

Introducción a la geología e ingeniería geológica



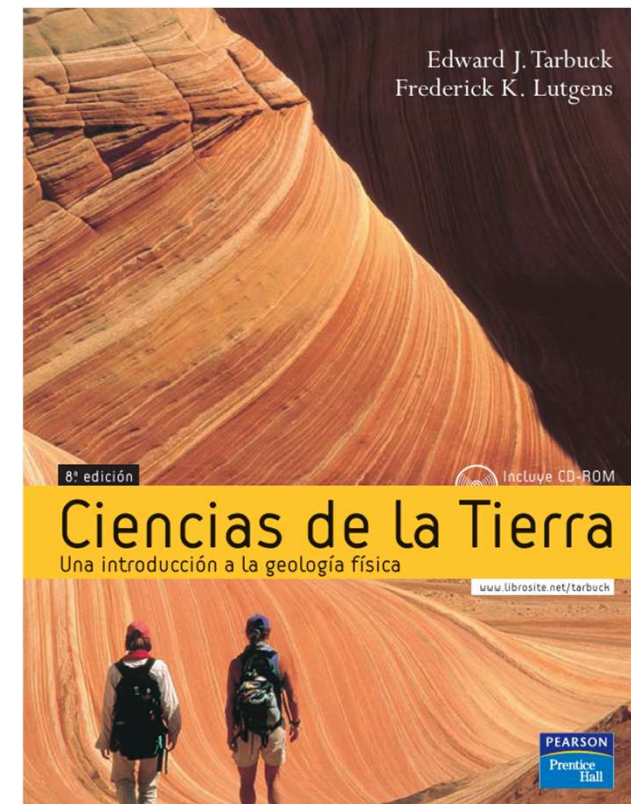
Mecánica de Suelos y Geología
Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires

Lectura obligatoria (examen)



- Tarbuck

- | | |
|--------------------------------|-------------------|
| – Cap 3 – minerales | 78-80 y 88-93 |
| – Cap 4 – rocas ígneas | 108-109 y 117-125 |
| – Cap 6 – meteorización | 176-184 y 190-191 |
| – Cap 7 – rocas sedimentarias | 202-214 |
| – Cap 8 – rocas metamórficas | 228-232 y 237-241 |
| – Cap 10 – deformación corteza | 284 – 294 |
| – Cap 17 – aguas subterráneas | 481-487 y 491-493 |

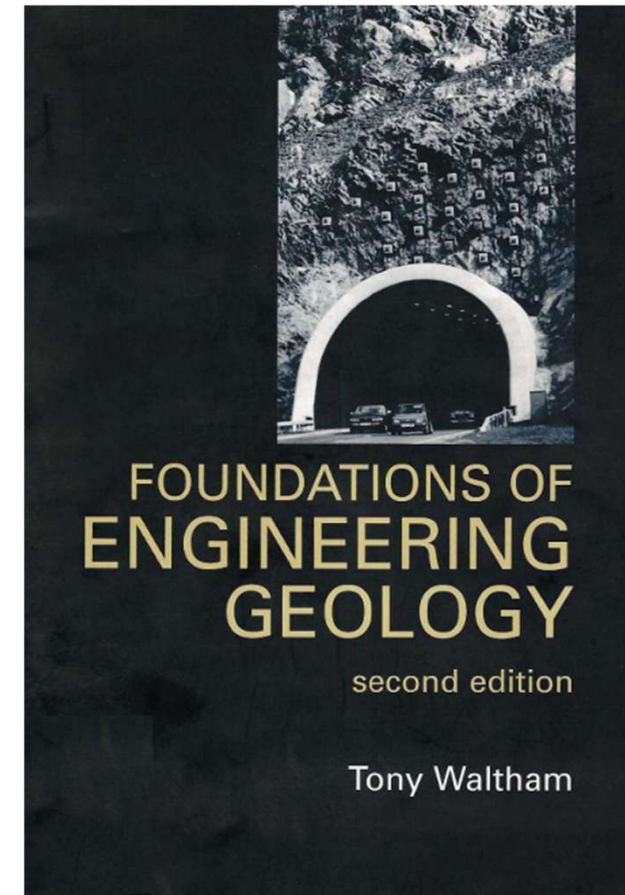


“Lectura” opcional



- Waltham

- 2 igneous rocks
- 3 surface processes
- 4 sedimentary rocks
- 5 metamorphic rocks
- 6-7 geological structures, maps, sections
- 13 weathering and soils
- 14 floodplains and alluvium
- 15 glacial deposits
- 18 groundwater
- 22 geophysical surveys
- 24-25 rock strength, rock mass strength
- 29 subsidense on limestone
- 32-33 slope failure /water in landslides
- 37 understanding ground conditions
- 40 Stone and aggregate



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



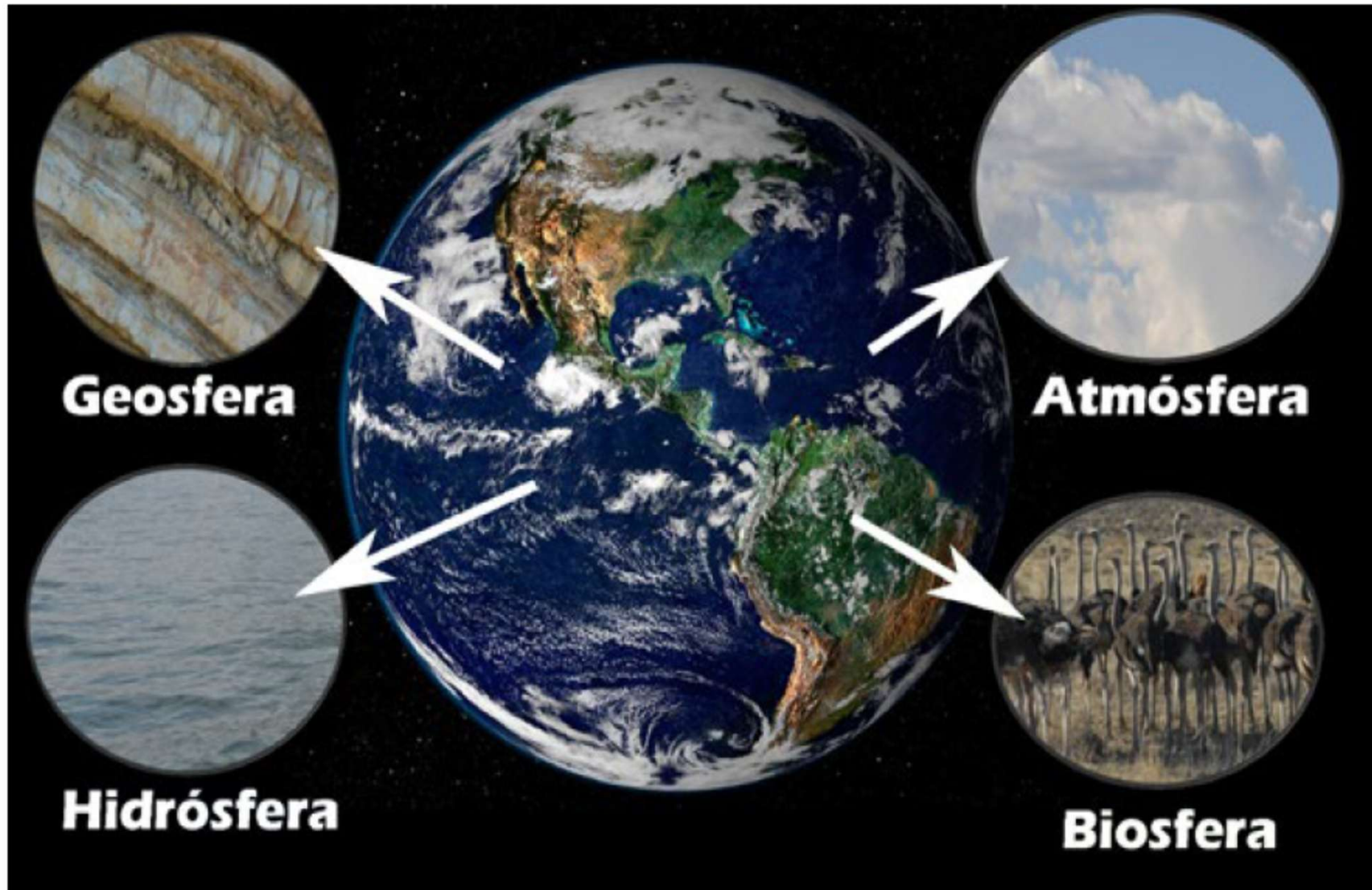
Tengo que “llamar” a un ingeniero

- 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

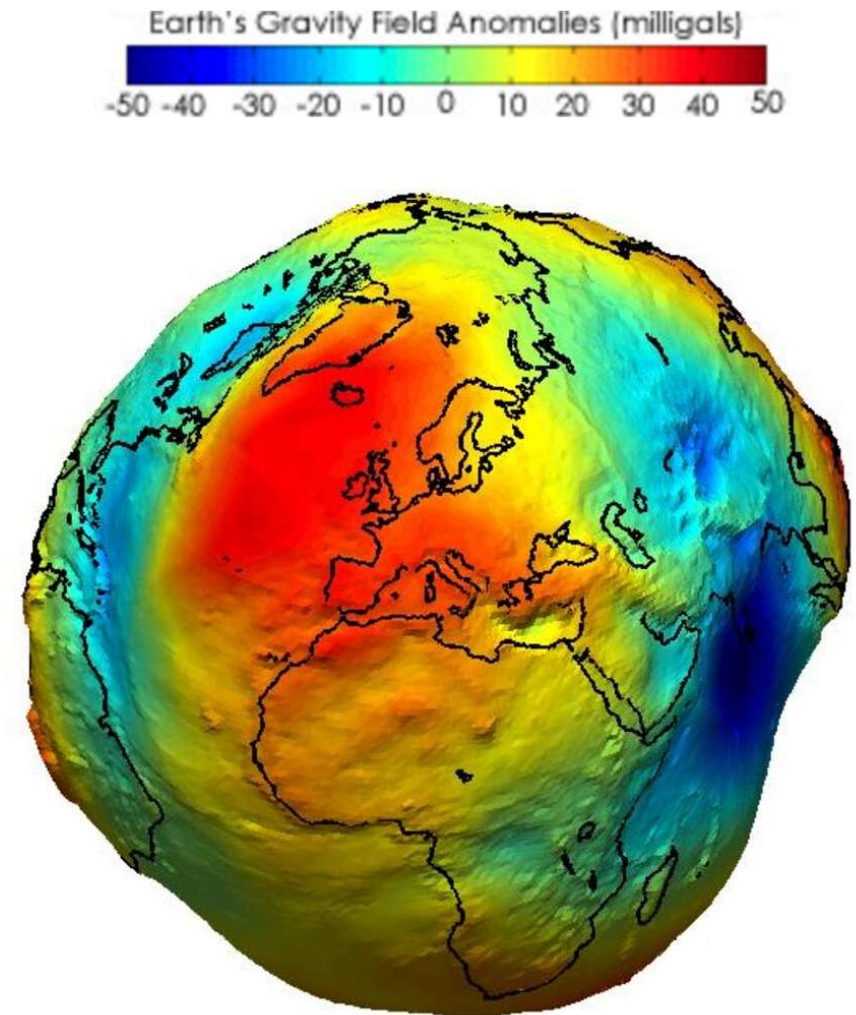


https://www.researchgate.net/publication/279192961_La_Tierra_como_sistema/link/558d9f4008ae47a3490bd0b4/download

Planeta tierra: Geoide



- El Geoide es un cuerpo casi esférico (elipsoide) que contempla un achatamiento en polos y un ensanche en el Ecuador.
- El Geoide se determina a partir de mediciones del campo gravitatorio.
- El potencial gravitatorio se mantiene constante en la superficie del Geoide.



https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2008/05/Earth_s_geoid_as_seen_by_GOCE

