

# Introducción a la geología (2)



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

<https://nexciencia.exactas.uba.ar/wp-content/uploads/2013/03/5-Nicol%C3%A1s-Elguero.jpg>

# Minerales

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



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

## **Mineral:** unidad básica constituyente de las rocas

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



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

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

## Mineraloide:

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



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

Obsidiana (vidrio volcánico)



[https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/actualidad/descubierto-nuevo-orden-insectos-atrapado-amber\\_11092](https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/actualidad/descubierto-nuevo-orden-insectos-atrapado-amber_11092)

Ámbar (resina vegetal fosilizada)



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

# Identificación de minerales

Estructura cristalina  $\leftrightarrow$  fórmula química  $\rightarrow$  propiedades físicas de un mineral.

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

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

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

# Clasificación

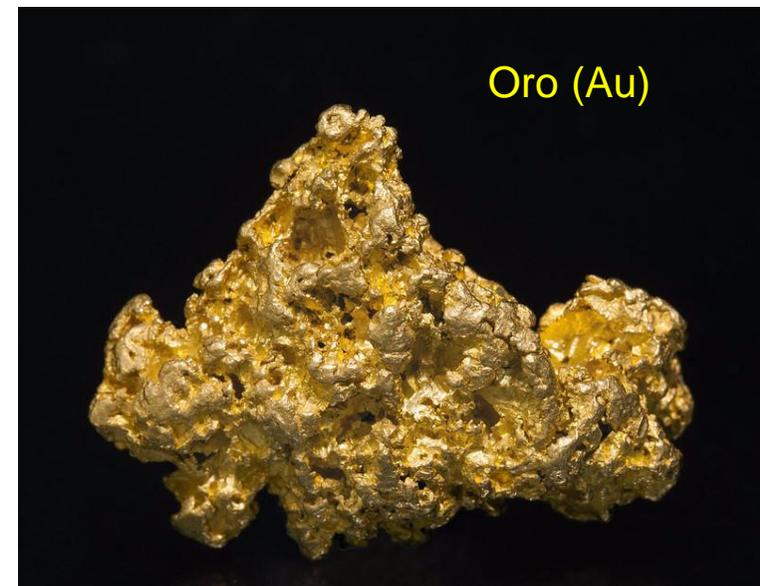
Según composición química y características estructurales:

- **Elementos nativos.** Ej.: Au, Ag, Pt, Cu, C (diamante, grafito), As, S.
- **Sulfuros y sulfosales.** Ej.: galena (SPb), blenda (S(Zn, Fe)), pirita (SFe).
- **Óxidos e hidróxidos.** Ej.: magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), cuprita ( $\text{Cu}_2\text{O}$ )



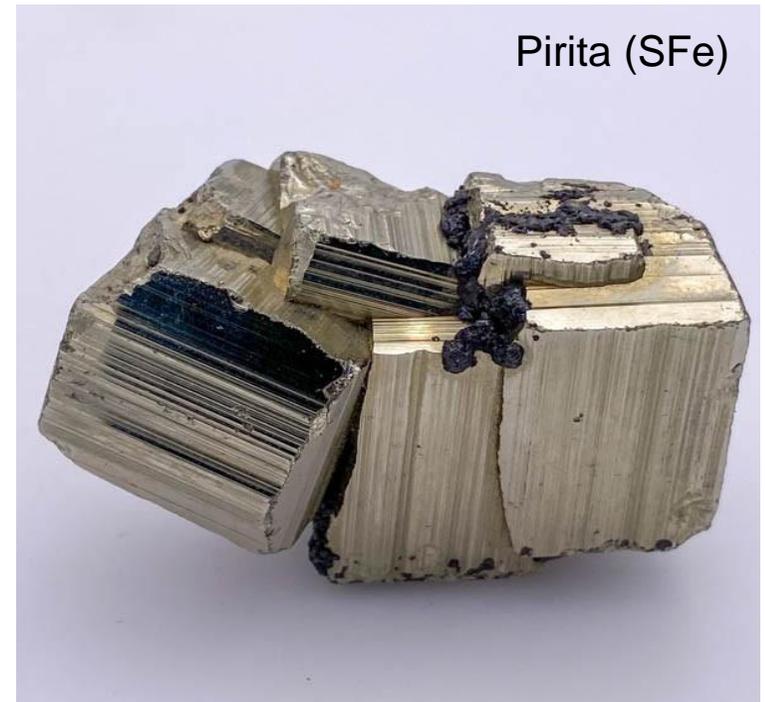
Magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )

[www.webmineral.com](http://www.webmineral.com)



Oro (Au)

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



Pirita (SFe)

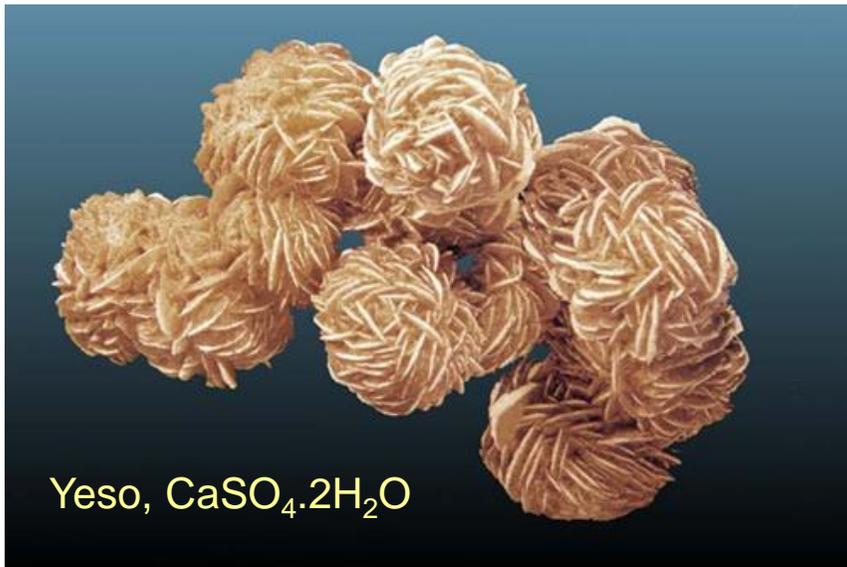
<https://rocasycristales.com/piedra-en-bruto/660-pirita.html>

- **Halogenuros.** Ej.: halita ( $\text{NaCl}$ ), fluorita ( $\text{CaF}_2$ )
- **Carbonatos, nitratos, boratos.** Ej.: dolomita ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ), calcita ( $\text{CaCO}_3$ ), cerusita ( $\text{PbCO}_3$ ), 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 ( $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ )



Halita, NaCl

[https://mineriaenlinea.com/rocas\\_y\\_minerales/halita/](https://mineriaenlinea.com/rocas_y_minerales/halita/)



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

[www.webmineral.com](http://www.webmineral.com)



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

[www.webmineral.com](http://www.webmineral.com)

# • Silicatos



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

Cuarzo,  $\text{SiO}_2$



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

Turmalina verde



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

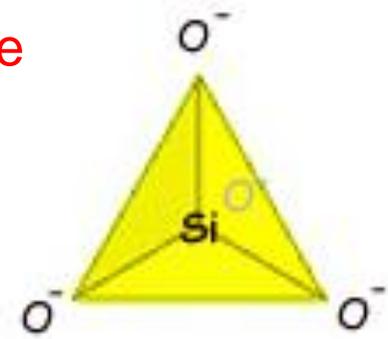
Muscovita,  $\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$

# Silicatos

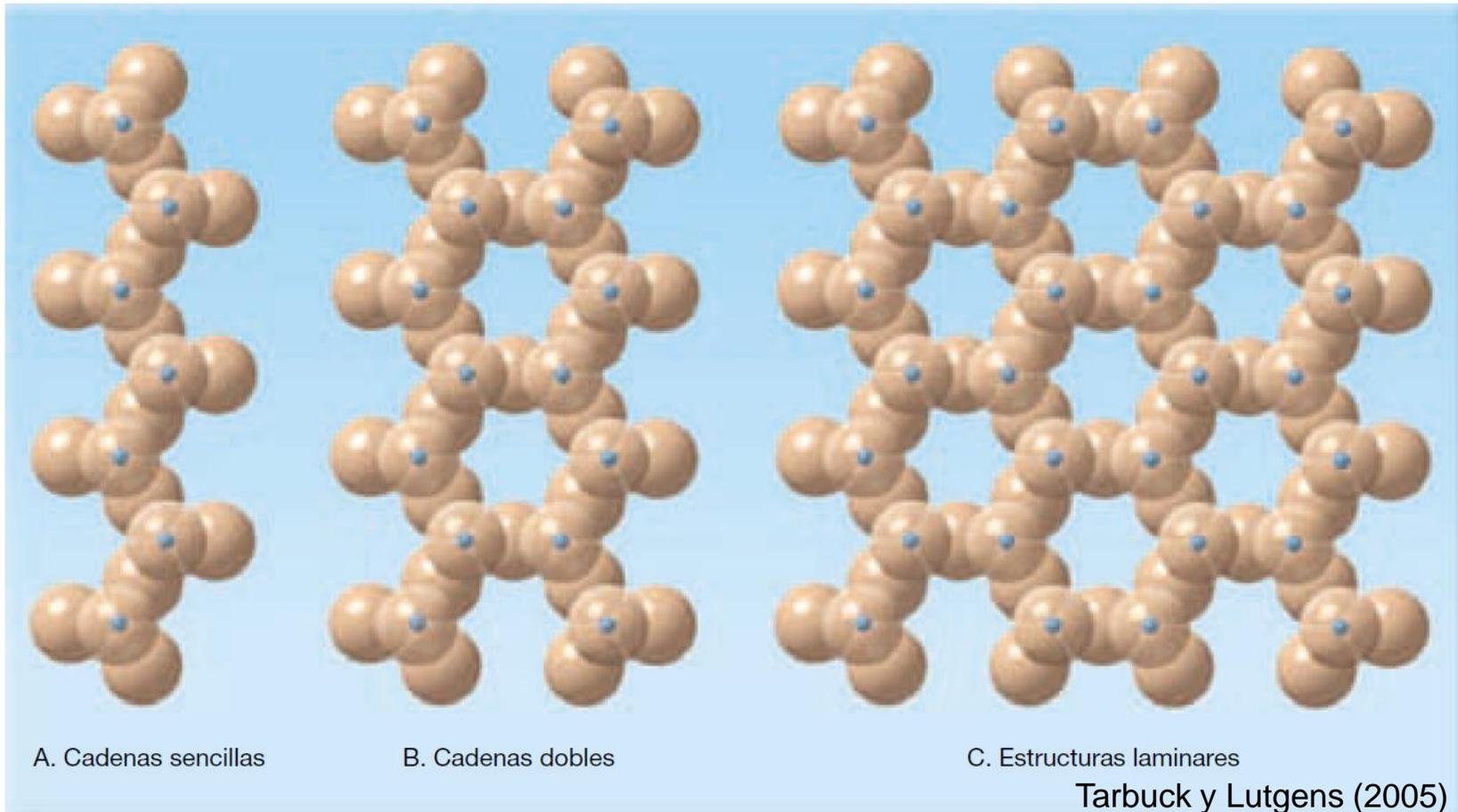
90% de las rocas de la corteza terrestre

Celda unitaria (unidad estructural): **tetraedro  $\text{SiO}_4^{4-}$**

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



Diversas estructuras cristalinas según como se unan los tetraedros

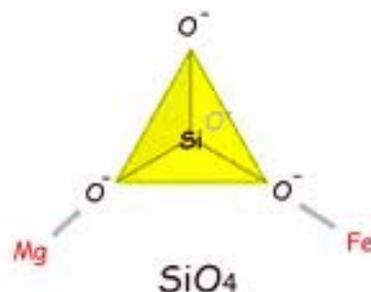
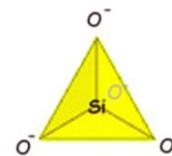


# Estructura de silicatos

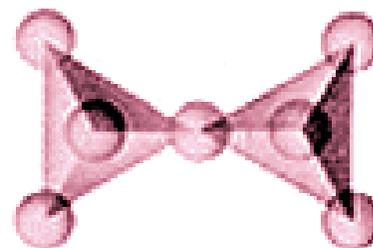
**Nesosilicatos:** tetraedros independientes. Estabilidad química por combinación con cationes. Ej.: zircón, olivinos, granates.

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

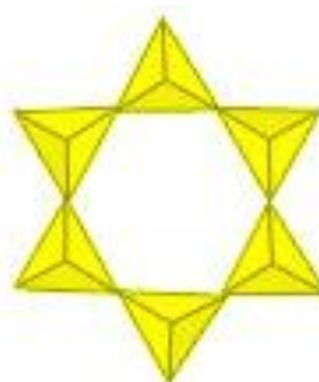
**Ciclosilicatos:** 3 a 6 tetraedros que comparten 2 átomos de oxígeno cada uno formando un anillo. Formas poligonales en el eje de crecimiento



Zircón



Epidoto

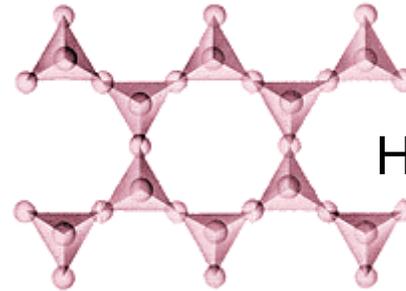


Turmalina



# Estructura de silicatos

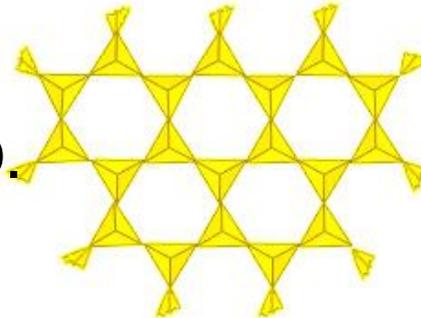
- **Inosilicatos:** tetraedros se unen en cadenas simples (2 oxígenos compartidos) o dobles (2 y 3 oxígenos compartidos) Ej.: piroxenos, anfíboles.



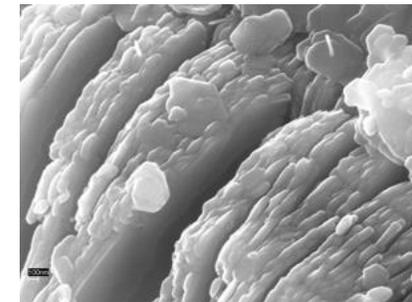
Hornblenda



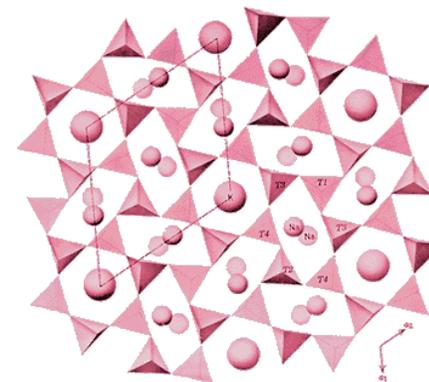
- **Filosilicatos:** tetraedros comparten 3 átomos de oxígeno formando láminas. Estructura 2D. Micas y arcillas.



Caolinita



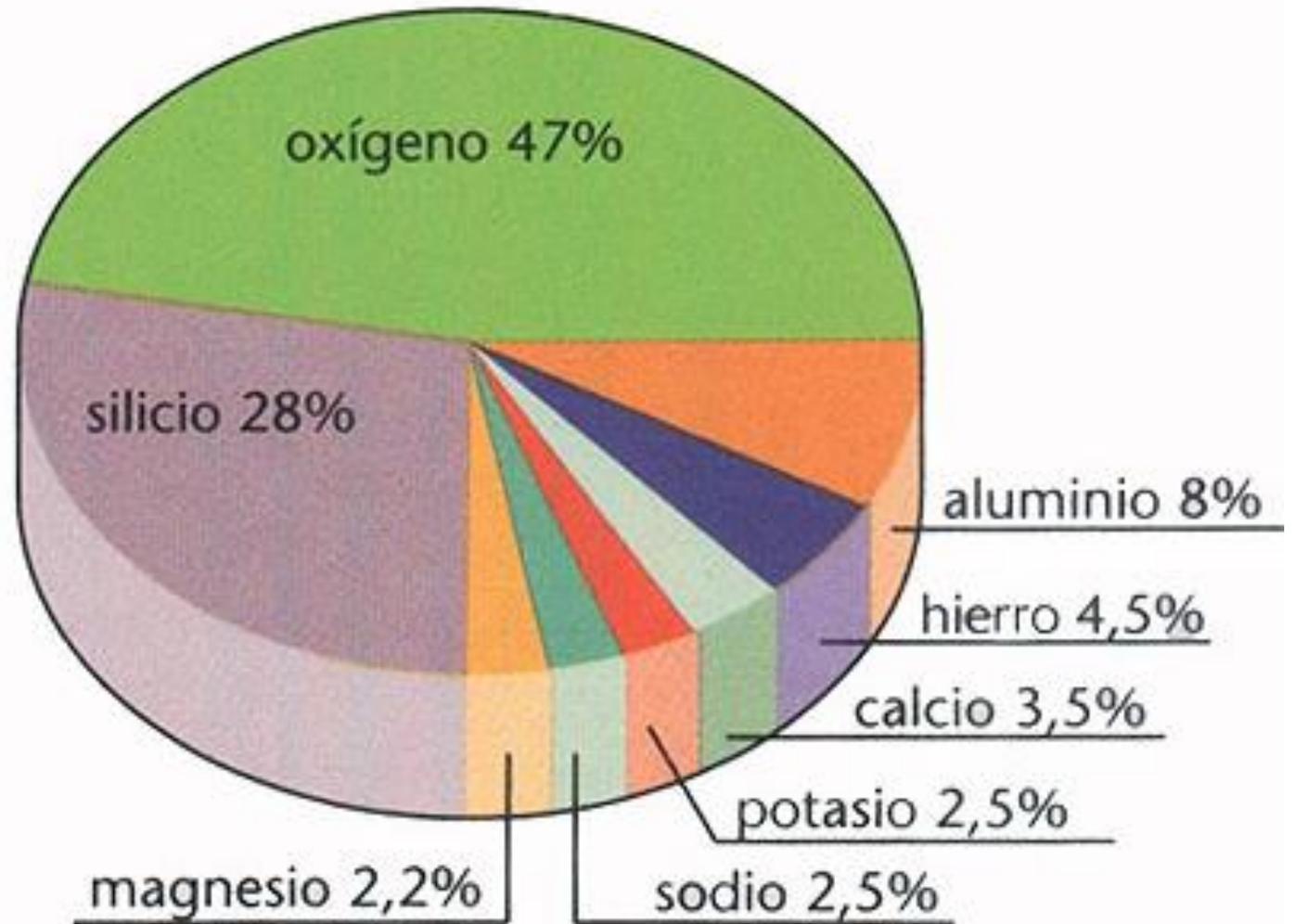
- **Tectosilicatos:** tetraedros comparten 4 átomos de oxígeno en redes 3D. Formas prismáticas. Cuarzo y feldespatos.



