

Introducción a la geología e ingeniería geológica



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

Índice



- **Geología e ingeniería geológica**
- 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 las propiedades “ingenieriles” de los suelos, las rocas y macizos rocosos en las obras del hombre.

As a civil engineer, you should recognize the limitations of your own education and experience, especially with regard to geology, and when appropriate, be prepared to call upon the services of a professional engineering geologist.

y viceversa...

Geología e Ingeniería geológica



Tengo que “llamar” a un geólogo

- Comprender el paisaje actual y su evolución
- Explotación de un recurso subterráneo
- Avance/retroceso de un glaciar/desierto



Tengo que “llamar” a un ingeniero

- Diseñar fundaciones (bases, pilotes)
- Construir un terraplén
- Sostener una excavación

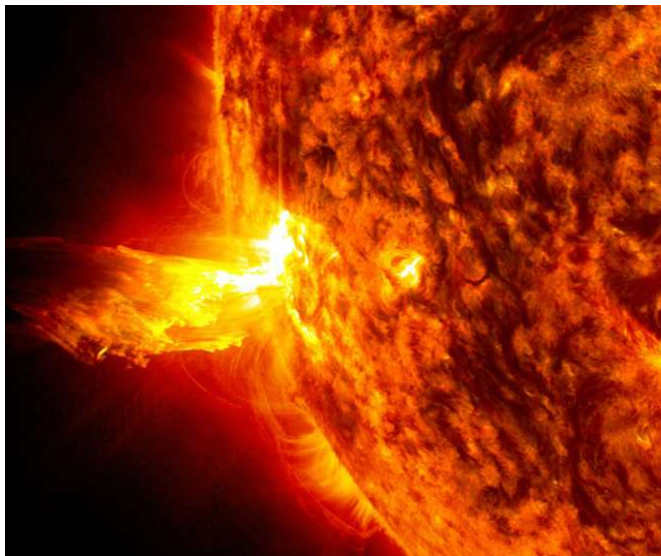


Y muchas veces tengo que “llamar” a los dos (u otros expertos)

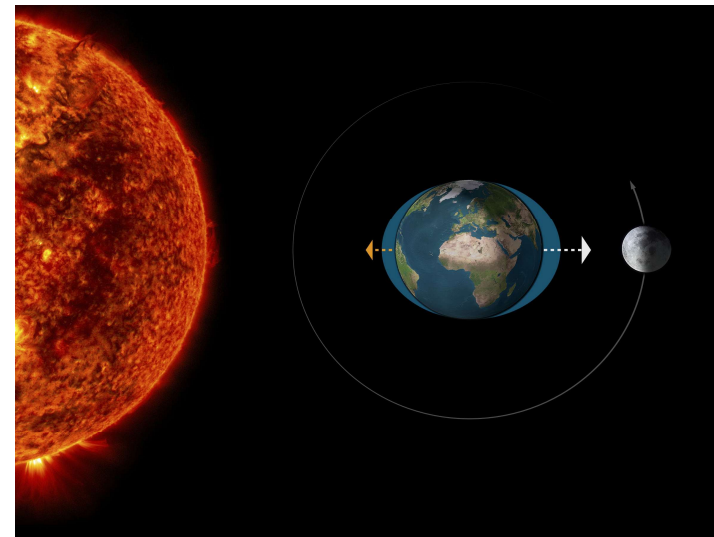
Planeta tierra y tiempo geológico



- Sistema abierto y dinámico (interacción entre subsistemas)
- Intercambio de materia y energía con el espacio
 - Energía externa: radiación solar y mareal
 - Energía interna: enfriamiento de núcleo, desintegración de cadenas radiactivas naturales (U, Th, K)

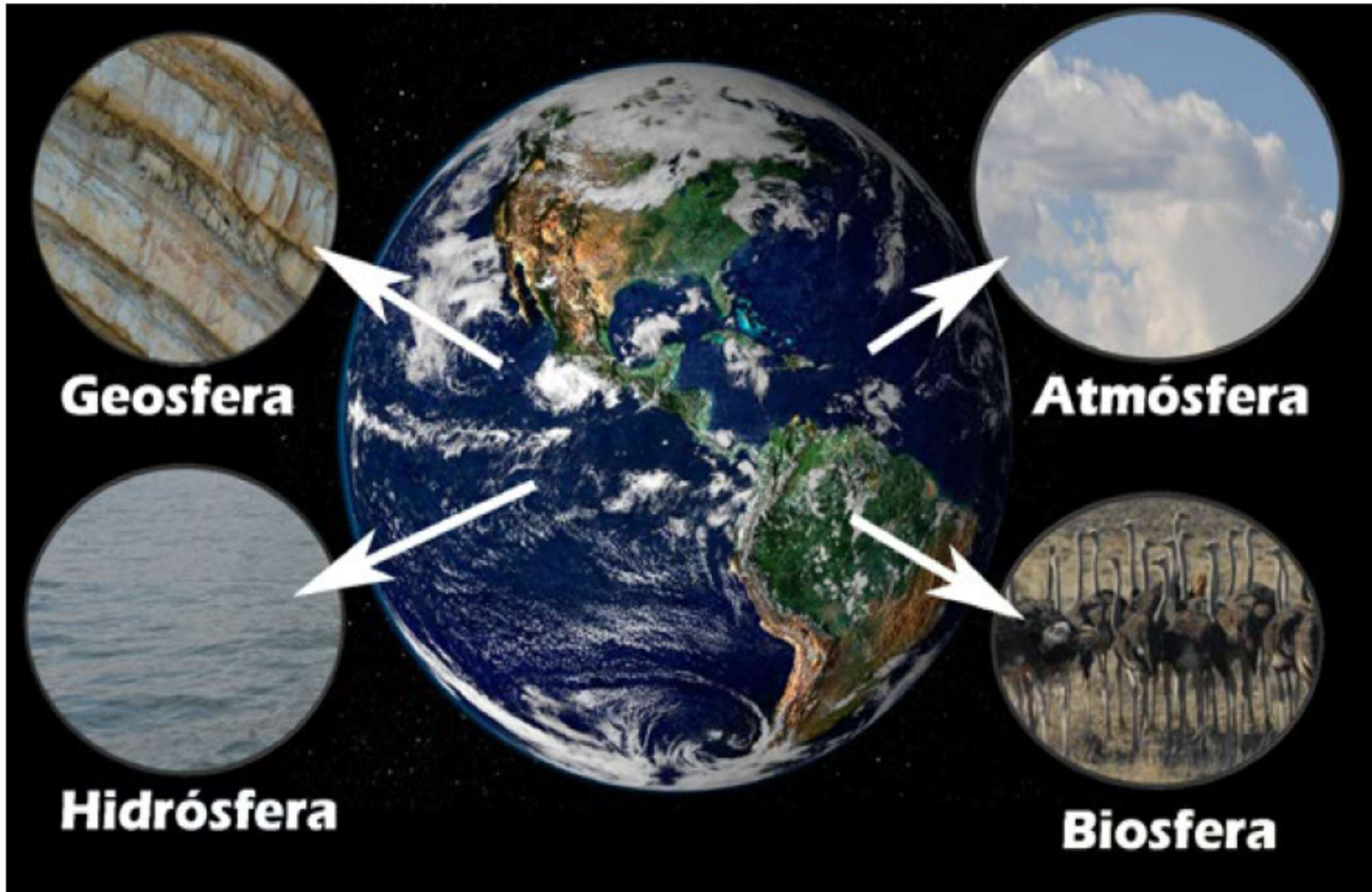


https://images.nasa.gov/details-GSFC_20171208_Archive_e001434



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

Planeta tierra y tiempo geológico



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

Planeta tierra y tiempo geológico



• **Atmósfera (gas)**

- Filtro radiación solar y cósmica
- Regulación de la temperatura
- Gases indispensables para la vida

• **Hidrosfera (líquido)**

- Agua en todos sus estados físicos
- Regulación del clima
- Modelado del relieve
- Desarrollo de seres vivos