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

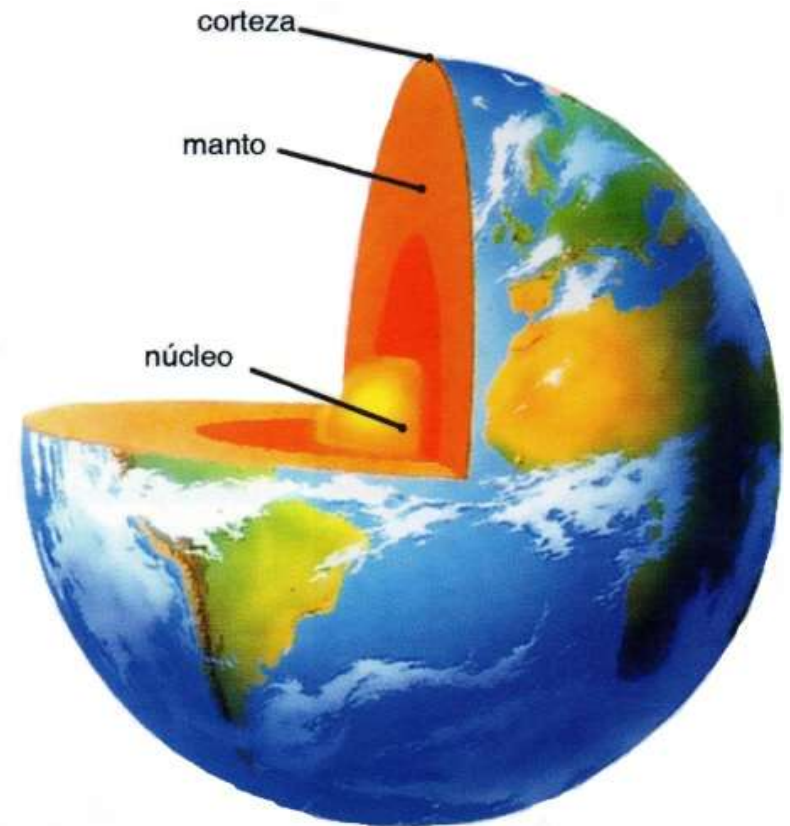


- **Geósfera (sólido)**

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

- **Biósfera (vida)**

- Reino animal y vegetal
- Organismos

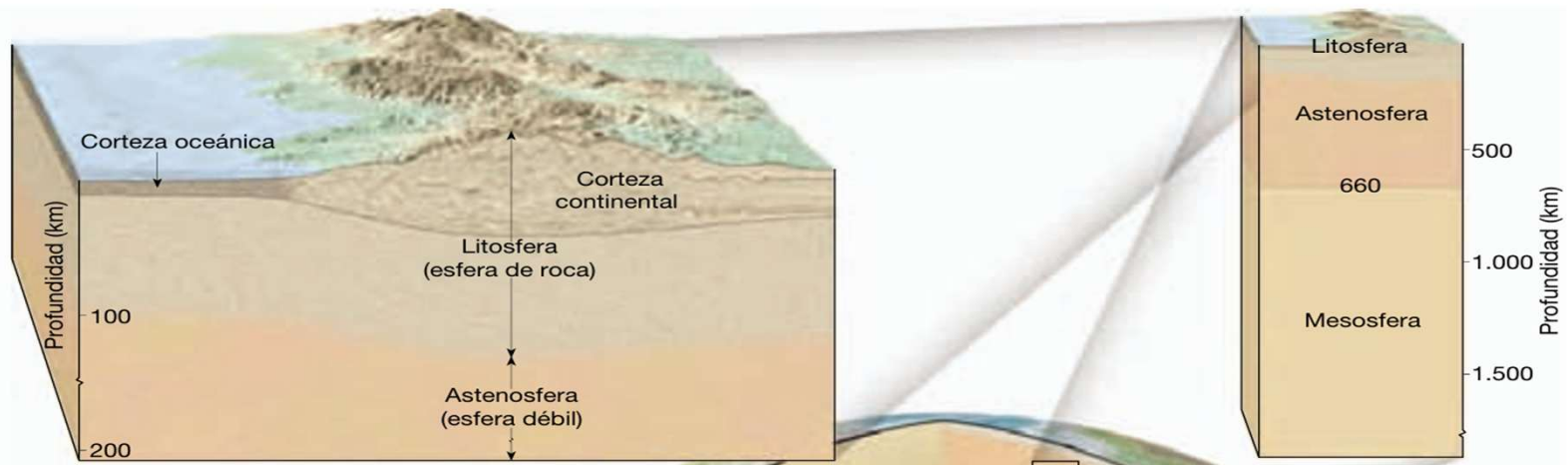
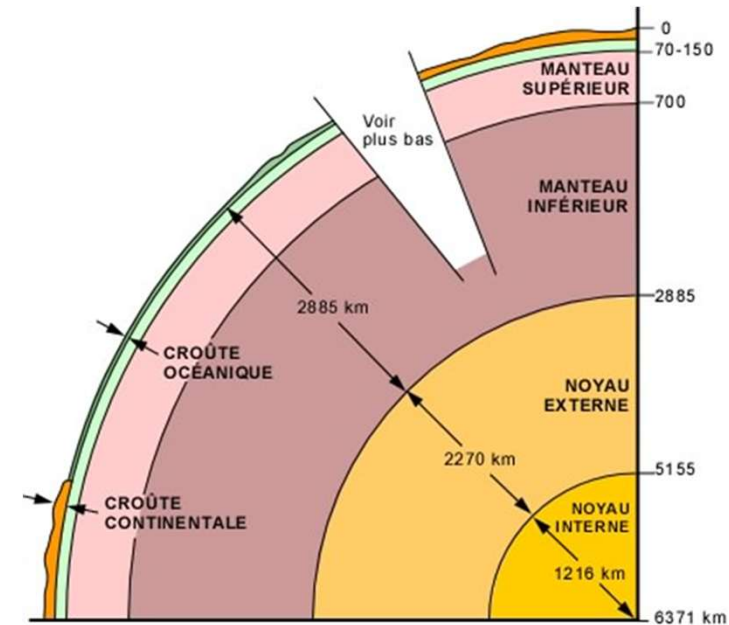


Planeta tierra y tiempo geológico

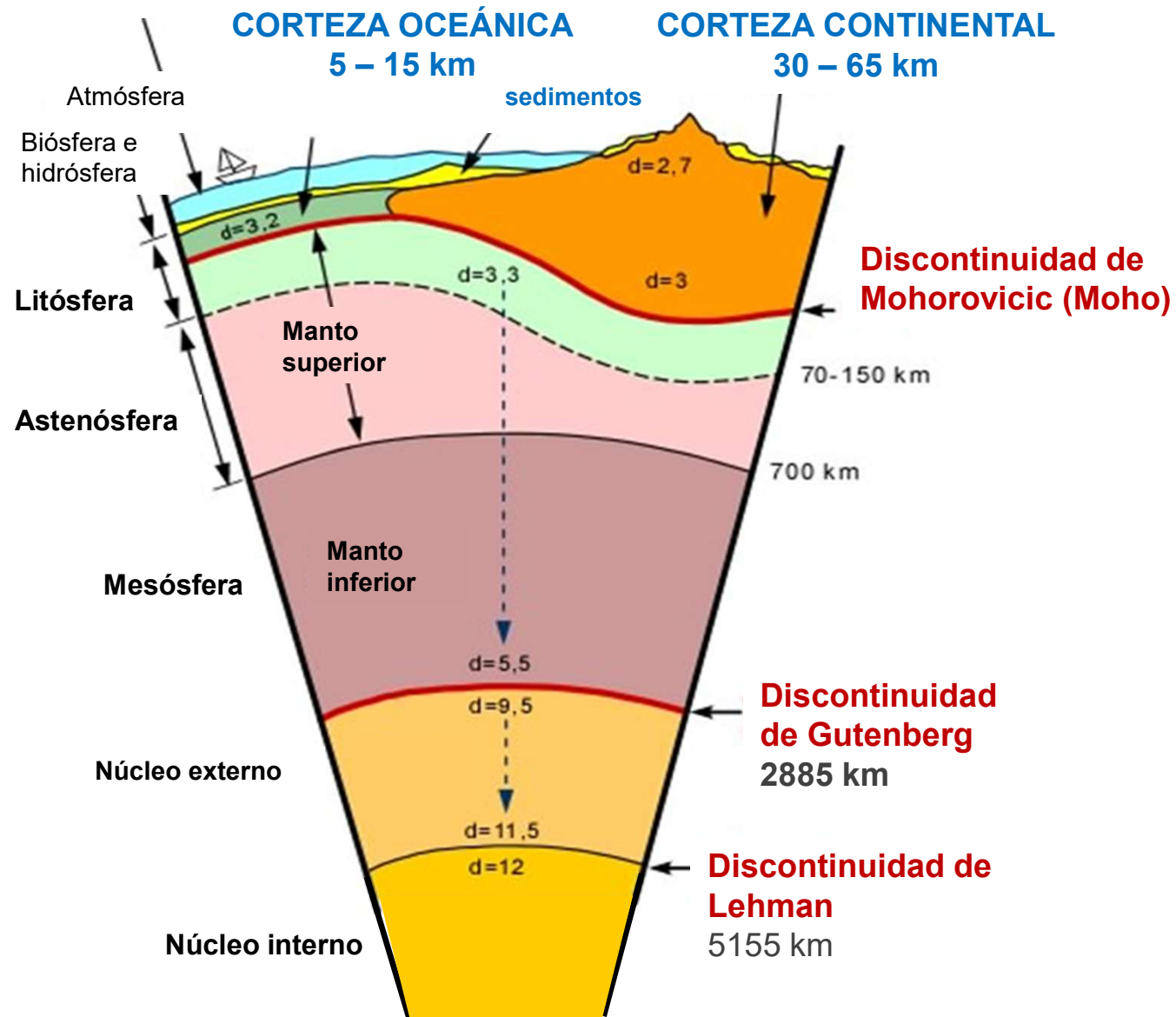


- Estructura interna
 - **Corteza** (oceánica y continental)
 - **Manto** (superior e inferior)
 - **Núcleo** (interno y externo)

Litósfera: corteza y parte del manto



Planeta tierra y tiempo geológico

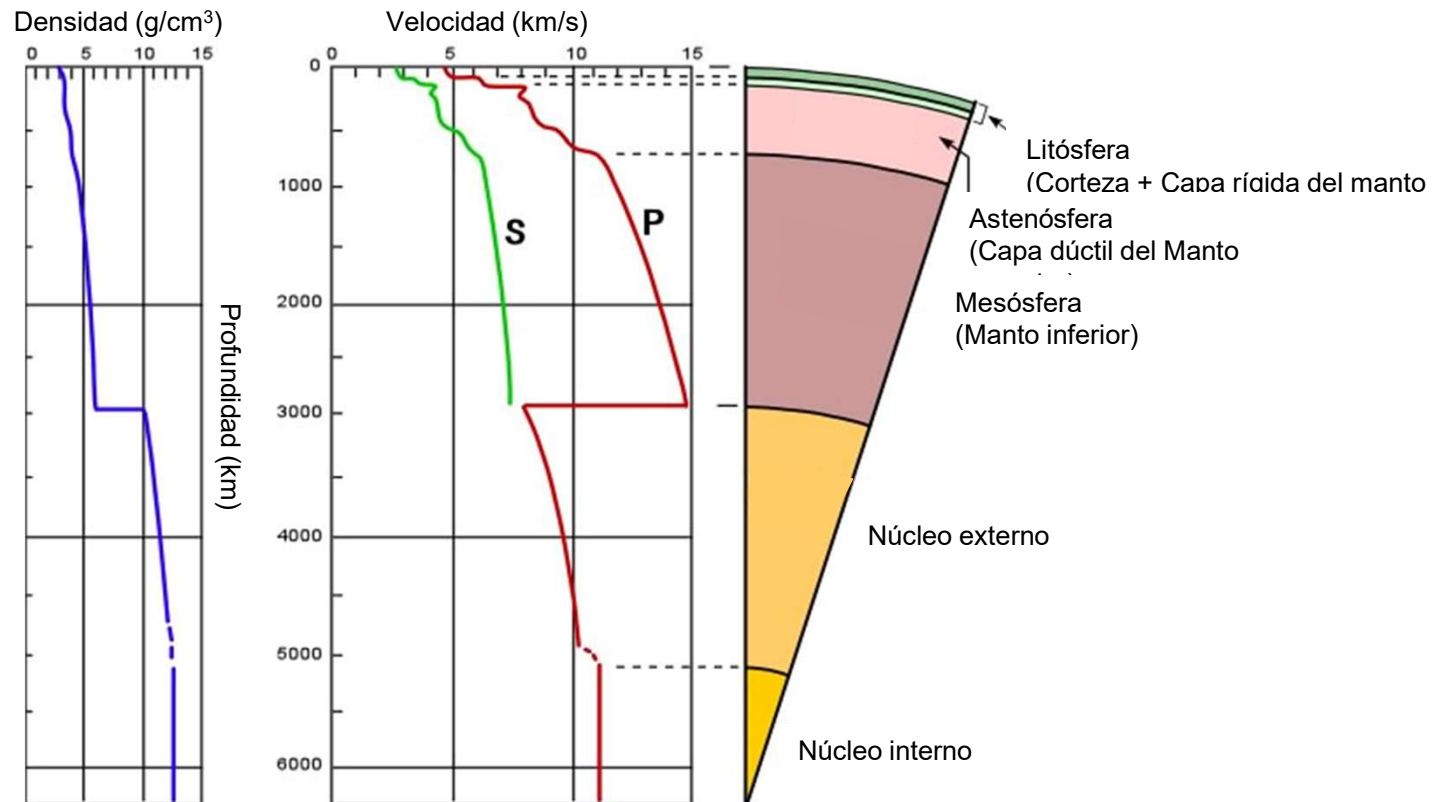


NOTA: $d=\gamma$ (peso unitario)

Planeta tierra y tiempo geológico



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

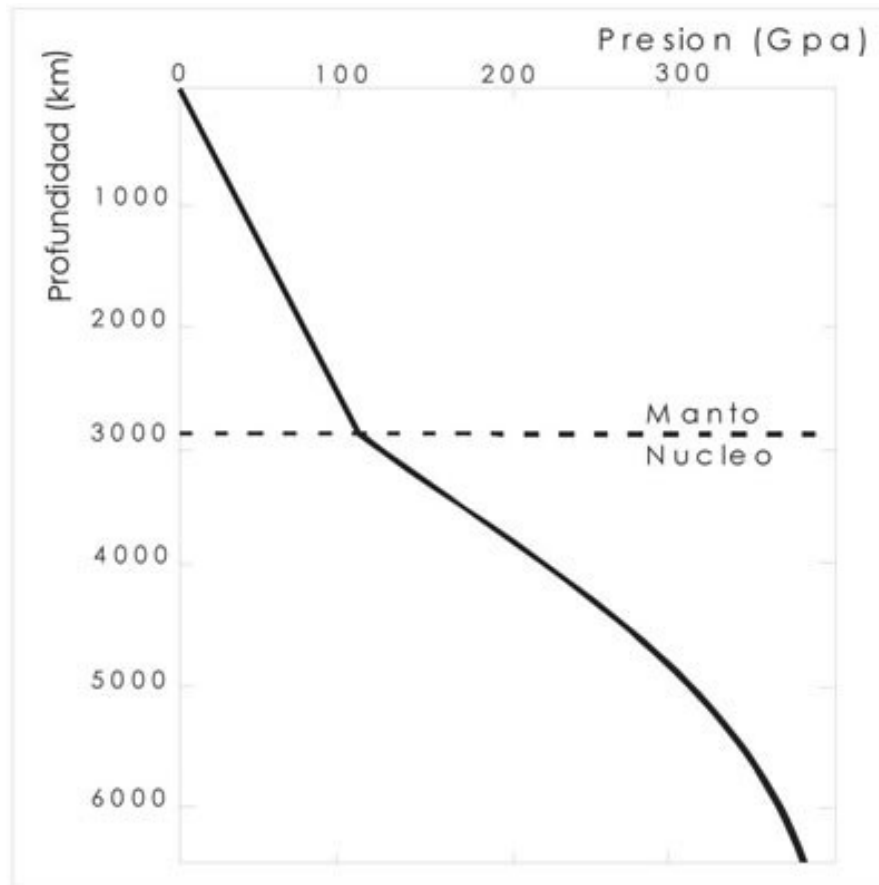


Modificado de http://www2.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/planete_terre.html

