

EL AGUA VISIBLE Y EL AGUA INVISIBLE



EL AGUA SUBTERRÁNEA Y LOS ACUÍFEROS

Mario Valencia Cuesta

Hidrogeólogo

Aguas Subterráneas Ltda.

aguassubterranneas@gmail.com,

www.aguassub.com

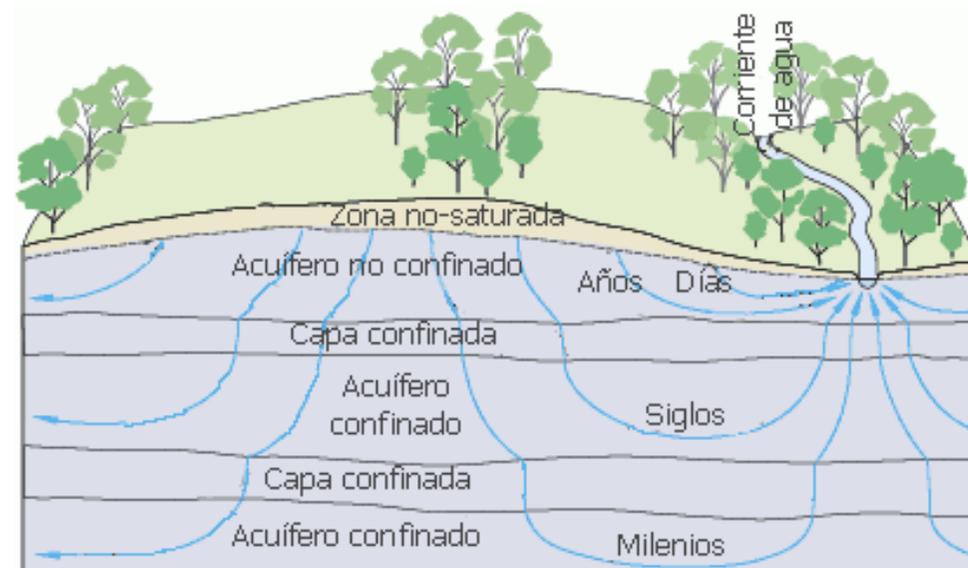
Bogotá

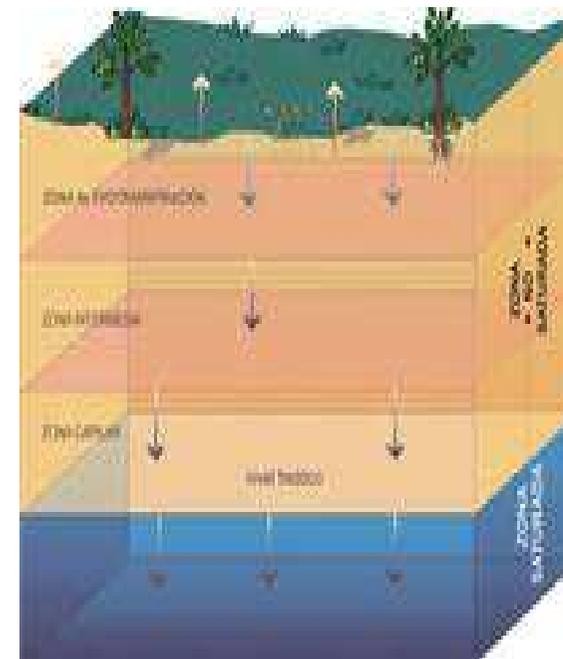
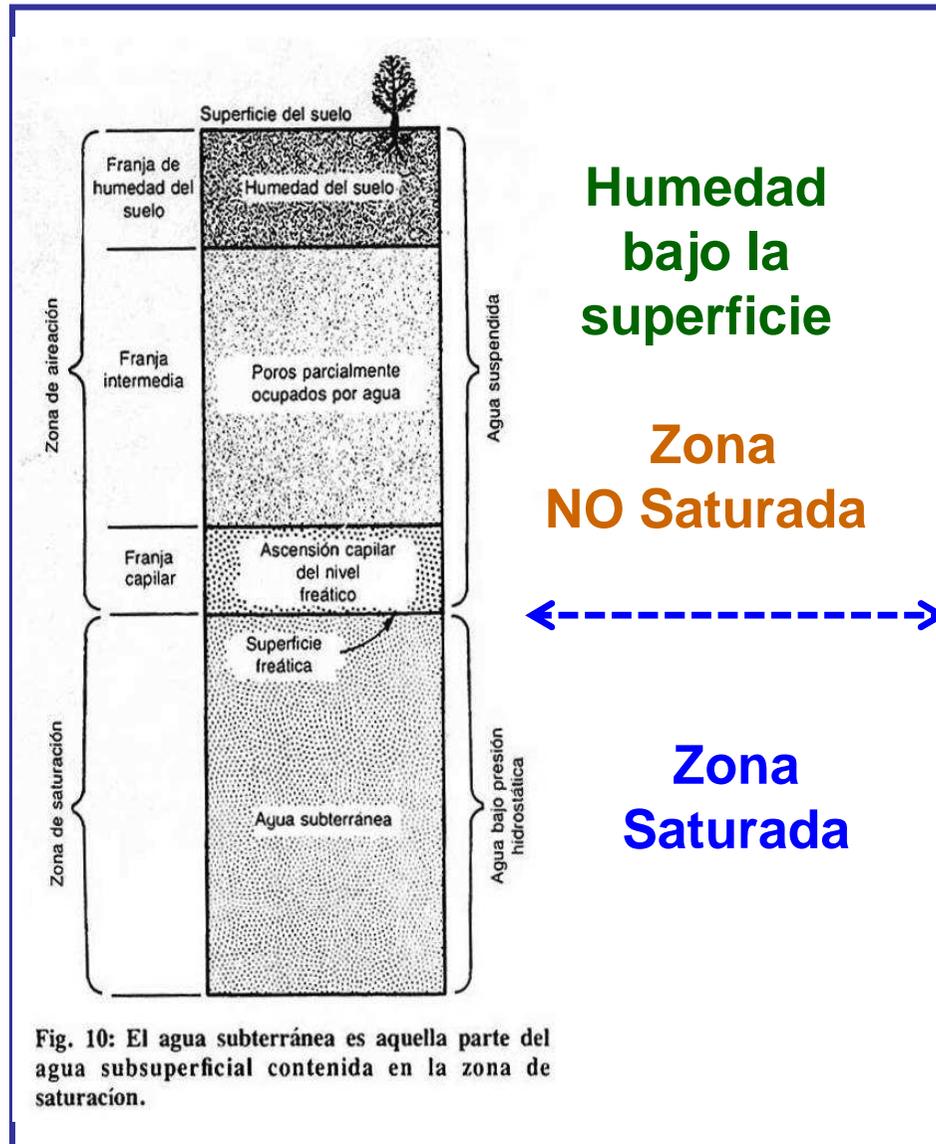


CONTENIDO:

- 1. Agua Subterránea**
- 2. El Ciclo Hidrológico**
- 3. Porosidad y Permeabilidad**
- 4. Acuíferos, Definición**
- 5. ROCAS**
- 6. Tipos de Acuíferos**
- 7. Circulación de Agua en el subsuelo**

La **hidrogeología** es
la parte de la
geología que estudia
las aguas
subterráneas





Agua Subterránea

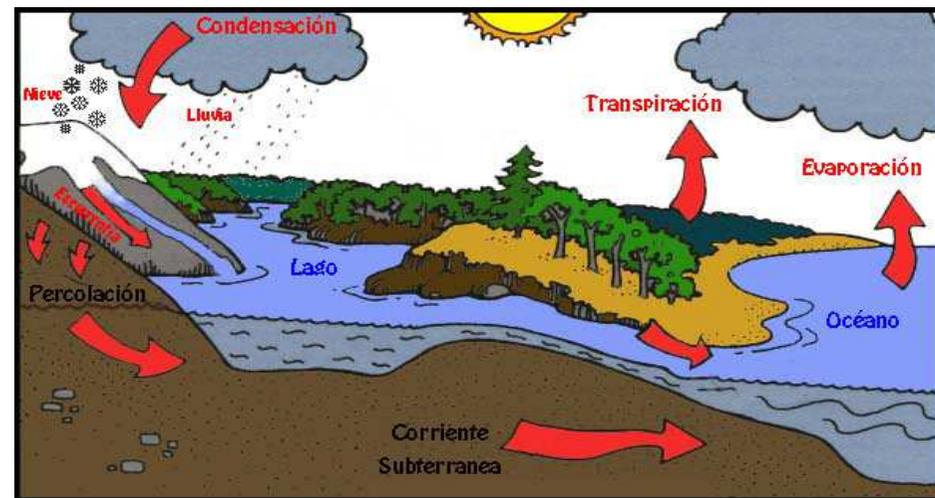
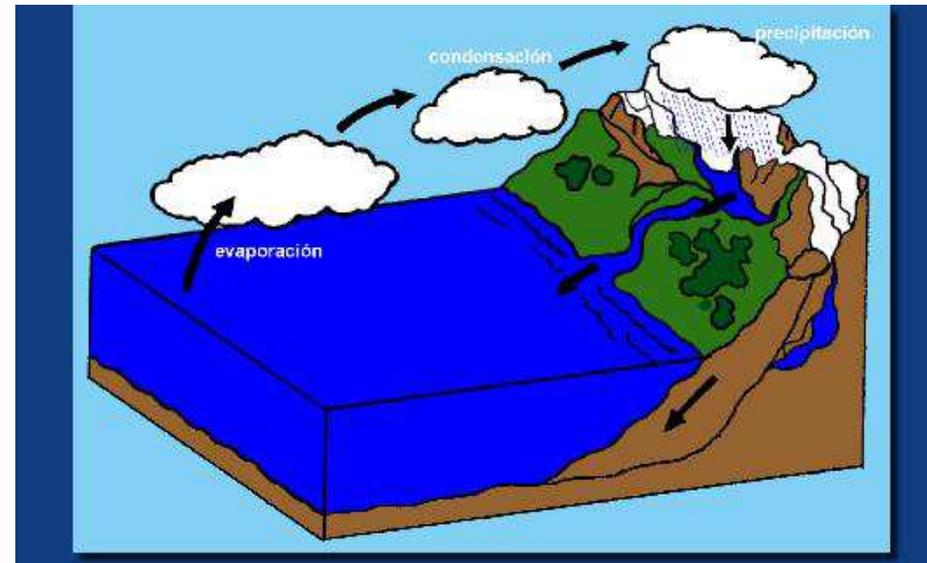
EL CICLO DEL AGUA

