

**Departamento de Geología  
Universidad de Chile**

## **Conceptos Geológicos Básicos**

**Sofía Rebolledo**

## **DEFINICIÓN Y ALCANCES DE LA GEOLOGÍA**

- Geología es la ciencia que estudia la Tierra.
- Las rocas que la constituyen, los procesos que las formaron y los cambios que ellas sufren para dar origen a los paisajes actuales, son algunas de las preocupaciones de un geólogo.

Como toda ciencia, la geología tiene algunas áreas de interés más específico, dentro de las cuales se pueden destacar:

*Geología económica, geología estructural, petrología, geoquímica, sedimentología, estratigrafía, paleontología, geocronología, vulcanología, hidrogeología, geología aplicada a la ingeniería, geología ambiental.*

## **EL TIEMPO EN GEOLOGÍA**

- El tiempo es un parámetro que debe ser tomado en cuenta para la comprensión global de la geología de un lugar.
- La columna estratigráfica mundial divide al tiempo geológico en periodos (Tabla 2.1).

Usualmente se espera que las rocas más antiguas sean más competentes y menos permeables. Sin embargo, en lugares como nuestro país, afectado por fuerte tectonismo, las rocas antiguas pueden mostrar un fuerte deterioro físico y mecánico.

Tabla 2.1.- El Tiempo en Geología

Periodo/sistema	Era	Edad, m.a.	Vida
Holoceno= Reciente (últimos 10.000 años)	Cuaternario	1.6-2	Homo sapiens
Pleistoceno			2 ma H.Habilis
Plioceno 5	Terciario	5	Roedores 5 ma primeros hominidos (Kenya)
Mioceno 25			Caballos
Oligoceno 37			Primates
Eoceno 55			
Paleoceno			
Cretácico	Mesozoico	65	Últim. dinosaurios
Jurásico		144	Primeros mamíferos
Triásico		213	
Pérmico	Paleozoico	245	
Carbonífero		286	Primeros reptiles
Devónico		360	Primeros árboles
Silúrico		408	Amonites
Ordovícico		570	Primeros peces
Cámbrico		570	Graptolites, trilobites
(origen de la tierra)	Precámbrico	4600	Gusanos, esponjas

## **Tipos de materiales geológicos**

- *Rocas y Suelos*

## **Rocas**

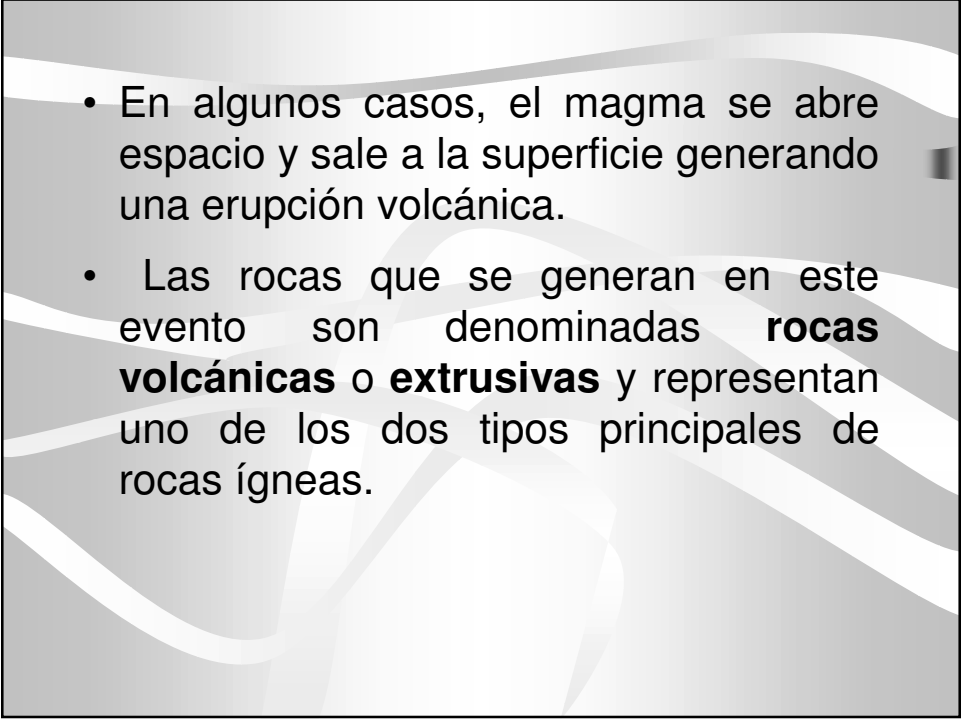
- Material o sustancia rocosa y macizo rocoso
  - Material:
    - Rocas ígneas
    - Rocas sedimentarias
    - Rocas metamórficas
  - Descripción: Color, tamaño de grano, estructura, meteorización, nombre, resistencia y discontinuidades

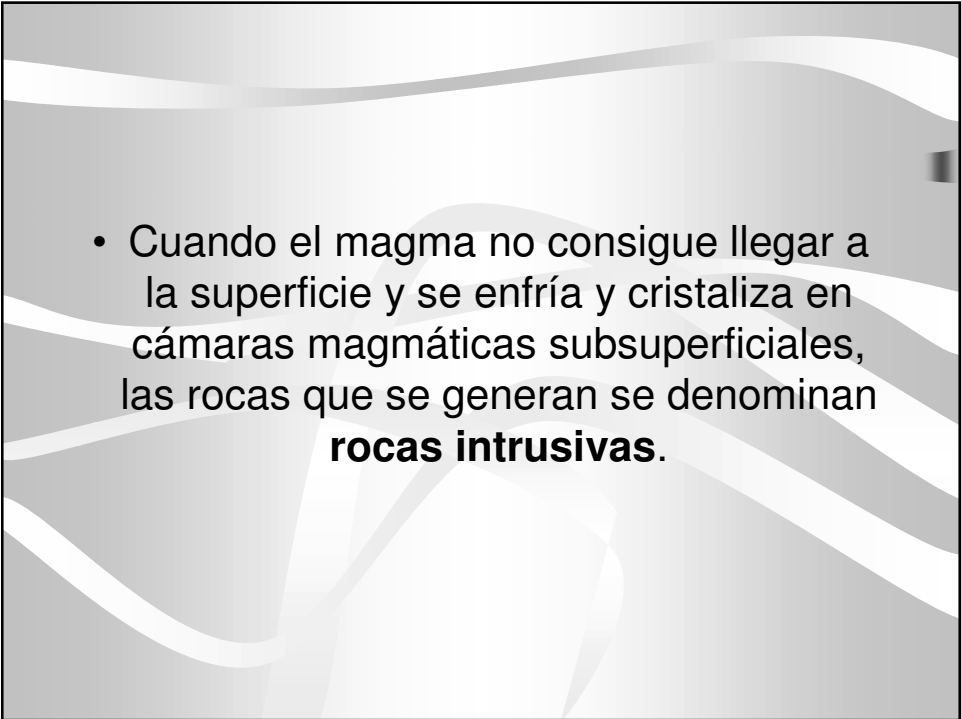
# ROCAS

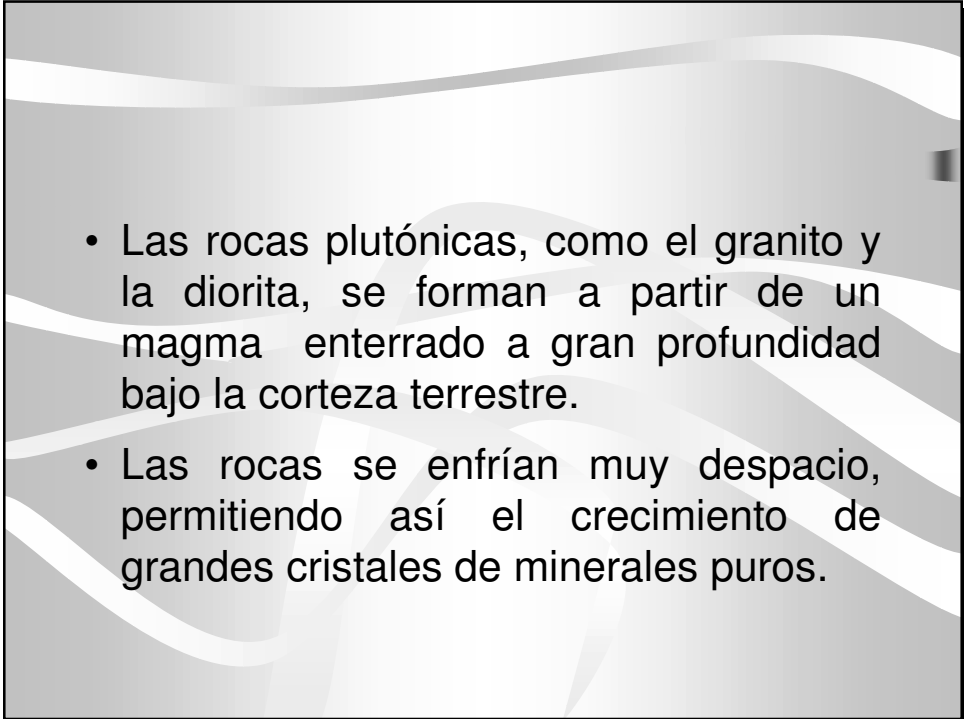
- Las rocas se definen como agregados sólidos de minerales. Dependiendo de su origen, las rocas se dividen en tres grandes grupos: rocas ígneas, rocas sedimentarias y rocas metamórficas.

