

Introducción a la geología



Mecánica de Suelos y Geología
Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires

Índice



- **Planeta tierra y tiempo geológico**
- Tectónica de placas
- Minerales
- Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas

Geología e Ingeniería geológica



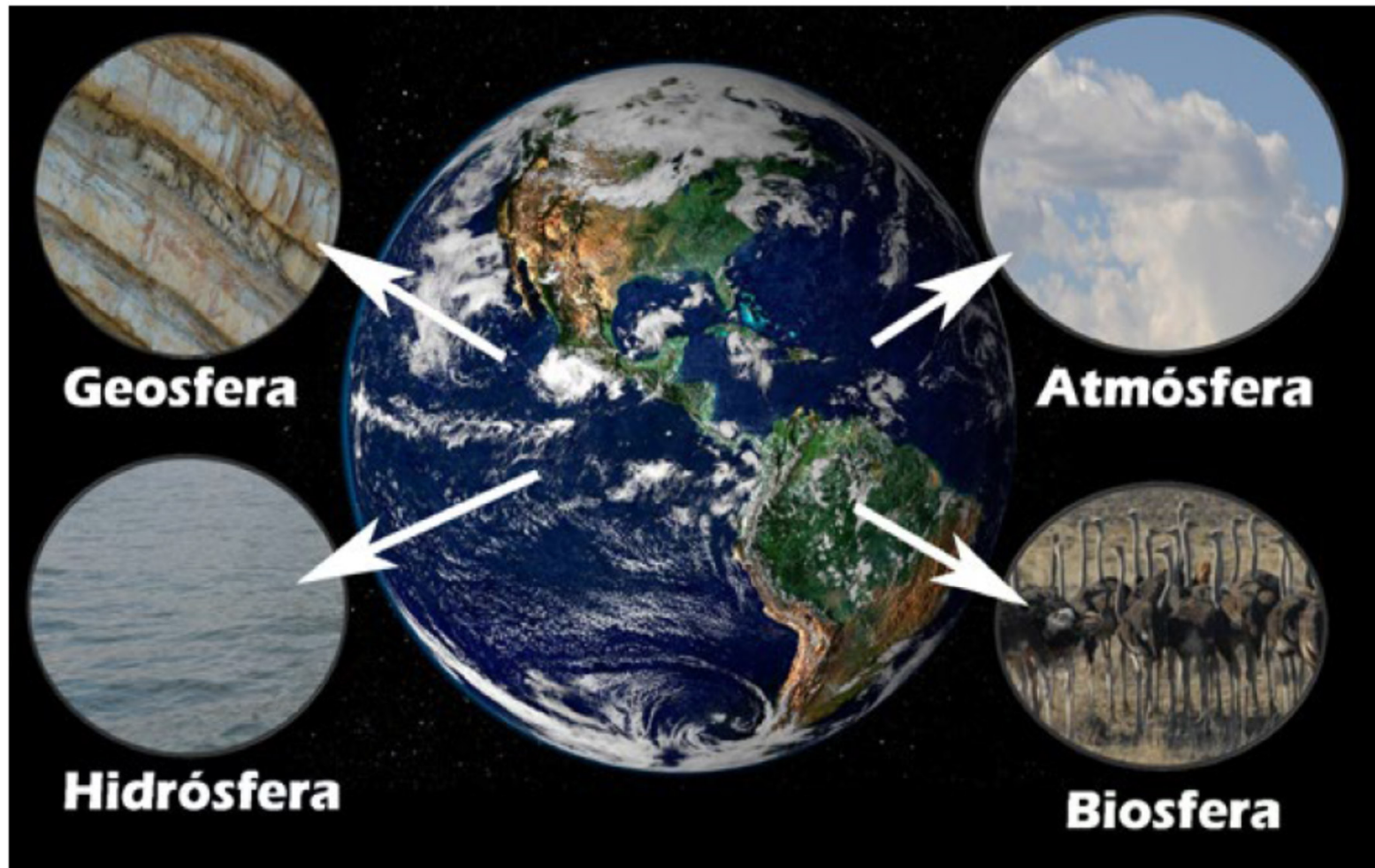
La Geología es una ciencia natural cuyo objeto de estudio es el planeta Tierra. Estudia desde sus orígenes, composición, estructura y forma, hasta los procesos internos y externos involucrados en su evolución.

La Ingeniería Geológica o Geología Aplicada a la Ingeniería estudia el impacto de las propiedades de las rocas y macizos rocosos en las obras del hombre.



Planeta Tierra: sistema abierto y dinámico

- Intercambio de energía y materia con el espacio exterior
- Interacción e interrelación entre subsistemas



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



Planeta Tierra: sistema abierto y dinámico

- **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>

- **Hidrófera:** agua del planeta en todos sus estados físicos. Regulación del clima, modelado del relieve, desarrollo de seres vivos.



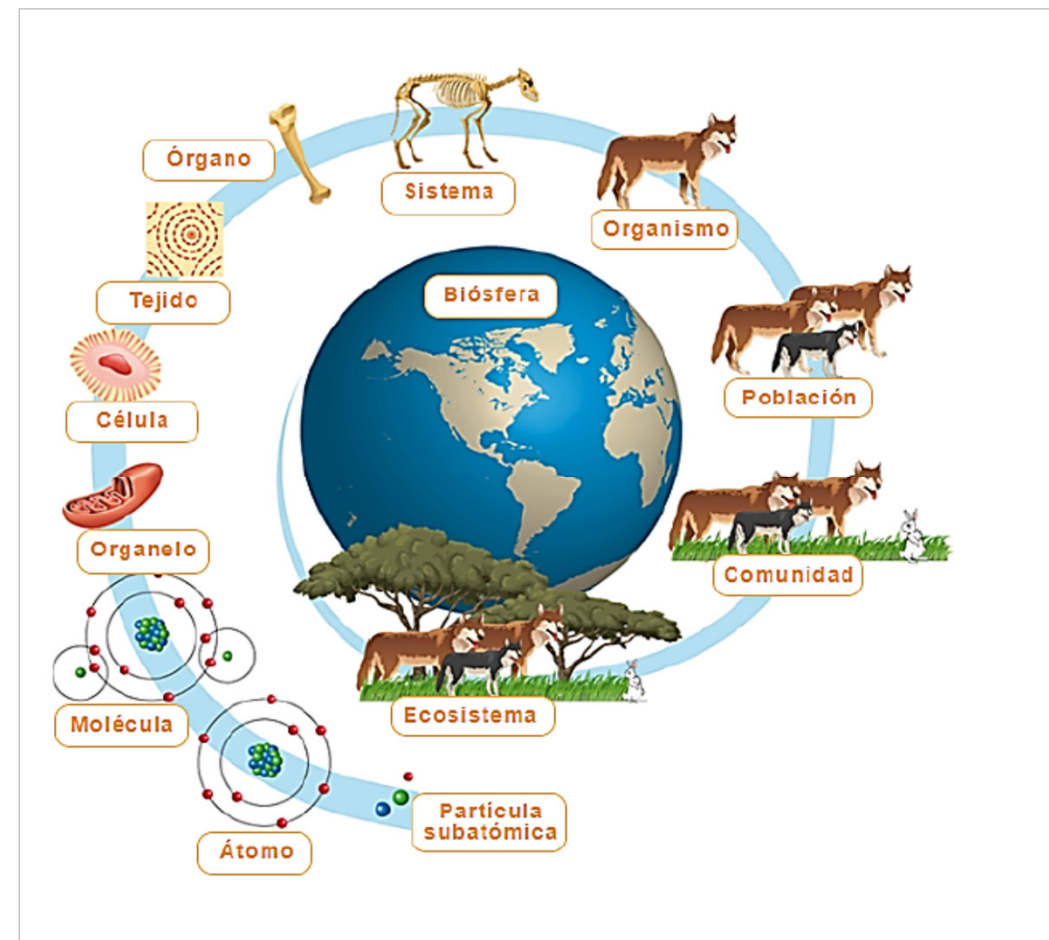
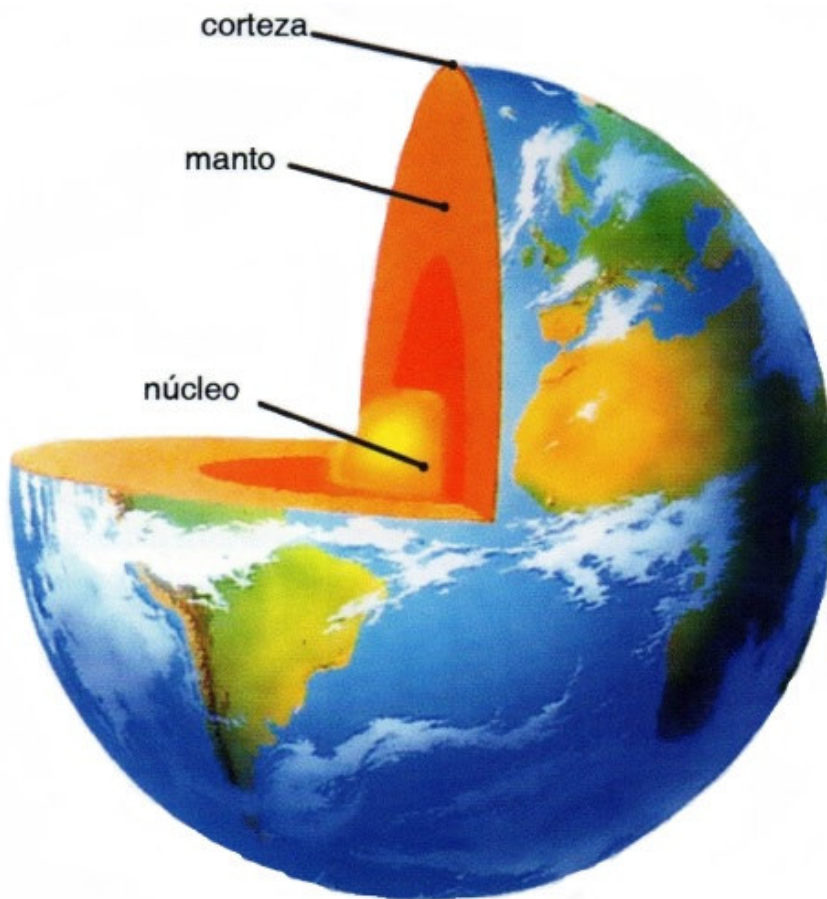
<https://matte23.blogspot.com/2018/11/la-hidrosfera-y-sus-componentes.html>

Planeta Tierra: sistema abierto y dinámico

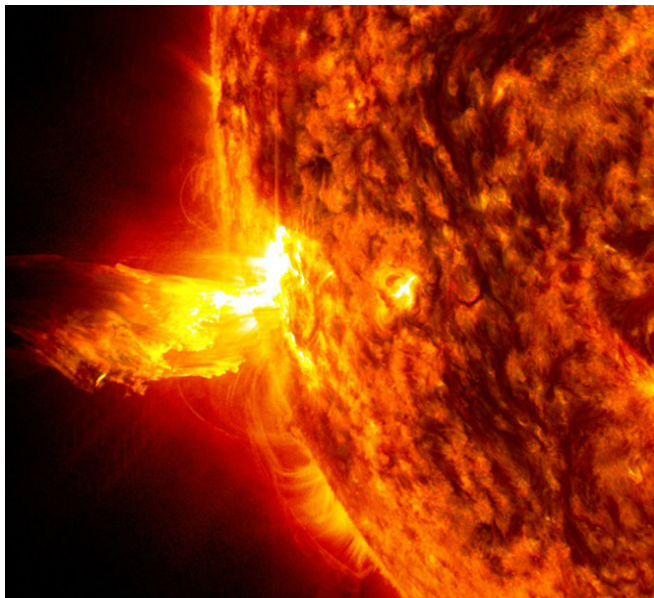


- **Geósfera:** parte sólida de la tierra y capas que forman su estructura interna. Rocas, minerales, sedimentos y suelos

- **Biósfera:** formas de vida del planeta



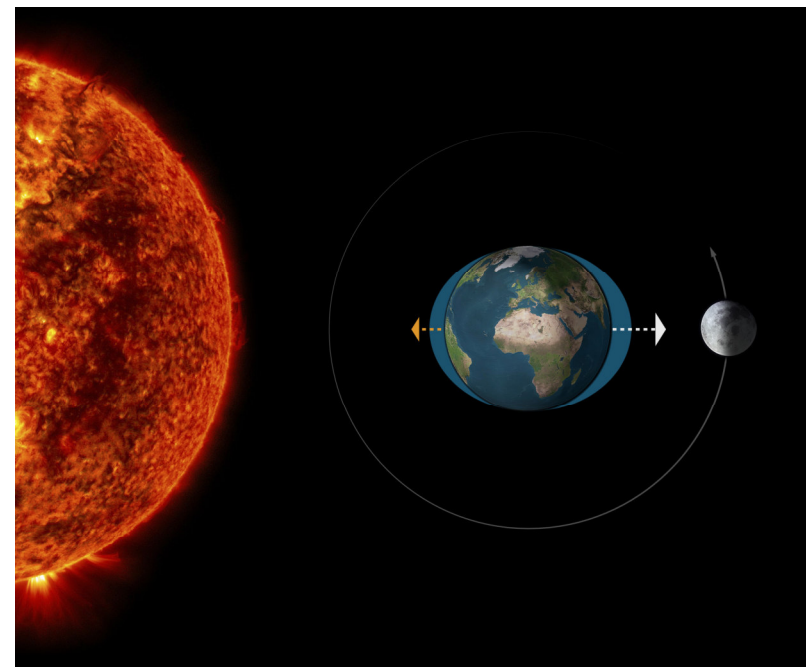
Sistema terrestre: fuentes de energía principales



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

Externa:

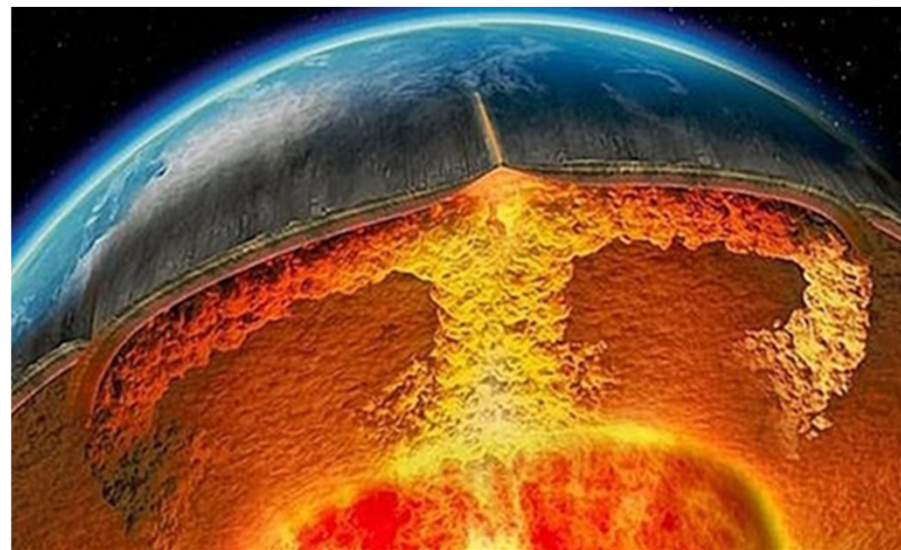
- Radiación solar
- Mareal



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

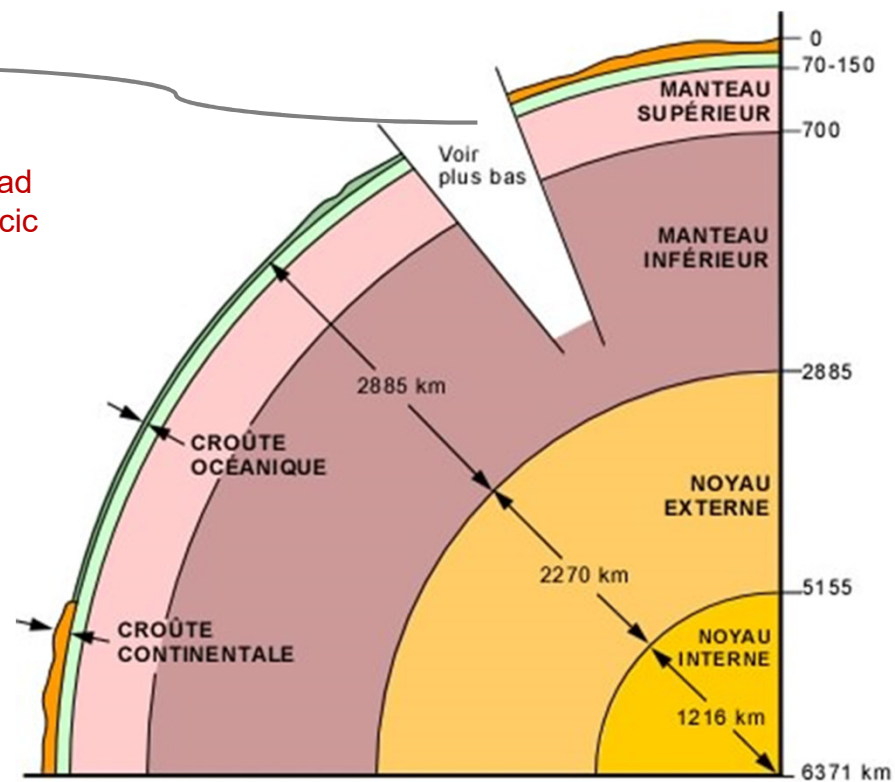
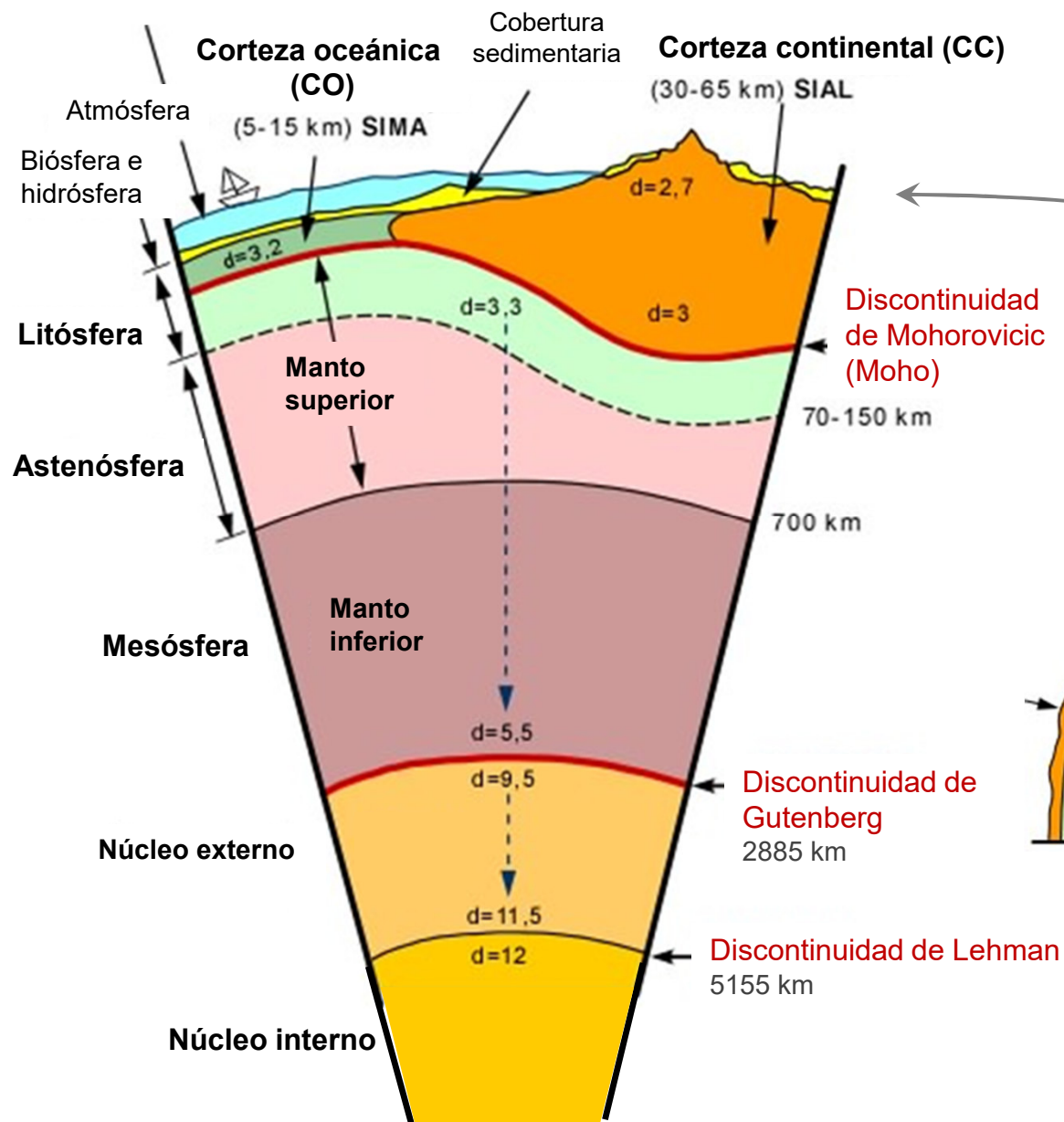
Interna: Energía térmica

- Enfriamiento gradual del núcleo
- Desintegración de las cadenas radiactivas naturales (uranio, torio y potasio)



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

Estructura interna de la tierra



Estructura interna de la tierra



Litósfera: Corteza terrestre + Capa rígida del manto superior

➤ Corteza terrestre: Prof.~0-70km. Sólido rígido

CC: rocas graníticas (silicatos de K y Al); $d \sim 2,7 \text{g/cm}^3$. Esp.~30-35km planicies continentales, 50-70km montañas.