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>

Planeta tierra y tiempo geológico

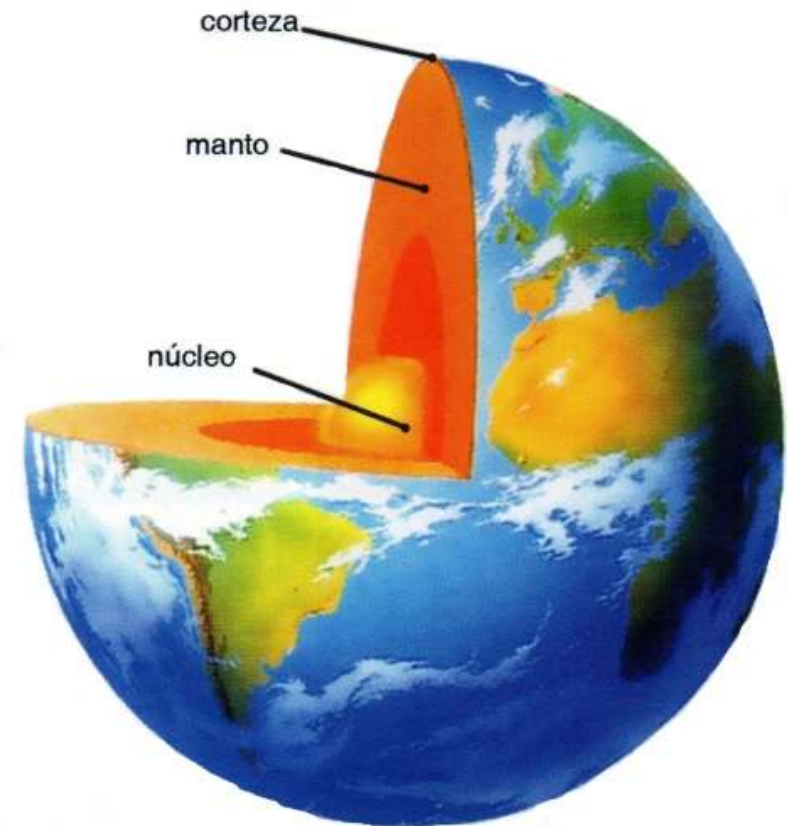


- **Geósfera (sólido)**

- Capas que forman su estructura interna
- Rocas, minerales, sedimentos

- **Biósfera (vida)**

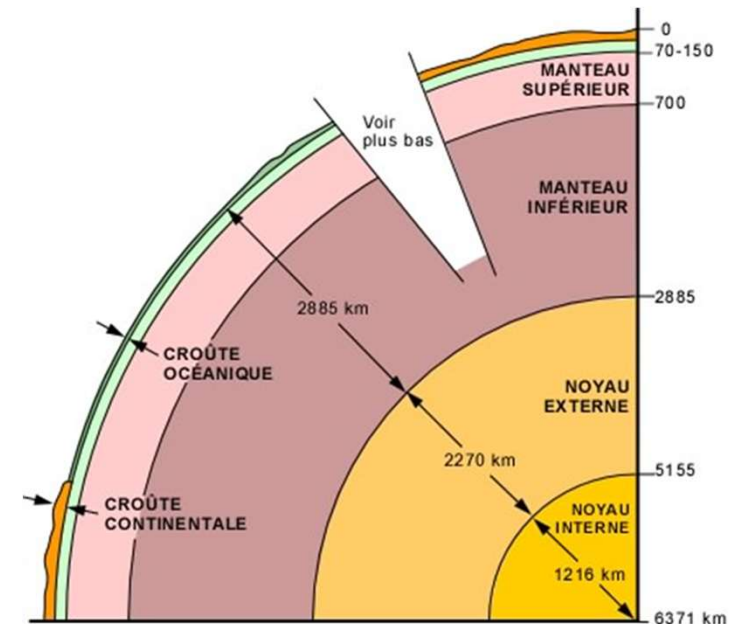
- Reino animal y vegetal
- Organismos



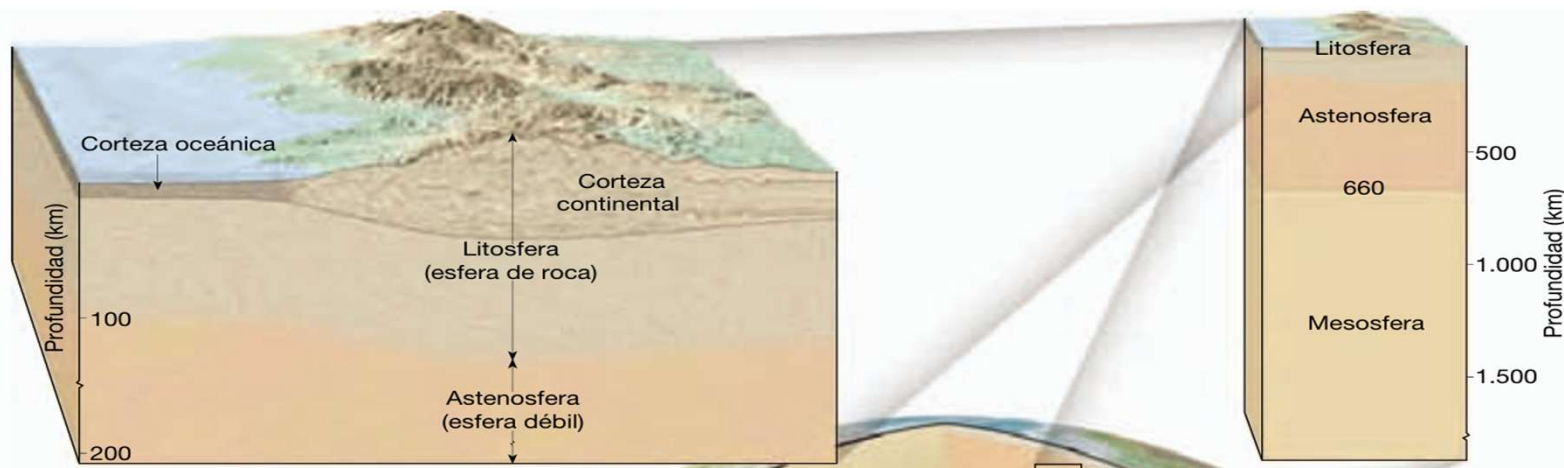
Planeta tierra y tiempo geológico



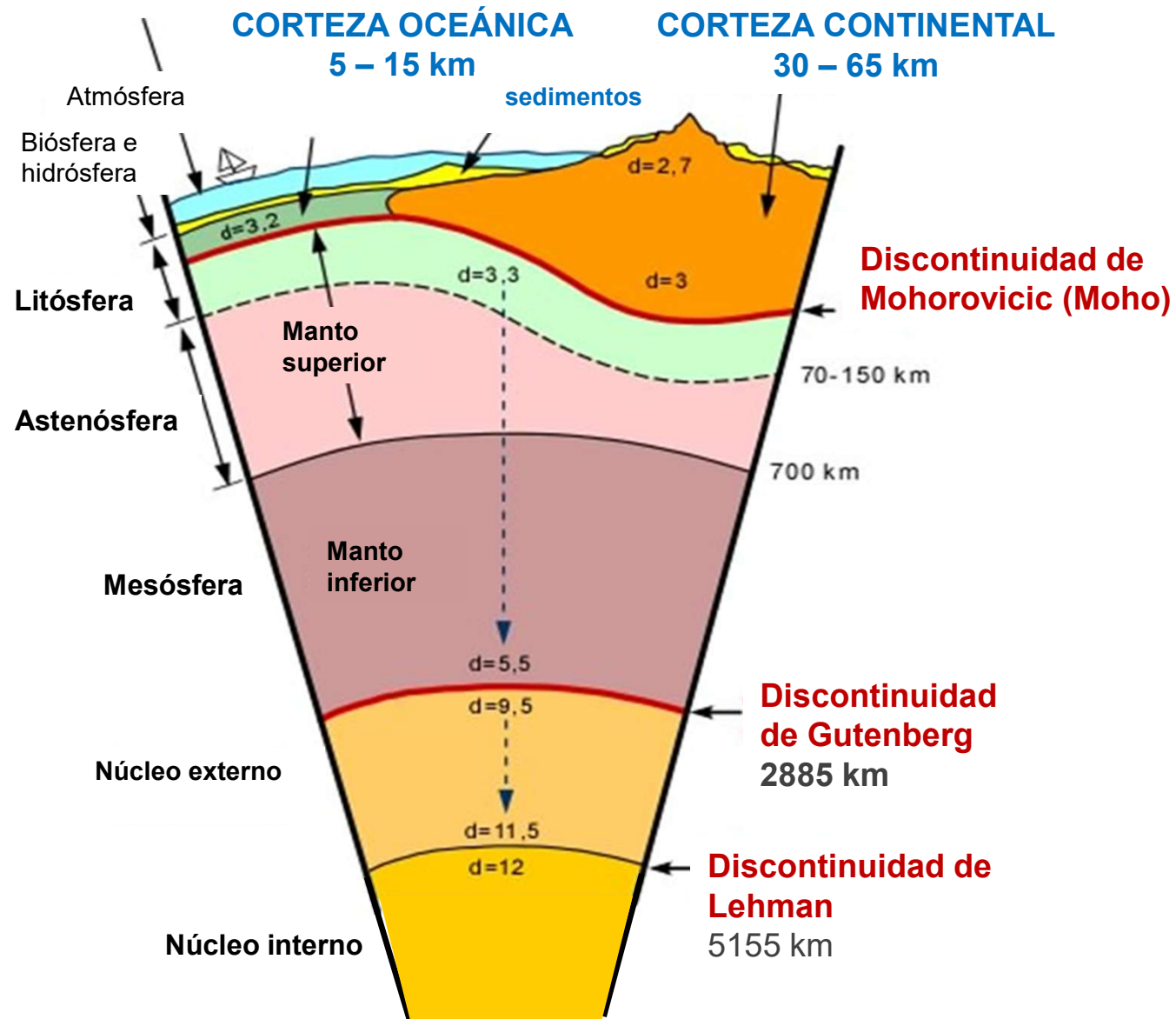
- Estructura interna
 - **Corteza** (oceánica y continental)
 - **Manto** (superior e inferior)
 - **Núcleo** (interno y externo)



Litósfera: corteza y parte del manto



Planeta tierra y tiempo geológico

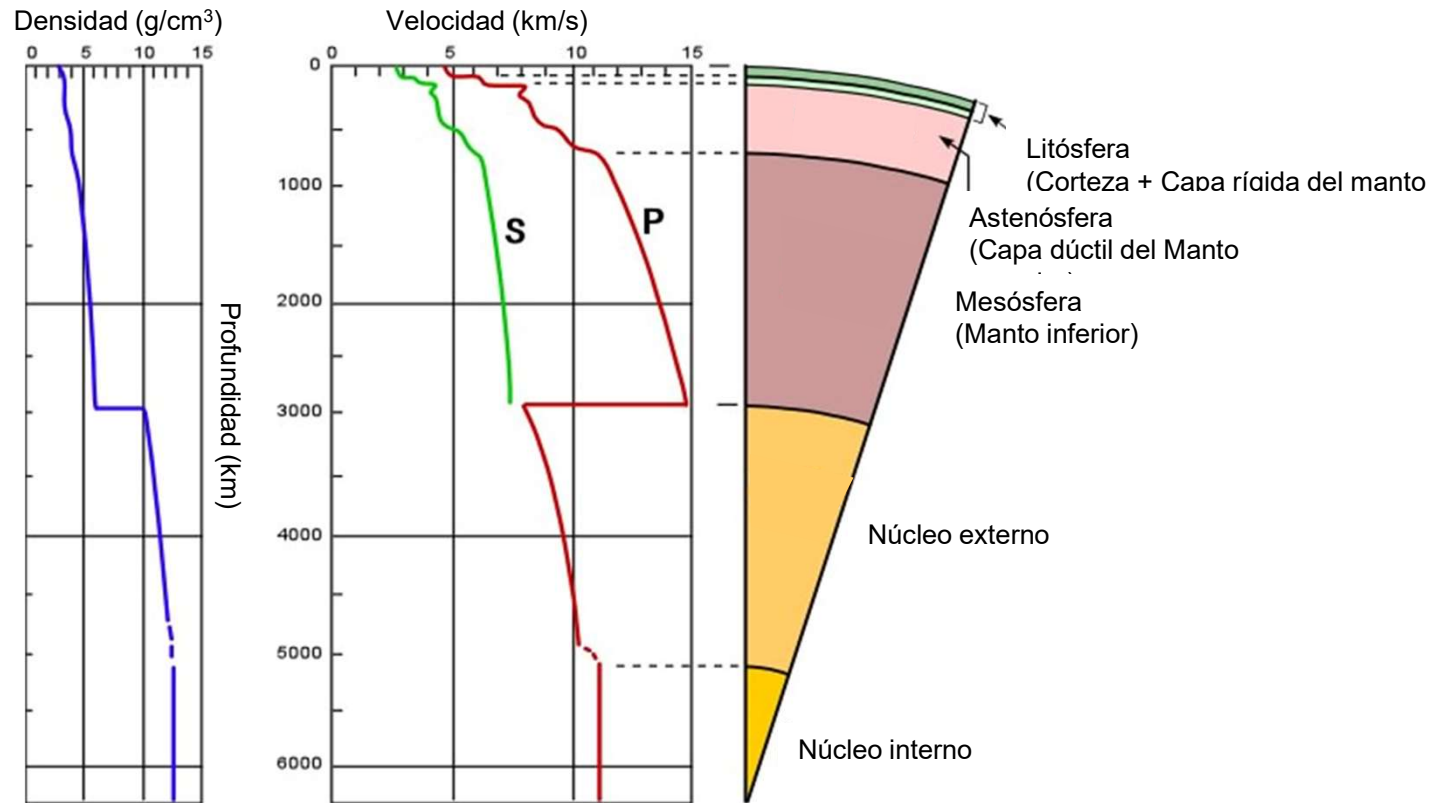


NOTA: $d=\gamma$ (peso unitario)

Planeta tierra y tiempo geológico



- Velocidades P y S (terremotos), estado y densidad de materia

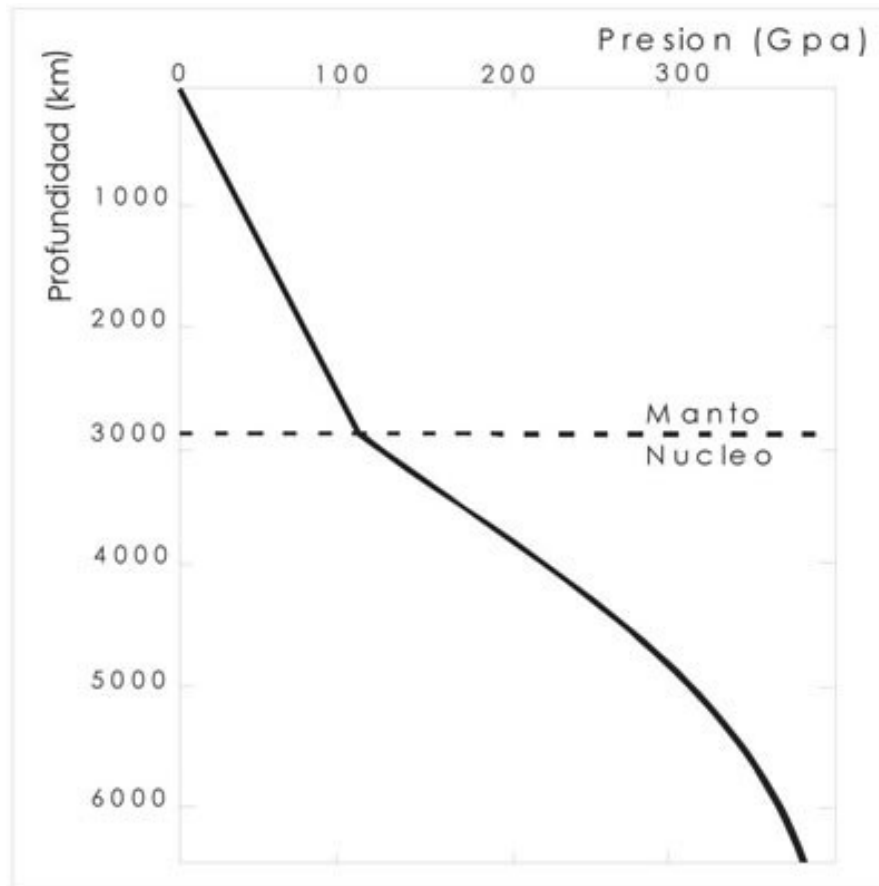


Modificado de http://www2.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/planete_terre.html

Planeta tierra y tiempo geológico

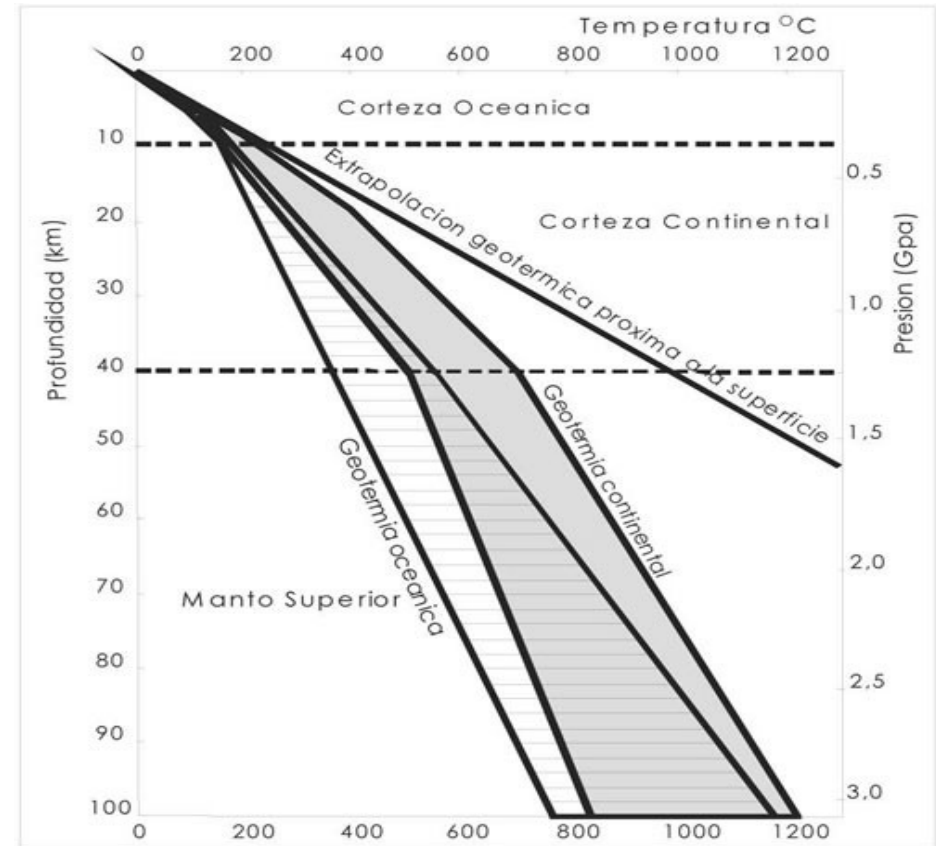


Presión total



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

Temperatura



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)

Planeta tierra y tiempo geológico



- **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.