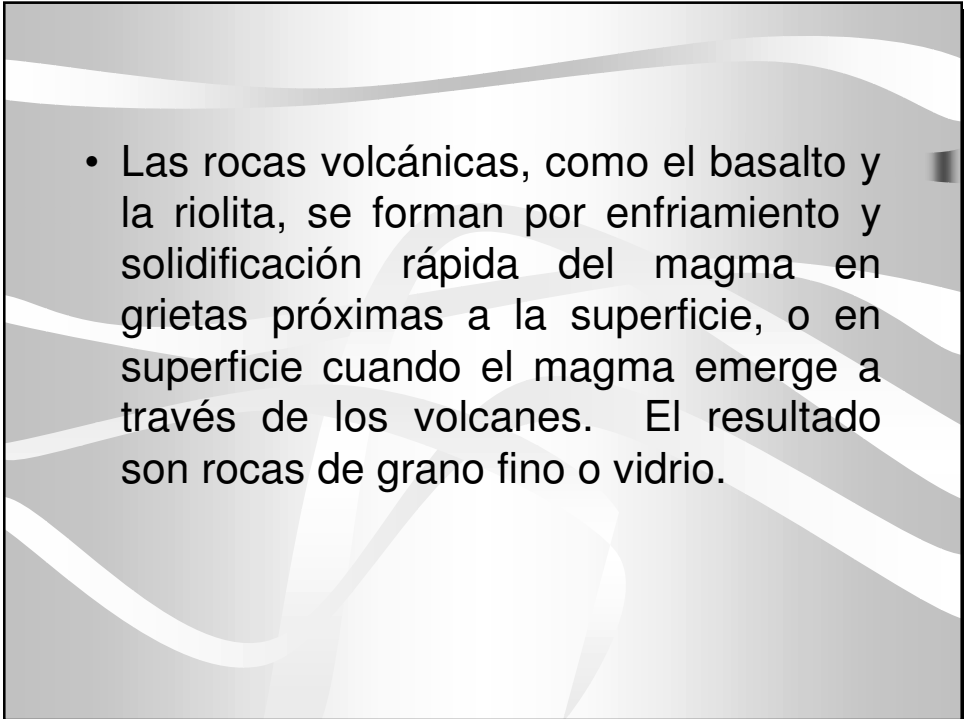
## Rocas ígneas

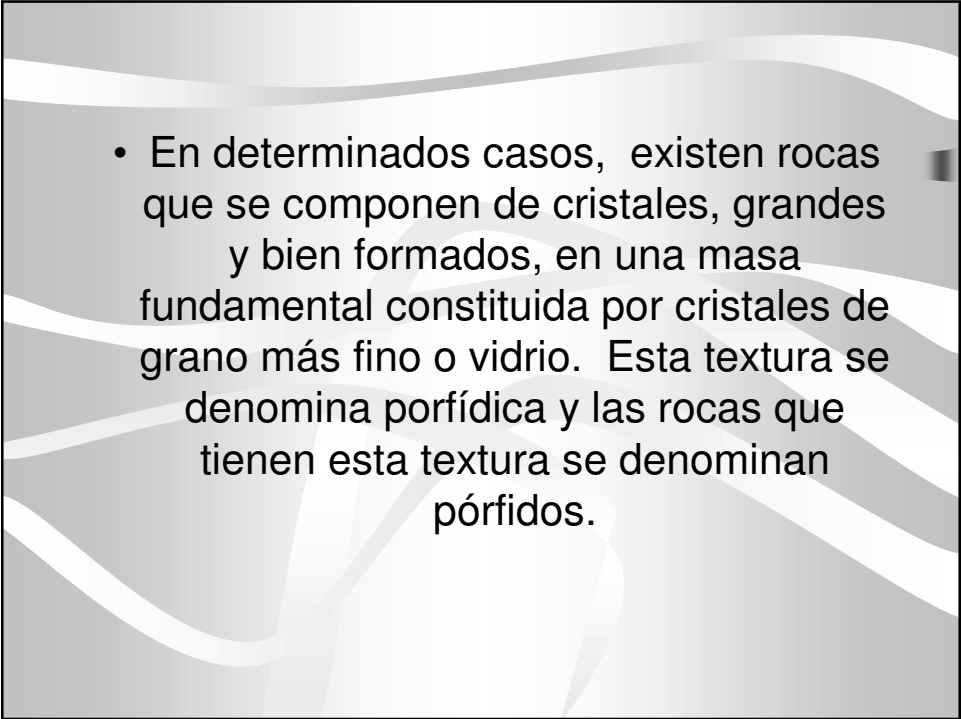
- Las rocas ígneas se forman del enfriamiento de un material caliente (roca fundida), rico en gases, denominado **magma**.
- El magma se origina en las profundidades de la corteza y se acumula en cámaras magmáticas.

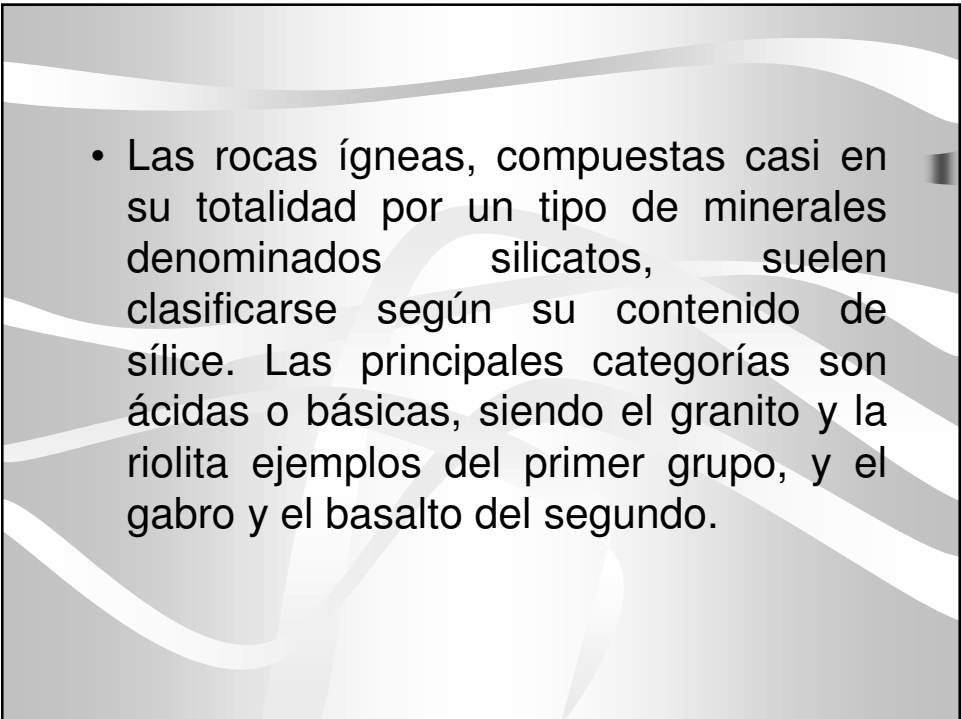
- 
- En algunos casos, el magma se abre espacio y sale a la superficie generando una erupción volcánica.
  - Las rocas que se generan en este evento son denominadas **rocas volcánicas** o **extrusivas** y representan uno de los dos tipos principales de rocas ígneas.

- 
- Cuando el magma no consigue llegar a la superficie y se enfría y cristaliza en cámaras magmáticas subsuperficiales, las rocas que se generan se denominan **rocas intrusivas**.

- 
- Las rocas plutónicas, como el granito y la diorita, se forman a partir de un magma enterrado a gran profundidad bajo la corteza terrestre.
  - Las rocas se enfrían muy despacio, permitiendo así el crecimiento de grandes cristales de minerales puros.

- 
- Las rocas volcánicas, como el basalto y la riolita, se forman por enfriamiento y solidificación rápida del magma en grietas próximas a la superficie, o en superficie cuando el magma emerge a través de los volcanes. El resultado son rocas de grano fino o vidrio.

- 
- En determinados casos, existen rocas que se componen de cristales, grandes y bien formados, en una masa fundamental constituida por cristales de grano más fino o vidrio. Esta textura se denomina porfídica y las rocas que tienen esta textura se denominan pórfidos.

- 
- Las rocas ígneas, compuestas casi en su totalidad por un tipo de minerales denominados silicatos, suelen clasificarse según su contenido de sílice. Las principales categorías son ácidas o básicas, siendo el granito y la riolita ejemplos del primer grupo, y el gabro y el basalto del segundo.



- Dentro de las rocas ígneas, las rocas piroclásticas tienen particular importancia en la geología de Chile.
- Estas son muy comunes y se asocian a la actividad volcánica de nuestro país.
- Las rocas piroclásticas están formadas por fragmentos de rocas y minerales que son arrojados desde un volcán.

Tabla 4.1.- Clasificación de rocas ígneas para propósitos de ingeniería. (Modificada de Dennen y Moore, 1986).

Textura y Tamaño del grano	Composición Mineralógica				
	Minerales principales	Cuarzo-ortoclasa	Plagioclase	Plagioclase piroxeno olivino	Olivino piroxeno
	Minerales accesorios	Biotita-muscovita anfíbola	Anfíbola biotita	Magnetita	
	Pegmatíticas (grano muy grueso, >1cm)		Pegmatitas		
	Fanerítica (grano medio, 0.25-2cm)	Granito	Diorita	Gabro	Peridotita Dunita
	Porfirítica (cristales mayores en una masa de grano fino)	Pórfido granítico, Pórfido cuarcífero	Pórfido andesítico Andesita porfídica	Pórfido basáltico	Pórfido de olivino
	Afanítica (cristales visibles, de pequeño tamaño)	Riolita	Andesita	Basalto	Basalto de olivino
	Vítrea	Obsidiana pómez (esponjosa, vesicular)	Escoria (vesicular)		
	Contenido de Silíce	Acidas sobre 65%	Intermedias 55-65%	Máficas o Básicas 45-55%	Ultramáficas menos de 45%
	Color	Claros		Oscuras	

Tabla 4.2.- Características geotécnicas de las rocas ígneas. (Modificada de Mathewson, 1981)

Características	Descripción
<b>Rocas ígneas intrusivas</b>	
Extensión areal	grandes áreas, ocasionalmente cuerpos menores
Rocas principales	granito-granodiorita-diorita-gabro
Colores característicos	rosado- grises claros a muy oscuros
Tamaño del grano	mayor de 0,25 cm, visible a simple vista
Resistencia	alta a muy alta, mayor que 100MPa
Deformación	usualmente elástico-plástica
<b>Rocas ígneas extrusivas</b>	
Extensión areal	muy variable, ocurren como flujos o intrusiones superficiales
Rocas principales	Riolita - andesita - basalto
Colores característicos	Rosado - grises claros a muy oscuros
Tamaño del grano	grano fino, frecuentemente no visible a simple vista
Resistencia	variable de muy alta a muy baja
Deformación	variable de plástico-elástica a elástica.

- Las rocas piroclásticas ocurren en cuerpos lenticulares o tabulares y reciben diferentes nombres dependiendo, básicamente, del tamaño de los clastos (Tabla 4.3.-).

**Tabla 4.3 .- Rocas piroclásticas**

<b>Partículas</b>	<b>características</b>	<b>Nombre Roca</b>
Bloques	Fragmentos angulosos mayores de 64 mm	Brecha
Bombas	Fragmentos redondeados mayores de 64 mm	Aglomerado
Lapilli (2-64mm) Ceniza (<2mm)	Fragmentos < 2mm, (ceniza o lapilli)	Toba
Flujo a alta temperatura	fragmentos de tamaño variable, de finos a gruesos	Ignimbrita (toba soldada)

## **Rocas sedimentarias**

- Las rocas sedimentarias se clasifican en clásticas y no clásticas.
- Las rocas sedimentarias clásticas están formadas por la acumulación y litificación de partículas minerales y/o fragmentos de rocas, depositadas por la acción del agua y, en menor medida, del viento o del hielo glaciar.

- Las rocas sedimentarias no clásticas pueden ser químicas u orgánicas.
- Un ejemplo de rocas químicas son las calizas, formadas por precipitación de carbonato de calcio;
- las coquinas, formadas básicamente a partir de la acumulación de restos de caparzones de organismos marinos, son un ejemplo de rocas orgánicas.