CO: rocas máficas (ej. basaltos, gabros, doleritas): aluminosilicatos de Fe, Mg y Ca; $d \sim 3 \text{g/cm}^3$. Esp.~5-15km

➤ Discontinuidad de Mohorovicic (Moho): zona de transición corteza/manto

➤ Capa rígida del manto superior:

Sólido rígido. Rocas ultramáficas (ej.: peridotitas): silicatos y óxidos de Fe y Mg; Prof.~70-150km; $d \sim 3,3 \text{g/cm}^3$

Astenósfera: capa dúctil del manto superior

Sólido. Comportamiento dúctil; $d \sim 3,3 \text{g/cm}^3$

Prof.~70-150 km

Mesósfera: manto inferior

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

Prof.~150-2900 km

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

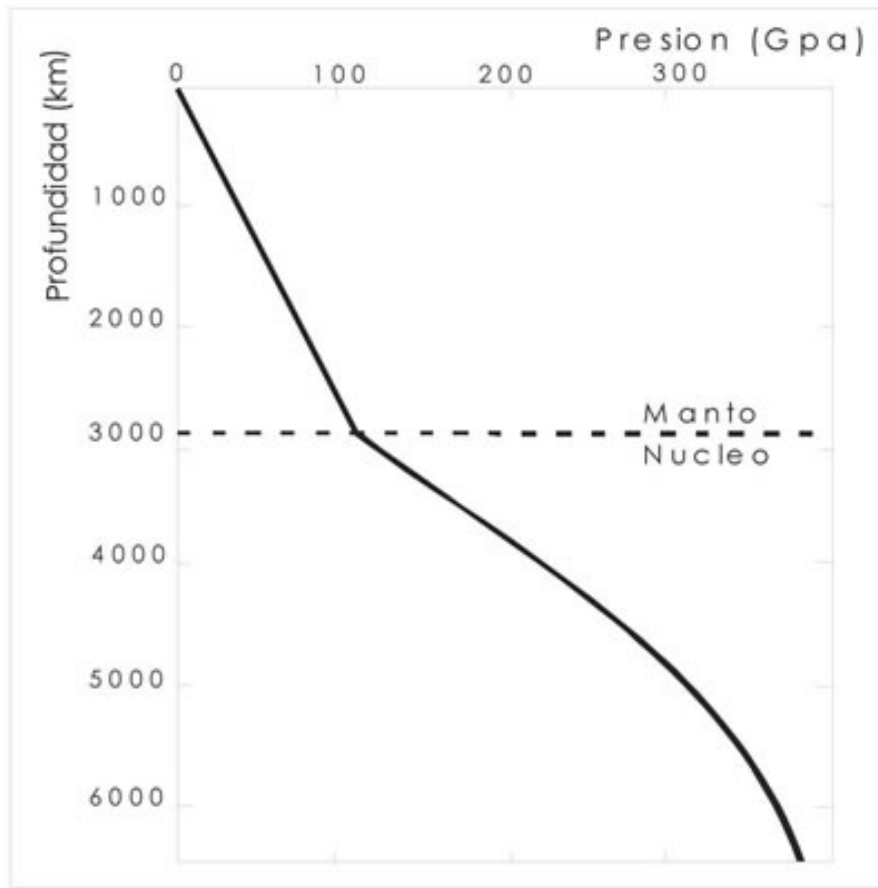
Discontinuidad de Gutenberg: zona de transición manto/núcleo

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

➤ Núcleo externo: líquido. Campo magnético terrestre (corrientes convectivas Fe). Prof.~2900-5100km

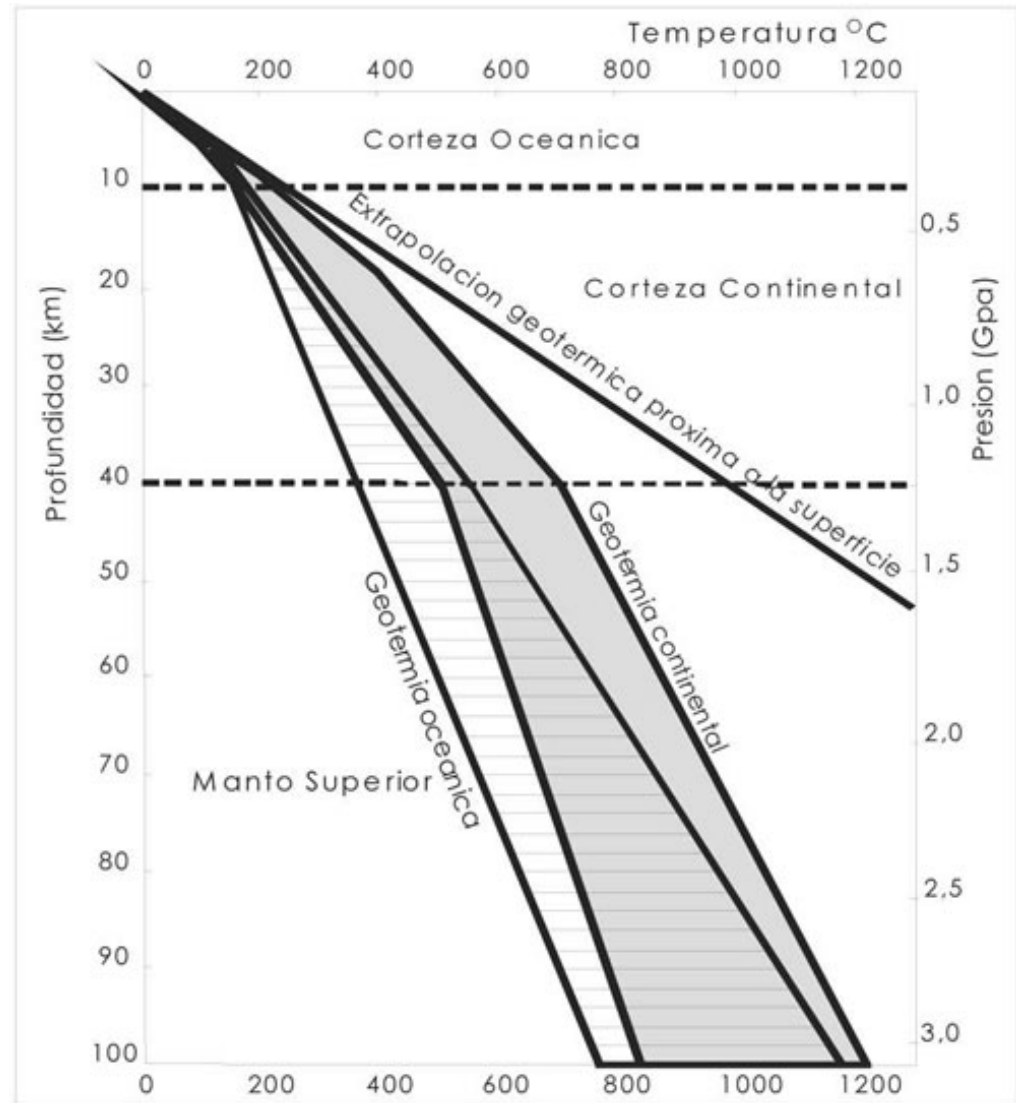
➤ Núcleo interno: sólido rígido. Prof.~5100-6378km

Temperatura y presión



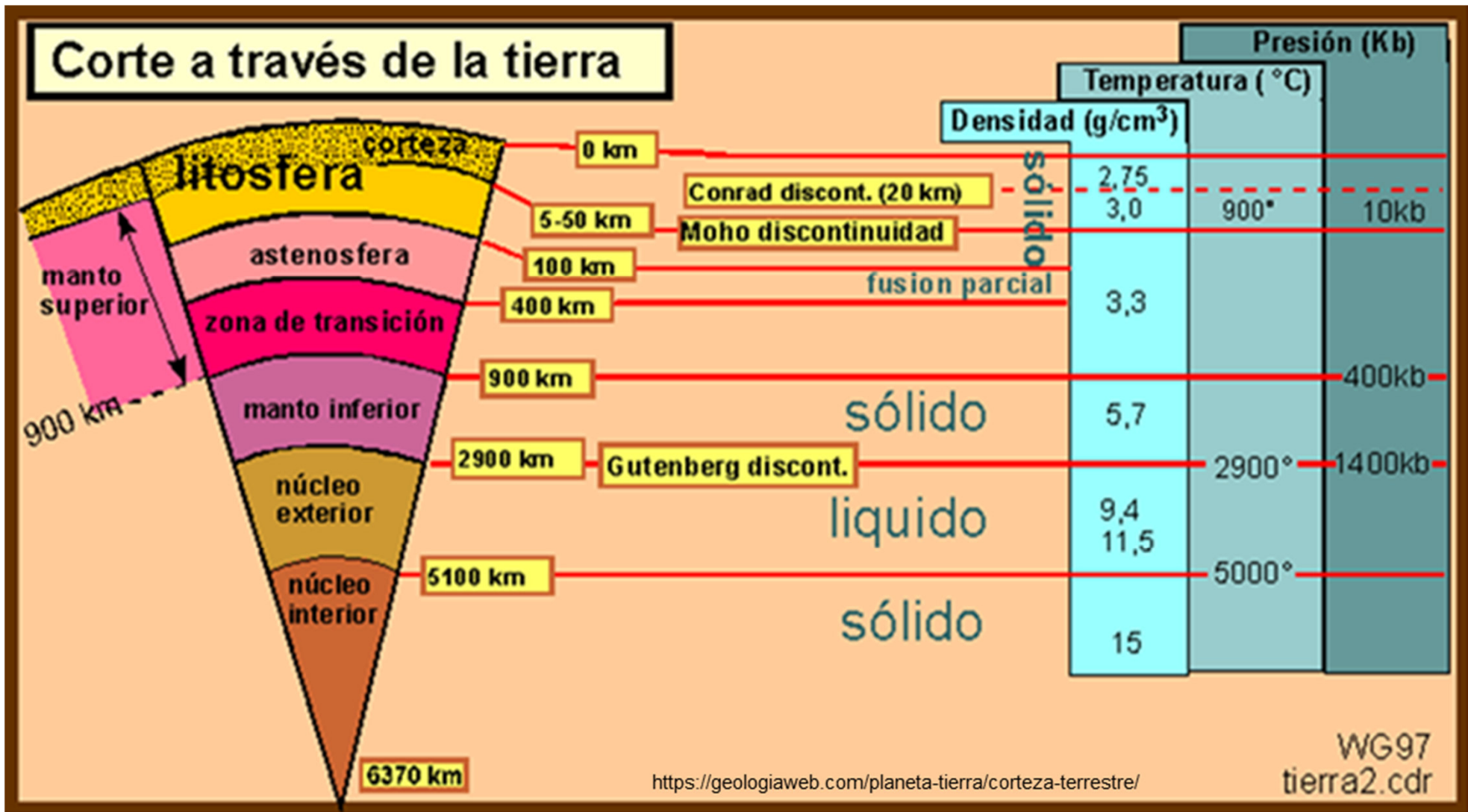
http://www.insugeo.org.ar/libros/misc_18/01.htm

Variación de la presión con la profundidad



Rango de variación del gradiente geotérmico en áreas oceánicas (rayado horizontal) y en áreas continentales (gris), hasta los 100 km
(http://www.insugeo.org.ar/libros/misc_18/01.htm)

Estructura interna de la tierra

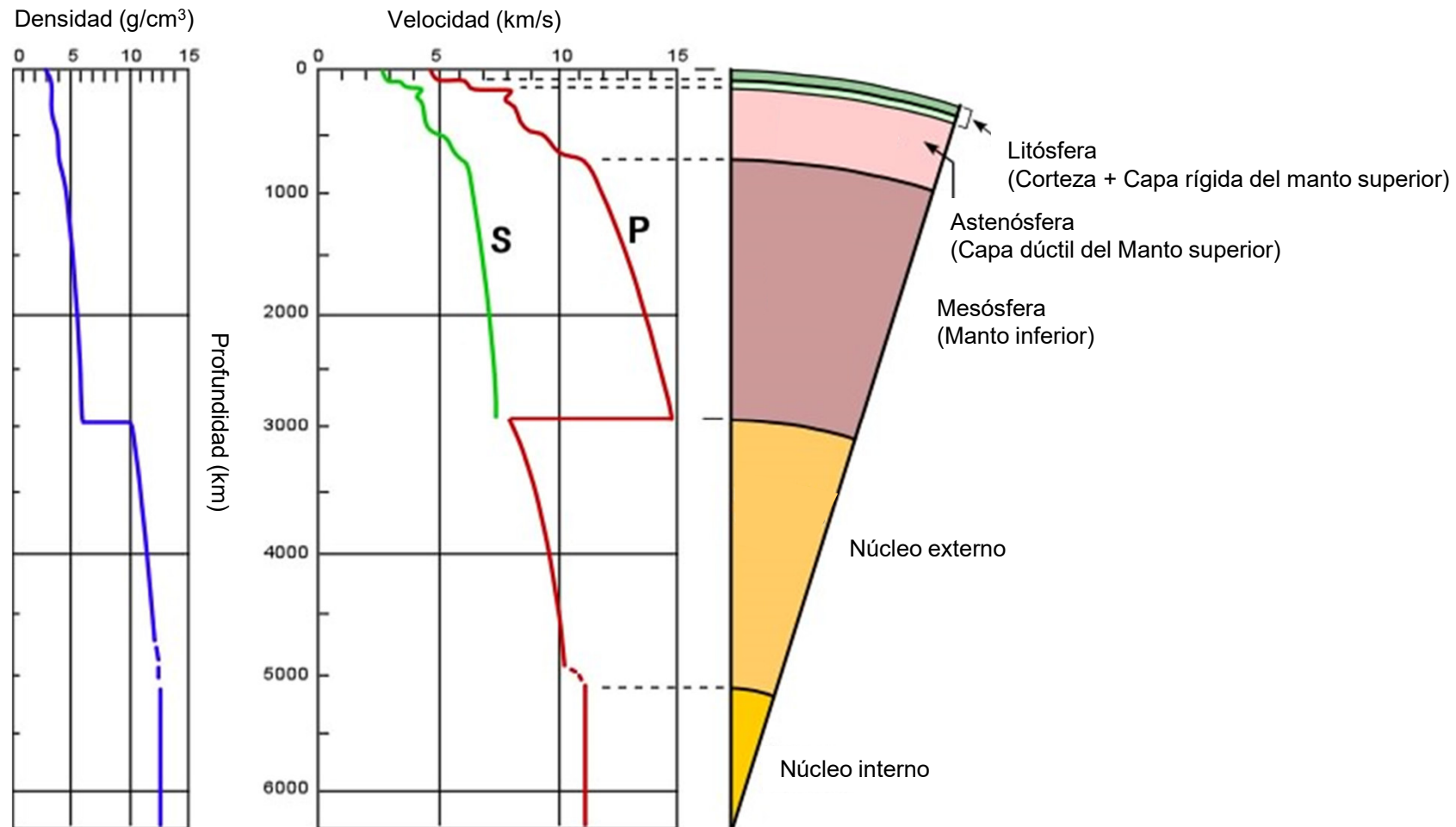


Estructura interna de la tierra



Comportamiento de ondas sísmicas producidas por terremotos

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

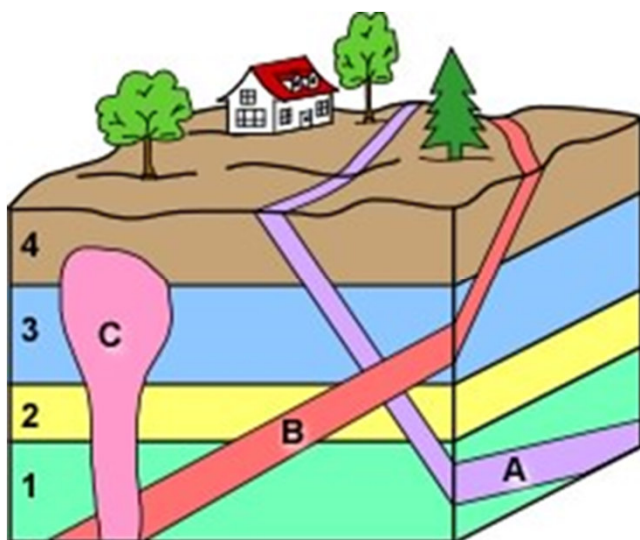


Modificado de http://www2.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/planete_terre.html

Tiempo geológico



- Tiempo geológico: 4600 Ma (formación de la tierra) hasta el presente.
- Escala de tiempo geológico ↔ historia del planeta:
 - Dataciones relativas: bioestratigrafía (fósiles guía, asociaciones de fósiles, líneas evolutivas); estratigrafía (superposición de estratos, horizontalidad original, relaciones de corte, discordancias)
 - Dataciones absolutas: métodos radimétricos (ej.: $^{235}\text{U}/^{207}\text{Pb}$, $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$, $^{40}\text{K}/^{36}\text{Ar}$, $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$)



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

Edad de la Tierra: 4600 Ma

- **Precámbrico:** fósiles más antiguos~3500 Ma. Organismos unicelulares.
- **Paleozoico:** aparición de organismos multicelulares, gran diversificación biológica en mares. Pérmico: gran extinción biológica.
- **Mesozoico:** era de los reptiles. Apogeo de los dinosaurios y extinción a fines del Cretácico.
- **Cenozoico:** diversificación de aves y mamíferos.
Aparición del género *Homo*~2,5Ma y diversificación en el Cuaternario.
Paisaje actual: cuaternario.

ESCALA DEL TIEMPO GEOLÓGICO

ERA	PERÍODO	ÉPOCA	EDAD ABSOLUTA millones de años
CENOZOICA	Cuaternario	Holoceno	0,01
		Pleistoceno	1,8
	Terciario	Plioceno	5,0
		Mioceno	22,5
		Oligoceno	37
		Eoceno	55
		Paleoceno	65
MESOZOICA (Secundaria)	Cretácico		141
	Jurásico		195
	Triásico		230
PALEOZOICA (Primaria)	Pérmico		280
	Carbonífero		345
	Devónico		395
	Silúrico		435
	Ordovícico		500
	Cámbrico		570
PRECÁMBRICO			4 600

Plegamientos alpinos

Plegamientos hercinianos

TABLA CRONOESTRATIGRÁFICA INTERNACIONAL

www.stratigraphy.org

Comisión Internacional de Estratigrafía

v 2018/08



Enotema / Eón	Erátoma / Era	Sistema / Período	Serie / Época	Piso / Edad	GSSP	Edad (Ma)
Fanerozoico	Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	Megalayense Norgripiense Groenlandiense	0.0002 0.0082 0.0117	actualidad
			Pleistoceno	Superior Medio	0.126 0.781	
		Plioceno	Calabriense		1.80	
			Gelasense		2.58	
			Piacenziense		3.600	
		Neógeno	Zandziense		5.333	
			Messiniense		7.246	
			Tortonense		11.63	
			Serravallense		13.82	
			Langhiense		15.97	
	Paleozoico	Mioceno	Burdigaliense		20.44	
			Aquitaniense		23.03	
			Chattense		27.82	
			Rupeliense		33.9	
			Priabonense		37.8	
		Oligoceno	Bartoniense		41.2	
			Luteciense		47.8	
			Ypresiense		56.0	
			Thanetiense		59.2	
			Selandiense		61.6	
	Mesozoico	Paleoceno	Daniense		66.0	
			Maastrichtiense		72.1 ± 0.2	
			Campaniense		83.6 ± 0.2	
			Santoniense		86.3 ± 0.5	
			Coniaciense		89.8 ± 0.3	
		Superior	Turonense		93.9	
			Cenomaniense		100.5	
			Albiense		~ 113.0	
			Aptiense		~ 125.0	
			Barremiense		~ 129.4	
	Cretácico	Inferior	Hauteriviense		~ 132.9	
			Valanginiense		~ 139.8	
			Berriasiense		~ 145.0	

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

Eonotema / Eón		Erátoma / Era		Sistema / Período		Serie / Época	Piso / Edad	GSSP	Edad (Ma)	
									358.9 ±0.4	
Fanerozoico	Paleozoico	Devónico	Superior	Fameniense				372.2 ±1.6		
				Frasniense				382.7 ±1.6		
				Givetiense				387.7 ±0.8		
			Medio	Eifeliense				393.3 ±1.2		
				Emsiense				407.6 ±2.6		
				Pragiense				410.8 ±2.8		
			Inferior	Lochkoviense				419.2 ±3.2		
				Pridoli				423.0 ±2.3		
				Ludlow				426.6 ±0.9		
			Silúrico	Wenlock	Gorstiense				427.4 ±0.5	
		Homeriense					430.5 ±0.7			
		Sheinwoodiense					433.4 ±0.8			
		Ordovícico	Llandovery	Telychiense				438.5 ±1.1		
				Aeroniense				440.8 ±1.2		
				Rhuddaniense				443.8 ±1.5		
			Superior	Hirnantense				445.2 ±1.4		
				Katiense				453.0 ±0.7		
				Sandbiense				458.4 ±0.9		
			Medio	Darriwiliense				467.3 ±1.1		
				Dapingiense				470.0 ±1.4		
				Inferior	Floience				477.7 ±1.4	
			Tremadociense				485.4 ±1.9			
		Cámbrico	Furongiense		Piso 10				~ 489.5	
				Jiangshaniense				~ 494		
				Paibiense				~ 497		
				Guzhangense				~ 500.5		
			Miaolingiense	Drumiense				~ 504.5		
				Wuliense				~ 509		
				Piso 4				~ 514		
			Serie 2	Piso 3				~ 521		
				Piso 2				~ 529		
				Terreneuviense				541.0 ±1.0		
					Fortuniense					

Enotema / Eón	Eratema / Era	Sistema / Período	GSSP	Edad (Ma)
Precámbrico	Proterozoico	Neoproterozoico	Ediacárico	541.0 ± 1.0
		Criogénico	~ 635	
		Tónico	~ 720	
		Mesoproterozoico	Esténico	1000
			Ectásico	1200
			Calímico	1400
		Paleoproterozoico	Estatérico	1600
			Orosirico	1800
			Riácico	2050
			Sidérico	2300
	Arcaico	Neo-arcaico	2500	
		Meso-arcaico	2800	
		Paleo-arcaico	3200	
		Eo-arcaico	3600	
		Hádico	4000	
			~ 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 (GSA - 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 estratogramas 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 estratipo 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. (2013; actualizada). The ICS International Chronostratigraphic Chart. Episodes 36: 199-204.