Componentes Básicos

1. Mar
2. Nubes
3. Ríos y lagos
4. Aguas Subterráneas

Las Proporciones Dependen de

1. Temperatura
2. Vientos
3. Relieve
4. Vegetación
5. Porosidad del Suelo



EL CICLO HIDROLÓGICO Y LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

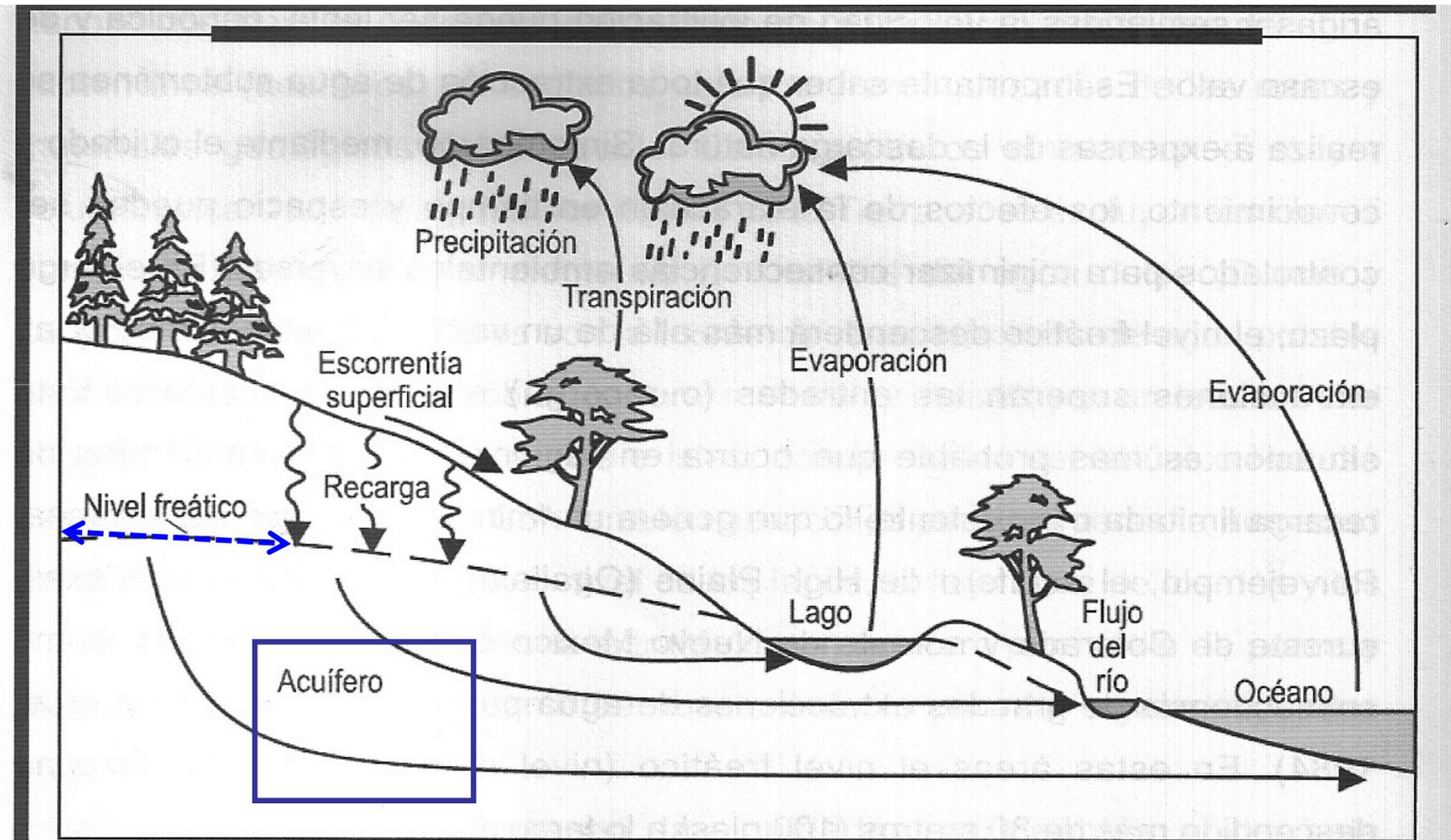


Figura 1. El ciclo hidrológico (US Geological Survey)

<u>Almacenes de agua en la hidrosfera</u>	<u>(%) Porcentaje de agua total</u>
Océanos	97,6
Ríos y lagos	0,017
Humedad en el suelo	0,01
Glaciares	1,9
Agua subterránea	0,5
Vapor de agua en la atmósfera	0,001
TOTAL	100

AGUA EN LOS CONTINENTES:

99 % = Agua Subterránea

1 % = Agua Superficial

ACUÍFEROS

- A. Definición
- B. Tipos de Acuíferos
- C. Ejemplos

ACUÍFERO:

Es un estrato, una capa o una formación geológica que permite la circulación del **agua** por sus poros y/o grietas, en condiciones económicamente aprovechables.

Cuáles capas pueden ser Acuíferos

Son capas con materiales muy variados como gravas de río, arenas de playa, depósitos de dunas, calizas agrietadas, areniscas porosas poco cementadas, algunas formaciones volcánicas, y las rocas ígneas o metamórficas descompuestas químicamente o fracturadas...

Tipos de rocas en la Corteza Terrestre según su Origen y sus Propiedades

- 1 - Rocas Ígneas
- 2 - Rocas Sedimentarias
- 3 - Rocas Metamórficas

La Circulación de Agua
en el Subsuelo

Por los Poros y Grietas de las rocas

Roca:

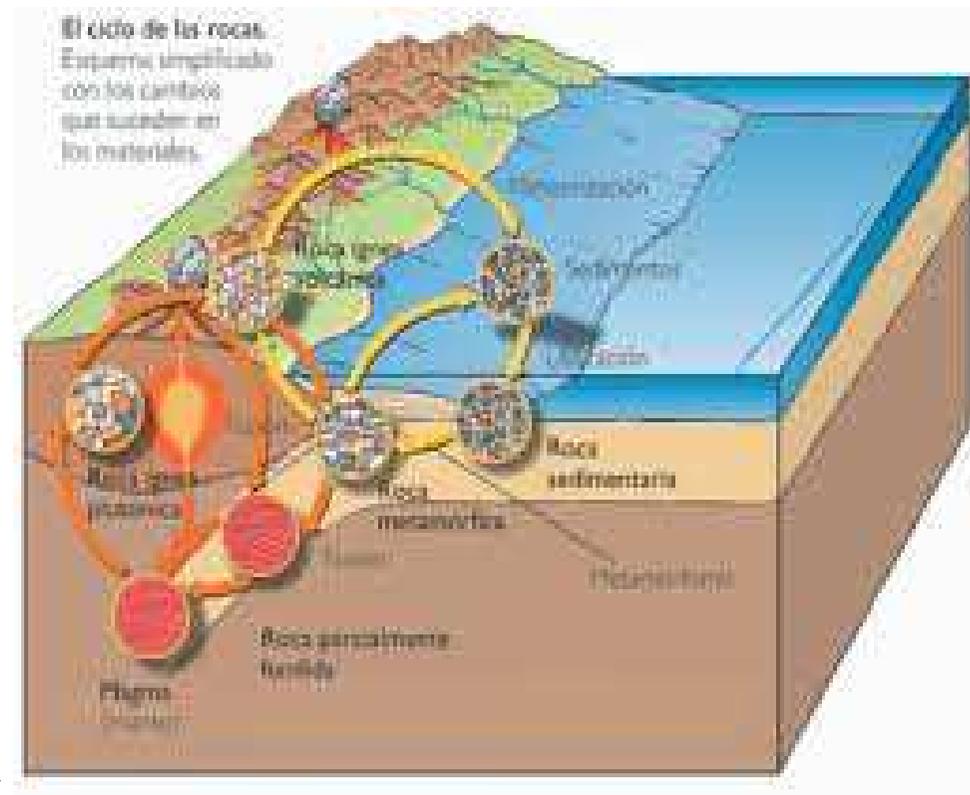
Cualquier **material sólido** cohesionado, constituido por uno o más minerales.

Las **rocas** son los materiales de los que están hechos el manto y la corteza de la Tierra.

Las **rocas** están formadas por minerales

Las **rocas** suelen ser materiales **duros**, pero también pueden ser **blandas**, como ocurre en el caso de las rocas arcillosas.

Sedimento: Partícula desprendida de una roca por **erosión**.

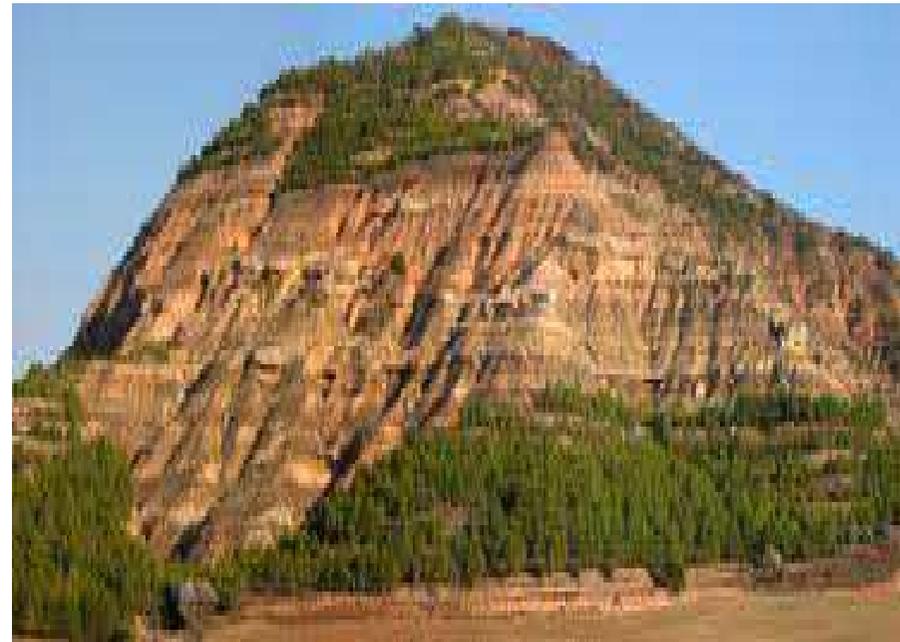


Corteza Terrestre

Se denomina **corteza terrestre** a la capa más superficial de la estructura de la Tierra:

Su espesor varía de **12 km**, en el **fondo oceánico**, hasta **60 km** en las **zonas montañosas** de los continentes;

Los elementos más abundantes son: El silicio, el oxígeno, el aluminio y el magnesio.

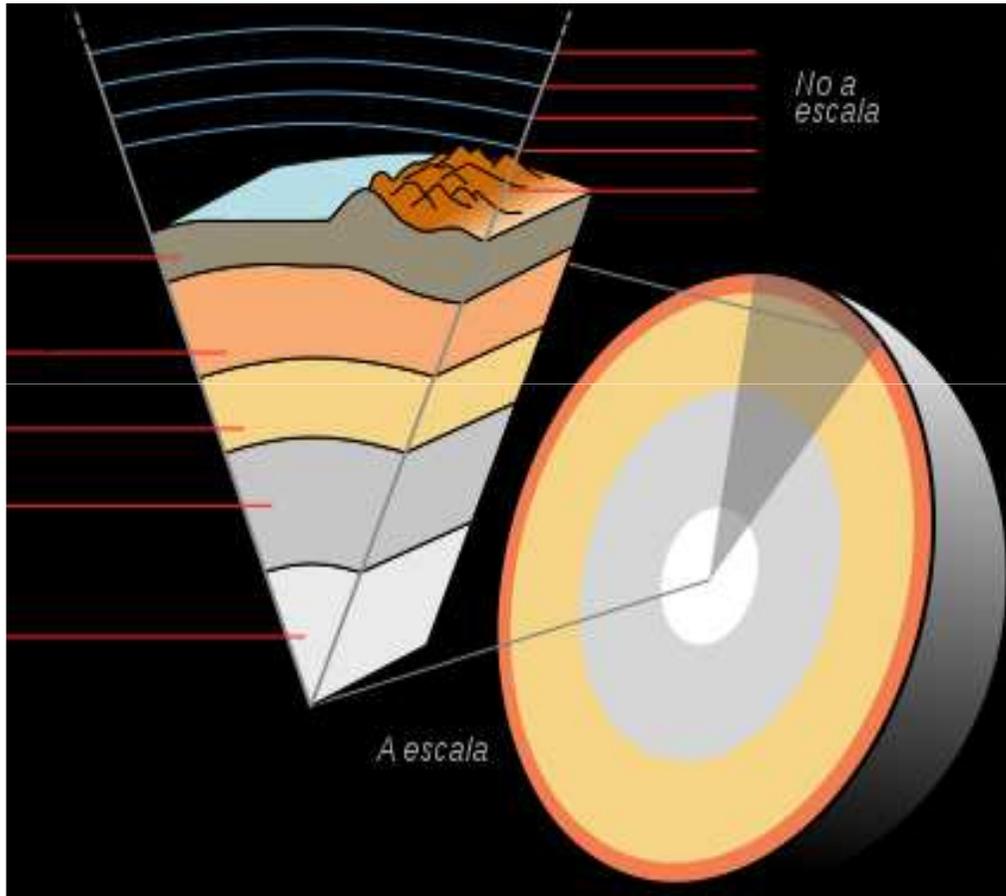


COMPOSICIÓN DE LA CORTEZA TERRESTRE

En la corteza terrestre se distinguen tres (3) tipos de rocas:

1. Rocas ígneas: rocas formadas por la solidificación de magma o de lava (magma desgasificado).
2. Rocas metamórficas: rocas formadas por alteración en estado sólido de rocas ya consolidadas de la corteza de la Tierra, cuando quedan sometidas a un ambiente energético muy diferente del de su formación.
3. Rocas sedimentarias: rocas formadas por la consolidación de sedimentos, materiales procedentes de la erosión de rocas anteriores, o por precipitación a partir de una solución.

La Corteza Oceánica y Continental



La corteza continental está formada por rocas con diversos orígenes. En ella predominan:

Las rocas ígneas intermedias-ácidas (como el granito por ejemplo), grandes masas de rocas metamórficas, y rocas sedimentarias muy variadas.