- La **litificación** es el fenómeno por el cual un sedimento se convierte en roca y es inducido por la presión y temperatura que afecta a los sedimentos cuando tienen una sobrecarga de varios cientos de metros de sedimentos.
- La litificación consiste en tres procesos:

•) **compactación**, que se refiere a la disminución del volumen de los poros de un sedimento debido a la presión ejercida por los sedimentos que lo sobreyacen. Para que exista esta disminución de la porosidad, debe existir un arreglo del empaquetamiento de los granos y pérdida de agua. La disminución del volumen del sedimento debido a compactación puede, en algunos casos, llegar al 50%, como es el caso de algunas arcillas.

•) **cementación**, que corresponde a la depositación de minerales como calcita, sílice, óxidos de hierro o arcillas en los poros o espacios que existen entre las partículas que constituyen el sedimento. Este proceso es facilitado por la circulación de agua.

- ) **recristalización** que consiste en la disolución y cristalización, a pequeña escala, de alguno de los minerales más inestables como el cuarzo y la calcita y su redepositación.
- El resultado es similar a la cementación.

- La mayoría de las rocas sedimentarias se presentan en capas o estratos paralelos o discordantes.
- Estos planos reflejan cambios en la velocidad de sedimentación o en la naturaleza de la materia depositada.
- Cuando los planos son discordantes, estos reflejan eventos tectónicos mayores.

Tabla 4.4.- Principales rocas sedimentarias. (Modificada de Dennen y Moore, 1986).

Clásticas	
Tamaño de grano	Nombre
Grueso (>2mm)	Conglomerado
Grueso, fragmentos angulosos (>2mm)	Brecha
Arena (0.063-2mm)	Arenisca
Limo a arcilla (<0.063)	Lutita
Orgánicas y químicas	
Materiales	Nombre
Calcio, dolomita	Caliza
Plantas	Carbón
Sales, yeso	Evaporitas

Tabla 4.5.- Características geotécnicas de algunas rocas sedimentarias. (Modificada de Mathewson 1981).

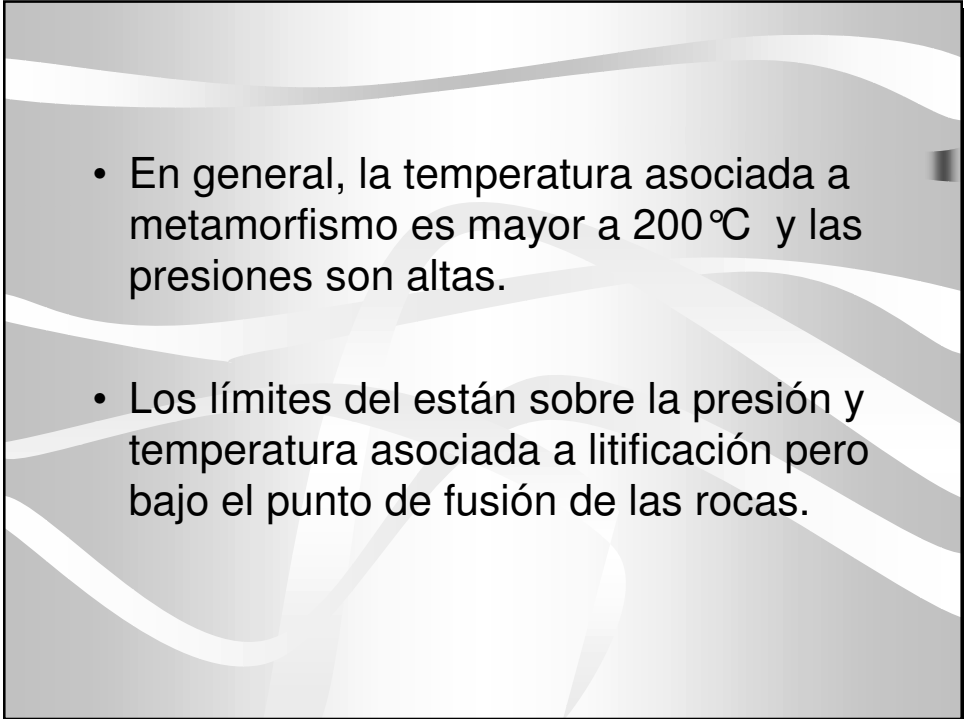
Características	Descripción
Rocas sedimentarias clásticas	
Extensión areal	Variable de regional a local
Nombre	Conglomerado - Arenisca - lutita
Energía de depositación	muy alta - alta a media- baja
Tamaño del grano	muy grueso - grueso a fino - muy fino
Forma de los granos	variable de angulosa a redondeado
Resistencia	Variable de muy baja a muy alta dependiendo de la cementación y del arreglo de los granos
Deformación	plástica, plástica-elástica-plástica, plástica-elástica dependiendo de la cementación
Rocas sedimentarias no clásticas (orgánicas y químicas)	
Extensión areal	usualmente en extensas áreas, cuerpos bidimensionales
Nombre	caliza - carbón - evaporita
Energía de depositación	usualmente baja
Tamaño del grano	variable de muy fino a muy grueso
Resistencia	media a alta—baja a muy baja- muy baja a baja
Deformación	plástica-elástica-plástica a elástico-plástica

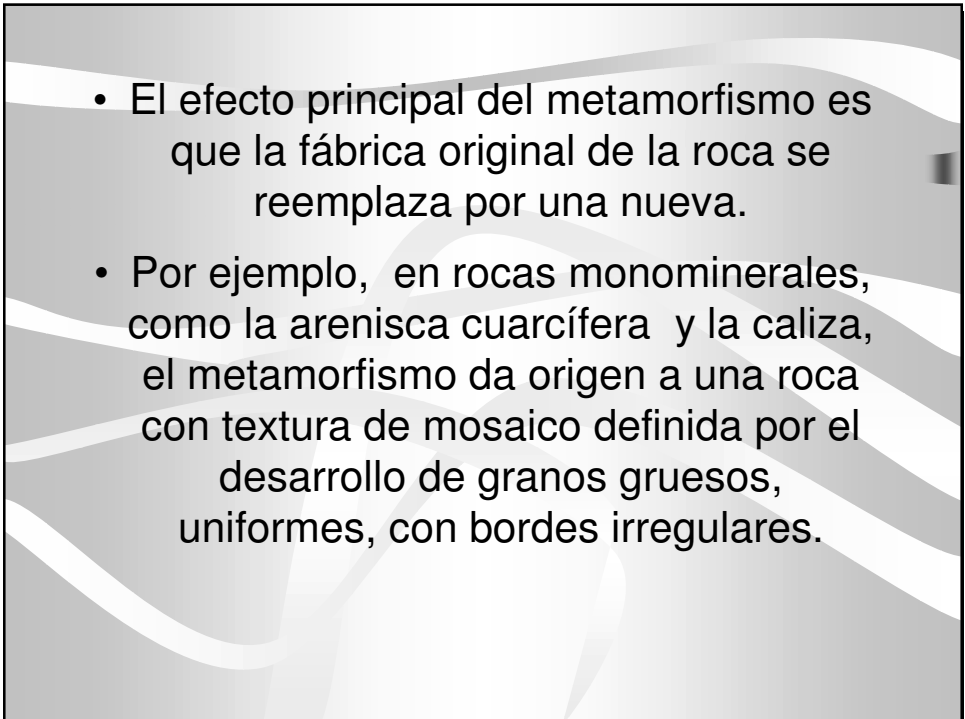
## Rocas metamórficas

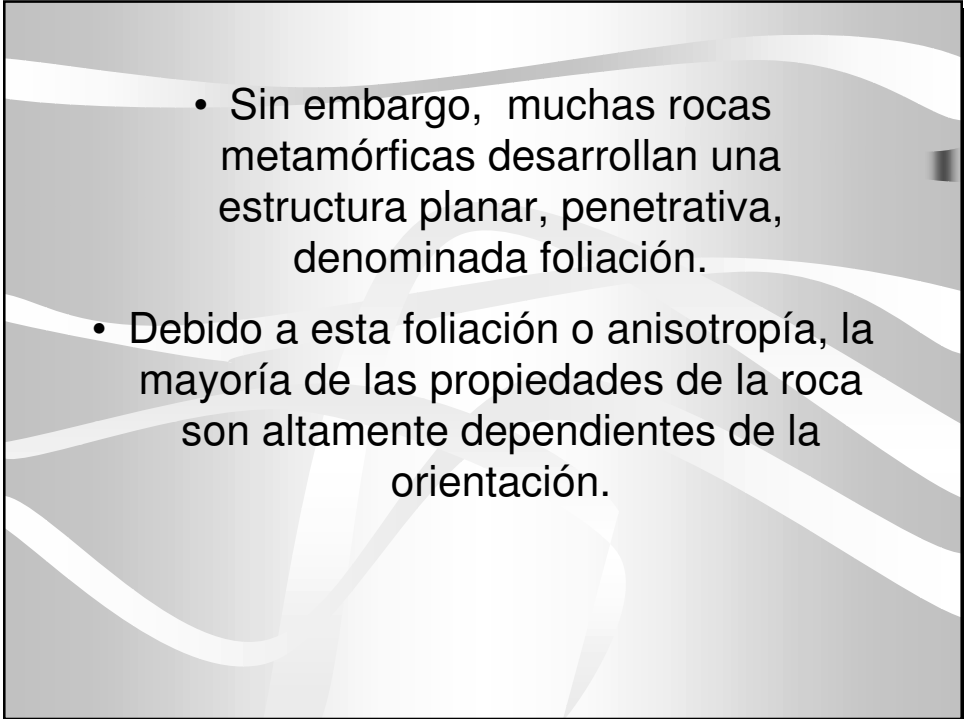
- Las rocas que se formaron bajo ciertas condiciones de presión y/o temperatura se pueden volver inestables si estas condiciones son alteradas de manera drástica.

- Si el tiempo es suficientemente largo, los minerales cambian a minerales que son estables bajo las nuevas condiciones.
- Este cambio o transformación se denomina metamorfismo y las rocas resultantes son las **rocas metamórficas**.



- 
- En general, la temperatura asociada a metamorfismo es mayor a 200°C y las presiones son altas.
  - Los límites del están sobre la presión y temperatura asociada a litificación pero bajo el punto de fusión de las rocas.

- 
- El efecto principal del metamorfismo es que la fábrica original de la roca se reemplaza por una nueva.
  - Por ejemplo, en rocas monominerales, como la arenisca cuarcífera y la caliza, el metamorfismo da origen a una roca con textura de mosaico definida por el desarrollo de granos gruesos, uniformes, con bordes irregulares.

- 
- Sin embargo, muchas rocas metamórficas desarrollan una estructura planar, penetrativa, denominada foliación.
  - Debido a esta foliación o anisotropía, la mayoría de las propiedades de la roca son altamente dependientes de la orientación.