Planeta tierra y tiempo geológico

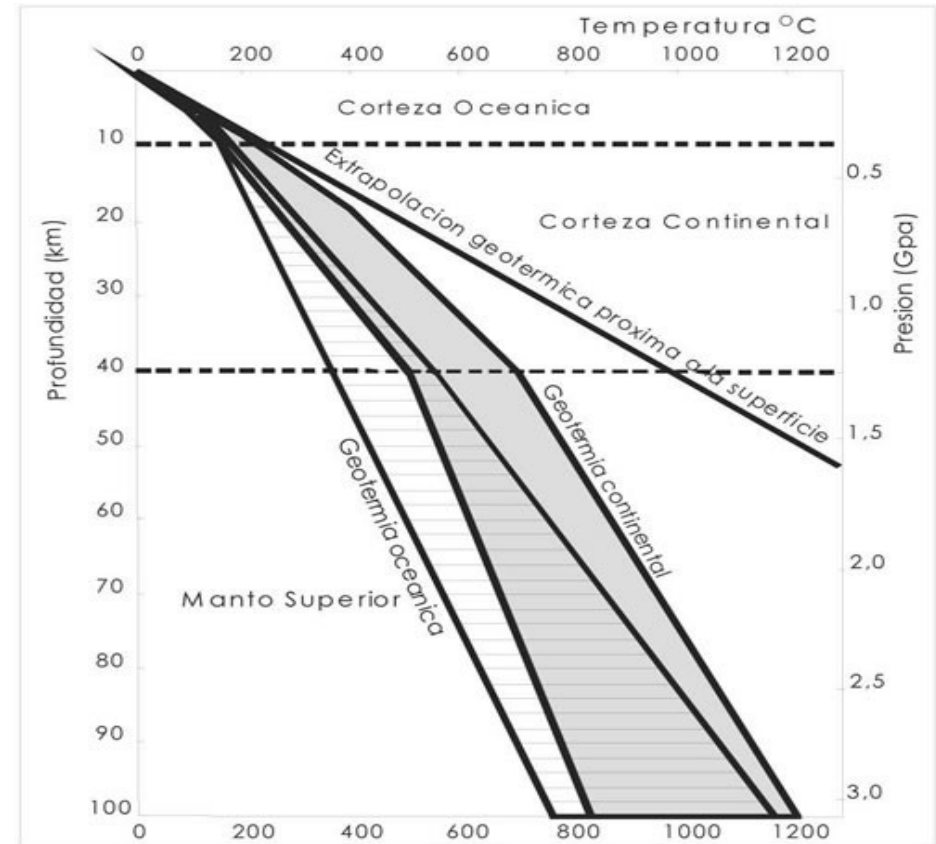


Presión total



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 |
| | | | 4 600 |
| PRECÁMBRICO | | | |

Plegamientos
alpinos

Plegamientos
hercinianos

Índice

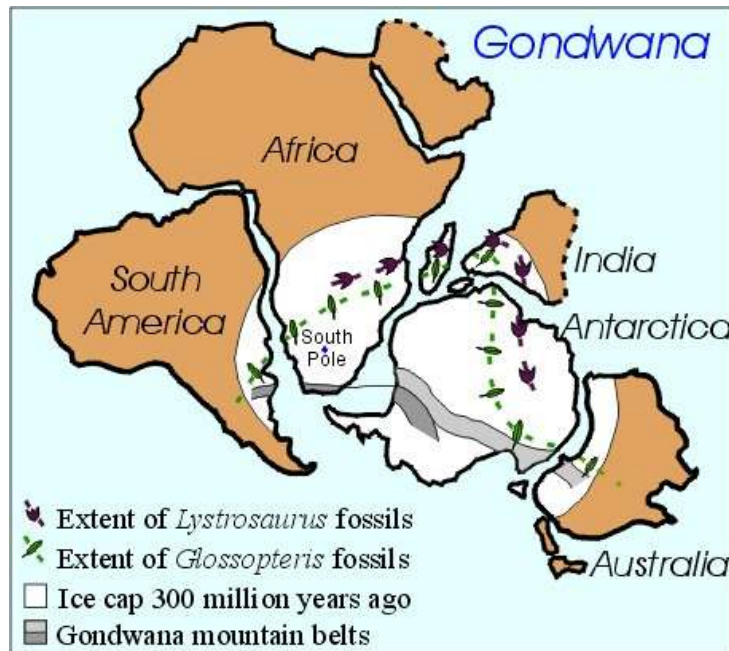


- Planeta tierra y tiempo geológico
- **Tectónica de placas**
- Minerales
- Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas

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)



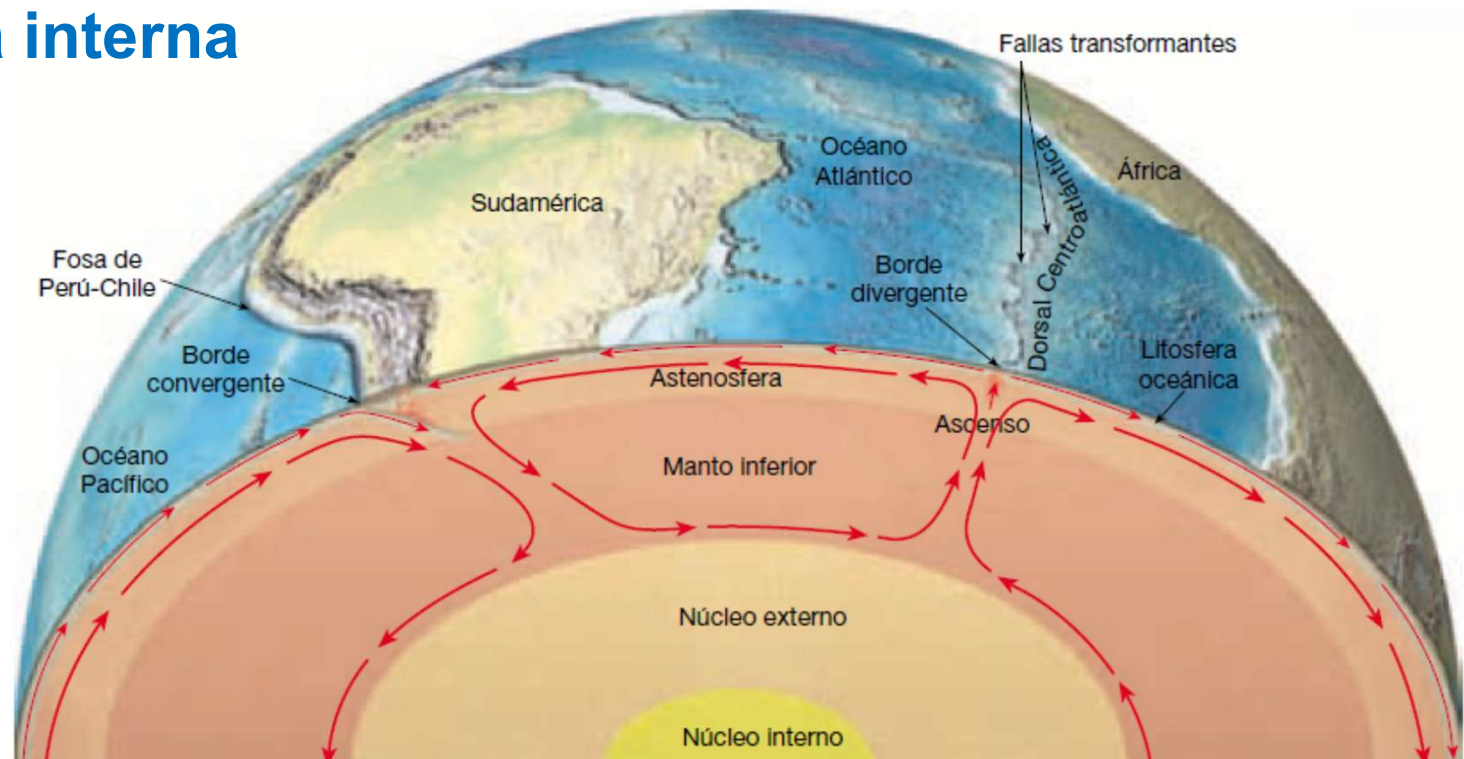
Orógeno de Laurentia (Jurásico)
Concordancia entre cordilleras

Tectónica de placas



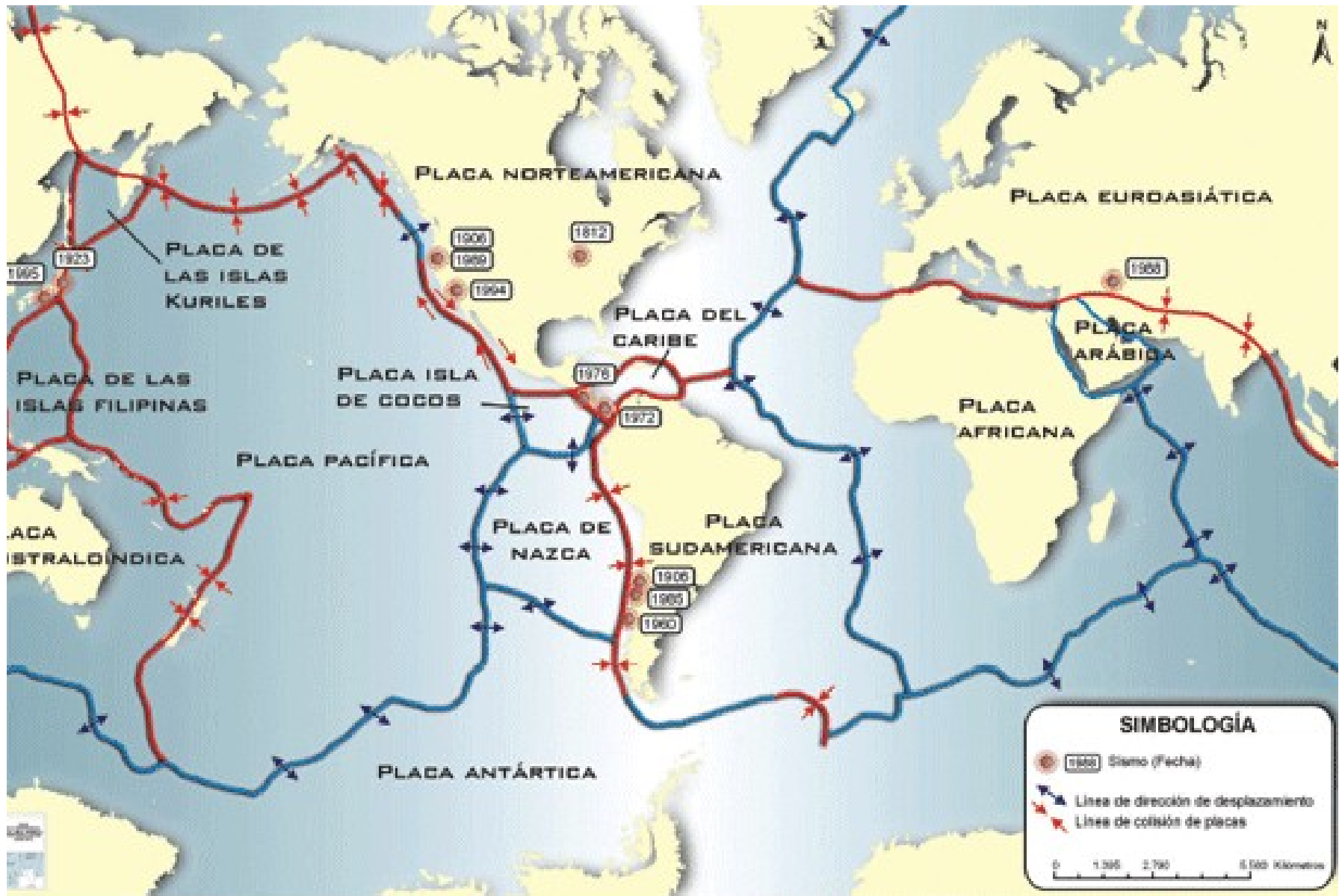
- Desarrollo entre 1960-1970
- Teoría que vincula el movimiento convectivo del manto con el movimiento de las placas litosféricas (tectónicas) ↔

