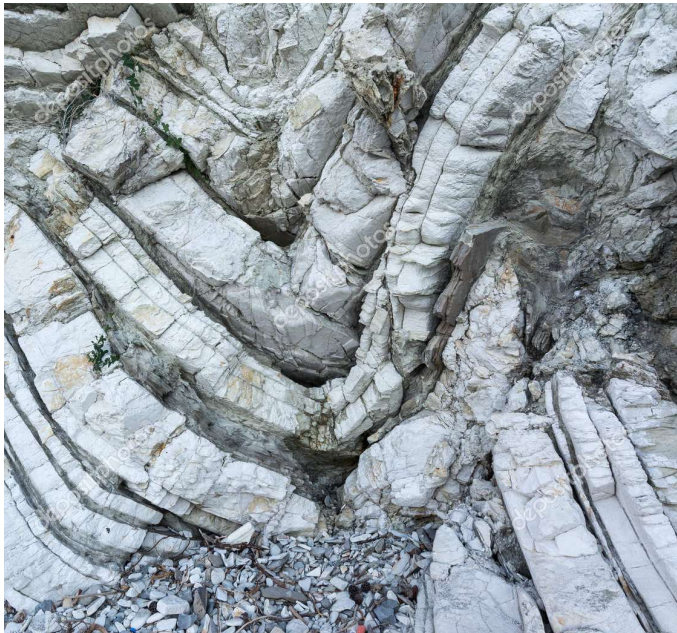


# Geología estructural, geomorfología e hidrogeología



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

# Índice



- **Geología estructural**
- Geomorfología
- Hidrogeología

# Geología estructural



- Análisis del **esfuerzo (tensión) y la deformación** en la corteza
- Análisis de la respuesta de las rocas frente al **esfuerzo (tensión)**

## Intereses:

- Conocimiento científico
- Energías renovables y no renovables
- Minerales y metales estratégicos
- Aguas subterráneas
- Riesgo geológico
- **Fundaciones**



<http://estructural.materias.gl.fcen.uba.ar/>

# Deformación



**Acción de procesos endógenos: movimiento de placas tectónicas, vulcanismo, sismos**

Factores que controlan la deformación:

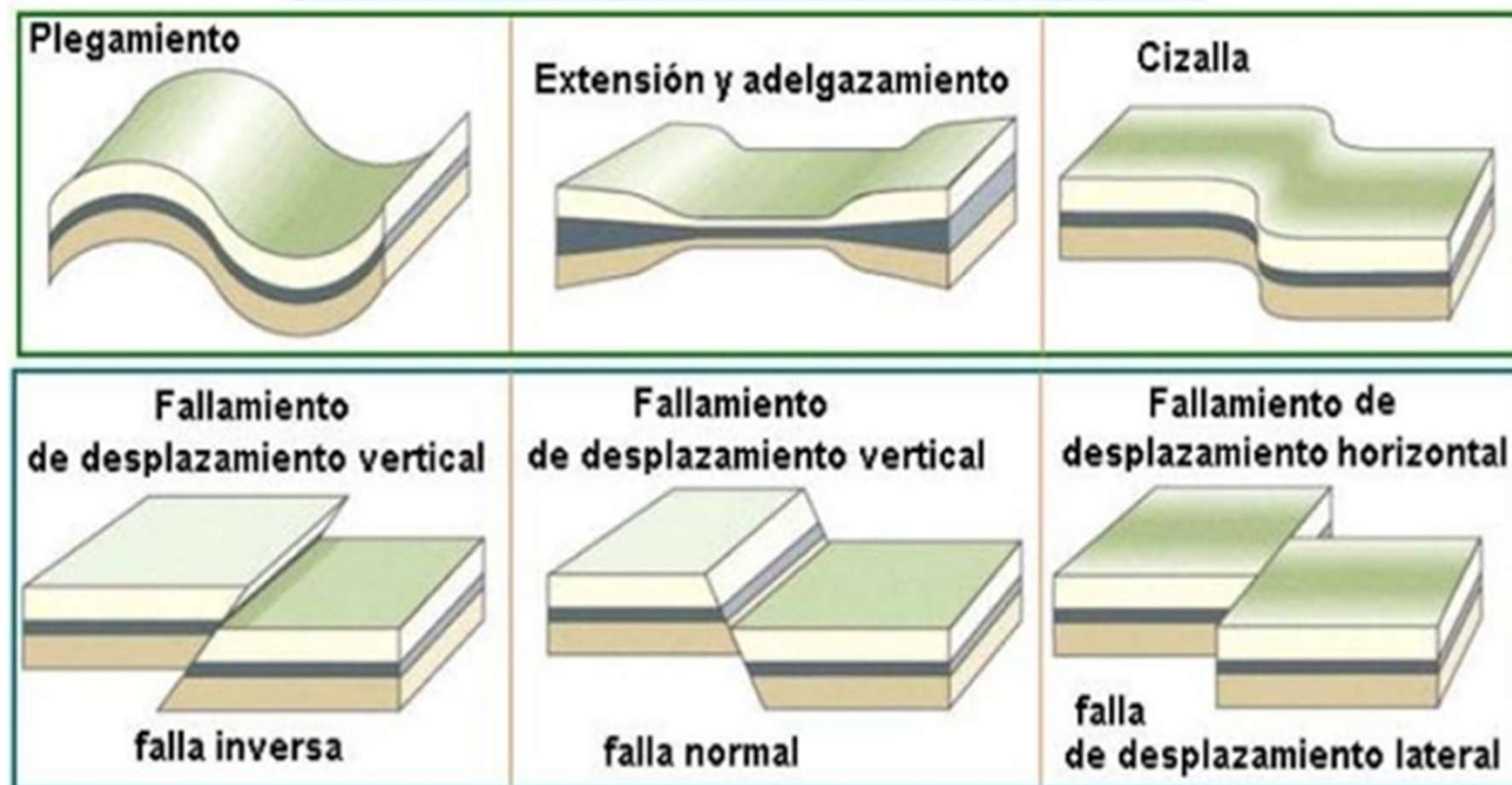
- Tipo y magnitud de esfuerzos
- Tipo de roca
- Temperatura
- Presión de confinamiento
- Tiempo de aplicación de esfuerzos
- Presencia y presión de fluidos
- Anisotropías preexistentes



# Tipo de esfuerzos



## Estructuras resultantes de cada tipo de esfuerzos



<http://usuarios.geofisica.unam.mx/cecilia/cursos/33b-DEFORMACION.pdf>

# Tipo de roca

En el mismo ambiente geológico distintas rocas se deforman de manera diferente



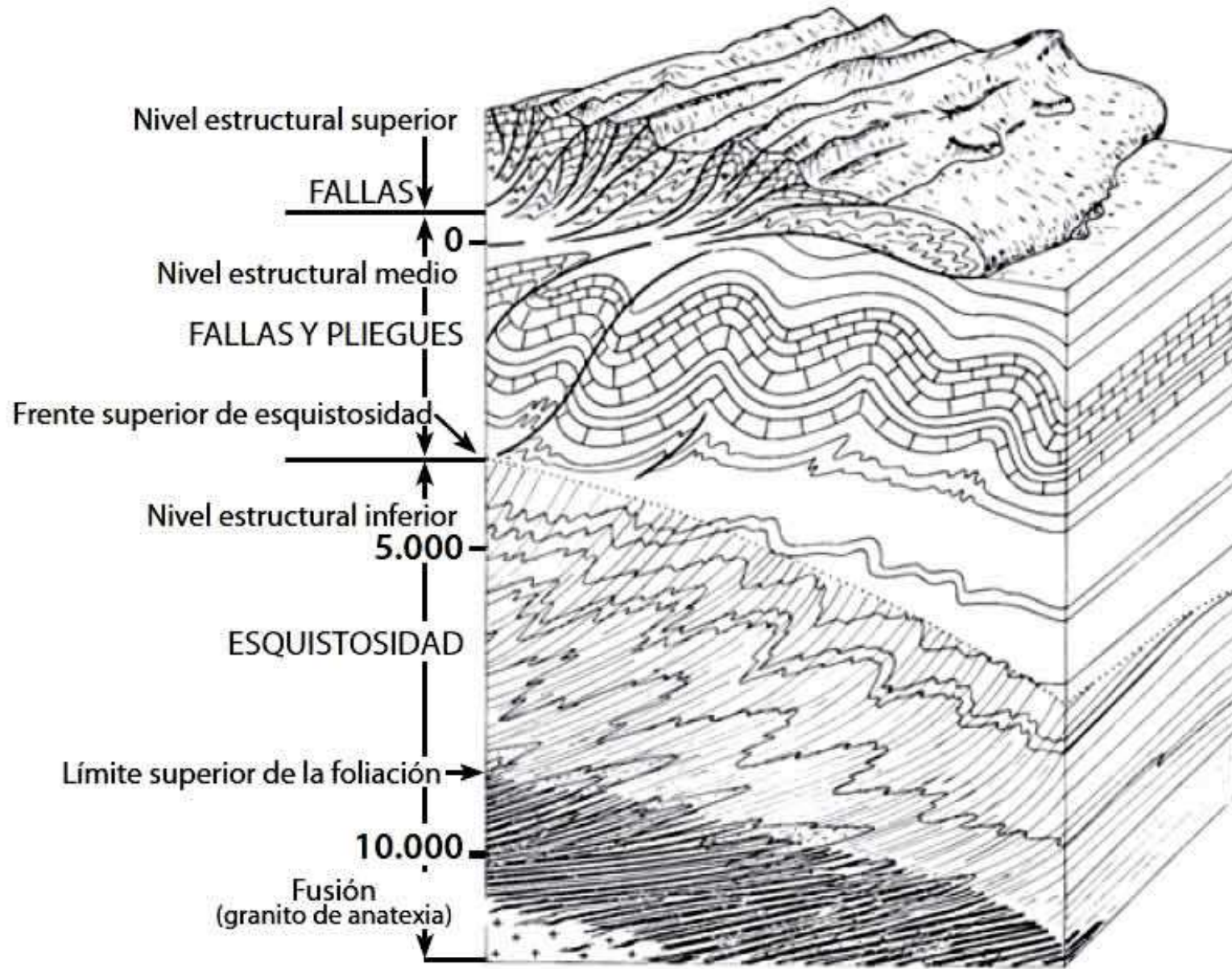
**Rocas incompetentes:** se deforman bajo acción de tensiones bajas a moderadas. (rocas arcillosas, deformación plástica)