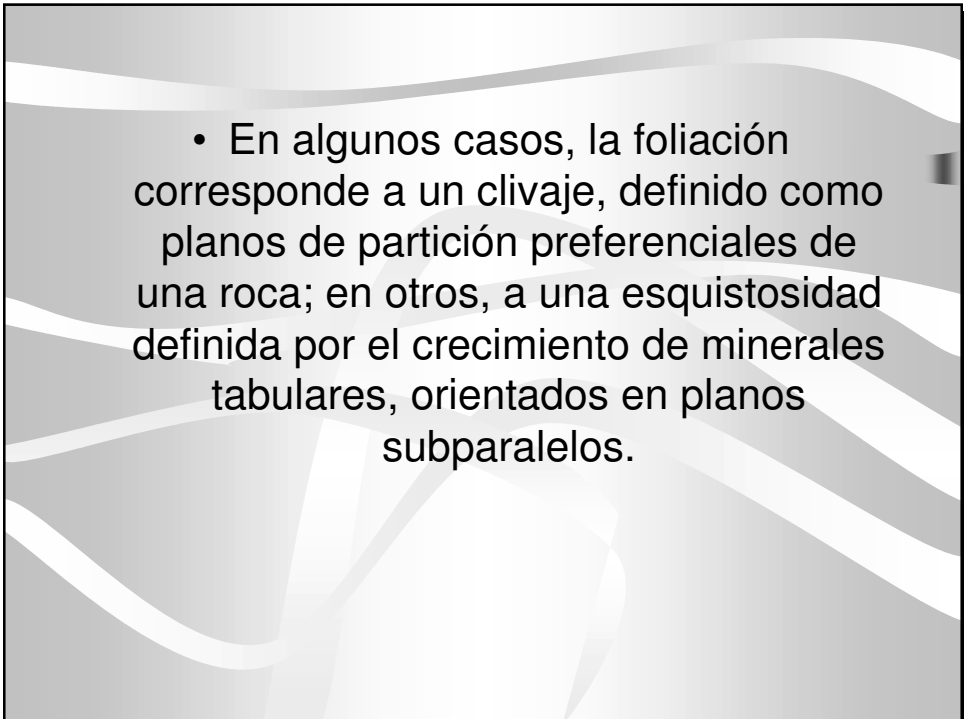
- 
- En algunos casos, la foliación corresponde a un clivaje, definido como planos de partición preferenciales de una roca; en otros, a una esquistosidad definida por el crecimiento de minerales tabulares, orientados en planos subparalelos.

Tabla 4.7.- Rocas metamórficas foliadas. (Modificada de Birkeland y Larson, 1989).

Nombre	Grado Metamorfismo	Textura	Tamaño Grano	Minerales Principales	Clivaje	Foliación
Pizarra	bajo	clástica a microcristalina	muy fino	arcilla-cuarzo, mica-cuarzo-clorita	perfecto	muy penetrativa
Filita	bajo	microcristalina	fino	mica-cuarzo-clorita	buena	penetrativa
Esquisto	alto	cristalina	fino a medio, medio a grueso	mica-clorita-hornblenda-granate	errática	media, segregación minerales claros y oscuros
Gneiss	alto	cristalina	medio a grueso	feldespato-cuarzo-biotita y muscovita-hornblenda y granate	sin foliación	gruesa, en bandas de minerales claros y oscuros

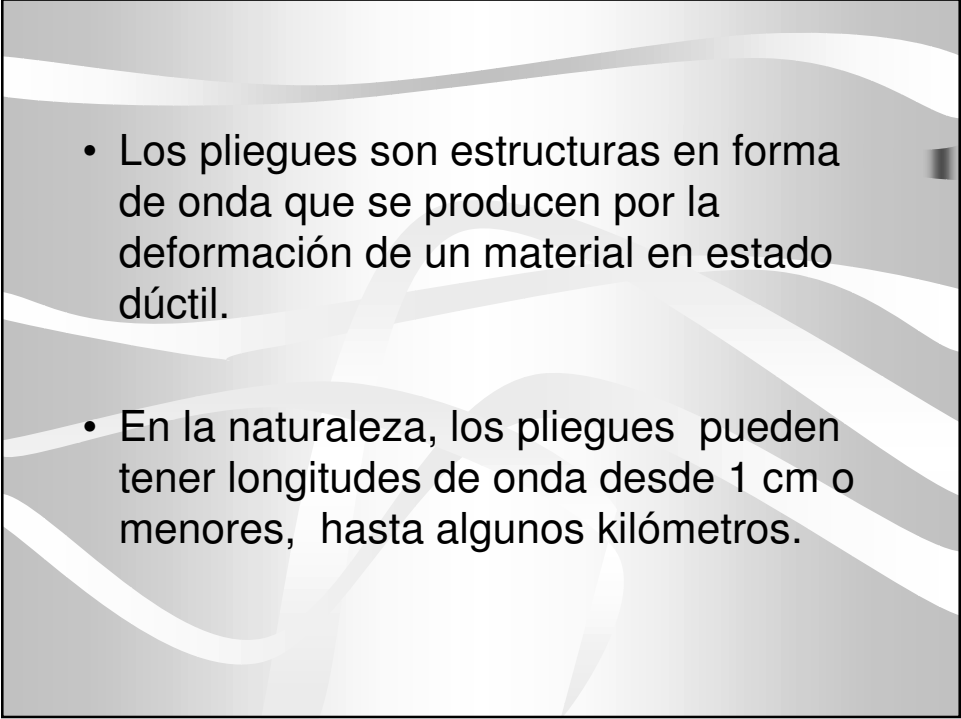
Tabla 4.8.- Características geotécnicas de algunas rocas metamórficas. (Modificada de Mathewson 1981).

Características	Descripción
<b>Metamorfismo de Bajo grado</b>	
Extensión regional	usualmente grandes áreas, excepto en metamorfismo de contacto
Rocas principales	cuarcita - pizarra - mármol
Tamaño grano o cristales	usualmente visible-muy fino-variable
Resistencia	alta a muy alta-media a alta-media
Deformación	plástica-elástica-plást. a elástica-plást.
<b>Metamorfismo de alto grado</b>	
Extensión regional	áreas extensas
Rocas principales	esquisto - gneiss
Tamaño grano o cristales	medio a grueso - grueso
Resistencia	muy baja a muy alta- media a muy alta
Deformación	plástica a elástica, elástica-plástica
Anisotropía	anisótropa, puede ser anisótropa

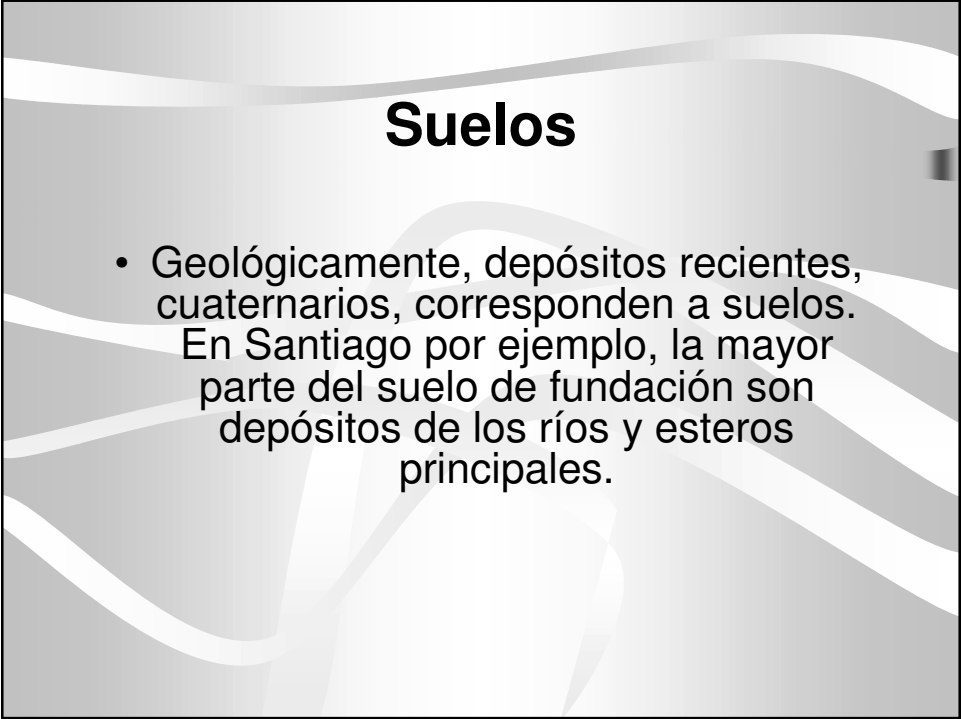
## Estructuras

- En ambientes tectónicos como por ejemplo, zonas de colisión de placas, zonas de cizalle y sectores donde se ha emplazado un intrusivo, la corteza terrestre es sometida a esfuerzos. En estos ambientes cualquier material, a una determinada temperatura y tasa de deformación, puede plegarse o fracturarse.

- Las fracturas son superficies a lo largo de las cuales una roca ha perdido cohesión.
- La mayoría de estas estructuras, entre las que destacan diaclasas y fallas, son posteriores a la formación de la roca.
- Algunas fracturas son primarias, y se desarrollan junto con la roca. Ejemplos de fracturas primarias son las diaclasas columnares, producidas al enfriarse un cuerpo ígneo.

- 
- Los pliegues son estructuras en forma de onda que se producen por la deformación de un material en estado dúctil.
  - En la naturaleza, los pliegues pueden tener longitudes de onda desde 1 cm o menores, hasta algunos kilómetros.

## Suelos

- 
- Geológicamente, depósitos recientes, cuaternarios, corresponden a suelos. En Santiago por ejemplo, la mayor parte del suelo de fundación son depósitos de los ríos y esteros principales.

- Si una muestra de suelo es examinada, se verá que está constituida por partículas de diferente tamaño. Las partículas mayores ( $>2\text{mm}$ ) son principalmente fragmentos de rocas. Las medias ( $0.1\text{-}2\text{ mm}$ ) son usualmente partículas minerales, en muchos casos cuarzo. El fino, limo y arcillas, son difíciles de describir visualmente en terreno, pero caracterizadas por plasticidad, dilatancia, etc.