Cuarzo



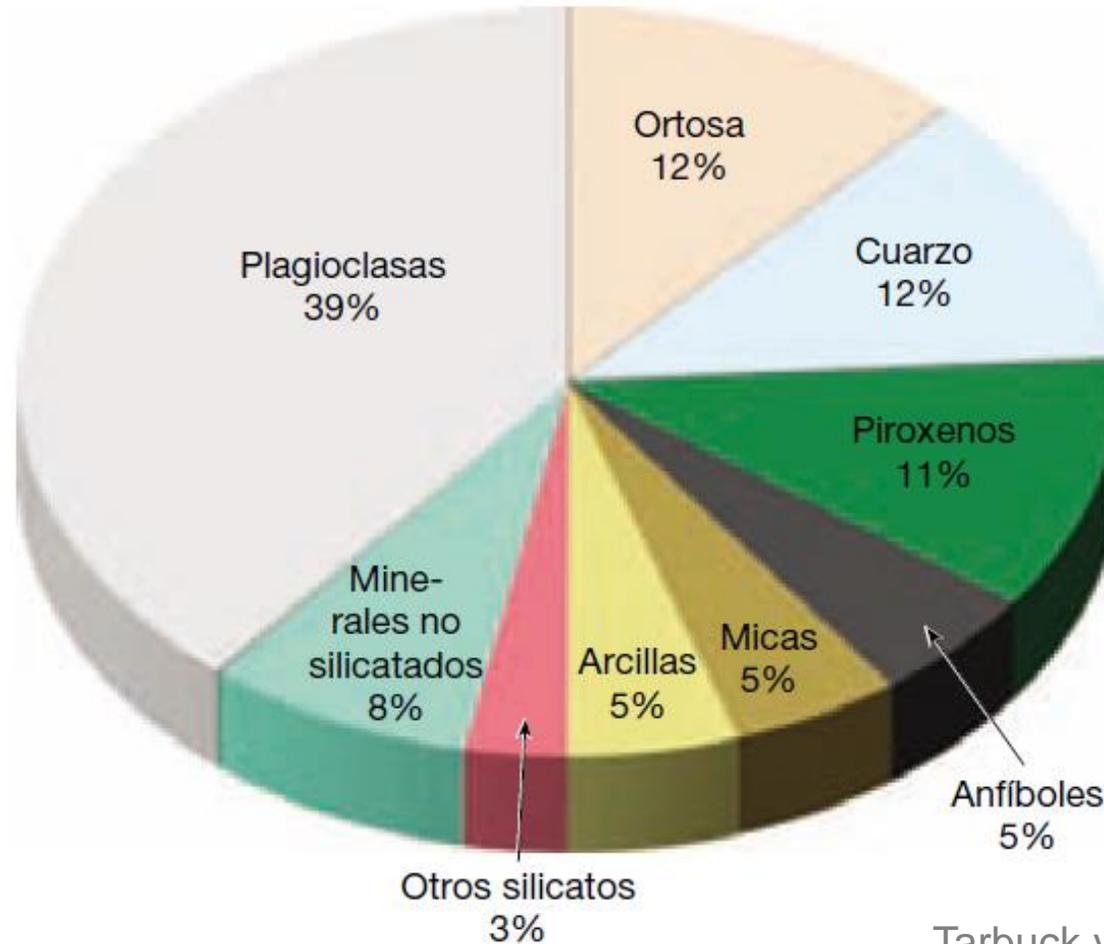
# Elementos químicos predominantes en la corteza terrestre



**Si + O ~ 75%**

# Minerales formadores de rocas

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



Tarbutck y Lutgens (2005)

Otros minerales comunes que forman rocas: óxidos, carbonatos, sulfatos, sulfuros, fosfatos.

# Formación de minerales. Recristalización

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

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



[www.webmineral.com](http://www.webmineral.com)

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



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

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

# Formación de minerales. Alteración.

Formación de nuevos minerales (ej. arcillas, hidróxidos) por alteración de minerales, inestables bajo nuevas condiciones ambientales.



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

Ej. meteorización de granitos, hidrólisis:

- 1) Biotita → vermiculita.
- 2) Plagioclasa → caolinita.



[http://caceresnatura.blogspot.com/p/blog-page\\_70.html](http://caceresnatura.blogspot.com/p/blog-page_70.html)

Batolito de Cabeza de Araya (Cáceres, España)

# Formación de minerales. Precipitación química.

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

## Geodas de amatista



# Formación de minerales. Precipitación química.

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



Halita, NaCl

[https://mineriaenlinea.com/rocas\\_y\\_minerales/halita](https://mineriaenlinea.com/rocas_y_minerales/halita)



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

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

# Formación de minerales.

**Acumulación de restos orgánicos.**



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

Carbón mineral

**Cristalización por sublimación.**



[https://geologiaweb.com/minerales/azufre/#Los\\_minerales\\_de\\_azufre\\_mas\\_importantes](https://geologiaweb.com/minerales/azufre/#Los_minerales_de_azufre_mas_importantes)

# Formación de minerales.

## Cristalización a partir de un líquido



Cuarzo

[www.webmineral.com](http://www.webmineral.com)

**Cristalización por enfriamiento de magma (roca fundida).**

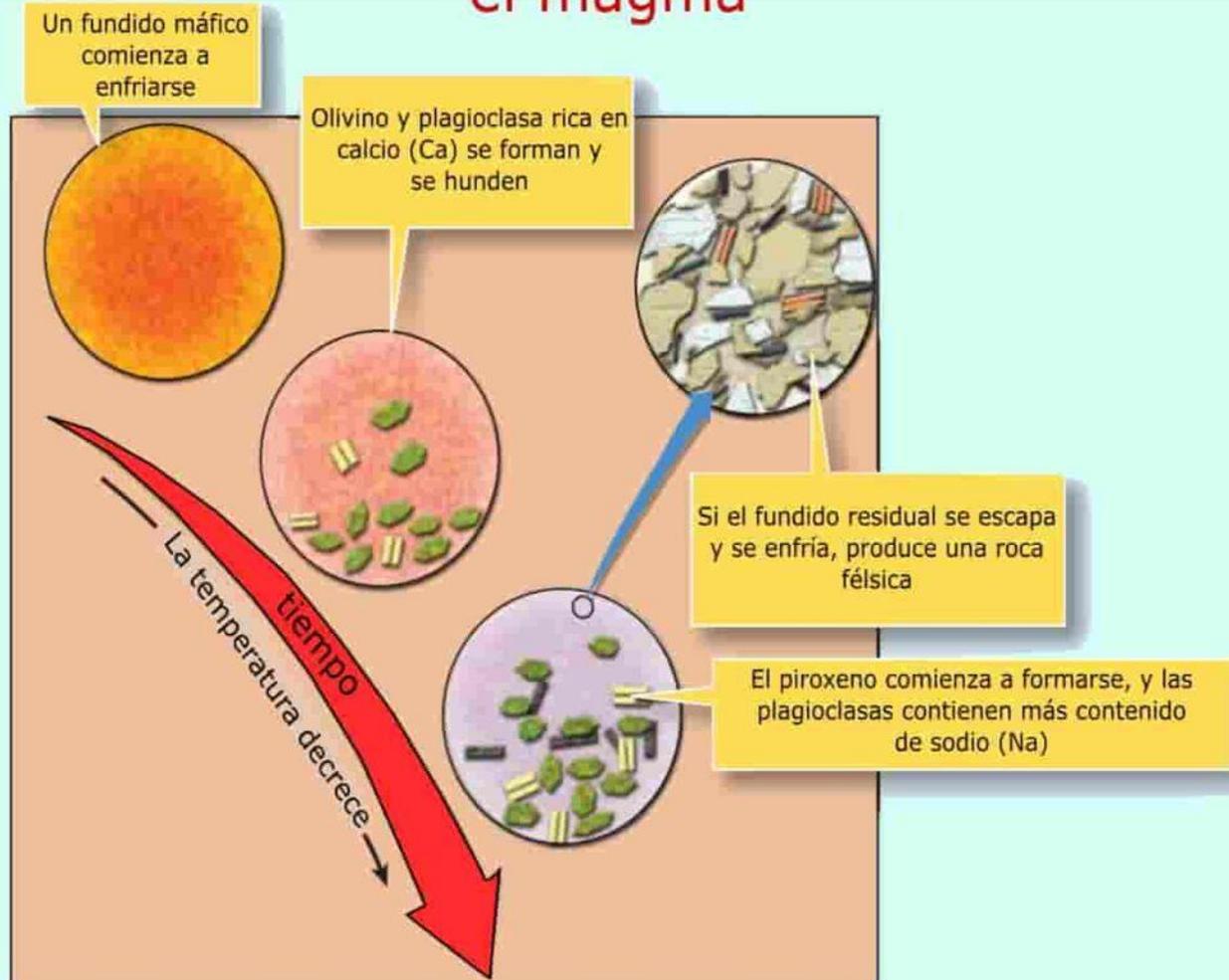


<https://lageografia.com/geografia-fisica/cristales-y-copos-nieve>

**Pasaje de agua líquida a hielo.**

# Cristalización por enfriamiento de magma

## Sucesión de la cristalización en el magma



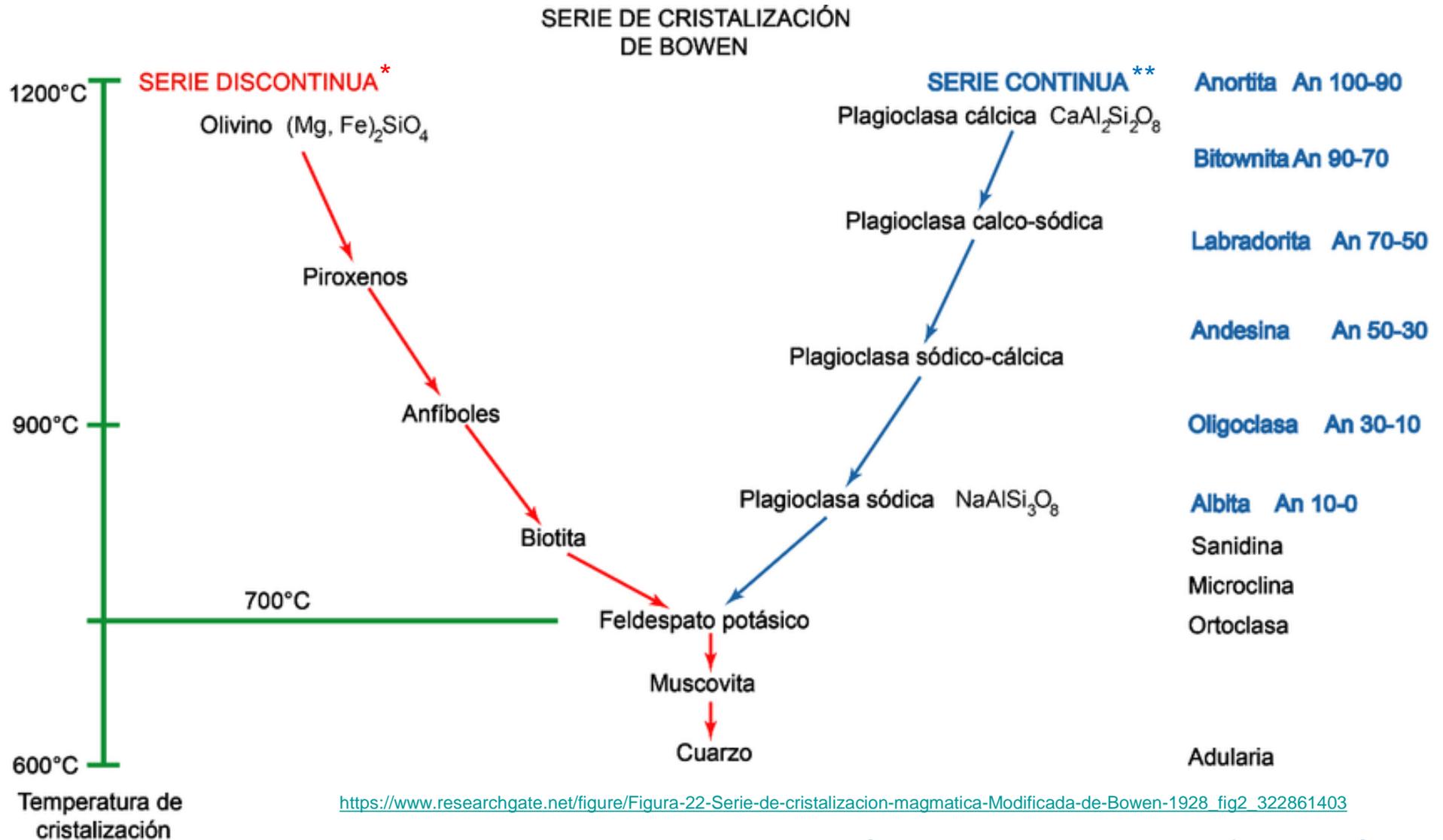
Magma basáltico en manto superior (roca basáltica fundida),  $t \sim 1300^{\circ}\text{C}$   
→ minerales en fase líquida.

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

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

Serie de cristalización de Bowen.

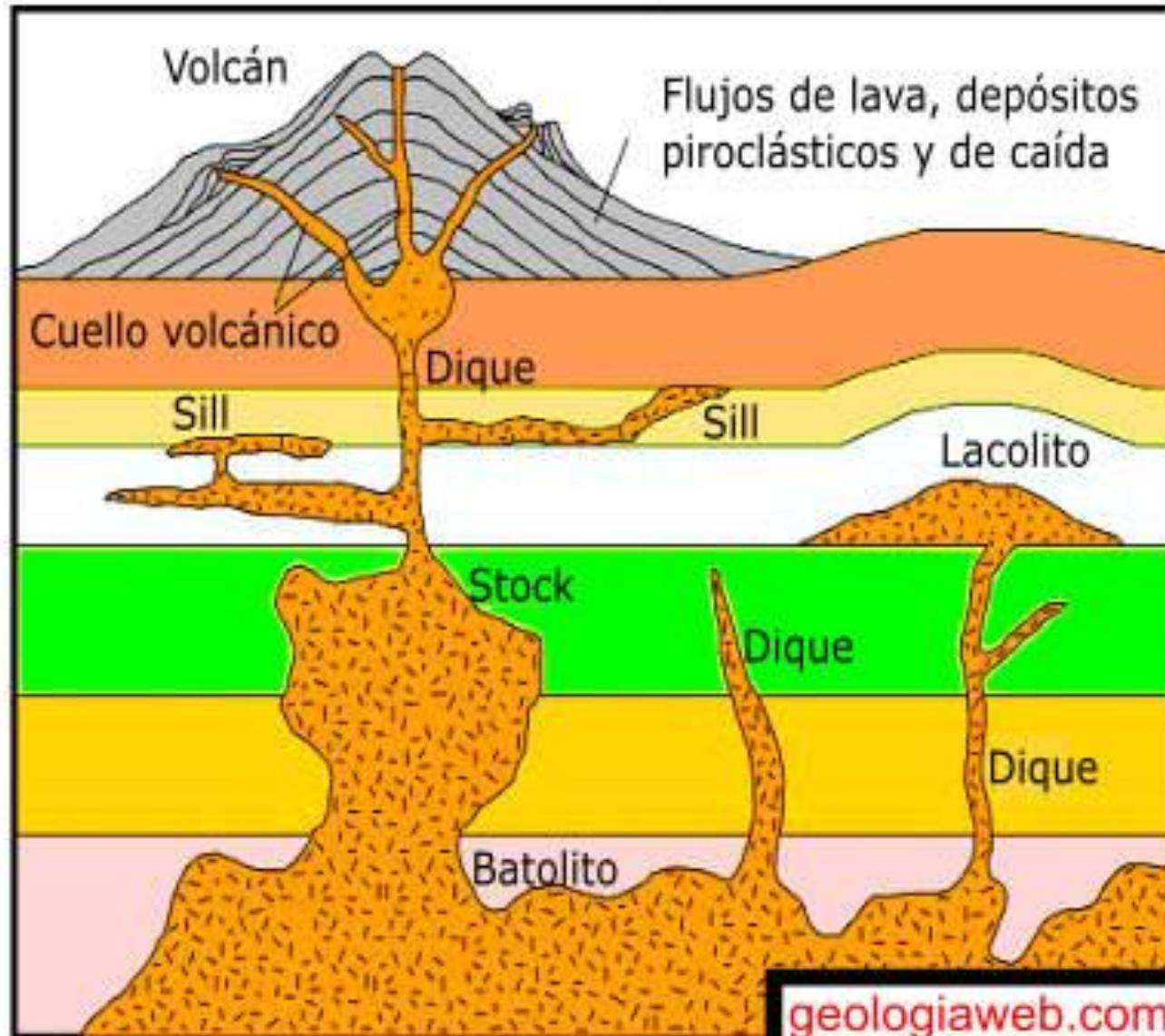
# Cristalización por enfriamiento de magma



\* ≠ clase de minerales

\*\* serie isomórfica de las plagioclasas (sustitución catiónica, sistema cristalino invariable)

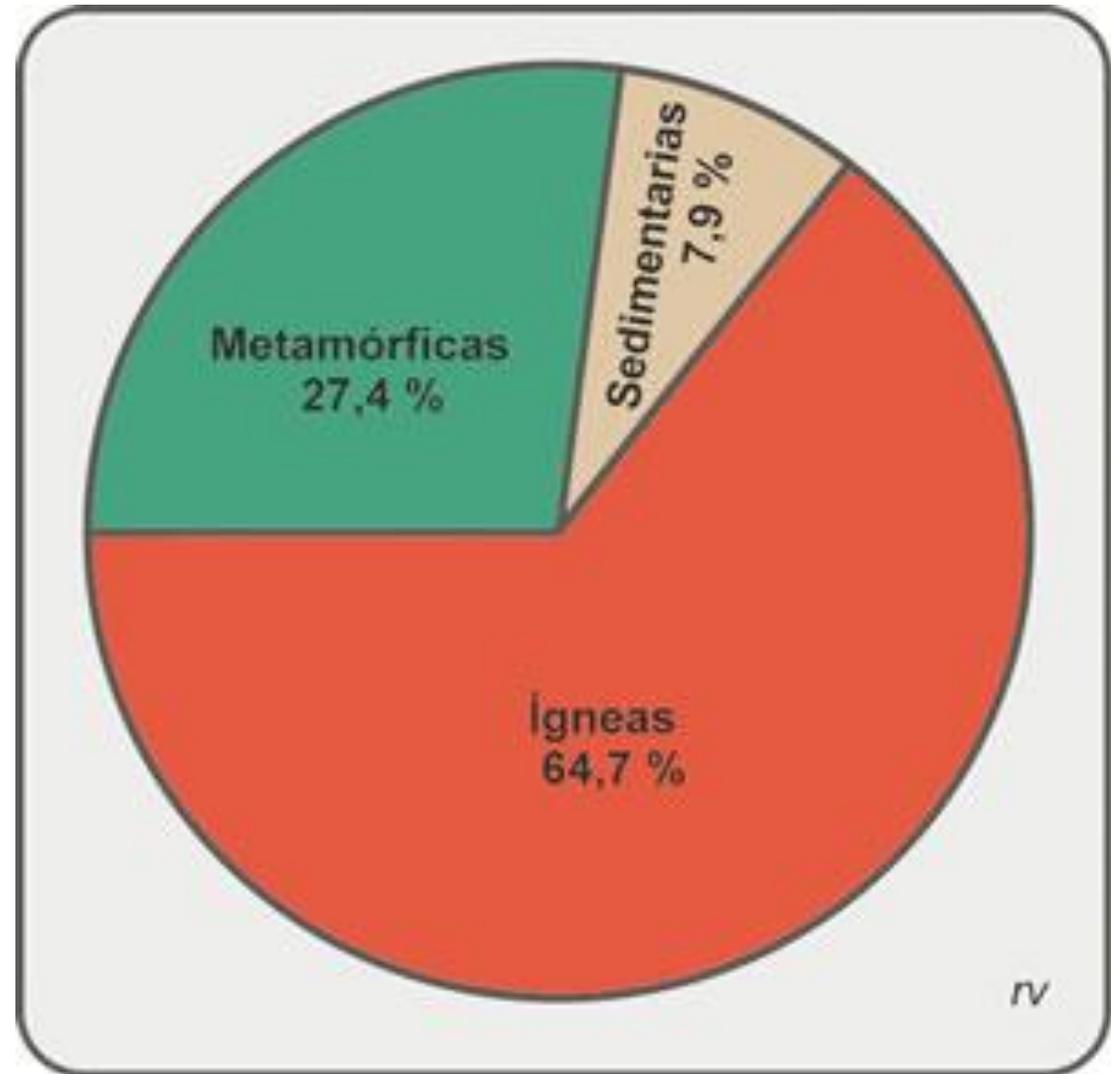
# Rocas ígneas



# Rocas ígneas

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

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



[http://www.insugeo.org.ar/libros/misc\\_21/04.htm](http://www.insugeo.org.ar/libros/misc_21/04.htm)

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

# Magma

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

**Magma: fase líquida + fase sólida (minerales) + volátiles**  
(vapor de agua ( $\approx 90\%$ );  $\text{CO}_2$  y  $\text{SO}_2$ ).