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

Índice

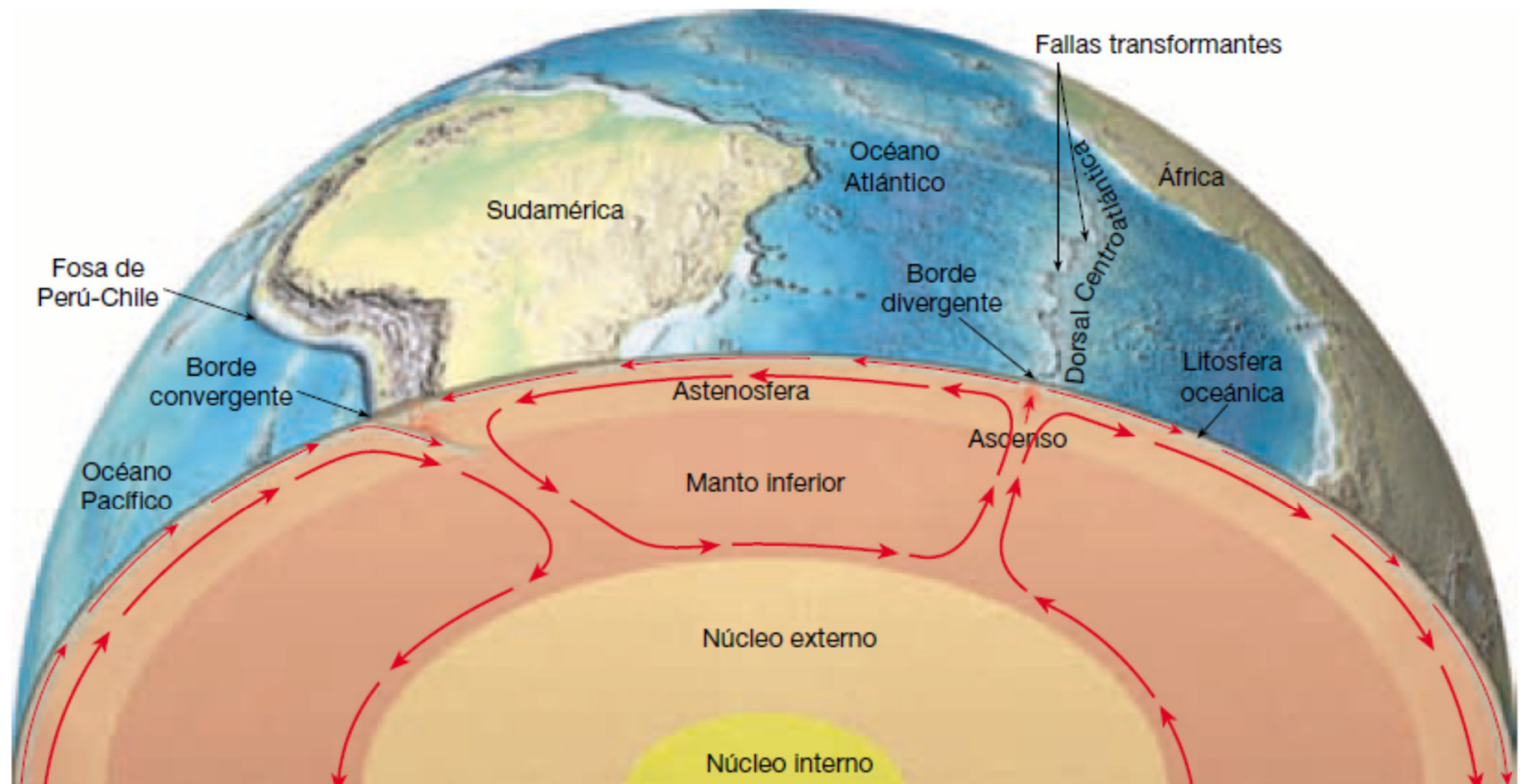


- Planeta tierra y tiempo geológico
- **Tectónica de placas**
- Minerales
- Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas

Tectónica de placas

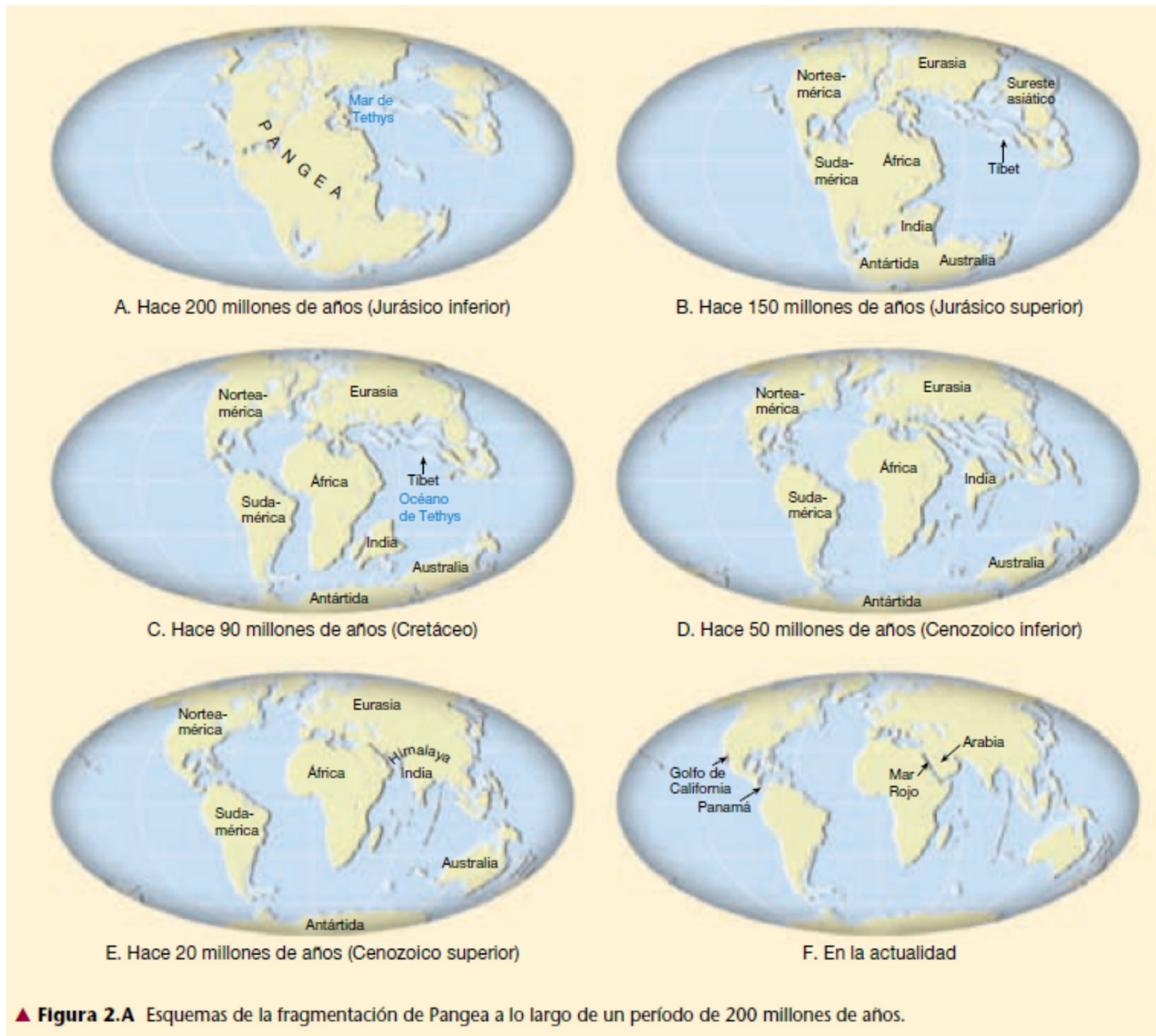


Teoría que vincula el movimiento convectivo del manto con el movimiento de las placas litosféricas (tectónicas) ↔ Geodinámica interna



Tarback y Lutgens (2005)

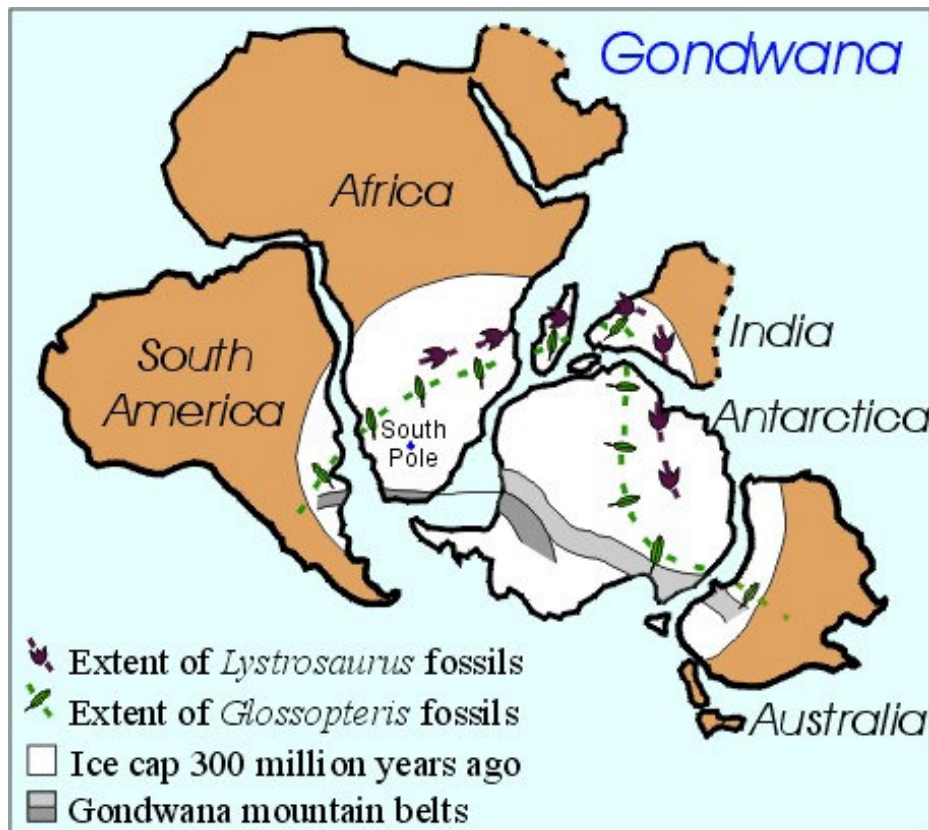
Deriva continental



Tarbuck y Lutgens (2005)

Deriva continental

Evidencias paleontológicas, de tipos de roca y semejanzas estructurales

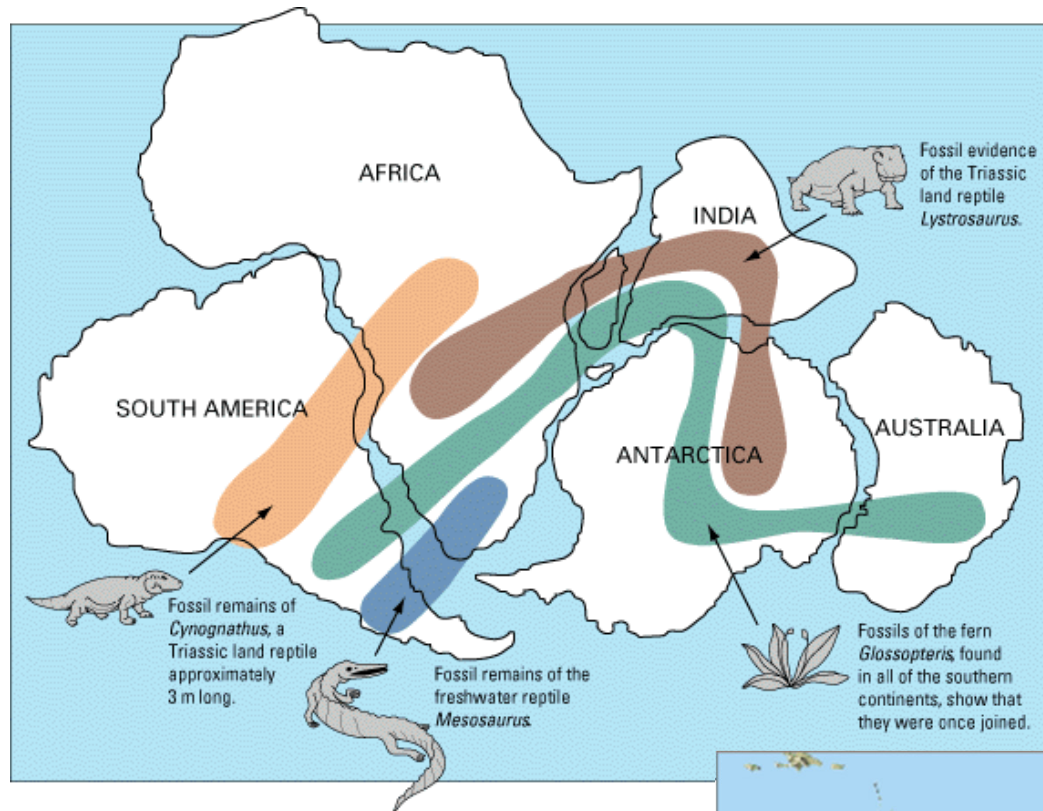


Orógeno y glaciación de Gondwana
(Pérmico - Triásico)



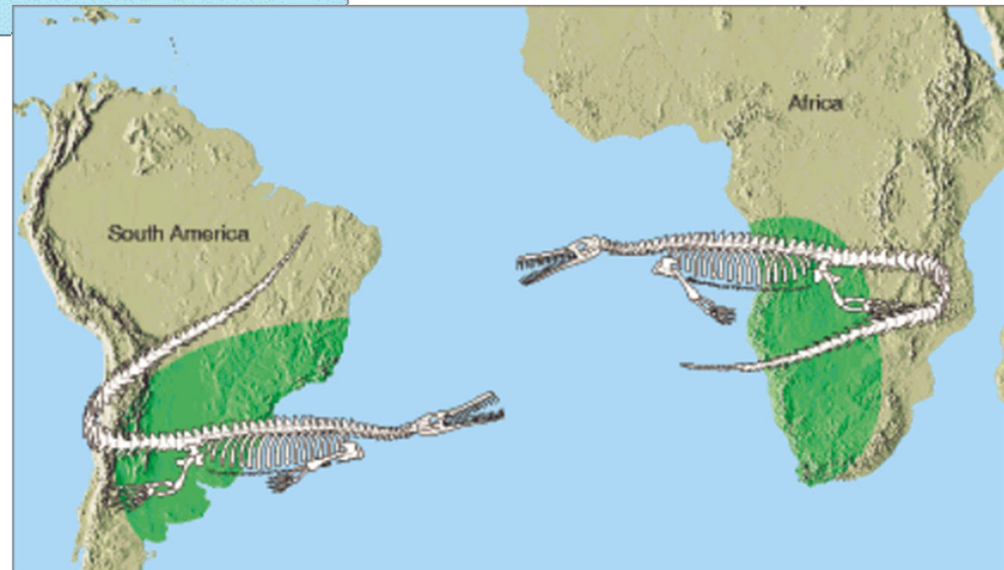
Orógeno de Laurentia (Jurásico)
Concordancia entre cordilleras

Evidencias paleontológicas: Fósiles flora y fauna



Distribución de glossopteris
(helecho fósil)

Distribución del mesosaurus
(Pérmico – Triásico)