**Rocas competentes:** se deforman por acción de grandes tensiones. (granitos, comportamiento frágil)

Isla Blå Jungfrun, Suecia (M.V. Altinier, 2019)



# Temperatura y presión

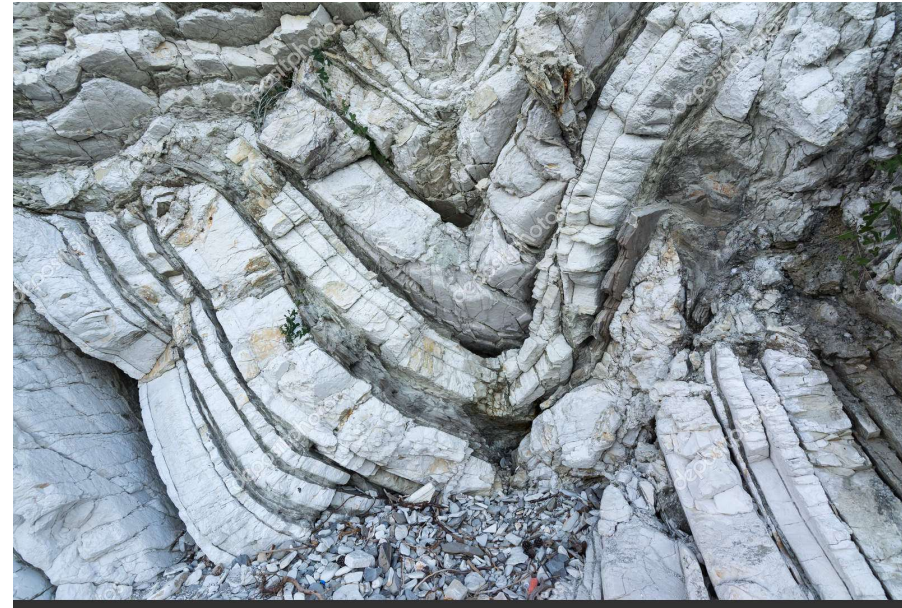


Niveles estructurales de la corteza terrestre (Mattaue, 1976)



# Temperatura y presión

Calizas plegadas



Calizas diaclasadas



<https://fernandobastida-ib.blogspot.com/p/fotos-geologia-diaclasas-joints.html>

depositphotos

Image ID: 132773170 | www.depositphotos.com



# Temperatura



Basalto en superficie → frágil



<https://www.rocasym minerales.net/basalto/#prettyPhoto>

Lava basáltica extruida  
(700° C – 1200° C) → dúctil



<https://ingeoexpert.com/articulo/coladas-lava-tipos-caracteristicas/?v=5b61a1b298a0>

# Pliegues

- Esfuerzos de compresión
- Deformación plástica
- Engrosamiento de la corteza terrestre
- Estado plástico: profundidad (P y T) depende del tipo de roca

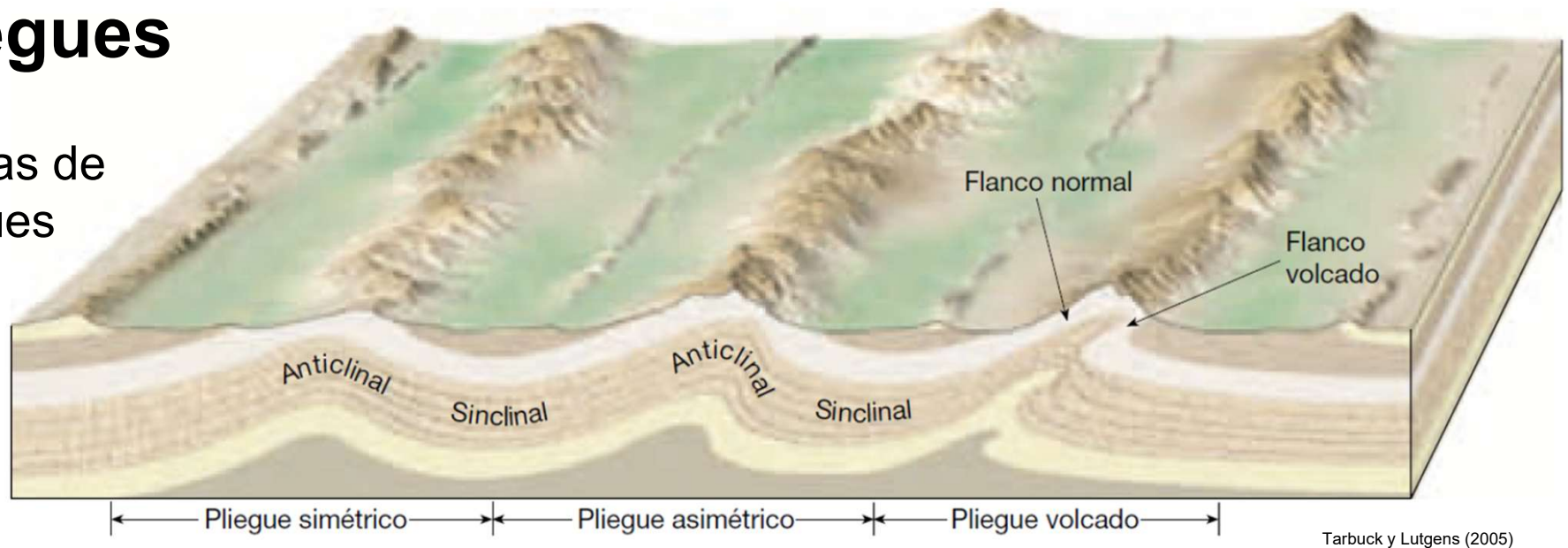


▲ **Figura 10.3** Estratos sedimentarios deformados que afloraron al hacer la carretera de Palmdale, California. Además del plegamiento obvio, los estratos claros están desplazados a lo largo de una falla localizada en el lado derecho de la fotografía. (Foto de E. J. Tarbuck.)



# Pliegues

## Formas de pliegues



Tarbuck y Lutgens (2005)

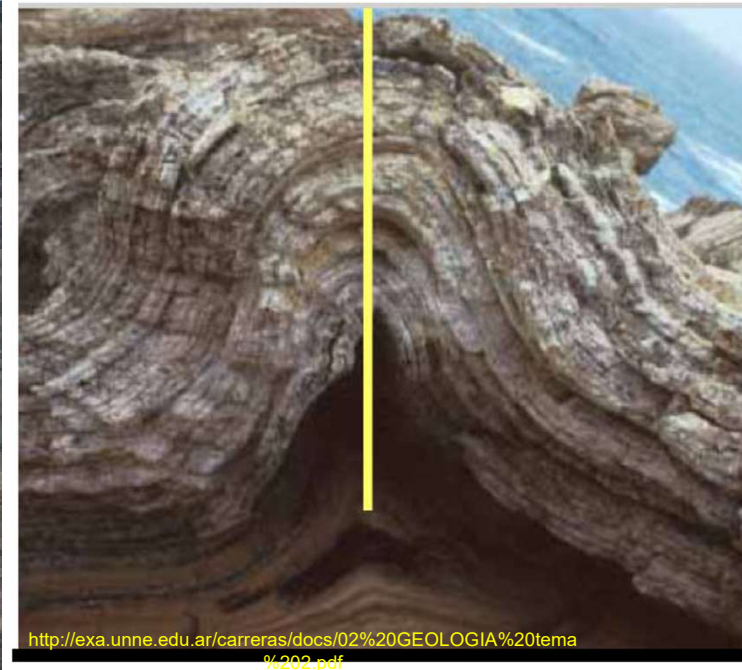
- **Anticlinal:** pliegue convexo
- **Sinclinal:** pliegue cóncavo
- **Pliegue simétrico**
- **Pliegue asimétrico**
- **Pliegue volcado:** ángulo de inclinación entre superficie axial y horizontal  $>45^\circ$
- **Pliegue recostado:** superficie axial y flancos horizontales

# Pliegues anticlinales y sinclinales

## Sinclinal



## Anticlinal





# Fracturas



## Diaclasas

- Desplazamiento paralelo al plano de fracturación nulo o imperceptible
- Desplazamiento de bloques perpendicular al plano de fracturación



[https://www.flickr.com/photos/banco\\_imagenes\\_geologicas/albums/with/72157624907313759](https://www.flickr.com/photos/banco_imagenes_geologicas/albums/with/72157624907313759)

## Fallas

- Desplazamientos de bloques paralelo al plano de fracturación

Discontinuidades estrechas y planas  
↔ comportamiento frágil de la roca.