Edad de la tierra: aprox. 4.500 Ma

Cuaternario: paisaje actual

Planeta tierra y tiempo geológico



- Radiactividad (1896): permite “datar” los sucesos geológicos
- Los procesos geológicos requieren (en general) enormes lapsos de tiempo (Ma)
- Por ejemplo, una roca que haya sido fechada en 10 Ma puede considerarse “joven”

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	
	Pérmico	280	
PALEOZOICA (Primaria)	Carbonífero	345	
	Devónico	395	
	Silúrico	435	
	Ordovícico	500	
	Cámbrico	570	
	PRECÁMBRICO		4 600

Plegamientos alpinos

Plegamientos hercinianos

Índice

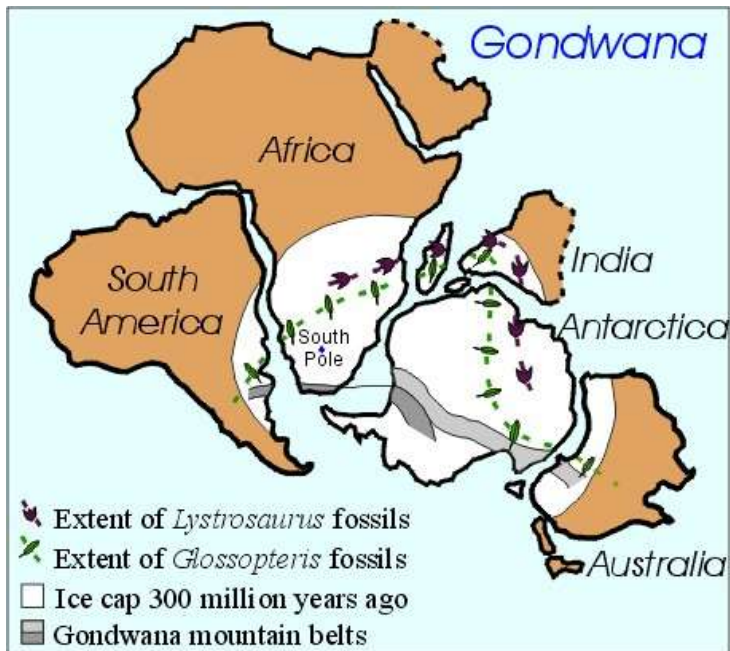


- Planeta tierra y tiempo geológico
- **Tectónica de placas**
- Minerales
- Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas

Tectónica de placas



- **Deriva continental:** Los continentes se mueven hacia Ma
- Evidencias paleontológicas, de tipos de roca y semejanzas estructurales



Orógeno y glaciación de Gondwana
(Pérmico - Triásico)

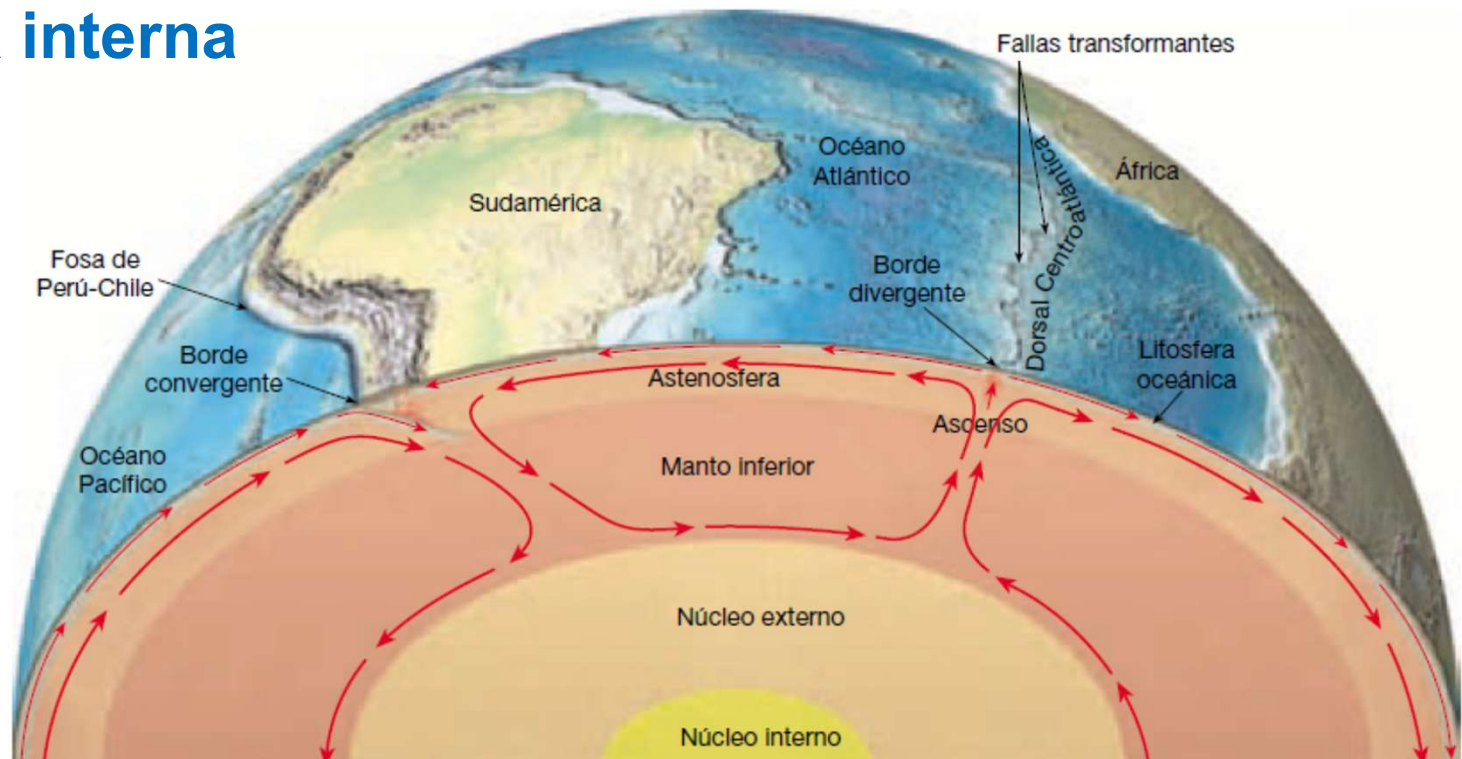


Orógeno de Laurentia (Jurásico)
Concordancia entre cordilleras

Tectónica de placas

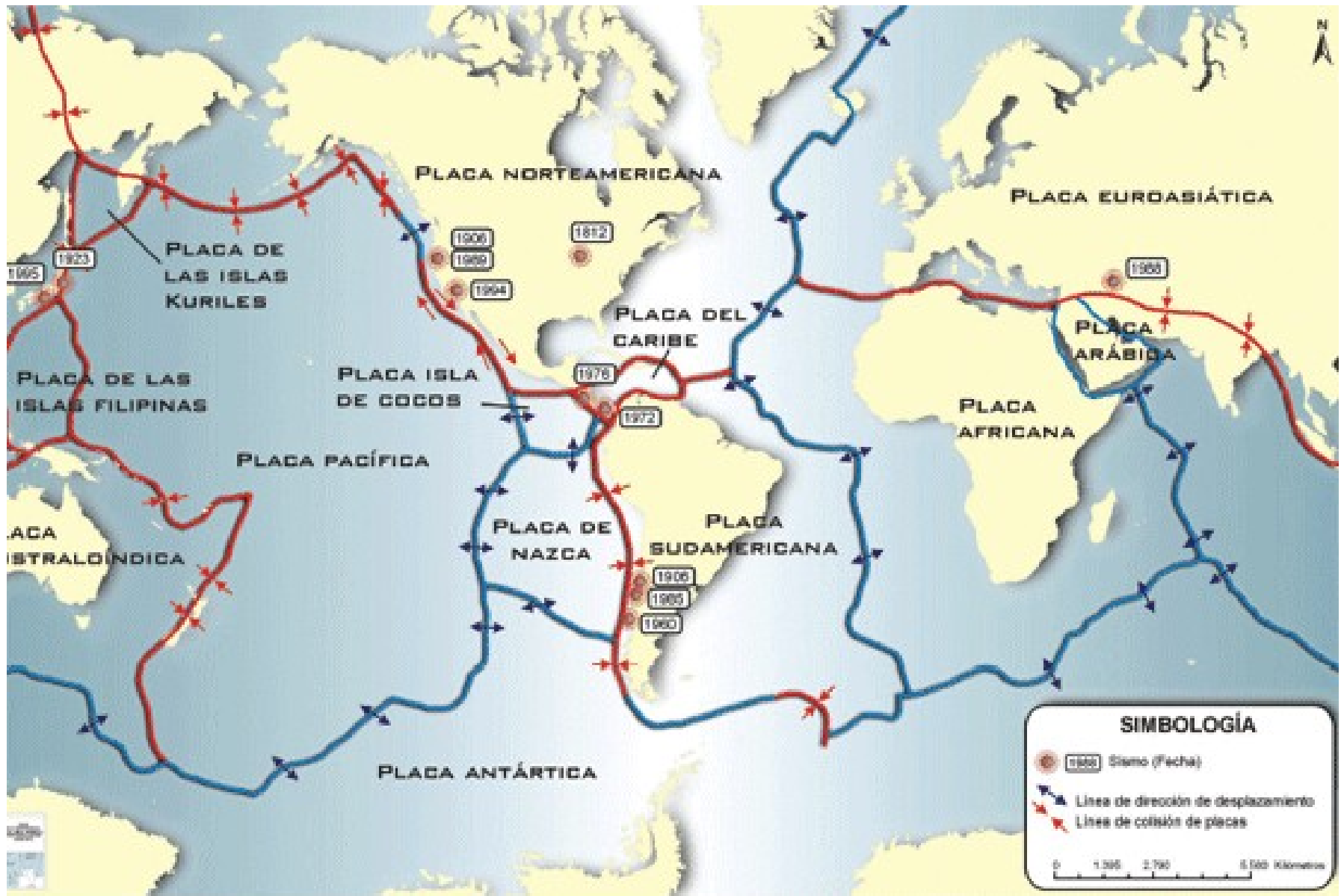


- Desarrollo entre 1960-1970
- Teoría que vincula el movimiento convectivo del manto con el movimiento de las placas litosféricas (tectónicas) ↔
Geodinámica interna

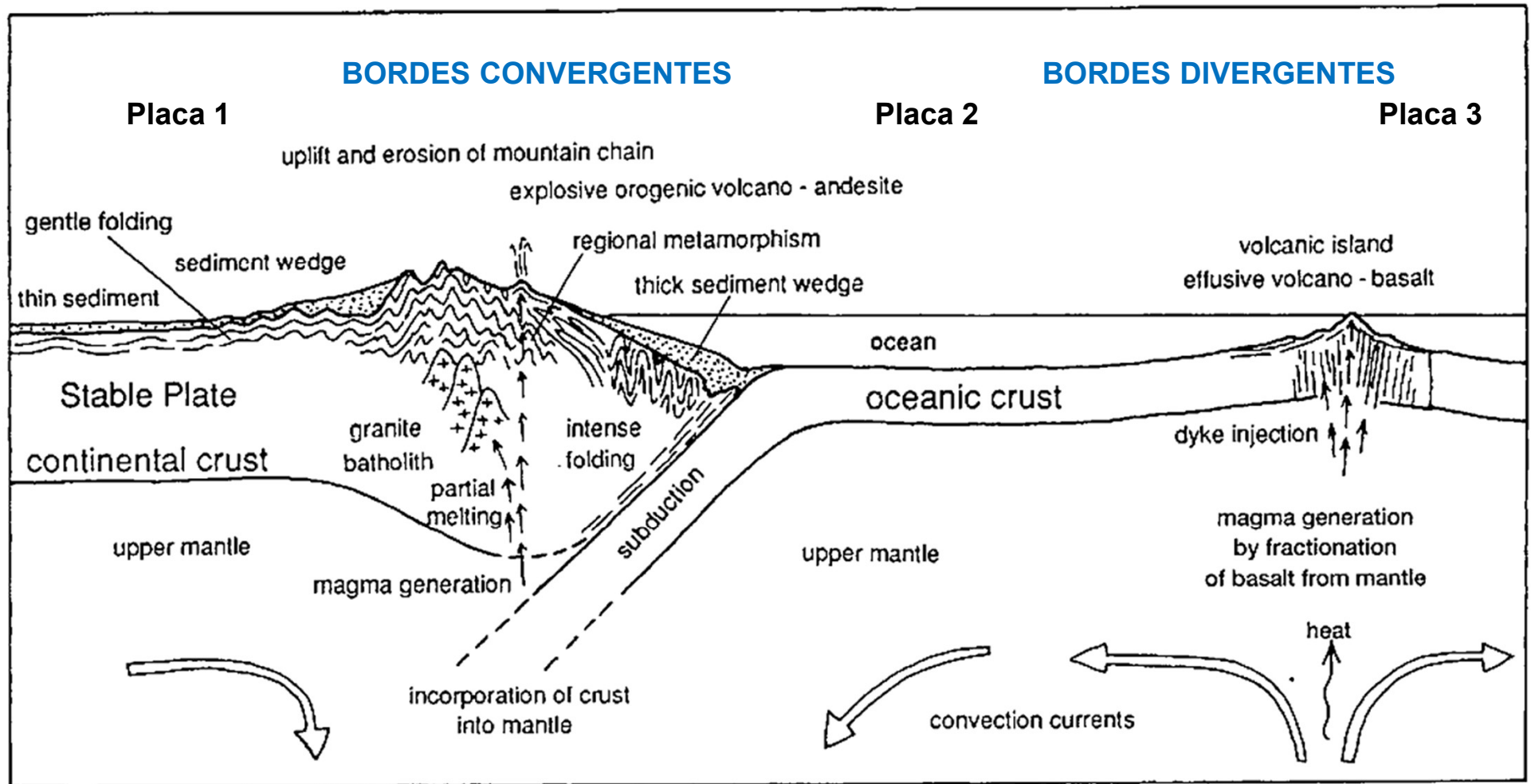


Tarback y Lutgens (2005)