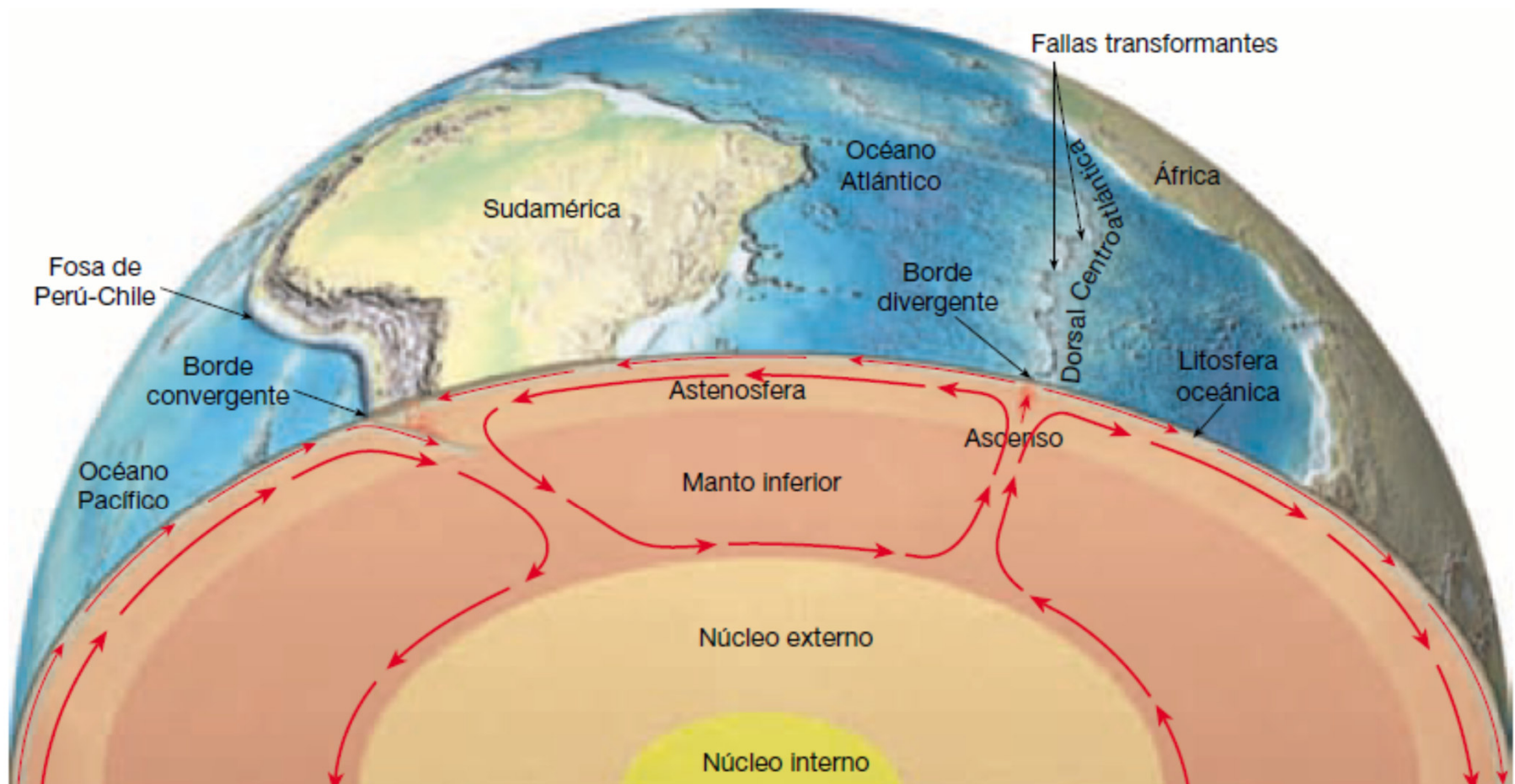


Tectónica de placas



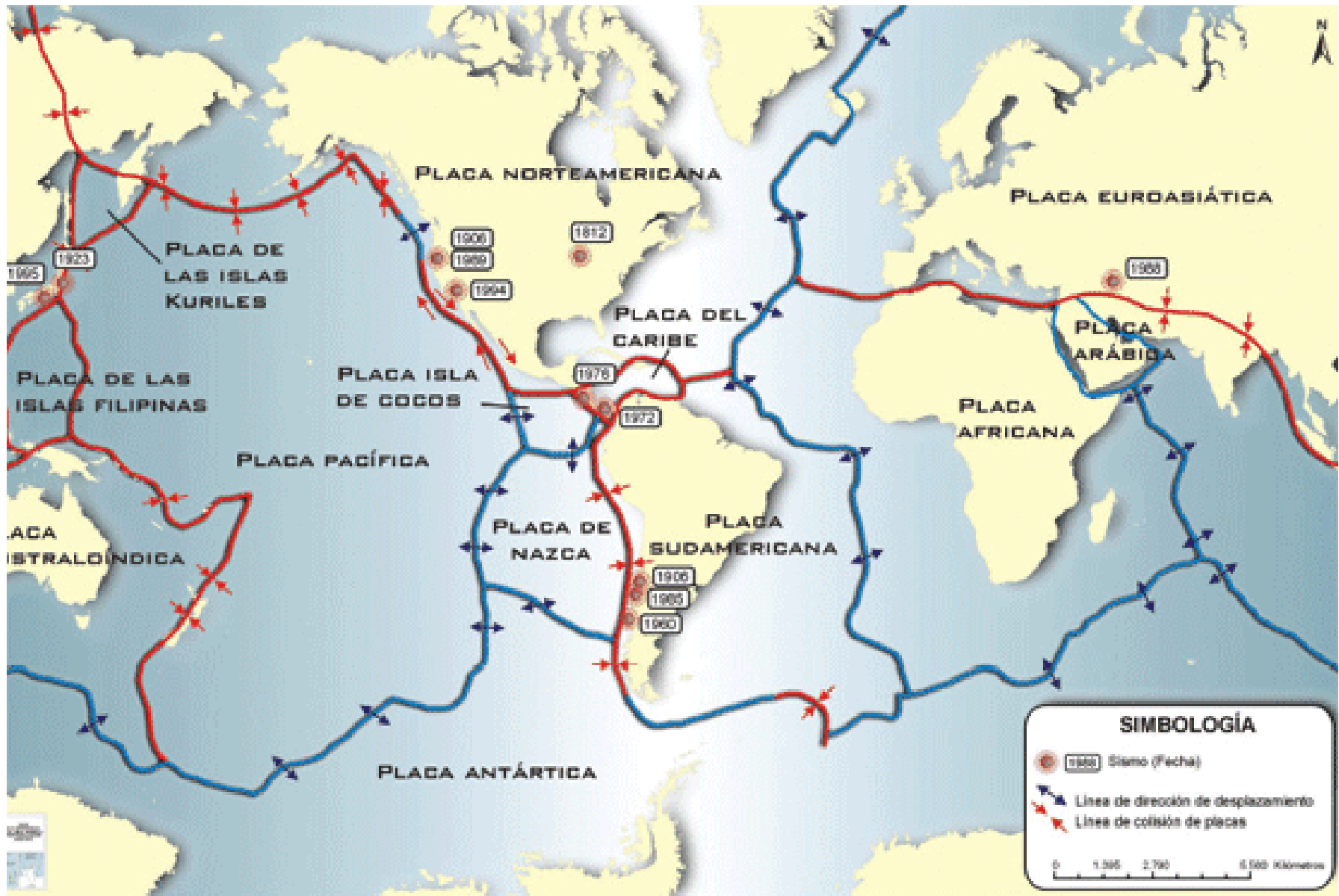
Corrientes convectivas del manto definen 3 tipos de límites entre placas:

- Divergentes
- Convergentes
- Transformantes



Tarback y Lutgens (2005)

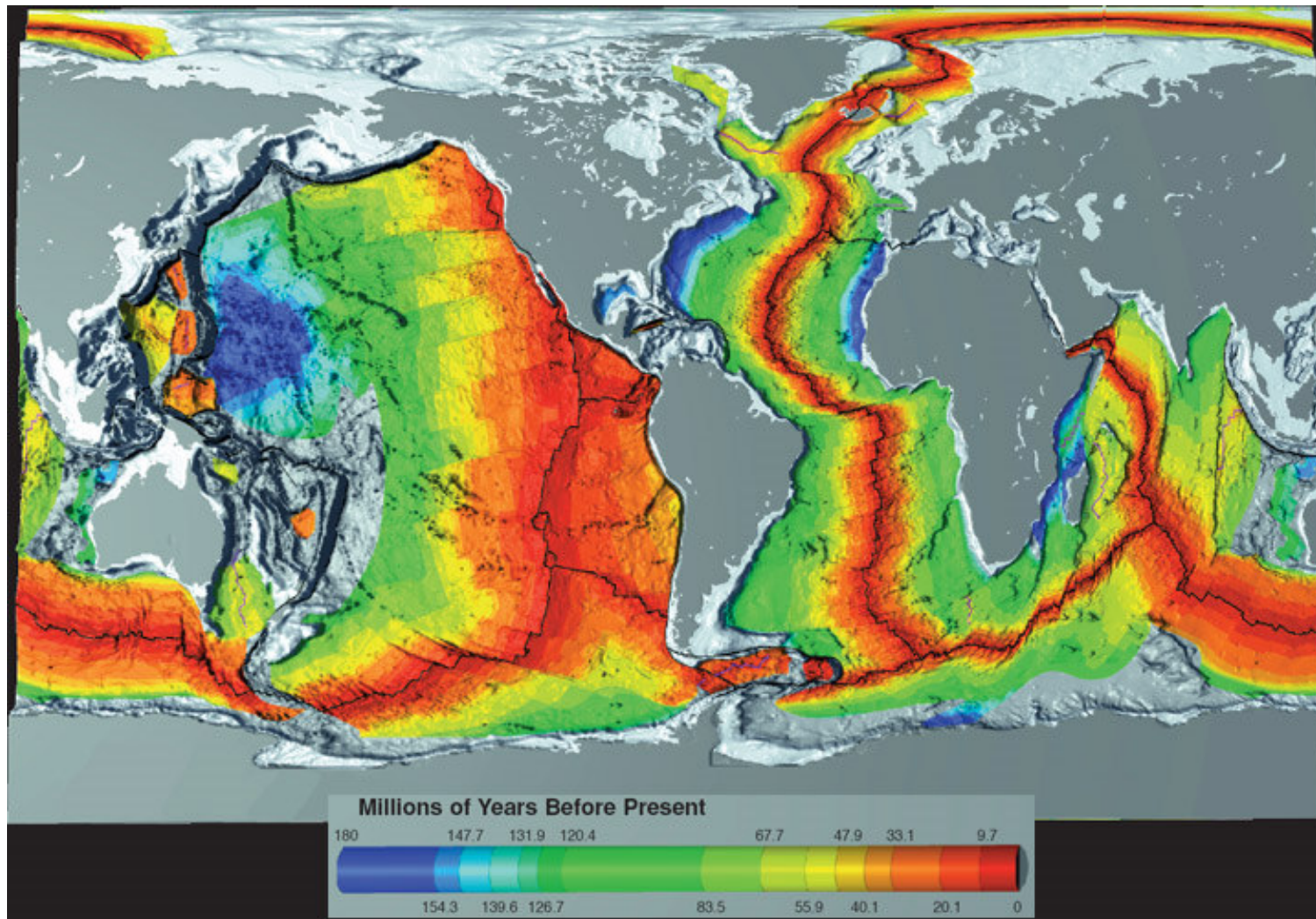
Placas tectónicas



Márgenes divergentes: Dorsales oceánicas



Corrientes convectivas del manto ascendentes → márgenes constructivos

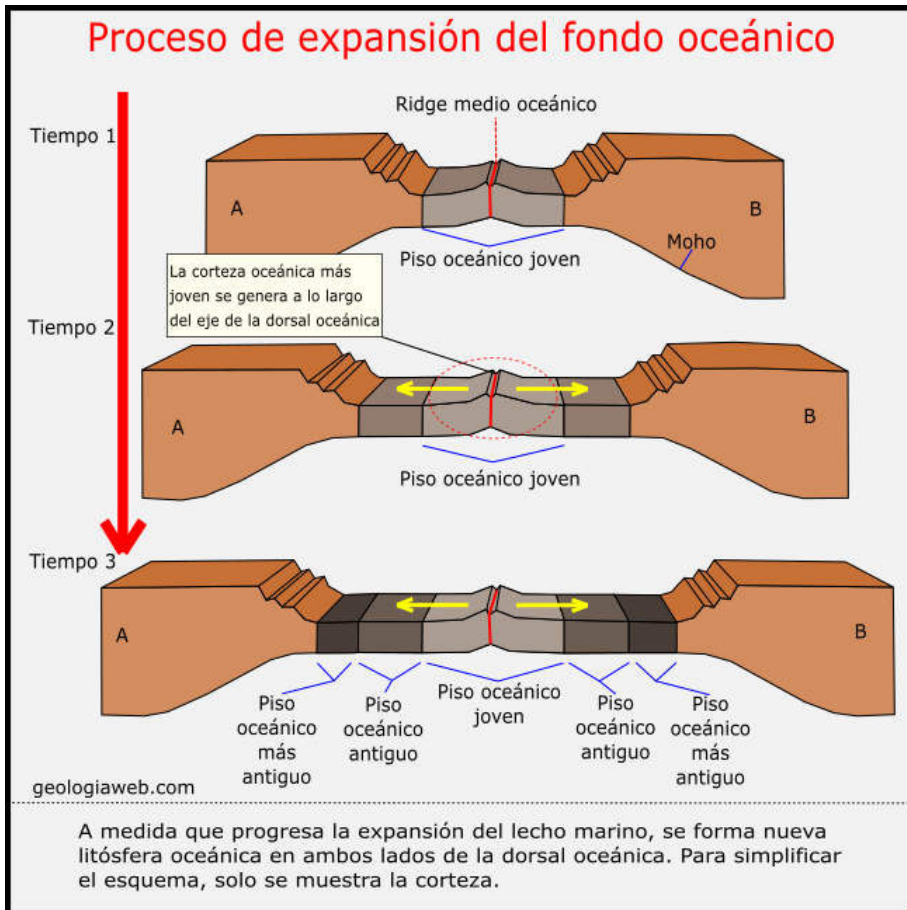


Márgenes divergentes: dorsales oceánicas

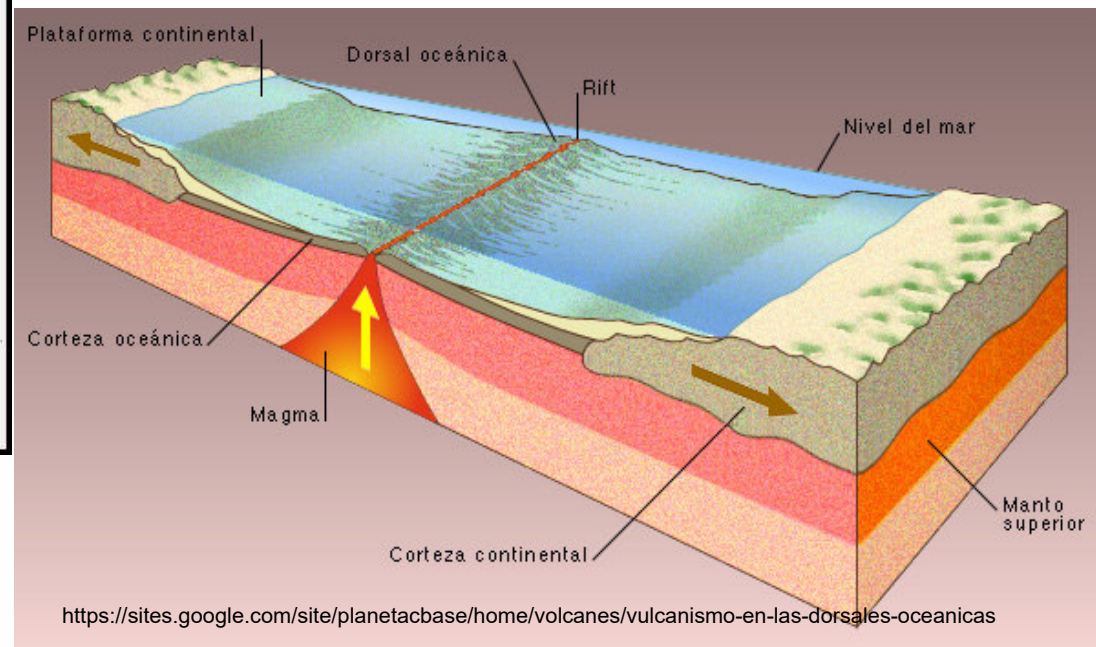


Sistemas extensivos

Ascenso y cristalización de magma → generación de corteza oceánica

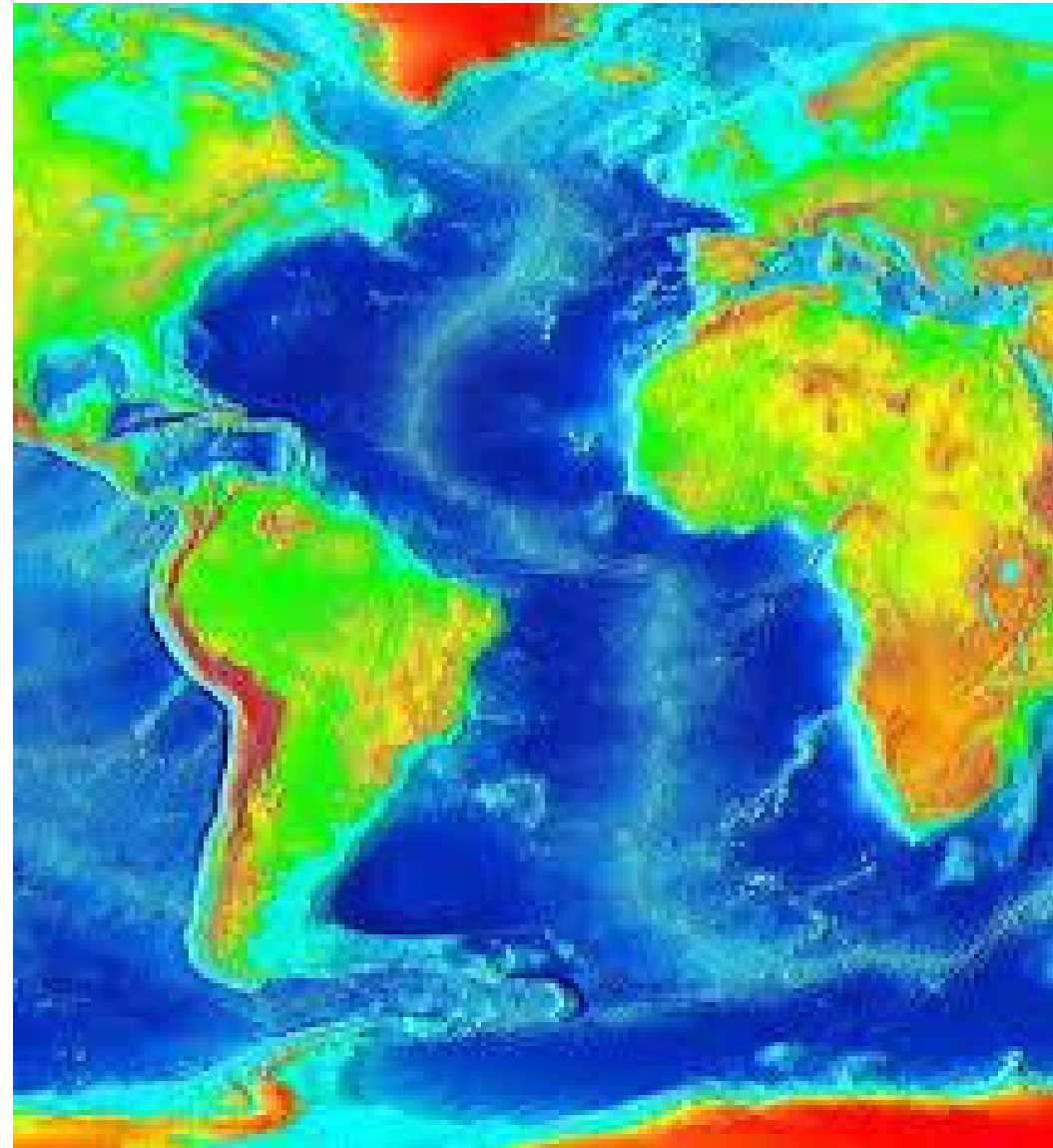


Rocas del fondo oceánico: Basaltos
Aluminosilicatos ricos en Fe y Mg



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

Márgenes divergentes: Dorsales oceánicas



<https://www.lifeder.com/dorsal-atlantica/>

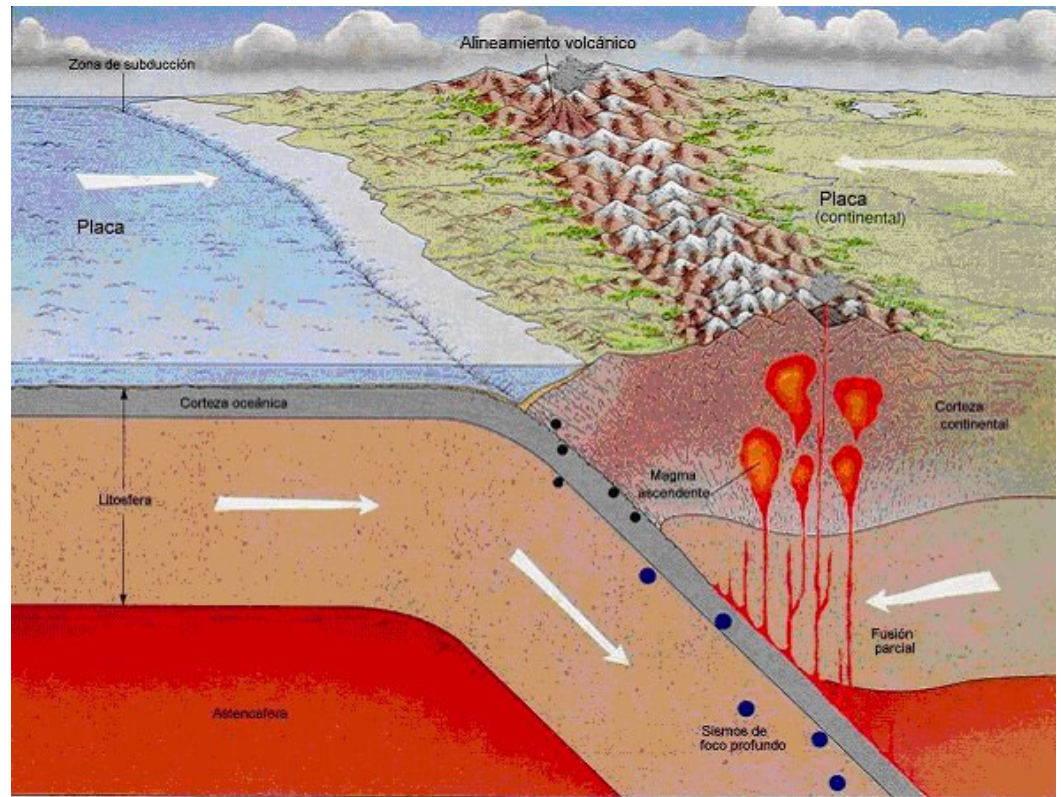
Márgenes convergentes: subducción



Convergencia de corteza oceánica y continental: Arcos magmáticos

Descenso de corrientes magmáticas convectivas: fosas submarinas → hundimiento de corteza oceánica

Arcos volcánicos continentales y formación de montañas (Andes)