[https://www.flickr.com/photos/banco\\_imagenes\\_geologicas/albums/with/72157624907549475/with/5023987322/](https://www.flickr.com/photos/banco_imagenes_geologicas/albums/with/72157624907549475/with/5023987322/)

# Fallas

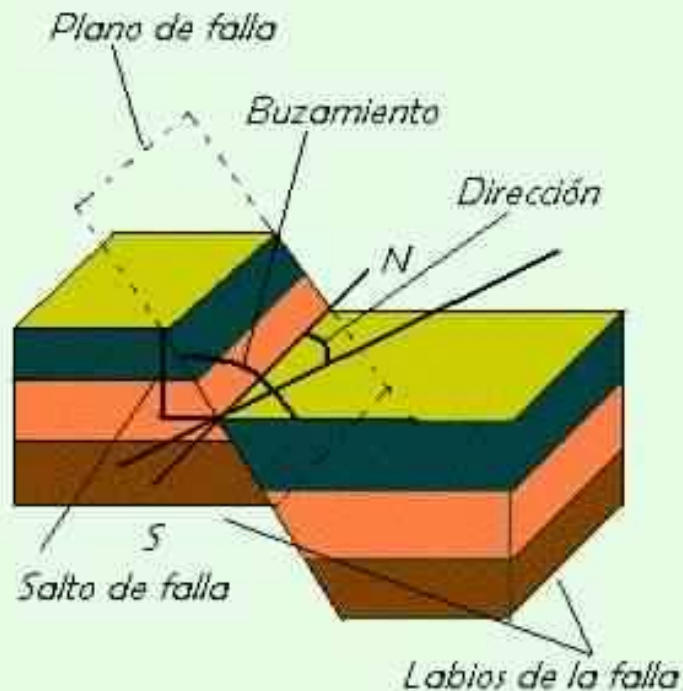


Esfuerzos tensionales, de cizalla o compresivos

Comportamiento frágil → formación de fracturas

Desplazamiento de bloques paralelo al plano de fracturación

## Elementos de una falla



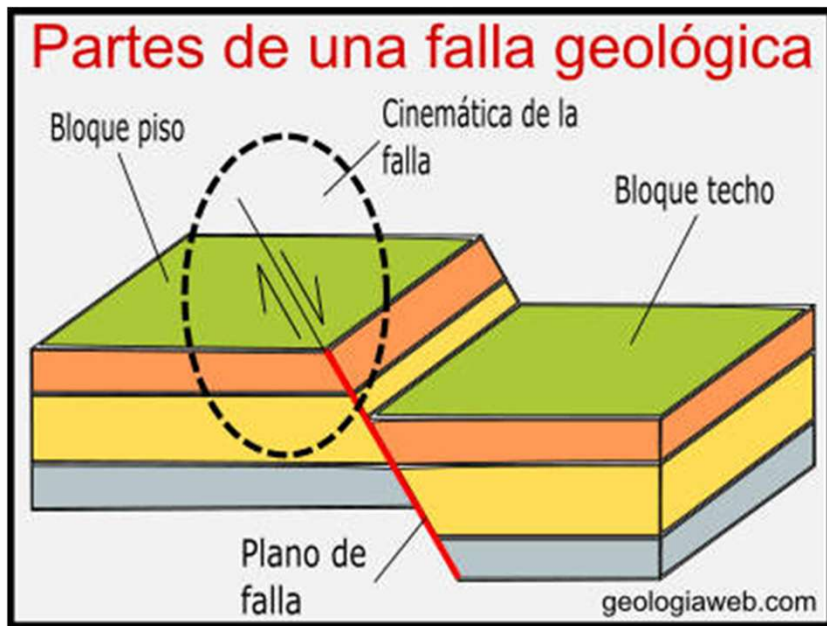
**Plano de falla**: superficie de rotura sobre la que se produce el desplazamiento de bloques.

**Bloques de falla (Labios)**: cada uno de los bloques que se desplaza

**Salto de falla**: desplazamiento de un bloque con respecto al otro medido en las componentes vertical y horizontal



# Fallas

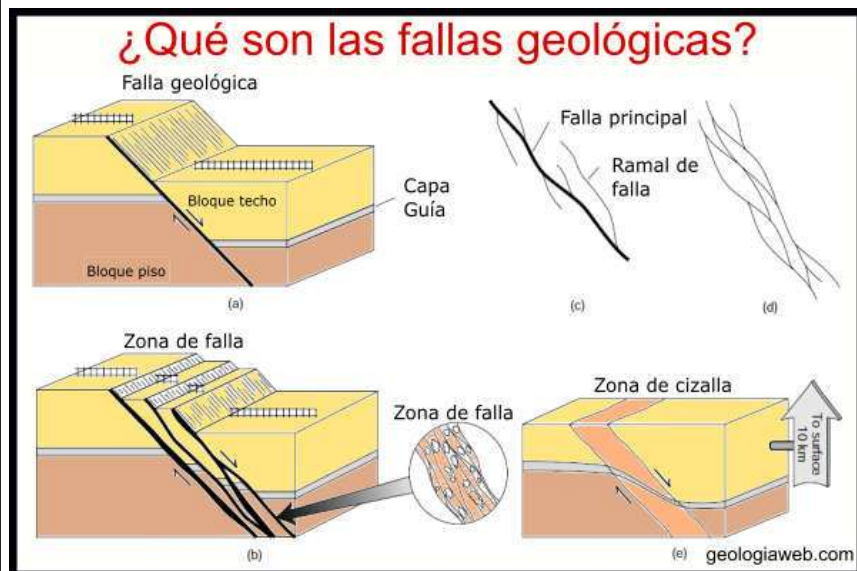


Bloque de piso o bloque inferior: bloque ubicado debajo del plano de falla

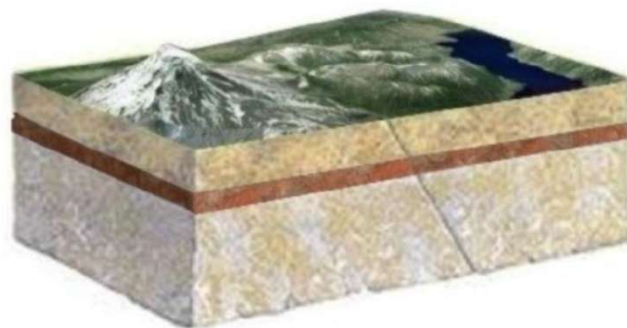
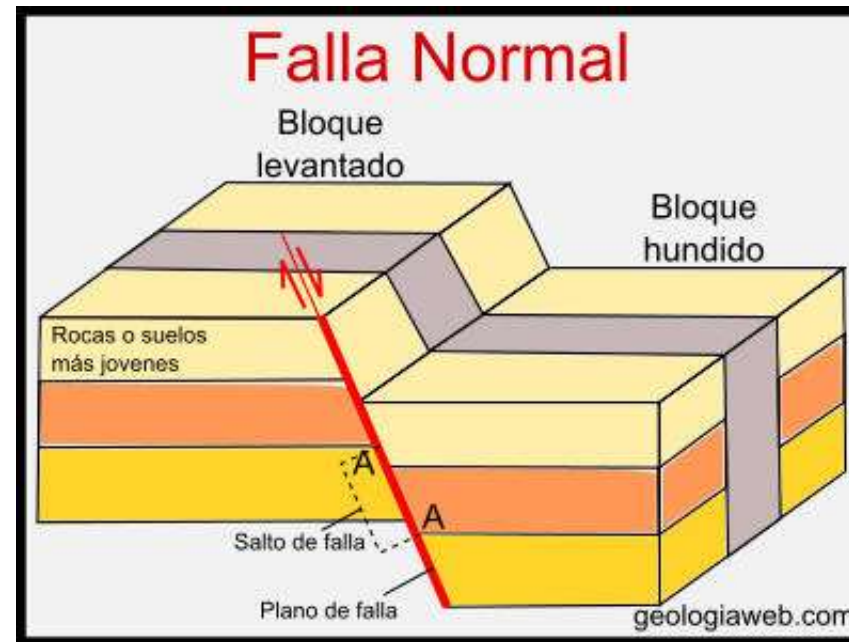
Bloque de techo o bloque superior: bloque ubicado encima del plano de falla