Tectónica de placas



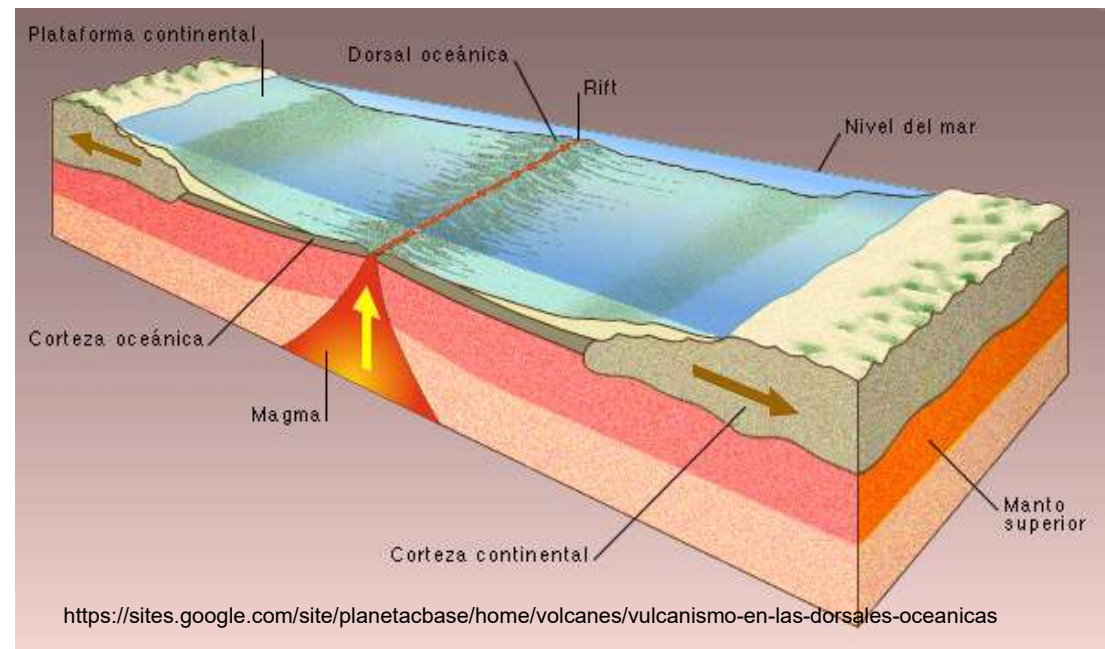
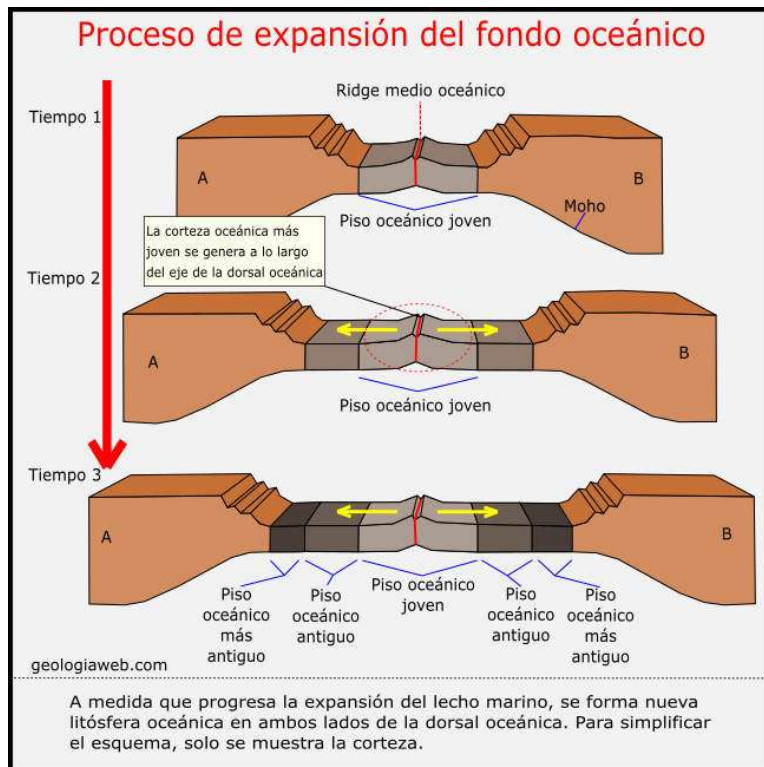
Tectónica de placas



Tectónica de placas



- **Márgenes divergentes:** dorsales oceánicas
- Ascenso y cristalización de magma → generación de corteza oceánica



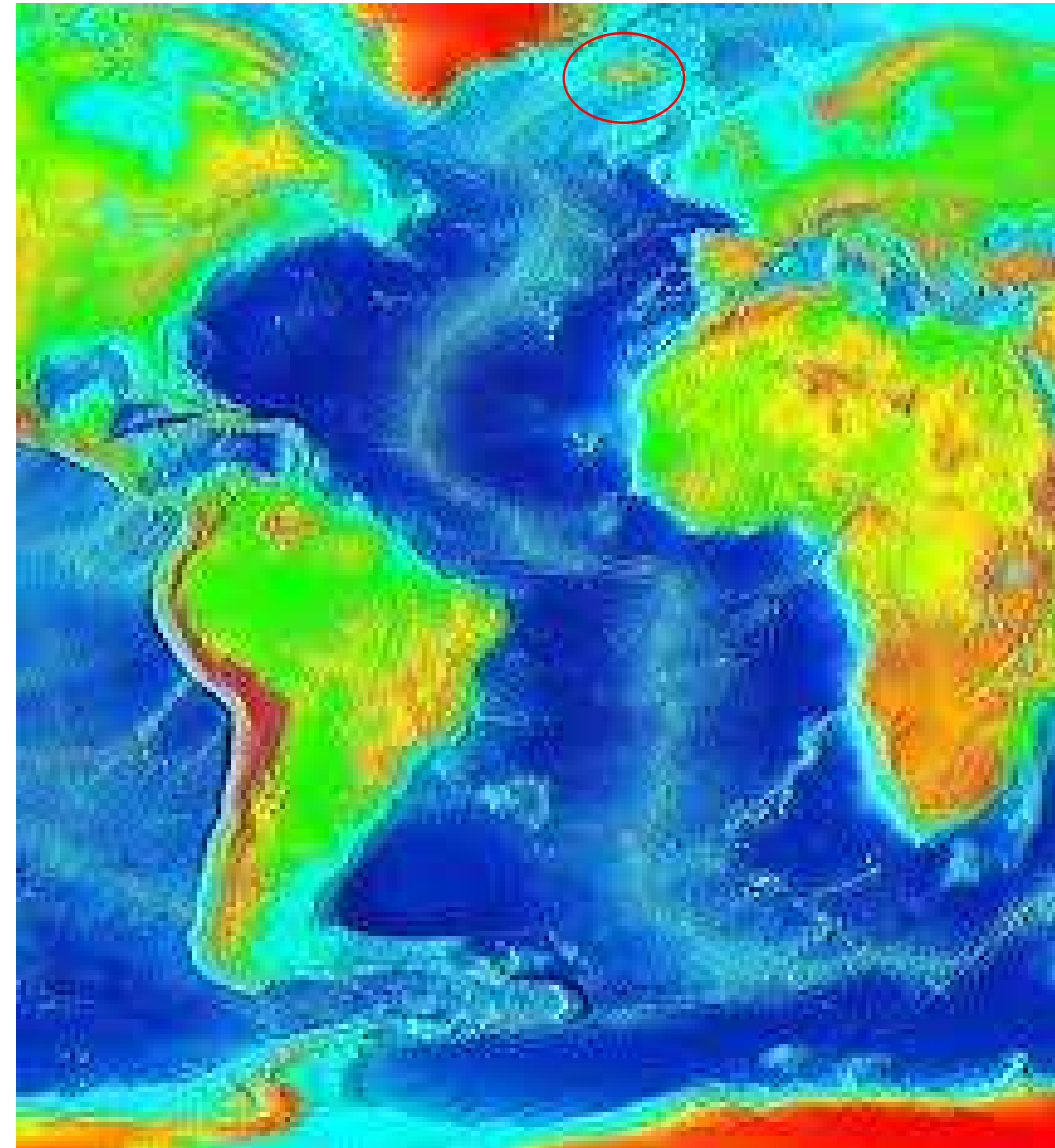
<https://sites.google.com/site/planetabase/home/volcanes/vulcanismo-en-las-dorsales-oceanicas>

Tectónica de placas



Dorsales oceánicas

- Islandia: volcanes “basálticos” y fuentes geotermales

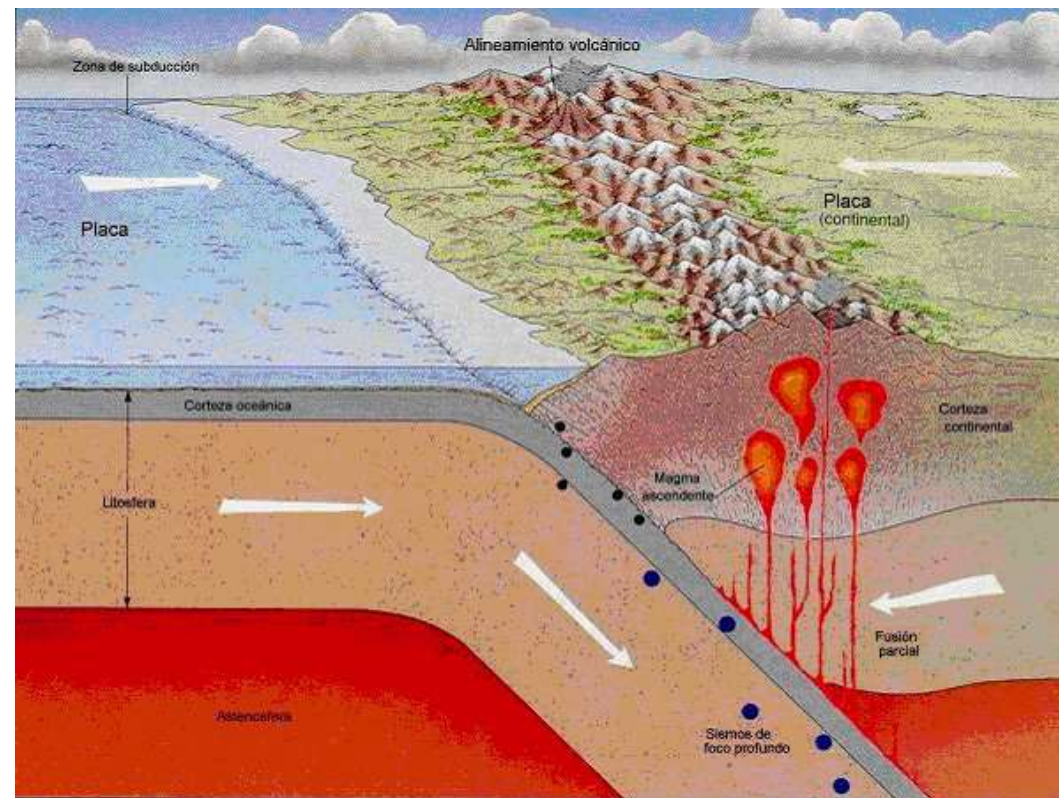


<https://www.lifereder.com/dorsal-atlantica/>

Tectónica de placas

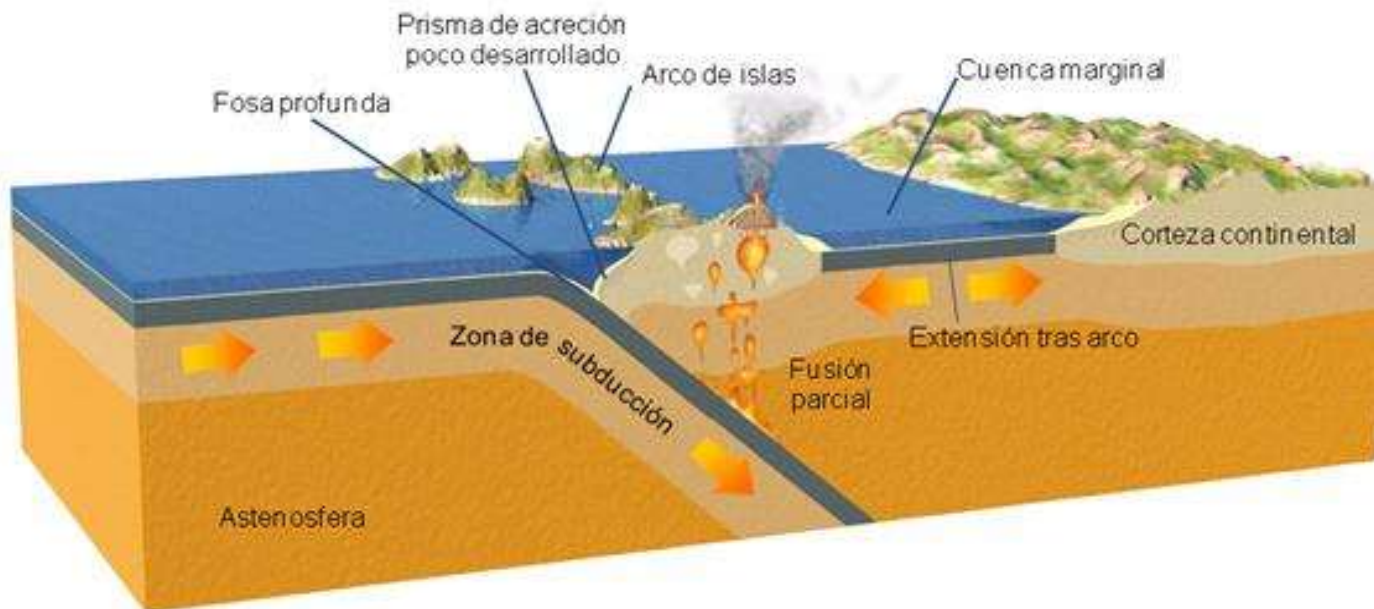


- **Márgenes convergentes:** subducción
- Formación de montañas, intensa actividad volcánica y sísmica



Tectónica de placas

- **Márgenes convergentes oceánicos:** Arcos de islas



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

Tectónica de placas



- **Márgenes transcurrentes:** no se genera ni destruye corteza oceánica
- Principalmente en dorsales oceánicas, algunas en corteza continental (ej.: falla de San Andrés)
- Zonas de fracturas paralelas
- Planos de fallas ~ verticales
- Desplazamiento de bloques paralelo a la superficie
- Intensa actividad sísmica



