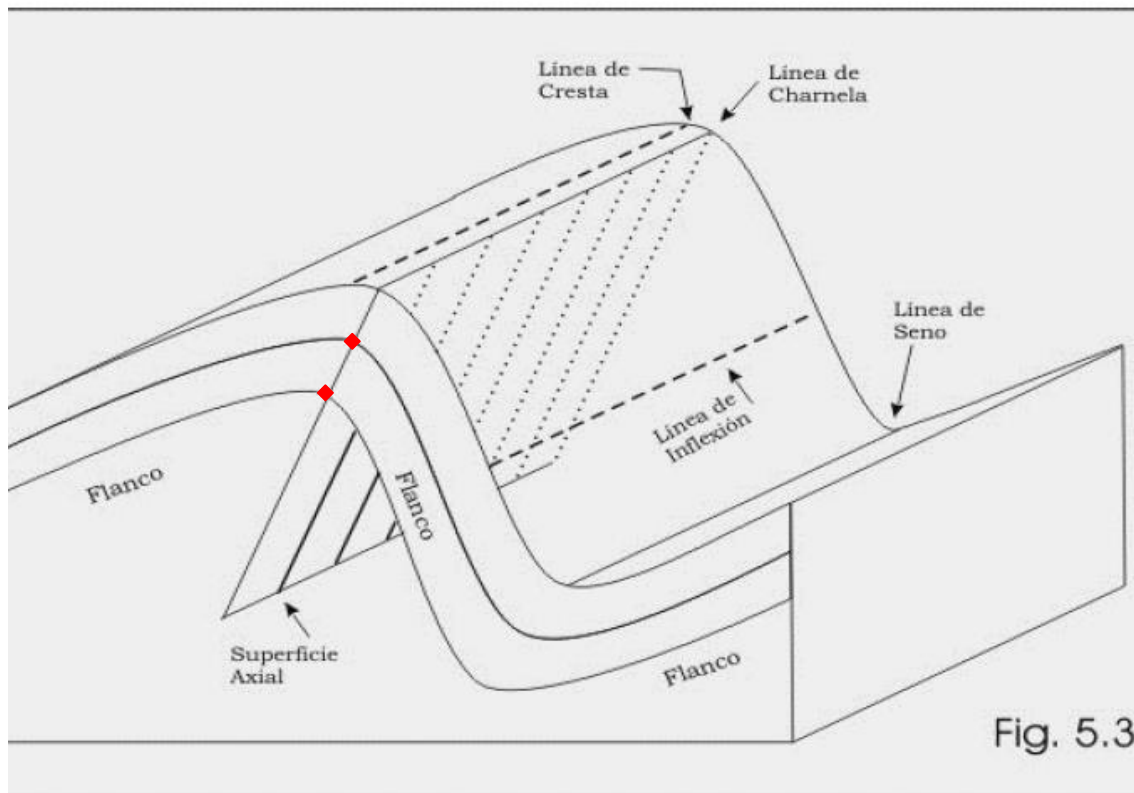
- Reacción plástica a la aplicación del esfuerzo
- Estado plástico: profundidad (P y T) depende del tipo de roca

Pliegues



Tarback y Lutgens (2005)

Partes de un pliegue



♦ Charnela: punto o zona de máxima curvatura de cada estrato

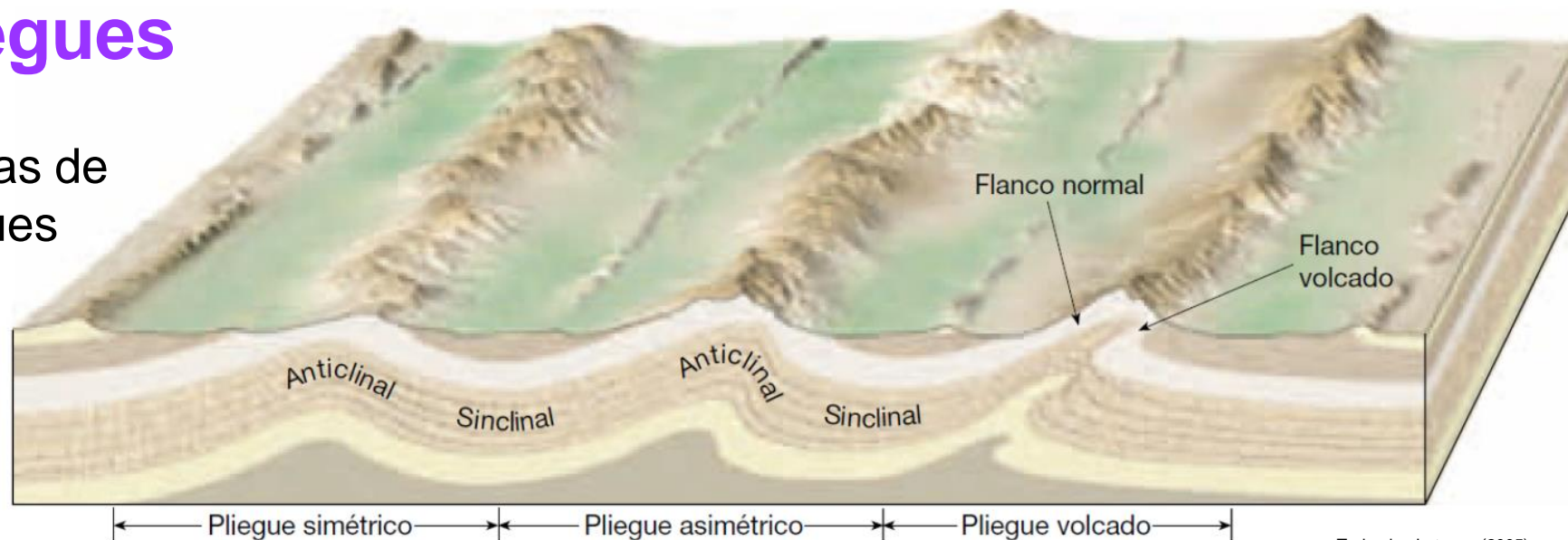
Eje o línea de charnela: línea que une los puntos de máxima curvatura

Superficie axial: superficie imaginaria que une los puntos de máxima curvatura de todos los estratos

Flanco: superficie menos curvada del pliegue (lado)

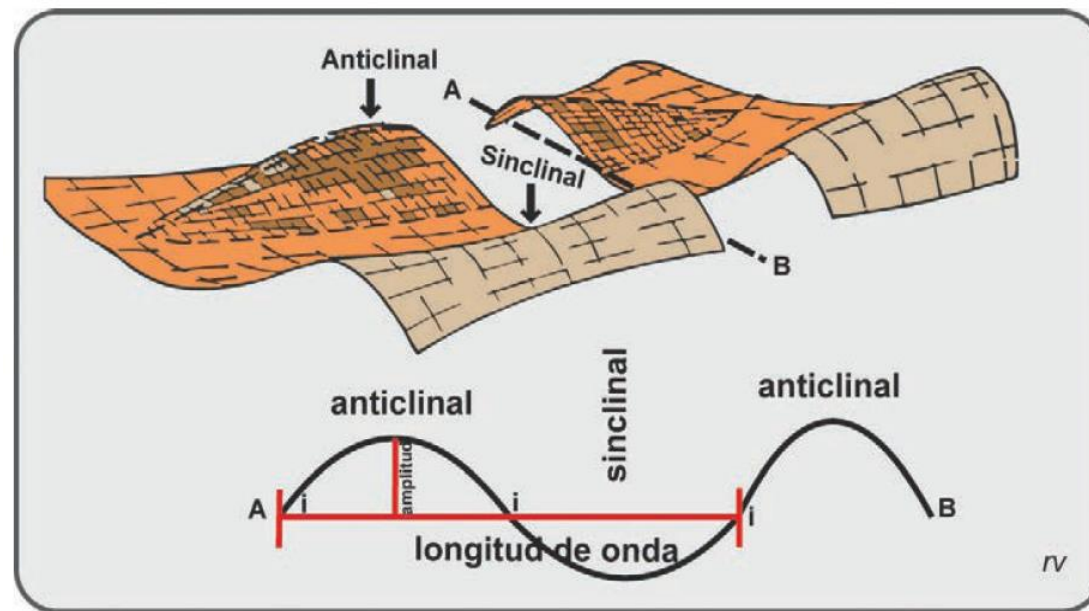
Pliegues

Formas de pliegues



Tarbuck y Lutgens (2005)