En general, contiene más silicio y cationes más ligeros y, por tanto, es menos densa que la corteza oceánica, que contiene más hierro.

ROCAS SEDIMENTARIAS

Las rocas sedimentarias son depositadas capa sobre capa, es decir en forma **estratificada**, en la superficie de la corteza terrestre.

Las **presiones y temperaturas** son bajas.

A medida que los sedimentos son depositados van siendo enterrados y van sufriendo compactación.

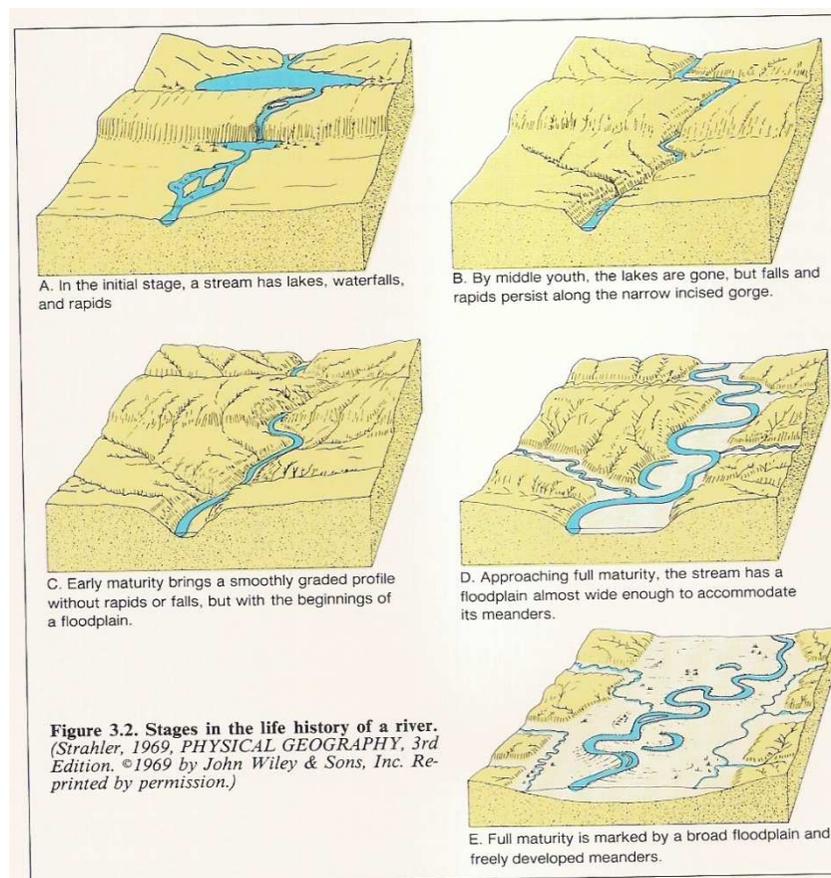
Los tipos de las rocas sedimentarias dependen de muchos factores, tales como:

- **Fuente** de aporte de sedimentos.
- **Condiciones** físicas, químicas, y biológicas del medio de acumulación de sedimentos.
- **Eventos** ocurridos durante el proceso sedimentario.



ROCAS SEDIMENTARIAS

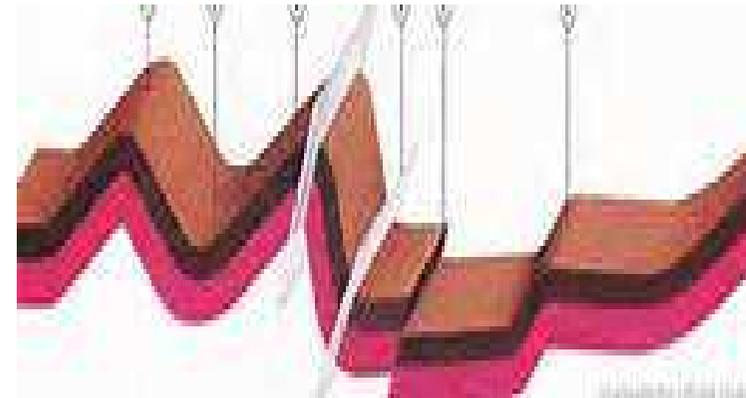
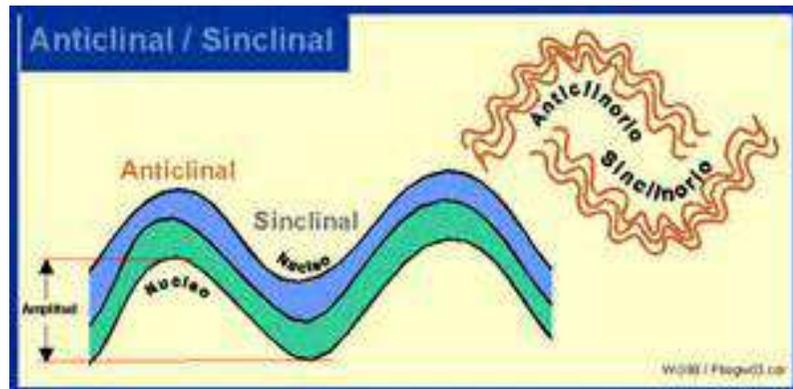
Erosión y Sedimentación



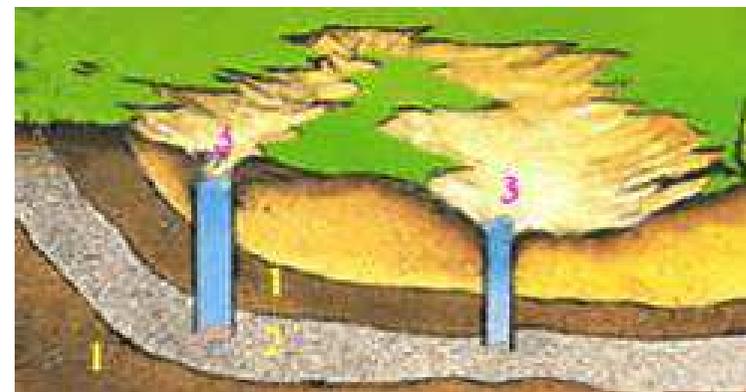
LOS PLIEGUES Y LAS FRACTURAS EN LAS ROCAS

Pliegues Anticlinales y Sinclinales

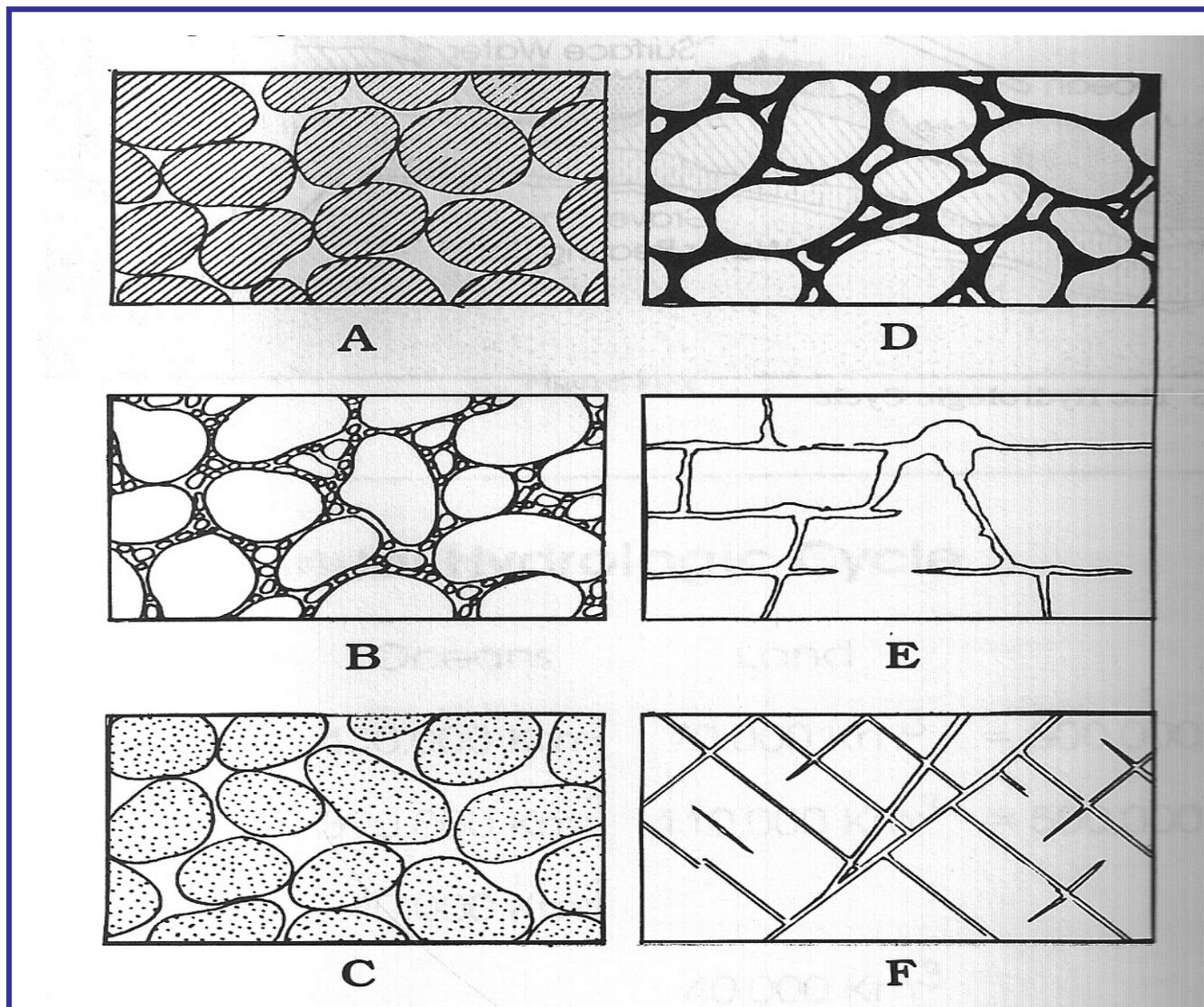
Fallas Normales e Inversas



El agua se concentra en los **pliegues sinclinales**
y en las **fracturas** de las rocas,
con la influencia de la gravedad



Espacios para la Circulación de Agua en el Subsuelo Poros y Grietas



ACUÍFEROS PRINCIPALES Son los Sedimentos o las Rocas Sedimentarias

TEXTURA DE UNA ROCA SEDIMENTARIA

El grano: Son las partículas o minerales de mayor tamaño que han llegado durante el proceso sedimentario.

Por lo general los granos son de **cuarzo**, ya que este es un mineral muy estable.

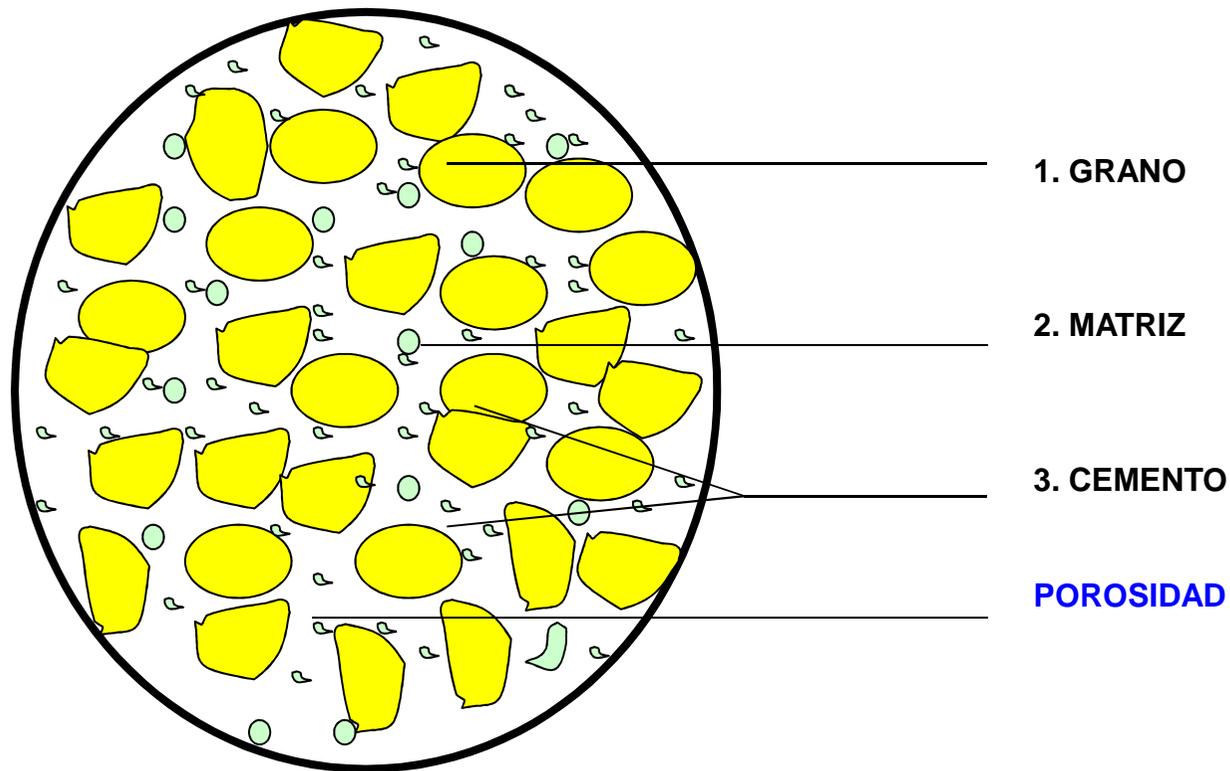
La matriz: son las partículas más pequeñas que se encuentran entre los granos.