Menor densidad que la roca de origen  $\rightarrow$  ascenso magmático  
 $\rightarrow$   $\downarrow$  P de confinamiento,  $\uparrow$  proporción de volátiles,  $\downarrow$  T de fusión o cristalización.

# Magma

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

✓ **Aumento de T.**

Ej.: fricción entre placas en zonas de subducción (magmas secundarios); ascenso magmático desde el manto superior (magmas primarios).

✓ **Disminución de la P de confinamiento** → descenso de la T de fusión.

Ej.: corrientes convectivas ascendentes y generación de magma en márgenes divergentes de placas (dorsales oceánicas, rifts continentales).

✓ **Adición de volátiles (principalmente agua).**

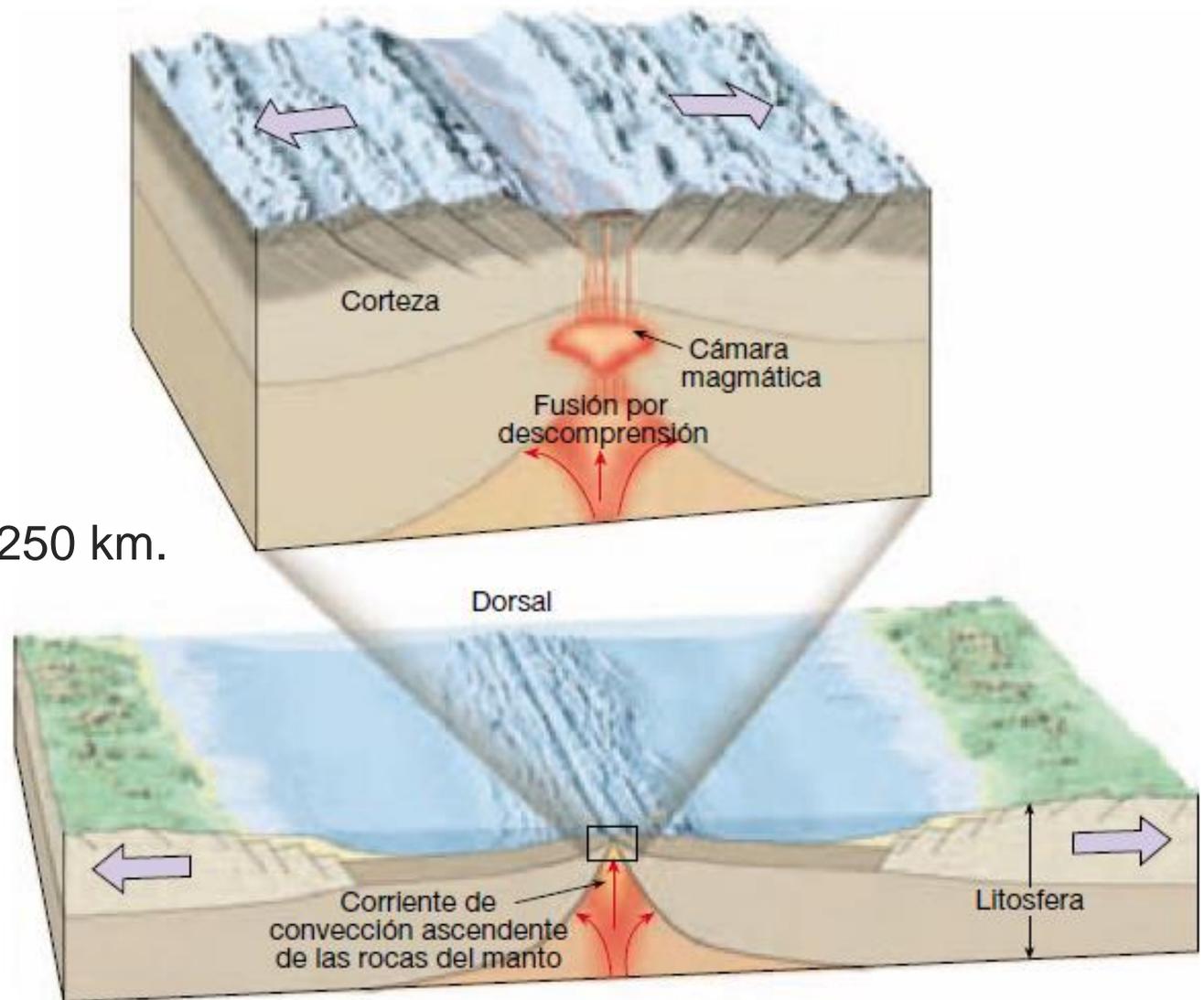
Ej.: en zonas de subducción aporte de agua expulsada de las rocas de la placa subductada durante su hundimiento ↔ incremento de T y P confinante.

Ej.: márgenes divergentes (dorsales oceánicas, rifts continentales).

$\downarrow P_{\text{conf.}} \rightarrow \downarrow T \text{ fusión.}$

**Fusión de rocas del manto:  
magmas basálticos o  
primarios**

Prof. de formación  $\approx 50 - 250 \text{ km.}$



Tarback y Lutgens (2005)

Ej.: márgenes convergentes asociados a arcos volcánicos continen  
Incorporación de volátiles.

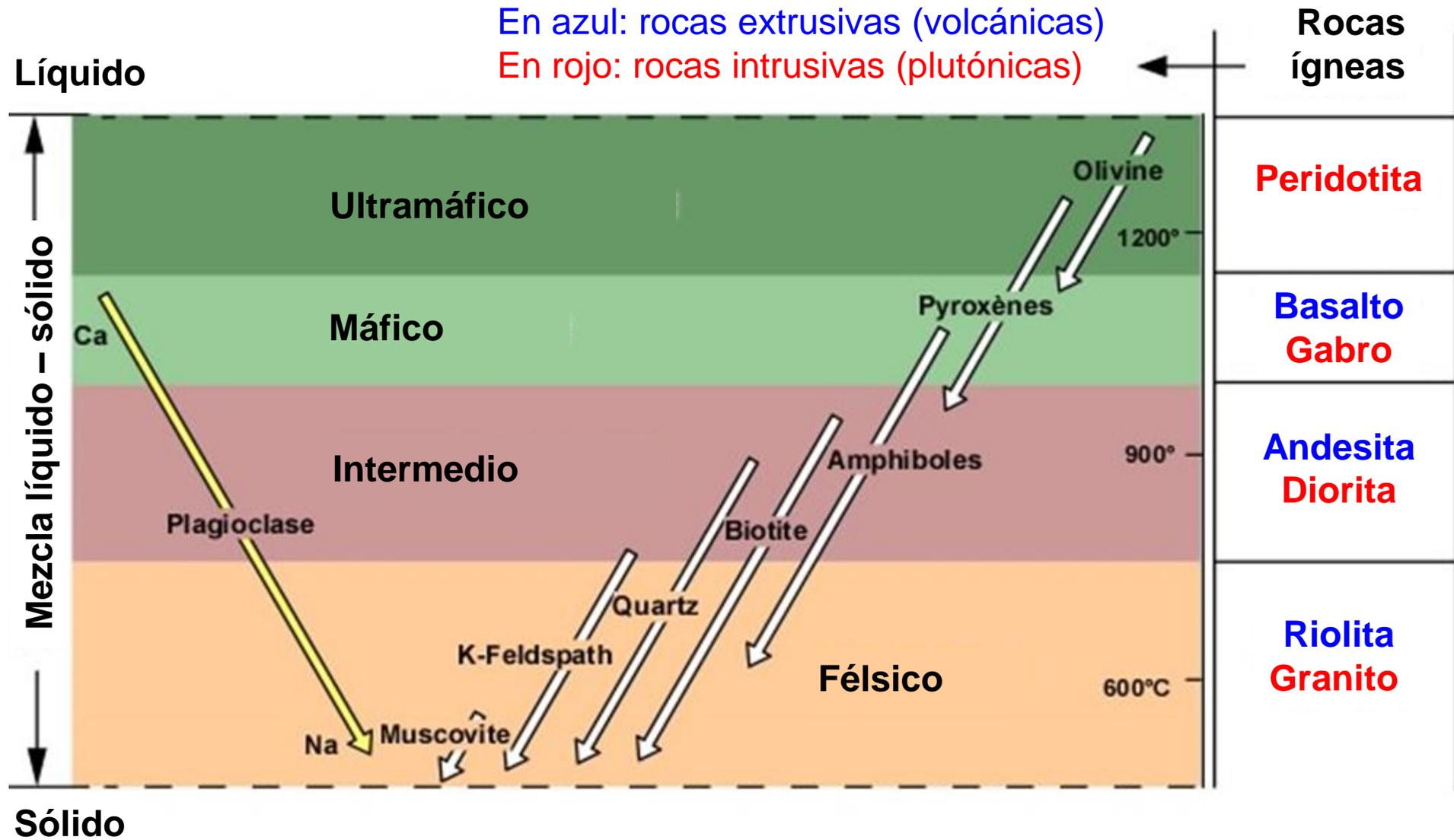
**Fusión de rocas de corteza terrestre: magmas secundarios ricos en sílice.**

**Fusión de manto superior: magmas basálticos.**



# Cristalización fraccionada

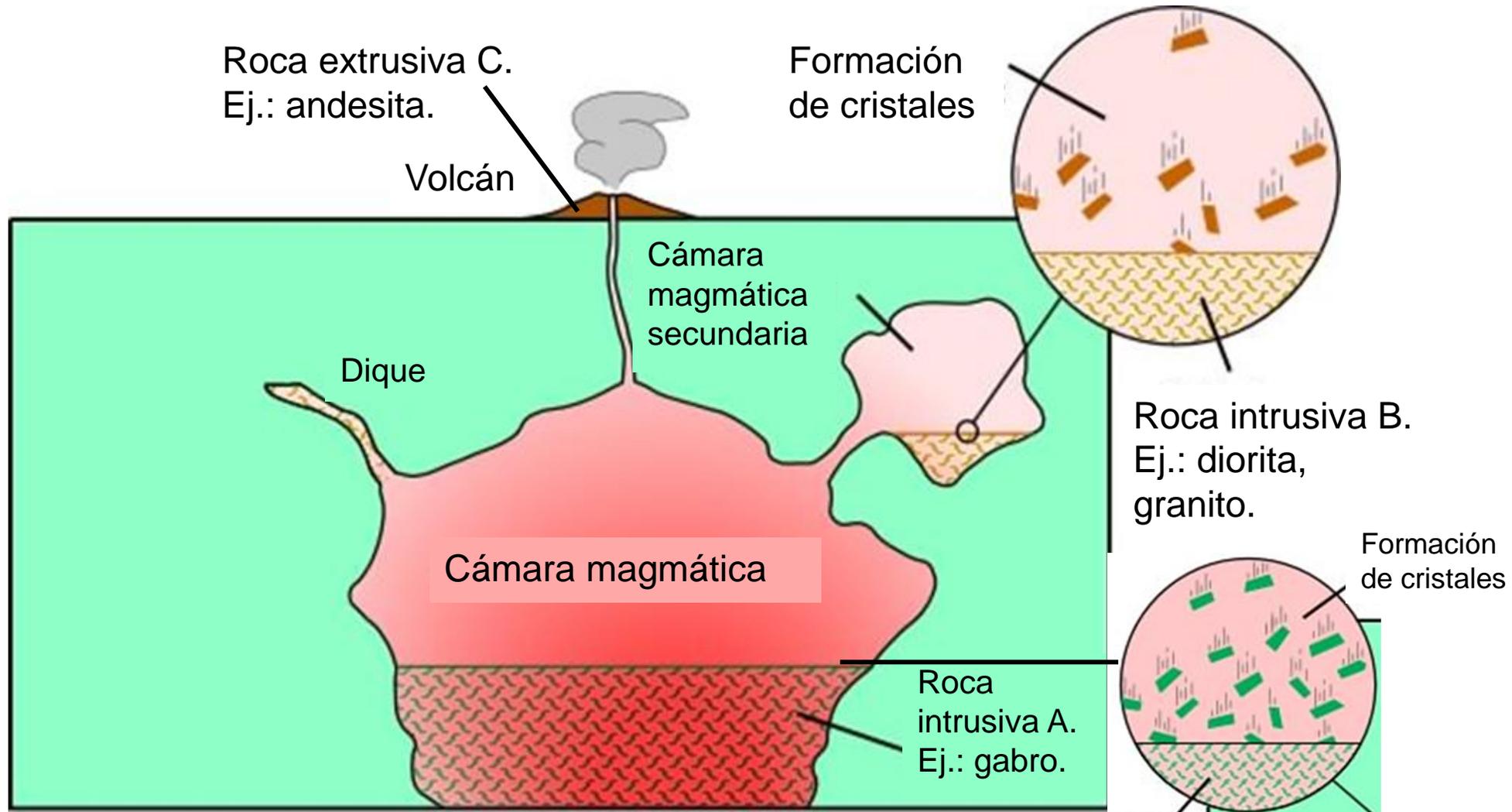
## Serie de Bowen



Modificado de [http://www2.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/planete\\_terre.html](http://www2.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/planete_terre.html)

# Diferenciación magmática por cristalización fraccionada

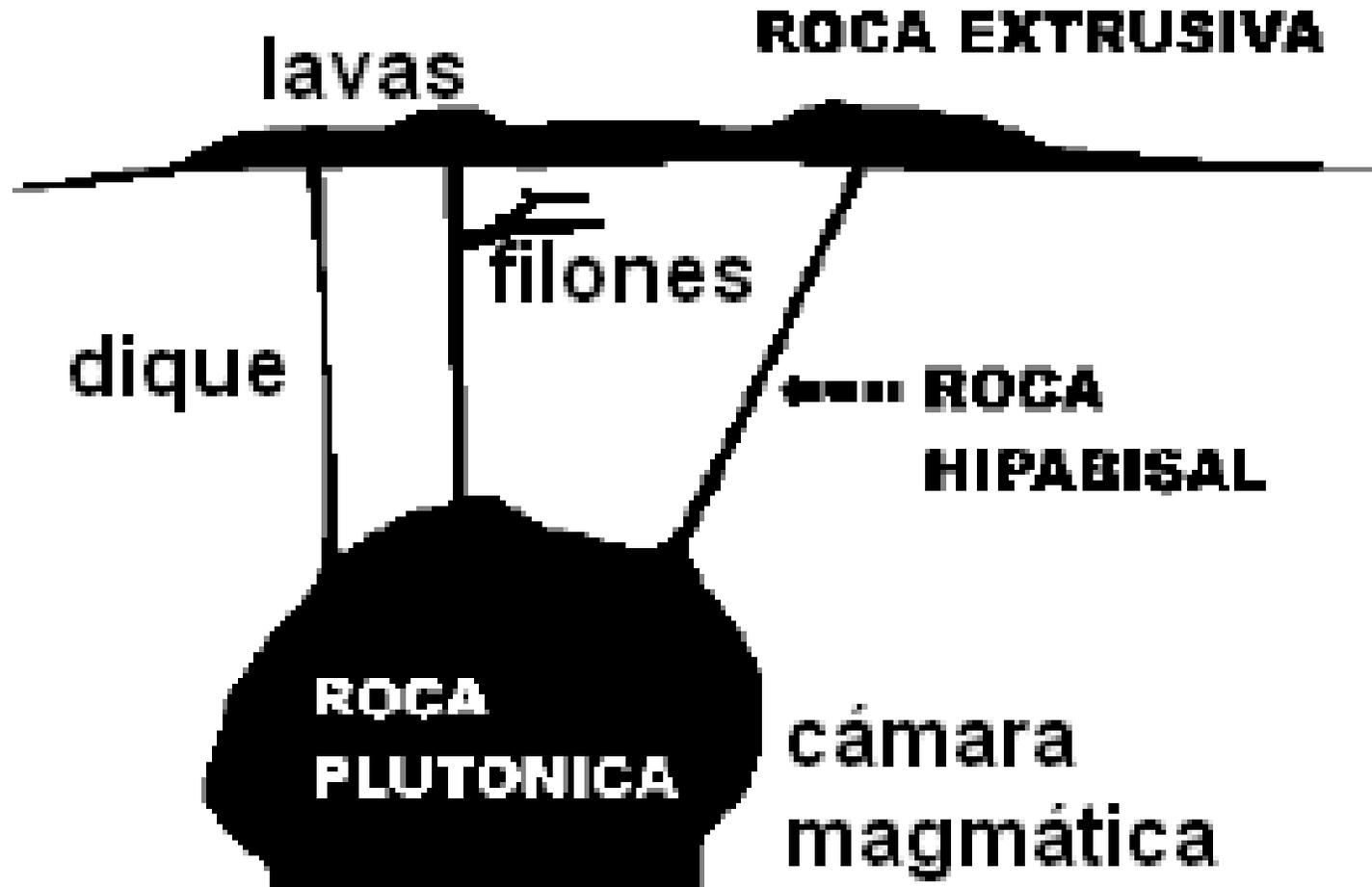
Magma primario → magmas secundarios → diferentes tipos de rocas ígneas.