- Anticlinal: pliegue convexo
- Sinclinal: pliegue cóncavo
- Pliegue simétrico
- Pliegue asimétrico
- Pliegue volcado: ángulo de inclinación entre superficie axial y horizontal $>45^\circ$
- Pliegue recostado: superficie axial y flancos horizontales



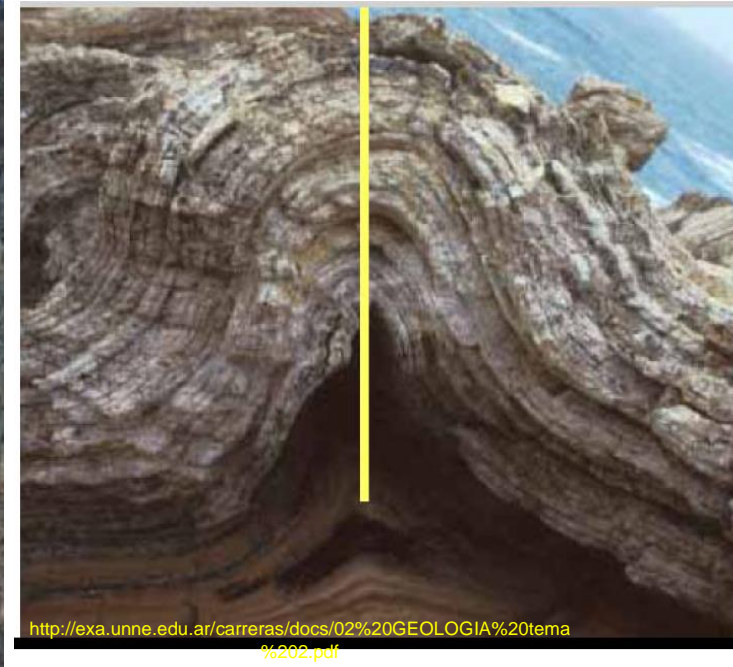
http://www.insugeo.org.ar/libros/misc_21/pdf/varela_misclanea_21_manual_de_geologia.pdf

Anticlinales y sinclinales

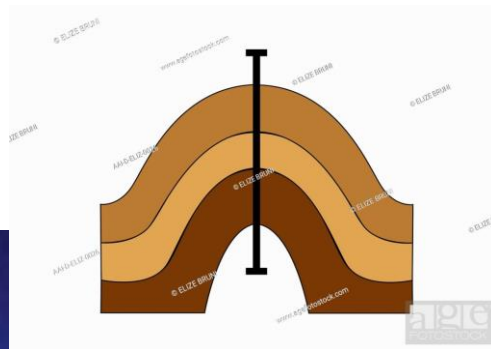
Sinclinal



Anticlinal

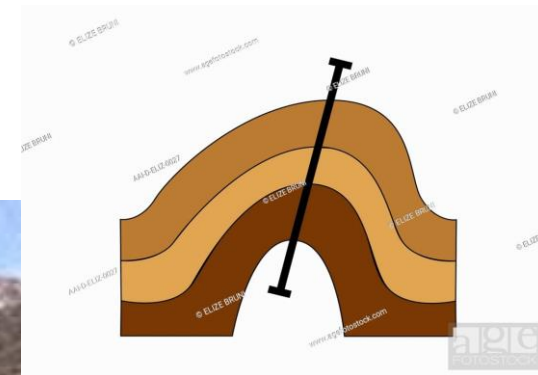


Pliegues simétricos



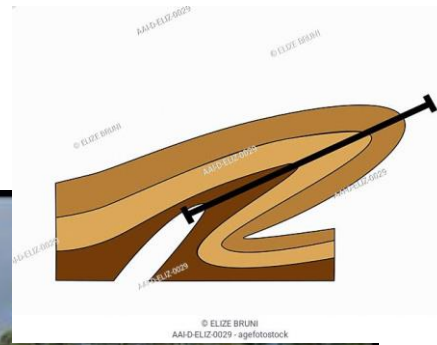
<http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/4esobiologia/4quincena4/pliegues/pliegues/8.jpg>

Pliegues asimétricos

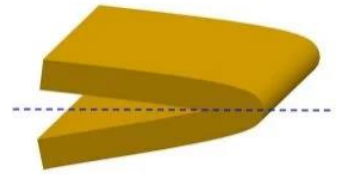


Pliegues volcados

© Guillermo Booth
<https://www.blogdiversidadvirtual.org>



Pliegues tumbados



Fracturas

.UBA

Discontinuidades estrechas y planas ↔ comportamiento frágil de la roca.

Diaclasas

- Desplazamiento paralelo al plano de fracturación nulo o imperceptible.
- Desplazamiento de bloques perpendicular al plano de fracturación.



https://www.flickr.com/photos/banco_imagenes_geologicas/albums/with/72157624907313759

Fallas

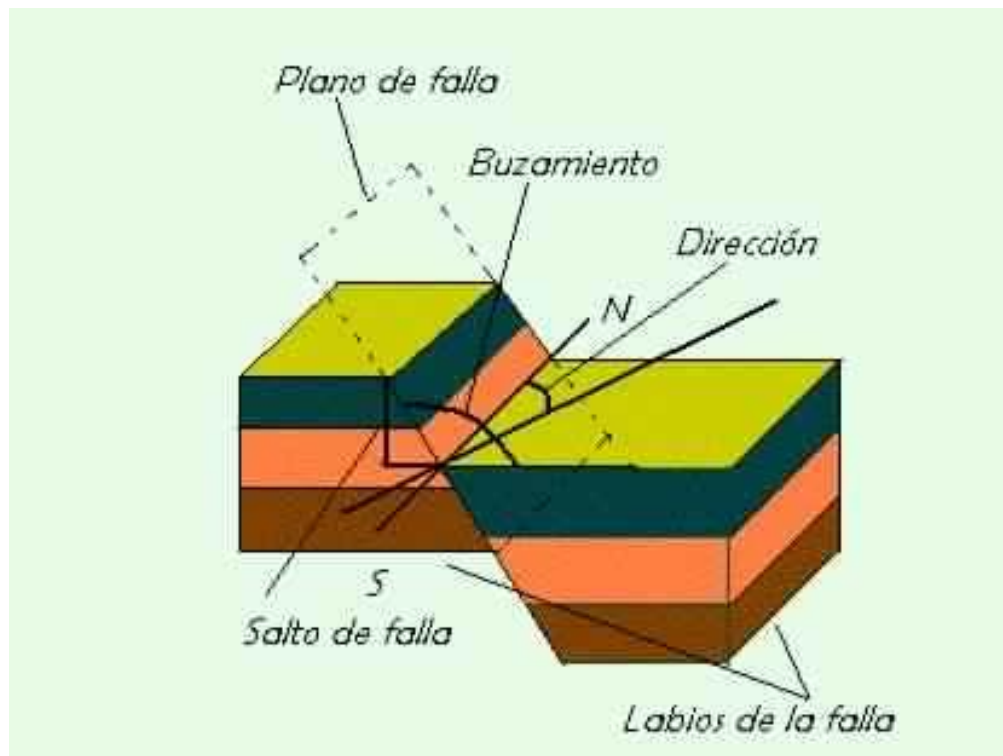
Desplazamiento de bloques paralelo al plano de fracturación.



https://www.flickr.com/photos/banco_imagenes_geologicas/albums/72157624907549475/with/5023987322/

Esfuerzos tensionales, de cizalla o compresivos.
Comportamiento frágil → formación de fracturas.
Desplazamiento de bloques paralelo al plano de fracturación.