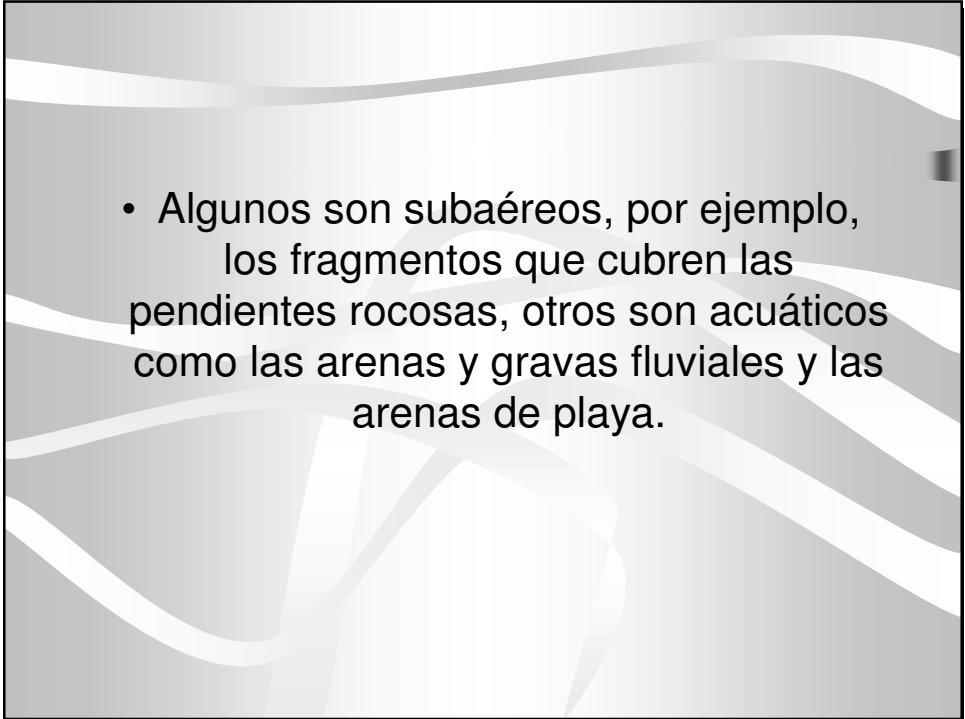
## Tipos de suelos

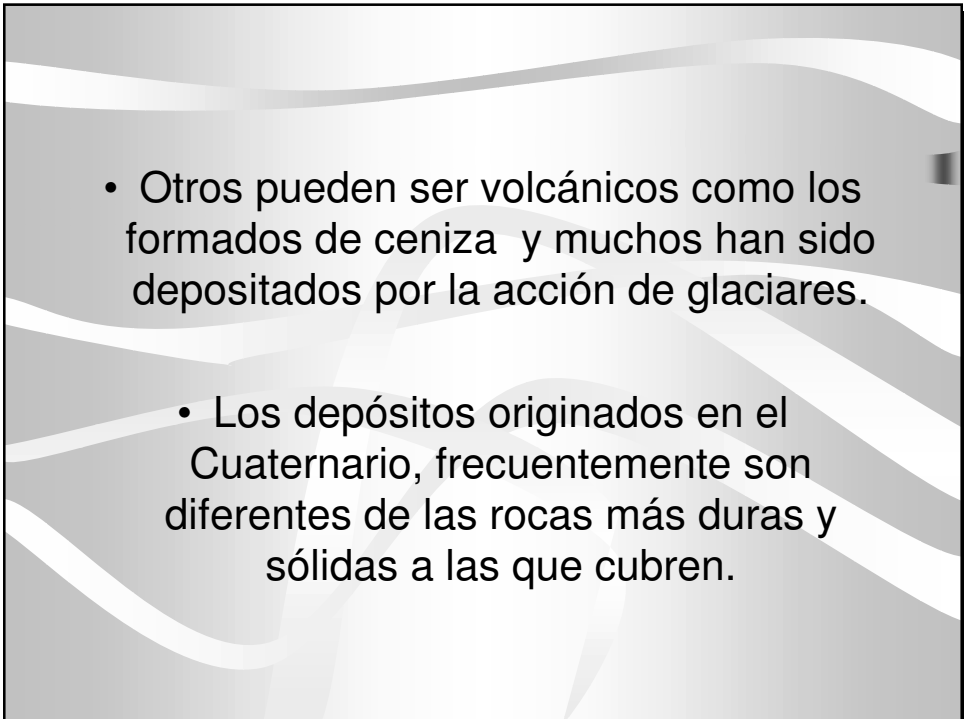
- **Residuales:** aquellos formados en el lugar por meteorización directa de la roca.
- En lugares fríos y en zonas climáticas templadas los suelos son usualmente delgadas capas debido a meteorización lenta. En regiones cálidas es inverso.

- **Transportados:** han sido depositados en su ubicación presente por alguno de los agentes-agua-viento-lluvia. Depósitos aluviales, morrenas, dunas, etc.
- **Rocas no endurecidas:** usualmente referidas como suelo. Arcilla Oxford, algunas formaciones de arenas antiguas.

## DEPOSITOS CUATERNARIOS

- Los depósitos del Cuaternario son bastante amplios y son importantes como medios de fundación.

- 
- Algunos son subaéreos, por ejemplo, los fragmentos que cubren las pendientes rocosas, otros son acuáticos como las arenas y gravas fluviales y las arenas de playa.

- 
- Otros pueden ser volcánicos como los formados de ceniza y muchos han sido depositados por la acción de glaciares.
  - Los depósitos originados en el Cuaternario, frecuentemente son diferentes de las rocas más duras y sólidas a las que cubren.



## Denudación

- La acción conjunta de la meteorización y erosión se denomina denudación y es la responsable de modelar el paisaje.
- Detrito corresponde a una partícula de roca o a un fragmento monomineral que proviene de la intemperización de una roca. Un conjunto de detritos se denomina depósito sedimentario o sedimento.

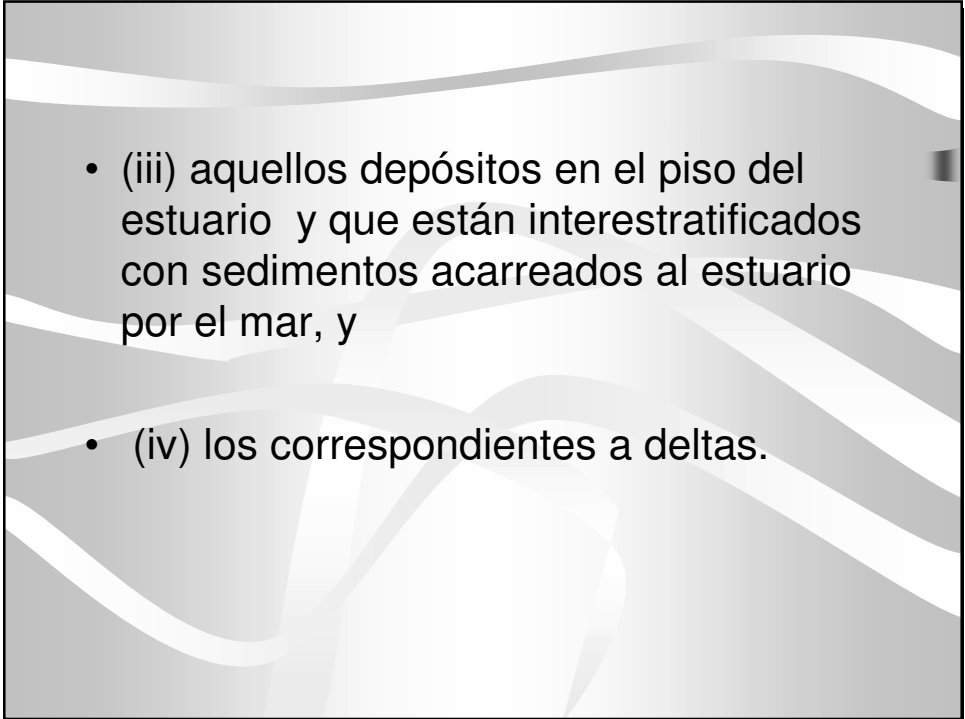
## Tipos de depósitos

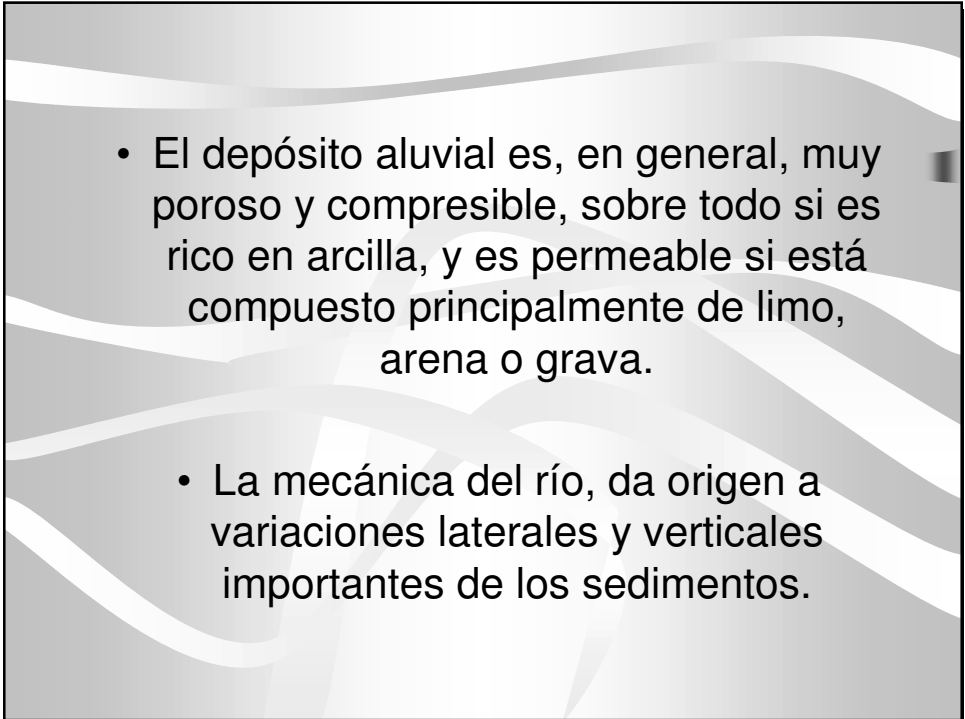
- Depósitos aluviales
- Depósitos coluviales
  - Morrenas
- Depósitos eólicos (dunas, loess)
  - Materiales volcánicos
- Depósitos de remoción en masa

## Depósitos aluviales

- Sedimento aluvial es el término general dado a los depósitos dejados por el río; incluyen material fino como limo y arcilla y material grueso como arena y grava. El sedimento transportado es abandonado al disminuir la velocidad de una corriente.

- Los depósitos fluviales se presentan en cuatro formas básicas:
- (i) aquellos en el cauce normal del río,
- (ii) aquellos que se esparcen sobre la planicie en cualquier lado del río durante los períodos de inundación,

- 
- (iii) aquellos depósitos en el piso del estuario y que están interestratificados con sedimentos acarreados al estuario por el mar, y
  - (iv) los correspondientes a deltas.

- 
- El depósito aluvial es, en general, muy poroso y compresible, sobre todo si es rico en arcilla, y es permeable si está compuesto principalmente de limo, arena o grava.
  - La mecánica del río, da origen a variaciones laterales y verticales importantes de los sedimentos.

## Depósito coluvial

- Corresponde a material acumulado por procesos gravitacionales formando taludes y conos de derrubios al pie de escarpes.
- Su composición es idéntica al material originario.
  - El tamaño de los fragmentos se relaciona a la estructura de la roca parental.

## Depósitos glaciares

- Toda la carga transportada por el hielo es aludida genéricamente como derrubios glaciares.
- La sedimentación se produce al fundirse el hielo, variar las tensiones de confinamiento o cesar el empuje.