En la matriz existen espacios vacíos, que es la **porosidad** de la roca y es donde se alojan los **fluidos** de la roca.

El cemento: Es la película cementante entre grano-grano ó grano-matriz. Puede ser silíceo o calcáreo.



El **grano** es un componente TEXTURAL de las rocas sedimentarias



TEXTURA DE LAS ROCAS CLASTICAS

La **forma** de los granos

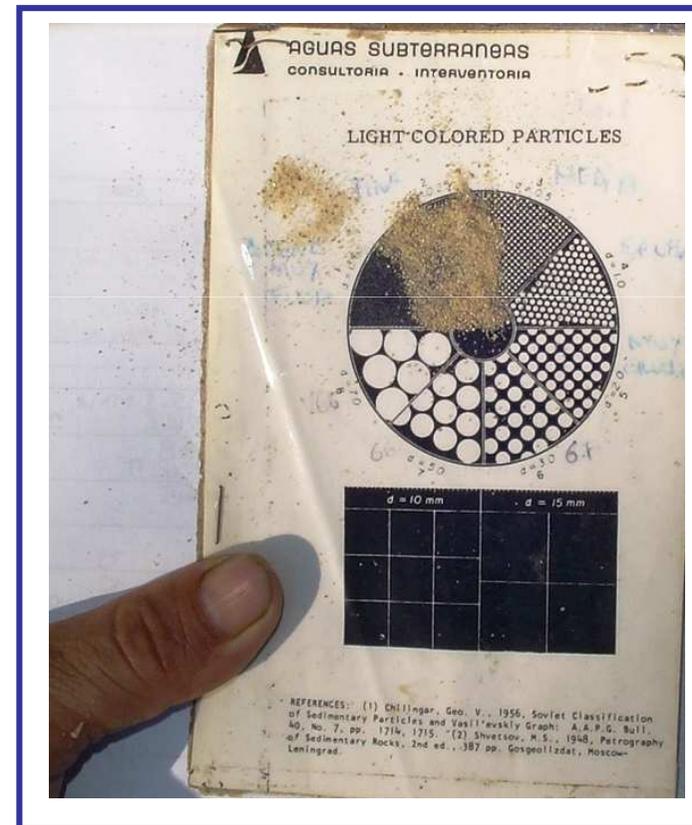
- a. Esfericidad,
- b. Redondez,
- c. Selección o escogencia del grano

Propiedades Hidráulicas:

Porosidad,

Permeabilidad

Saturación de fluidos.



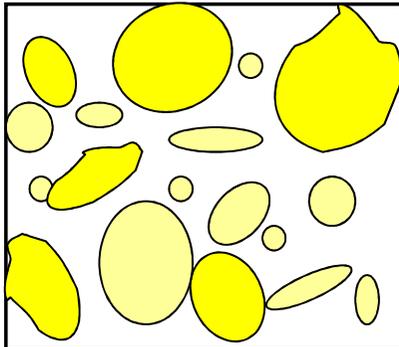
La **forma** de los granos **esfericidad y redondez**, esta estrechamente ligada a su evolución.

La **esfericidad** se refiere a la equidimensionalidad de los granos, sin importar su forma externa, mientras que la redondez se refiere a la forma externa del grano, al hecho de que los granos estén con aristas agudas o suavizadas.

La **redondez** esta estrechamente ligada a la porosidad, permeabilidad y tortuosidad de la roca.

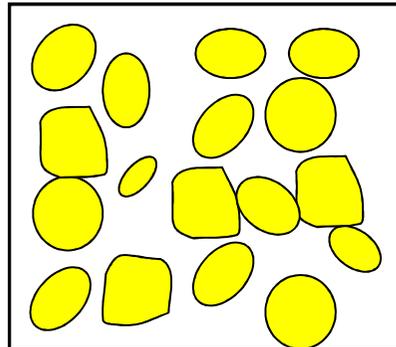
La **selección o escogencia** del grano, o sea, la distribución del tamaño del grano, es un parámetro textural muy importante, pues está ligado a la porosidad, la permeabilidad y a la saturación de fluidos.