Modificado de [http://www2.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/planete\\_terre.html](http://www2.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/planete_terre.html)

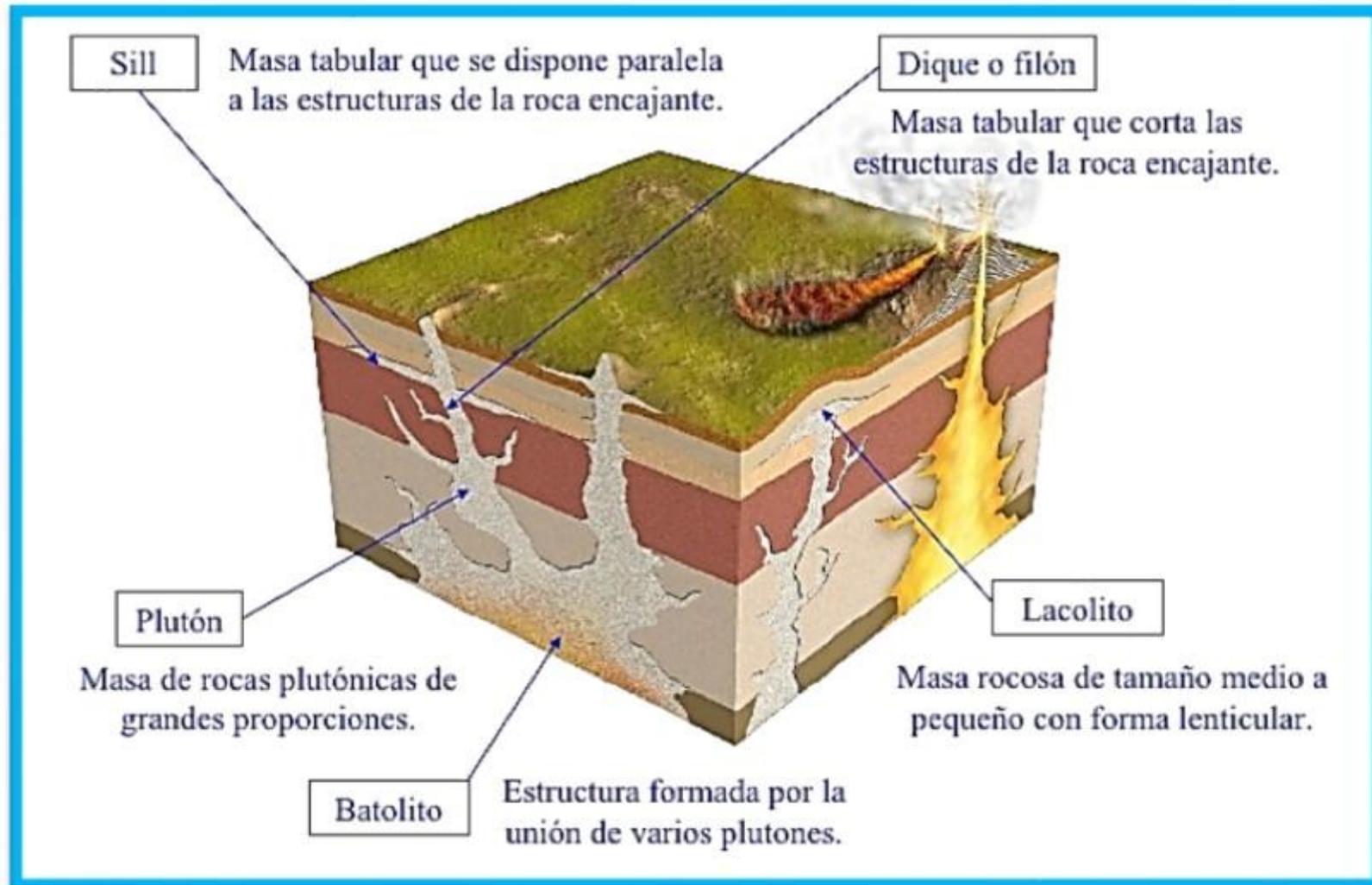
# Rocas ígneas: clasificación

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



# Rocas ígneas intrusivas o plutónicas

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



**Cuerpos  
plutónicos**



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

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

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

Extensión  $\approx$  2.500 km<sup>2</sup>



Ma: millones de años

Granito



Granodiorita



Rocas ígneas intrusivas o plutónicas

Gabro



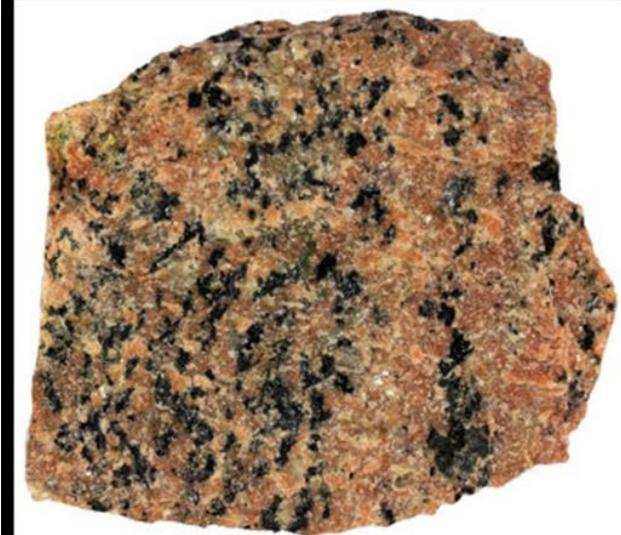
Diorita



[https://geologiaweb.com/rocas/rocas-igneas/#Rocas\\_igneas\\_extrusivas\\_o\\_volcanicas](https://geologiaweb.com/rocas/rocas-igneas/#Rocas_igneas_extrusivas_o_volcanicas)

# Rocas ígneas intrusivas o plutónicas

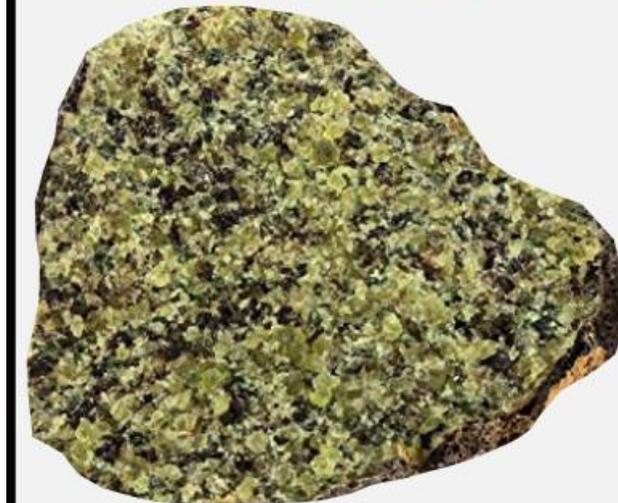
Sienita



Tonalita



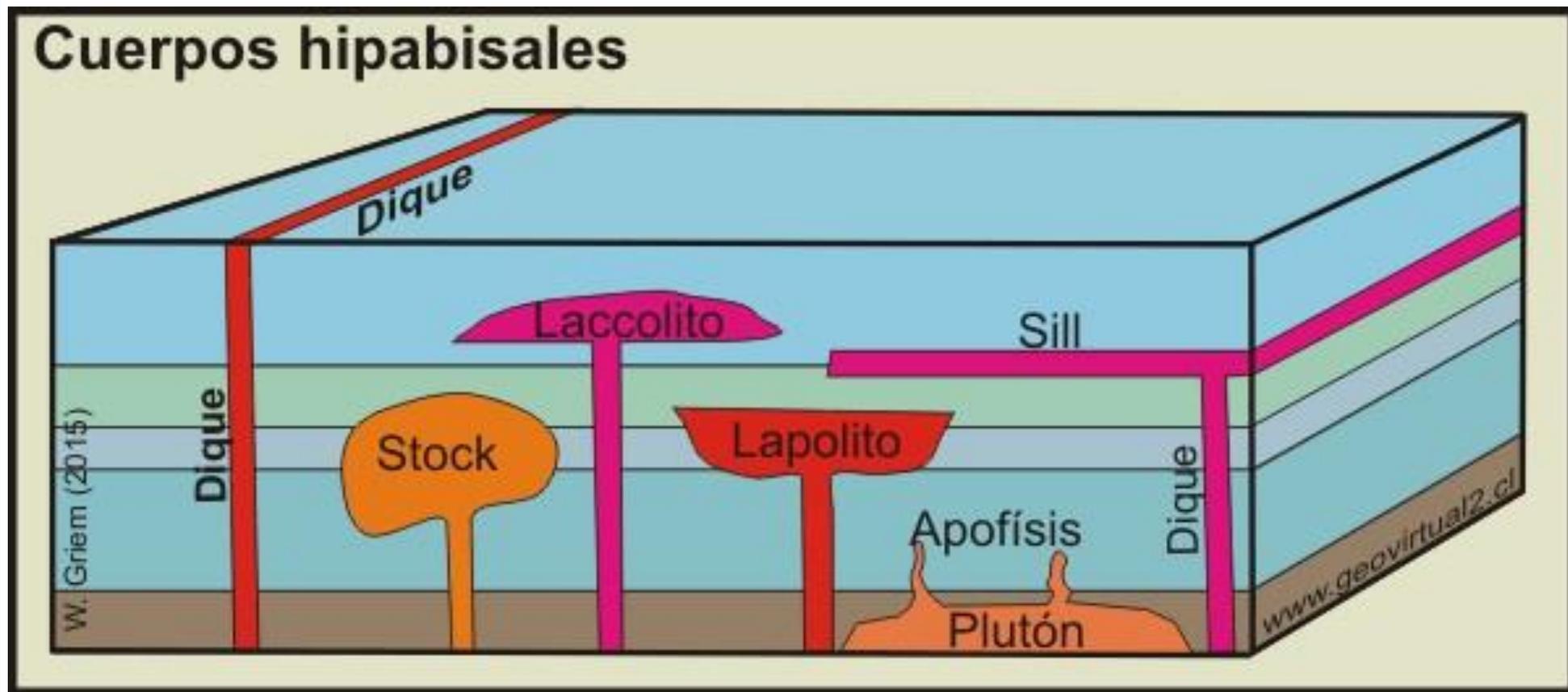
Peridotita



# Rocas hipabisales o filonianas

Origen: **magma** solidificado en la corteza terrestre a **profundidades < 3km**.

Plutón → magma residual hacia la superficie: rocas hipabisales. Ej.: pegmatita, aplita.



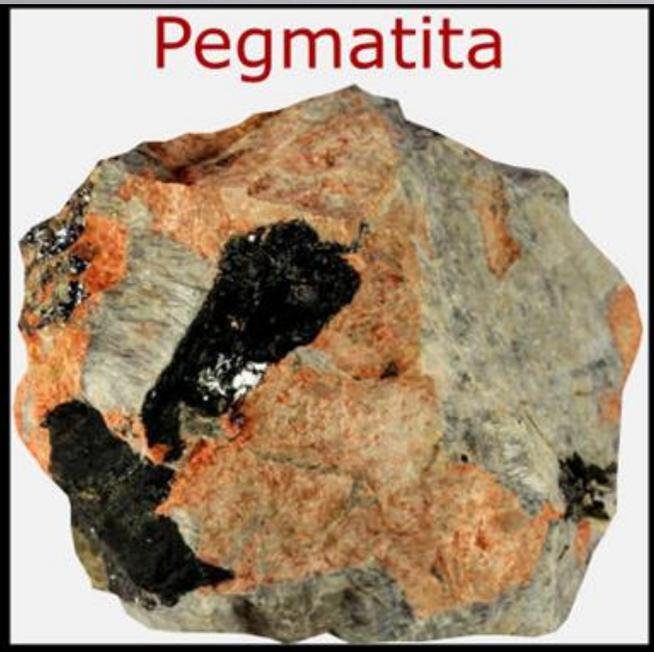
<https://cursa.ihmc.us/rid=1T07PBTLG-190Z7W-1J6Y/Cuerpos%20plut%C3%B3nicos.jpg>

# Pegmatita

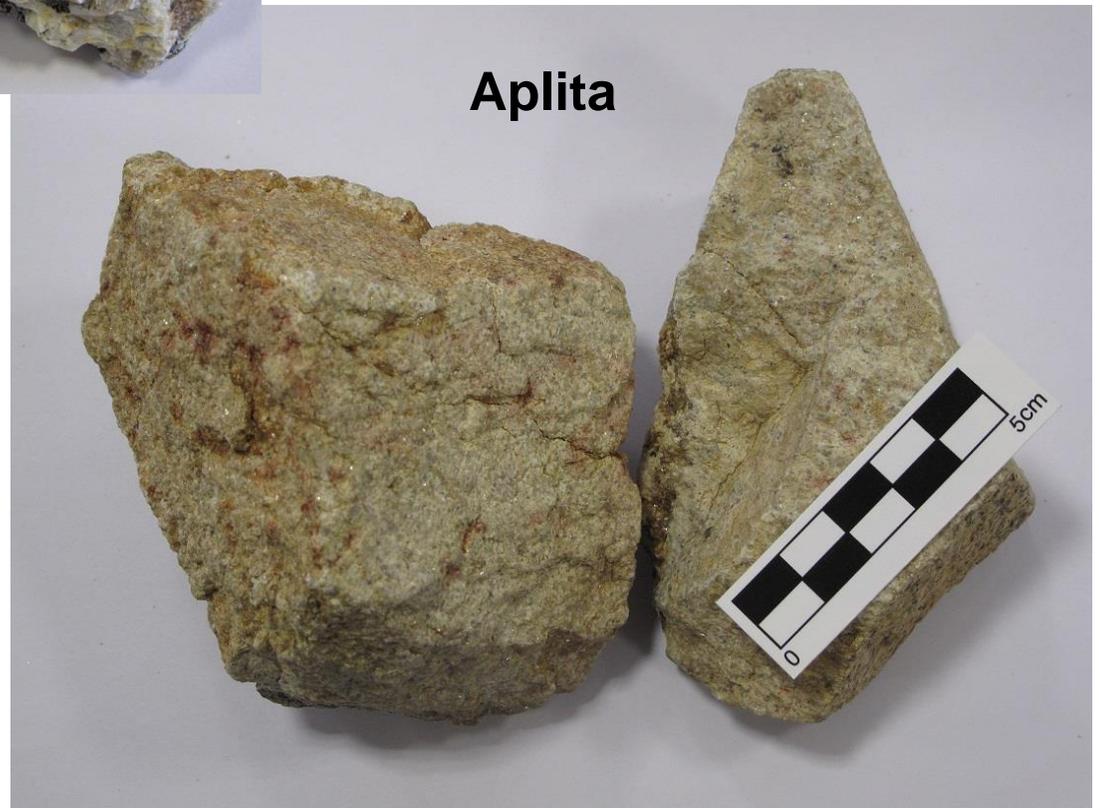


<https://diarium.usal.es/rocalbum/rocas-igneas-2/>

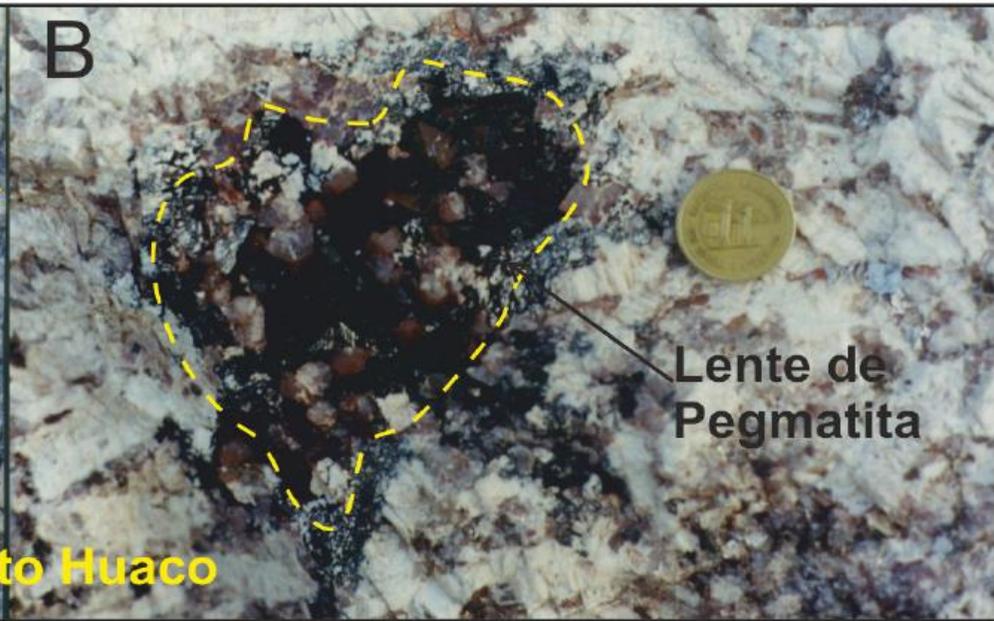
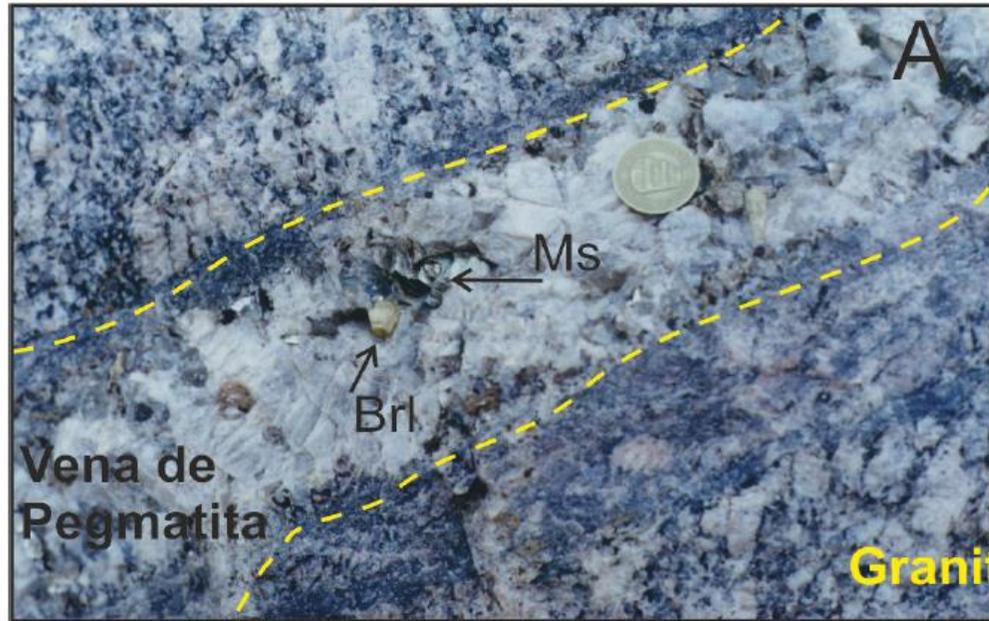
# Pegmatita



# Aplita



[https://geologiaweb.com/rocas/rocas-igneas/#Rocas\\_igneas\\_extrusivas\\_o\\_volcanicas](https://geologiaweb.com/rocas/rocas-igneas/#Rocas_igneas_extrusivas_o_volcanicas)



**Granito Huaco**



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

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

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

[https://www.researchgate.net/publication/322526632\\_PEGMATITAS\\_GRANITICAS\\_DE\\_LA\\_REGION\\_NOROESTE\\_DE\\_ARGENTINA](https://www.researchgate.net/publication/322526632_PEGMATITAS_GRANITICAS_DE_LA_REGION_NOROESTE_DE_ARGENTINA)

# Rocas extrusivas o volcánicas

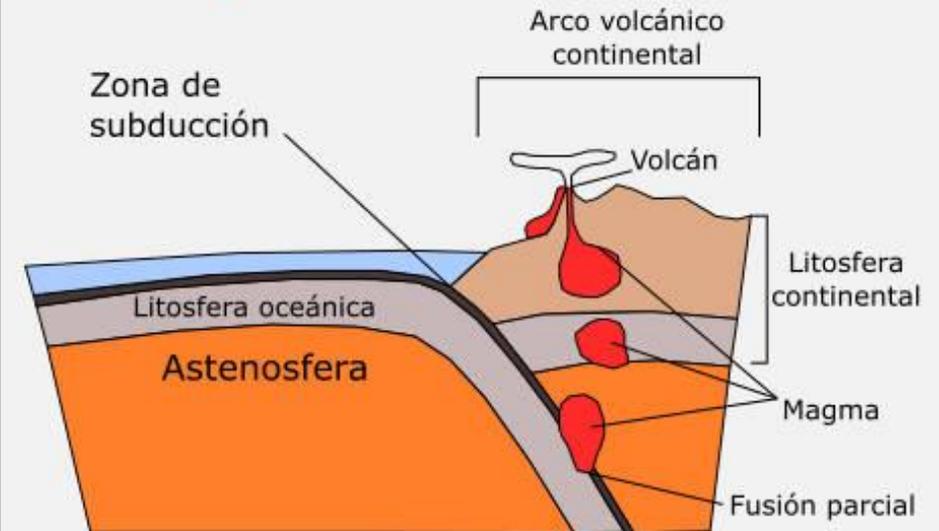
Origen: **lava** solidificada rápidamente (**días o semanas**) en la **superficie terrestre**. Ej.: andesitas, basaltos, riolitas, tobas, obsidiana.