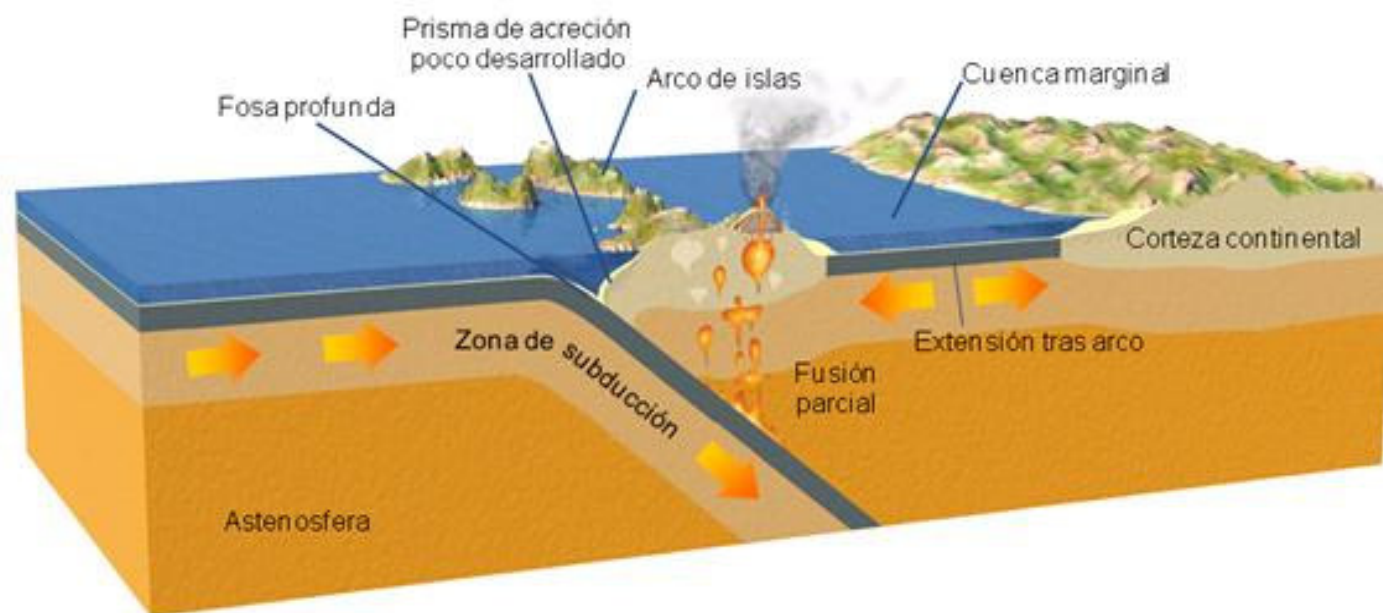


- Márgenes activos
- Actividad sísmica y volcánica intensa



Márgenes convergentes: subducción

Convergencia de corteza oceánica
con corteza oceánica: Arcos de islas



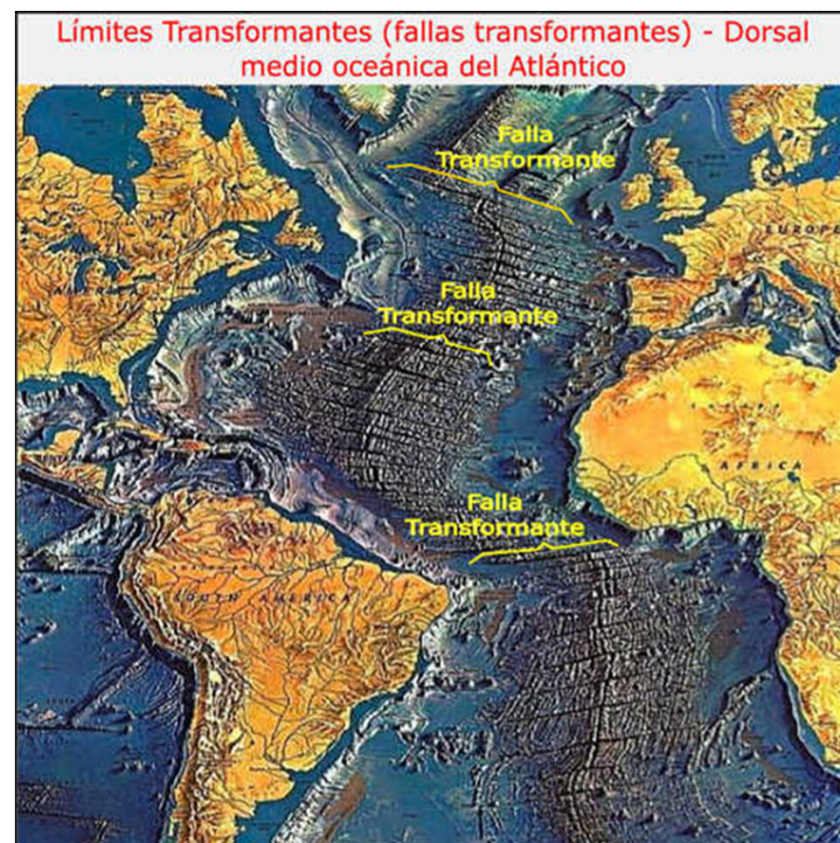
<https://sites.google.com/site/planetacbase/home/volcanes/vulcanismo-en-las-zonas-de-subduccion>

Márgenes transcurrentes

- Bordes pasivos: no se genera ni destruye corteza oceánica
- Principalmente en dorsales oceánicas
- Algunas en corteza continental (ej.: falla de San Andrés)
- Zonas de fracturas paralelas ↔ Fallas de desgarre
- Planos de fallas ~ verticales
- Desplazamiento de bloques paralelo a la superficie
- Intensa actividad sísmica

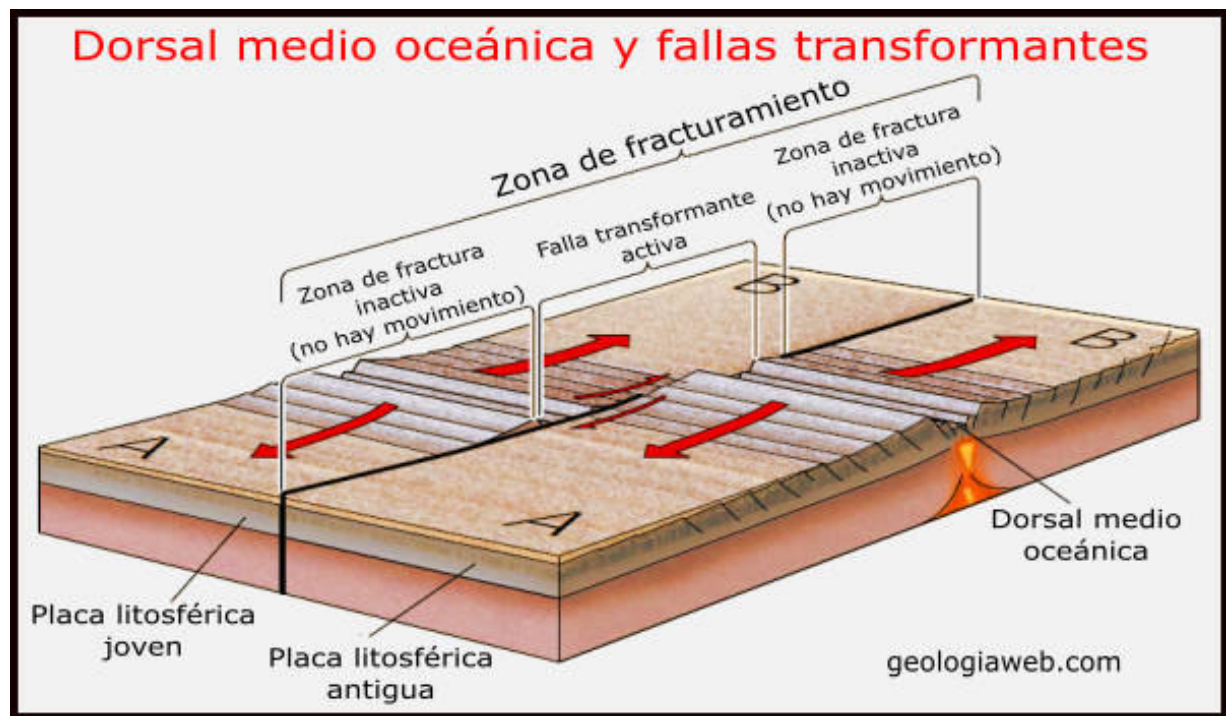
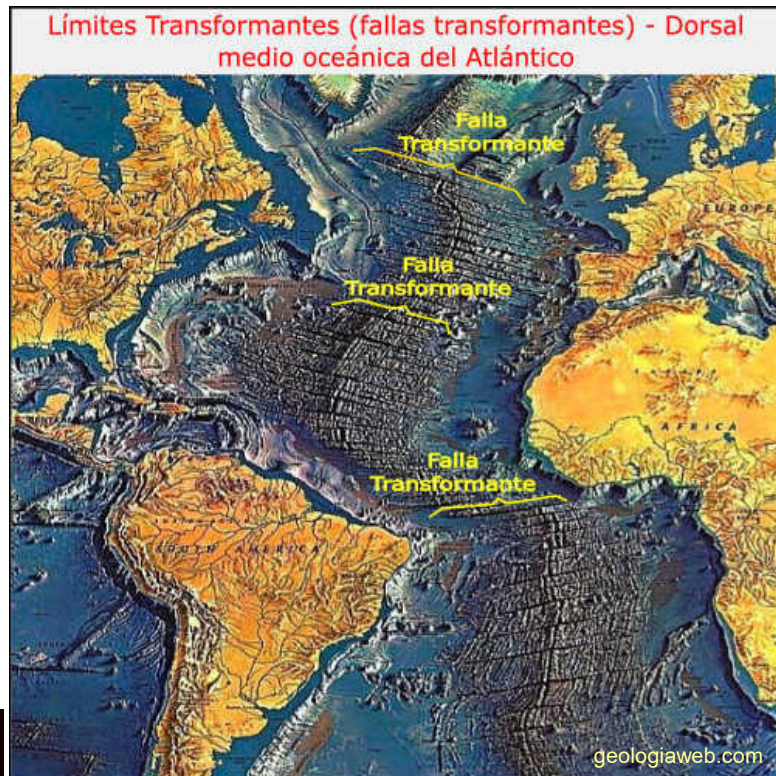


<https://nerdist.com/article/san-andreas-fault-earthquake-odds-increase-ai-model-forecast/>



Márgenes transcurrentes: Dorsales oceánicas

Zonas de fracturación perpendiculares a los
segmentos de dorsales oceánicas



Márgenes transcurrentes: Corteza continental



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



<https://www.republica.com.uy/falla-de-san-andres-lista-para-provocar-un-megaterremoto-id714236/>

Sistema de fallas de desgarre
Actividad sísmica destructiva

Índice



- Planeta tierra y tiempo geológico
- Tectónica de placas
- **Minerales**
- Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas

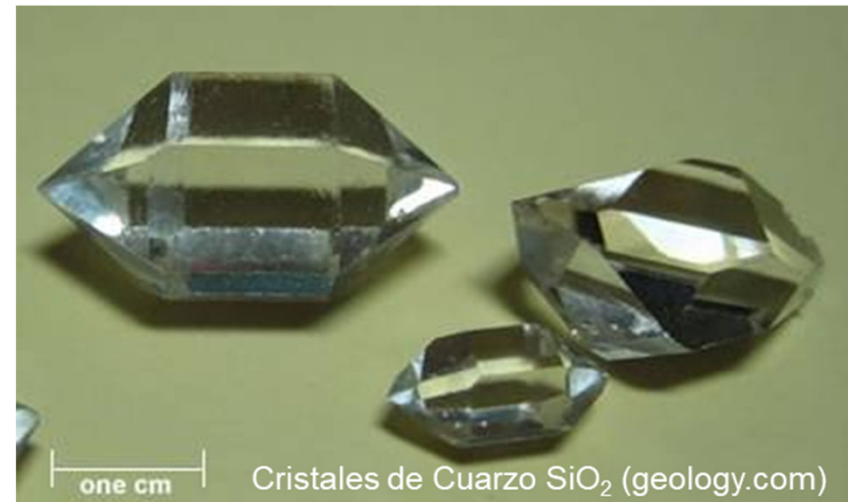
Minerales

Mineral: unidad básica constituyente de rocas

Características:

- Sólido homogéneo
- Inorgánico
- Natural
- Estructura atómica ordenada (cristales)
- Composición química definida, fija o con ciertas variaciones. Ej.: Cuarzo (SiO_2), Olivino ($(\text{Fe}, \text{Mg})_2\text{SiO}_2$)

Mineraloides: sólidos sin estructura atómica definida o amorfos (ej.: vidrio, ámbar)



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

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

Identificación de minerales

Propiedades químicas y físicas ↔ composición química y estructura cristalina



Propiedades químicas

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



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

- Solubilidad en agua → disolución



Pozo de la Animas, Malargüe (Mendoza)
Dolina en yeso

Identificación de minerales

Propiedades físicas

- Forma
- Brillo
- Color
- Peso específico
- Densidad
- Dureza relativa
- Ruptura: clivaje (exfoliación), fracturación
- Identificación en microscopio petrográfico sobre láminas delgadas (esp. $\sim 30\mu\text{m}$): birrefringencia, índice de refracción, pleocroísmo, fluorescencia, forma, impurezas, etc.
- Propiedades eléctricas
- Propiedades magnéticas
- Propiedades organolépticas
- Radioactividad
- DRX
- FRX



Identificación de minerales

Ej. Dureza

Dureza relativa:

resistencia que ofrece un mineral a ser rayado.

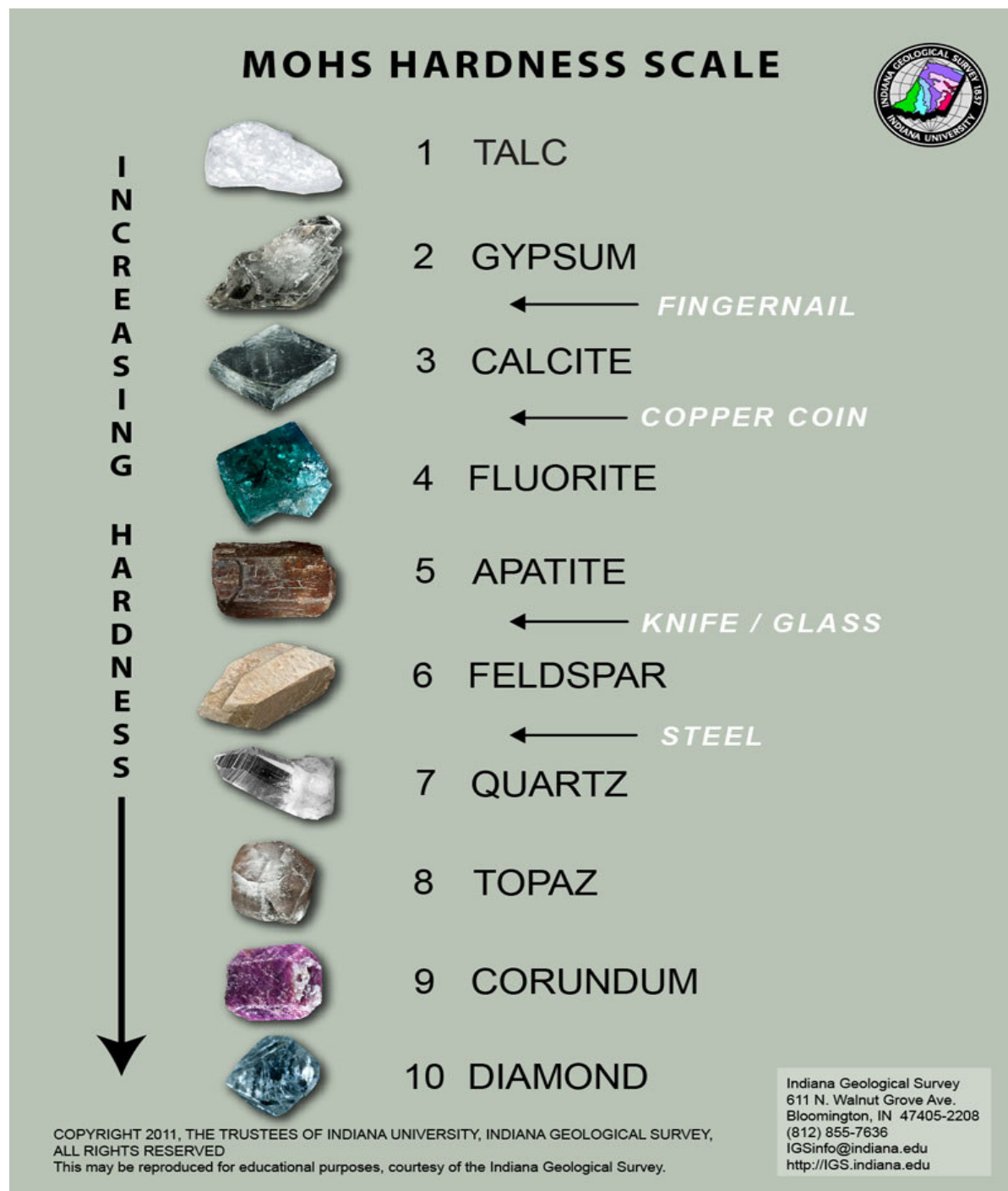
Referencias de dureza:

Uña -----2

Moneda de cobre --- 3

Navaja de acero ----- 5

Vidrio 5,5



Identificación de minerales

Ej. clivaje



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-j.jpg

Calcita. Clivaje romboédrico

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

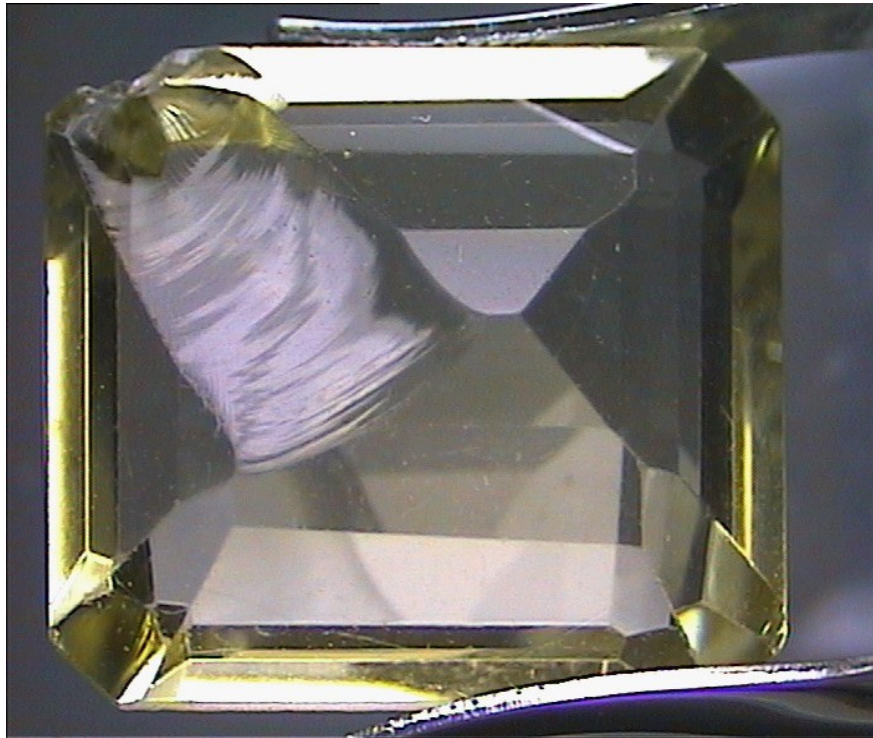
Identificación de minerales

Ej. fractura



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

Cuarzo ametrino. Fractura concoidea



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



Plata. Fractura astillosa

Clasificación

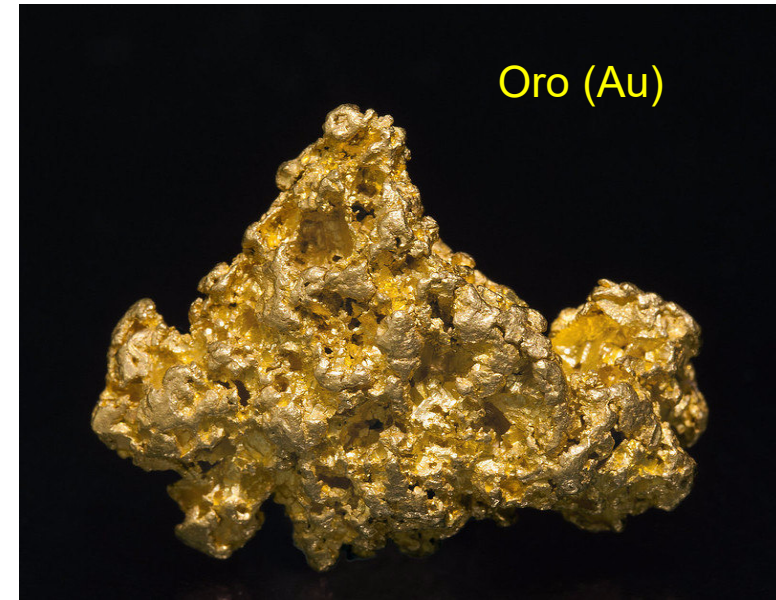
Según características químicas y estructurales:

- **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)



Magnetita (Fe_3O_4)

webmineral.com



Oro (Au)

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



Pirita (Sfe)

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

Clasificación

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

webmineral.com



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

webmineral.com

Clasificación

- Silicatos. Ej.:



Cuarzo, SiO_2



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



Turmalina verde

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



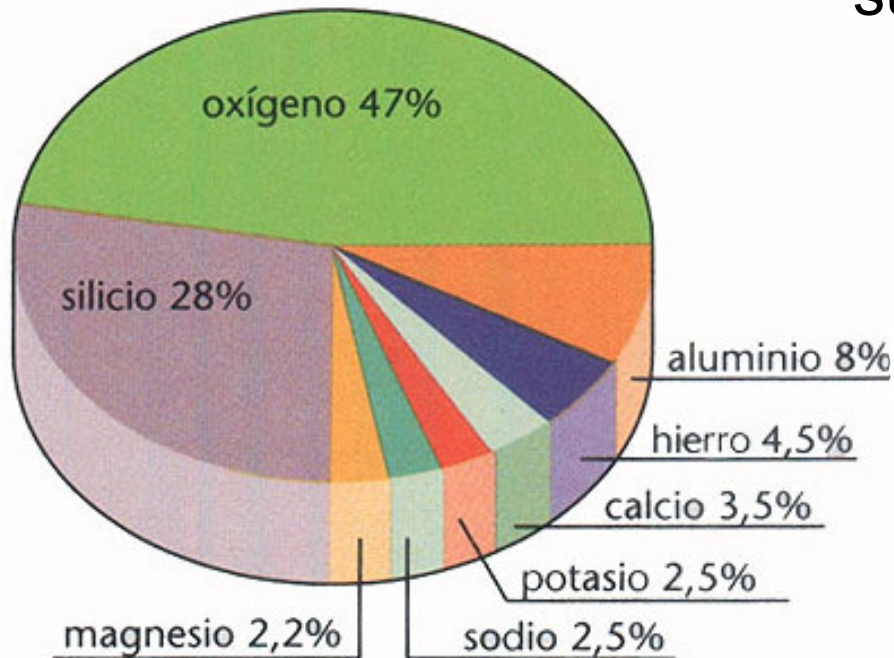
<https://www.mineralesweb.es/silicat/moscovita.htm>

Muscovita

Minerales formadores de rocas



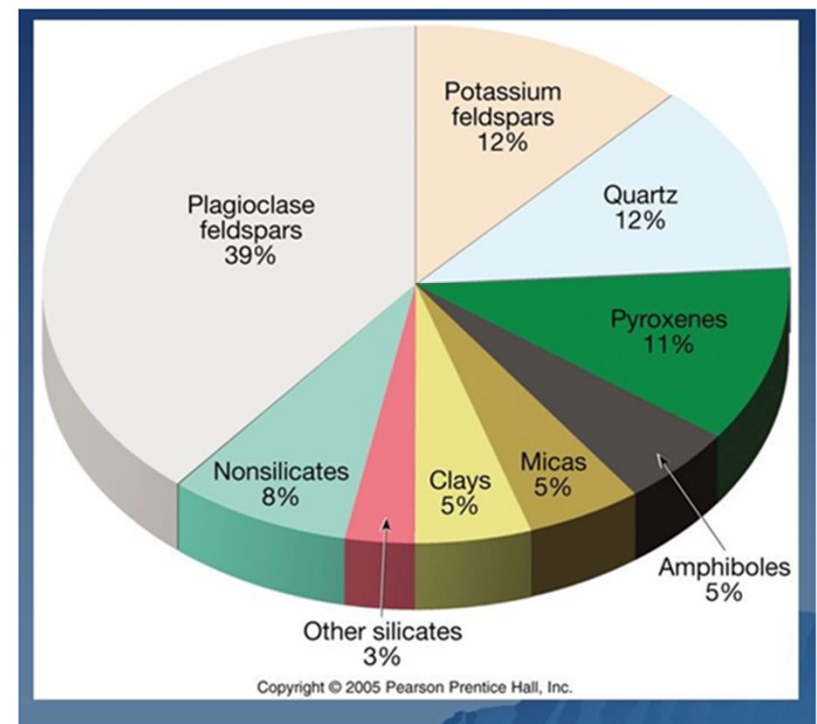
Elementos predominantes en la corteza terrestre



Minerales más abundantes:

- **Silicatos (90%)**
- **Óxidos**

Otros minerales comunes: carbonatos, sulfatos, sulfuros, fosfatos

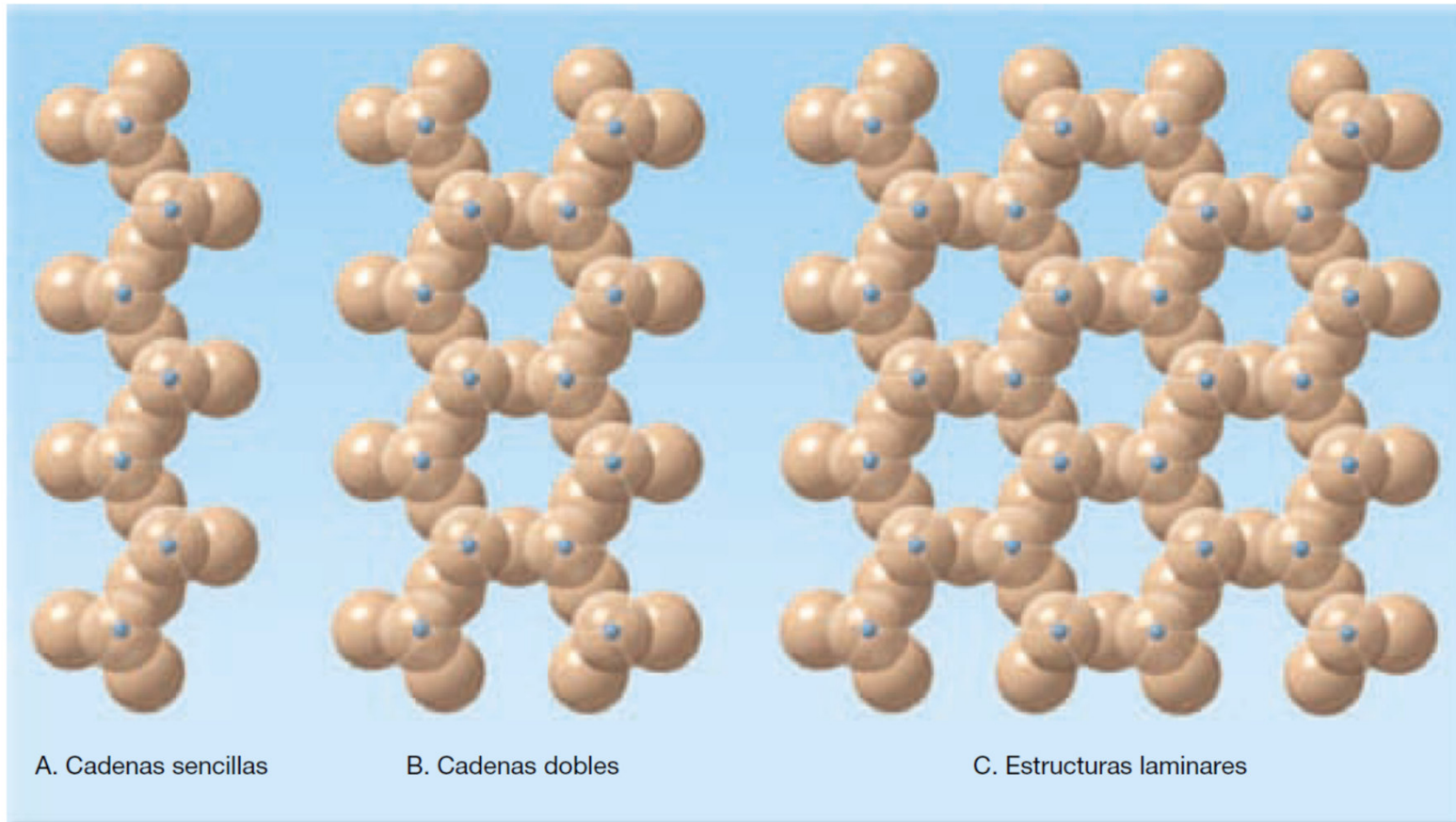
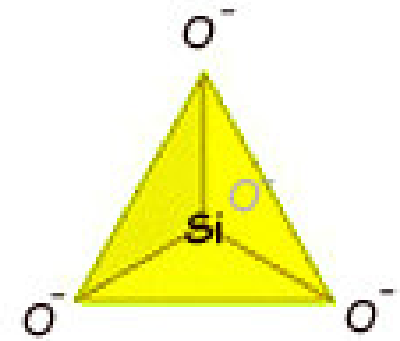


Silicatos

90% de las rocas de la corteza

Unidad estructural básica (celda unitaria):
tetraedro SiO_4^{4-}

Cationes: Al, Fe, Ca, K, Na, Mg

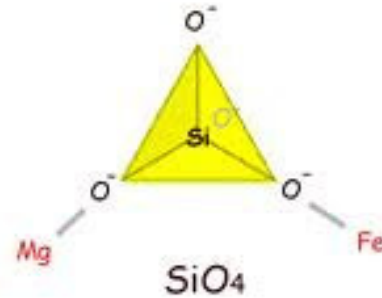


Diversas
estructuras
cristalinas
según como
se unan los
tetraedros

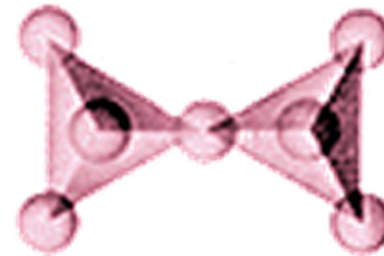
Tarbuck y Lutgens (2005)

Estructura de silicatos

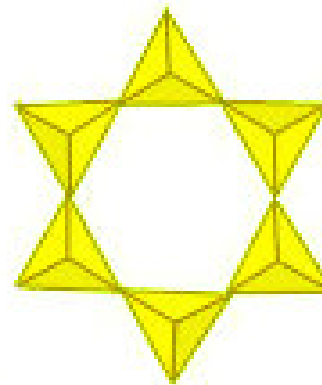
- Nesosilicatos: tetraedros independientes. Estabilidad química por combinación con cationes. Ej.: zircón, olivinos, granates.
- Sorosilicatos: 2 tetraedros que comparten 1 átomo de oxígeno. Formas prismáticas elongadas.
- Ciclosilicatos: 3 a 6 tetraedros que comparten 2 átomos de oxígeno cada uno formando un anillo. Formas poligonales en el eje de crecimiento



Zircón



Epidoto

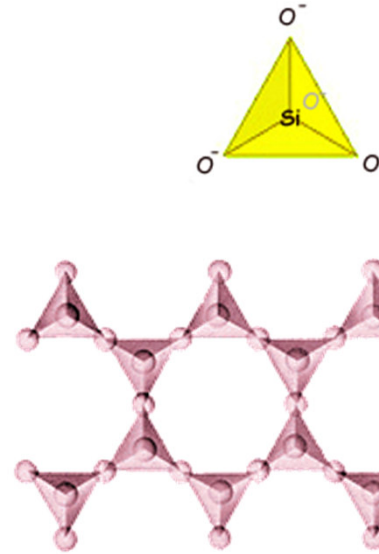


Turmalina



Estructura de silicatos

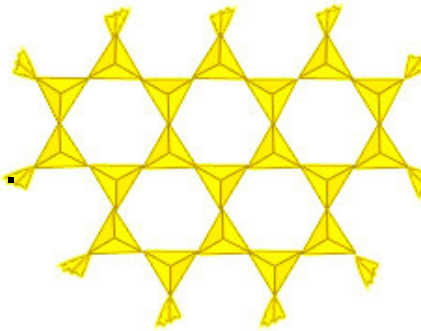
- Inosilicatos: tetraedros se unen en cadenas simples (2 oxígenos compartidos) o dobles (2 y 3 oxígenos compartidos) Ej.: piroxenos, anfíboles.



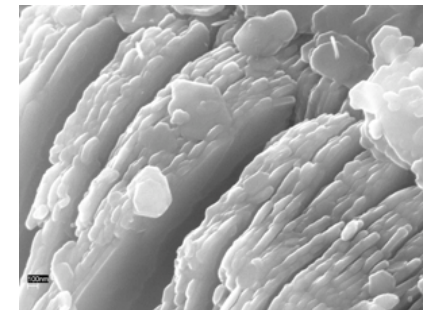
Hornblenda



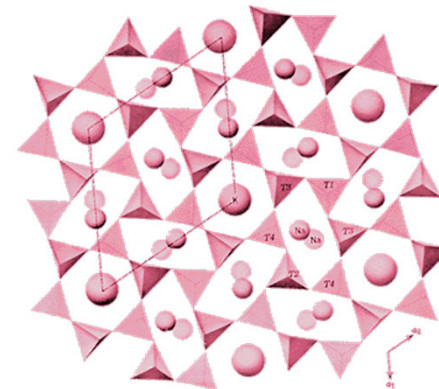
- Filosilicatos: tetraedros comparten 3 átomos de oxígeno formando láminas. Estructura 2D. Micas y arcillas.



Caolinita



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



Cuarzo



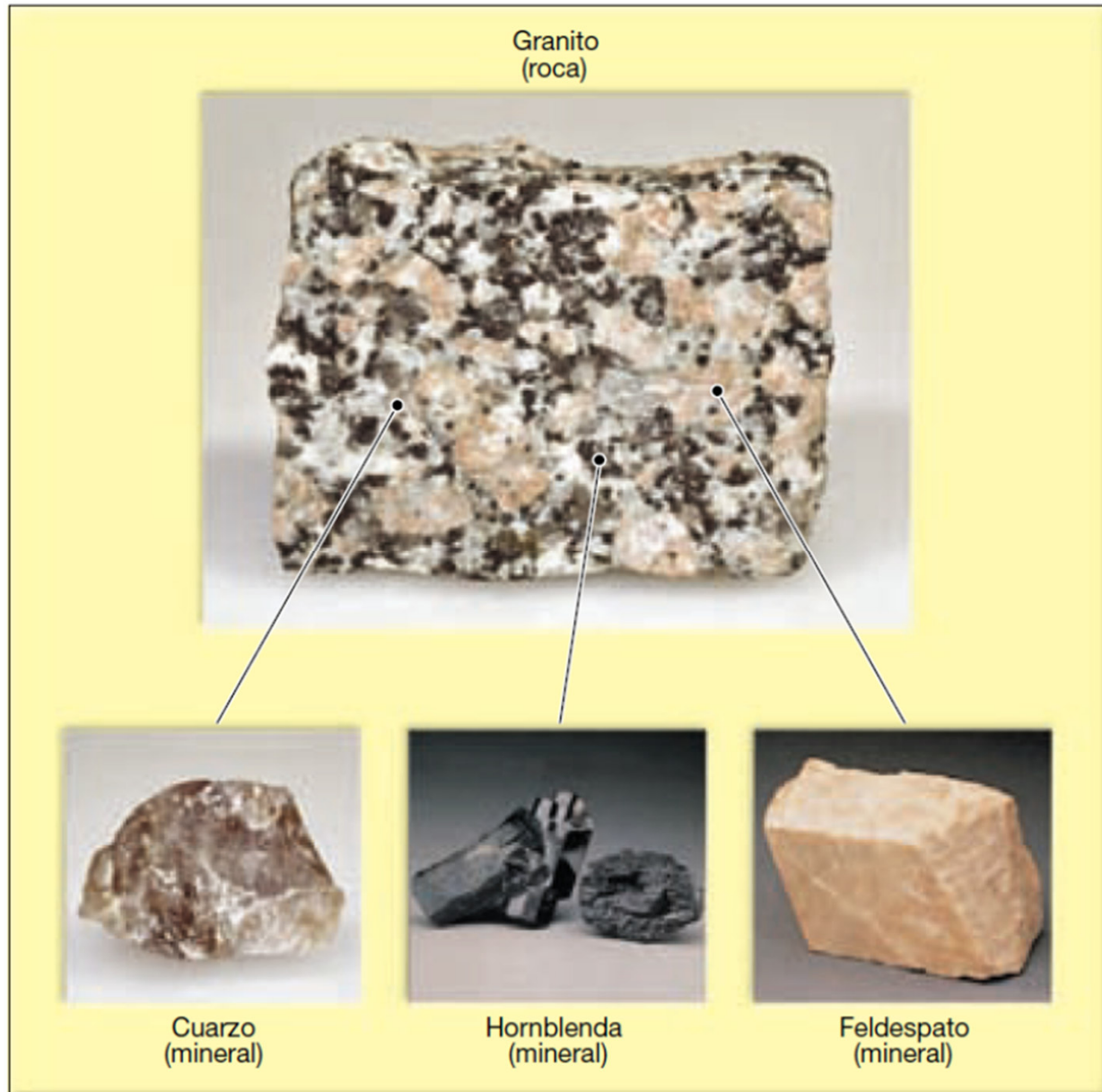
Formación de minerales



Minerales: estables bajo ciertas condiciones de P y T
↔ condiciones de formación.

Roca: asociación de 1 o mas minerales → propiedades determinadas por composición química y estructura de los minerales

Asociación de minerales indica las condiciones predominantes de P y T durante la formación de la roca



Tarbuck y Lutgens (2005)

Procesos de formación



- **Magmáticos**

Cristalización por enfriamiento de magma (rocas fundidas).

Factores: composición química del magma, T de cristalización, velocidad de enfriamiento.



Cuarzo (webmineral.com)

- **Metamórficos**

Recombinación de sustancias o elementos químicos debida a aumento de T y P.

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



Granate, Alandino (webmineral.com)

Procesos de formación

- **Sedimentarios**

Alteración de minerales inestables bajo las condiciones ambientales en que se hallan. Ej: formación arcillas, óxidos, hidróxidos.

Precipitación a partir de soluciones por disminución de solubilidad (Ev, variaciones P o T)

Acción biológica y acumulación de restos orgánicos sólidos



Halita, NaCl (https://mineriaenlinea.com/rocas_y_minerales/halita)



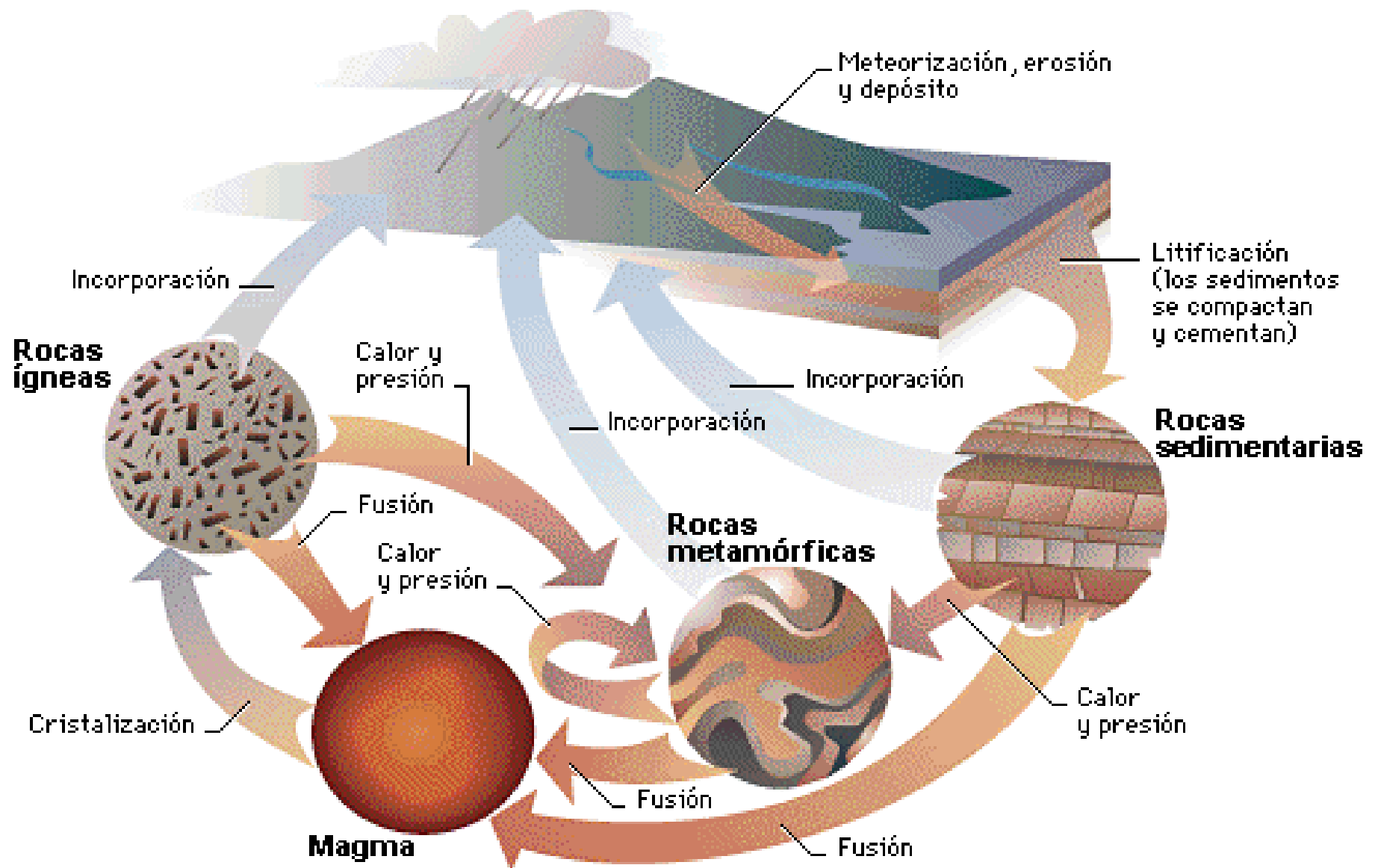
Carbón mineral (<https://mineriaenlinea.com/2016/06/que-es-el-carbon-mineral>)

Índice



- Planeta tierra y tiempo geológico
- Tectónica de placas
- Minerales
- **Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas**

El ciclo de las rocas



Rocas ígneas



Magma:

Roca fundida con cristales de minerales en suspensión y gases disueltos, principalmente vapor de agua (90%)

- Distintos tipos de magma
 - Composición de roca fundida
 - Mezclas por el contacto con rocas de caja



Rocas ígneas



Intrusivas o plutónicas: magma solidificado muy lentamente (~5Ma) dentro de la corteza.