Geodinámica interna

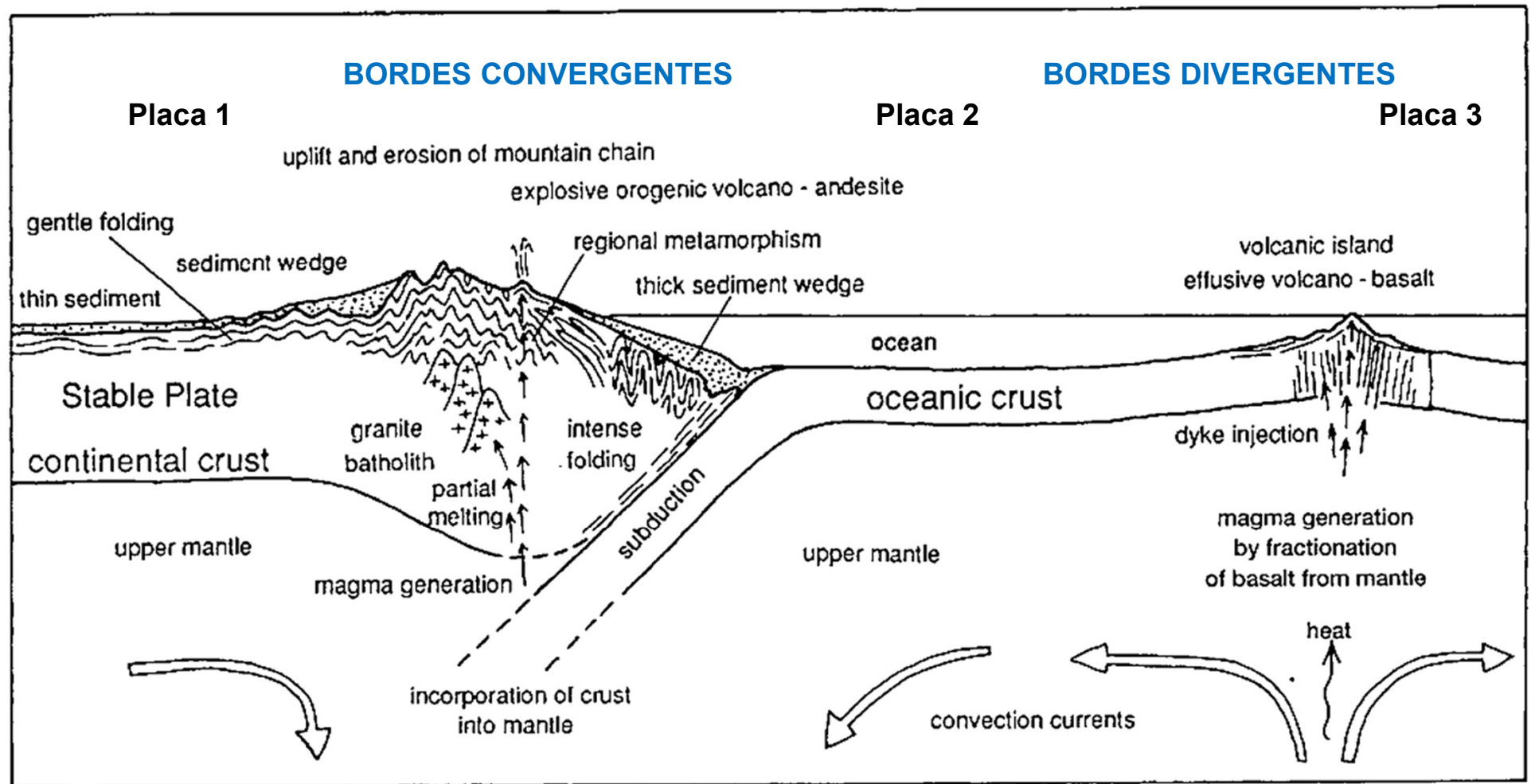


Tarbuck y Lutgens (2005)

Tectónica de placas



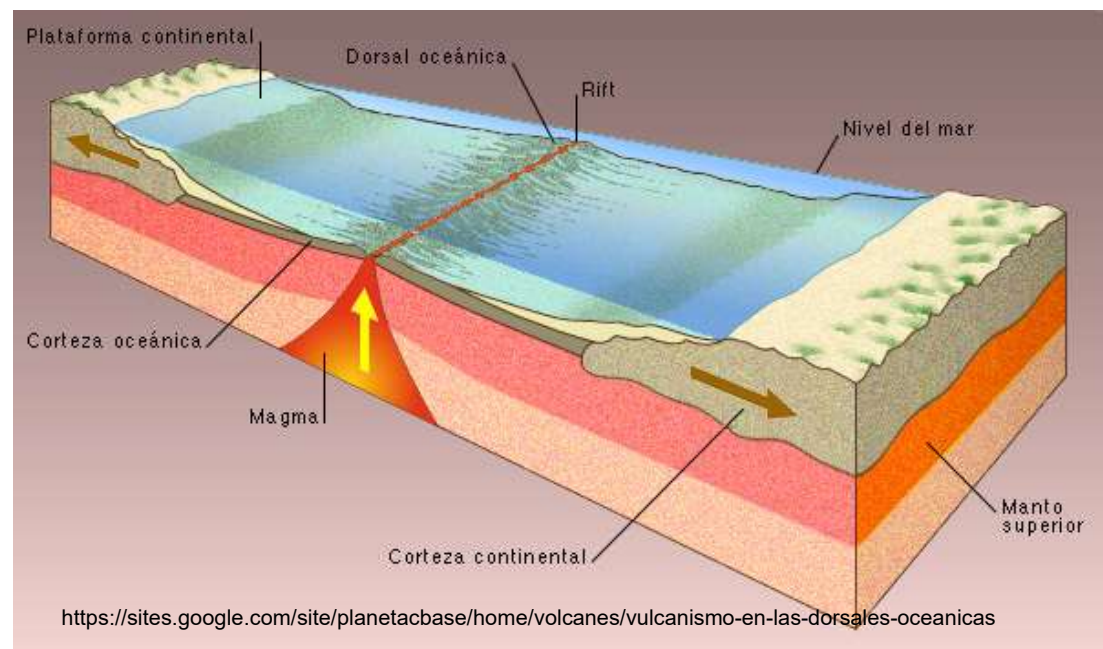
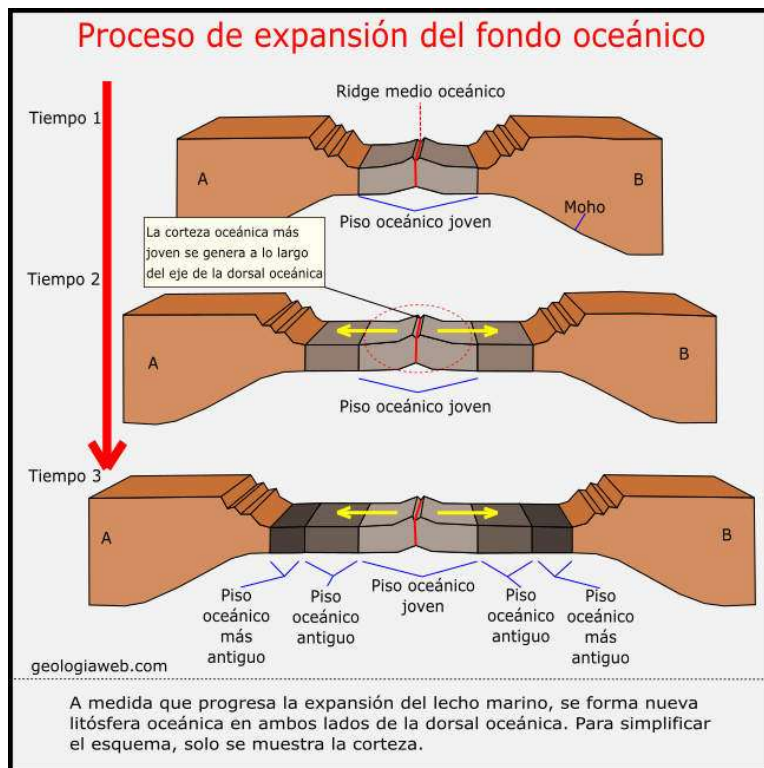
Tectónica de placas



Tectónica de placas



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



Tectónica de placas

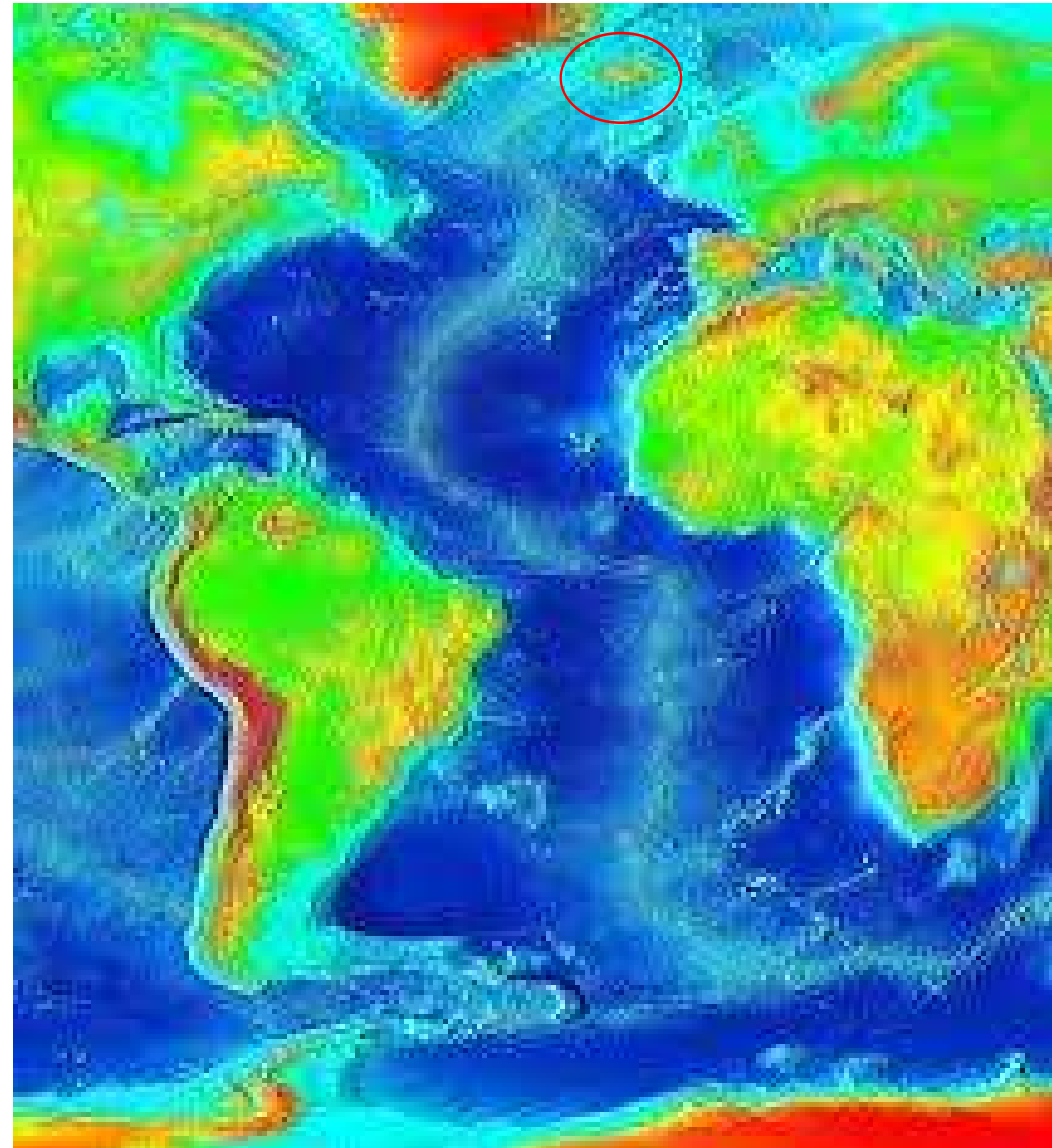


Dorsales oceánicas

- Islandia: volcanes “basálticos” y fuentes geotermales



http://www.leaflanzadegaia.com/images/Dorsales-Globales_web.jpg

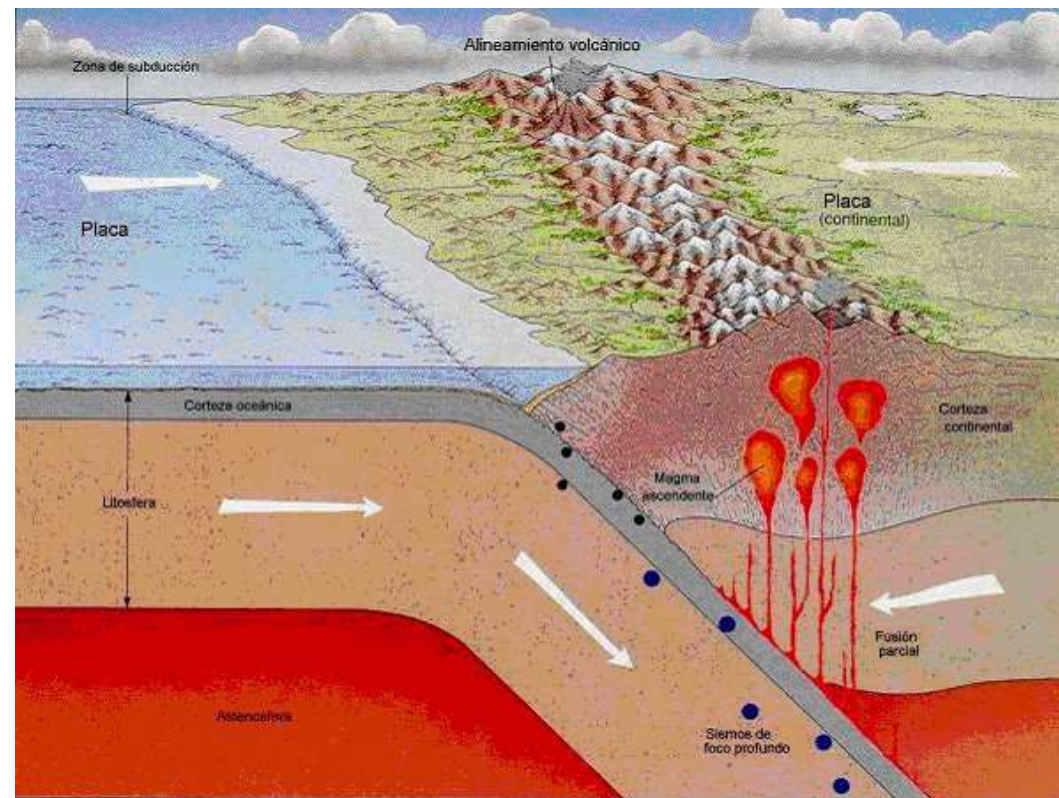


<https://www.lifeder.com/dorsal-atlantica/>

Tectónica de placas

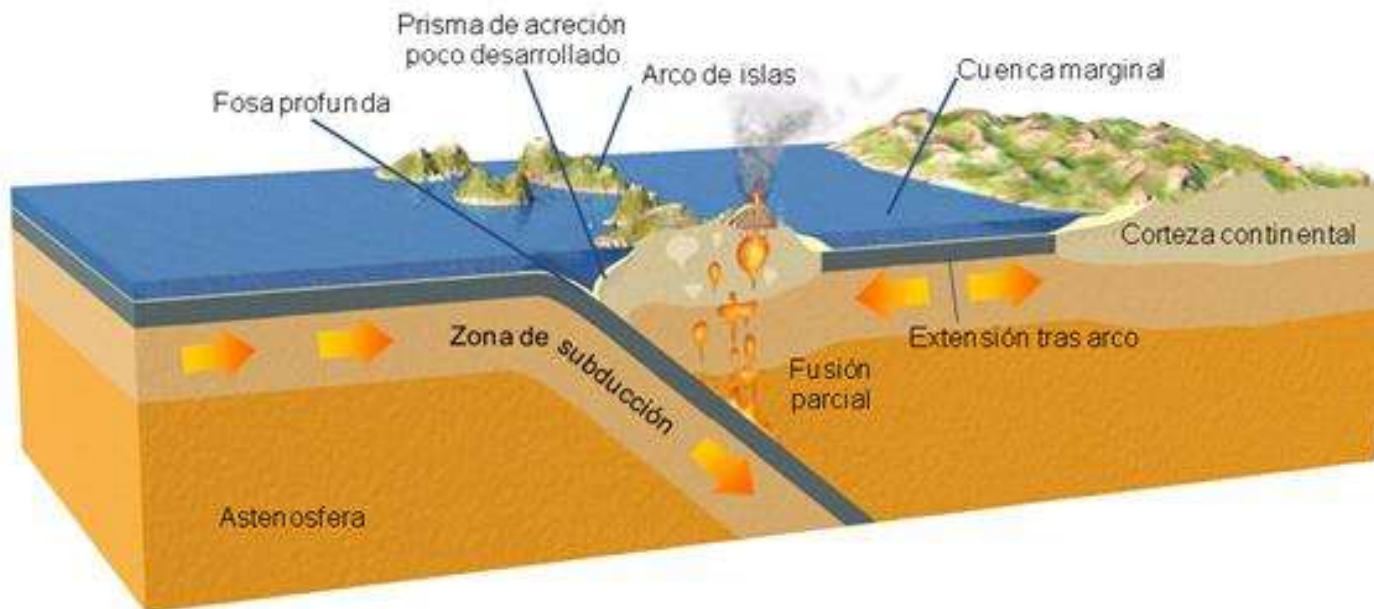


- **Márgenes convergentes:** subducción
- Formación de montañas, intensa actividad volcánica y sísmica