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

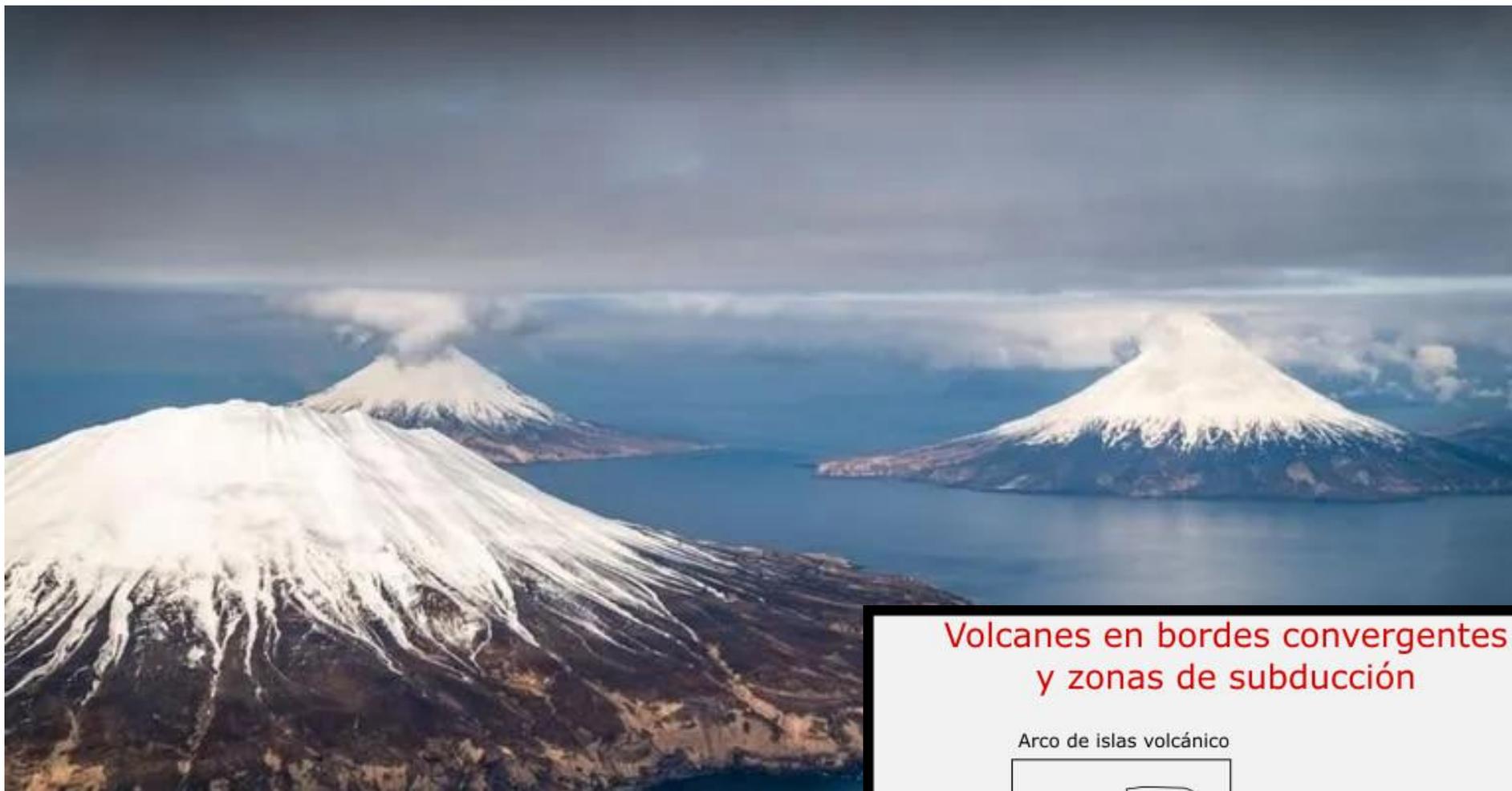


## Volcanes en bordes convergentes y zonas de subducción



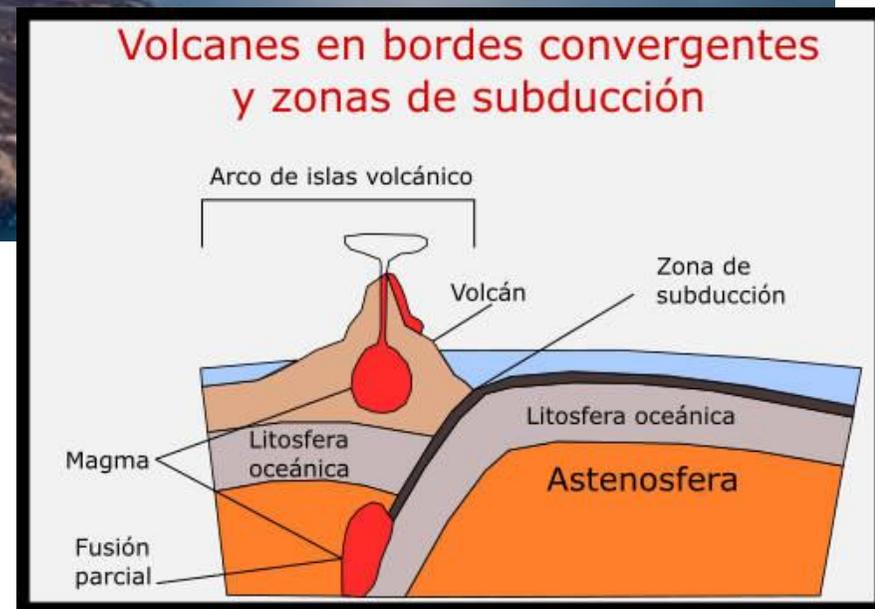
<https://geologiaweb.com/riesgos-naturales/volcanes/>

Volcán Villa Rica (Chile).  
Marzo 2015

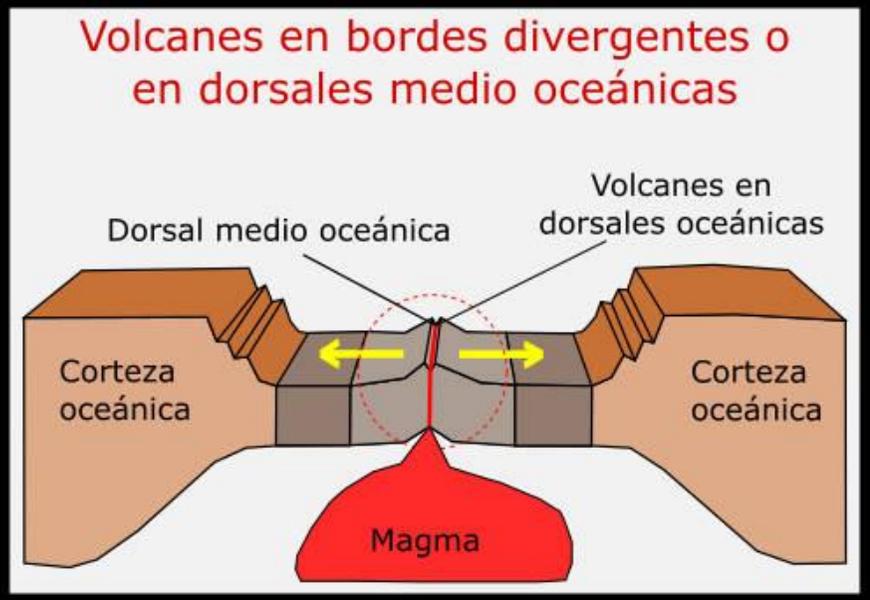
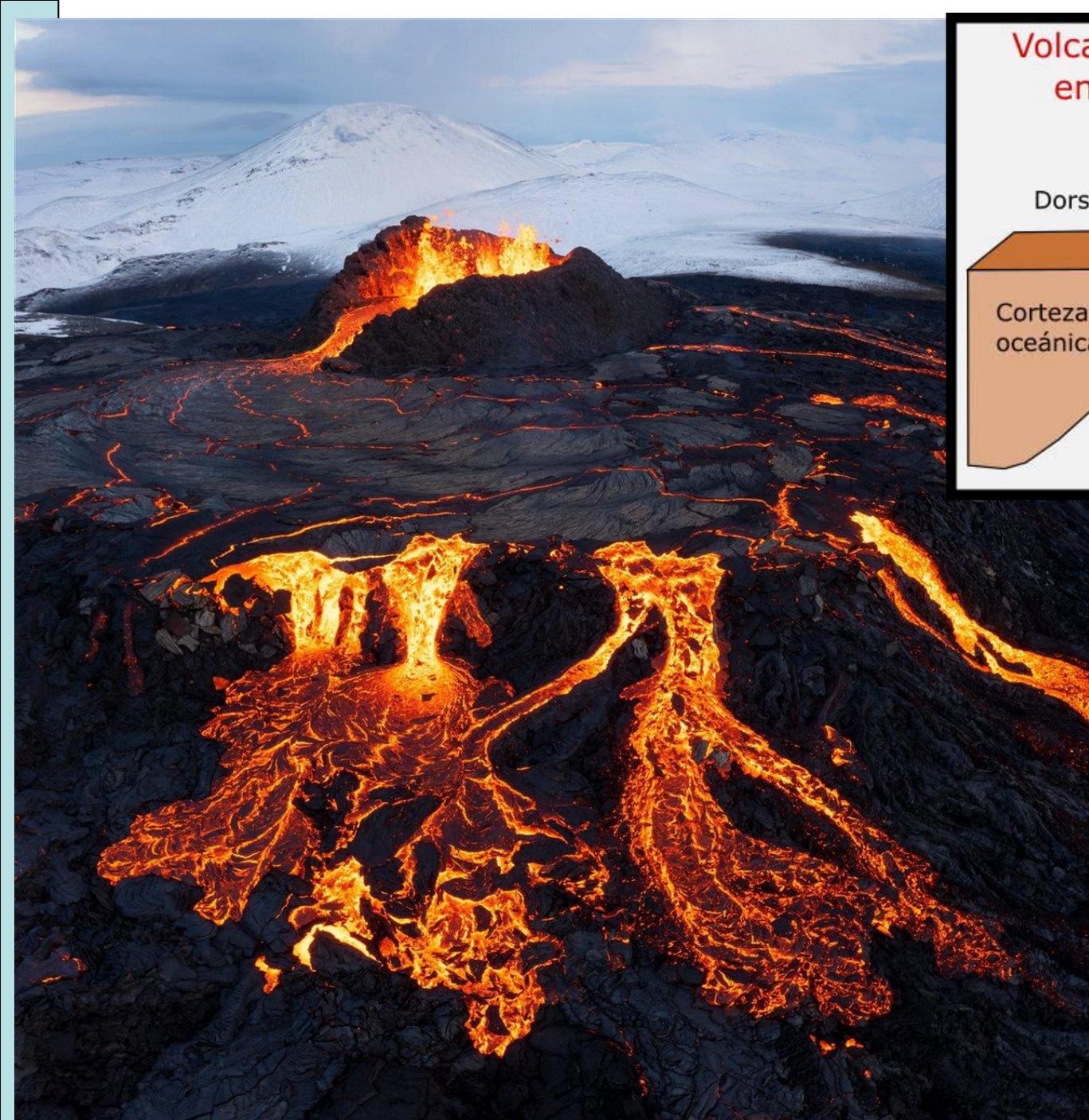


## Islas Aleutianas, Alaska

[https://es.noticias.yahoo.com/espect%C3%A1culo-alaska-volcanes-entraron-erupcionan-233121805.html?guccounter=1&guce\\_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xLmNvbS8&guce\\_referrer\\_sig=AQAAAEcYrIVi2nAFEWz-2PitQDhahyL6tdXlbarxurvWOWT6k1B7i6BtD9kqXn7GAzYaFX3kVBKMLYw3cwaMLPrEJRjGLk4Ts2nW7uNz7FHcwaYk61r0CKD3di\\_ci0dpXHnkt6vYz5rZCJOevecVsd066f5pq\\_39VmHdpcKJbyV4ld](https://es.noticias.yahoo.com/espect%C3%A1culo-alaska-volcanes-entraron-erupcionan-233121805.html?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xLmNvbS8&guce_referrer_sig=AQAAAEcYrIVi2nAFEWz-2PitQDhahyL6tdXlbarxurvWOWT6k1B7i6BtD9kqXn7GAzYaFX3kVBKMLYw3cwaMLPrEJRjGLk4Ts2nW7uNz7FHcwaYk61r0CKD3di_ci0dpXHnkt6vYz5rZCJOevecVsd066f5pq_39VmHdpcKJbyV4ld)



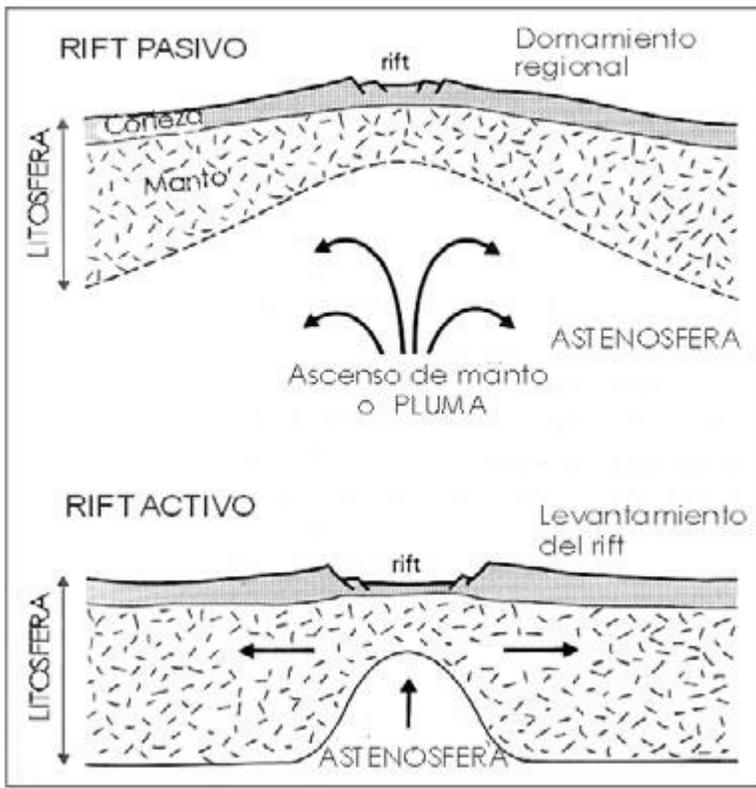
<https://geologiaweb.com/riesgos-naturales/volcanes/>



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

Volcán Fagradalsfjall (Islandia). Abril 2021

[https://www.nationalgeographic.com.es/fotografia/foto-del-dia/volcan-fagradalsfjall\\_16920](https://www.nationalgeographic.com.es/fotografia/foto-del-dia/volcan-fagradalsfjall_16920)

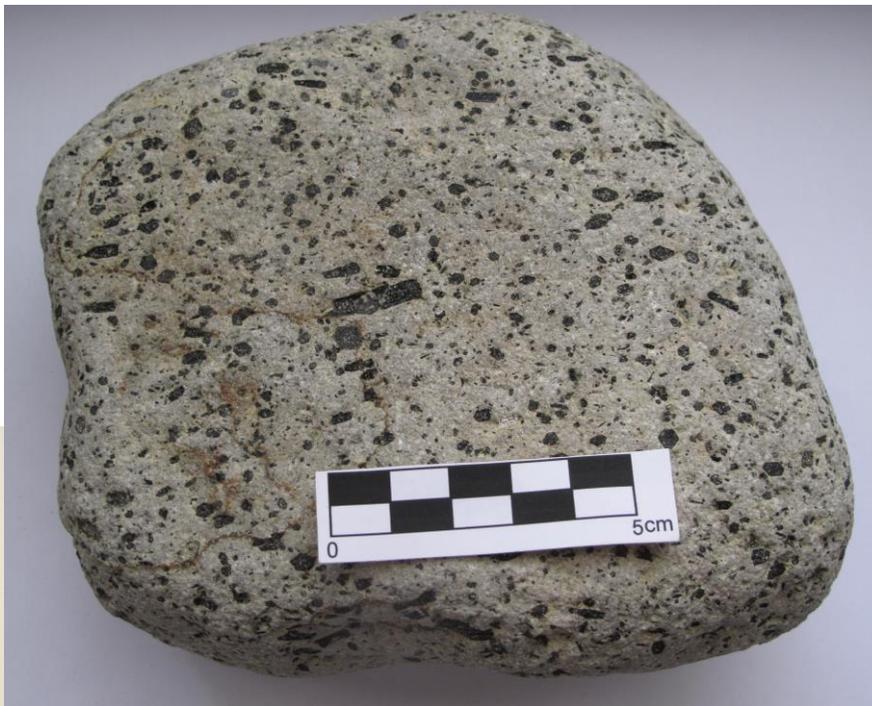


[https://www.insugeo.org.ar/libros/misc\\_18/19.htm](https://www.insugeo.org.ar/libros/misc_18/19.htm)

Volcán Montaña de los Dioses (Tanzania).

[https://viajes.nationalgeographic.com.es/a/valle-rift-gran-fisura-africa\\_15806](https://viajes.nationalgeographic.com.es/a/valle-rift-gran-fisura-africa_15806)

# Rocas extrusivas o volcánicas



**Andesita**



**Basalto Porfídico**



**Toba Volcánica de  
Lapilli y Cenizas**

# Rocas ígneas. Clasificación según textura y composición mineralógica

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

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

Factores que controlan la textura de las rocas ígneas:

- I) Velocidad de enfriamiento del magma.
- II) Contenido de  $\text{SiO}_2$ .
- III) Proporción de volátiles en el magma.

**Textura fanerítica (granosa: cristales de grano fino, medio, grueso, muy grueso):** rocas formadas a partir de magma solidificado lentamente (~ Ma) dentro de la corteza terrestre.

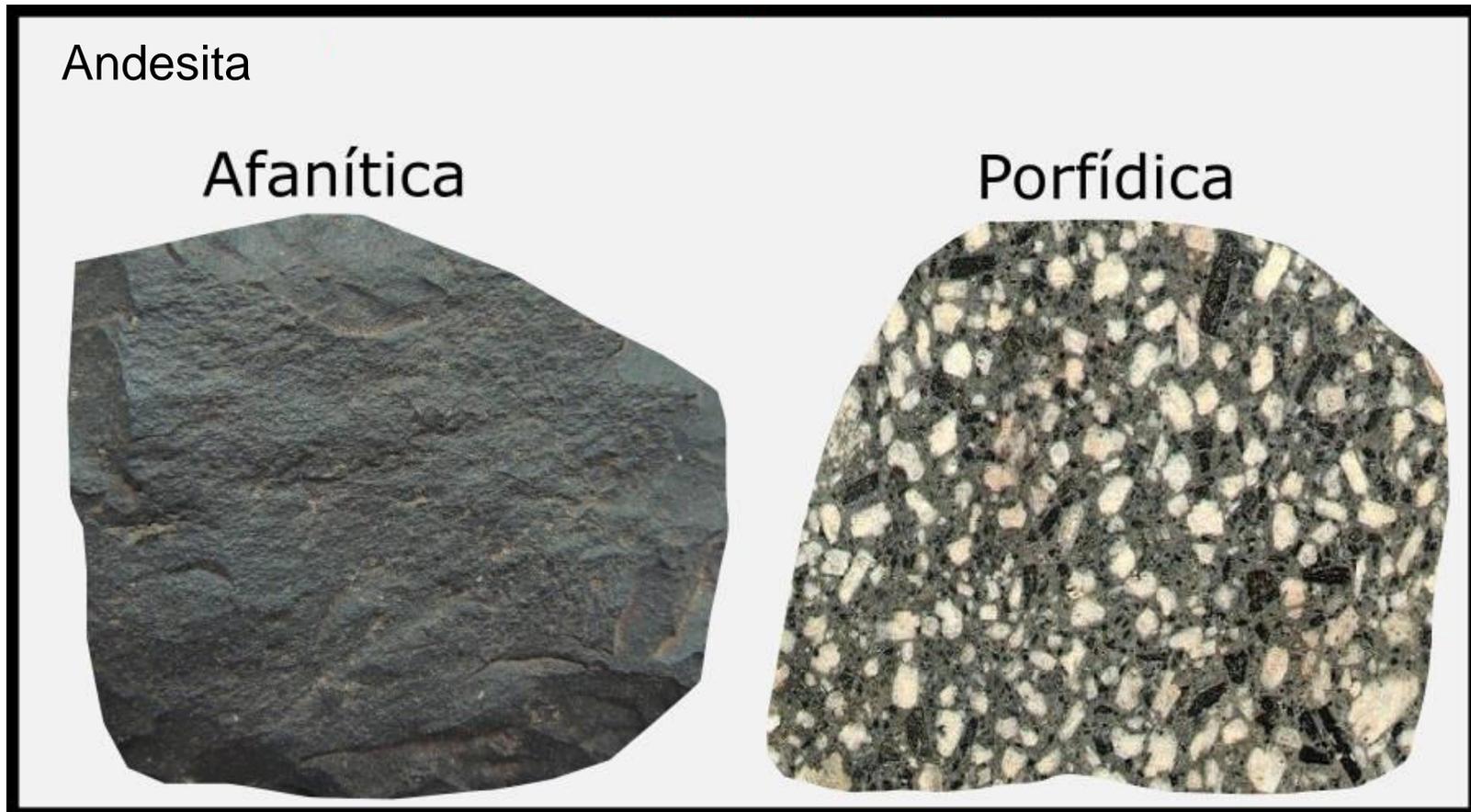
Rocas intrusivas (plutónicas) e hipabisales.