**MUY POBREMENTE
SELECCIONADO**

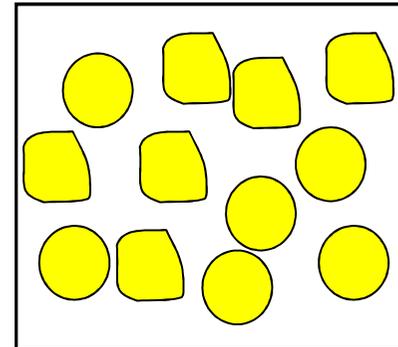


**MODERADA A BAJA POROSIDAD
BAJA PERMEABILIDAD**

**MODERADAMENTE
SELECCIONADO**



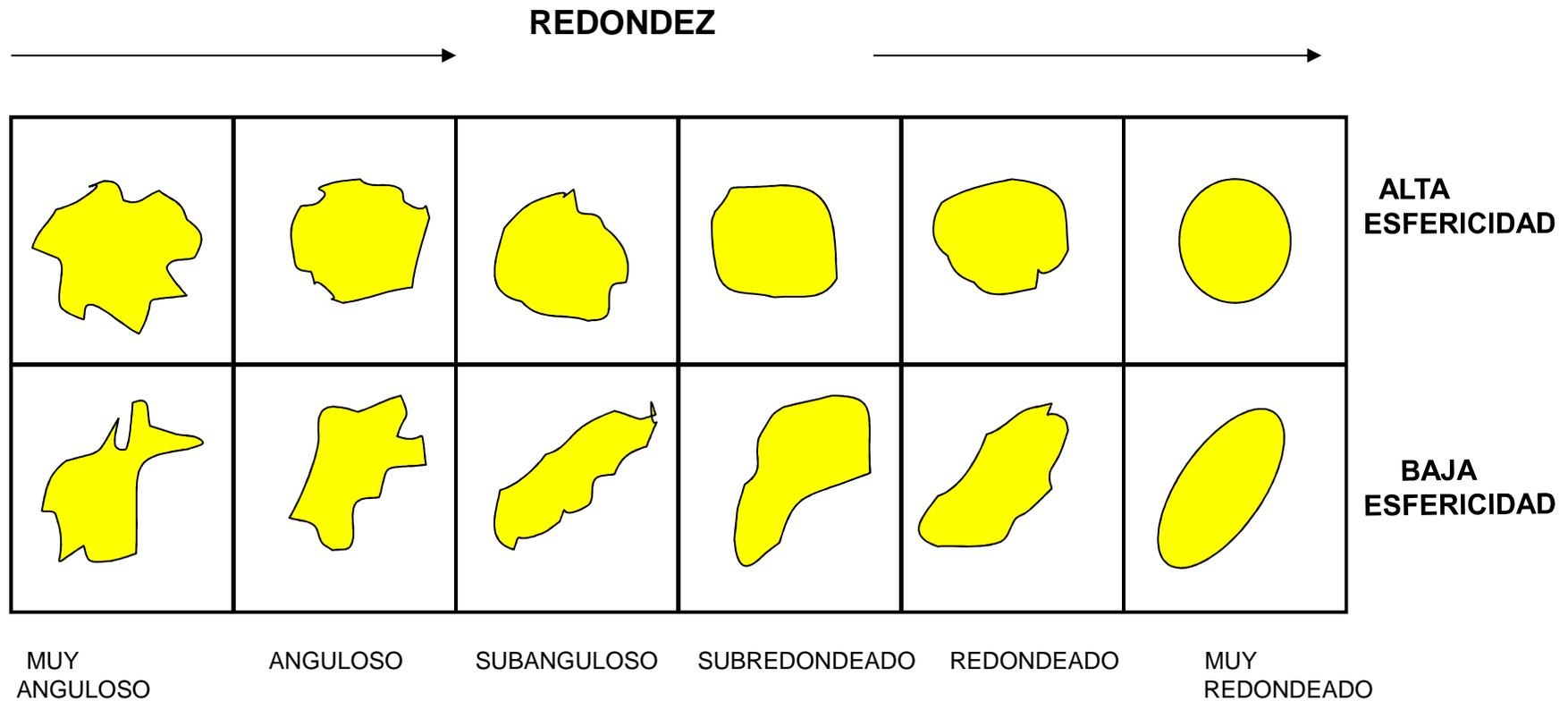
**MUY BIEN
SELECCIONADO**



**ALTA POROSIDAD
ALTA PERMEABILIDAD**

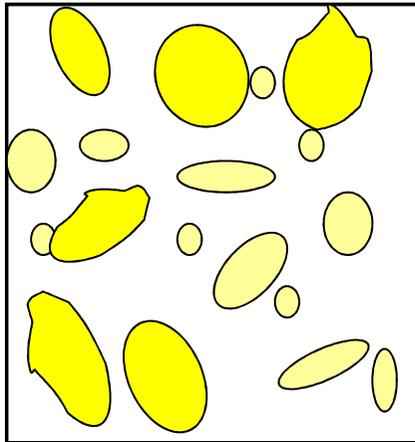
SELECCIÓN DEL GRANO

GEOLOGÍA



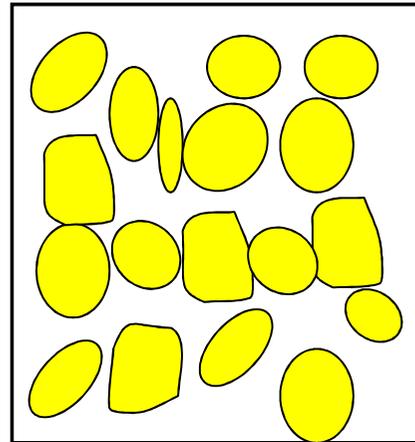
GRAFICA PARA LA DETERMINACION DE ESFERICIDAD Y REDONDEZ

**POBREMENTE
EMPAQUETADA**



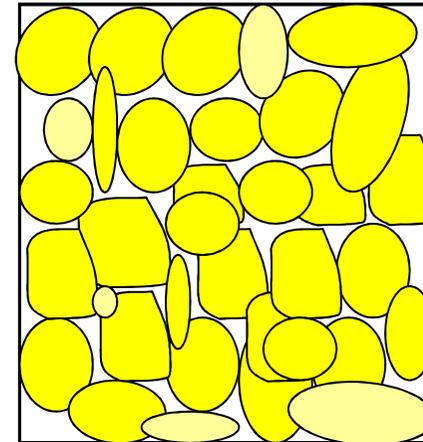
**ALTA POROSIDAD
ALTA PERMEABILIDAD
ALTA SATURACION DE AGUA**

**MODERADAMENTE
EMPAQUETADA**



BAJA POROSIDAD

**BIEN
EMPAQUETADA**

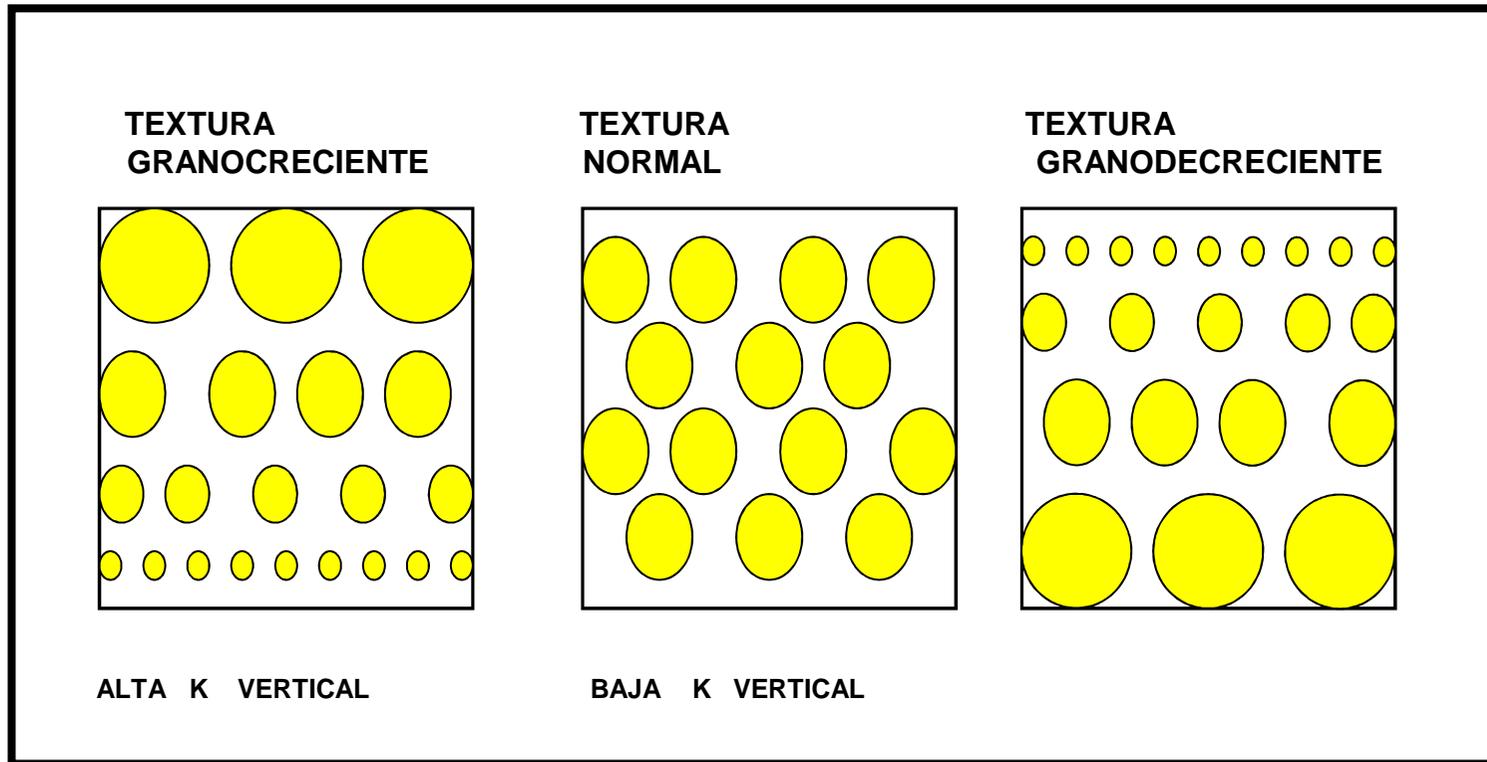


BAJA PERMEABILIDAD

BAJA SATURACION

EMPAQUETAMIENTO Y RELACION CON PARAMETROS PETROFISICOS

Textura de Rocas Sedimentarias



TAMAÑO DEL GRANO EN UN ESTRATO Y CIRCULACIÓN DE AGUA

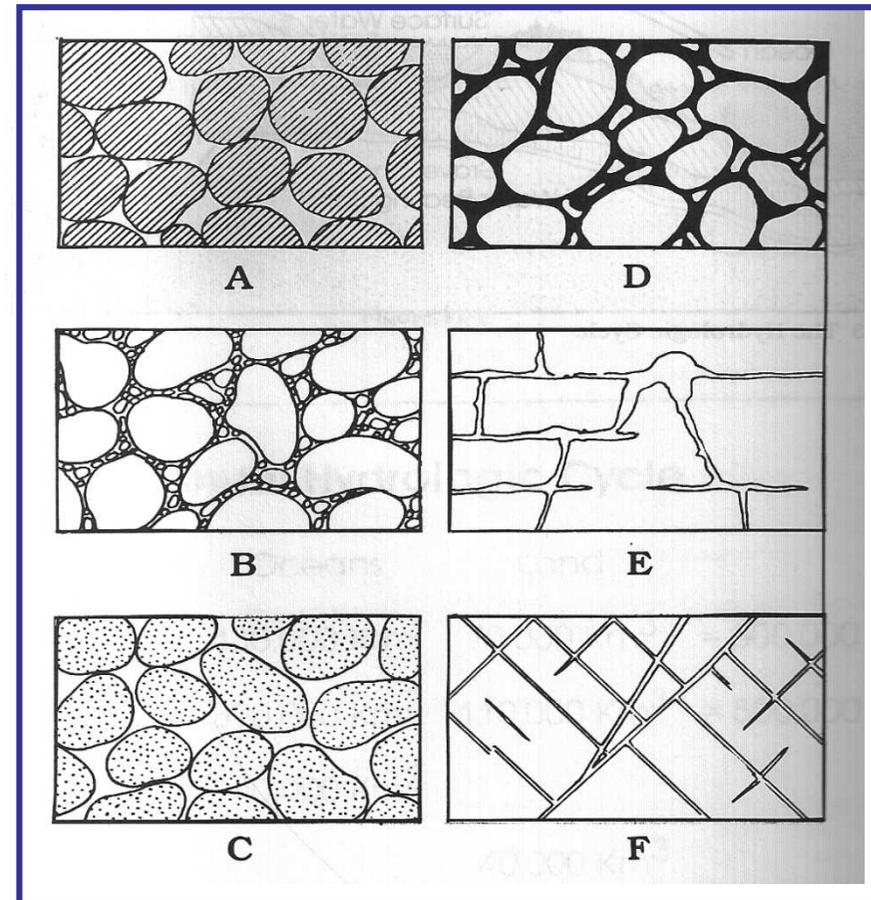
Conceptos de
Porosidad
y
Permeabilidad

POROSIDAD (m):

Se define como el porcentaje de espacios vacíos en una capa, O cantidad de huecos que tiene una roca.

La **porosidad** se expresa como un porcentaje en el volumen de la roca total = P %

$$P = \text{Vol. Huecos} / \text{Vol. total}$$



POROSIDAD (variaciones):

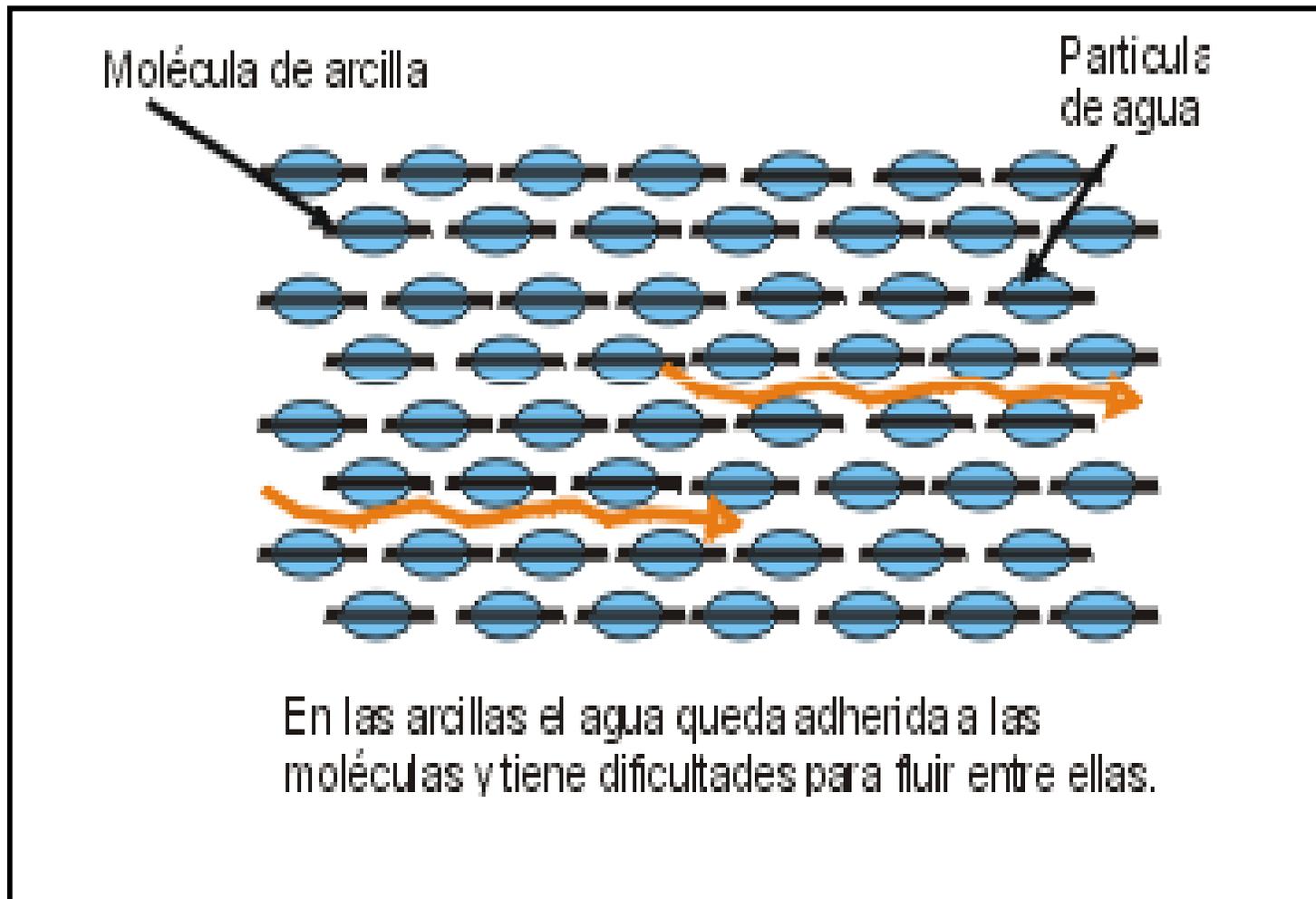
Los huecos de una roca pueden estar conectados entre sí o no.

La cantidad de huecos interconectados se denomina **POROSIDAD EFECTIVA, O EFICAZ**.

Una roca puede ser muy porosa, pero si los huecos no están conectados, no será productiva hidráulicamente =

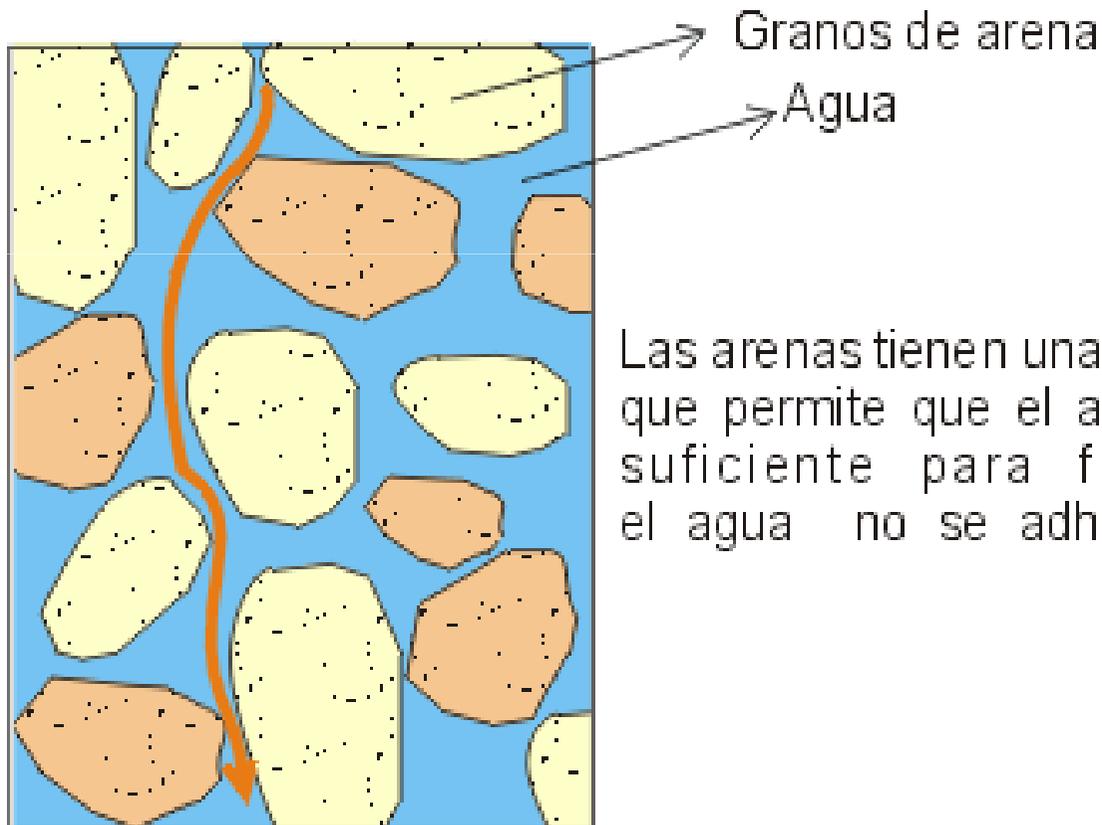
= Este es el caso de las **arcillas**.