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



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

Tectónica de placas

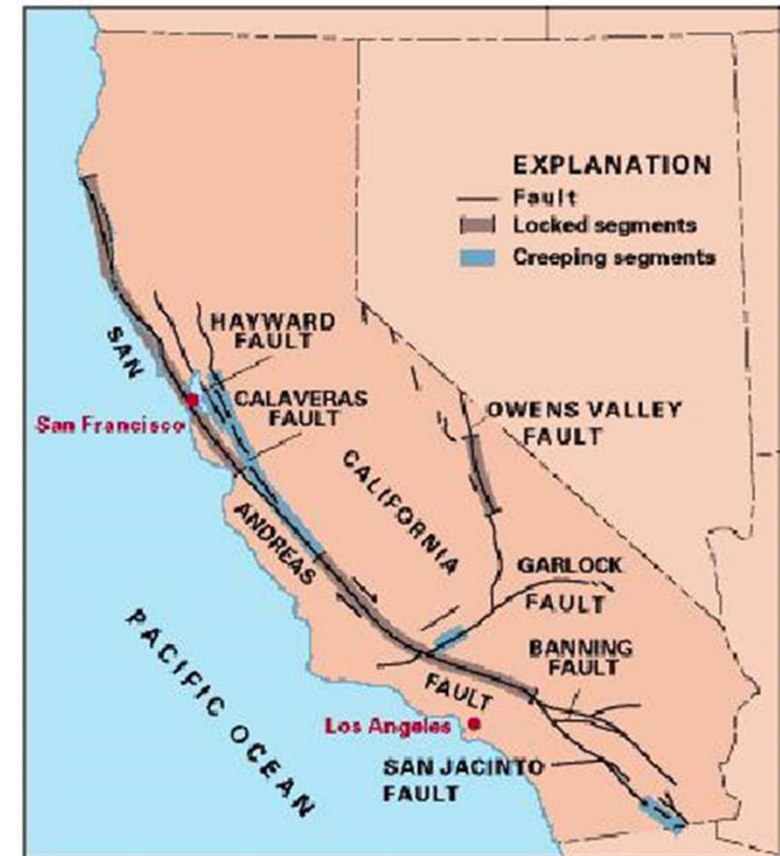


Márgenes transcurrentes en corteza continental

- Falla de San Andrés (intensa actividad sísmica)



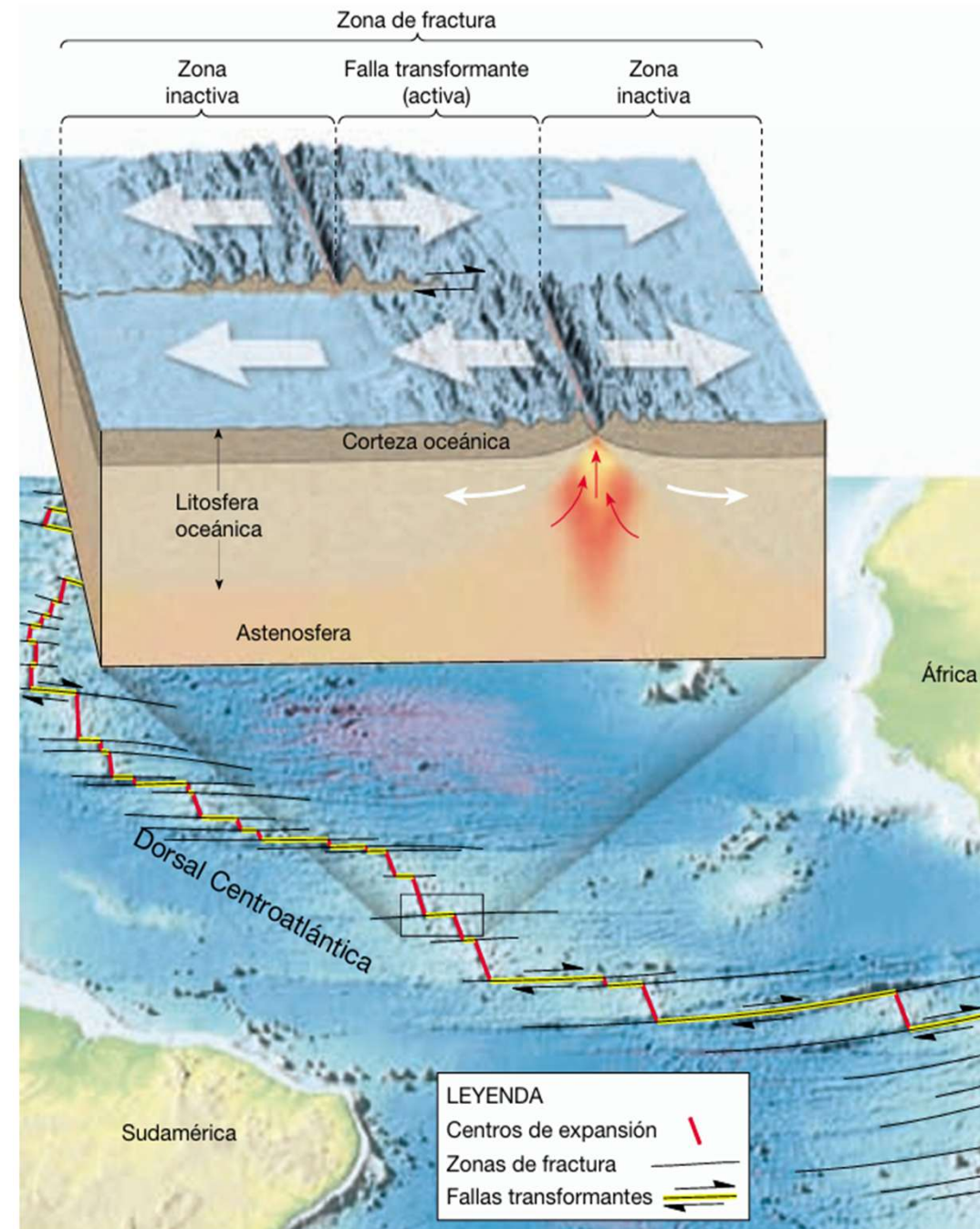
<https://www.republica.com.uy/falla-de-san-andres-lista-para-provocar-un-megaterremoto-id714236/>



Tectónica de placas

Márgenes transcurrentes oceánicos

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



Tarbuck y Lutgens (2005)

Índice

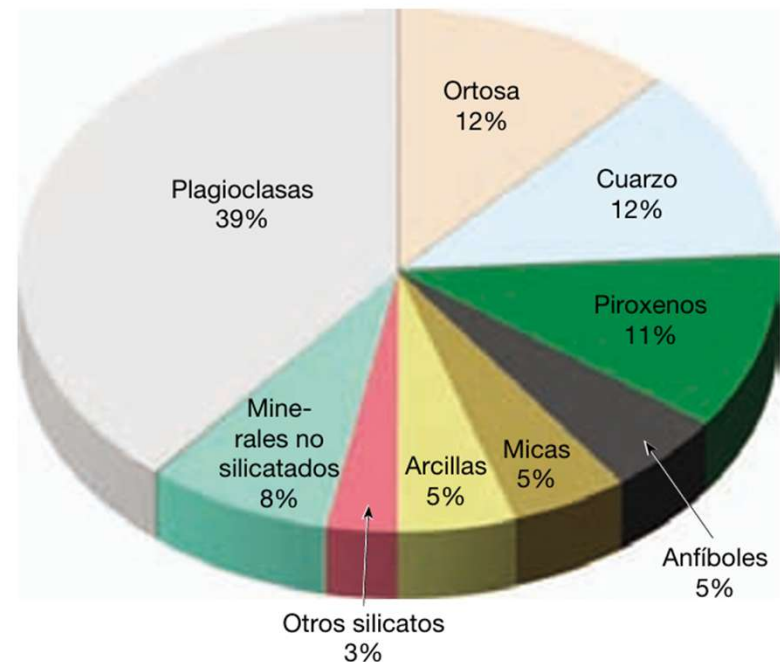
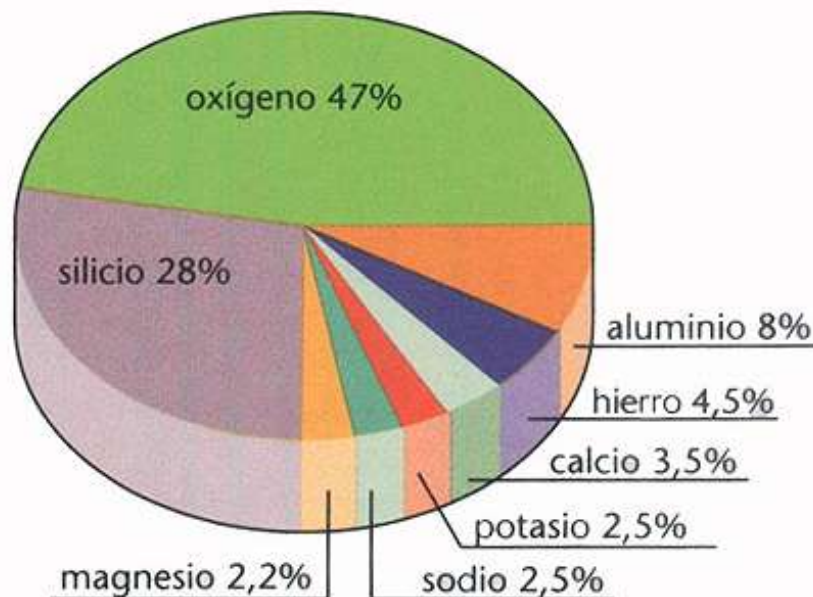


- Planeta tierra y tiempo geológico
- Tectónica de placas
- **Minerales**
- Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas

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, ambar)



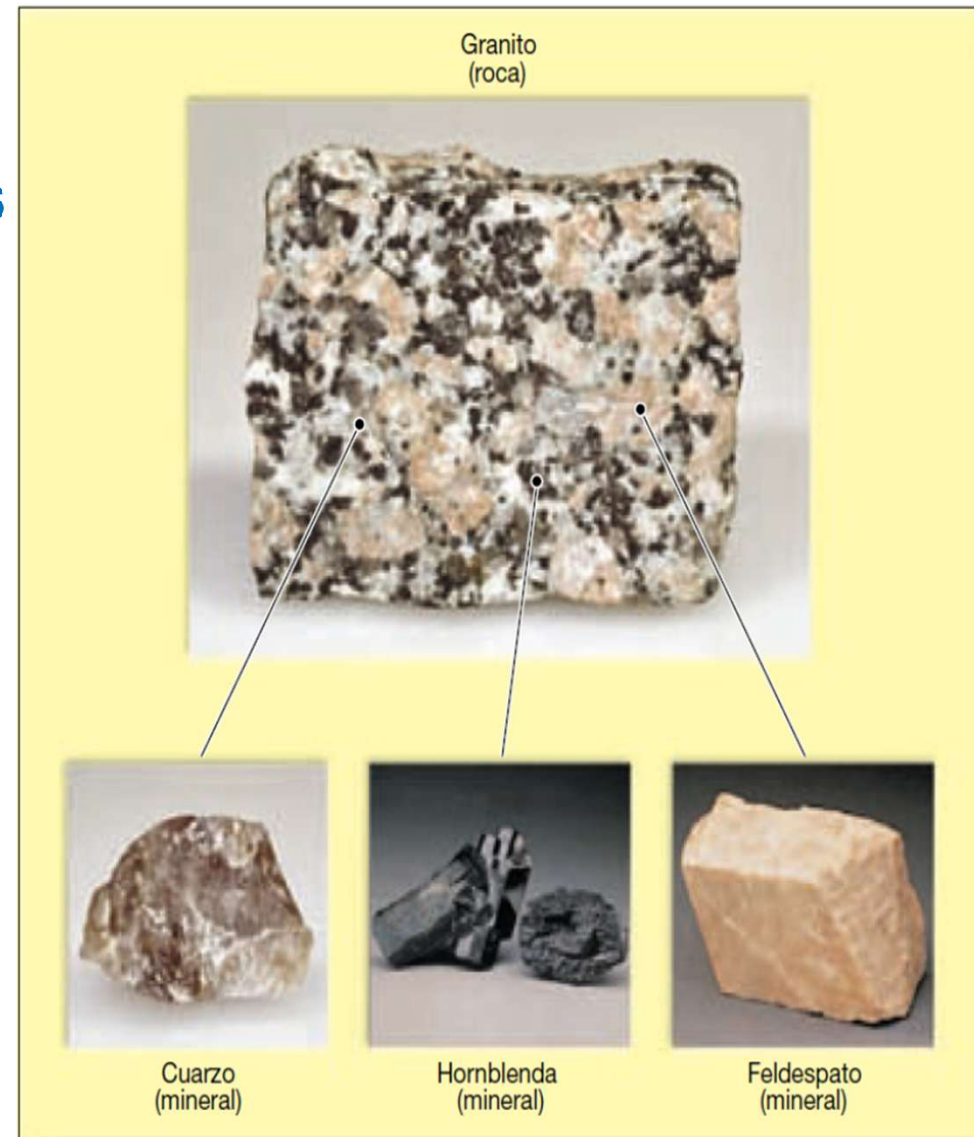
<https://www.mineralesyrocas.top/olivino/>