## Granito con textura fanerítica



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

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

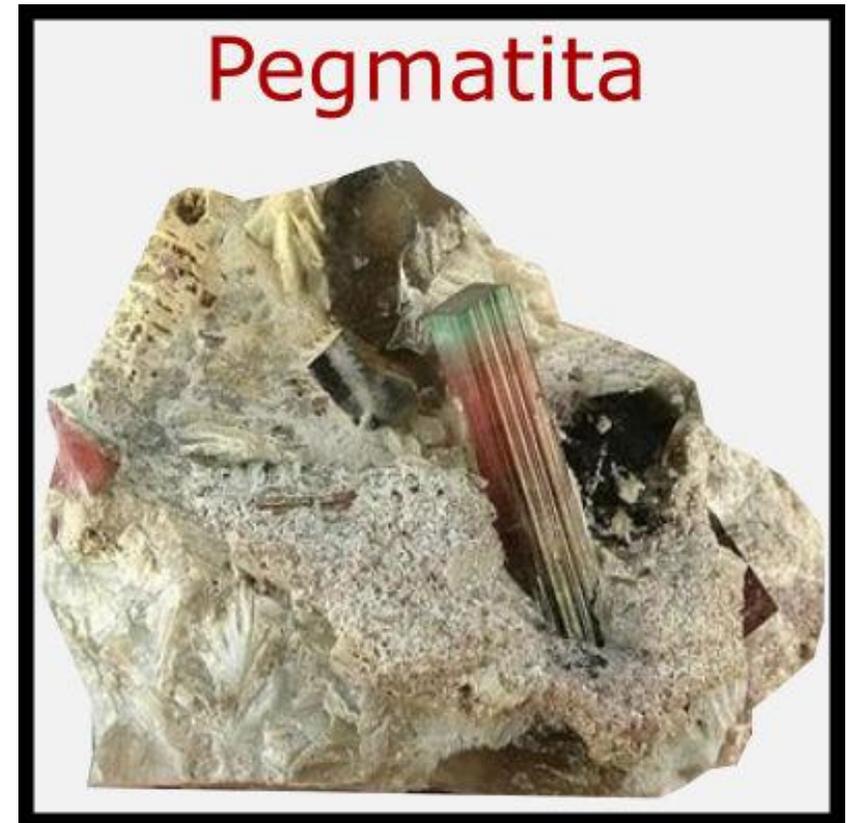
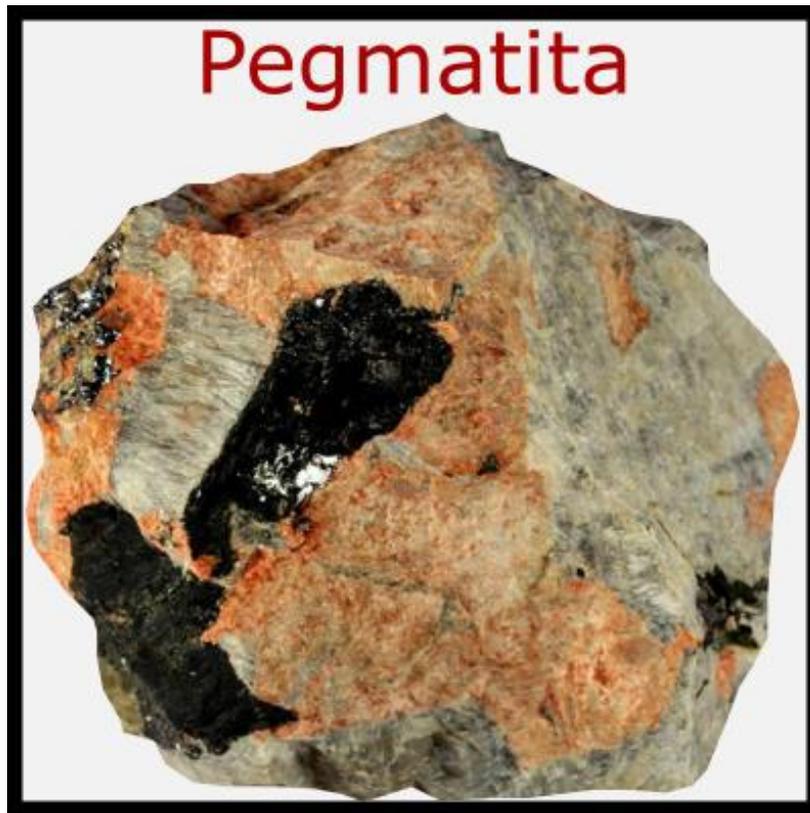


**Textura vítrea:** enfriamiento brusco de lavas durante erupciones volcánicas. Rocas extrusivas con vidrio volcánico.



<https://geologiaweb.com/rocas/texturas-rocas-igneas/#Texturas de las rocas igneas en base al tamaño de los cristales y distribución>

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



<https://geologiaweb.com/rocas/texturas-rocas-igneas/#Texturas de las rocas igneas en base al tamaño de los cristales y distribución>

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

**Basalto**

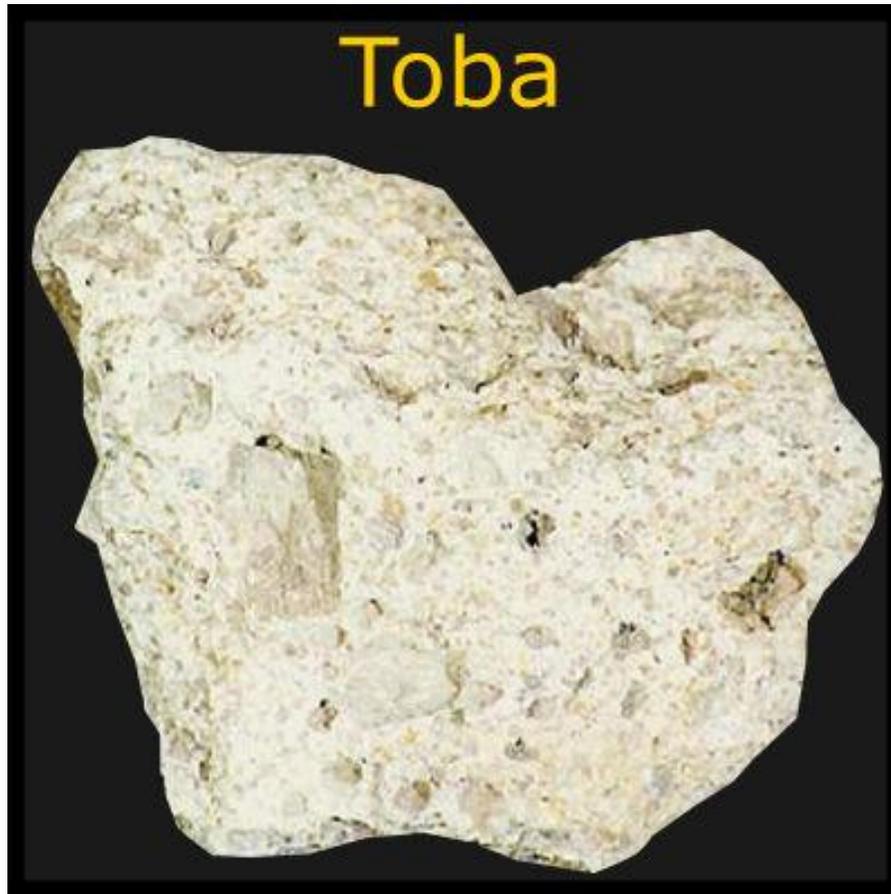


**Piedra pómez**



<https://geologiaweb.com/rocas/texturas-rocas-igneas/#Texturas de las rocas igneas en base al tamaño de los cristales y distribución>

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

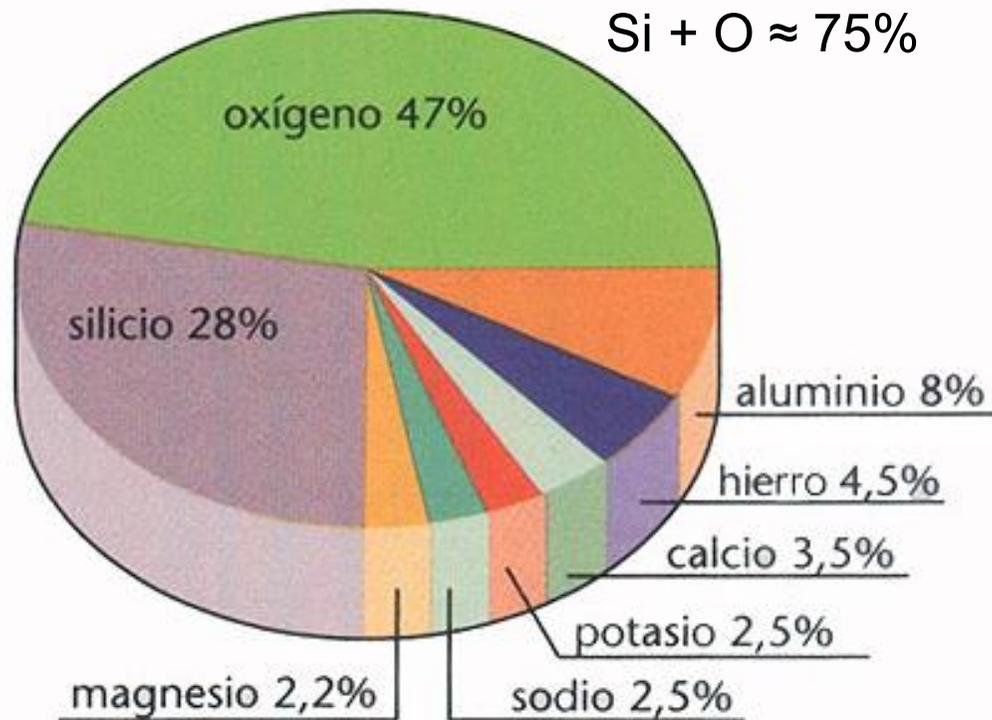


[https://geologiaweb.com/rocas/texturas-rocas-igneas/#Texturas de las rocas igneas en base al tamaño de los cristales y distribución](https://geologiaweb.com/rocas/texturas-rocas-igneas/#Texturas_de_las_rocas_igneas_en_base_al_tamano_de_los_cristales_y_distribucion)

# Rocas ígneas

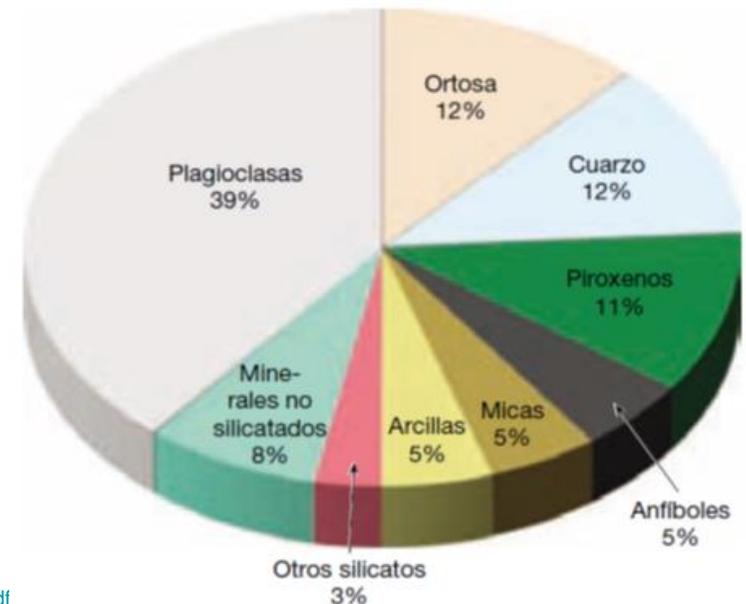
## II) Composición mineralógica.

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

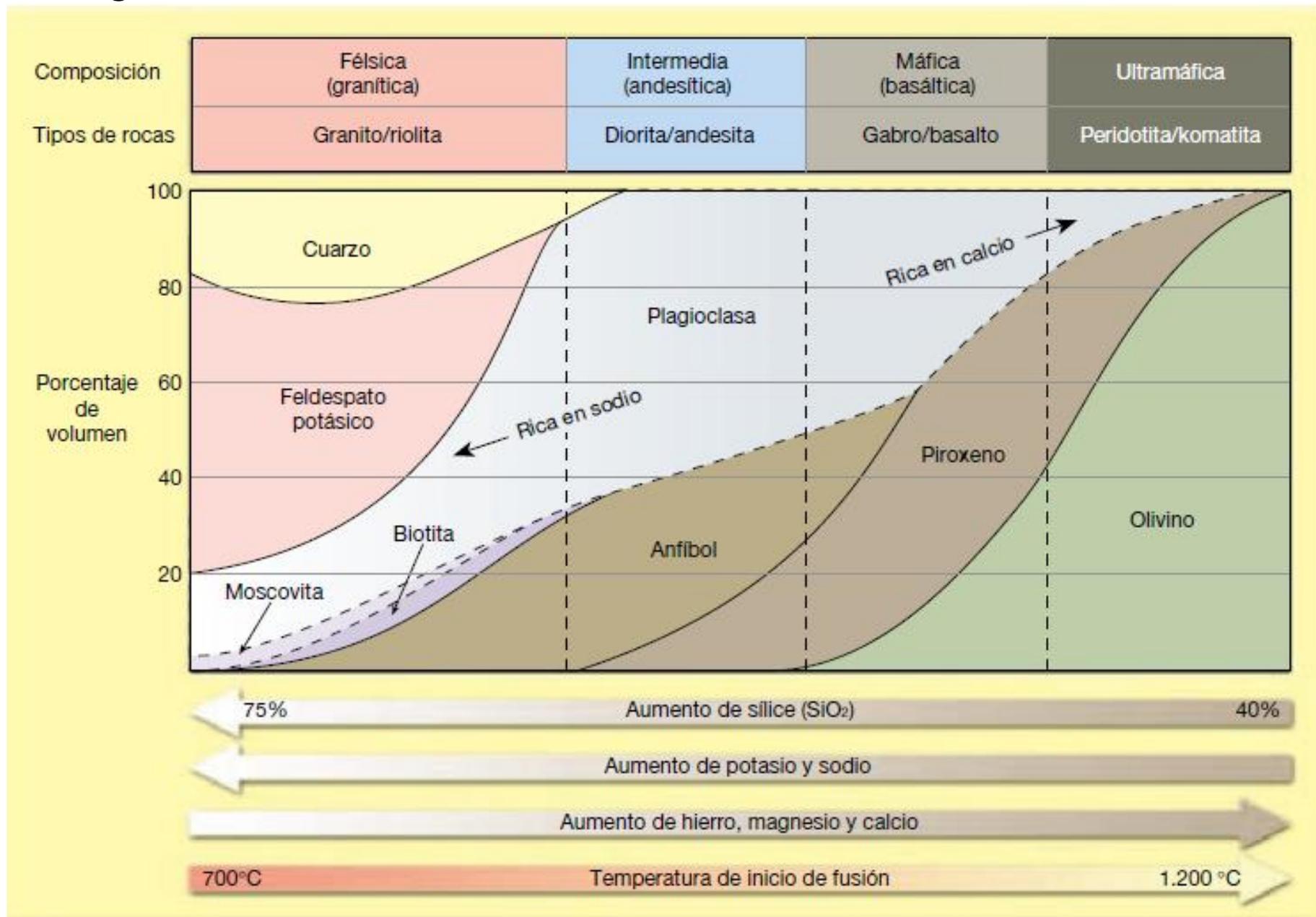


Tarback y Lutgens (2005)

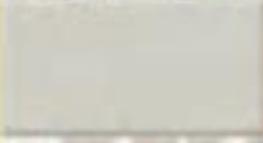
Elementos predominantes en la corteza terrestre  $\rightarrow$  principales componentes de las rocas ígneas: **Silicatos  $\approx$  95%**



# Rocas ígneas



# Rocas ígneas

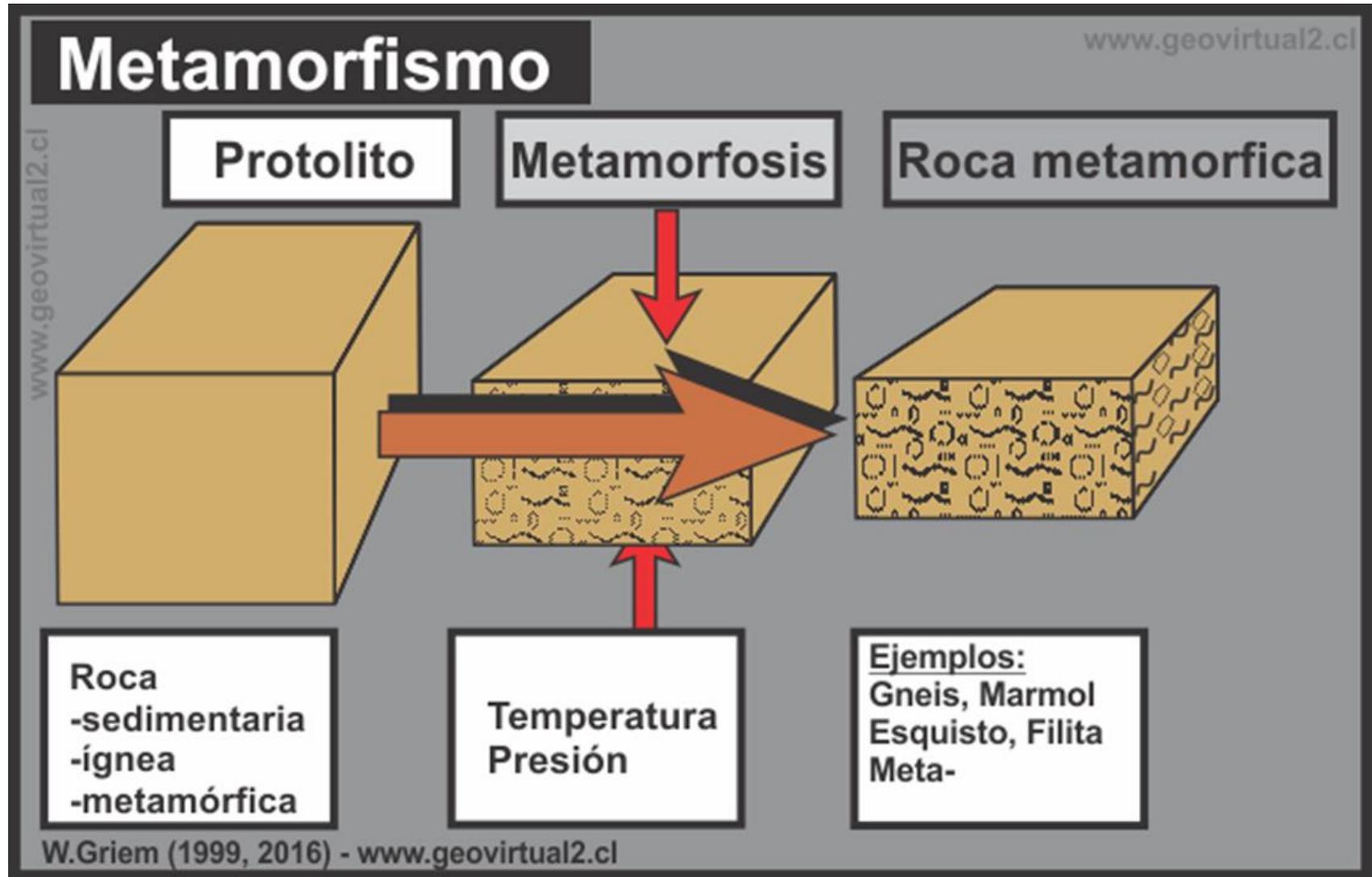
Composición química		Granítica (félsica)	Andesítica (intermedia)	Basáltica (máfica)	Ultramáfica	
Minerales dominantes		Cuarzo Feldespato potásico Plagioclasa rica en sodio y calcio	Anfibol Plagioclasa rica en sodio y calcio	Piroxeno Plagioclasa rica en calcio	Olivino Piroxeno	
Minerales accesorios		Anfibol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

# Rocas metamórficas



# Rocas metamórficas

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



# Rocas metamórficas

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

Composición mineralógica  $\neq$  protolito.