Tectónica de placas

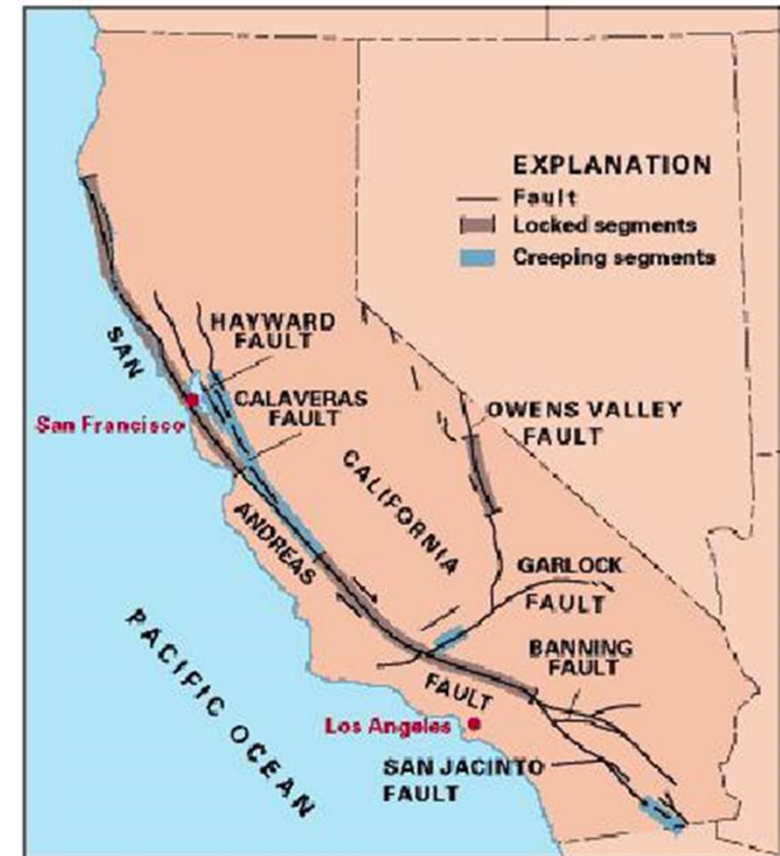


Márgenes transcurrentes en corteza continental

- Falla de San Andrés (intensa actividad sísmica)



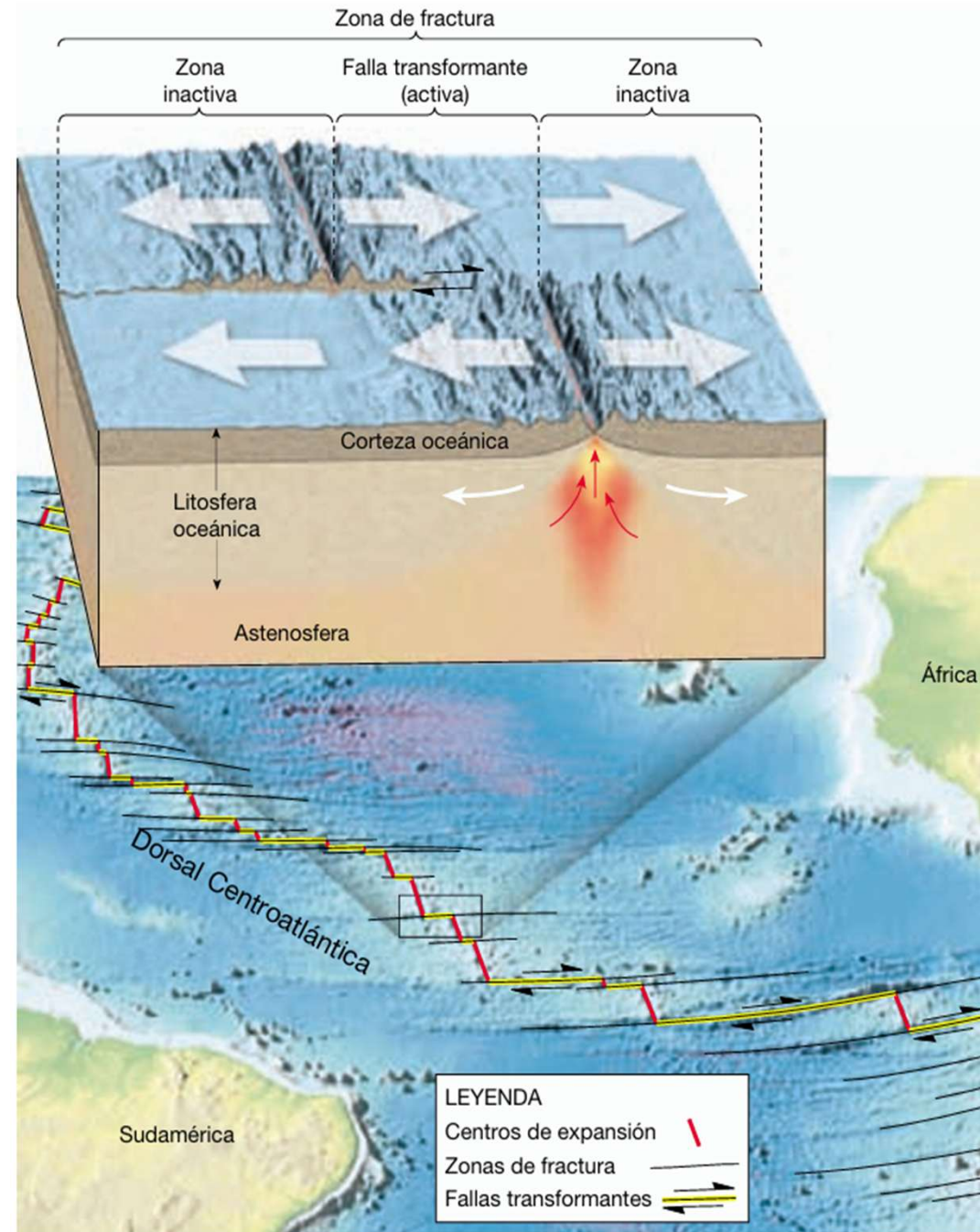
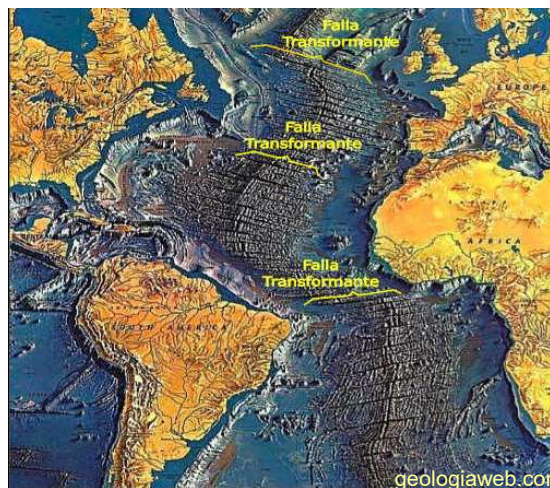
<https://www.republica.com.uy/falla-de-san-andres-lista-para-provocar-un-megaterremoto-id714236/>



Tectónica de placas

Márgenes transcurrentes oceánicos

- borde de falla transformante (pasivo) que desplaza los segmentos de la dorsal Centroatlántica



Tarback y Lutgens (2005)

Índice

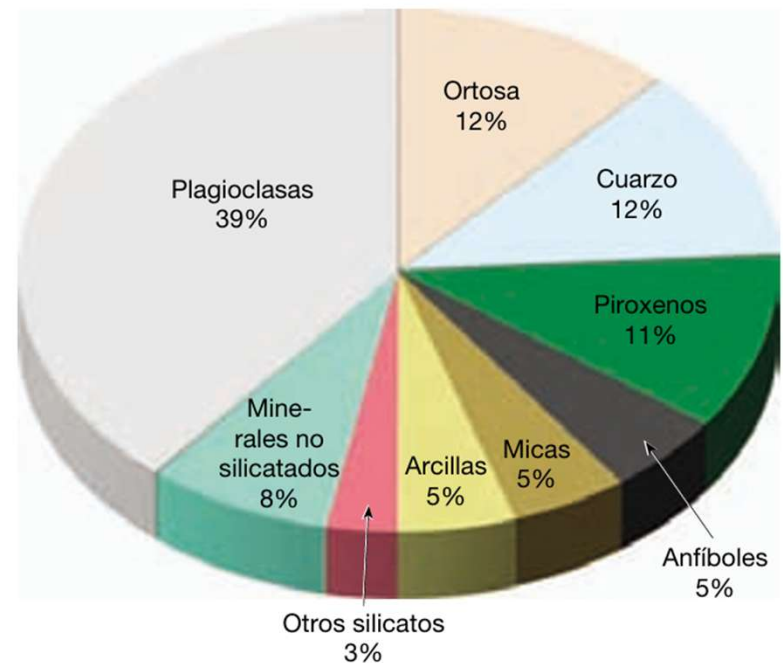
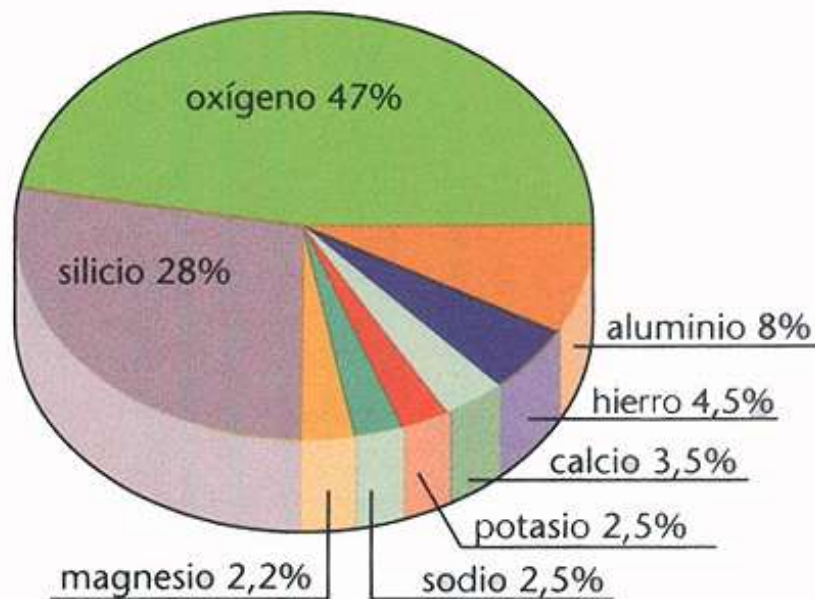


- Planeta tierra y tiempo geológico
- Tectónica de placas
- **Minerales**
- Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas

Minerales



- **Mineral:** material terrestre básico compuesto por elementos
- **Elementos predominantes** en la corteza terrestre: O₂ y Si
- Minerales abundantes: **silicatos (90%)**, óxidos y otros (carbonatos, sulfatos, sulfuros, fosfatos)



Minerales

Mineral: unidad básica constituyente de rocas (ej: cuarzo, olivino, oro)

- Sólido homogéneo
- Inorgánico
- Natural
- Estructura atómica ordenada (cristal)
- Composición química definida, fija o con ciertas variaciones

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



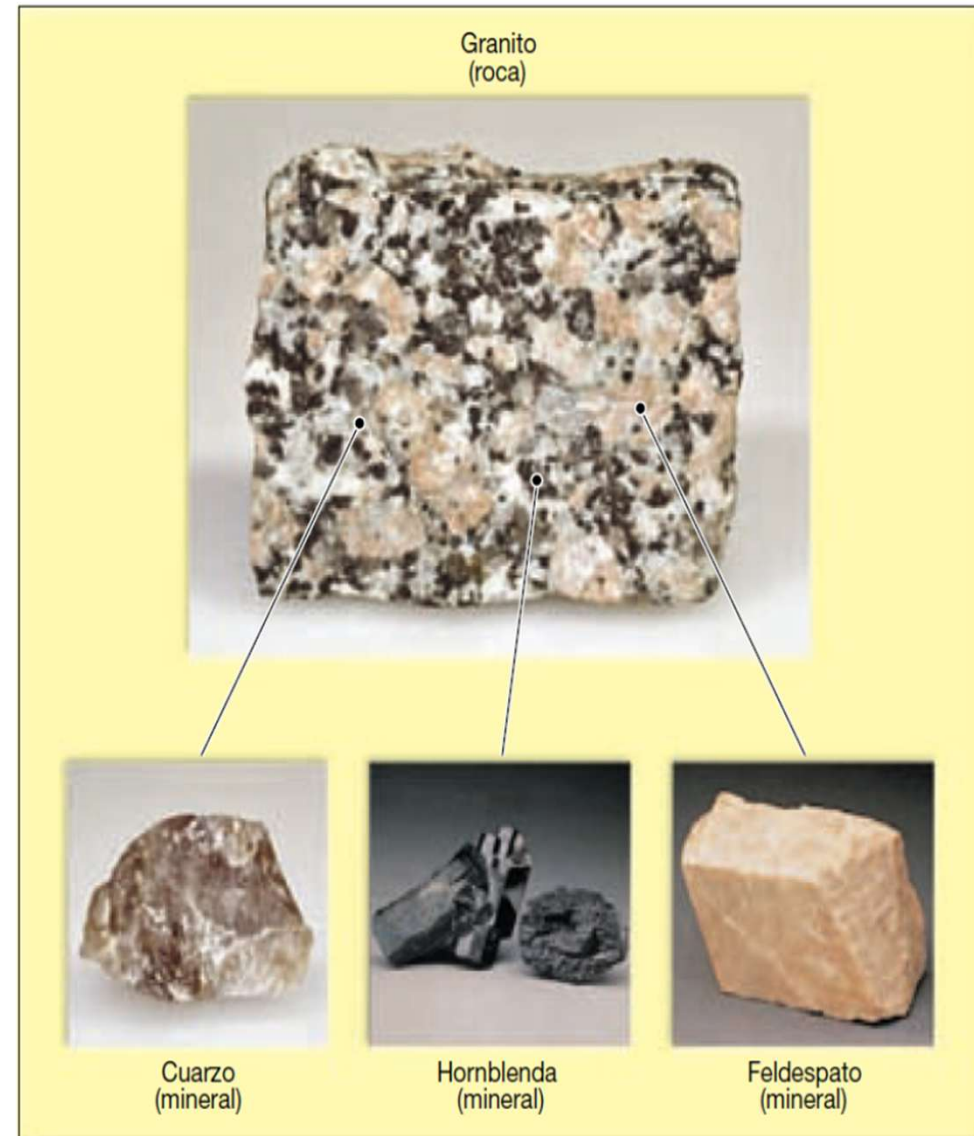
<https://www.mineralesyrocas.top/olivino/>

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

Minerales



- **Roca:** conjunto 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



Tarbutck y Lutgens (2005)

Minerales



Identificación de minerales


- Propiedades físicas: forma, brillo, color, peso específico, dureza (Mohs), radiactividad, petrografía...
- Propiedades químicas: reacción con ácidos (ej: HCl), solubilidad en agua