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

Minerales



- **Roca: conjunto de uno 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



Tarback y Lutgens (2005)

Minerales

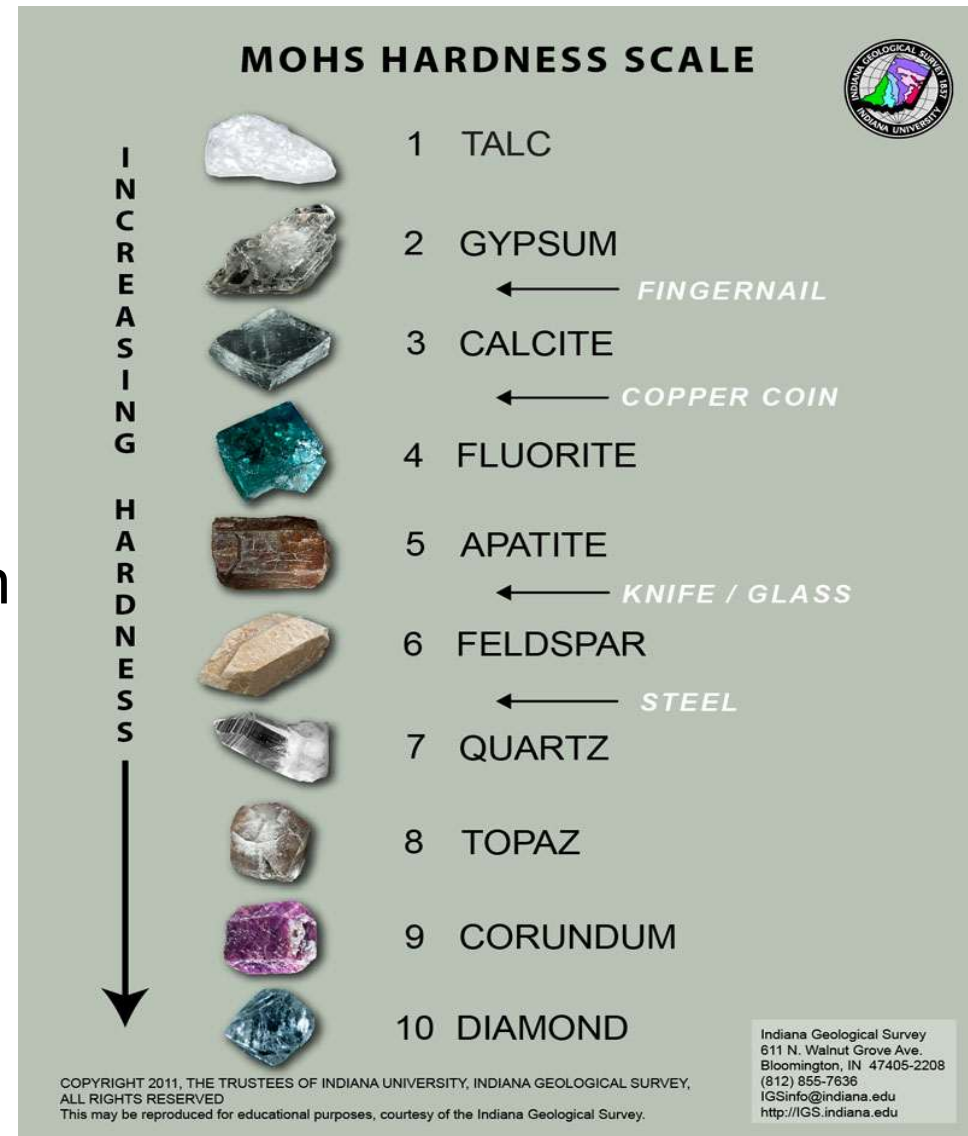


Identificación de minerales

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



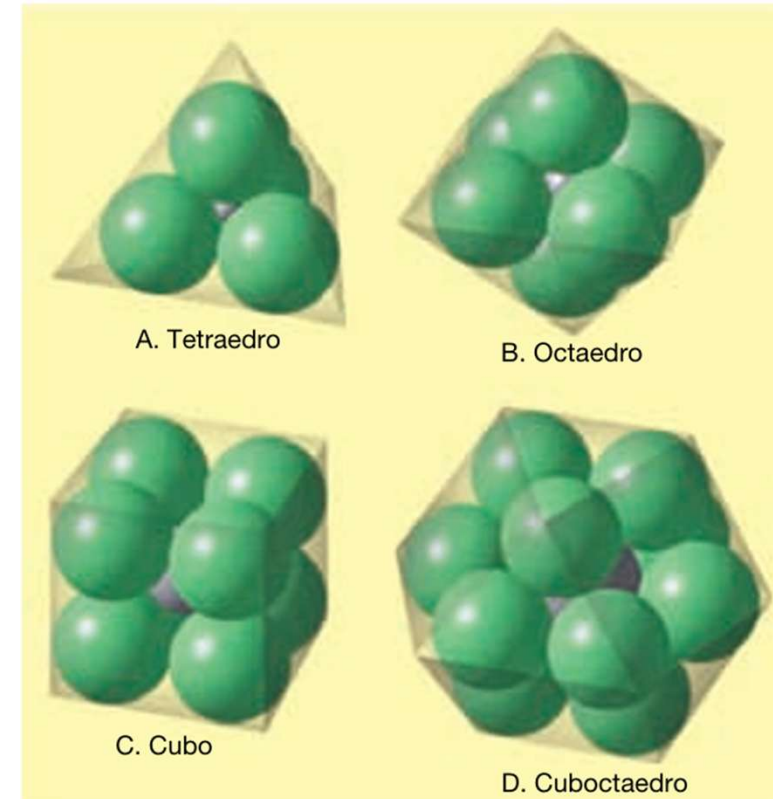
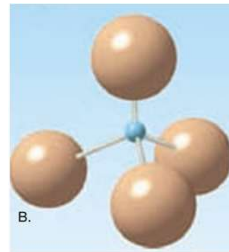
<http://contenidos.educarex.es/sama/2006/minerales/ud1/propiedades.htm>



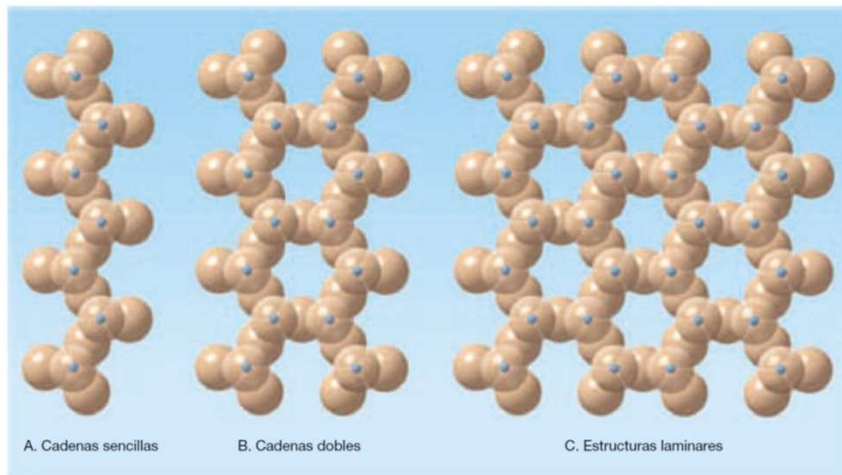
Minerales

Estructura atómica: agrupamiento fijo de cationes y aniones

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



Agrupamientos



Cadenas de tetraedros



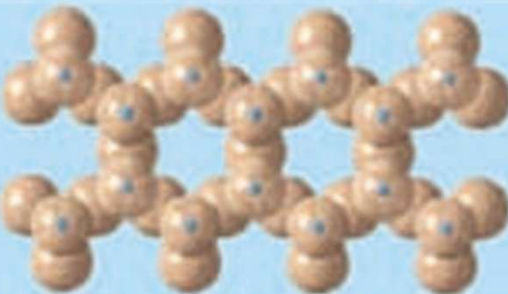


Halita

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 |
| Óxidos (O^{2-}) | Hematites | Fe_2O_3 | Mena de hierro, pigmento |
| | Magnetita | Fe_3O_4 | Mena de hierro |
| | Corindón | Al_2O_3 | Piedra preciosa, abrasivo |
| | Hielo | H_2O | Forma sólida del agua |
| | Galena | PbS | Mena de plomo |
| Sulfuros (S^{2-}) | Esfalerita | ZnS | Mena de cinc |
| | Pirita | FeS_2 | Producción de ácido sulfúrico |
| | Calcopirita | CuFeS_2 | Mena de cobre |
| | Cinabrio | HgS | Mena de mercurio |
| | Yeso | $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | Argamasa |
| | Anhidrita | CaSO_4 | Argamasa |
| Sulfatos (SO_4^{2-}) | Baritina | BaSO_4 | Lodo de perforación |
| | Oro | Au | Comercio, joyería |
| Elementos nativos (elementos simples) | 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

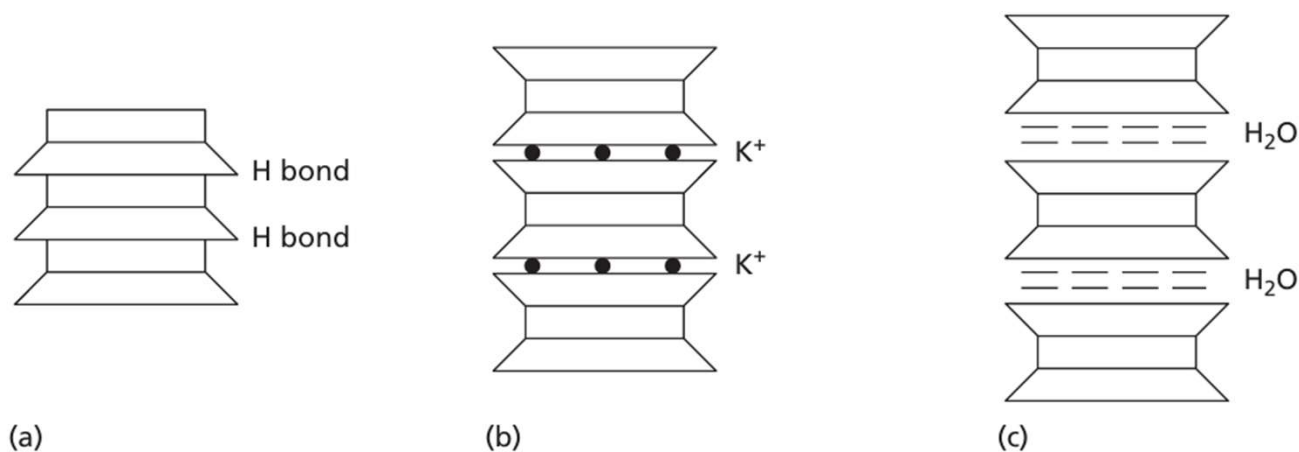


Figure 1.8 Clay minerals: (a) kaolinite, (b) illite, and (c) montmorillonite.