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



# Agentes metamórficos

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

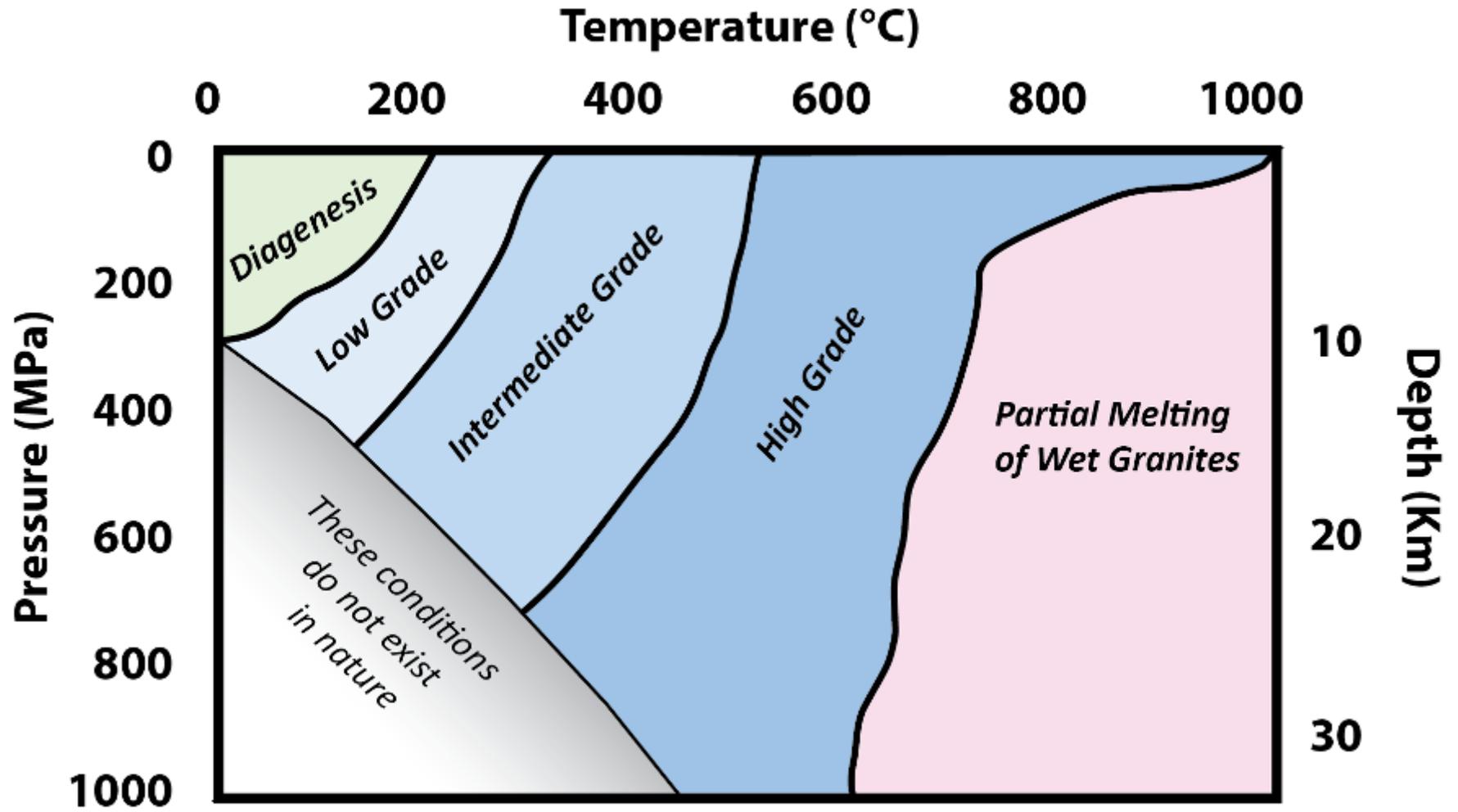
$P$  confinamiento ( $> 300$  MPa).

Esfuerzos tectónicos diferenciales.

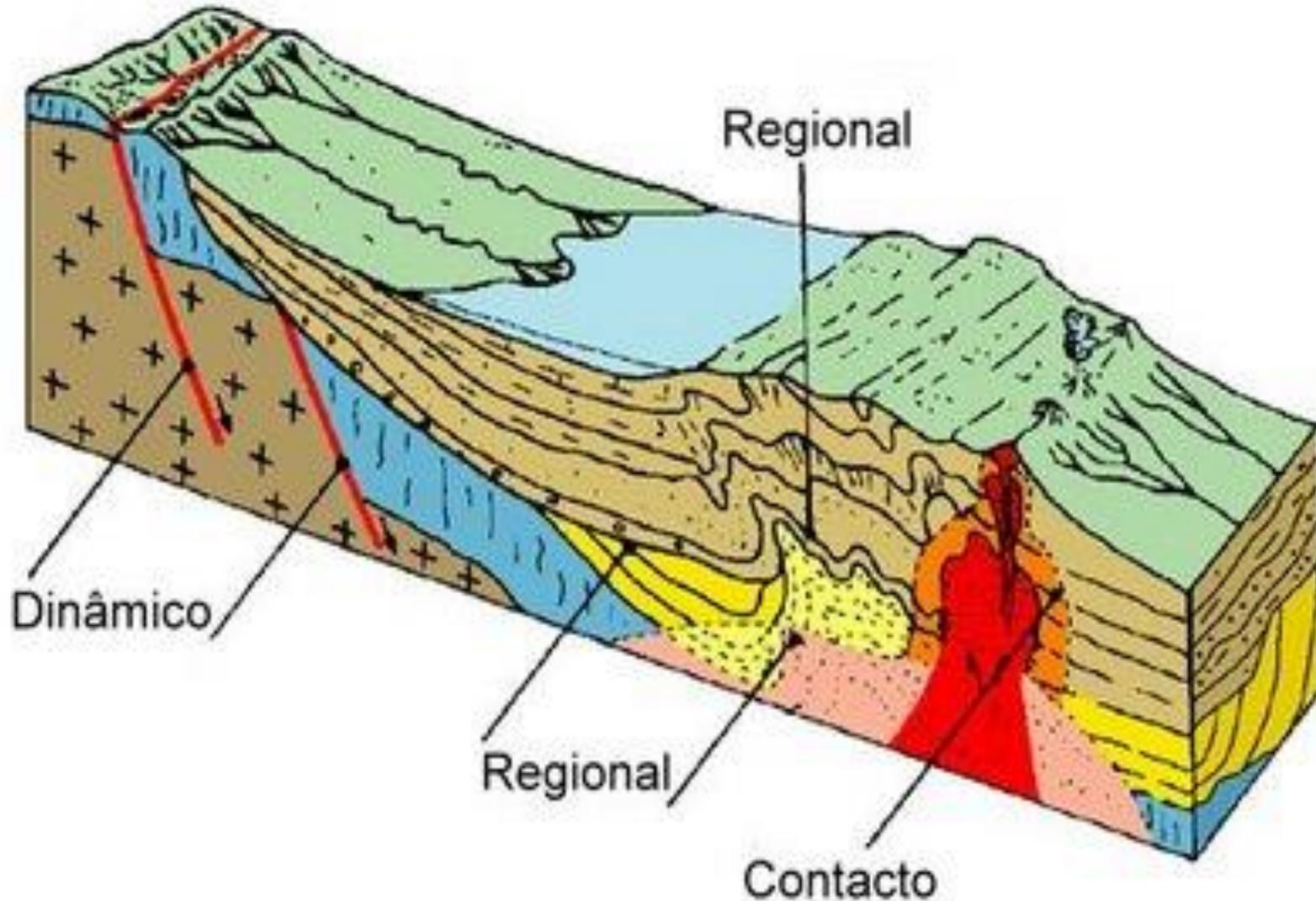
Actividad de fluidos hidrotermales ( $T \approx 250$ - $300^{\circ}\text{C}$  + alta carga iónica  $\rightarrow$  iones disueltos reaccionan con minerales de la roca)

Tiempo.

**Metamorfismo:**  grado bajo  grado intermedio  grado alto



# Ambientes metamórficos principais



# Metamorfismo regional

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

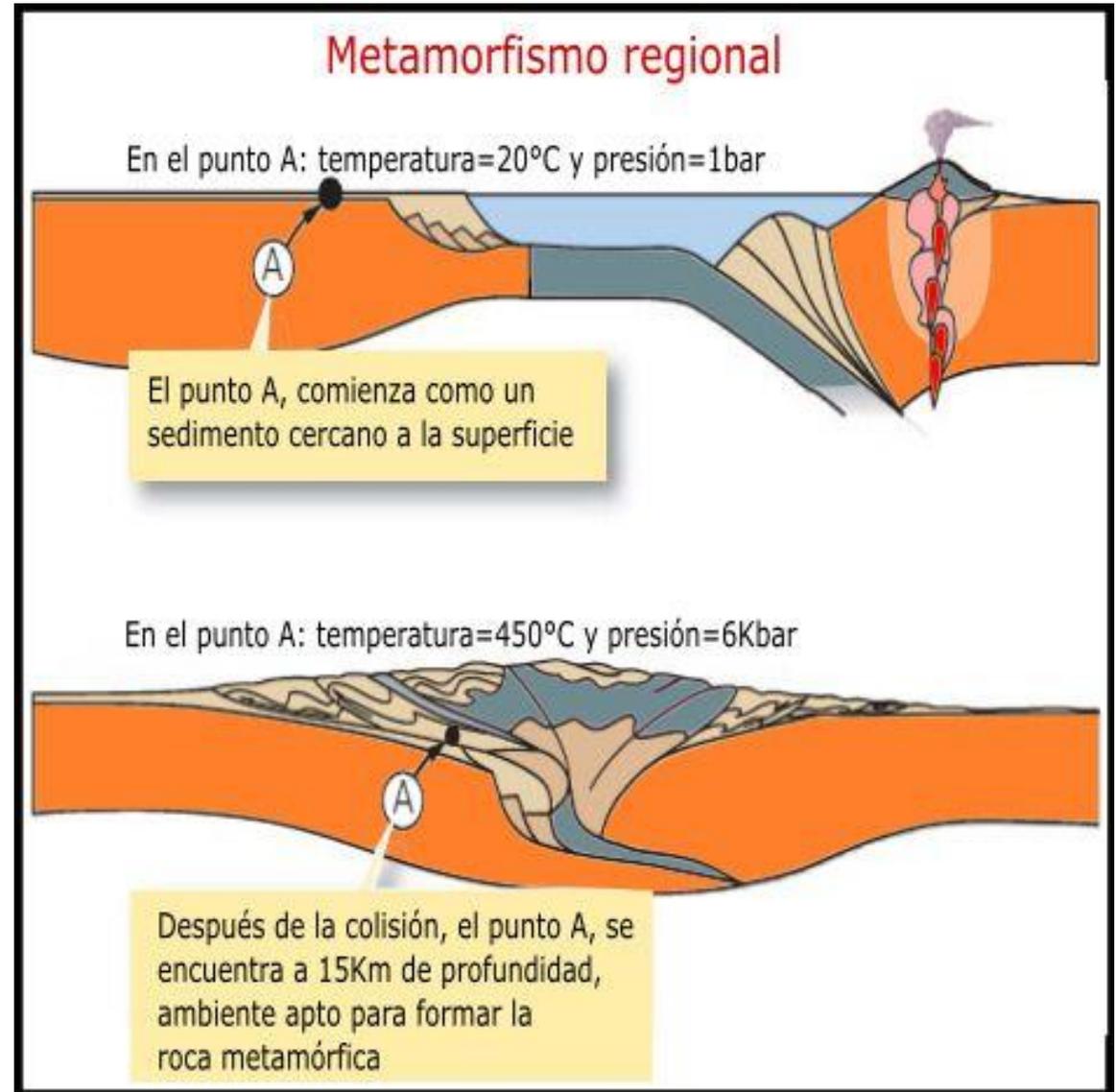
Desarrollo gradual en función del aumento de P y T con la profundidad.

Intensa deformación en márgenes convergentes.

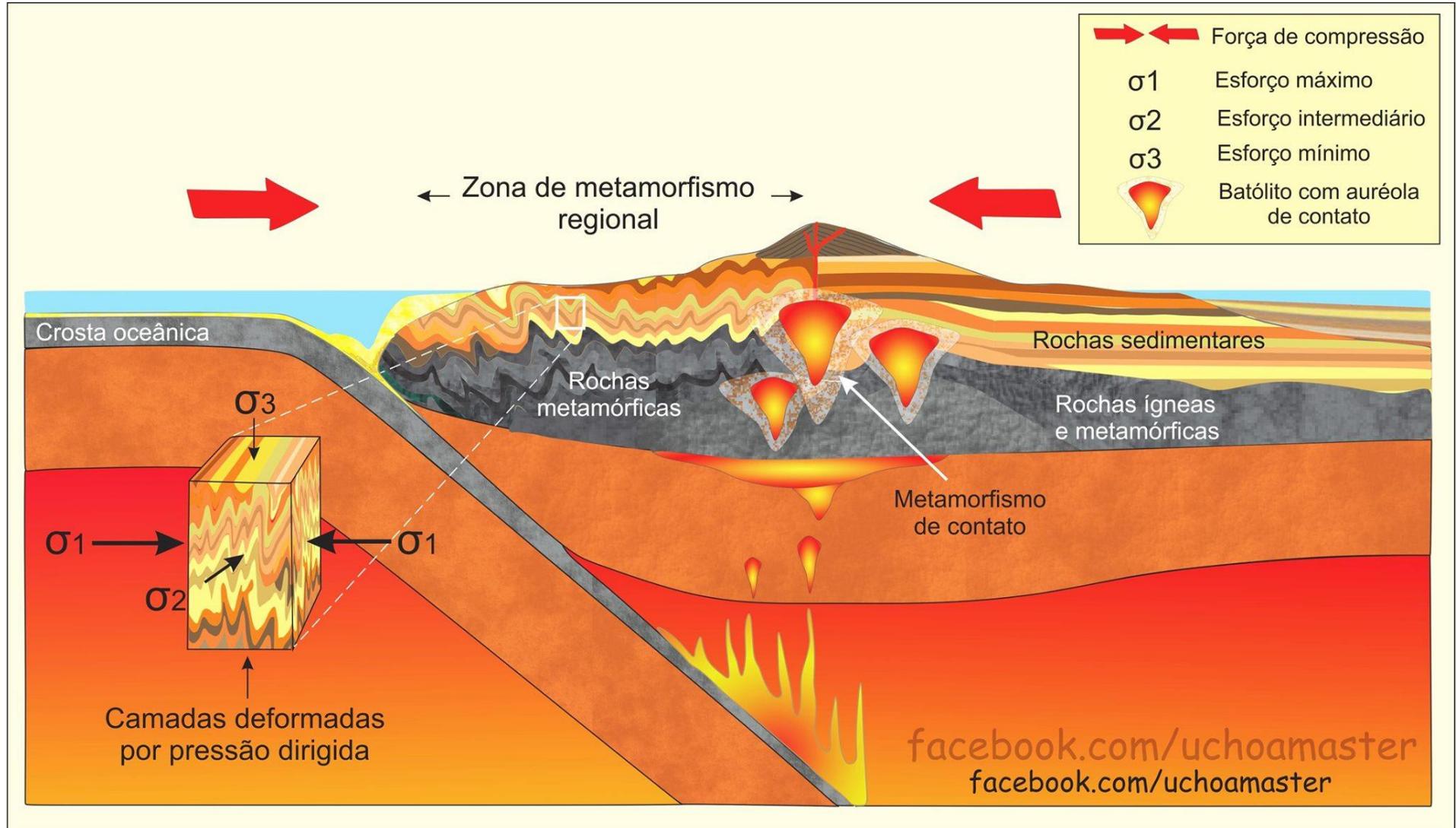
Afecta a **extensas áreas de corteza terrestre**.

**Agentes metamórficos predominantes: P, T y esfuerzos diferenciales.**

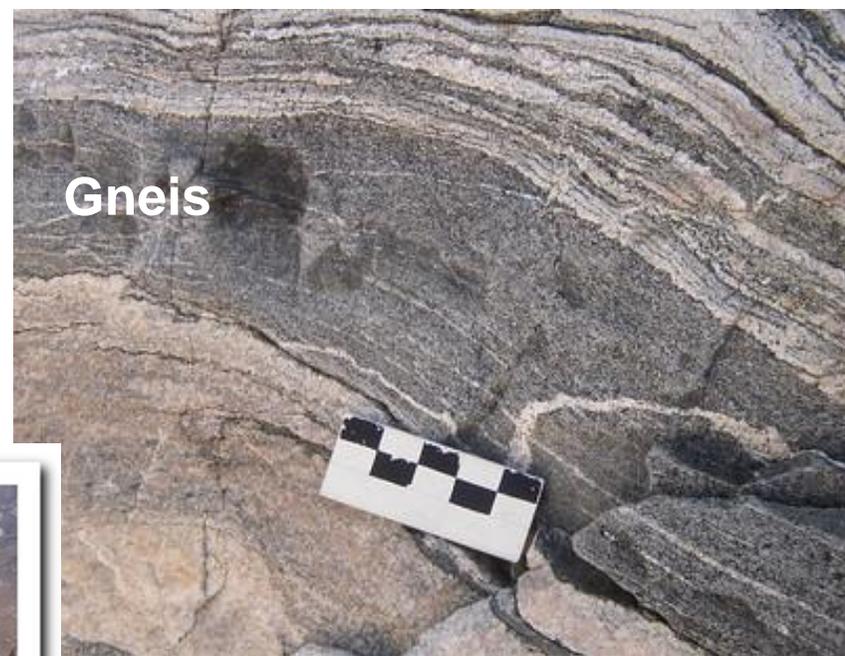
Rocas, ej.: pizarras, esquistos, gneis, migmatitas.