Efervescencia en calcita

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

MOHS HARDNESS SCALE



INCREASING HARDNESS

	1 TALC
	2 GYPSUM
	3 CALCITE
	4 FLUORITE
	5 APATITE
	6 FELDSPAR
	7 QUARTZ
	8 TOPAZ
	9 CORUNDUM
	10 DIAMOND

← FINGERNAIL (between 2 and 3)
← COPPER COIN (between 3 and 4)
← KNIFE / GLASS (between 5 and 6)
← STEEL (between 6 and 7)

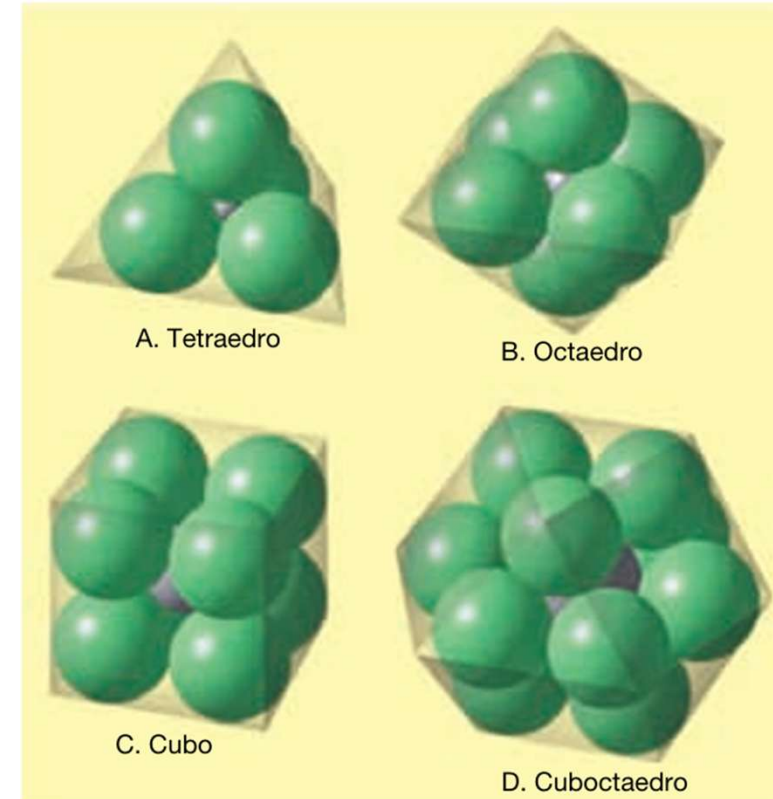
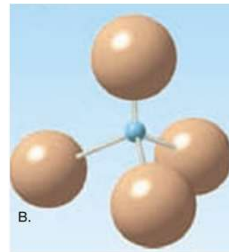
INDIANA GEOLOGICAL SURVEY
611 N. Walnut Grove Ave.
Bloomington, IN 47405-2208
(812) 855-7636
IGSinfo@indiana.edu
<http://IGS.indiana.edu>

COPYRIGHT 2011, THE TRUSTEES OF INDIANA UNIVERSITY, INDIANA GEOLOGICAL SURVEY, ALL RIGHTS RESERVED
This may be reproduced for educational purposes, courtesy of the Indiana Geological Survey.

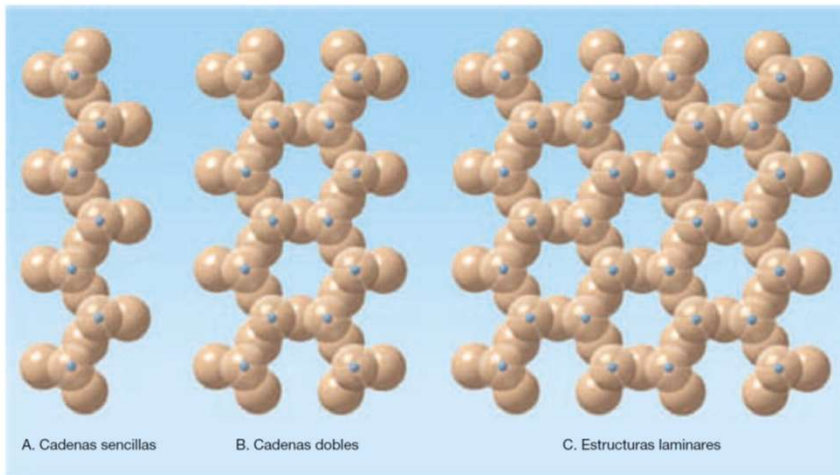
Minerales

Estructura atómica: agrupamiento fijo de cationes y aniones

- mineral halita, cúbico
- silicatos: tetraedro SiO_4^{4-}



Agrupamientos



Cadenas de tetraedros





Halita

Minerales



- Minerales silicatados** (combinación tetraedros)

Mineral	Fórmula idealizada	Exfoliación	Estructura de silicatos
Olivino	$(\text{Mg, Fe})_2\text{SiO}_4$	Ninguna	Tetraedro simple 
Grupo de los piroxenos (augita)	$(\text{Mg, Fe})\text{SiO}_3$	Dos planos en ángulos rectos	Cadenas sencillas 
Grupo de los anfíboles (hornblenda)	$\text{Ca}_2(\text{Fe, Mg})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	Dos planos a 60° y 120°	Cadenas dobles 

Minerales



- Minerales no silicatados: valor económico**

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
	Hematites	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
	Baritina	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

Minerales



- **Minerales arcillosos:** producto de la meteorización química de minerales silicatados (intemperismo)
- Formadores de suelos
- Estructura laminar
- Presente en rocas sedimentarias

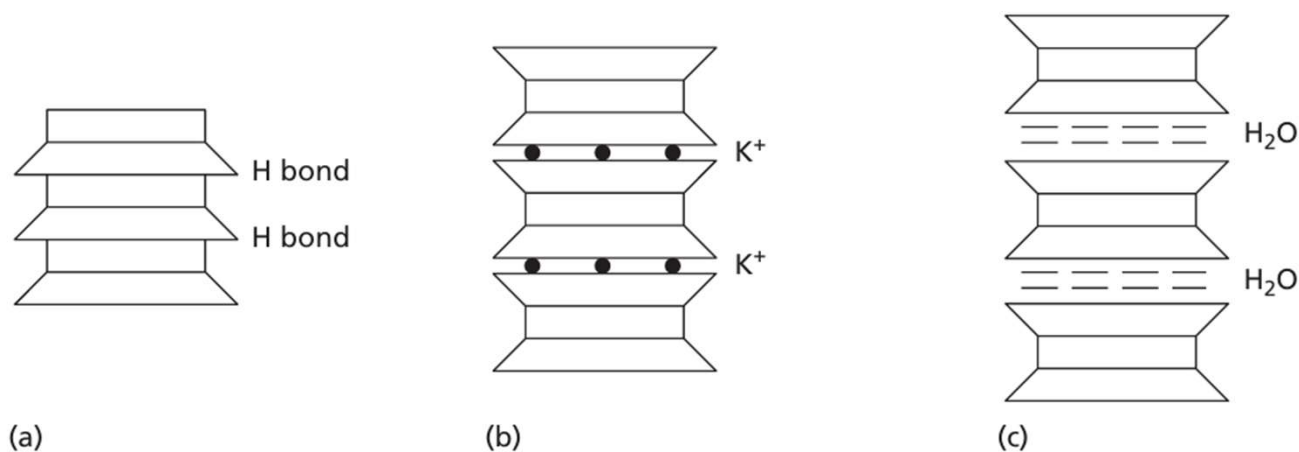


Figure 1.8 Clay minerals: (a) kaolinite, (b) illite, and (c) montmorillonite.

Índice



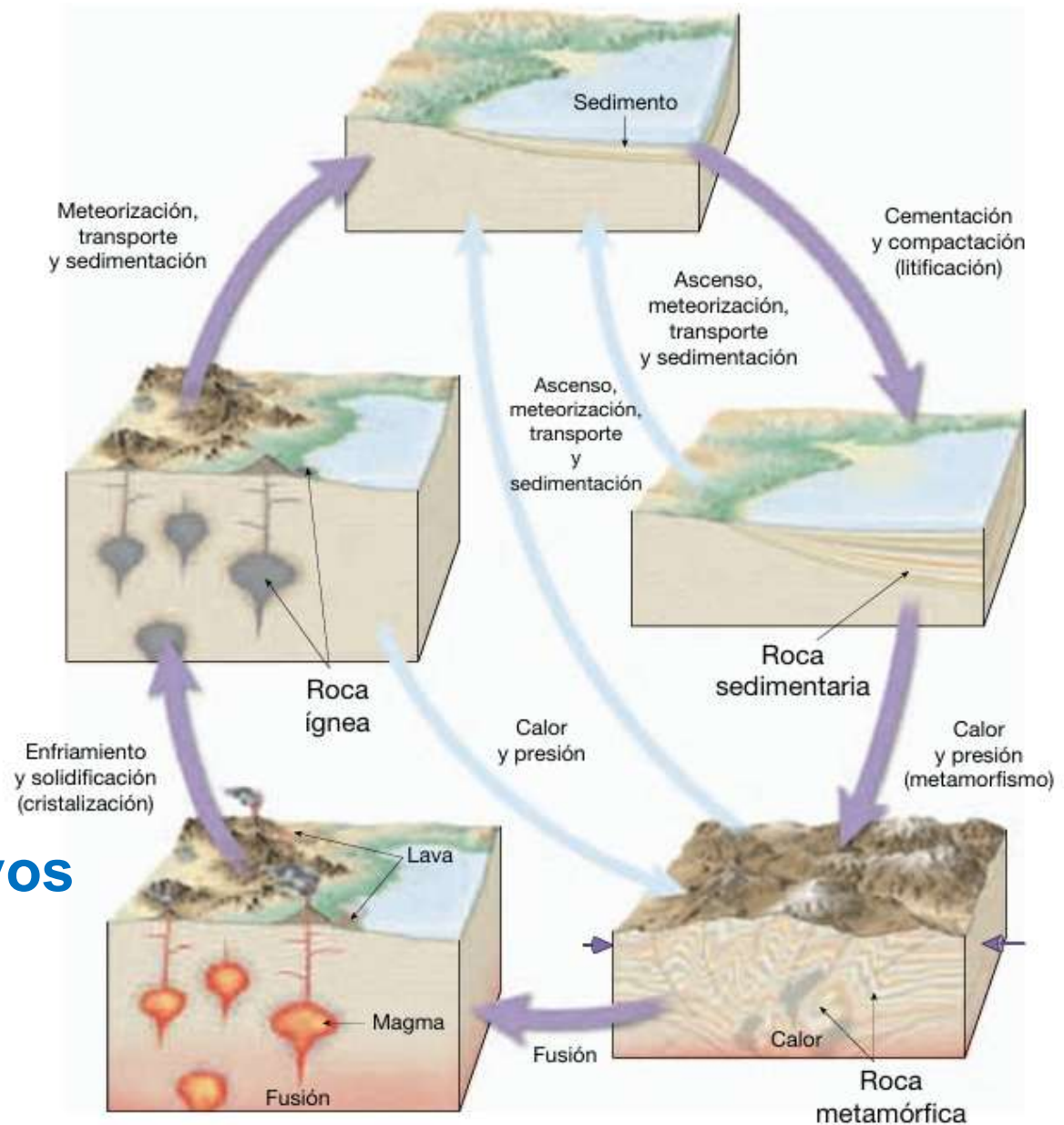
- Planeta tierra y tiempo geológico
- Tectónica de placas
- Minerales
- **Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas**

Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas



Procesos de cambio muy prolongados

- **Ciclo básico:**
 - Cristalización
 - Meteorización
 - Litificación
 - Metamorfismo
 - Fusión
- Existen **ciclos alternativos**



Tarback y Lutgens (2005)

Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas



Clasificación “útil” de Galster (1992)

I. Igneous rocks

A. Volcanic rocks

1. Volcanoclastics: volcanic ejecta, tuff, breccia, pumice
2. Lavas: basalt, andesite, rhyolite, feldsite, and trachite
3. Volcanic intrusives: diabase, pahoehoe, aa

B. Plutonic and other coarsely crystalline rocks: granite, granodiorite, diorite, quartz diorite, syenite, gabbro

II. Sedimentary rocks

A. Precipitates: chert, limestone, dolomite, rock salt, gypsum, anhydrite

B. Clastics: sandstone, shale, siltstone, claystone, conglomerate, sedimentary breccia, argillite

C. Biological sediments: coal, coral reef limestone, chalk, diatomite

III. Metamorphic rocks

A. Nonfoliated:

1. Quartzite, hornfels, amphibolite, marble
2. Numerous volcanic and sedimentary rocks with meta as a prefix

B. Foliated:

1. Schist, phyllite, slate, amphibolite, serpentinite
2. Bedded metamorphics (argillite, gneiss, metasandstone, quartzite)

Holtz & Kovacs (An introduction to geotechnical engineering)

Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas



IGNEOUS ROCKS



GRANITE



DIORITE



FELSITE



BASALT



OBSIDIAN

SEDIMENTARY ROCKS



CONGLOMERATE



SANDSTONE



SHALE



LIMESTONE



DOLOMITE

METAMORPHIC ROCKS



SLATE



SCHIST



SERPENTINE



QUARTZITE



MARBLE

Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas

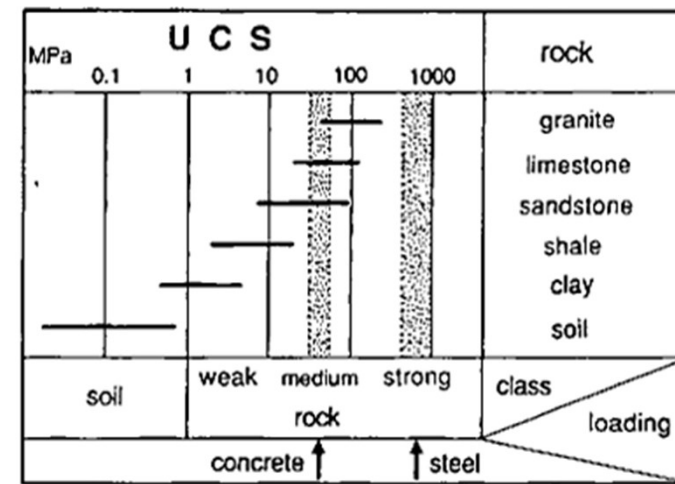


- **Rocas “fuertes”, “intermedias” y “débiles”** en términos de resistencia a la compresión (UCS)
- **Roca intacta y macizo:** caracterización por separado
- Una “roca débil” puede ser equivalente a un “suelo duro” en términos de resistencia
- Una “roca fuerte” puede ser equivalente o mayor a un hormigón de muy buena calidad

Strong Rocks	Weak Rocks
UCS > 100 MPa Little fracturing Minimal weathering Stable foundations Stand in steep faces Aggregate resource	UCS < 10 MPa Fractured and bedded Deep weathering Settlement problems Fail on low slopes Require engineering care

Assessment of ground conditions must distinguish:

- Intact rock – strength of an unfractured, small block; refer to UCS.
- Rock mass – properties of a large mass of fractured rock in the ground; refer to rock mass classes (section 25).