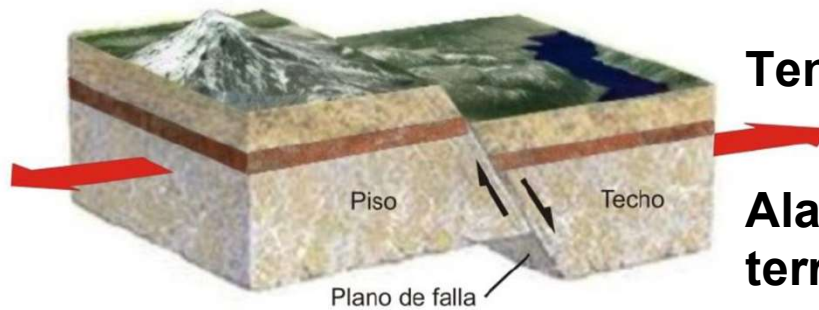
<http://contenidos.inpres.gov.ar/docs/Fallas%20Geol%C3%B3gicas.pdf>



# Fallas normales



<http://contenidos.inpres.gov.ar/docs/Fallas%20Geol%C3%B3gicas.pdf>



**Tensión horizontal**

**Alargamiento del terreno**

Bloque hundido (techo): desliza hacia abajo, se hunde  
Bloque levantado (piso): desliza hacia arriba, se levanta

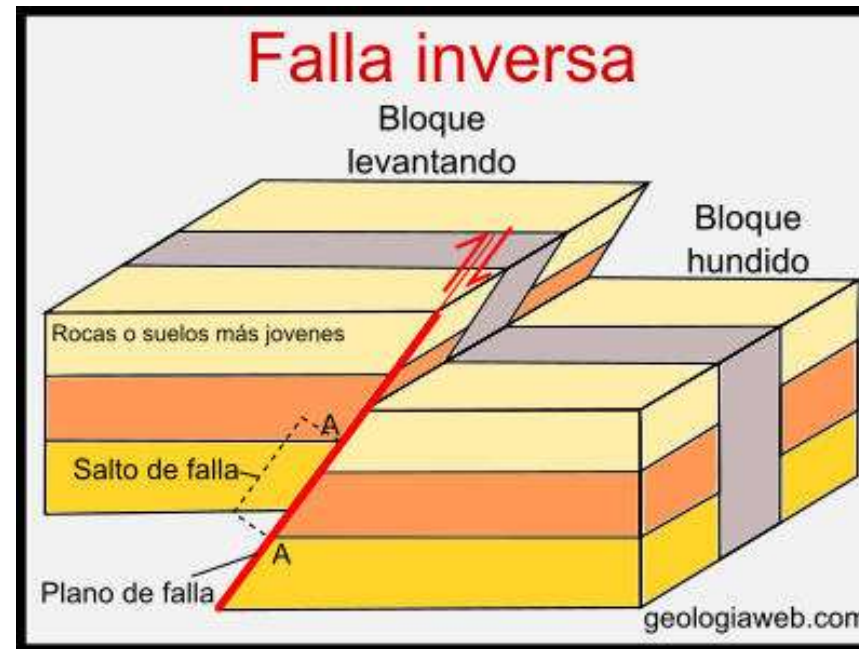


# Falla normal

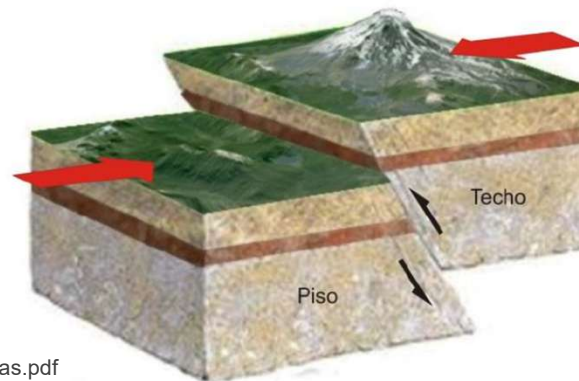


<http://contenidos.inpres.gov.ar/docs/Fallas%20Geol%C3%B3gicas.pdf>

# Fallas inversas



<http://contenidos.inpres.gov.ar/docs/Fallas%20Geol%C3%B3gicas.pdf>



**Compresión horizontal**

**Acortamiento del terreno**

Bloque levantado (techo): desliza hacia arriba, se levanta

Bloque hundido (piso): desliza hacia abajo, se hunde

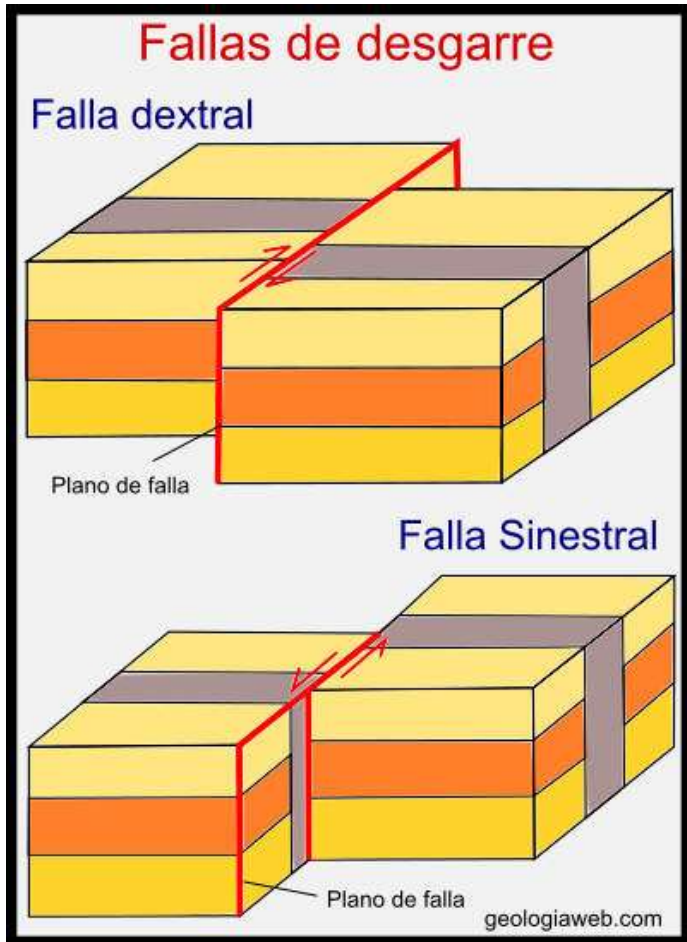


# Falla inversa



<http://contenidos.inpres.gov.ar/docs/Fallas%20Geol%C3%B3gicas.pdf>

# Fallas de desgarre o transcurrentes



Zonas de fallas → varios km

**Planos de falla verticales**

Esfuerzos de cizalla

**Desplazamiento de bloques paralelo a la superficie del terreno**



<http://contenidos.inpres.gov.ar/docs/Fallas%20Geol%C3%B3gicas.pdf>



# Fallas de desgarre o transcurrentes



Falla de San Andrés (<https://static3.a24.com/images/2019/9/6/r1I9K7JUH-900x000.jpeg>)

# Índice



- Geología estructural
- **Geomorfología**
- Hidrogeología



# Geomorfología



## Procesos geológicos

- Cambios físicos y químicos que modifican la superficie terrestre

## Procesos endógenos formadores de relieve

- Movimientos tectónicos
- Vulcanismo
- Actividad sísmica

## Procesos exógenos modeladores del relieve

- Meteorización (física, química, biológica)
- Erosión
- Transporte
- Depositación
- Procesos gravitacionales

# Procesos exógenos



## Meteorización

- Desagregación y alteración de materiales *in situ*
- Meteorización física: desagregación por procesos físicos
- Meteorización química: desagregación por alteración química de minerales
- Meteorización biológica: fracturación o alteración química por intervención de seres vivos

## Erosión

- Remoción del material por acción de agentes geomórficos

## Transporte

- Traslado de los materiales por medio de agentes geomórficos hasta su depositación



# Procesos exógenos



## Depositación

Acumulación de los materiales transportados en cuencas sedimentarias

## Procesos gravitacionales

Movimiento pendiente abajo por acción de la gravedad

## Agentes geomorfológicos

Incorporan y transportan material: ríos, glaciares, viento, precipitación, olas, corrientes marinas, etc.