Elementos de una falla

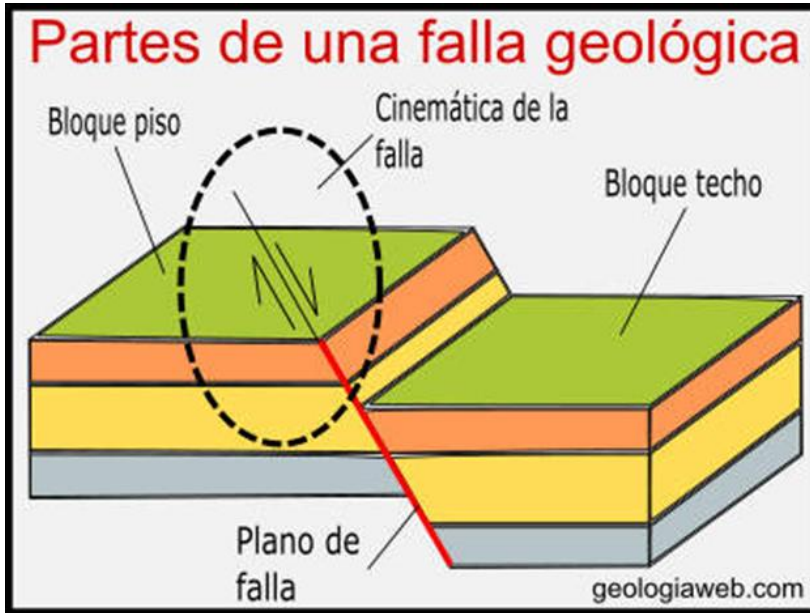


Plano de falla: superficie de rotura sobre la que se produce el desplazamiento de bloques.

Bloques de falla (Labios): cada uno de los bloques que se desplaza

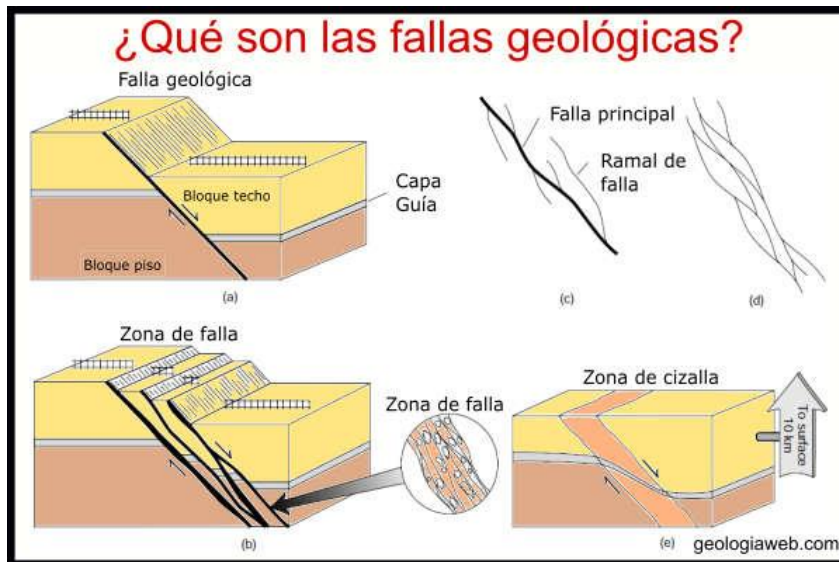
Salto de falla: desplazamiento de un bloque con respecto al otro medido en las componentes vertical y horizontal

Fallas

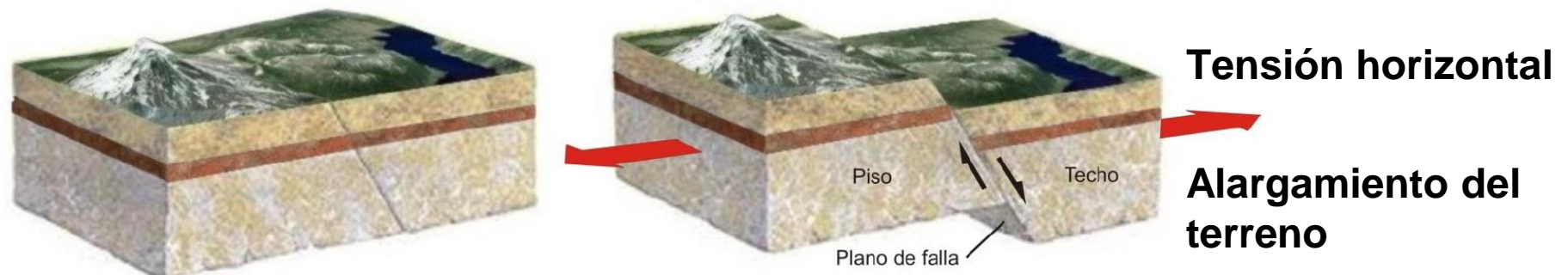
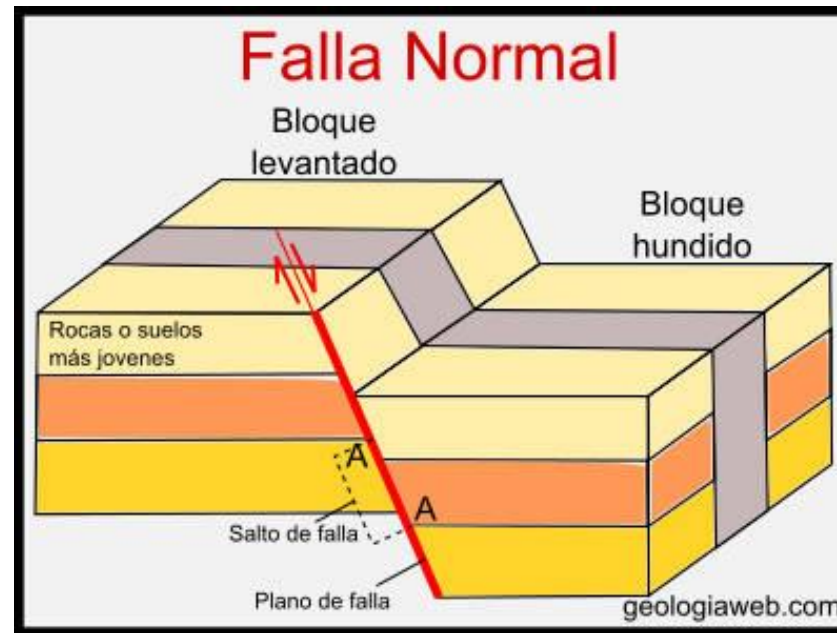


Bloque de piso o bloque inferior: bloque ubicado debajo del plano de falla

Bloque de techo o bloque superior: bloque ubicado encima del plano de falla.