Índice



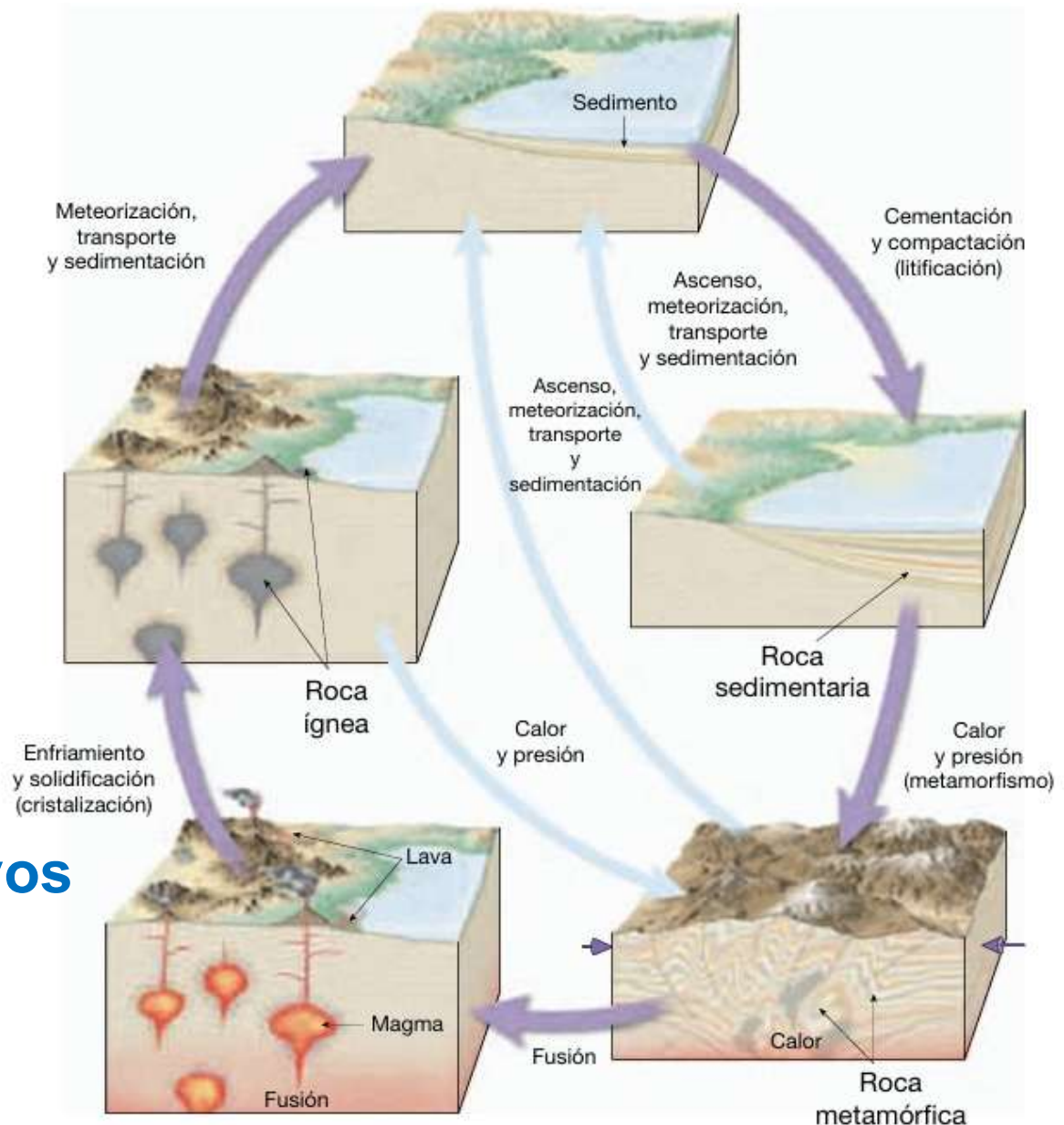
- Planeta tierra y tiempo geológico
- Tectónica de placas
- Minerales
- **Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas**

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

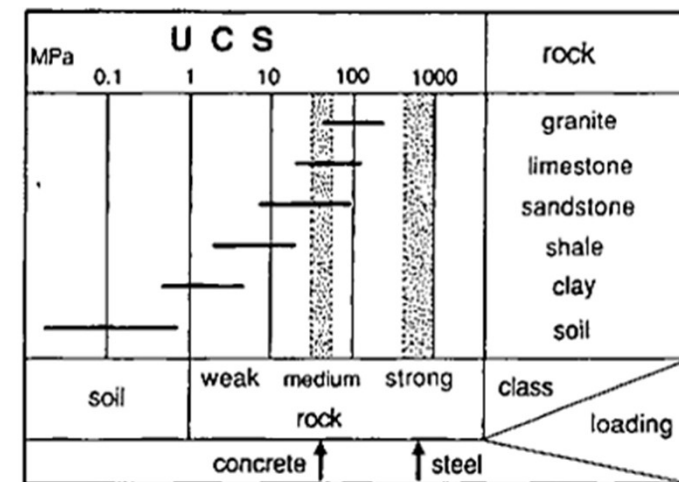


- **Rocas “fuertes”, “intermedias” y “débiles”** en términos de resistencia a la compresión (UCS)
- **Roca intacta y macizo:** caracterización por separado
- Una “roca débil” puede ser equivalente a un “suelo duro” en términos de resistencia
- Una “roca fuerte” puede ser equivalente o mayor a un hormigón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



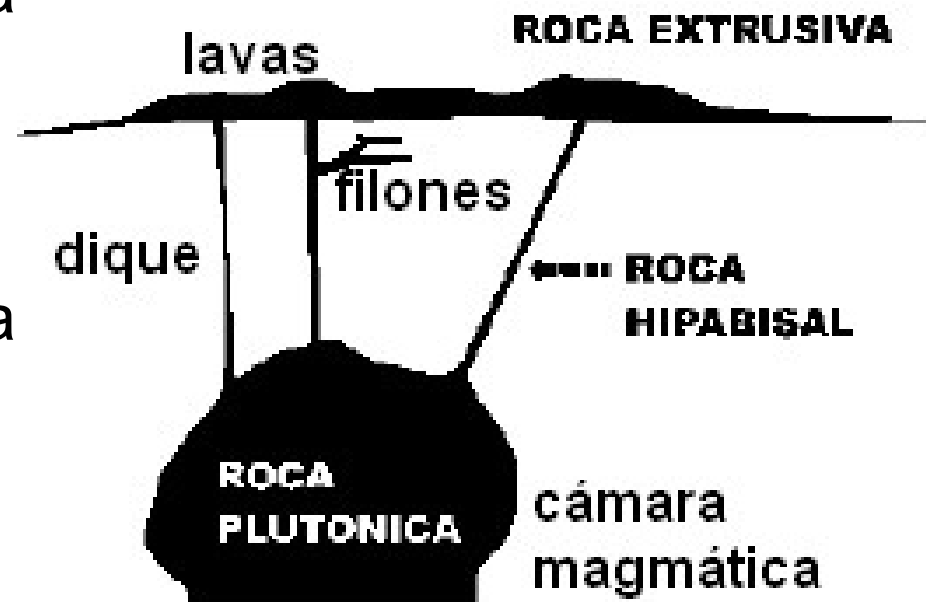
Walthman (Foundation of engineering geology)

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 ($800 - 1200^{\circ} \text{C}$) 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

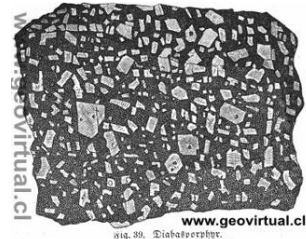


- Clasificación: s/ composición mineral y textura

| Composición química | | | Granítica (félsica) | Andesítica (intermedia) | Basáltica (máfica) | Ultramáfica | |
|---|-----------------------------|---|---|---|--|----------------------------|--------------|
| Minerales dominantes | | | Cuarzo Feldespato potásico Plagioclasa rica en sodio y calcio | 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



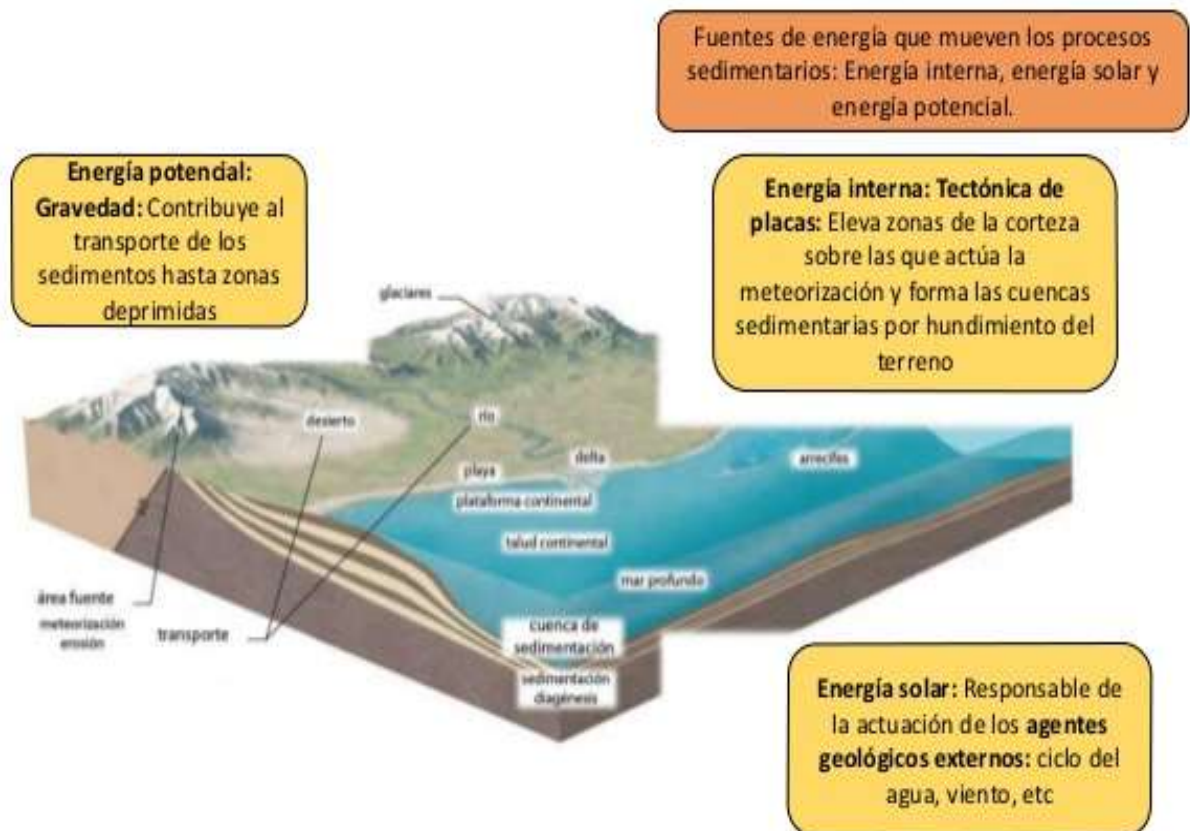
Textura vítrea en obsidiana

Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas



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

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



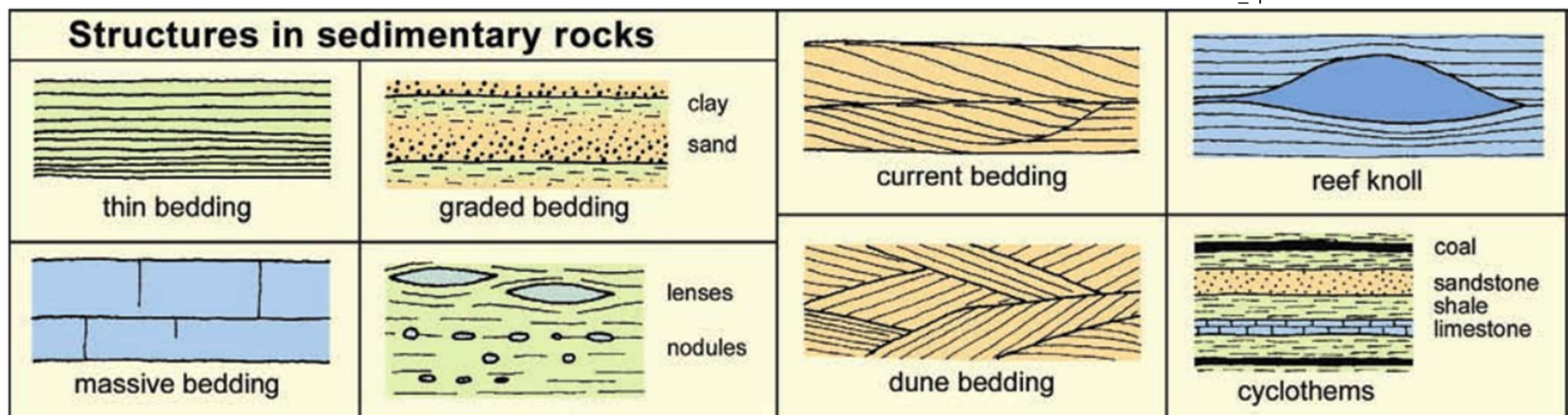
Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas



- 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>

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 | biocaliza |
| | | (Si el feldespato es abundante la roca se denomina arcosa) | | | Clástica: caparazones y fragmentos de caparazón de diversos tamaños cementados con cemento de calcita | Caliza fosilífera | |
| Fino (de 1/16 a 1/256 mm) | | Limo | Limolita | | Clástica: caparazones y arcilla microscópicos | Creta | |
| Muy fino (menos de 1/256 mm) | | Arcilla | Lutita | | | | |
| | | | | Cuarzo, SiO_2 | No clástica: cristalino muy fino | Rocas silíceas (silex) (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 | |

s/ tamaño de
n del sedimento

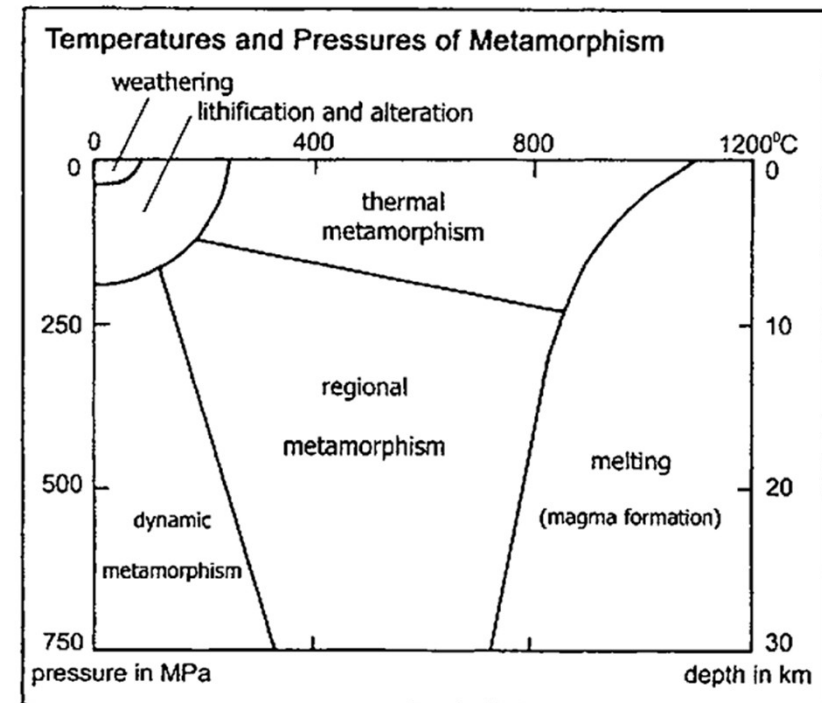
Clasificación: s/ tamaño de clasto y origen del sedimento