# Metamorfismo regional



# Metamorfismo regional



[https://www.flickr.com/photos/banco\\_imagenes\\_geologicas/5000760610/in/album-72157624979775716/](https://www.flickr.com/photos/banco_imagenes_geologicas/5000760610/in/album-72157624979775716/)



Afloramiento de pizarra.  
Sendero de Piedra Viva  
(Huelva, España)



<https://minariasostible.gal/es/pizarra/#pizarragalicia5>

# Pizarras



<https://vilssa.com/la-piedra-natural-de-pizarra-y-su-uso-en-la-construccion>



<https://minariasostible.gal/es/pizarra/#pizarragalicia5>

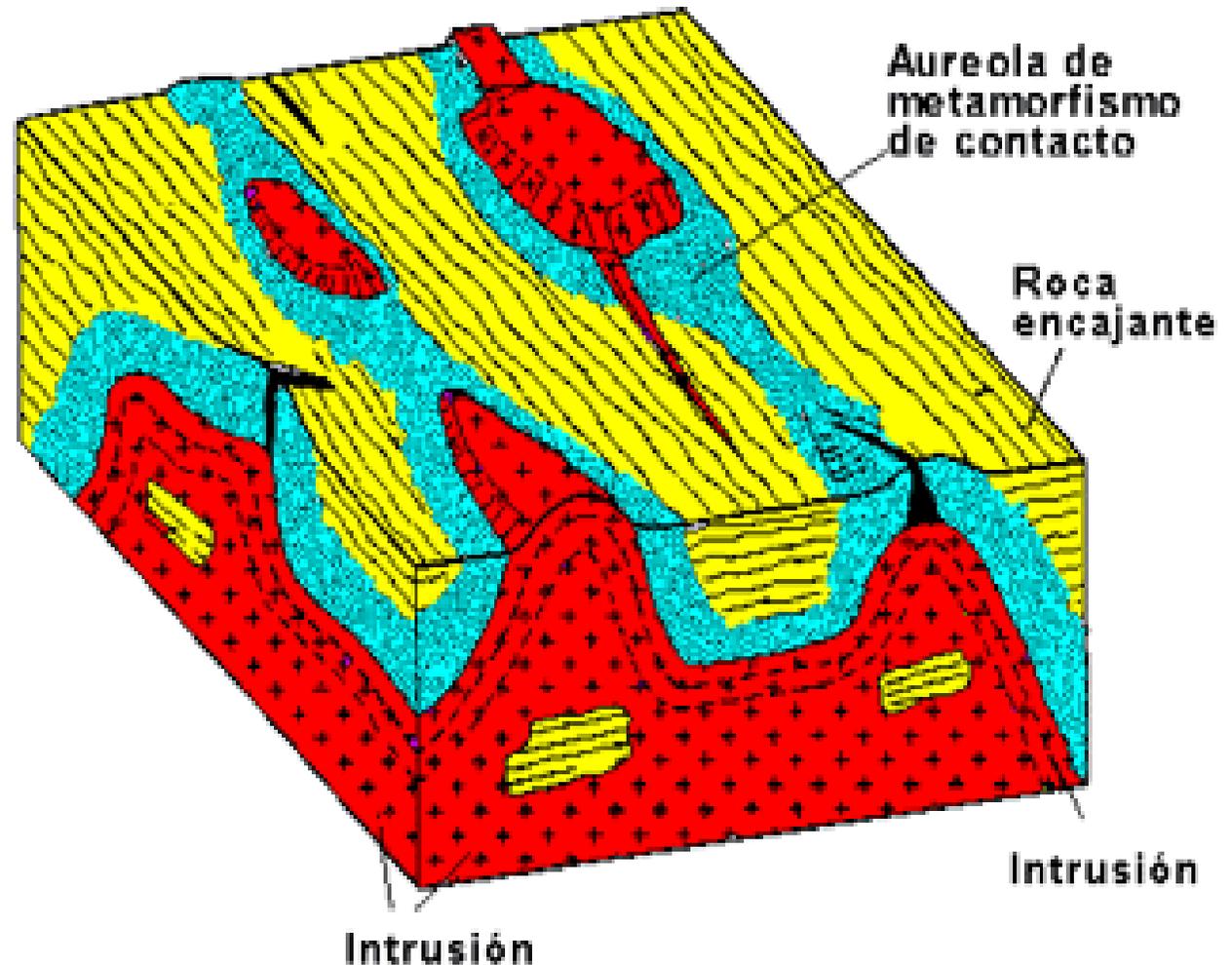
# Metamorfismo térmico o de contacto

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

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

**Agente metamórfico predominante: T**

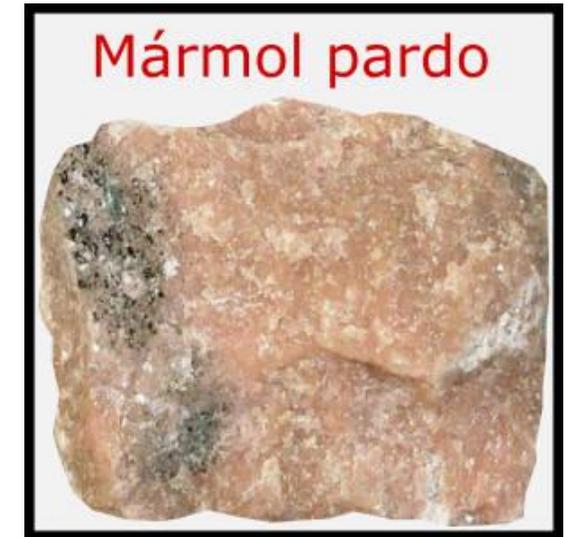
Rocas, ej.: mármoles, cuarcitas.



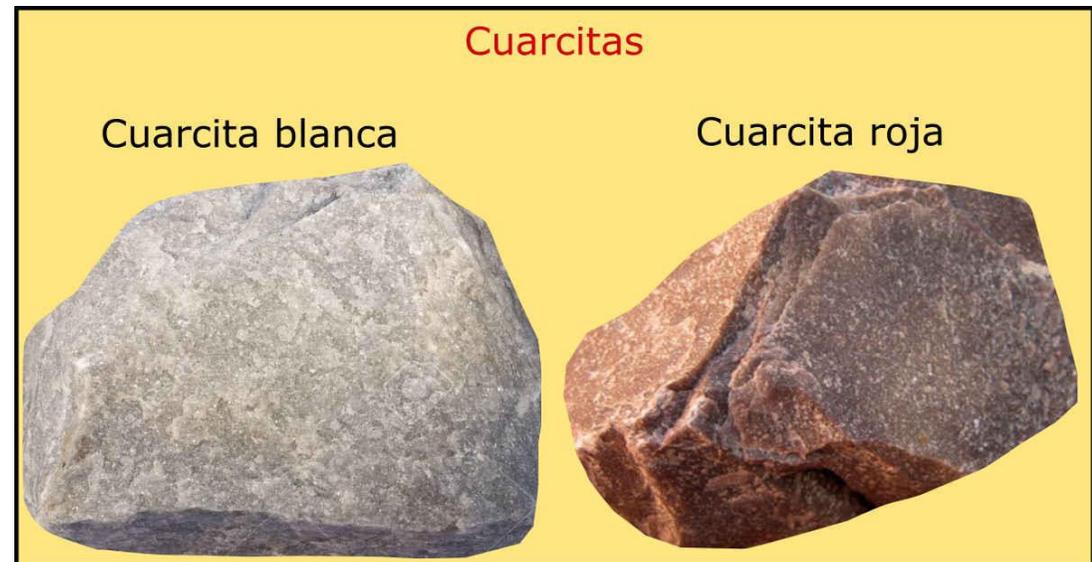
# Metamorfismo térmico o de contacto



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



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



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

# Cuarcitas



<https://multipiedras.es/piedra-natural/losas-irregulares/cuarcitas/>

Crestones cuarcíticos,  
Estrecho de la Peña  
(Cáceres, España)

# Metamorfismo hidrotermal

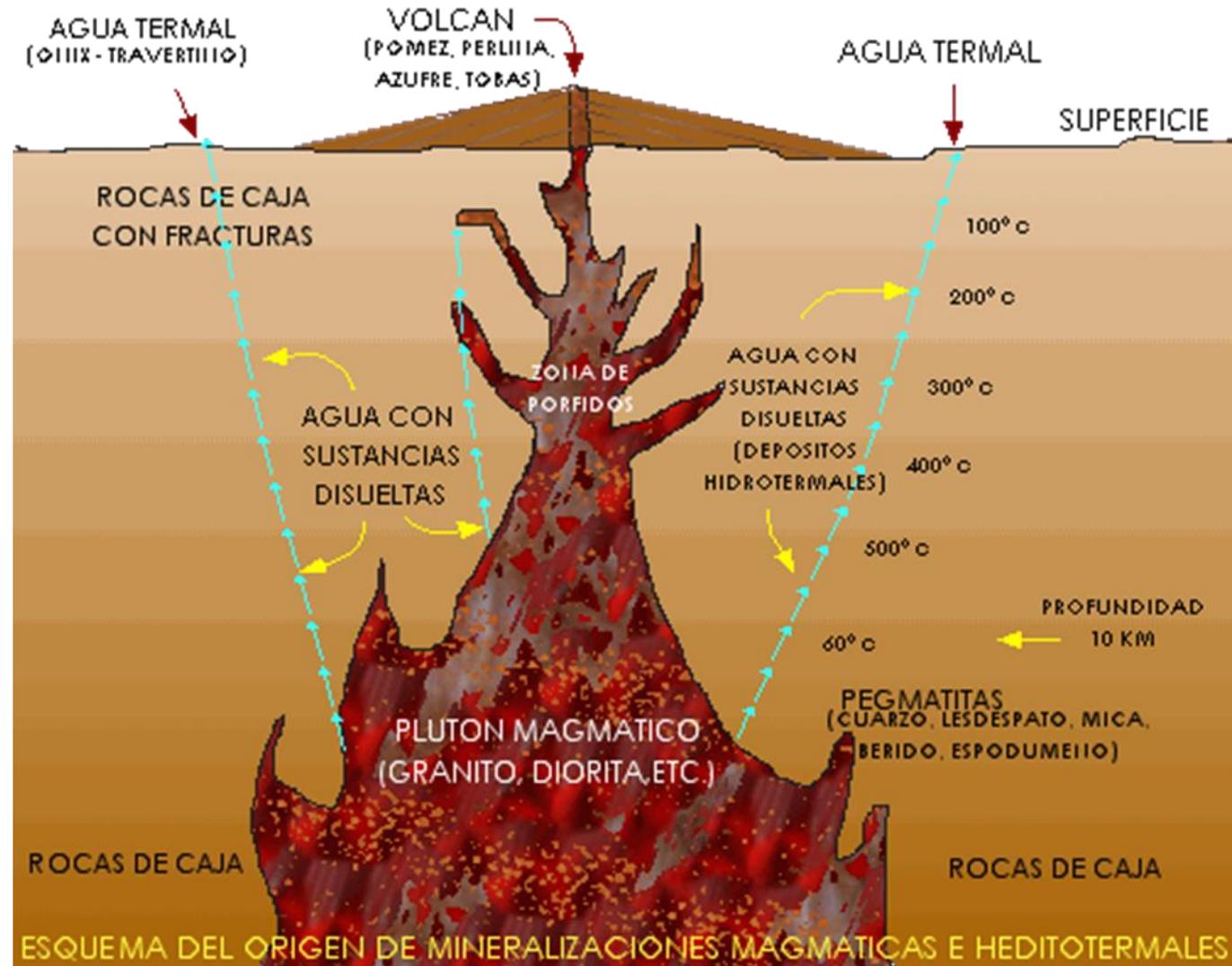
Circulación de fluidos hidrotermales a través de fracturas de la roca de caja ↔ actividad ígnea intrusiva.

**Agente metamórfico:**  
fluidos  
hidrotermales.

Alteración química de  
la roca de caja.

**Concentración y  
acumulación de  
minerales** por pérdida  
de solubilidad.

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

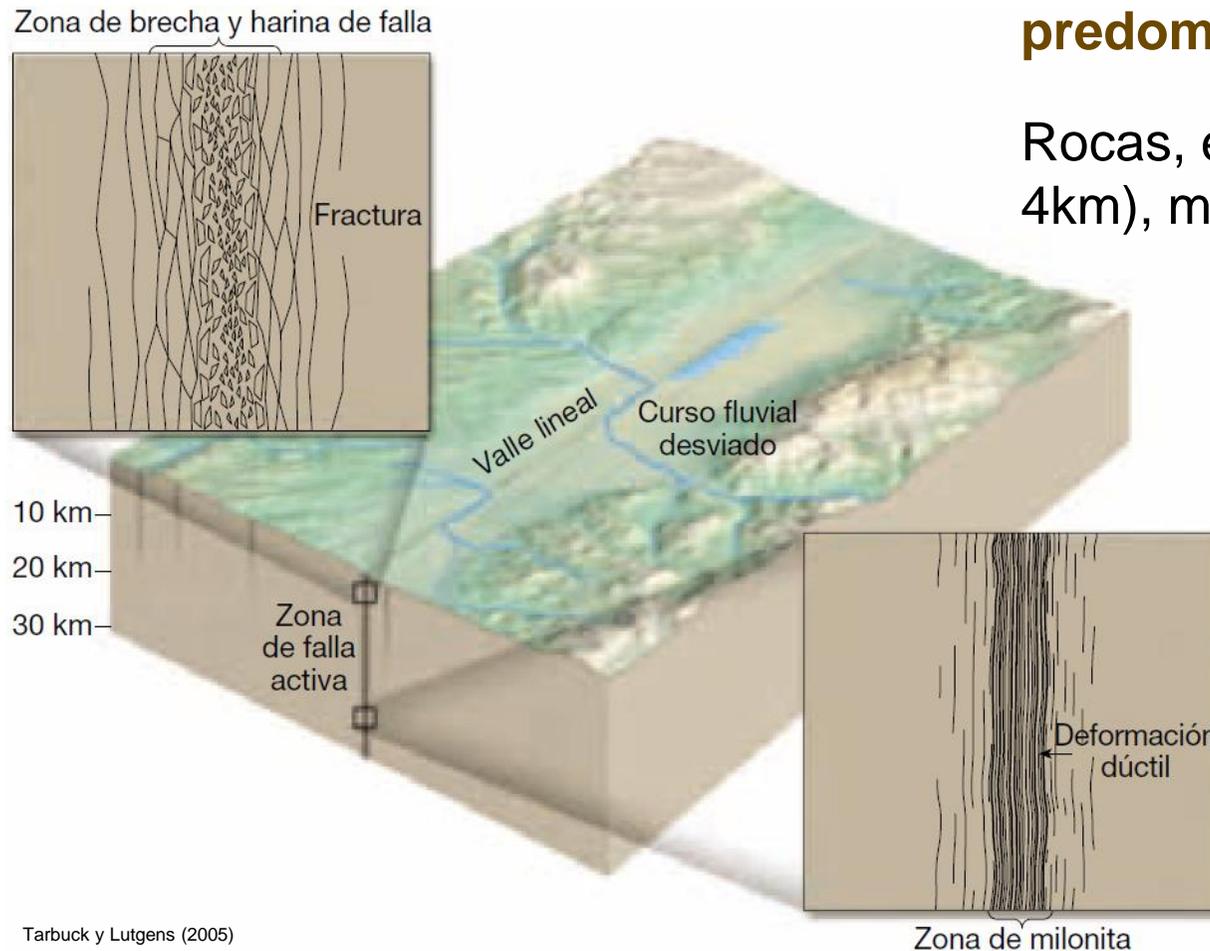


# Metamorfismo dinámico o cataclástico

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

**Agentes metamórficos predominantes: P y T**

Rocas, ej.: brecha de fallas (Prof. < 4km), milonitas (Prof. > 10km).



# Identificación de rocas metamórficas

## Estructura

Características que se observan a simple vista, independientemente de la composición mineralógica.

## Textura

Tamaño, forma, disposición de las partículas minerales y relaciones espaciales intergranulares.

## Mineralogía

**Minerales índice:** sólo se forman en condiciones determinadas de P y T. Ej.: granates, clorita, talco.

**Facies metamórficas:** asociación de minerales formados en un intervalo dado de P y T. Cada facie se denomina según el nombre del mineral o roca más característico.

# Rocas metamórficas. Estructura

**Rocas foliadas:** granos de minerales con dirección de orientación preferencial → lineamientos o bandeados ↔ P diferencial.



<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 foliadas

Pizarra



Filita



Esquisto



Gneis



Migmatita



Milonita



Metaconglomerado



## Rocas metamórficas no foliadas

Mármol



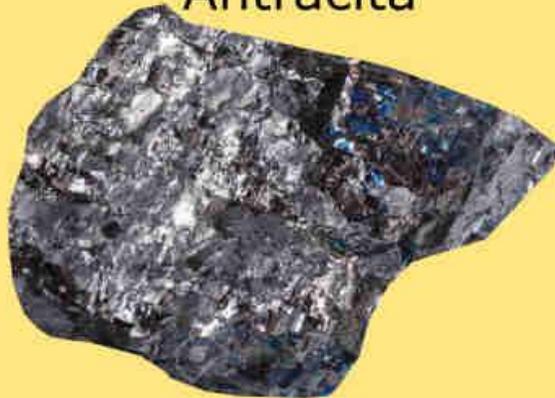
Cuarcita



Hornfels



Antracita



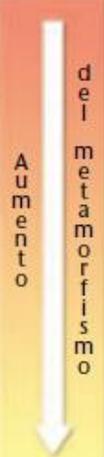
Brecha de falla



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

# Rocas metamórficas

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



Pizarra



Esquisto



Gneiss

# Bibliografía

## Básica

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

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

**Varela, R (2014). Manual de geología. INSUGEO/CONICET.**  
[http://www.insugeo.org.ar/libros/misc\\_21/pdf/varela\\_miscelanea\\_21\\_manual\\_de\\_geologia.pdf](http://www.insugeo.org.ar/libros/misc_21/pdf/varela_miscelanea_21_manual_de_geologia.pdf)

**Waltham. Foundations on Engineering geology. Spon**  
Complementaria

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

**Consultas: maltinier@fi.uba.ar**

# Cuestionario

1. Marcar con X las características generales de minerales y mineraloides:

Característica		Material	
		Mineral	Mineraloide
Sólido	natural		
	artificial		
Inorgánico			
Orgánico			
Estructura atómica ordenada (cristalina)			
Sin estructura cristalina			

2. ¿Cuáles son los 8 elementos químicos que más abundan en la corteza terrestre? Ordenarlos en orden decreciente de abundancia.
  
3. ¿Cuáles son los principales minerales que forman las rocas de la corteza terrestre? Justificar brevemente:
  
4. ¿Cómo está constituida una roca?
  
5. ¿Qué es el magma?
  
6. ¿Qué variables controlan el punto de fusión de las rocas y la generación de magma?
  
7. ¿A partir de qué elementos pueden inferirse el ambiente de formación y la composición química de un magma?

## 8. Completar la tabla

		Rocas ígneas		
		Intrusivas o plutónicas	Extrusivas o volcánicas	Hipabisales
Formación	Proceso			
	Velocidad			
Emplazamiento, profundidad				
Texturas				
Ejemplos				

9. Indicar para cada imagen a qué tipo de roca ígnea corresponde



10. ¿Cómo se forman las rocas metamórficas?

11. ¿Cuáles son los principales cambios que se producen durante el metamorfismo?

12. Completar el siguiente cuadro:

	Ambiente de metamorfismo	
	Regional	De contacto
Procesos genéticos		
Agentes metamórficos predominantes		
Extensión del metamorfismo		
Ejemplos de rocas		

13. ¿En qué caso se produce metamorfismo hidrotermal y cuál es el agente metamórfico predominante?