ARCILLAS



ARENAS

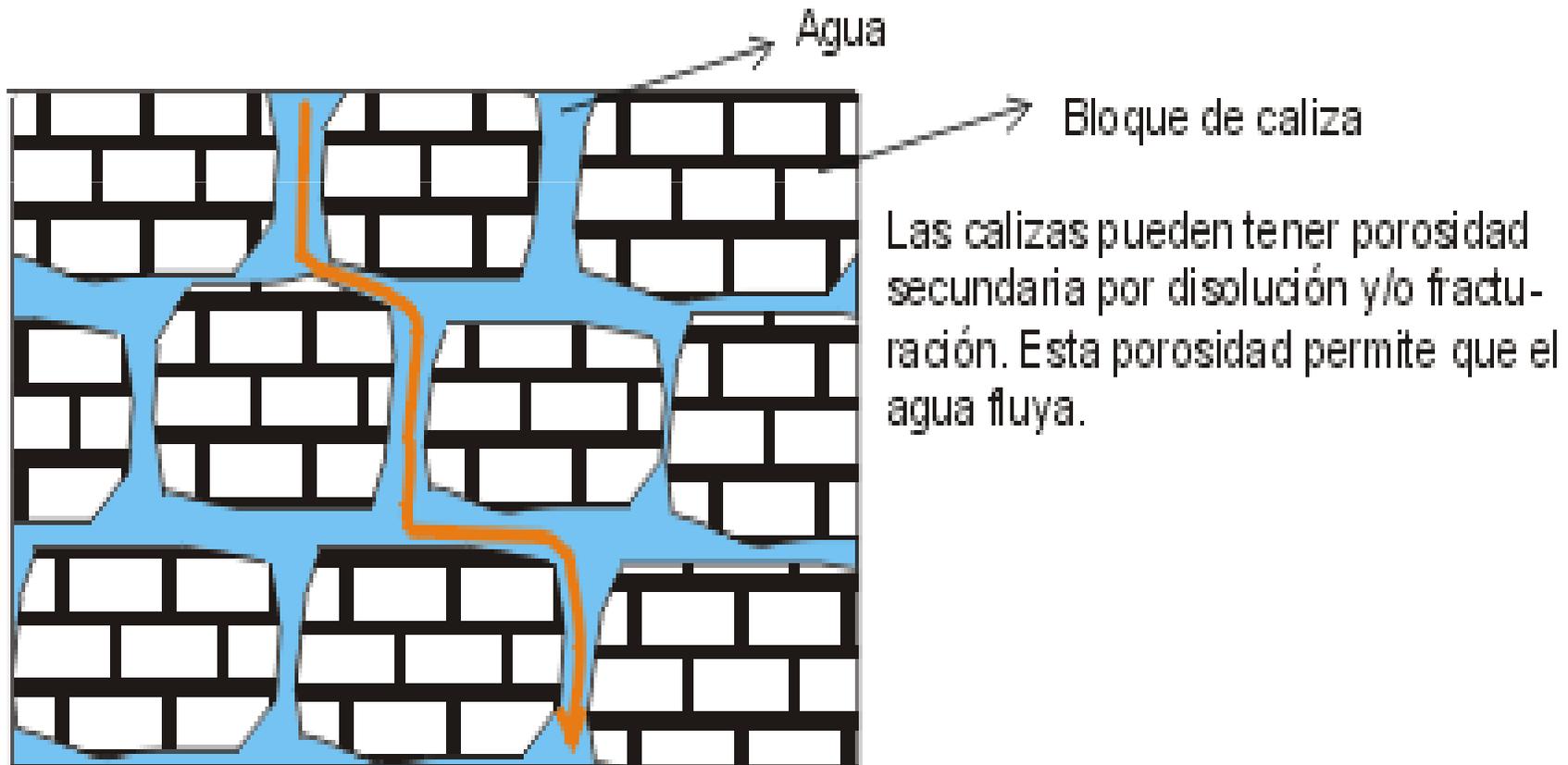
La porosidad de una roca puede ser **PRIMARIA** si se adquirió en el momento de formación de la roca



Las arenas tienen una porosidad primaria que permite que el agua tenga espacio suficiente para fluir libremente, el agua no se adhiere a los granos.

ROCAS FRACTURADAS

La porosidad de una roca puede ser **SECUNDARIA** si se ha adquirido posteriormente por disolución o/y fisuración (como en los materiales karstificados = **CALIZAS**).



EL ESPIRITU CIENTÍFICO

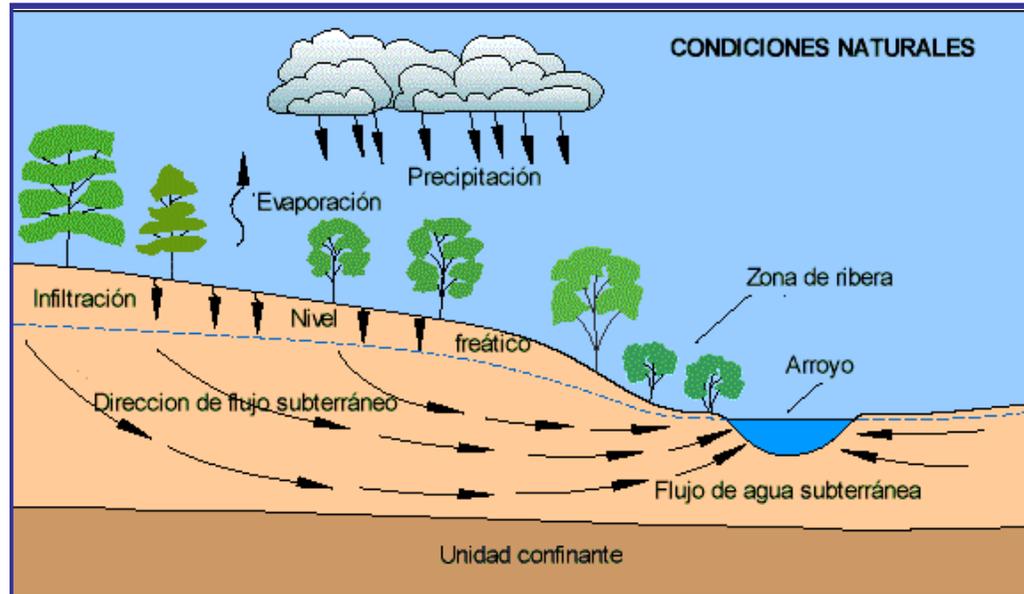


La juventud versus la infiltración de la cuña marina



LA POROSIDAD, LA PERMEABILIDAD Y EL CICLO HIDROLÓGICO





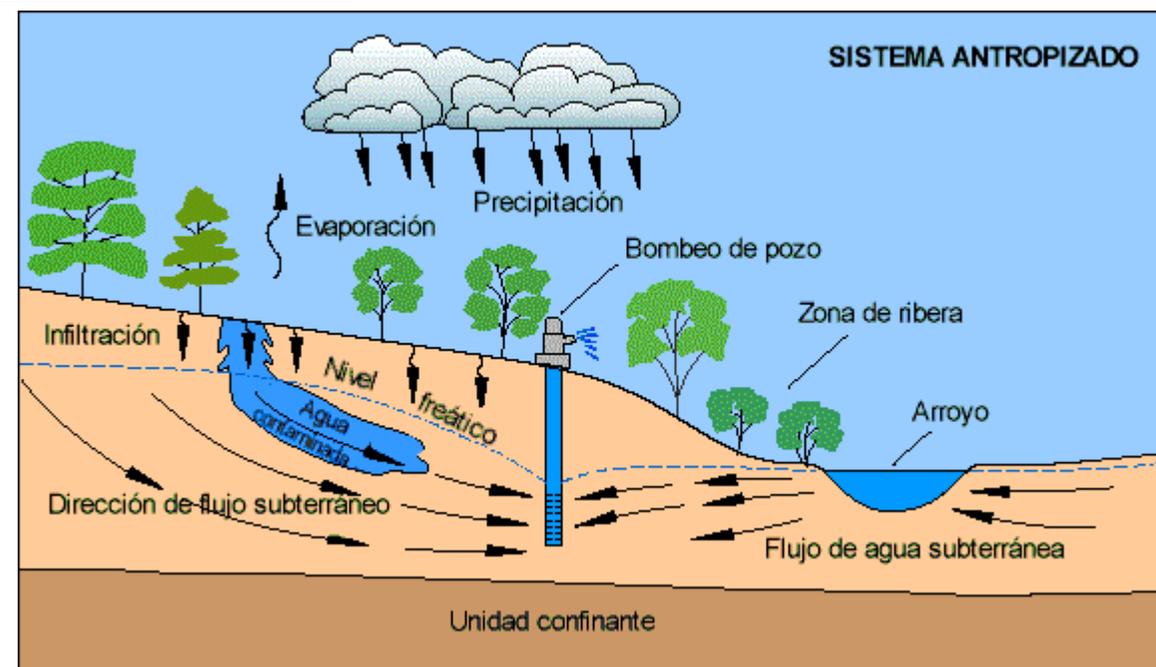
Flujo natural de Agua en el Subsuelo

versus

Flujo afectado por intervención antrópica

Flujo afectado por intervención antrópica:

Distorsión y Contaminación



PERMEABILIDAD (k) Conductividad Hidráulica (k):

Es la capacidad que tiene una roca de transmitir el agua.

Las arcillas son materiales porosos pero poco permeables, porque sus espacios vacíos no están conectados entre sí.

TIPOS DE ACUÍFEROS

La clasificación principal se basa en
la presión hidrostática
del agua encerrada en los mismos,