## Factores determinantes en el modelado del relieve

- Agente geomórfico actuante
- Estructura geológica
- Clima ↔ procesos, agentes y vegetación
- Litología
- Cubierta vegetal
- Tiempo
- Procesos exógenos y endógenos
- Acción antrópica



## Deforestación: erosión, degradación y pérdida de suelo por acción antrópica



<https://elpais.com/internacional/2021-04-24/el-superpoder-de-la-soja-en-brasil.html>

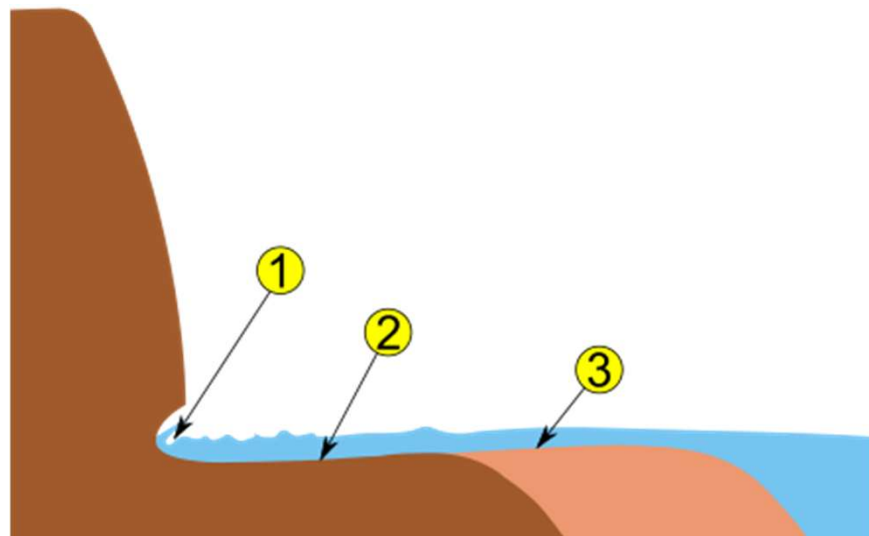
Deforestación del Amazonas (Brasil) por malas prácticas agrícolas asociadas al cultivo de soja

# Geoformas marinas



## Erosión

- Acantilados
- Arcos
- Pilares
- Plataformas de abrasión



1. Socavón (**inestabilidad acantilado**)
2. Plataforma de abrasión
3. Plataforma de acumulación

# Acantilados



Acantilados de Mar del Plata



# Plataforma de abrasión



Península Valdés, Chubut

# Planicies de mareas y marismas



Punta Rasa, Provincia de Buenos Aires Argentina)



# Geoformas fluviales

Acción de cursos  
superficiales de agua

- Formas erosivas:

- Valle
- Canal
- Escarpa fluvial

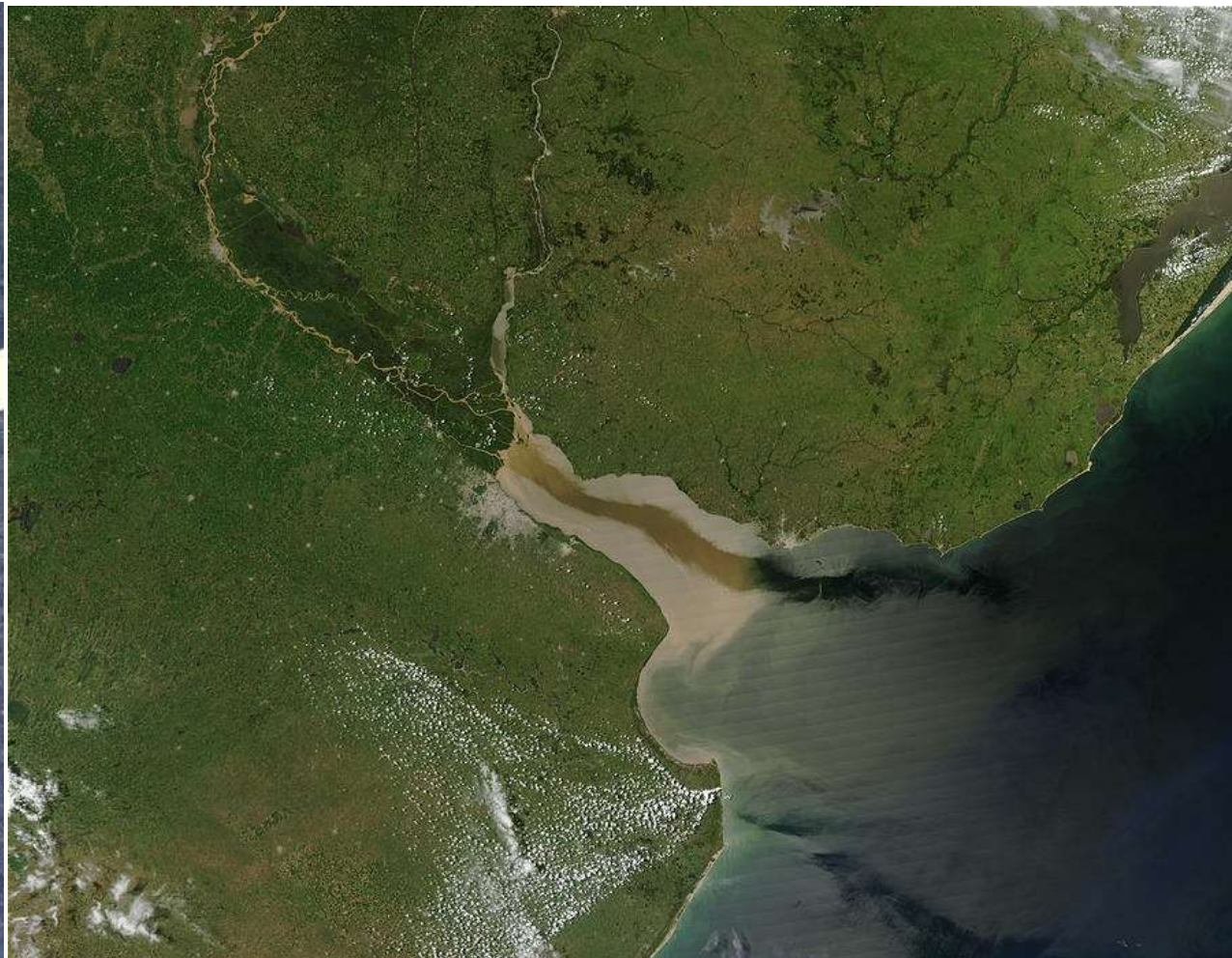
- Formas de acumulación:

- Planicies aluviales
- Abanicos aluviales
- Barras
- Deltas





# Deltas (suelos “blandos”)



Descloitres, MODISRapid Response Team, NASA/GSFC

Delta del Paraná: Cuenca del Plata



# Abanico aluvial





# Geoformas glaciarias

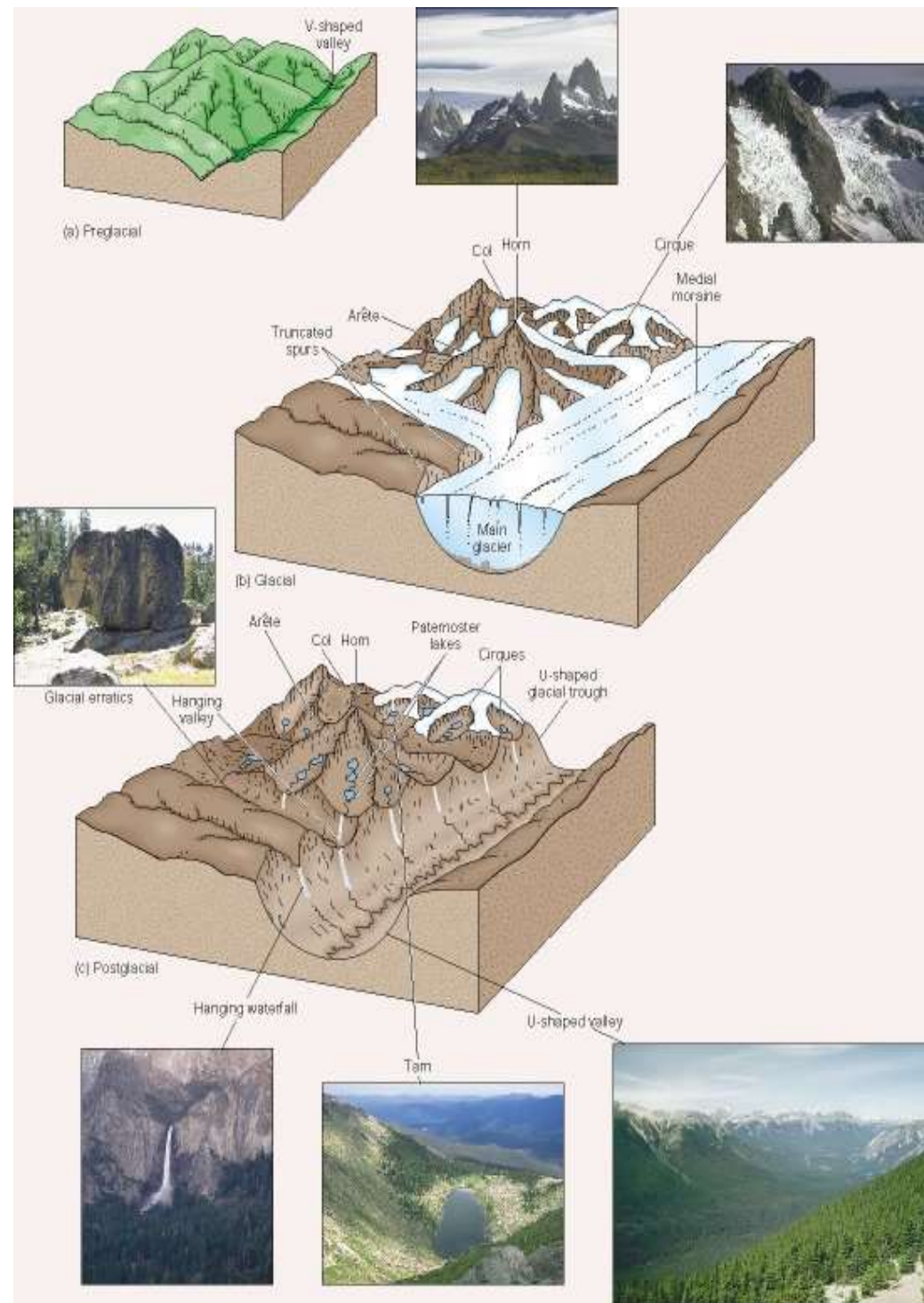
- Casquetes polares
- Glaciares de valle