Fallas normales



<http://contenidos.inpres.gov.ar/docs/Fallas%20Geol%C3%B3gicas.pdf>

Bloque superior (techo): desliza hacia abajo, se hunde

Bloque inferior (piso): desliza hacia arriba, se levanta

Falla normal



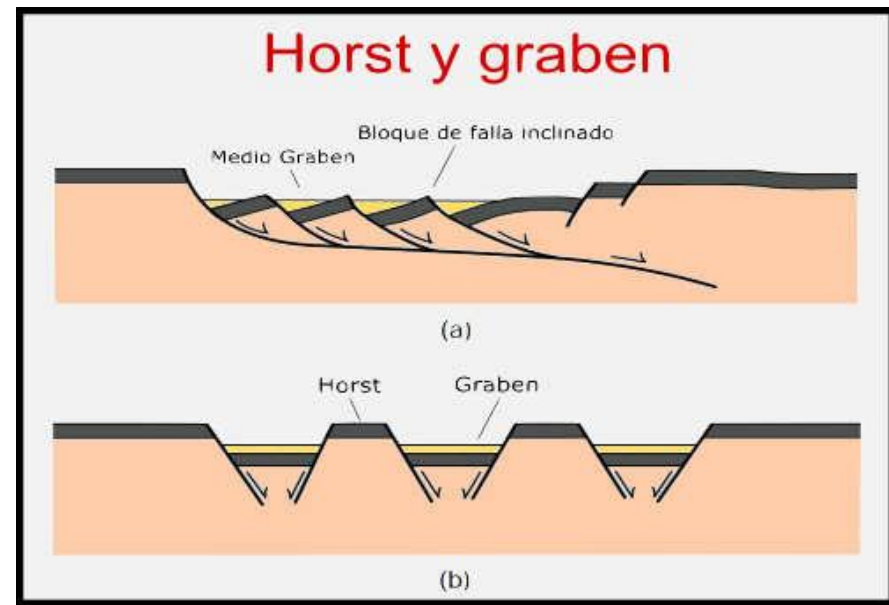
Fallas normales



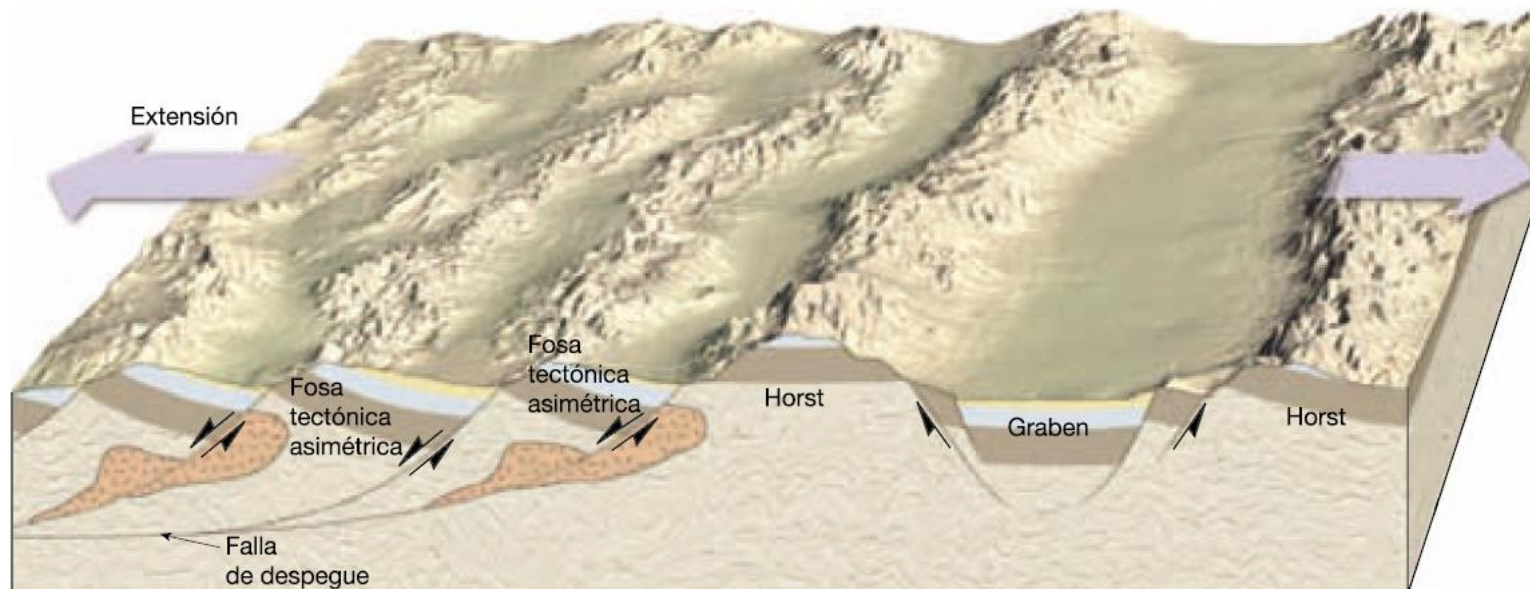
Fallas normales

Sistemas de fallas normales ↔ zonas de extensión cortical (rift, dorsales oceánicas, márgenes pasivos)

Estructuras asociadas: graben, horst, hemigraben

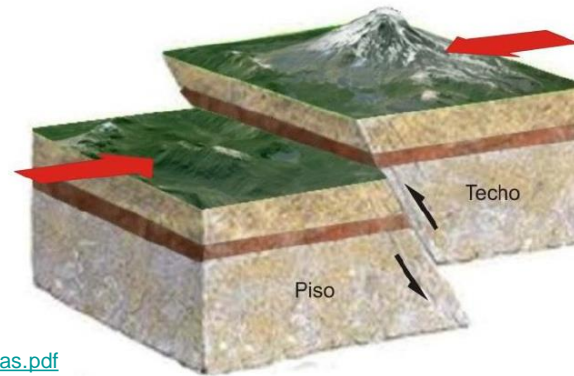
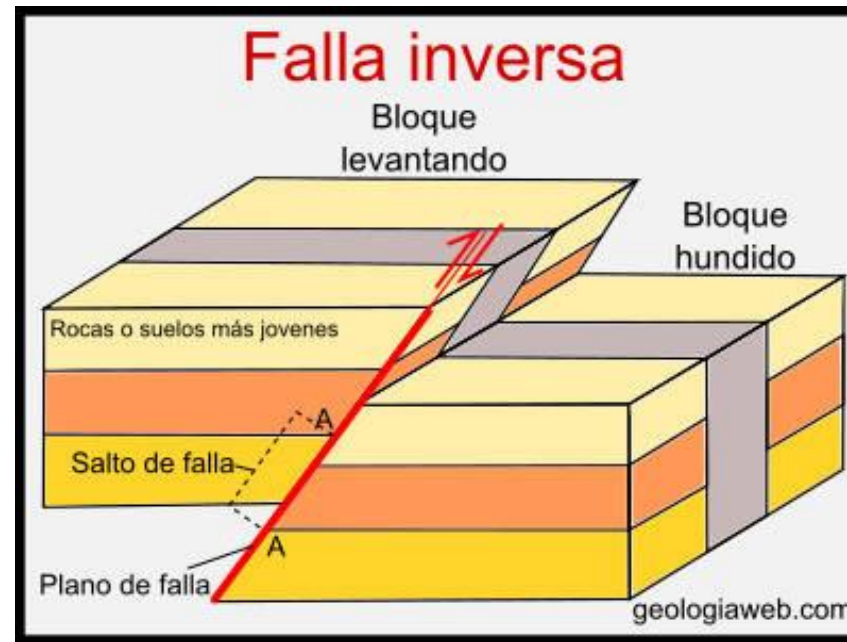


<https://geologiaweb.com/geologia-general/fallas-geologicas/>



Tarback y Lutgens (2005)