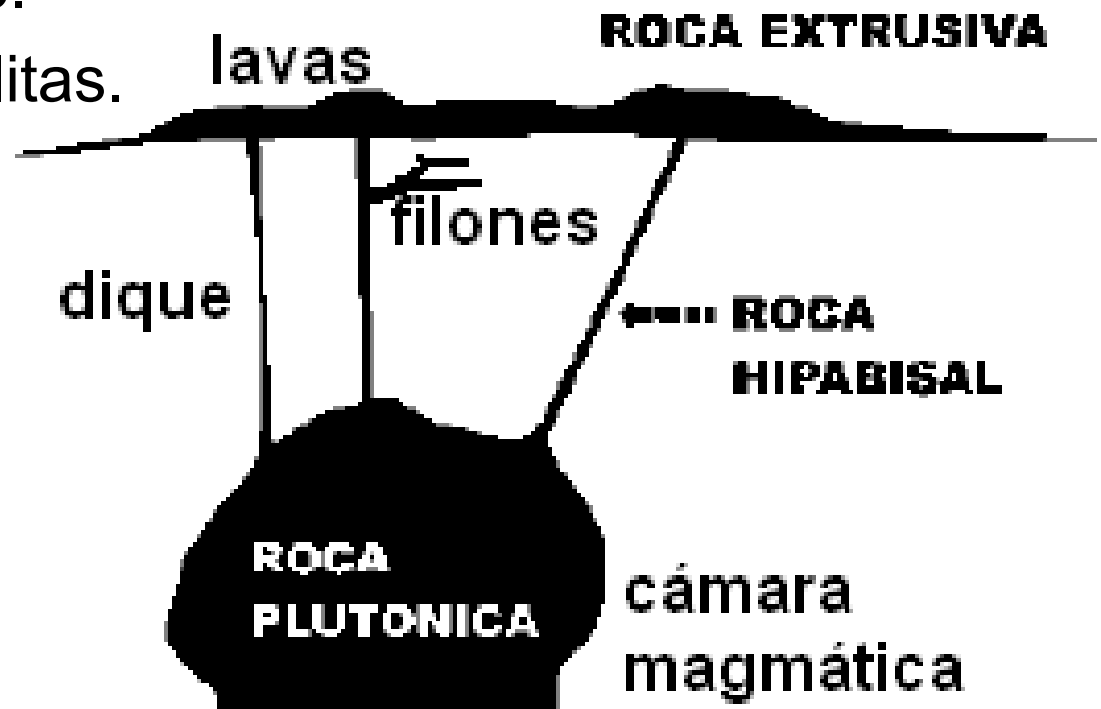
Ej.: granitos, dioritas, gabros. Rocas graníticas.

Extrusivas o volcánicas: magma solidificado rápidamente (días o semanas) en la superficie.

Ej.: andesitas, basaltos, riolitas.

Hipoabisales: el magma solidifica lentamente en sitios cercanos a la superficie pero dentro de la corteza.

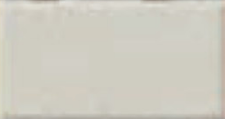
Ej.: pórfidos, pegmatitas.



Clasificación de rocas ígneas

Composición mineral y textura



Composición química			Granítica (félsica)	Andesítica (intermedia)	Basáltica (máfica)	Ultramáfica	
Minerales dominantes			Cuarzo Feldespato potásico Plagioclasa rica en sodio y calcio	Anfíbol Plagioclasa rica en sodio y calcio	Piroxeno Plagioclasa rica en calcio	Olivino Piroxeno	
Minerales accesorios			Anfíbol Moscovita Biotita	Piroxeno Biotita	Anfíbol 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
	Vítrea		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%	
							



Textura granosa en un granito



Textura porfírica en una andesita



Textura vítrea en obsidiana

Rocas ígneas plutónicas

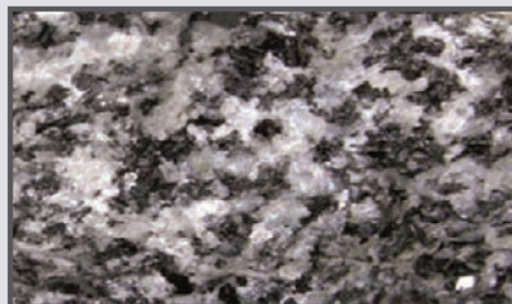


Texturas graníticas: cristales de grano muy grueso (>30mm), grueso (5-30mm), medio (1-5mm), fino (<1mm)

Minerales principales: Cuarzo, Feldespatos potásicos, Plagioclasas, Micas



A



B



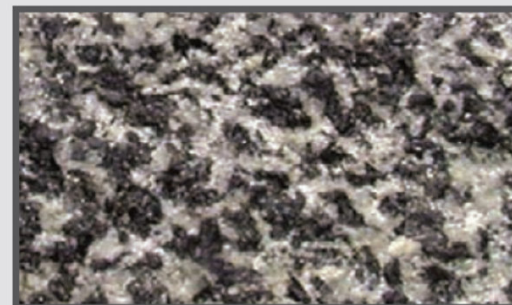
C



D



E



F

http://www.insugeo.org.ar/libros/misc_21/pdf/varela_miscelanea_21_manual_de_geologia.pdf

A: Granito

B: Granodiorita

C: Tonalita

D: Sienita*

E: Monzonita

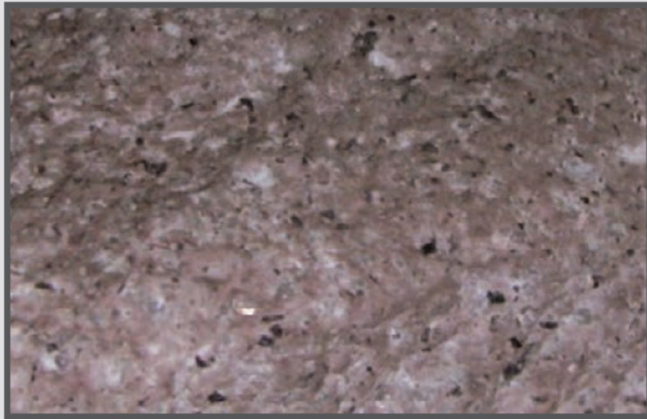
F: Gabro*

* No contienen cuarzo

Rocas ígneas volcánicas

Texturas de grano fino, muy fino (<1mm) y texturas vítreas.

Minerales principales: Plagioclasas, anfíboles, piroxenos



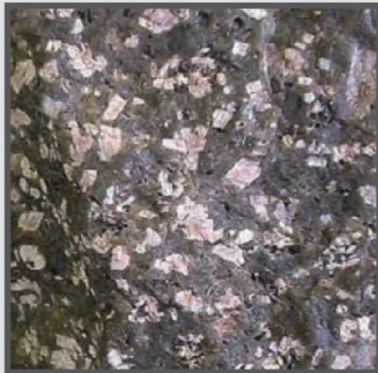
A



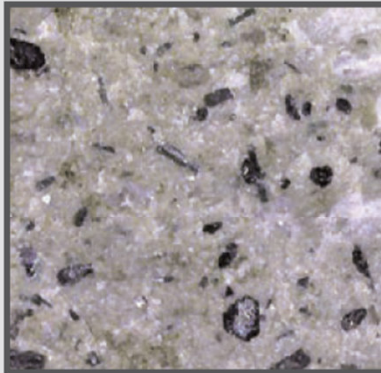
B

A: Riolita

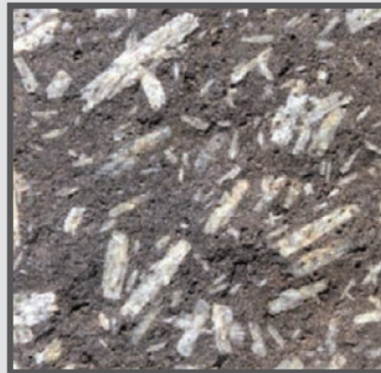
B: Dacita



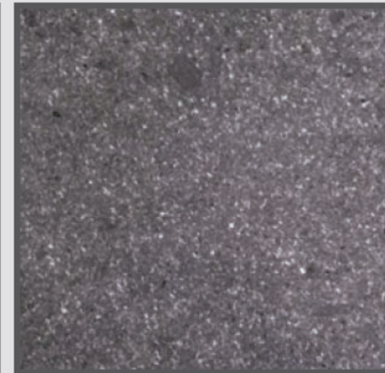
A



B



C



D

A: Traquita

B: Lacita

C: Andesita

D: Basalto

http://www.insugeo.org.ar/libros/misc_21/pdf/varela_miscelanea_21_manual_de_geologia.pdf

Rocas ígneas hipoabisales



Texturas porfídicas: cristales grandes en matriz de cristales pequeños

Texturas “pegmatíticas”: cristales de grano grueso a muy grueso (1cm-200cm)

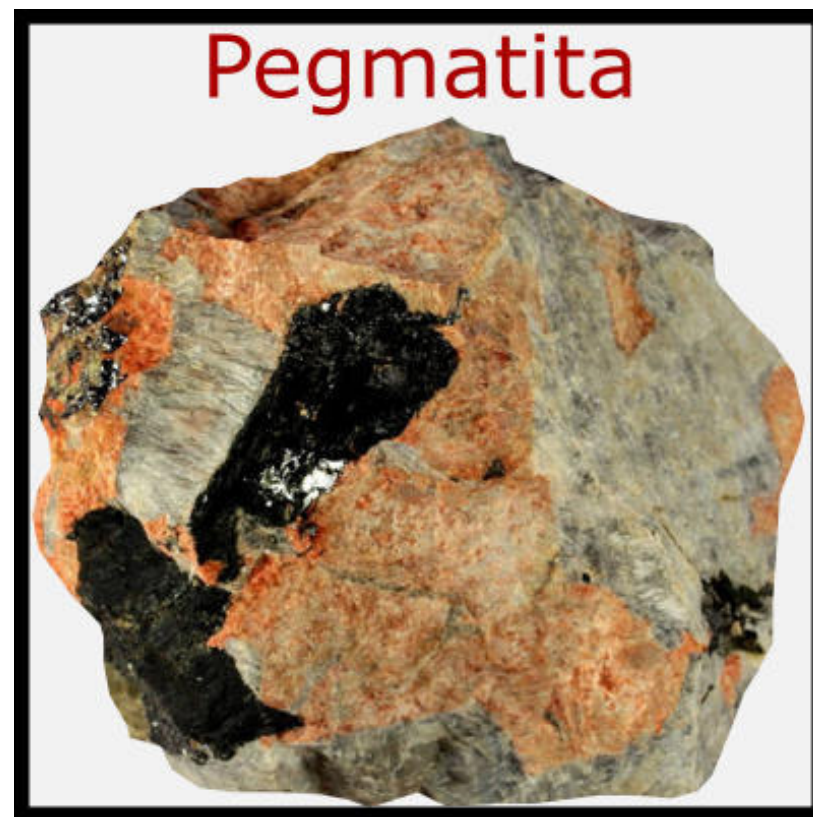
Minerales principales: Feldespatos potásicos, Plagioclasas, Cuarzo, Micas



Roca magmática **FILONIANA**

Textura porfídica: grandes cristales (*fenocristales*) en una matriz microcristalina

https://lh3.googleusercontent.com/7oPFKoJL2O75juYim8u2rrNlpOAW0Rjh6yul7_VVi6k=w728-h546-no



<https://geologiaweb.com/wp-content/uploads/2020/03/pegmatita.jpg>

Rocas sedimentarias



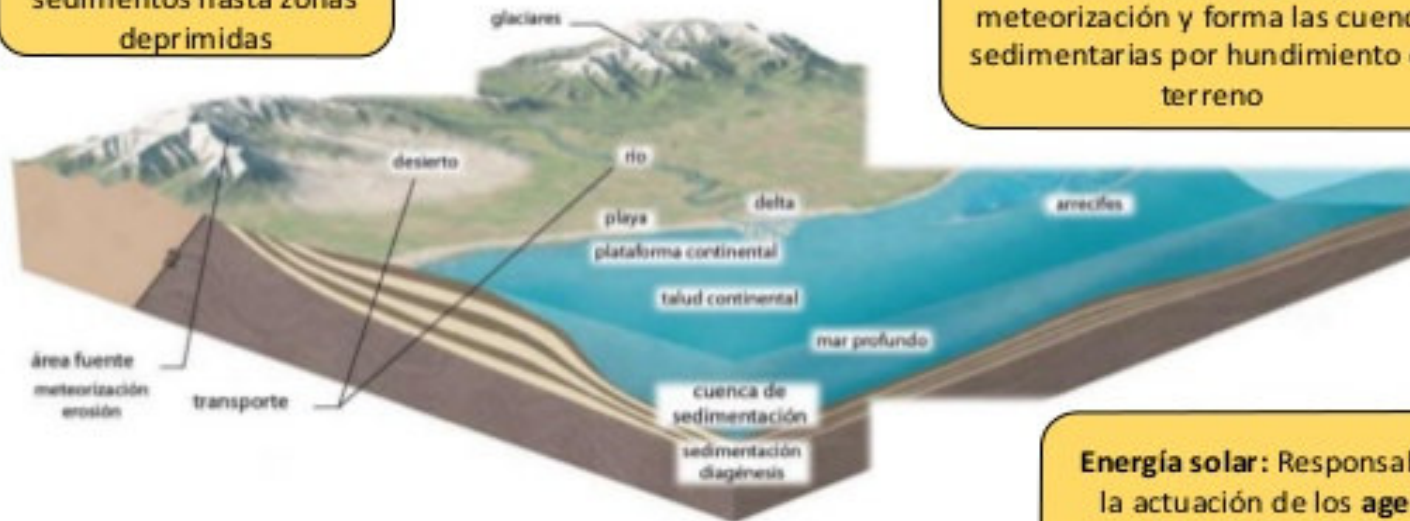
Procesos sedimentarios:

- 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



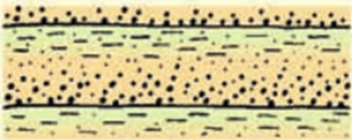
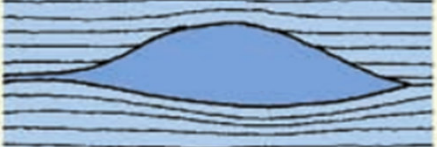
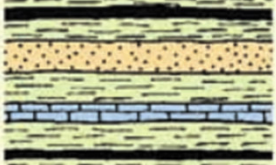
Energía solar: Responsable de la actuación de los **agentes geológicos externos**: ciclo del agua, viento, etc

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

Structures in sedimentary rocks			
			
thin bedding	graded bedding	current bedding	reef knoll
			
massive bedding	lenses nodules	dune bedding	coal sandstone shale limestone
			cyclothems

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



Conglomerado



<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://edafoologia.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)



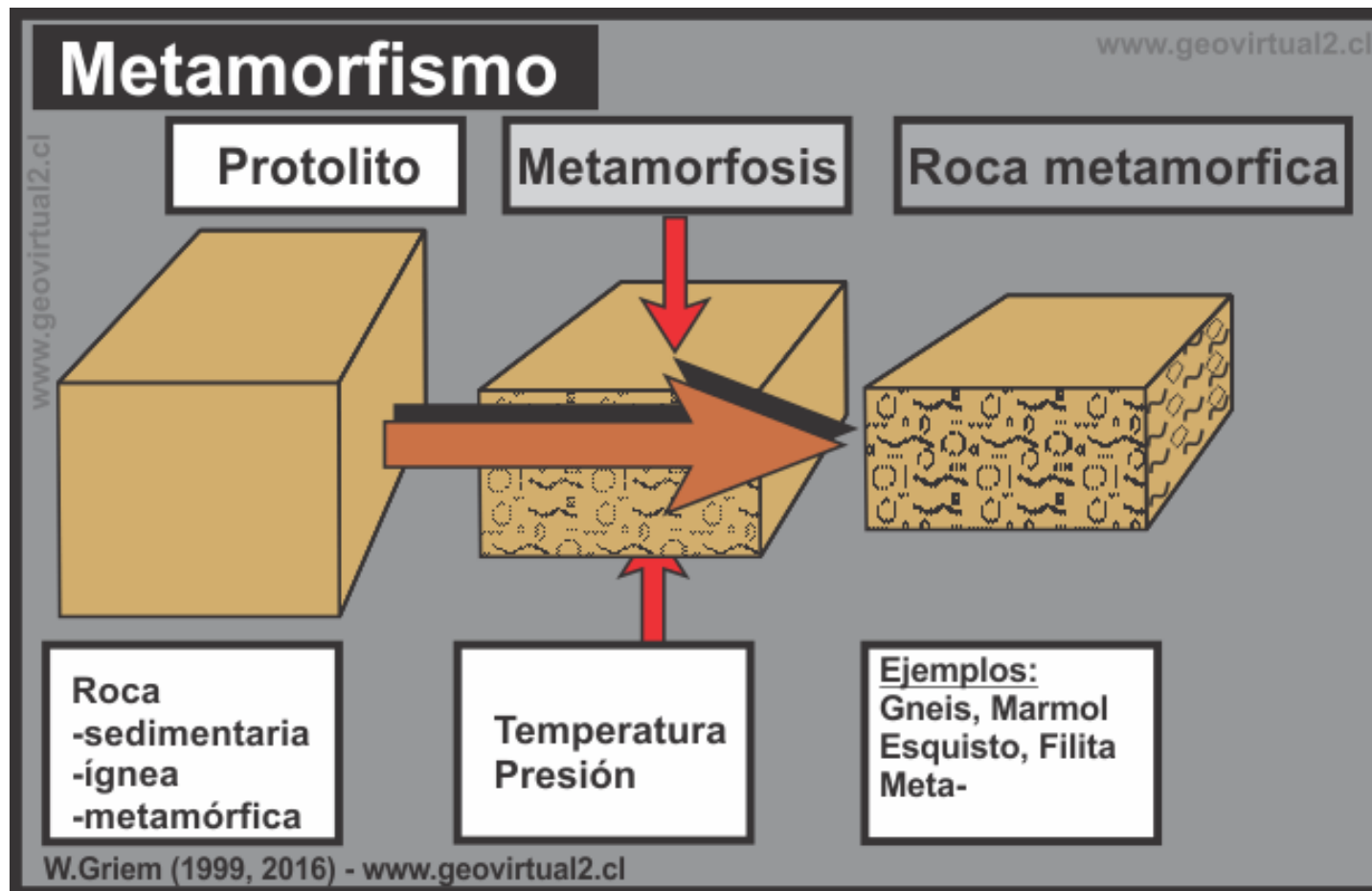
<https://masneuquen.com/wp-content/uploads/2019/11/Yesera-del-Tromen.jpg>

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

Rocas metamórficas



- **Transformaciones químicas y físicas en estado sólido** de rocas por aumentos de P y T
- Agentes metamórficos: T ($\sim 200^{\circ}\text{C}$ a 900°C), P confinamiento, esfuerzos diferenciales, actividad de fluidos hidrotermales, tiempo