## Erosión

- Valle
- Valles colgados
- Circos
- Agujas
- Lagos en rosario

## Acumulación

- Morenas
- Bloques erráticos
- Rocas aborregadas





# Valle glaciario



# Morenas



*Figura 1. El glaciar Vincoiguerra presenta una superficie de aproximadamente 0,6 km<sup>2</sup>. En la imagen se puede observar la abrupta pared posterior del anfiteatro (circo) que contiene al glaciar. Por delante del glaciar se observa una colina alargada de rocas y sedimentos (morena frontal) depositados por el frente del glaciar durante una fase de avance, posiblemente unos 150 a 200 años atrás.*

<http://coleccionlalupa.com.ar/1764-2/>



# Geoformas eólicas



Acción del viento muy importante en áreas poco o nada vegetadas

## Formas erosivas

- Pavimento rocoso
- Hoyos de deflación

## Formas de acumulación

- Dunas
- Loess





# Pavimento del desierto

Concentración superficial de material grueso por erosión del material fino (arenas, limos y arcillas) debido a la acción del viento



[https://www.flickr.com/photos/banco\\_imagenes\\_geologicas/5013519435/in/album-72157624884384307/](https://www.flickr.com/photos/banco_imagenes_geologicas/5013519435/in/album-72157624884384307/)



[https://www.flickr.com/photos/banco\\_imagenes\\_geologicas/5013519265/in/album-72157624884384307/](https://www.flickr.com/photos/banco_imagenes_geologicas/5013519265/in/album-72157624884384307/)

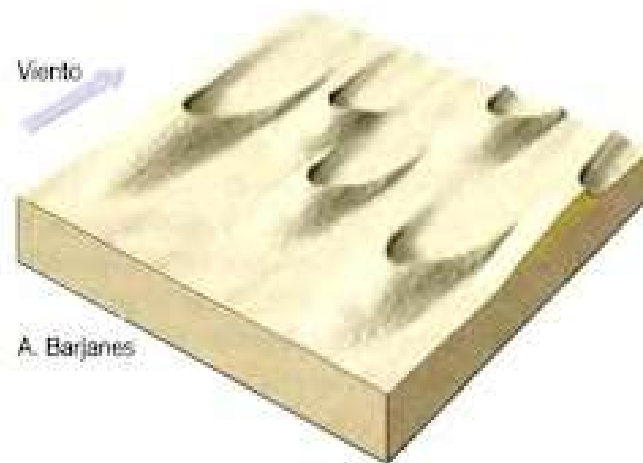


[https://www.flickr.com/photos/banco\\_imagenes\\_geologicas/5014123632/in/album-72157624884384307/](https://www.flickr.com/photos/banco_imagenes_geologicas/5014123632/in/album-72157624884384307/)

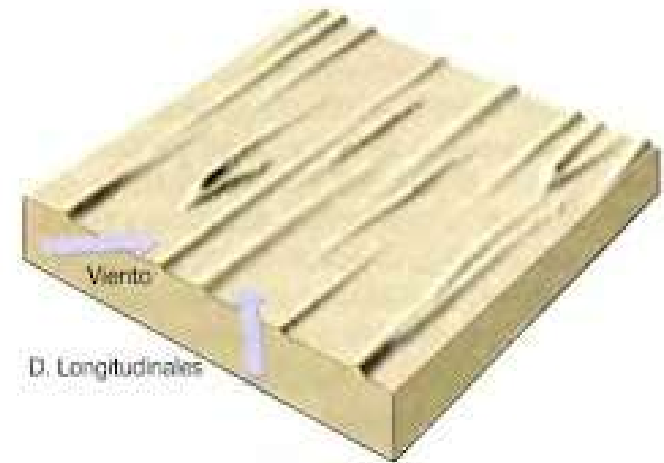


# Dunas

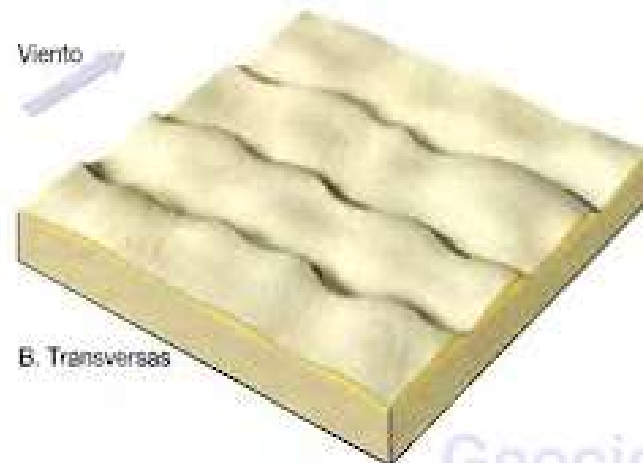
Tipos de duna:  
disponibilidad  
de arena e  
intensidad y  
dirección  
de vientos



A. Barjanes



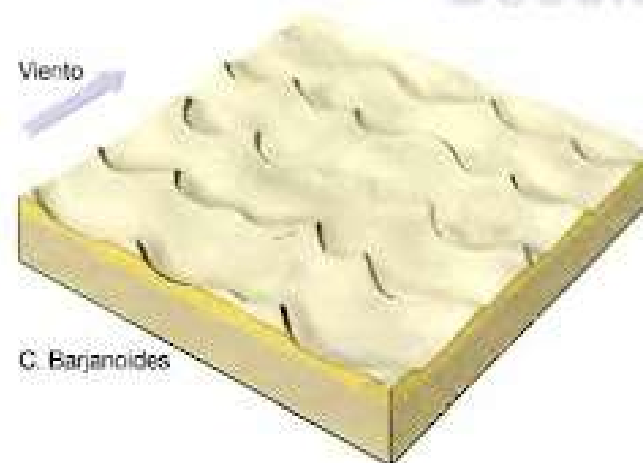
D. Longitudinales



B. Transversas



E. Parabólicas



C. Barjanoides



F. En estrella

Geociencia.org

# Loess (Pampeano=loess modificado)



Acumulación de sedimentos=suelos finos (limos y arcillas) de material transportado por viento



# Procesos gravitacionales o de remoción en masa



## Movimientos de roca, regolito o suelo pendiente abajo por influencia de la gravedad

- No necesita agente de transporte
- Disparadores
  - Terremotos
  - Pérdida de cobertura vegetal
  - Lluvias torrenciales
  - Deshielo
  - Variación en el nivel freático