- Los sedimentos derivados del hielo glacial forman acumulaciones de baja consistencia (sueltas), que reciben el nombre genérico de tills.
- Si están litificados se denominan tillitas.
- El material es, en general, polimíctico, no litificado, mal seleccionado, con fragmentos de tamaño variable entre unos pocos mm a grandes bloques.

## Morrenas

- Las morrenas son acumulaciones de till, de todo tipo y procedencia, con gran heterogeneidad fisonómica, aunque predomina una geometría caracterizada por suaves colinas que culminan en una cresta aguda.

## **Propiedades Físicas de los Depósitos**

- **Propiedades de los depósitos pueden ser previstos del conocimiento geológico o del ambiente de depositación :**

**Depósitos glaciales: depositados por glaciares o agua de ellos. Importantes en el Plioceno. Mezcla de variados tamaños desde arcilla a grandes bloques. Los asociados al derretimiento, mejor seleccionados. Distribución escalonada o multimodal. Permeabilidad variable según el contenido de arcilla.**

- **Depósitos eólicos:** Arena fina y tamaño limo, son muy permeables y erosionables. Dunas y loess. En zonas costeras y en desiertos (actuales).
- **Depósitos aluviales:** Asociados a ríos, limos a gravas y buenos para la agricultura. Variaciones locales. Permeabilidad variable.
- **Depósitos de pantanos:** ricos en materia orgánica, baja resistencia, altamente compresibles y a veces saturados. Baja permeabilidad.

## Porosidad

- Hay cuatro tipos principales de espacios vacíos, o poros, en una roca y/o sedimento:
  - (i) espacios entre granos minerales,
  - (ii) fracturas,
  - (iii) cavidades por disolución y/o
  - (iv) vesículas.

- En depósitos de arenas y gravas, los poros pueden llegar a constituir entre el 12 a 45% del volumen total.
- Si el sedimento es mal seleccionado, es decir, tiene varios tamaños, o si hay cementación, la porosidad llega a disminuir de manera importante.

- En rocas como los granitos, la única posibilidad de espacios vacíos corresponde a fracturas.
- En rocas carbonatadas, las cavidades pueden dar origen a una porosidad alta.
- En rocas volcánicas, las vesículas pueden dar origen a una permeabilidad, en general, de poca importancia.

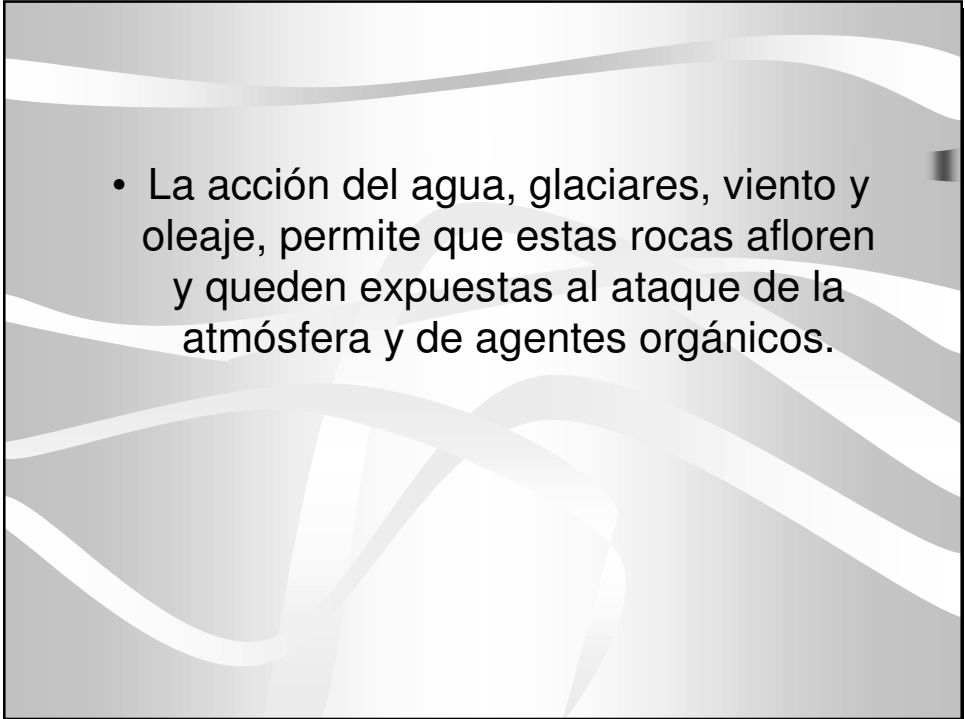


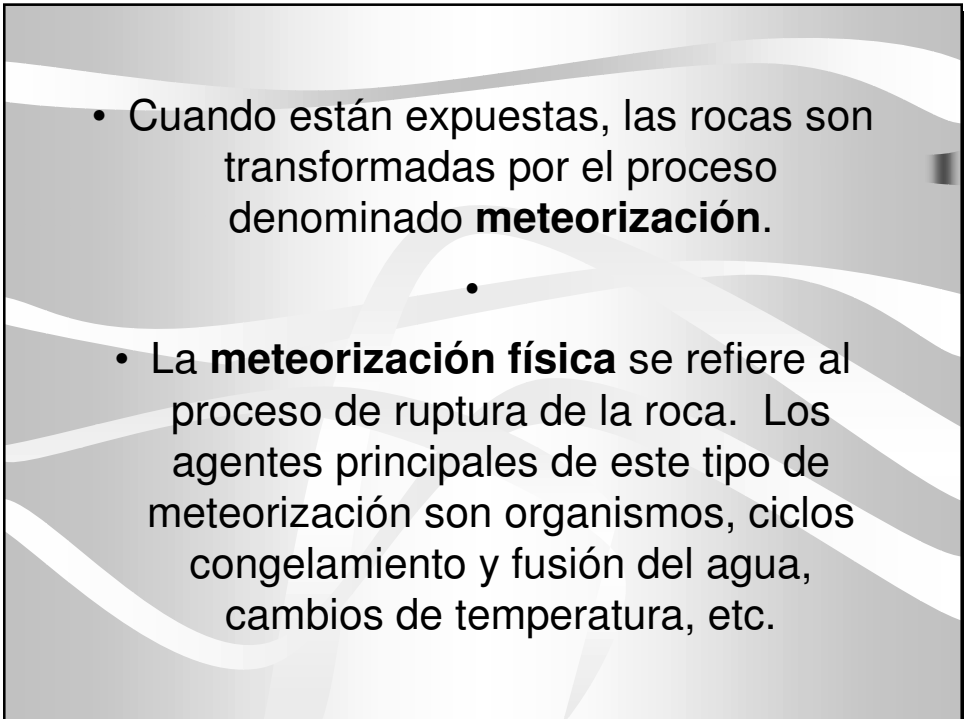
## Permeabilidad

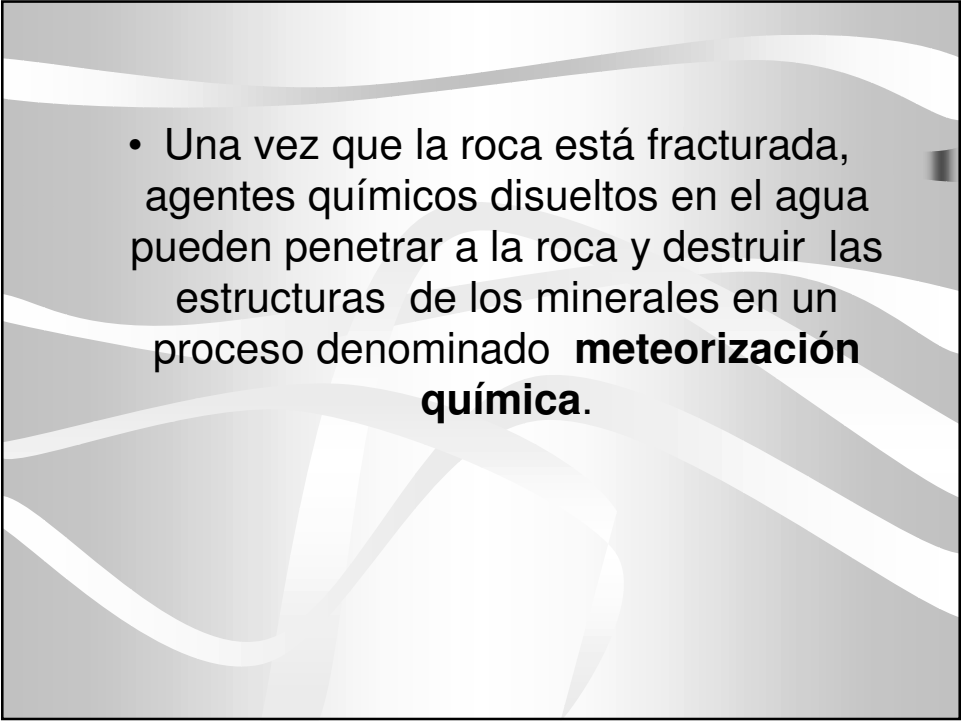
- Rocas de alta permeabilidad son conglomerados, areniscas, basaltos y ciertas calizas.