Fallas inversas



Compresión horizontal

Acortamiento del terreno

<http://contenidos.inpres.gov.ar/docs/Fallas%20Geol%C3%B3gicas.pdf>

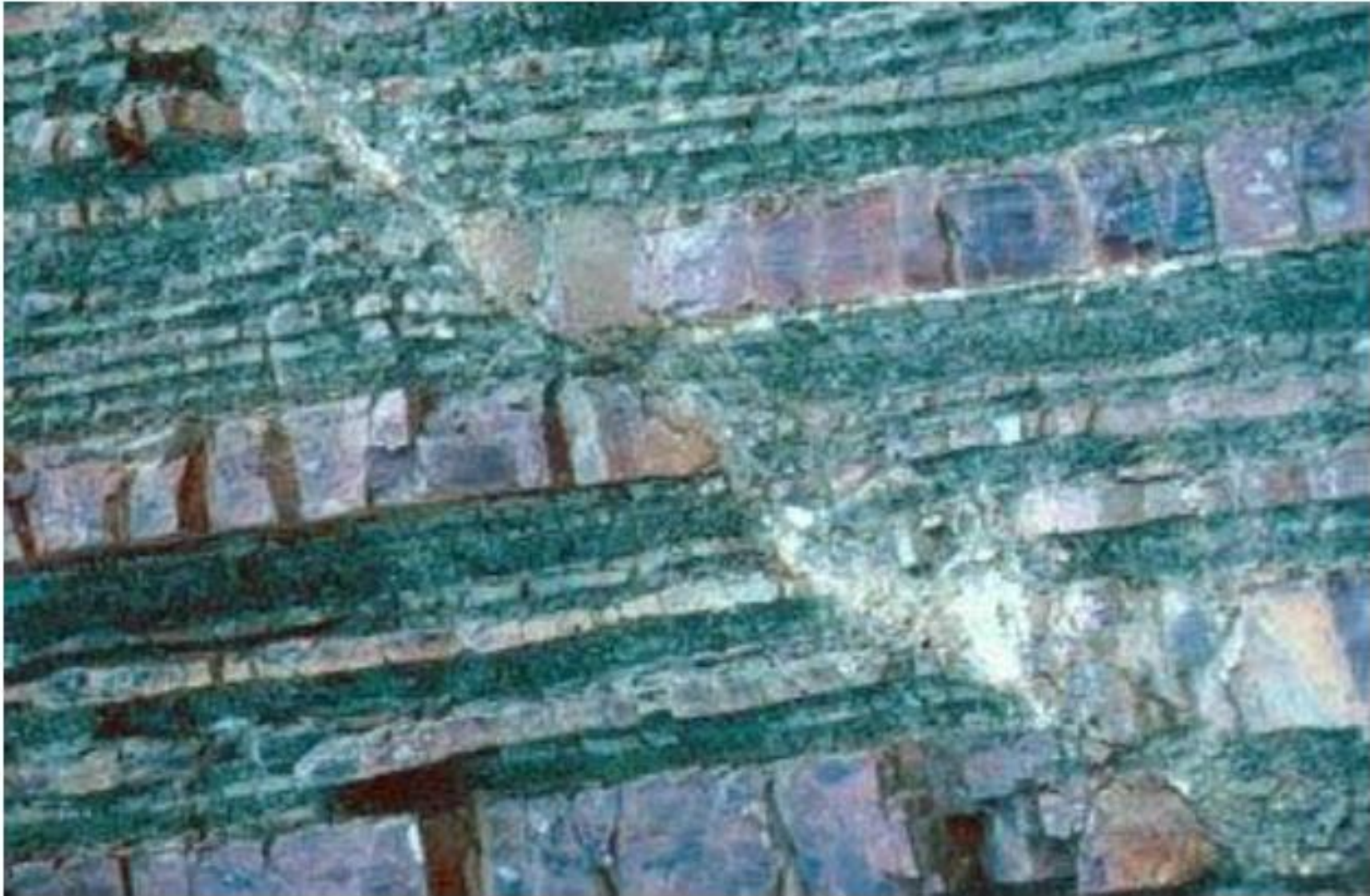
Bloque superior (techo): desliza hacia arriba, se levanta

Bloque inferior (piso): desliza hacia abajo, se hunde

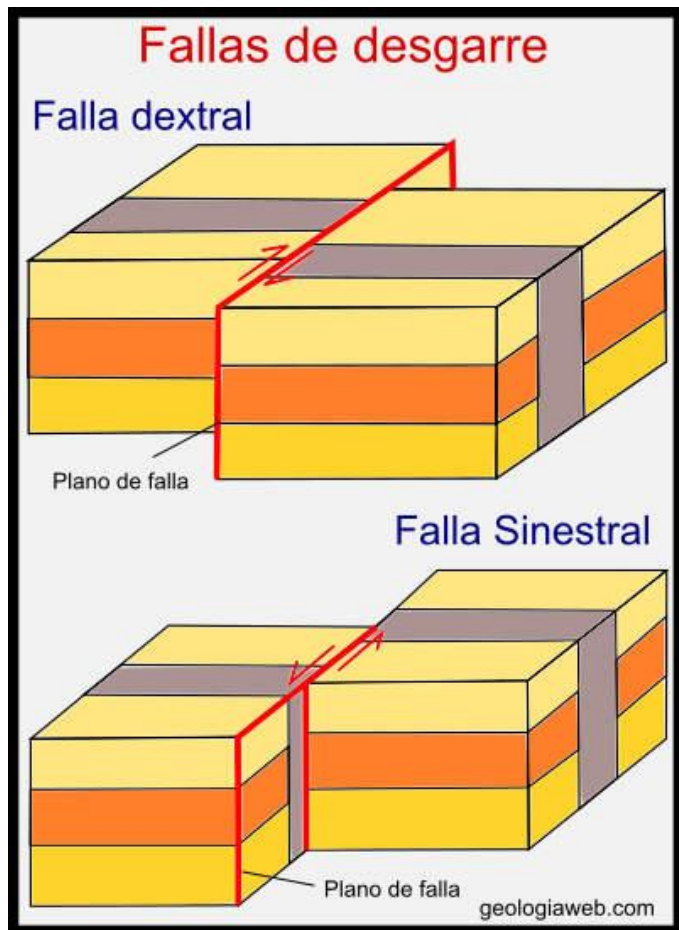
Falla inversa



Fallas inversas



Fallas de desgarre o transcurrentes

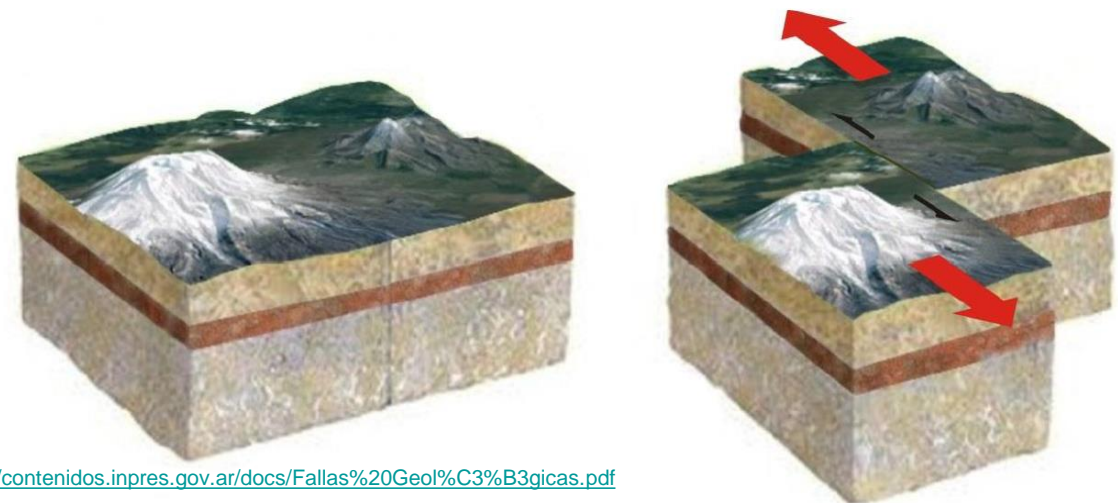


Zonas de fallas → varios km

Planos de falla verticales

Esfuerzos de cizalla

Desplazamiento de bloques paralelo a la superficie del terreno



<http://contenidos.inpres.gov.ar/docs/Fallas%20Geol%C3%B3gicas.pdf>

Fallas de desgarre o transcurrentes



Falla de San Andrés (<https://static3.a24.com/images/2019/9/6/r119K7JUH-900x000.jpeg>)

Fallas de desgarre o transcurrentes



Fallas de desgarre o transcurrentes



Procesos geológicos

Cambios físicos y químicos que modifican la superficie terrestre

Procesos endógenos formadores de relieve

- Movimientos tectónicos
- Vulcanismo
- Actividad sísmica

Procesos exógenos modeladores del relieve

- Meteorización (física, química, biológica)
- Erosión
- Transporte
- Depositación
- Procesos gravitacionales

Procesos exógenos

Meteorización

Desagregación y alteración de materiales *in situ*

Meteorización física: desagregación por procesos físicos (ej.: gelifracción, expansión y contracción térmicas, descompresión)

Meteorización química: desagregación por alteración química de minerales (ej.: oxidación, disolución, hidrólisis)

Meteorización biológica: fracturación o alteración química por intervención de seres vivos (ej.: acción radicular, ácidos secretados por líquenes)

Erosión

Remoción del material por acción de agentes geomórficos

Transporte

Traslado de los materiales por medio de agentes geomórficos hasta su depositación

Procesos exógenos

Deposición

Acumulación de los materiales transportados en cuencas sedimentarias

Procesos gravitacionales

Movimiento pendiente abajo por acción de la gravedad

Agentes geomorfológicos

Incorporan y transportan material: ríos, glaciares, viento, precipitación, olas, corrientes marinas, etc.