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-biotítico-visu-91.jpg>



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

Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas



- Clasificación de rocas metamórficas

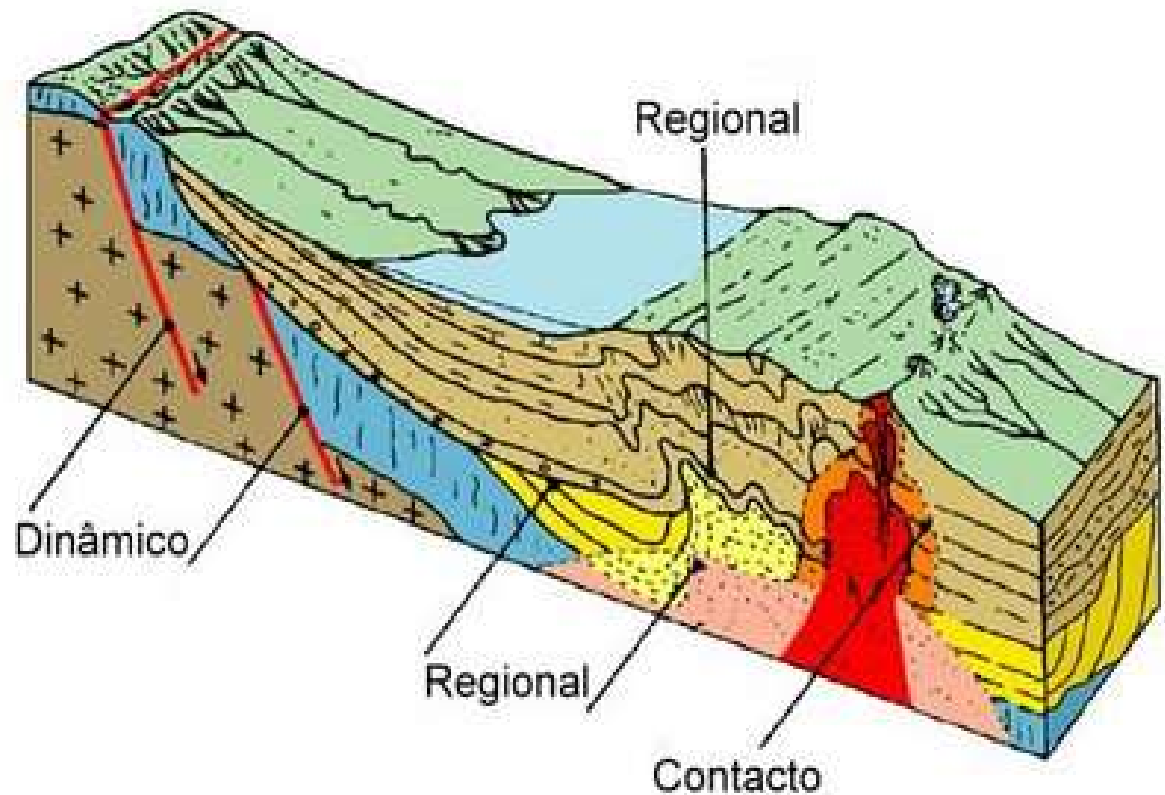
| Nombre de la roca | | Textura | Tamaño de grano | Observaciones | Protolito |
|-------------------|---|---------|--------------------|--|--------------------------------------|
| Pizarra | <div> <div></div> <div>Aumento</div> <div>del metamorfismo</div> </div> | Foliada | Muy fino | Pizarrosidad excelente, 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 bandeadada 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 |

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>

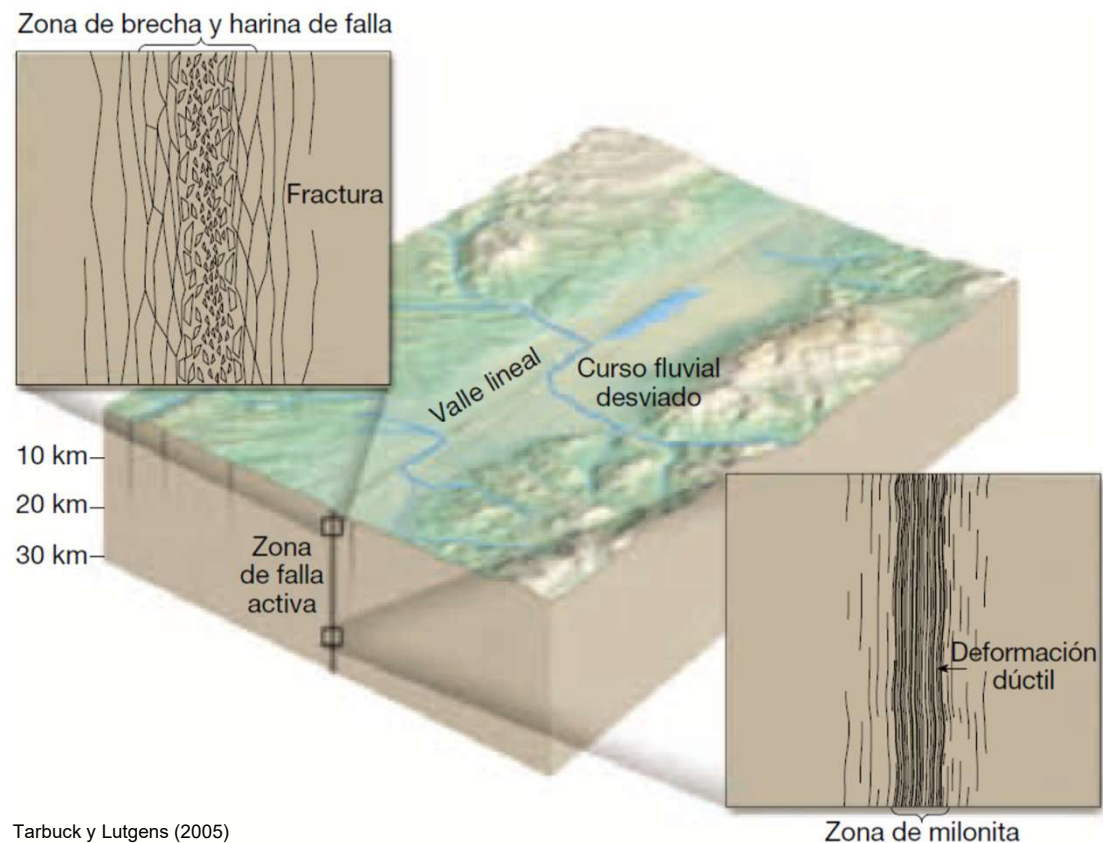
Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas

Metamorfismo dinámico o cataclástico

- En zonas de falla → cataclasis (trituration 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>



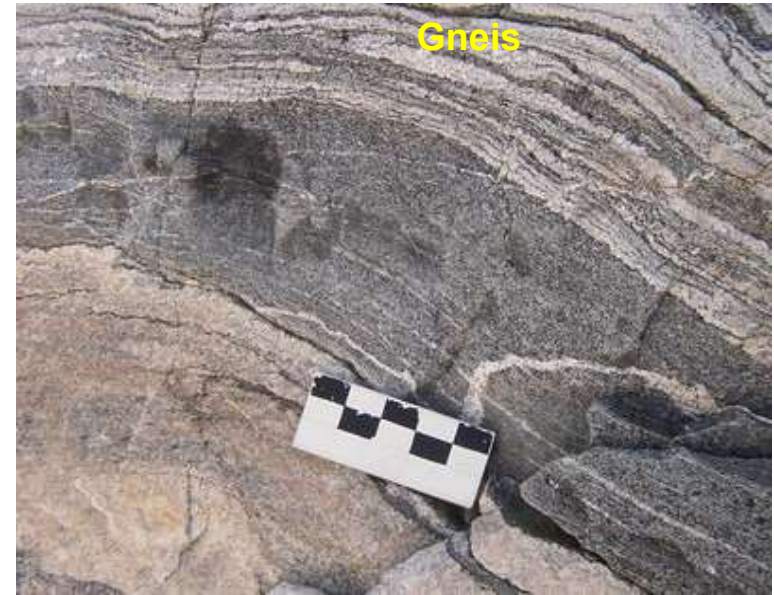
Tarback y Lutgens (2005)

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/



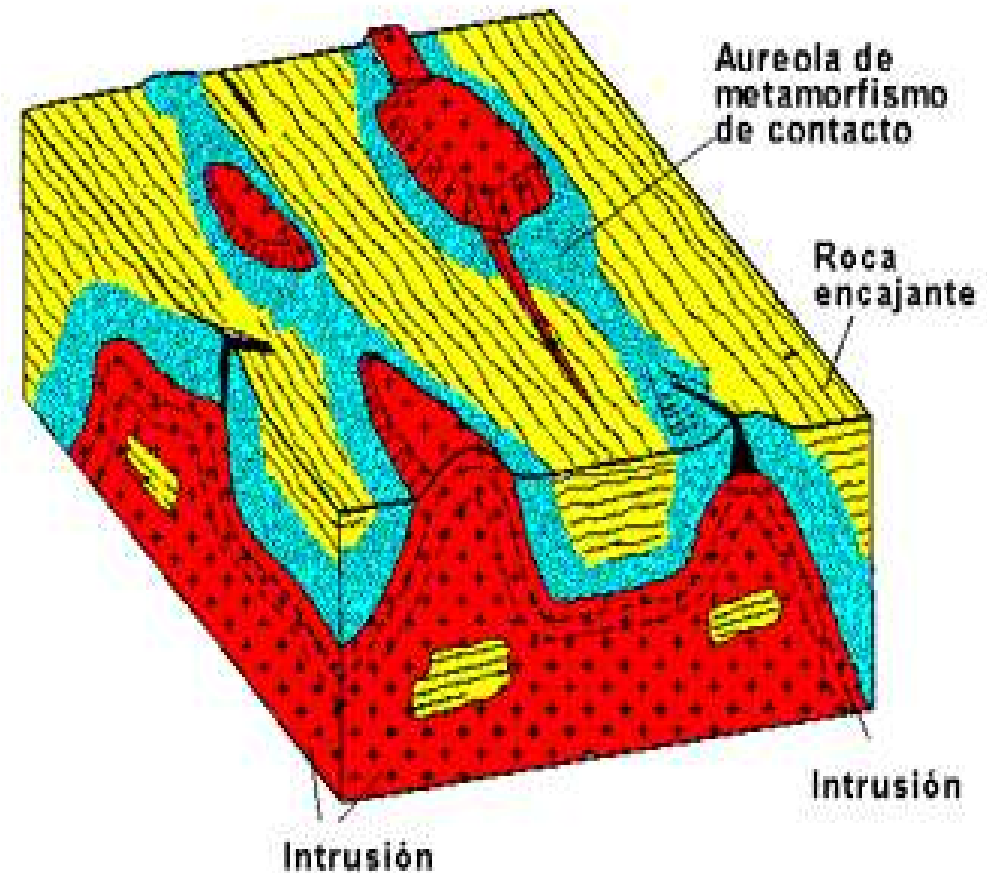
https://www.flickr.com/photos/banco_imagenes_geologicas/5000155821/in/album-72157624979775716/

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



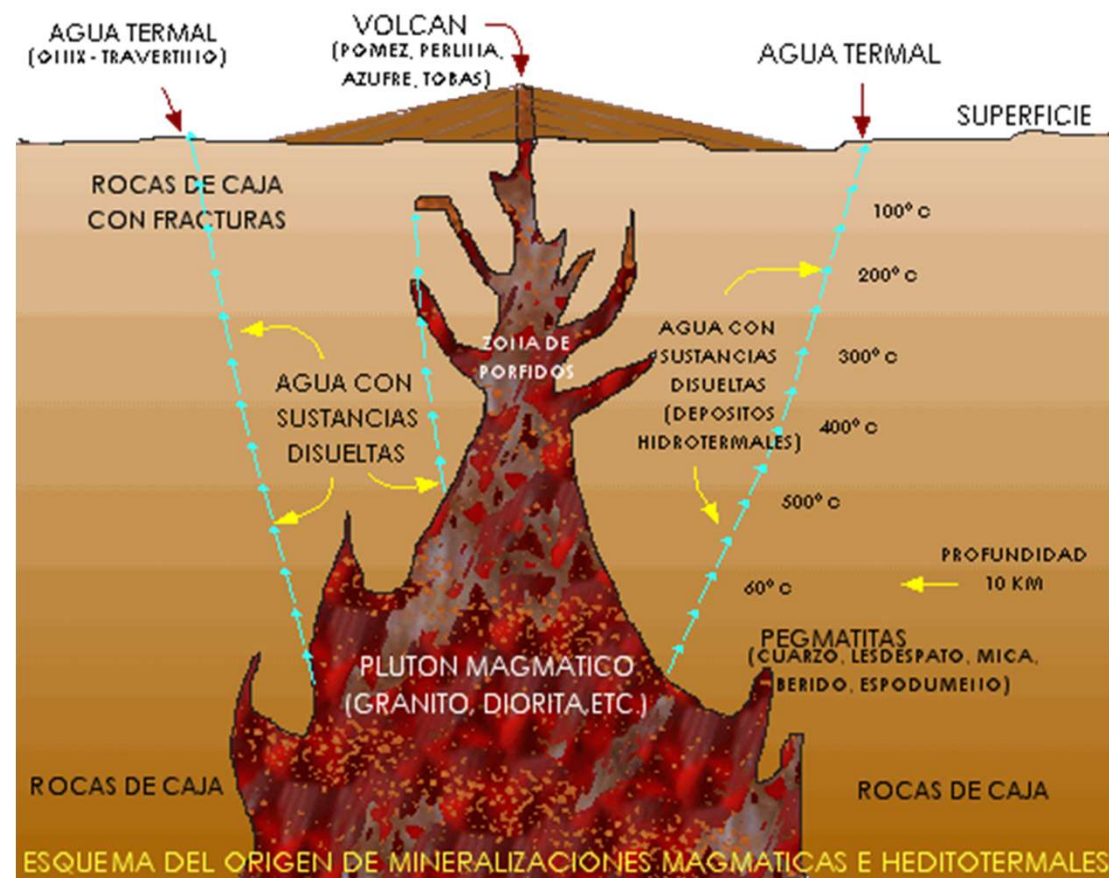
<http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/1bachillerato/petrogeneticos/imagenes/ima4/contact2.gif>

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



ESQUEMA DEL ORIGEN DE MINERALIZACIONES MAGMATICAS E HIDROTHERMALES

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