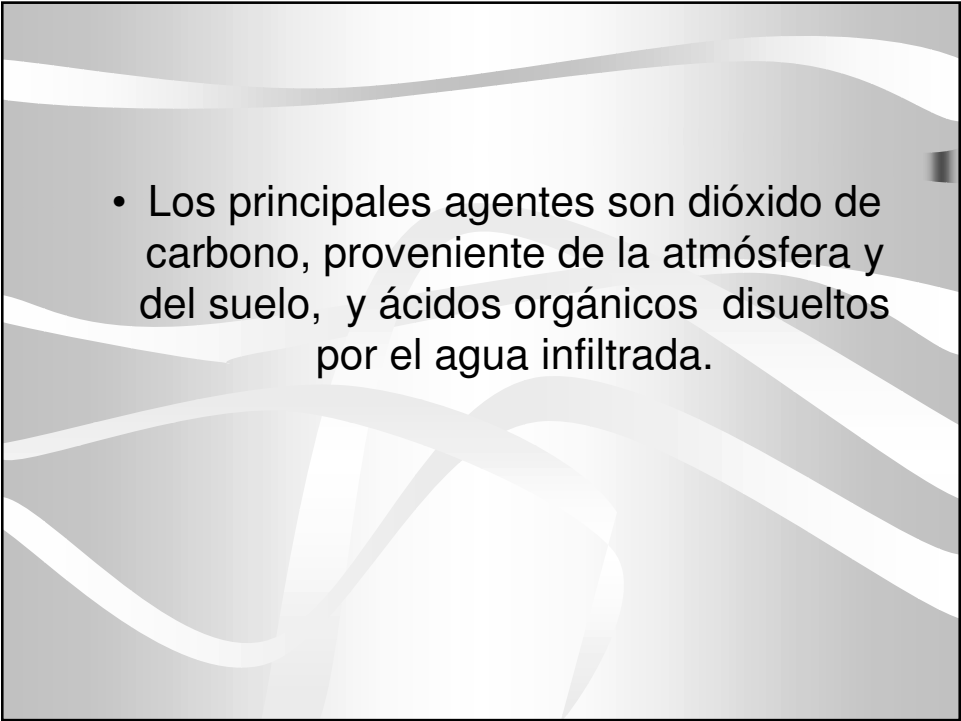
## Meteorización

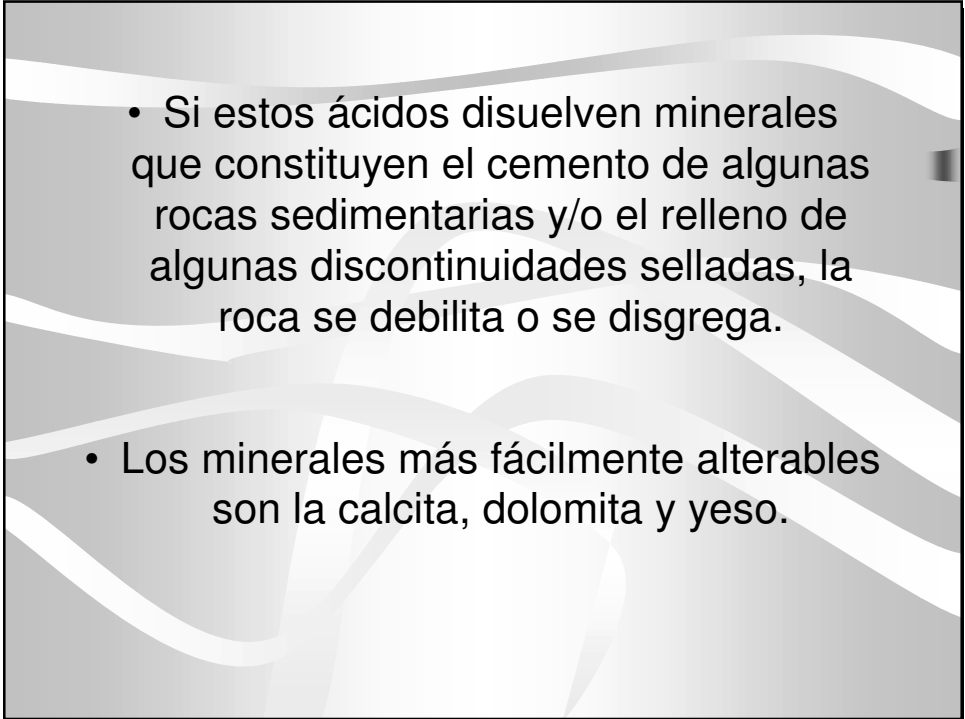
- Las rocas se forman, en general, bajo la superficie de la tierra, en condiciones de presión y temperatura diferentes a las que predominan en superficie.

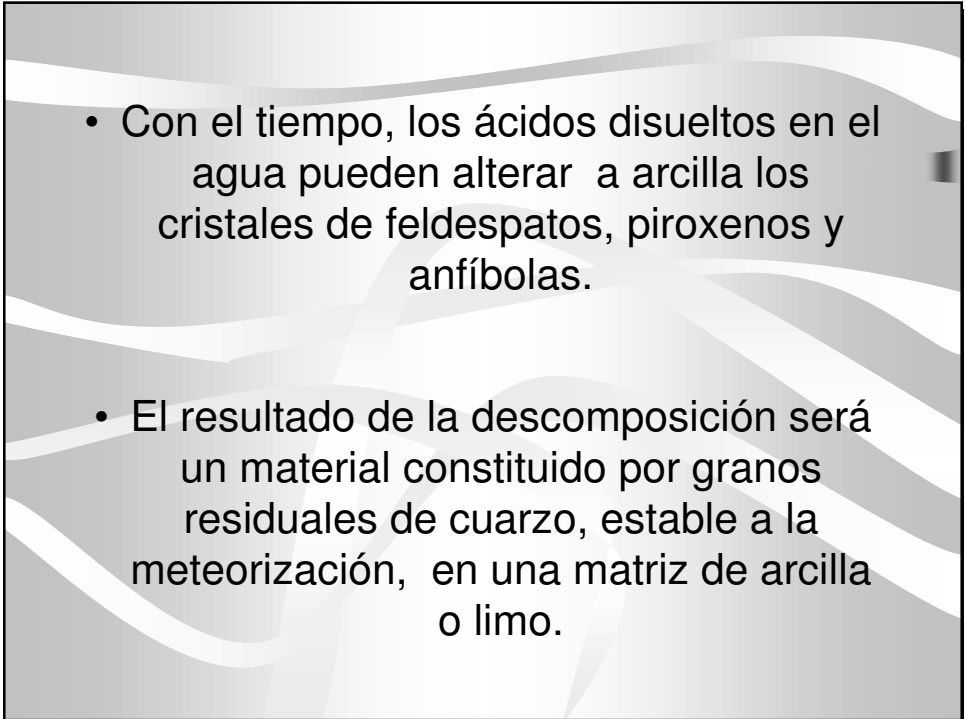
- 
- La acción del agua, glaciares, viento y oleaje, permite que estas rocas afloren y queden expuestas al ataque de la atmósfera y de agentes orgánicos.

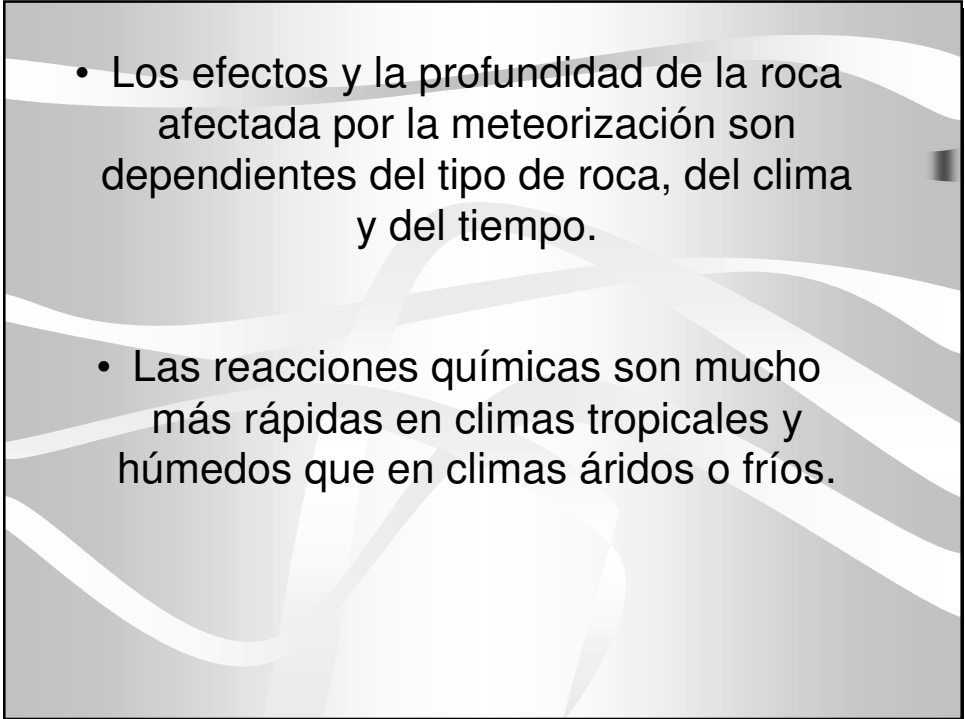
- 
- Cuando están expuestas, las rocas son transformadas por el proceso denominado **meteorización**.
  - 
  - La **meteorización física** se refiere al proceso de ruptura de la roca. Los agentes principales de este tipo de meteorización son organismos, ciclos congelamiento y fusión del agua, cambios de temperatura, etc.

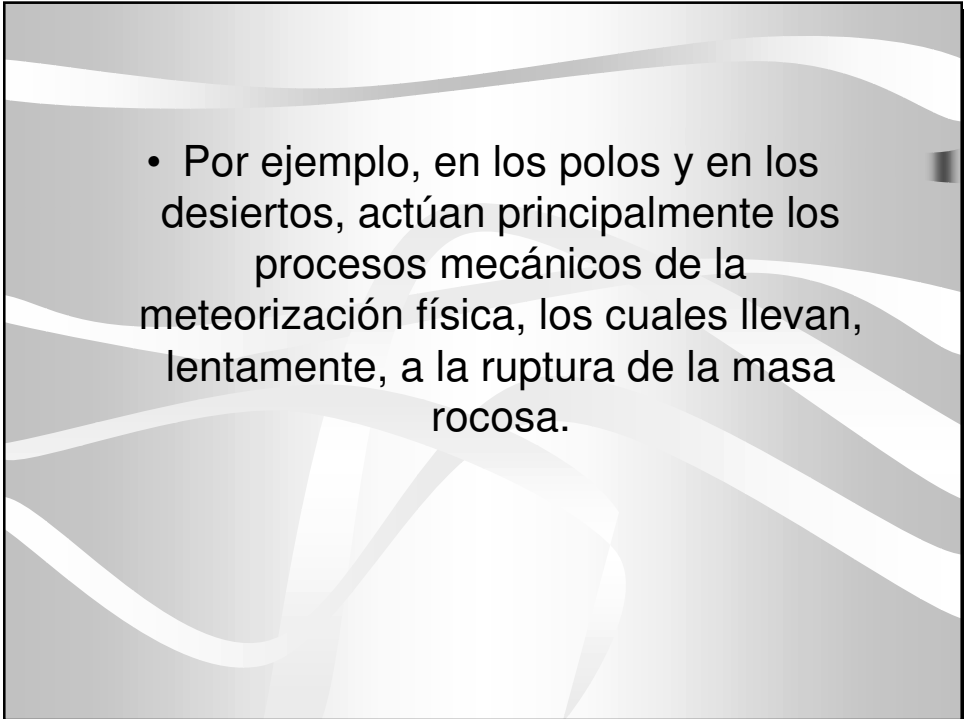
- 
- Una vez que la roca está fracturada, agentes químicos disueltos en el agua pueden penetrar a la roca y destruir las estructuras de los minerales en un proceso denominado **meteorización química**.

- 
- Los principales agentes son dióxido de carbono, proveniente de la atmósfera y del suelo, y ácidos orgánicos disueltos por el agua infiltrada.

- 
- Si estos ácidos disuelven minerales que constituyen el cemento de algunas rocas sedimentarias y/o el relleno de algunas discontinuidades selladas, la roca se debilita o se disgrega.
  - Los minerales más fácilmente alterables son la calcita, dolomita y yeso.

- 
- Con el tiempo, los ácidos disueltos en el agua pueden alterar a arcilla los cristales de feldspatos, piroxenos y anfíbolos.
  - El resultado de la descomposición será un material constituido por granos residuales de cuarzo, estable a la meteorización, en una matriz de arcilla o limo.