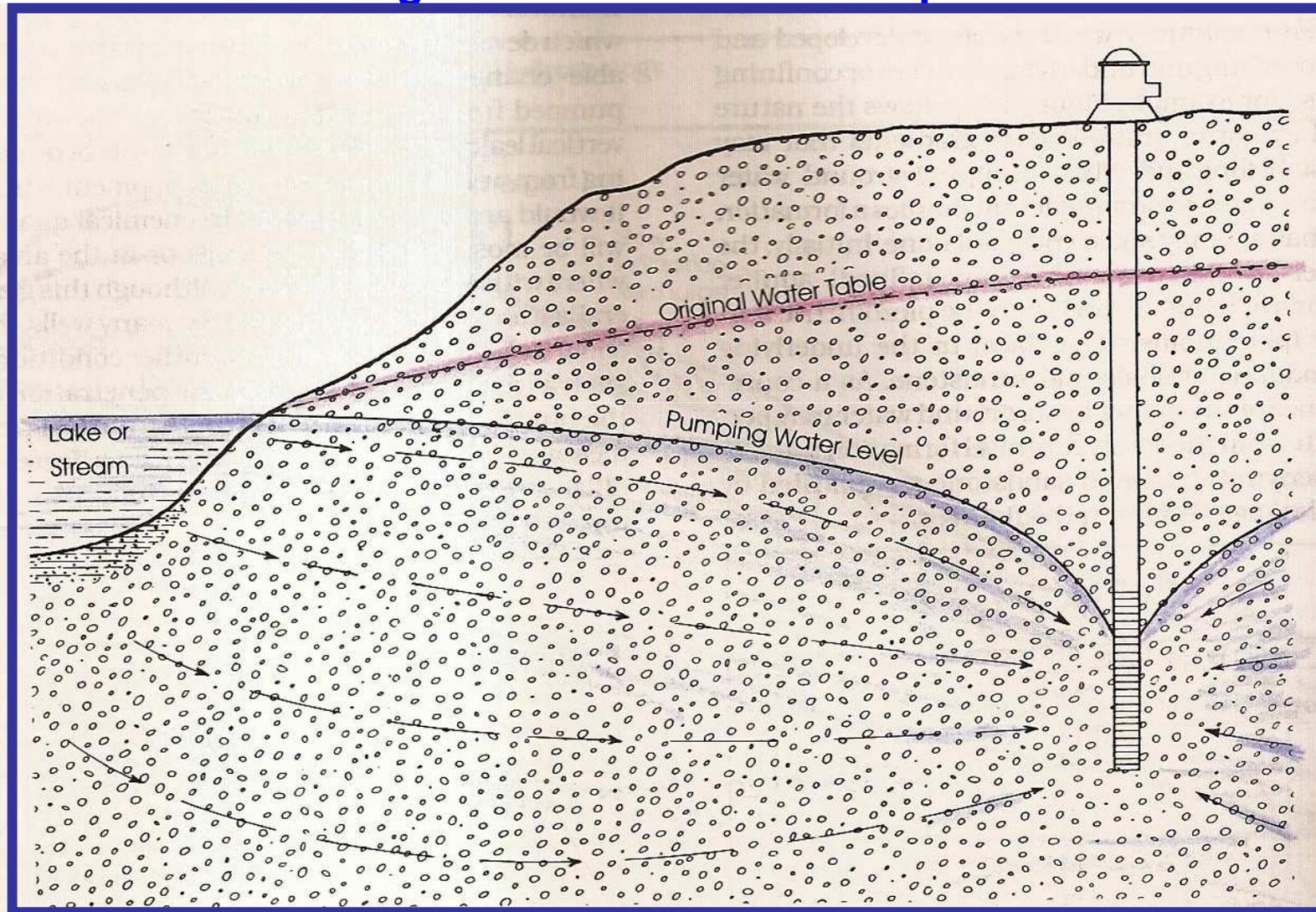
ACUÍFEROS LIBRES

Son aquellos en los cuales existe una superficie libre del agua que se encuentra a presión atmosférica.

La superficie del agua será el nivel freático.

No tiene por encima material impermeable.

Circulación de Agua Subterránea con un pozo de bombeo



ACUÍFEROS CONFINADOS:

Separados por capas impermeables, arriba y abajo.

Si imaginamos una serie de pozos atravesando un acuífero confinado, y unimos los niveles que alcanza el agua en cada uno, obtendríamos

una **Superficie Piezométrica**
que no coincide con el
Nivel Freático del acuífero libre.

PERMEABILIDAD VERSUS ACUÍFEROS

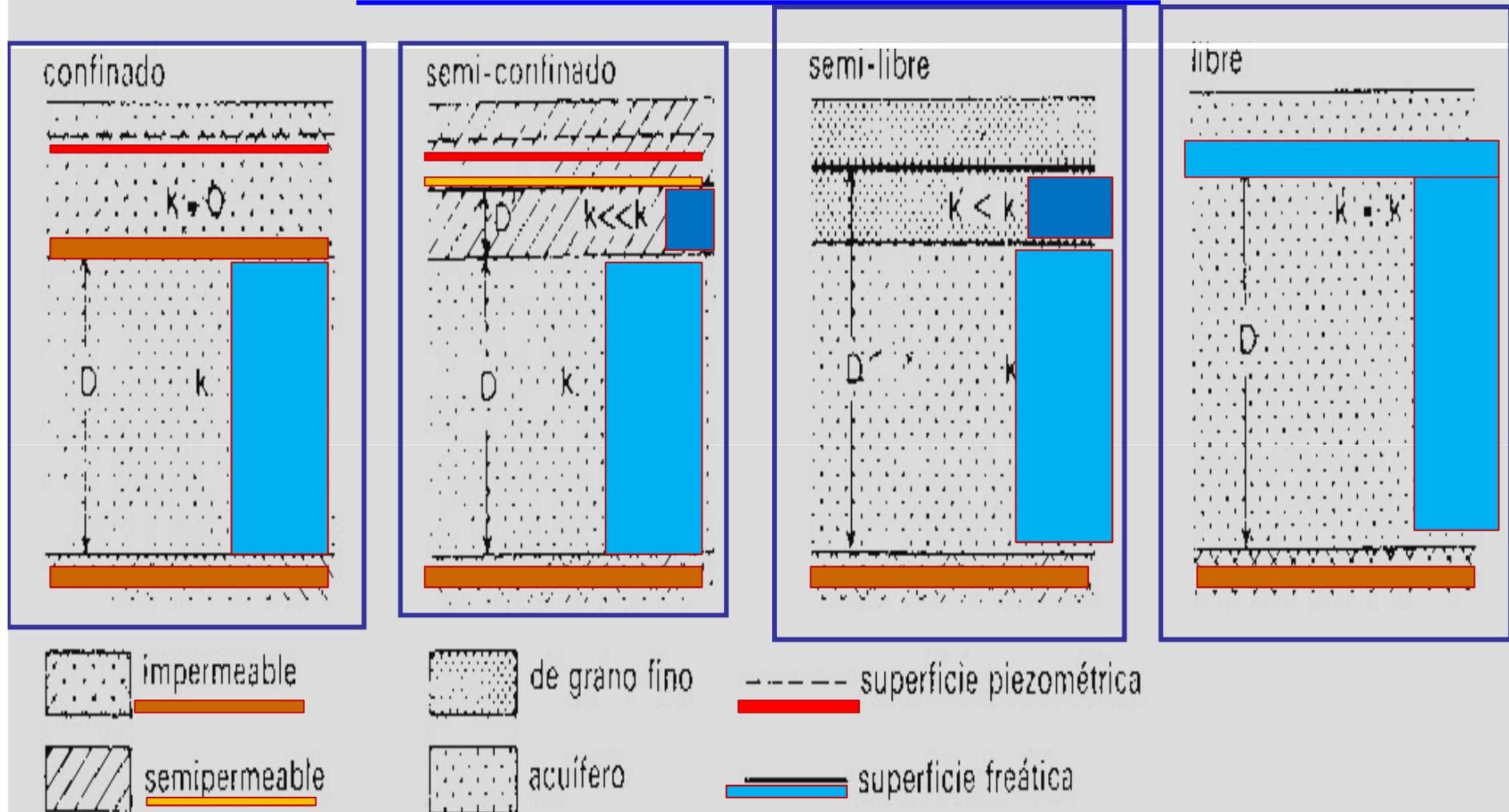
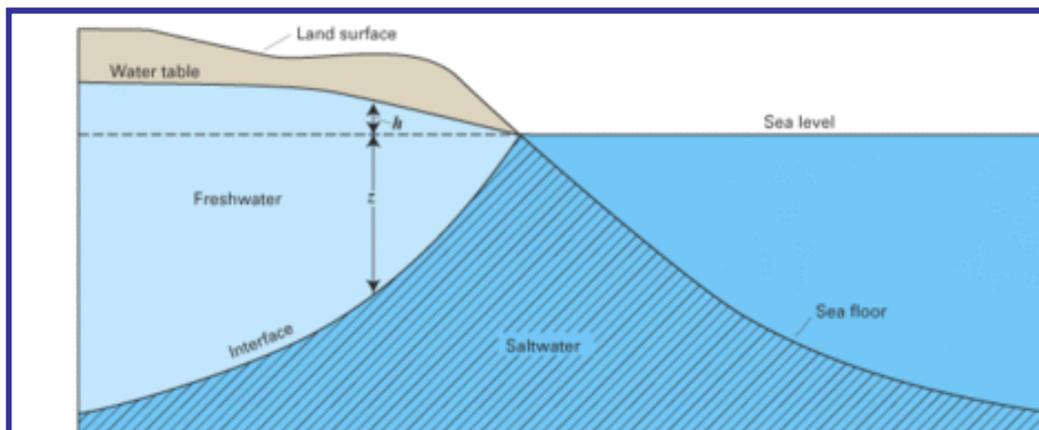
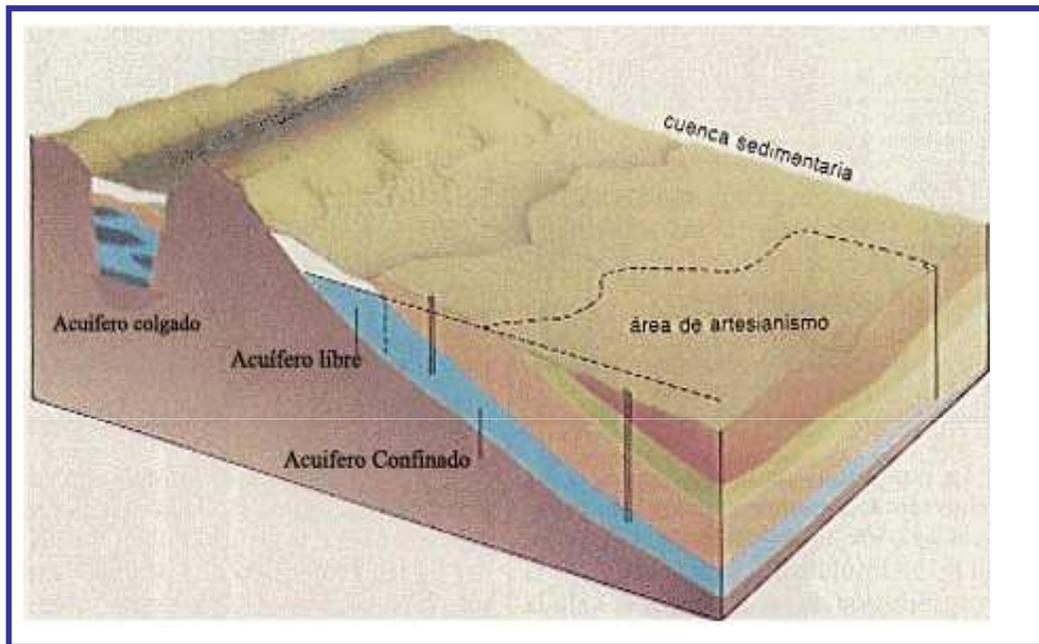


Fig.1. - Relación entre k y k' en diferentes tipos de acuiferos.

Estructuras Acuíferas y Salinidad Costera



18

EL AGUA SUBTERRÁNEA Y LOS POZOS

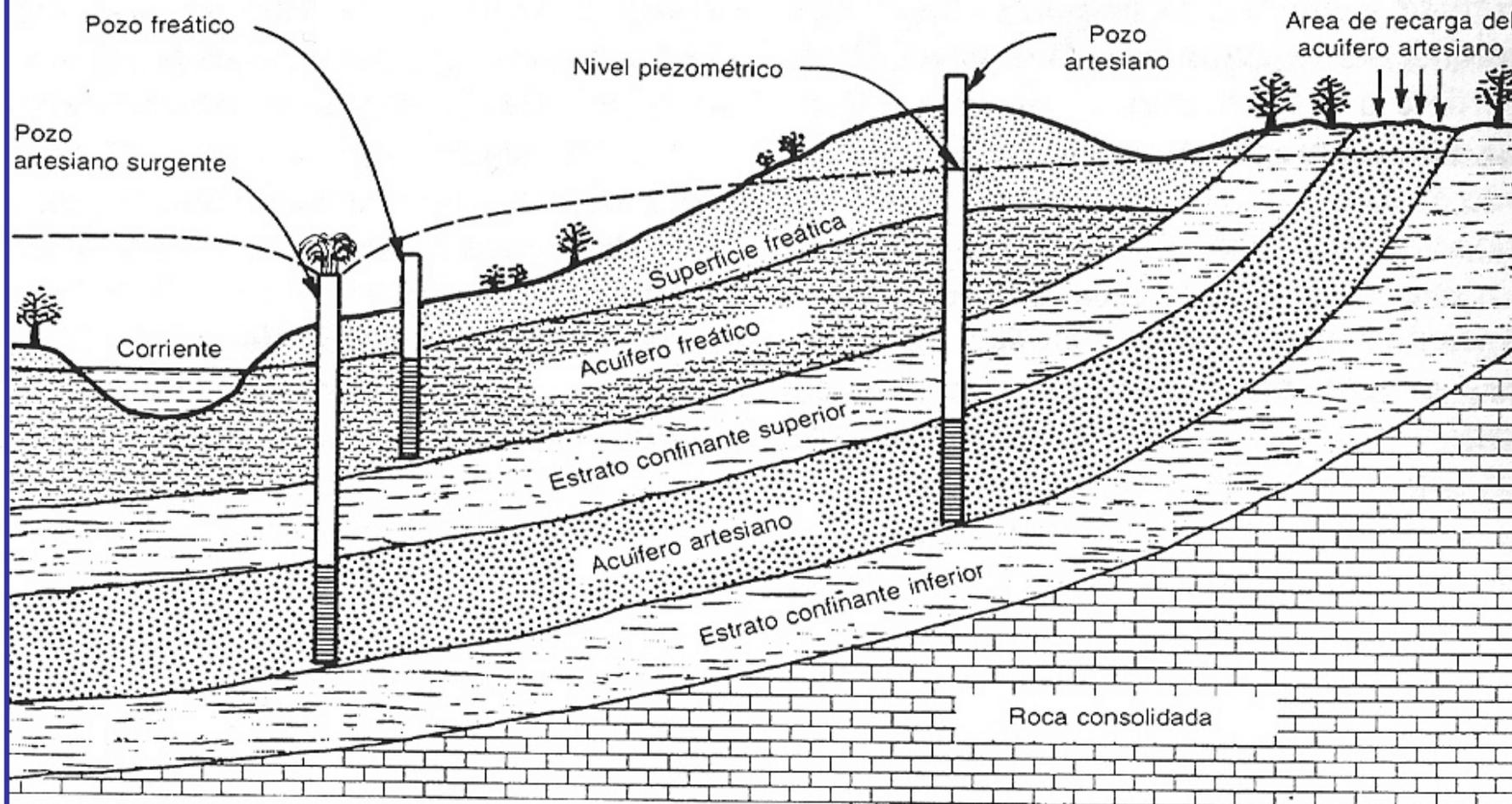


Fig. 9: Las fases subsuperficial y del agua subterránea dentro del ciclo hidrológico.