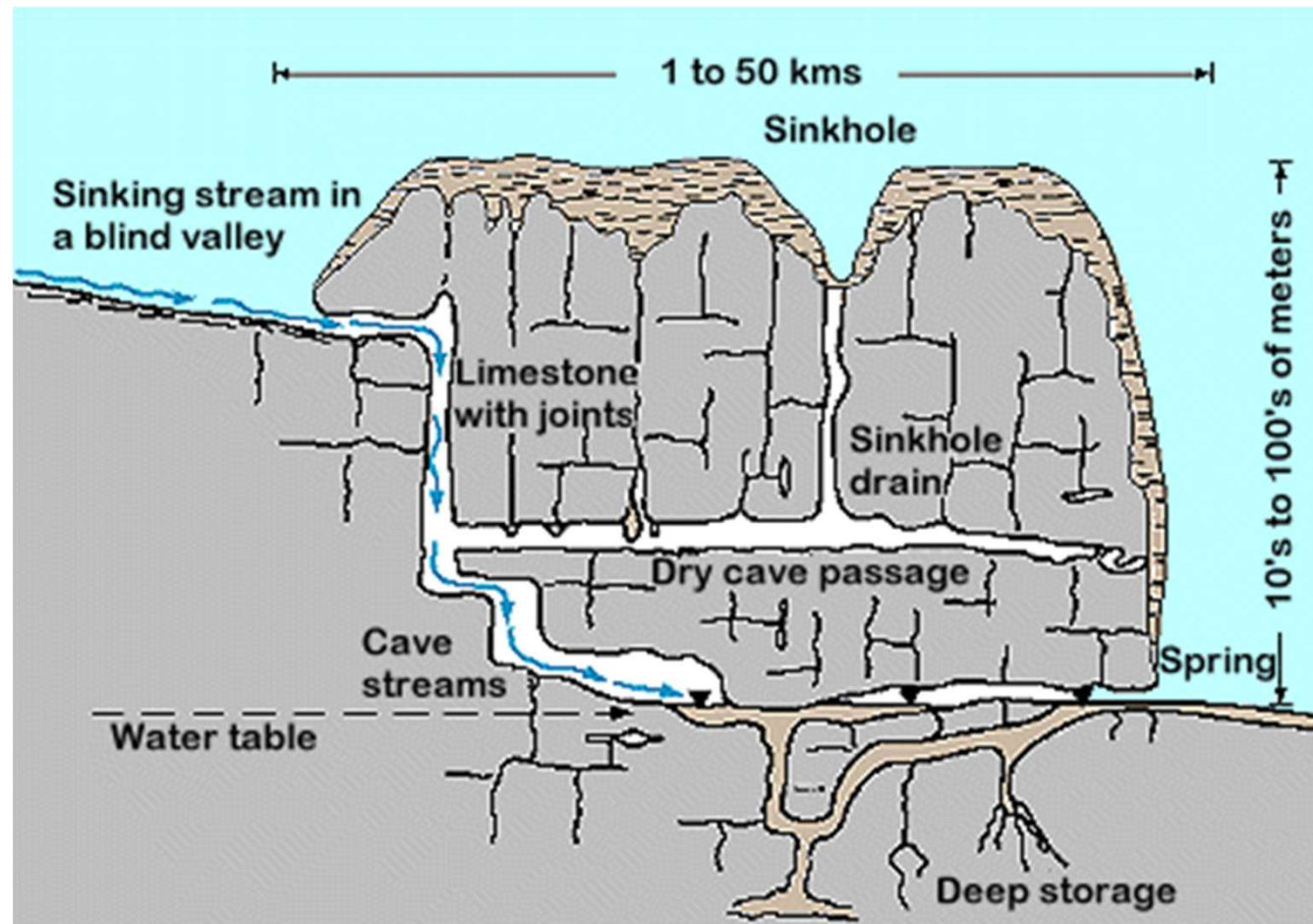
<https://www.geotecnia.online/wp-content/uploads/2017/03/landslide3-1024x683.jpg>

# Geoformas Kársticas



## Disolución y precipitación de la roca

- Roca soluble (calizas, halita, yeso)
- Diferencias de resistencia y solubilidad
- Lluvias intensas
- Lluvias estacionales
- Aguas pH ácido





# Índice



- Geología estructural
- Geomorfología
- **Hidrogeología**

# Ciclo hidrológico

Circulación del agua desde los océanos a la atmósfera, de la atmósfera a los continentes y de los continentes al océano

- Interacción de todos los componentes de la hidrósfera
- Motor del ciclo hidrológico: energía solar
- Flujo del agua en la tierra en todos sus estados físicos
- Procesos: evaporación, condensación, precipitación, transpiración de plantas, etc.





# Aguas subterráneas

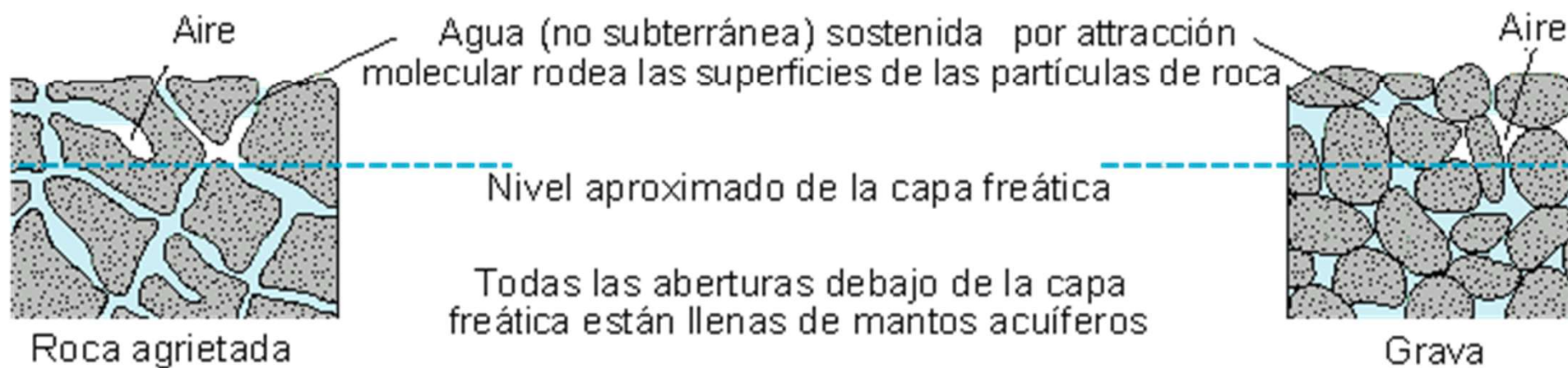
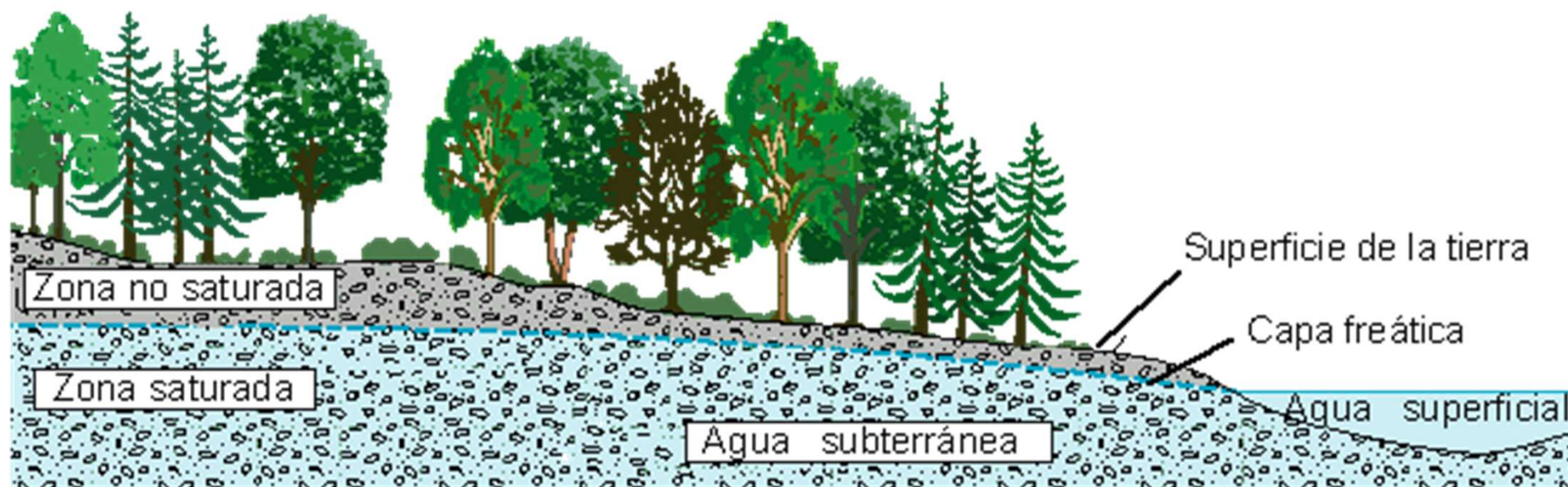
Del total de agua dulce en el planeta:

- Agua subterránea ~ 14%
- Glaciares y casquetes polares ~ 85%
- Aguas superficiales ~ 1%