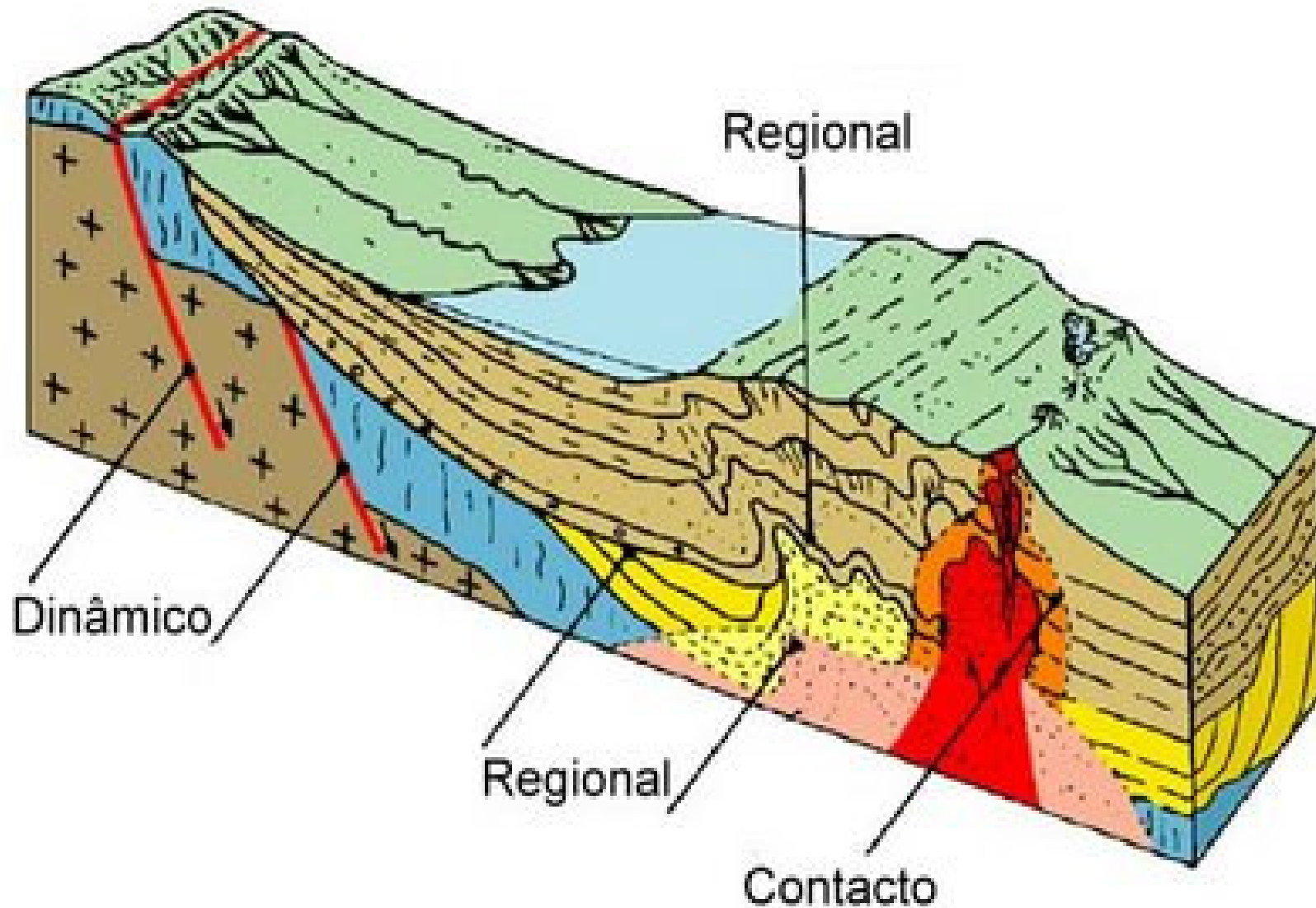
Rocas metamórficas



- **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



Ambientes metamórficos principales



<http://2.bp.blogspot.com/-7KI8YQE4840/TrvAesVW-QI/AAAAAAAAAOW/2eOkQ7Aim74/s1600/tipos-de-metamorfismo.jpg>

Ambientes metamórficos principales

Metamorfismo regional

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

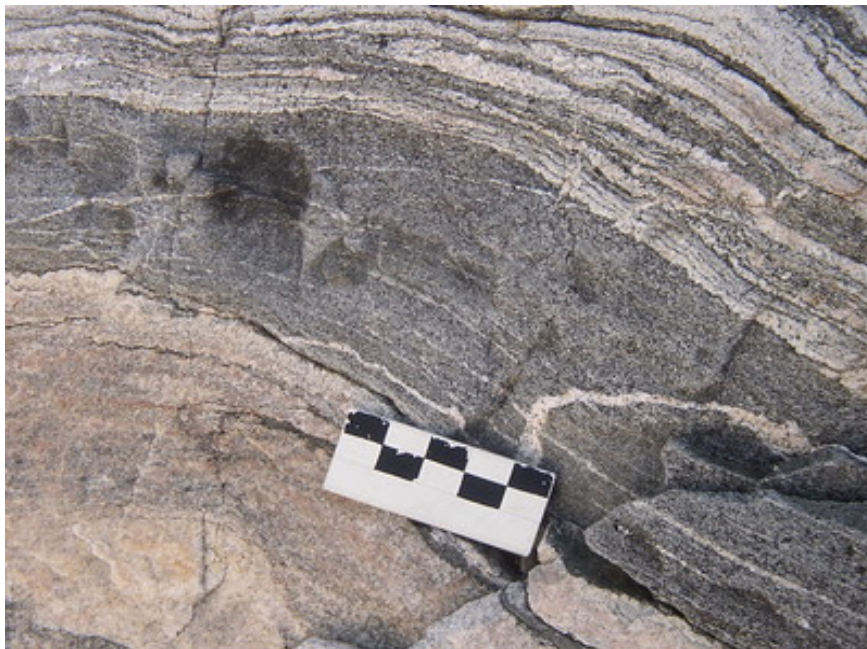
Desarrollo gradual en función del aumento de P y T con la profundidad

Intensa deformación en márgenes convergentes

Afecta a **extensas áreas de corteza terrestre**

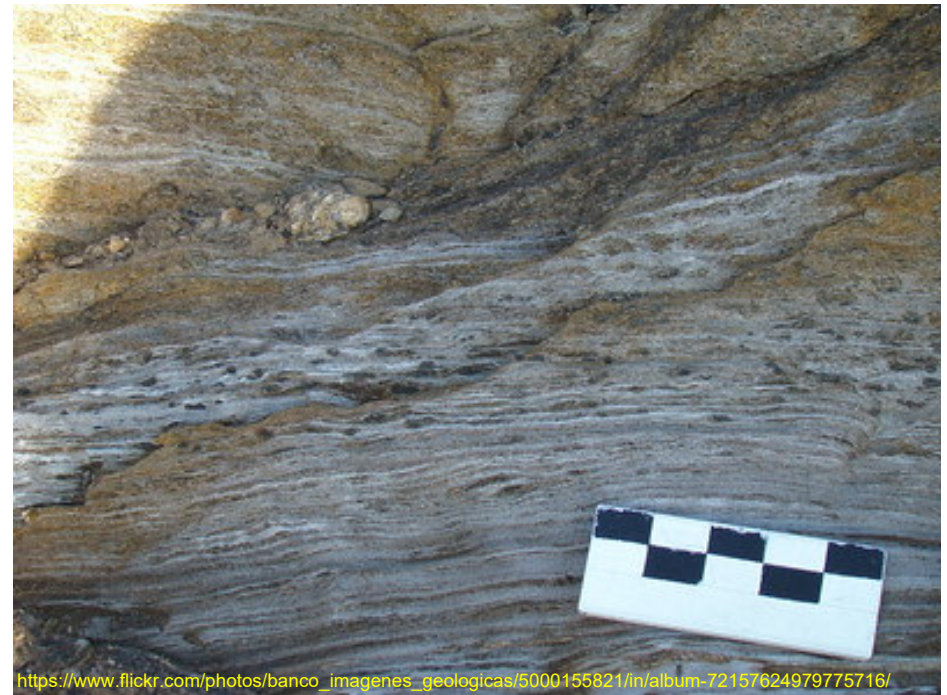
Agentes metamórficos predominantes: P y T

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



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

Gneis



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

Esquisto moteado

Ambientes metamórficos principales

Metamorfismo térmico o de contacto

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

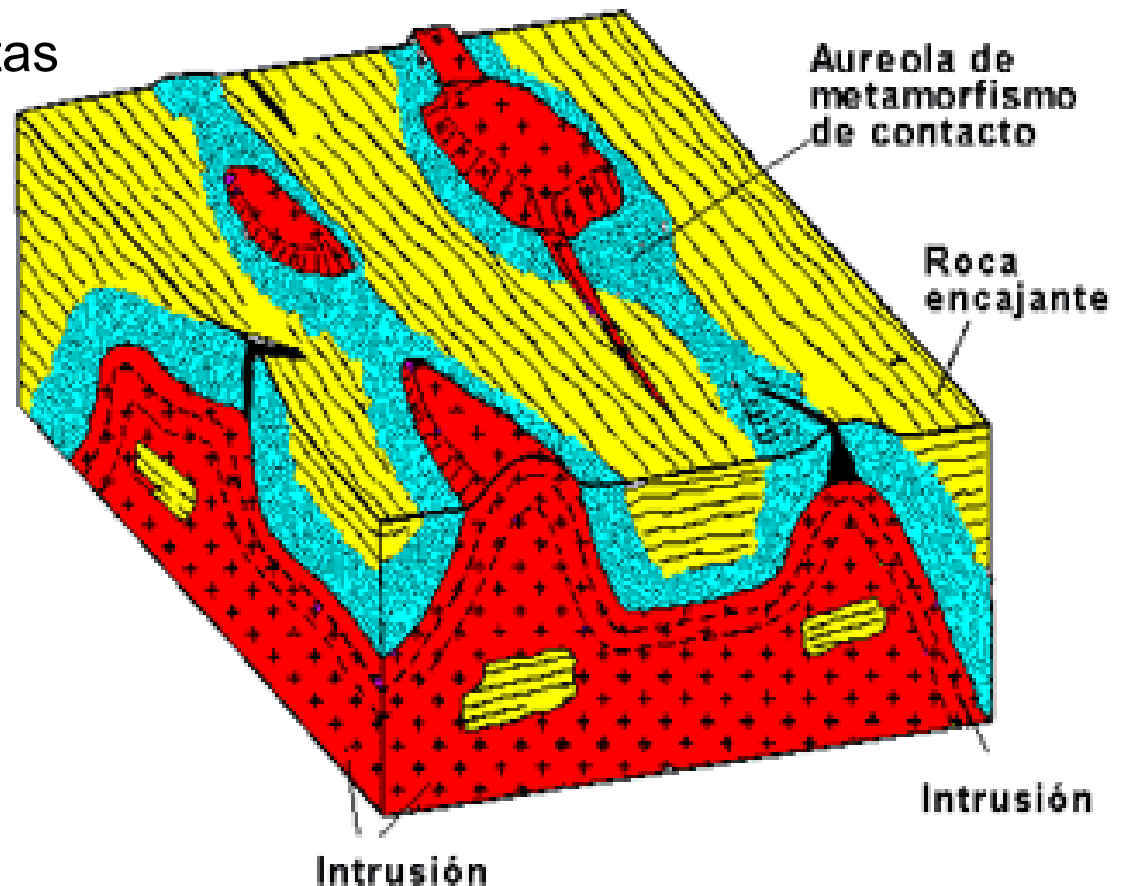
Aureola de contacto alrededor del cuerpo intrusivo (mm a cientos de m o decenas de km)

Agente metamórfico predominante: T

Rocas, ej.: mármoles, cuarcitas



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



<http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/1bachillerato/petrogeneticos/imagenes/ima4/contact2.gif>

Ambientes metamórficos principales



Metamorfismo hidrotermal

Circulación de **fluidos a alta T y cargados de iones (fluidos hidrotermales)** a través de fracturas de la roca de caja

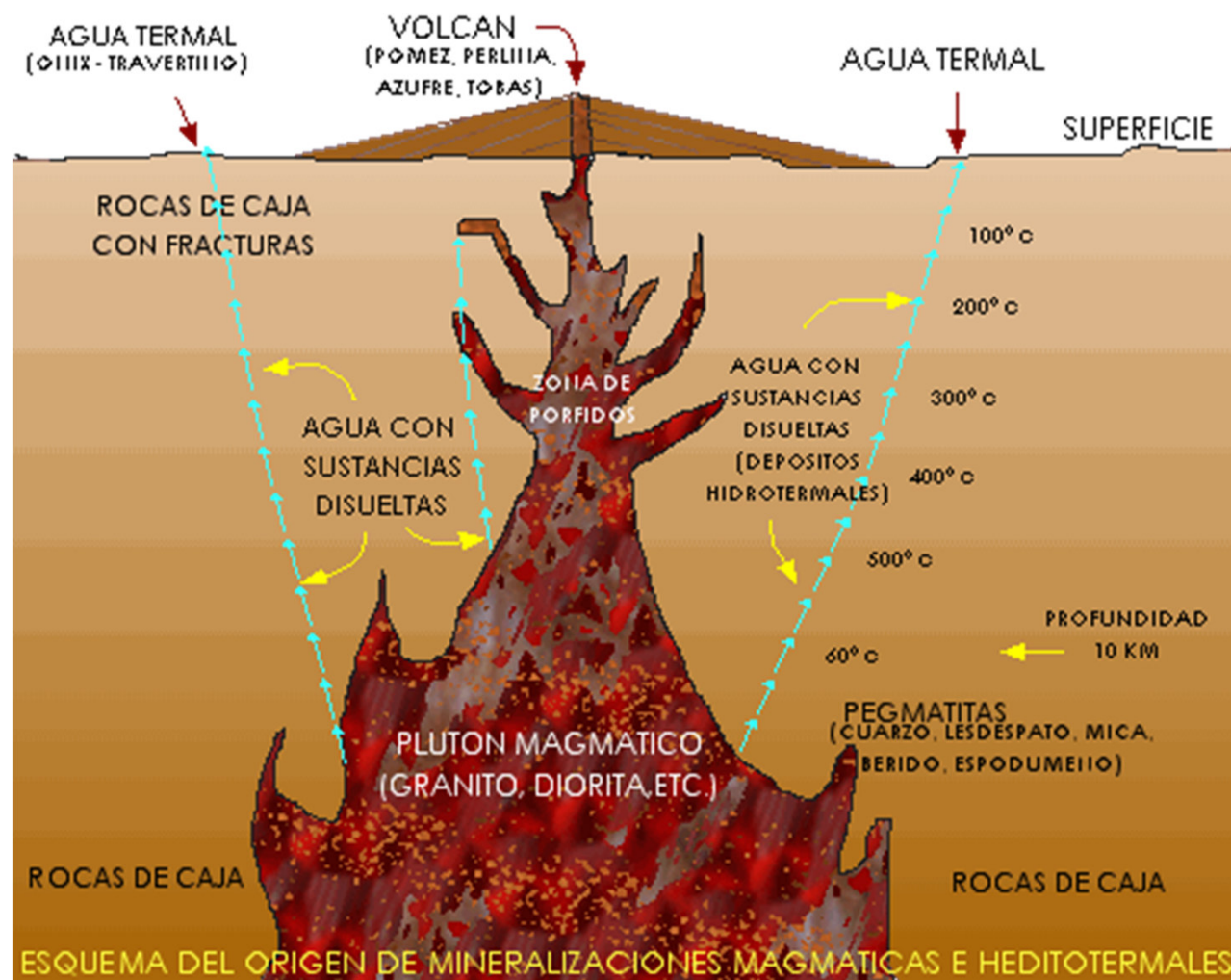
Asociado a **actividad ígnea intrusiva**

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**



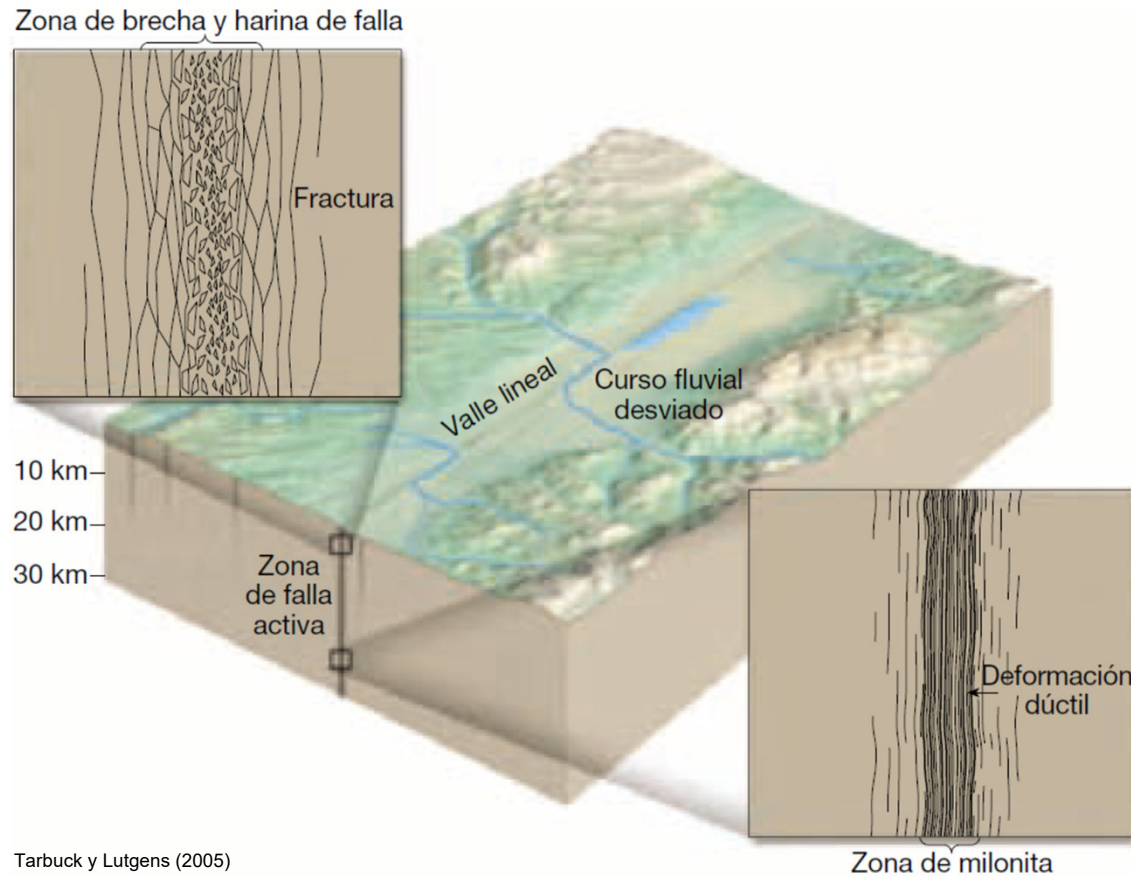
Ambientes metamórficos principales

Metamorfismo dinámico o cataclástico

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

Agentes metamórficos predominantes: P y T

Rocas, ej.: brecha de fallas, milonitas



<https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRE9QVYrmNGfBXkdJCX0LU3mqirD2TLAqIREg&usqp=CAU>

Tarback y Lutgens (2005)

Zona de milonita

Rocas metamórficas: clasificación según estructura



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



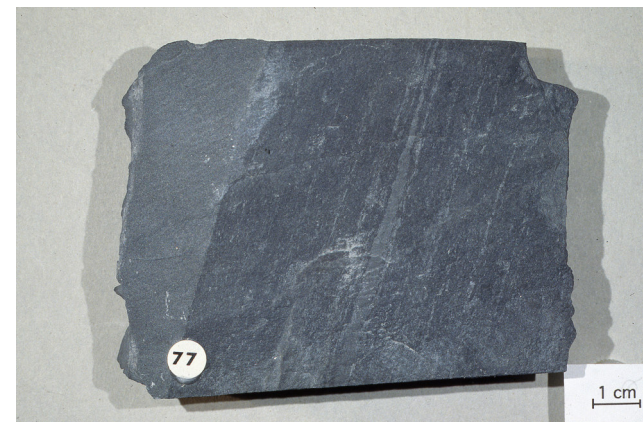
<http://edafologia.ugr.es/rocas/fotos2/gneis-biotitico-visu-91.jpg>

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/cuarcita-con-distena-visu-86.jpg>

Cuarcita

Rocas metamórficas: clasificación según estructura



Rocas metamórficas foliadas

Pizarra



Filita



Esquisto



Gneis



Migmatita



Milonita



Metaconglomerado



<https://geologiaweb.com/wp-content/uploads/2019/10/rocas-metamorficas-foliadas.jpg>

Rocas metamórficas: clasificación según estructura



Rocas metamórficas no foliadas

Mármol



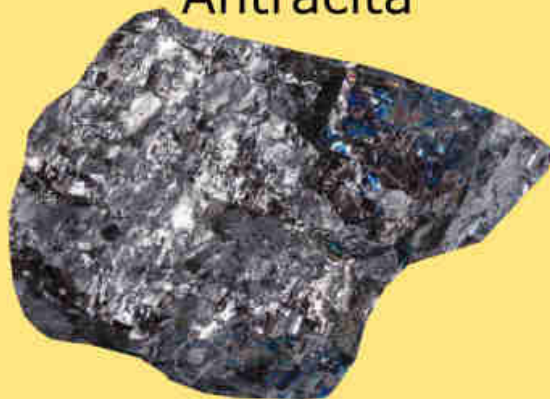
Cuarcita



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	Aumento del metamorfismo	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
Corneana			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



Tarbuck y Lutgens (2005)

Bibliografía



Básica

- **Tarbuck 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>

- **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