Factores determinantes en el modelado del relieve

- Agente geomórfico actuante
- Estructura geológica
- Clima ↔ procesos, agentes y vegetación
- Litología
- Cubierta vegetal
- Tiempo
- Procesos exógenos y endógenos
- Acción antrópica

Diferencia entre valles glaciarios y fluviales



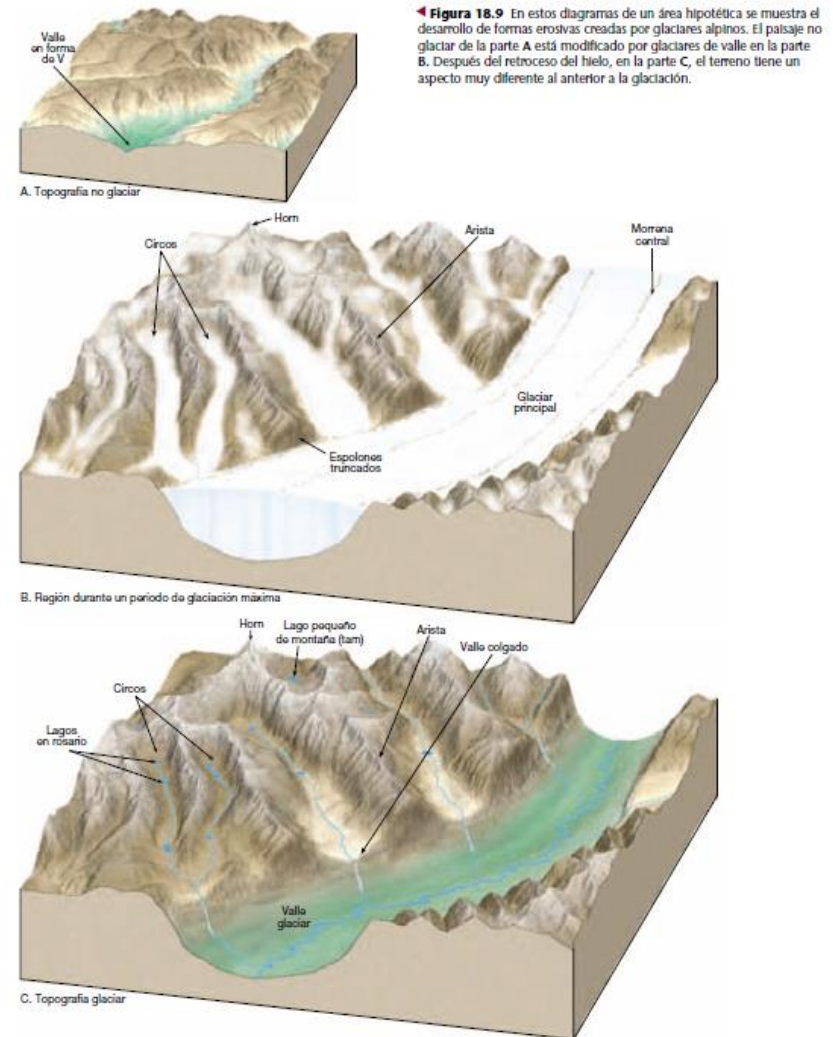
<https://www.voydeviaje.com.ar/argentina/san-martin-de-andes-una-joya-en-orillas-del-lago-lacar/>

Valle glaciar. Ej.: Lago Lácar (San Martín de los Andes)



https://www.researchgate.net/publication/301889952_Peligros_geomorfologicos_inundaciones_y_procesos_de_ladera_en_la_cuenca_alta_del_rio_General_Perez_Zeledon_Costa_Rica

Valle fluvial



Tarbutck y Lutgens (2005)

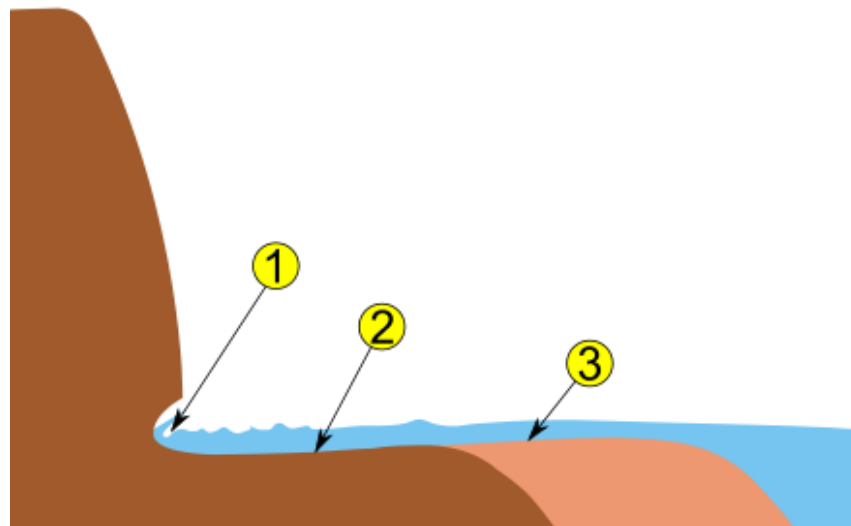


<https://elpais.com/internacional/2021-04-24/el-superpoder-de-la-soja-en-brasil.html>

Deforestación del Amazonas (Brasil) por malas prácticas agrícolas asociadas al cultivo de soja

Erosión

- Acantilados
- Arcos
- Pilares
- Plataformas de abrasión



1. Socavón
2. Plataforma de abrasión
3. Plataforma de acumulación

Acantilados



Acantilados de Mar del Plata

Plataforma de abrasión



Península Valdés, Chubut

Geoformas marinas

Acumulación

- Playas
- Planicies de marea
- Marismas
- Terrazas de acumulación
- Espigas e islas de barrera
- Tómbolos
- Territorios cuspidados



Planicies de mareas y marismas



Punta Rasa, Provincia de Buenos Aires Argentina)

Geoformas fluviales

Acción de cursos
superficiales de agua

- Formas erosivas:

- Valle
- Canal
- Escarpa fluvial

- Formas de acumulación:

- Planicies aluviales
- Abanicos aluviales
- Barras
- Deltas



Deltas



Descloitres, MODISRapid Response Team, NASA/GSFC

Delta del Paraná

Abanico aluvial



Geoformas glaciarias

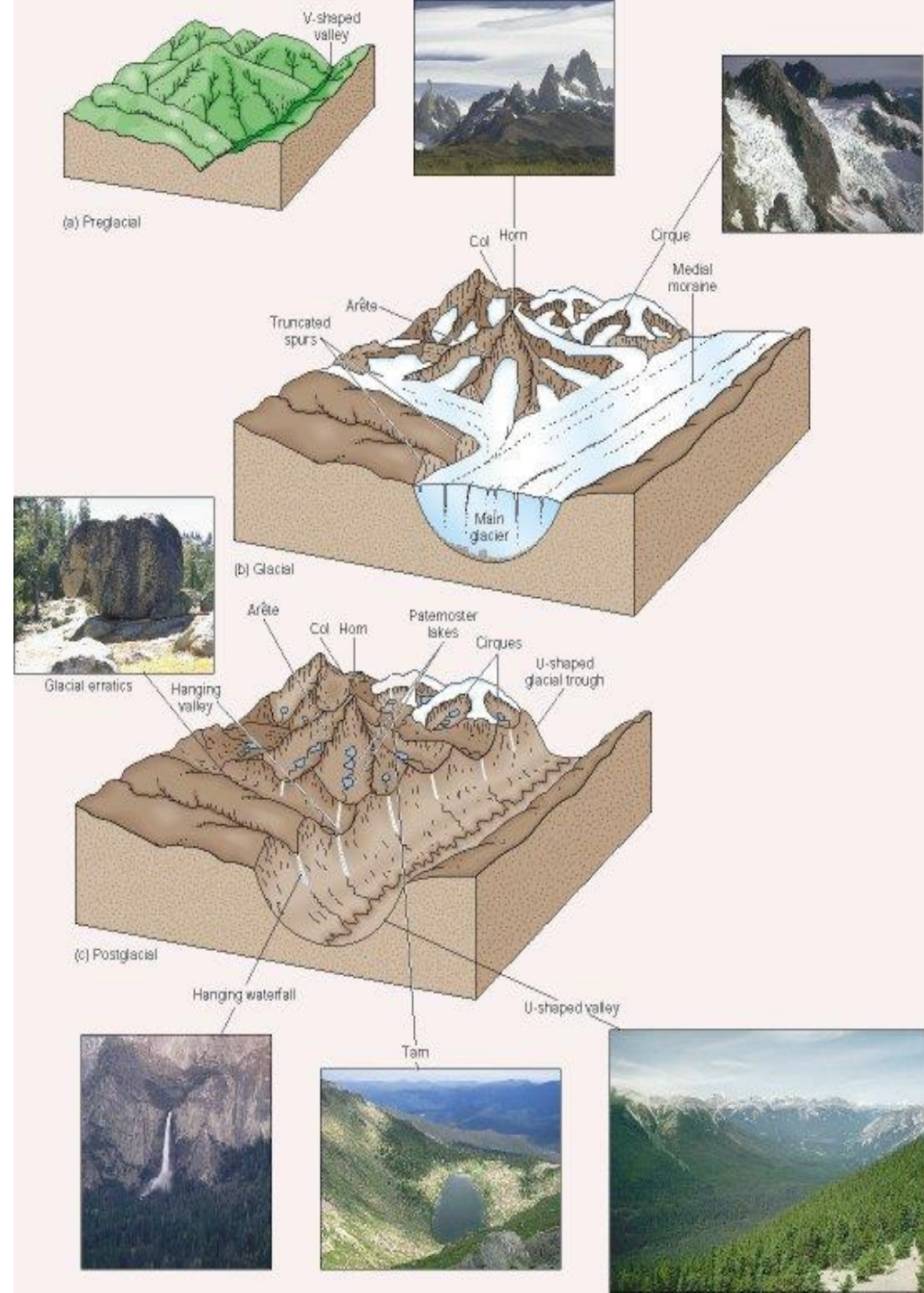
- Casquetes polares
- Glaciares de valle

Erosión

- Valle
- Valles colgados
- Circos
- Agujas
- Lagos en rosario

Acumulación

- Morenas
- Bloques erráticos
- Rocas aborregadas



Valle glaciario



Valle glaciario



Circos glaciarios



Agujas



© Joseba Umbelina

Cerro Fitz Roy (Argentina)

Morenas



Figura 1. El glaciar Vinciguerra presenta una superficie de aproximadamente 0,6 km². En la imagen se puede observar la abrupta pared posterior del anfiteatro (circo) que contiene al glaciar. Por delante del glaciar se observa una colina alargada de rocas y sedimentos (morena frontal) depositados por el frente del glaciar durante una fase de avance, posiblemente unos 150 a 200 años atrás.

Bloques erráticos



Åspo, Suecia (M.V. Altinier, 2019)

Geoformas eólicas

Acción del viento muy importante en áreas poco o nada vegetadas

Formas erosivas

- Pavimento rocoso
- Hoyos de deflación

Formas de acumulación

- Dunas
- Loess



Pavimento del desierto

Concentración superficial de material grueso por erosión del material fino (arenas, limos y arcillas) debido a la acción del viento



https://www.flickr.com/photos/banco_imagenes_geologicas/5013519265/in/album-72157624884384307/



https://www.flickr.com/photos/banco_imagenes_geologicas/5013519435/in/album-72157624884384307/



https://www.flickr.com/photos/banco_imagenes_geologicas/5014123632/in/album-72157624884384307/

Hoyas o cubetas de deflación

Remoción de la capa superficial de suelo

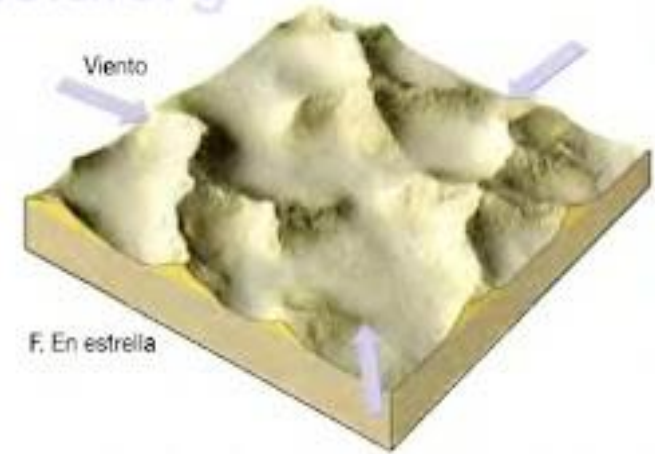
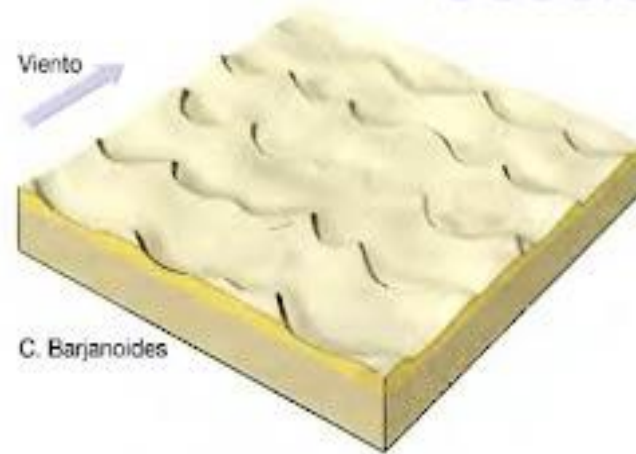
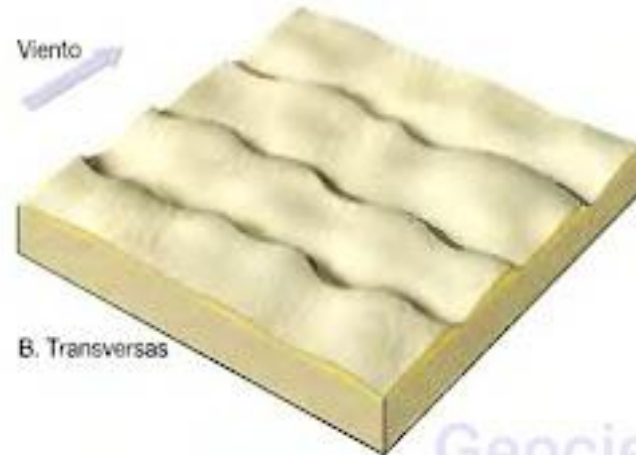
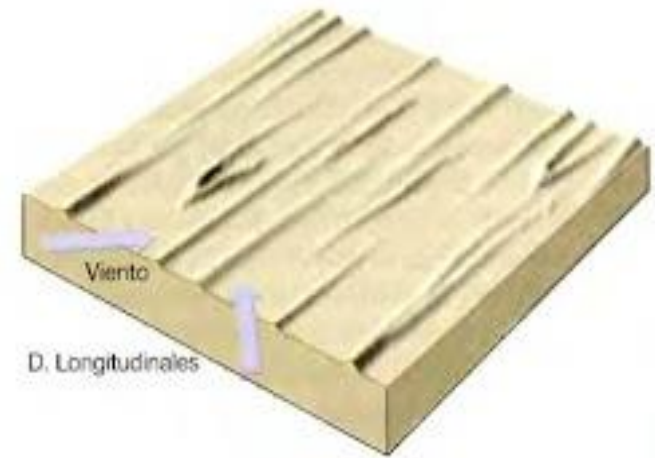
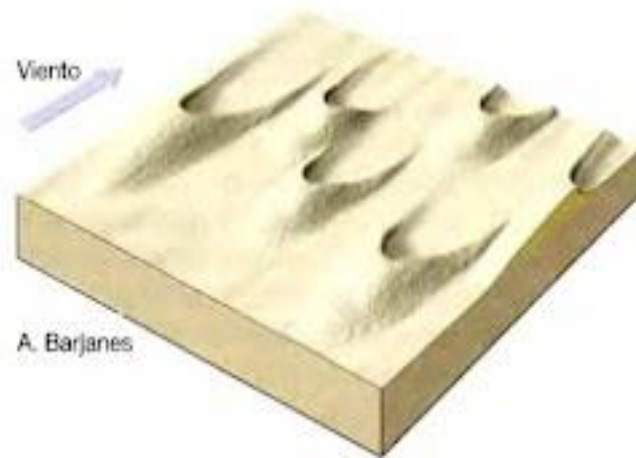