Aguas subterránea mejor calidad química que superficial ↔ filtrado natural

# Aguas subterráneas





# Agua subterránea



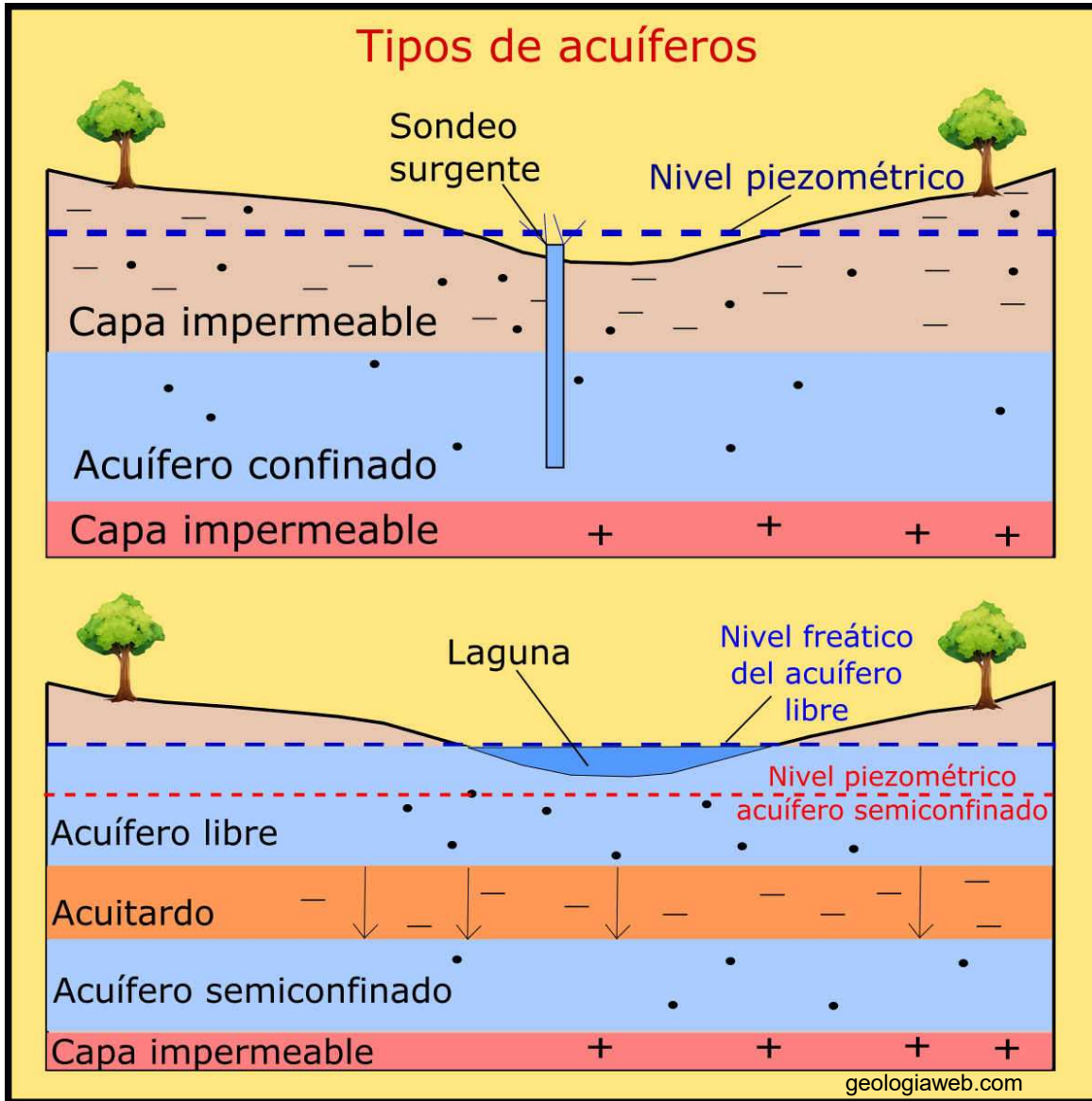
Los estratos de roca o sedimentos pueden actuar como:

- **Acuífero:** capacidad de recibir, almacenar y transportar agua. Alta permeabilidad y porosidad primaria o secundaria e importante interconexión de poros o fracturas. Explotable (arenas, gravas, granitos fracturados o cualquier otra roca compacta con fracturación)
- **Acuitardo:** capacidad de almacenar agua y moderada a baja permeabilidad. Transmiten agua lentamente a acuíferos adyacentes (arenas arcillosas, arenas limosas, limos, rocas compactas poco fracturadas)
- **Acuícludo:** muy baja permeabilidad, aunque contiene agua. No explotables. (arcillas, arcillas limosas).
- **Acuífugo:** unidades que no contienen ni transmiten agua, baja proporción de vacíos interconectados (granitos y otras rocas compactas).

# Agua subterránea



## Tipos de acuíferos

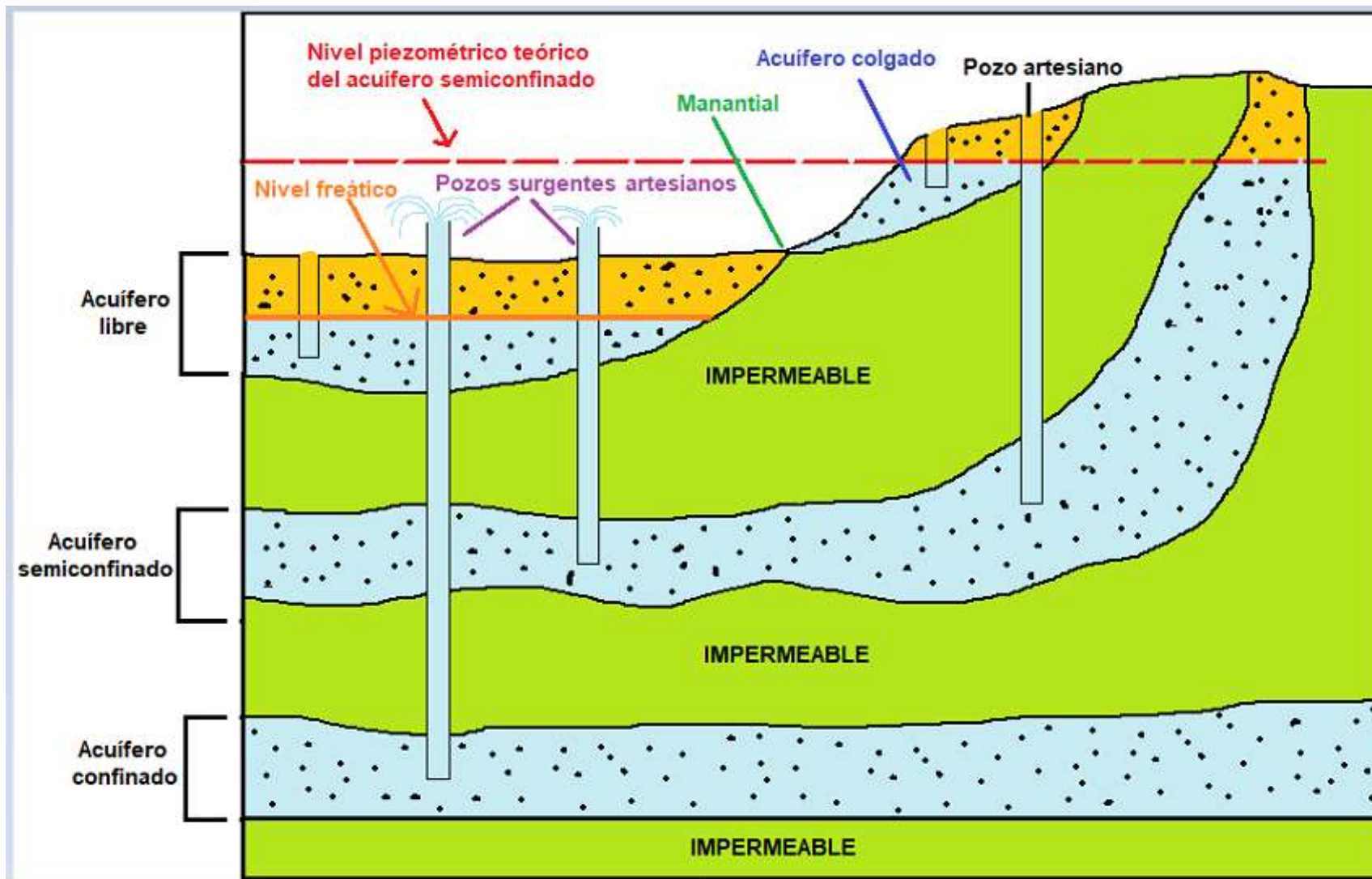


- **Acuífero libre o freático:** límite superior (techo) coincide con la superficie freática  $\rightarrow P_{\text{agua}} = P_{\text{atm}}$   
Espesor varía con las oscilaciones de la superficie freática: espesor saturado
- **Acuífero confinado:** limitado en su base y techo por formaciones impermeables  $\rightarrow P_{\text{agua}} > P_{\text{atm}}$  Nivel de agua coincide con el nivel piezométrico  
Espesor fijo = espesor de la formación geológica que lo constituye
- **Acuífero semiconfinado:** limitado por un acuitardo en el techo y un acuicludo en la base. Recarga desde el acuitardo  $\rightarrow P_{\text{agua}} > P_{\text{atm}}$  Nivel de agua corresponde al nivel piezométrico

geologiaweb.com



# Agua subterránea



[http://agrega.juntadeandalucia.es/repositorio/07022019/78/es-an\\_2019020712\\_9084331/42acuferos\\_estructura\\_y\\_tipos.html](http://agrega.juntadeandalucia.es/repositorio/07022019/78/es-an_2019020712_9084331/42acuferos_estructura_y_tipos.html)

Donde la superficie piezométrica está por encima de la topográfica hay surgencia de agua: manantiales y, en caso de perforaciones, pozos surgentes

# Bibliografía



## Básica

- **Tarbuck. Ciencias de la Tierra. Pearson\***
- **Walthan. Foundations of Engineering Geology. Spon Press**

## Complementaria

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

**\*Cap.: 1, 2, 3, 4, 7, 8, 10, 12, 13, 14, 17**