- 
- Los efectos y la profundidad de la roca afectada por la meteorización son dependientes del tipo de roca, del clima y del tiempo.
  - Las reacciones químicas son mucho más rápidas en climas tropicales y húmedos que en climas áridos o fríos.

- 
- Por ejemplo, en los polos y en los desiertos, actúan principalmente los procesos mecánicos de la meteorización física, los cuales llevan, lentamente, a la ruptura de la masa rocosa.

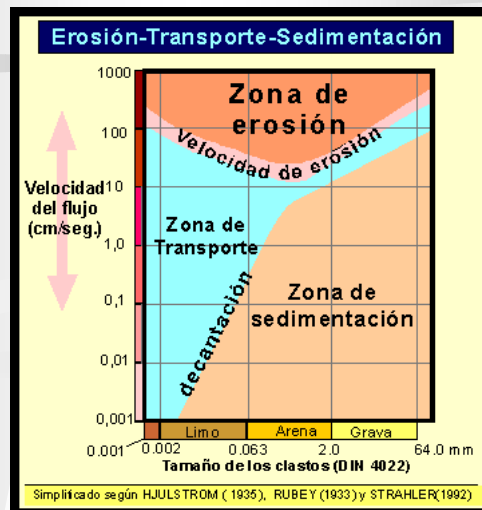
- En los trópicos los procesos mecánicos trabajan rápidamente y en conjunto con la meteorización química, de manera que rocas frescas, recién expuestas, pueden ser alteradas en un corto plazo.
- La Tabla 4.9 muestra una clasificación de rocas meteorizadas.

Tabla 4.9.- Clasificación de Rocas Meteorizadas. (Modificado de Waltham,1994).

Grado	Descripción	Litología	Fundaciones
VI	Suelo residual	Algún contenido orgánico, no se preserva estructura original, todos los minerales están descompuestos, excepto el cuarzo	Inadecuado sin análisis de suelo
V	Completamente meteorizada	Suelo, aún se reconoce estructura original	Necesita análisis de suelo
IV	Intensamente meteorizada	Parcialmente transformada a suelo, predomina suelo sobre roca	Variable y poco confiable como medio de fundación si no se cuenta con análisis
III	Moderadamente meteorizada	Parcialmente transformada a suelo, predomina roca sobre suelo	Buena para la mayoría de estructuras pequeñas
II	Ligeramente meteorizada	Roca fracturada, pátinas de alteración, feldspatos parcialmente alterados	Buena excepto para grandes presas
I	Roca fresca	Roca limpia	Buena para cualquier estructura



Tomado de apuntes W.GRIEM & S.GRIEM-KLEE.  
Universidad de Atacama



Tomado de apuntes W.GRIEM & S.GRIEM-KLEE.  
Universidad de Atacama

## Resistencia del material rocoso.

- La resistencia de una muestra de roca intacta depende de la resistencia de los minerales que la componen y de la manera en que ellos están unidos -ya sea por cristalización o cementación. La resistencia de una roca sedimentaria depende de manera importante del cemento y del arreglo de las partículas.

Tabla 4.12 .- Descripción y estimación de la resistencia en terreno. (Modificado de Waltham, 1994).

Descripción roca	UCS(Mpa)	Características
Roca muy resistente	>200	Rebote del martillo
Roca resistente	100-200	Se rompe con un golpe firme de martillo
Roca moderadamente resistente	50-100	Se marca con el martillo
Roca moderadamente blanda	10-50	No se rompe con la mano
Roca blanda	1.5-10	Se rompe con un elemento punzante
Roca muy blanda	0.6-1.5	Se rompe con la mano
Suelo muy firme	0.3-0.6	Se marca con la uña



Tabla 4.11 .- Parámetros asociados a la resistencia de las rocas. (Modificado de Waltham,1994).

Roca	Densidad Seca	Porosidad	UCS media	UCS satura da	Módulo de Elastici- dad	Resisten- cia a la tracción	Resistencia al cizalle* <sup>1</sup>	Ángulo de fricción $\phi^{\circ}$
	t/m <sup>3</sup>	%	MPa	MPa	GPa	MPa	MPa	
Granito	2.7	1	200		75	15	35	55
Basalto	2.9	2	250		90	15	40	50
Grauwaca	2.6	3	180	160	60	15	30	45
Arenisca (Cb)*	2.2	12	70	50	30	5	15	45
Arenisca (Tr)**	1.9	25	20	10	4	1	4	40
Caliza (Cb)*	2.6	3	100	90	60	10	30	35
Caliza (Jr)***	2.3	15	25	15	15	2	5	35
Limolita (Cb)	2.3	10	40	20	10	1		30
Lutita (Cb)	2.3	15	20	5	2	0.5		25
Carbón	1.4	10	30		10	2		
Yeso	2.2	5	25		20	1		30
Sal	2.1	5	12		5			
Mármol	2.6	1	100		60	10	32	35
Gneiss	2.7	1	150		45	10	30	30
Esquisto	2.7	3	60		20	2		25
Pizarra	2.7	1	90		30	10		25

\*Cb=carbonífera

\*\*Tr=triásica

\*\*\*Jr=jurásica

\*<sup>1</sup> Resistencia al cizalle directo, no confinado.

- La Tabla 4.10 muestra que una misma roca, afectada por distintos grados de meteorización, puede presentar variaciones importantes en sus propiedades.

Tabla 4.10.- Variación de las propiedades de algunas rocas asociada a diferentes grados de meteorización. (Modificado de Waltham,1994).

Grado de Meteorización	I	II	III	IV	V
Granito: Resistencia a la compresión no confinada(Mpa)	250	150	5-100	2-15	
Arenisca Triásica: Resistencia a la compresión confinada (Mpa)	30	15	5	2	<1
Arenisca carbonífera: RQD (%)	80	70	50	20	0

## Condiciones difíciles a evaluar

- Las dificultades más comunes son:
- Sedimentos de características variables.
- Roca blanda, meteorizada o fracturada, permeable.
- Cavidades naturales o artificiales dentro de la roca.

## Rocas Sedimentarias

- Permeabilidad
- Determinar la morfología de los cuerpos que varían su espesor de manera rápida.
- Grado de cementación con el fin de estimar la permeabilidad de la roca.
- Problemas durante la etapa de exploración debido a su alta dureza ortoqz)

## Rocas Igneas

- Contactos complejos, en general discordantes, difíciles de predecir.
- Diaclasas que provienen del enfriamiento y descarga del material que la cubría y que generan permeabilidad.
- Meteorización juega un papel muy importante en las propiedades.

- En rocas volcánicas, diferentes tipos de materiales presentes y zonas de alta permeabilidad.
- Las lavas con diaclasamiento columnar son una de las rocas de mayor permeabilidad.
- La superficie superior de la lava puede estar fracturada y ser porosa. La superficie inferior puede haber oxidado o alterado la roca que subyace. La porción central puede estar fracturada de manera columnar con fracturas.

## Rocas Metamórficas

- Grado de meteorización.
- Problemáticas por esquistosidad.
- Diferencia gran variedad de tipos dificultan agruparlas en rocas con problemas similares.
- Cuarzita es muy dura, problemas para perforación.
- Determinar la orientación de la foliación en la exploración.
- Muy común la existencia de diaclasas producto de la relajación de esfuerzos.



## **V. Exploración Geológica**



### **Introducción**

- Las características geológicas de los sitios donde se pretende desarrollar un proyecto son muy variadas y por lo tanto se requiere de un estudio que asegure que las condiciones geológicas cumplen con las exigencias del proyecto en particular.

## **Filosofía de la exploración**

- Con el suficiente tiempo y dinero, es posible determinar casi todos los detalles geológicos de casi cualquier lugar.
- La exploración se orienta a determinar los rasgos geológicos relevantes de la roca en el lugar mismo del proyecto.
  - Es importante un reconocimiento geológico a nivel más regional.

## **Exploración o Investigación Geológica de Sitio**

- **Definición y Objetivos**
  - Se define una investigación de sitio como una investigación del lugar donde se va a desarrollar un proyecto en particular.
  - Los objetivos de una investigación de sitio varían con el tamaño y naturaleza del proyecto propuesto.

Usualmente, incluye uno o más de los siguientes objetivos:

- a) Determinar si el lugar es o no apropiado para el proyecto propuesto.**
- b) Determinar las condiciones del lugar y las propiedades de suelos y rocas.**

Por otra parte la planificación de la investigación, en el caso de proyectos de geotecnia debe estar dirigida a mejorar los datos referentes a :

- a) Tipo y ubicación de los distintos materiales**
- b) La profundidad a la que se encuentra el basamento rocoso**
- c) Características del fracturamiento**
- d) Propiedades de resistencia y variaciones estructurales de los materiales, así como la existencia de cavidades naturales o artificiales**

## Costo de la investigación

- La extensión y costo de la investigación de sitio varía enormemente dependiendo de la naturaleza del proyecto y de la complejidad local.

Tabla 1.- Costos Típicos para Investigación del Sitio

• Proyecto	% del Costo Total
• Edificios	0.05 — 0.2
• Caminos	0.2 –1.5
• Represas	1 - 3



- El principio de cualquier investigación de sitio es continuar hasta que las condiciones del lugar son conocidas y suficientemente comprendidas.
- Este principio debe ser aplicado sin importar el costo. Si se duplica el presupuesto para la investigación de sitio ésta no supera, en general, el 1% del costo total del proyecto. Sin embargo, si debido a una inadecuada investigación de sitio, se encuentran condiciones imprevistas adversas, el costo de un proyecto puede ser incrementado en hasta un 10%.

## **Etapas de una investigación de sitio**

- Una investigación de sitio se divide en tres etapas: etapa inicial, etapa principal y etapa de revisión.
- Las etapas señaladas están en orden de costo ascendente de manera que constituyen en el tiempo una secuencia costo-efectiva.

## **Etapas Inicial**

- Esta etapa incluye :
  - Estudio crítico, en gabinete, de los antecedentes disponibles.
  - Visita al lugar y reconocimiento visual.
  - Informe preliminar y plan de trabajo de terreno.

## **Etapas principales**

- Trabajo de terreno
  - i) mapeo geológico si es necesario,
  - ii) reconocimiento geofísico si es apropiado,
  - iii) excavación y estudio de calicatas, zanjales y sondajes,
  - iv) ensayos de laboratorio, principalmente de suelos.
- Informe final

## **Etapas de revisión**

- Monitoreo durante excavación y construcción.

## **Bibliografía**

- Fookes, P.G. 1997. Geology for Engineers: the Geological Model, Prediction and Performance. Quarterly Journal of Engineering Geology, 30.293-424.
- Goodman, R. 1993. Engineering Geology. Rock in Engineering Construction. John Wiley & Sons, Inc. 412p.
- Blyth, F.G.H. Y M.H. de Freitas. 1989. Geología para ingenieros. Compañía Editorial Continental, S.A., México. 440p.