https://www.produccion-animal.com.ar/suelos_ganaderos/21-formas_erosion_eolica_san_luis.pdf



Dunas

Tipos de duna:
disponibilidad
de arena e
intensidad y
dirección
de vientos



Geociencia.org

Loess



Acumulación de sedimentos finos (limos finos y arcillas) de material transportado por viento

Procesos gravitacionales o de remoción en masa

Movimientos de roca, regolito o suelo pendiente abajo por influencia de la gravedad

- No necesita agente de transporte
- Disparadores
 - Terremotos
 - Pérdida de cobertura vegetal
 - Lluvias torrenciales
 - Deshielo
 - Variación en el nivel freático

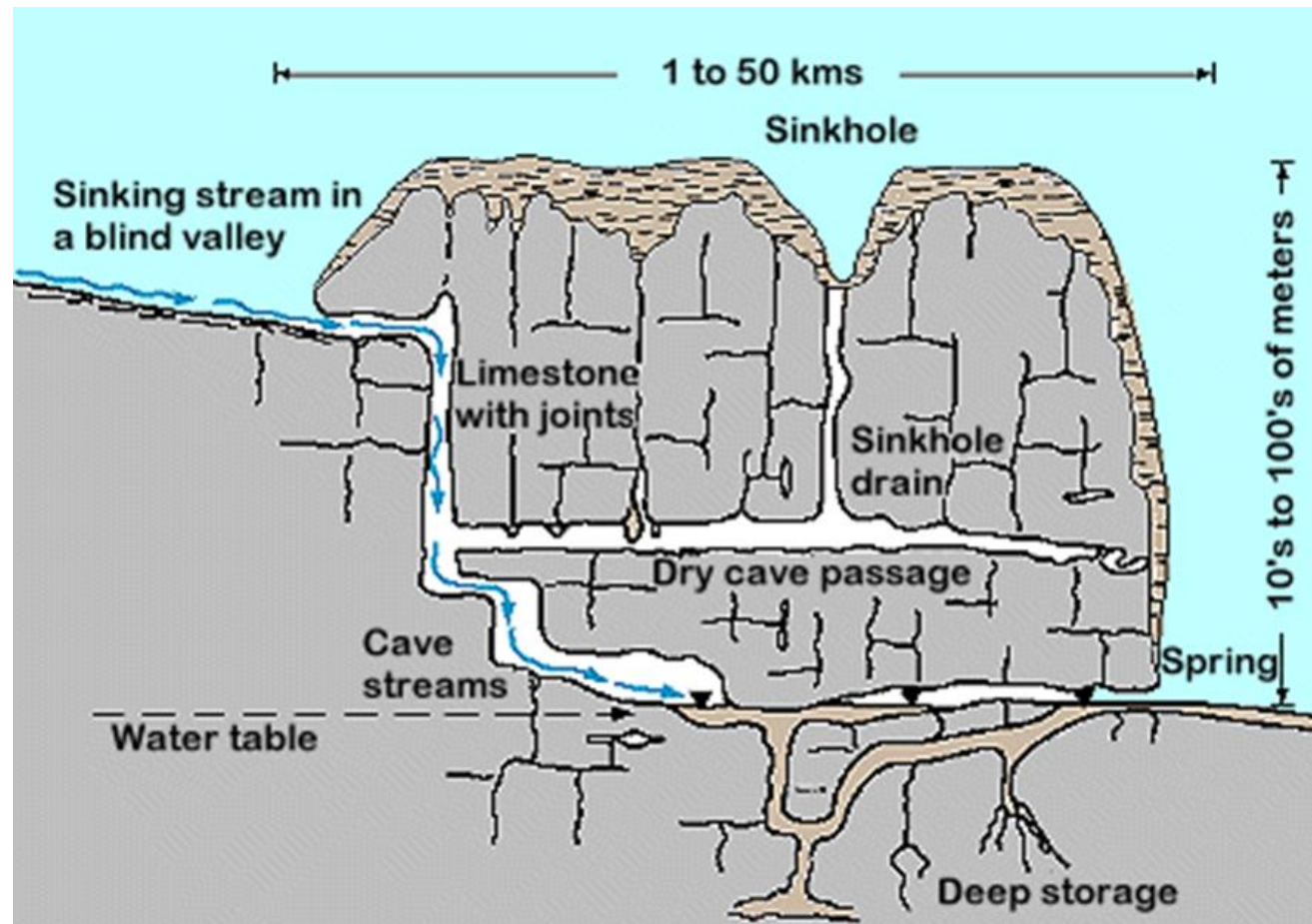


<https://www.geotecnia.online/wp-content/uploads/2017/03/landslide3-1024x683.jpg>

Geoformas Kársticas

Disolución y precipitación de la roca

- Roca soluble (calizas, halita, yeso)
- Diferencias de resistencia y solubilidad
- Lluvias intensas
- Lluvias estacionales
- Aguas pH ácido



Geoformas Kársticas



Bibliografía

Básica

Tarbutck y Lutgens (2005). Ciencias de la Tierra. Pearson (Cap.: 1, 2, 3, 4, 7, 8, 10, 12, 13, 14,17)

<https://xeologosdelmundu.org/wp-content/uploads/2016/03/TARBUCK-y-LUTGENS-Ciencias-de-la-Tierra-8va-ed.-1.pdf>

Varela, R (2014). Manual de geología. INSUGEO/CONICET.
http://www.insugeo.org.ar/libros/misc_21/pdf/varela_miscelanea_21_manual_de_geologia.pdf

Waltham. Foundations on Engineering geology. Spon
Complementaria

- Bell. Engineering Geology. Elsevier
- Blyth. A Geology for Engineers. Elsevier
- Goodman. Engineering Geology. Wiley
- Price. Engineering Geology. Springer

Consultas: maltinier@fi.uba.ar