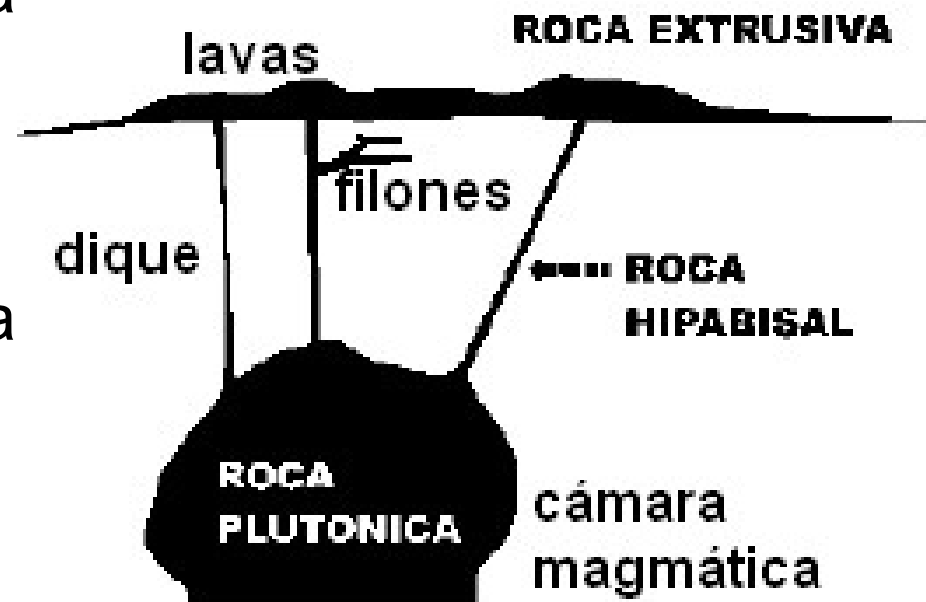
Walthman (Foundation of engineering geology)

Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas



Rocas ígneas: cristalización y enfriamiento del magma

- **Intrusivas o plutónicas:** magma solidificado muy lentamente ($\sim 5\text{Ma}$) dentro de la corteza (granitos, dioritas, gabros)
- **Extrusivas o volcánicas:** magma solidificado rápidamente (días o semanas) en la superficie (andesitas, basaltos, riolitas)
- **Hipoabisales:** el magma solidifica lentamente en sitios cercanos a la superficie pero dentro de la corteza (pórfidos, pegmatitas)



Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas



- **Magma:** roca fundida (800 – 1200 ° C) con cristales de minerales en suspensión y gases disueltos, principalmente vapor de agua (90%)
- Generado a profundidades entre 10 y 100 km
- Distintos tipos de magma
 - Composición de roca fundida
 - Mezclas por el contacto con rocas de caja



Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas

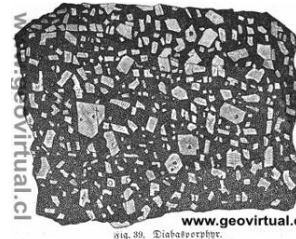


- Clasificación: s/ composición mineral y textura

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				
	Vítrea	Obsidiana (vidrio compacto) Pumita (vidrio vacuolar)				Poco comunes
	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



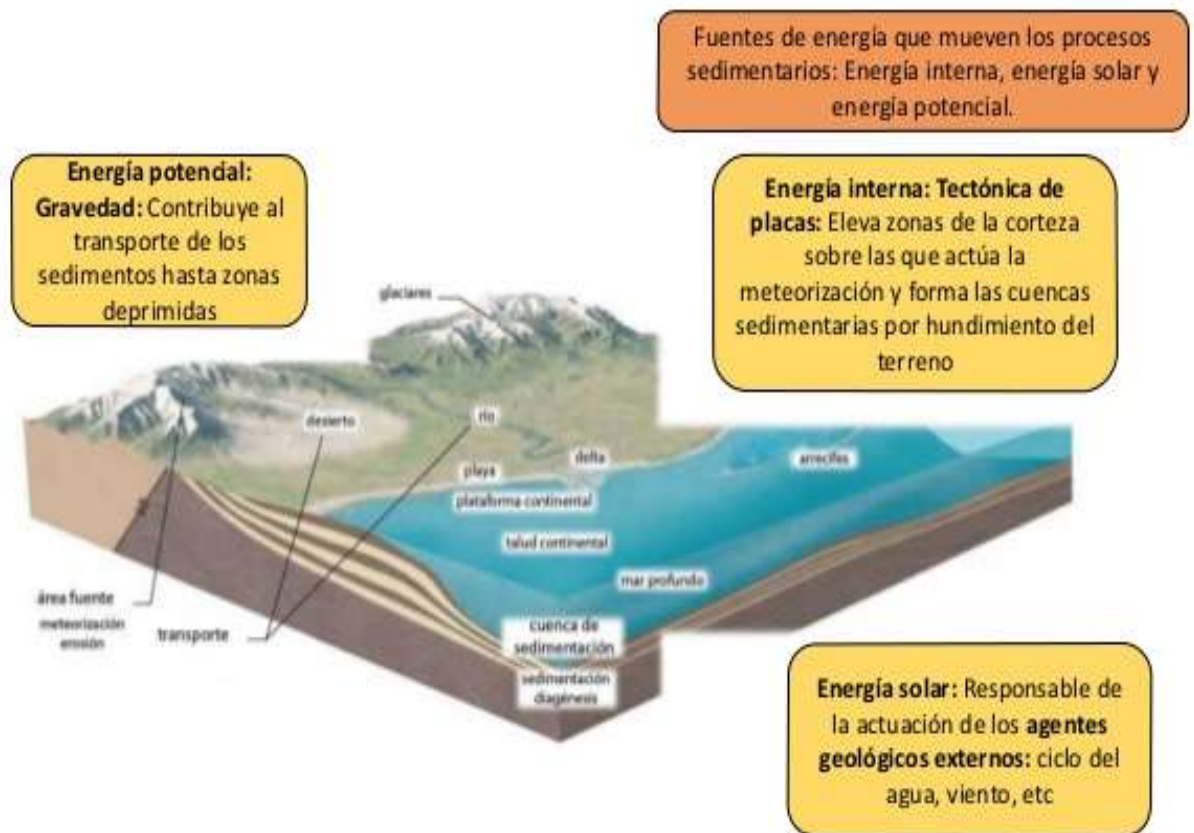
Textura vítrea en obsidiana

Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas



Rocas sedimentarias: transformación del sedimento (suelo) en roca vía procesos superficiales:

- Meteorización
- Erosión
- Transporte
- Depositación
- Acumulación (ambiente marino o continental)



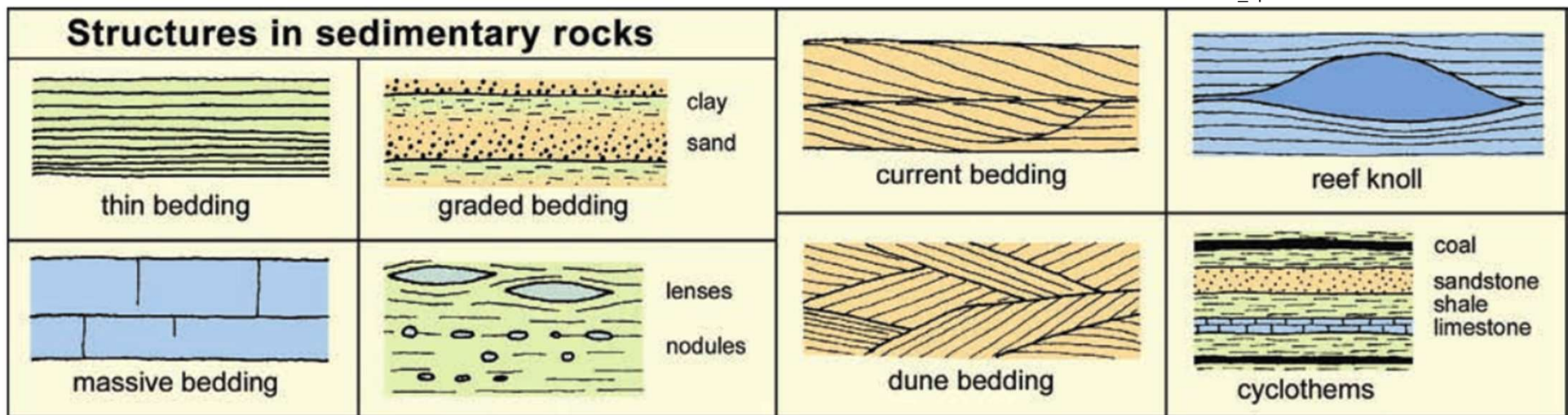
Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas



- 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_PRIMA_RIAS_1.pdf



Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas



Clasificación de rocas sedimentarias

- **Químicas o precipitados:** precipitación de solutos en salmueras por evaporación (evaporitas, dolomita)
- **Clásticas o detríticas:** acumulación y litificación de fragmentos de rocas preexistentes (sandstone, shales, conglomerado, limestone)
- **Bioquímicas y biogénicas:** formadas por actividad o acumulación de organismos (fosforitas, carbón, chalk)

Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas



Ambientes sedimentarios



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



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



Halita



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

Clasificación de rocas sedimentarias



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

Calizas fosilíferas



Fosforita

Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas



Rocas sedimentarias detríticas				Rocas sedimentarias químicas			
Textura clástica Tamaño del clasto		Nombre del sedimento	Nombre de la roca	Composición	Textura	Nombre de la roca	
Grueso (más de 2 mm)		Grava (clastos redondeados)	Conglomerado	Calcita, CaCO_3	No clástica: cristalino de fino a grueso	Caliza cristalina	
		Grava (clastos angulosos)	Brecha		Travertino		
Medio (de 1/16 a 2 mm)		Arena	Arenisca		Clástica: caparazones y fragmentos de caparazón visibles, cementados débilmente	Coquina	
		(Si el feldespato es abundante la roca se denomina arcosa)			Caliza fosilífera		
Fino (de 1/16 a 1/256 mm)		Limo	Limolita		Clástica: caparazones y fragmentos de caparazón de diversos tamaños cementados con cemento de calcita	Creta	
Muy fino (menos de 1/256 mm)		Arcilla	Lutita		Clástica: caparazones y arcilla microscópicos		
					Cuarzo, SiO_2	No clástica: cristalino muy fino	Rocas silíceas (sílex) (color claro) Pedernal (color oscuro)
					Yeso, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	No clástica: cristalino de fino a grueso	Yeso
				Halita, NaCl	No clástica: cristalino de fino a grueso	Salgema	
				Fragmentos vegetales alterados	No clástica: materia orgánica de grano fino	Hulla	

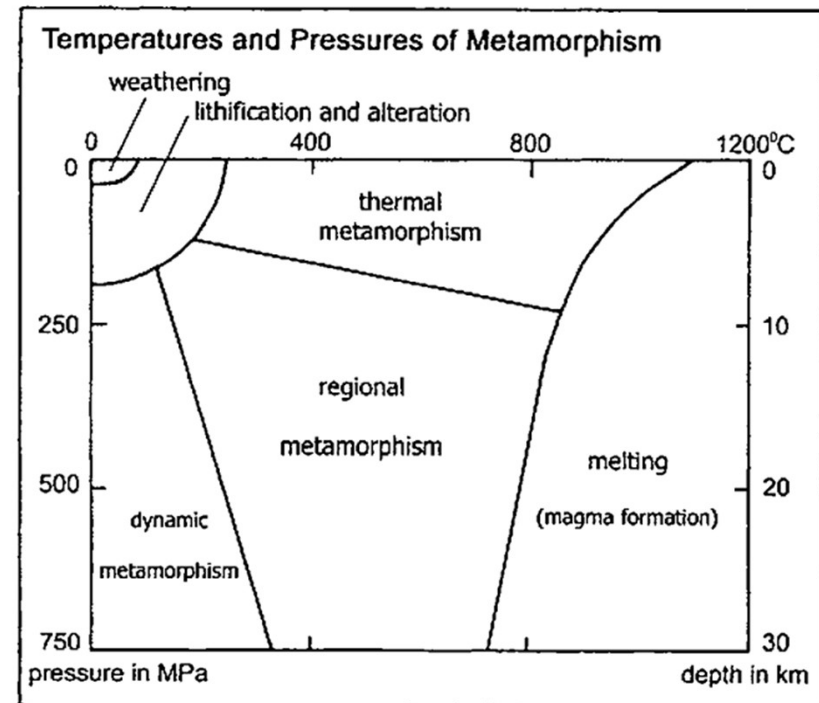
Clasificación: s/ tamaño de clasto y origen del sedimento

Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas



Rocas metamórficas: transformaciones químicas y físicas en estado sólido de rocas por aumentos de P y T

- Agentes metamórficos:
 - Temperatura (~200 a 900°C),
 - Presión (~500 MPa a 20 km),
 - Esfuerzos diferenciales,
 - Actividad fluidos hidrotermales,
 - Tiempo



METAMORPHISM OF DIFFERENT ROCKS

Limestone → marble: by recrystallization of calcite, forming strong mosaics.

Sandstone → quartzite: by recrystallization of quartz, forming very strong mosaics.