ACUÍFEROS SEMICONFINADOS:

Se caracterizan por tener el techo (parte superior) o/y el muro (parte inferior) sellado por materiales que no son totalmente impermeables, sino que permiten una filtración vertical que alimenta muy lentamente al acuífero principal.

En estos casos la recarga podrá hacerse en ambos sentidos en función de la diferencia de potencial, o presión del agua en el acuífero.

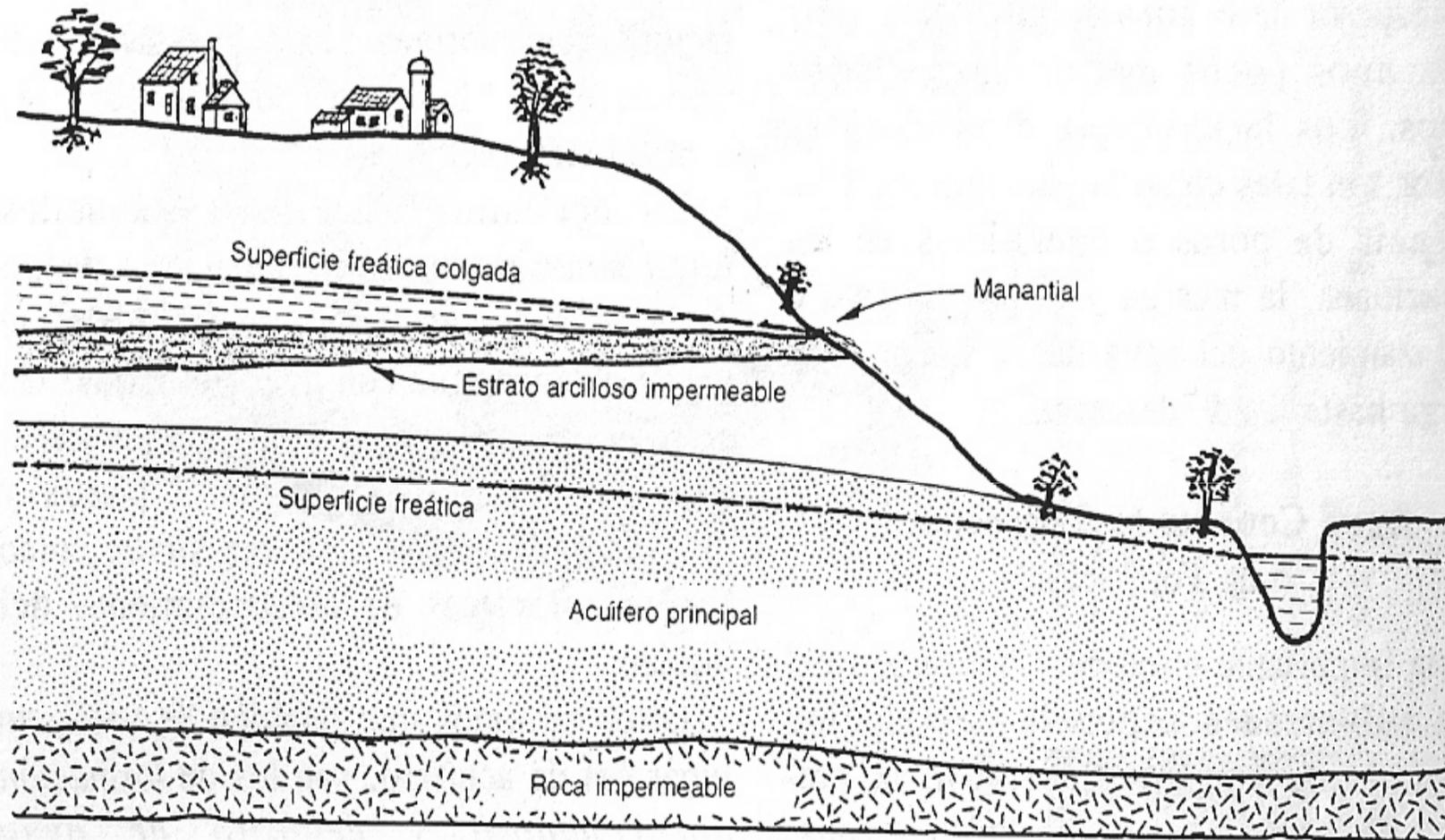
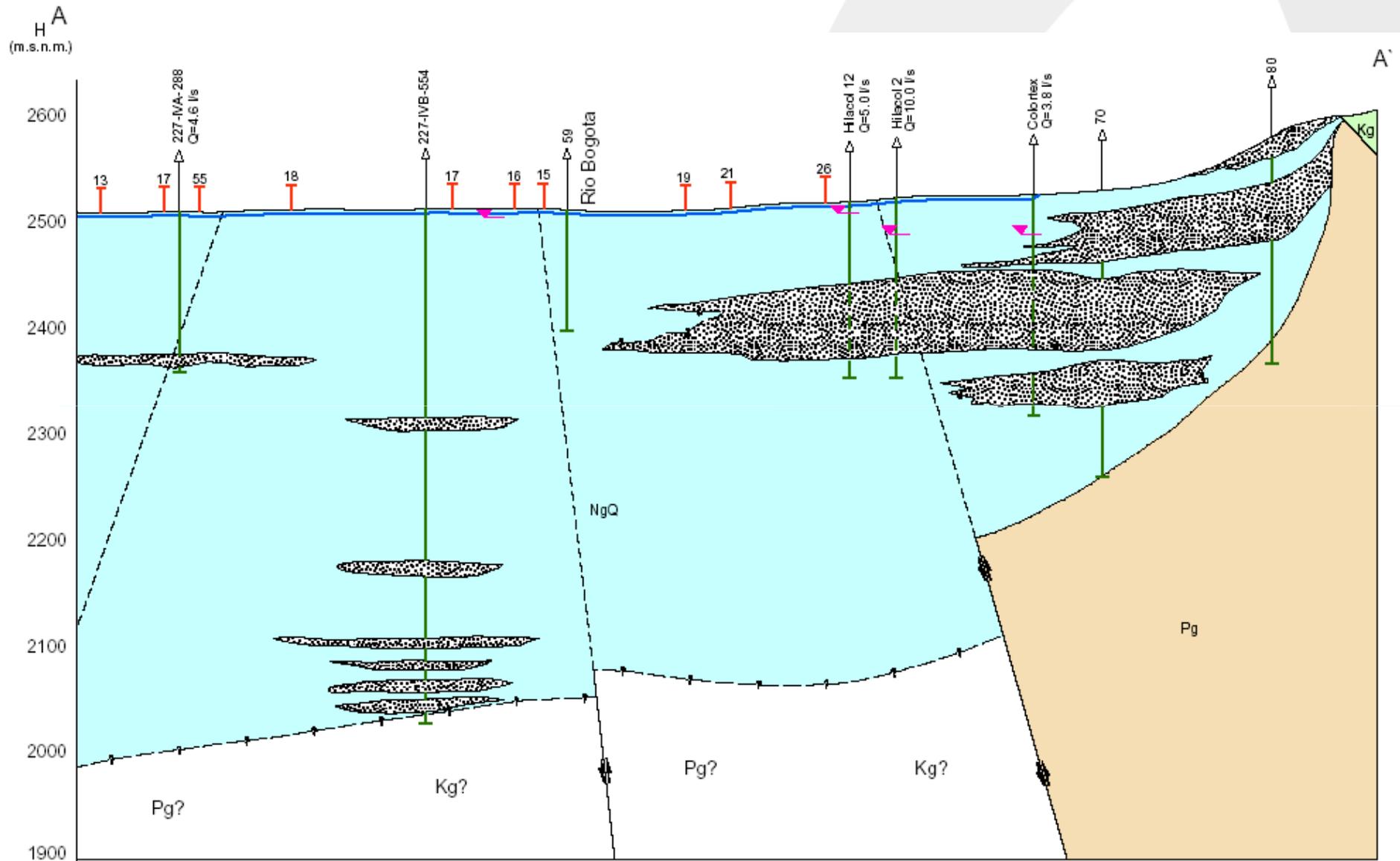


Fig. 12: El agua freática colgada tiene lugar sobre un estrato impermeable y por encima de la superficie freática principal.

HIDROGEOLOGIA





AGUA EN VARIAS PRESENTACIONES





Aguas Subterráneas

Reservas: Representan sobre la superficie de la Tierra más del 97%

Estaciones: No presentan grandes variaciones las reservas en verano e invierno.

Velocidades: Las velocidades de transmisión en los acuíferos son muy bajas siendo de varios metros a decenas de metros por año.

Velocidad de Contaminación: La velocidad de transmisión de contaminantes es lenta.

Aguas Superficiales

Reservas: Representan sobre la superficie de la Tierra menos del 3%

Estaciones: Hay fuertes variaciones en verano respecto al invierno.

Velocidades: Las velocidades de transmisión en general son muy elevadas recorriendo cientos de kilómetros diarios.

Velocidad de Contaminación: La velocidad de transmisión de contaminantes es muy rápida.

Aguas Subterráneas

Facilidad de Contaminación: De media a baja. Los acuíferos en general poseen filtros biológicos, químicos y físicos.

Recarga: La velocidad de recarga de un acuífero es lenta. Pueden transcurrir de cientos a miles de años.

Evaporación: Las pérdidas por evaporación en un acuífero son muy bajas.

Aguas Superficiales

Facilidad de Contaminación: Elevada. No poseen filtros.

Recarga: La velocidad de recarga de un río es rápida produciéndose en las estaciones de lluvia.

Evaporación: Elevadas sobre todo en zonas de acumulación como pueden ser los embalses.

Aguas Subterráneas

Calidad: No depende tanto de la contaminación que haya en superficie pues es más difícil que se transmita al acuífero.

Costo económico: Bajo. La explotación de las aguas subterráneas requiere de escasas inversiones económicas.

Impacto ambiental: En general, bajo ya que la construcción de un/os pozo/s no produce grandes impactos visuales ni ecológicos.

Aguas Superficiales

Calidad: Pendiente de la contaminación superficial que se transmite rápidamente a los ríos. Necesita clorarse.

Costo económico: Alto. Implica muchas construcciones de ingeniería como presas, trasvases, canales ...

Impacto ambiental: Alto a medio. La inundación de grandes áreas para el embalse del agua ha producido la pérdida de recursos inestimables muchas veces.

RIESGO: LA CONTAMINACIÓN





**EL AGUA SUBTERRÁNEA
Y LOS ACUÍFEROS**

F I N

Mario Valencia Cuesta

Hidrogeólogo

Aguas Subterráneas Ltda.

aguassubterranneas@gmail.com

www.aguassub.com

Bogotá