Basalt → greenstone: by limited growth of new green minerals.

Granite shows little change: stable in metamorphic conditions.

Clay (and rock mixtures) → hornfels, slate, schist or gneiss: depending on type and grade of metamorphism.

Walthman (Foundation of engineering geology)

Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas



- A diferencia de algunos procesos ígneos y sedimentarios, el metamorfismo casi siempre ocurre en zonas profundas (km)
- El metamorfismo es un proceso que provoca cambios en la mineralogía, la textura y, a menudo, la composición química de las rocas
- Extensas áreas de rocas metamórficas afloran en todos los continentes en unas regiones relativamente planas denominadas “escudos”

Rocas ígneas, sedimentarias y 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>



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



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

- **Rocas no foliadas:** granos de minerales sin orientación preferencial



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



<http://edafologia.ugr.es/rocas/fotos2/cuarcita-condistena-visu-86.jpg>

Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas



- Clasificación de 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

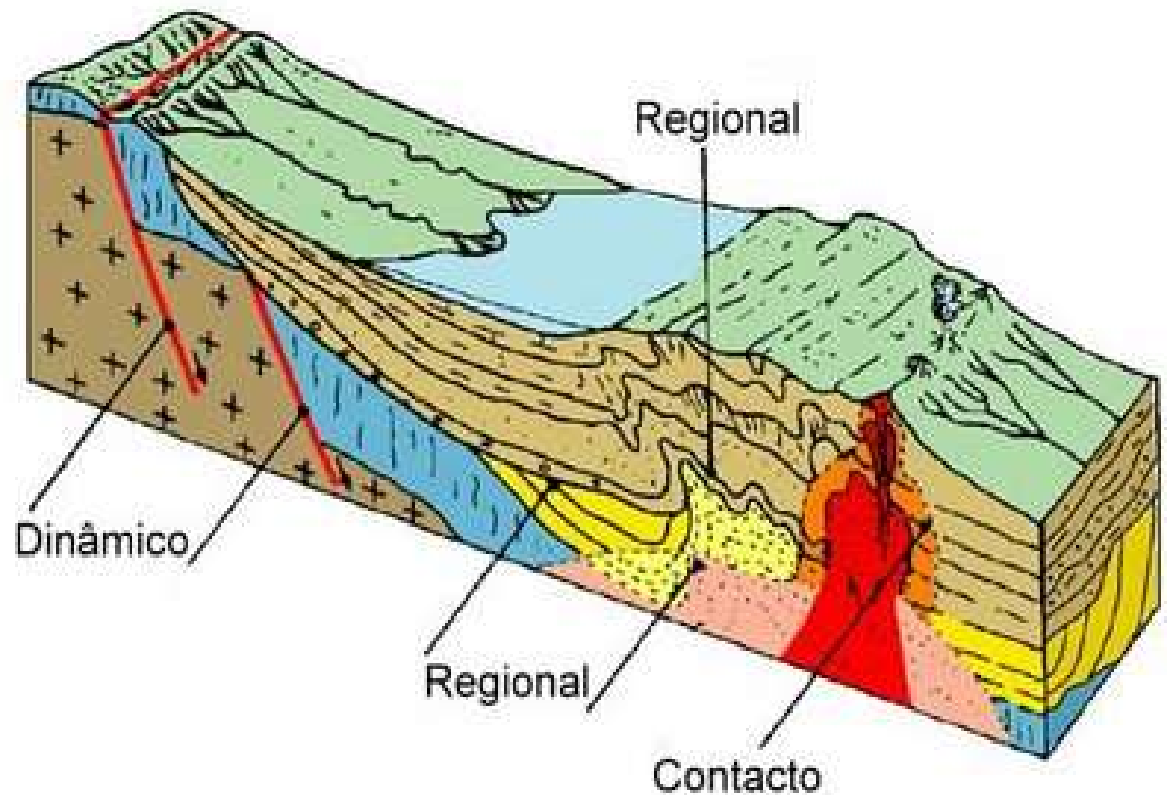
Aumento del metamorfismo

Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas



Ambientes metamórficos principales

- **Dinámico**
- **Regional**
- **De contacto**
- **Hidrotermal**



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

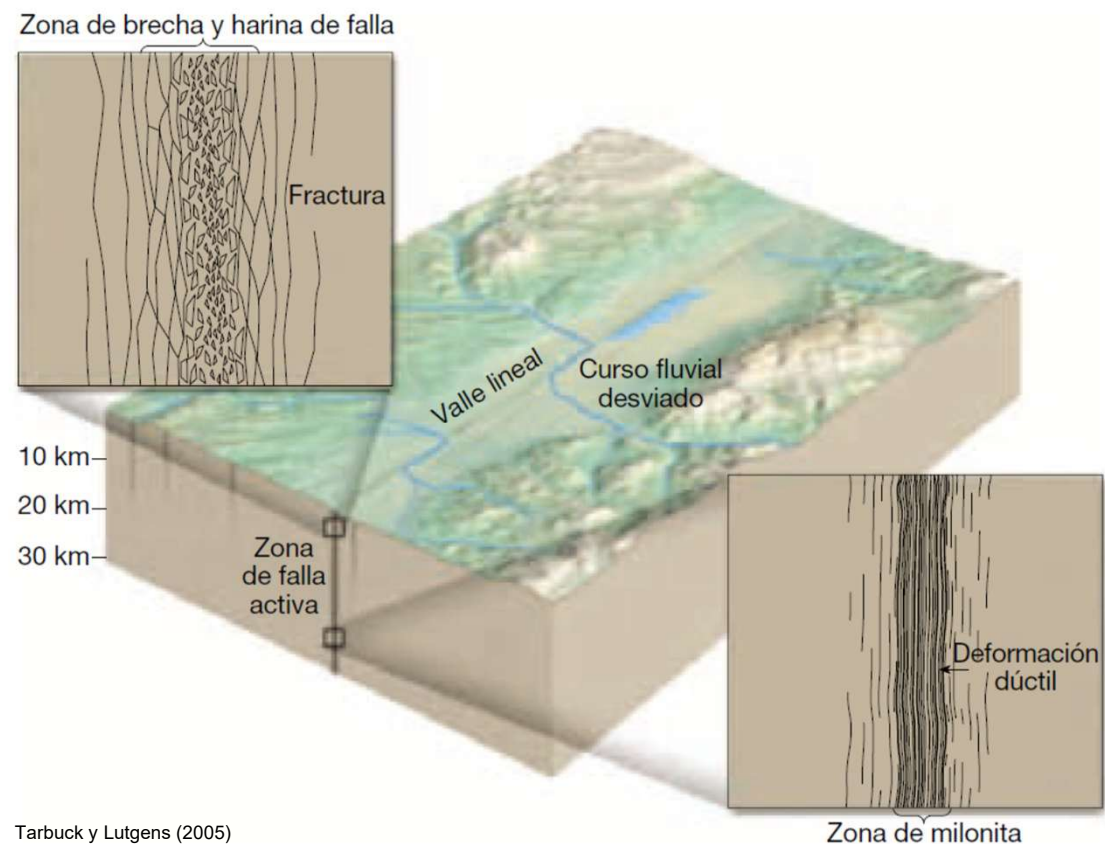
Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas

Metamorfismo dinámico o cataclástico

- En zonas de falla → cataclasis (trituración de las rocas) e intensa deformación
- Agentes metamórficos predominantes: P y T
- Rocas: brechas de falla, milonitas



<https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRE9QVYrmNGfBXkdJCX0LU3mqirD2TLAgIReg&usqp=CAU>



Tarback y Lutgens (2005)

Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas



Metamorfismo regional (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
- Agentes metamórficos predominantes: P y T
- Rocas: pizarras, esquistos, gneis, migmatitas



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



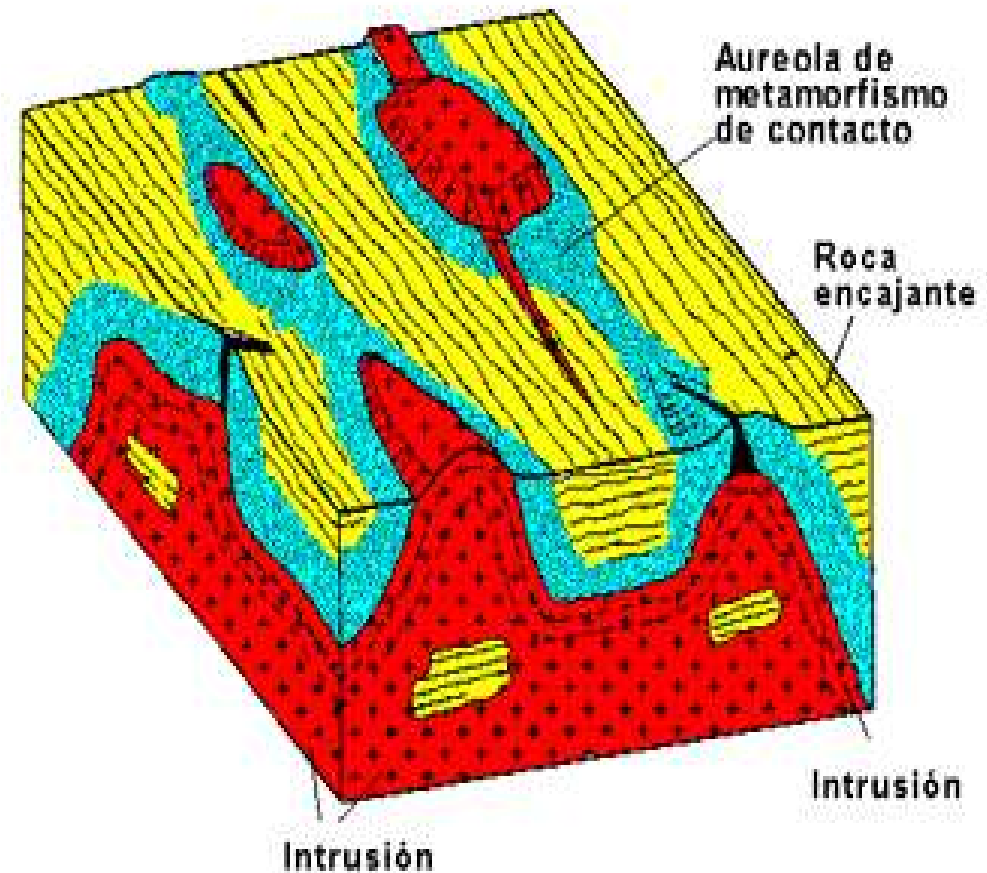
https://www.flickr.com/photos/banco_imagenes_geologicas/5000155821/in/album-72157624979775716/

Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas



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: mármoles, cuarcitas



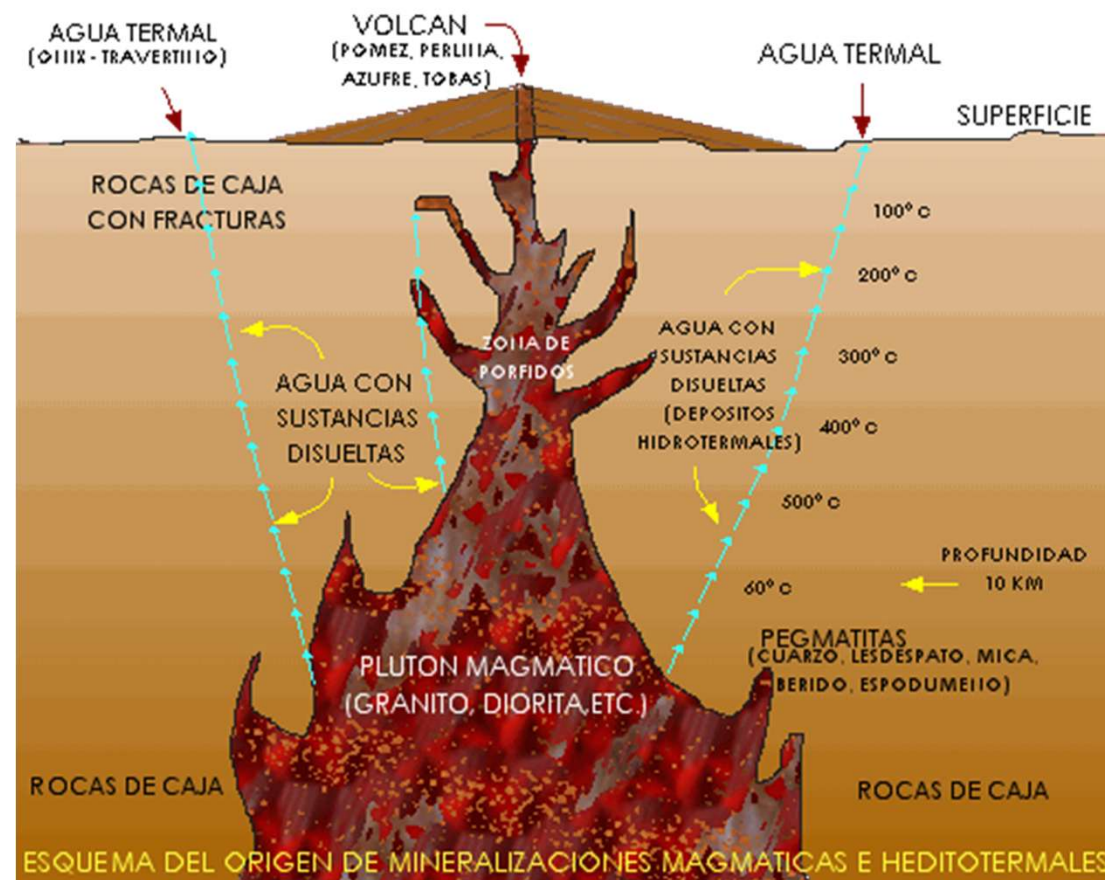
<http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/1bachillerato/petrogeneticos/imagenes/ima4/contact2.gif>

Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas



Metamorfismo hidrotermal

- 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



Resumen



- Los ingenieros civiles especializados en geotecnia (ingenieros geotécnicos) deben tener **conocimiento mínimos de geología** aplicada a ingeniería
- El origen de los **materiales terrestres (suelos y rocas)** y la evolución o compresión del paisaje actual forman parte del ámbito de las ciencias geológicas

Bibliografía



Básica

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