

**CI66J/CI71T  
MODELACION DE AGUAS  
SUBTERRANEAS**

**AGUAS SUBTERRANEAS Y ACUIFEROS**



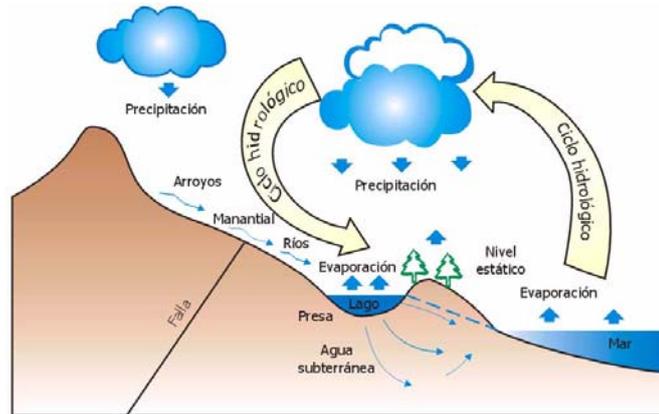
**CI66J**

**EL AGUA SUBTERRANEA EN EL CICLO  
HIDROLOGICO**

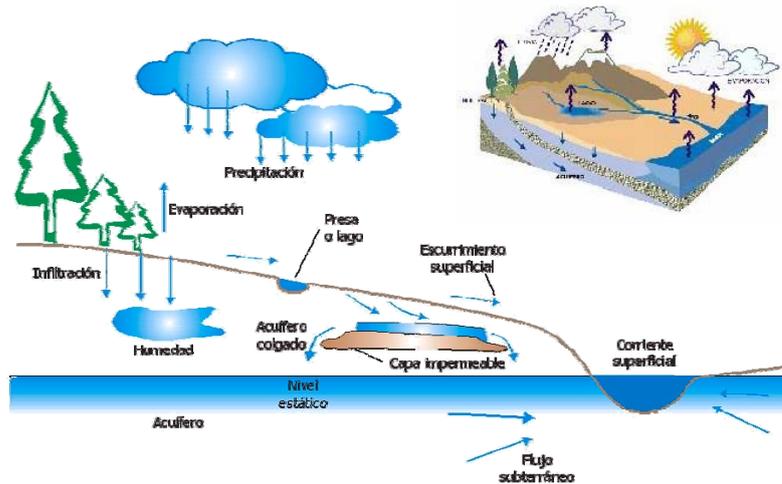


CI66J **CICLO HIDROLOGICO**

Hidrología de aguas subterráneas estudia la ocurrencia, distribución y movimiento del agua bajo la superficie de la tierra.

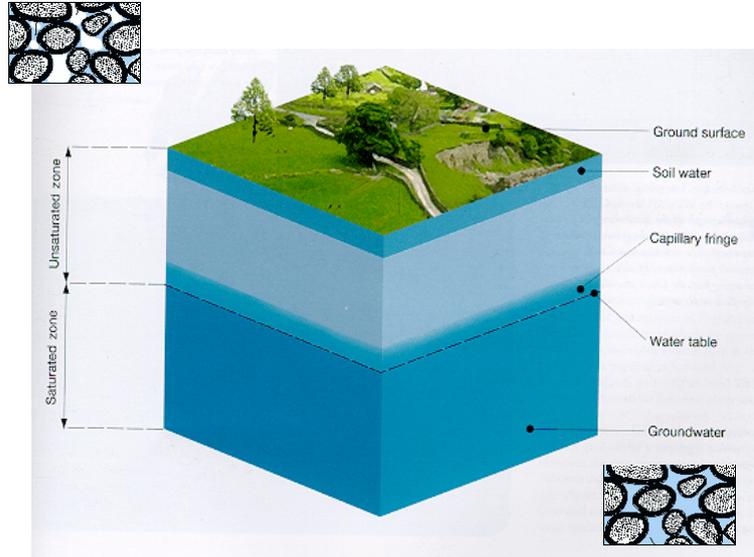


CI66J **CICLO HIDROLOGICO**

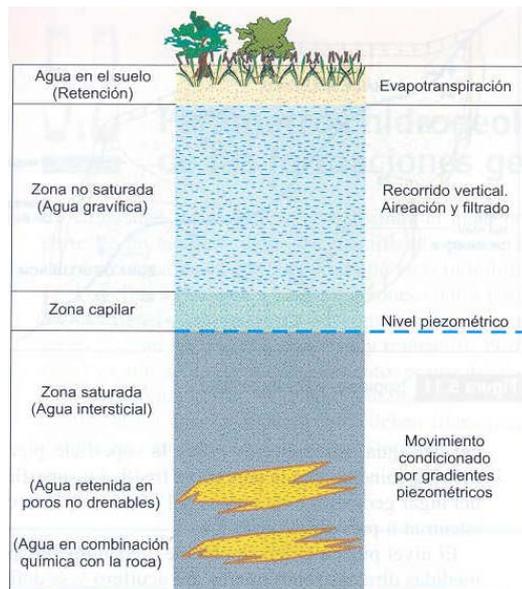


RECARGA: infiltración de precipitaciones  
DESCARGA: evaporación, bombeos

CI66J **PERFIL VERTICAL DE SUELO**



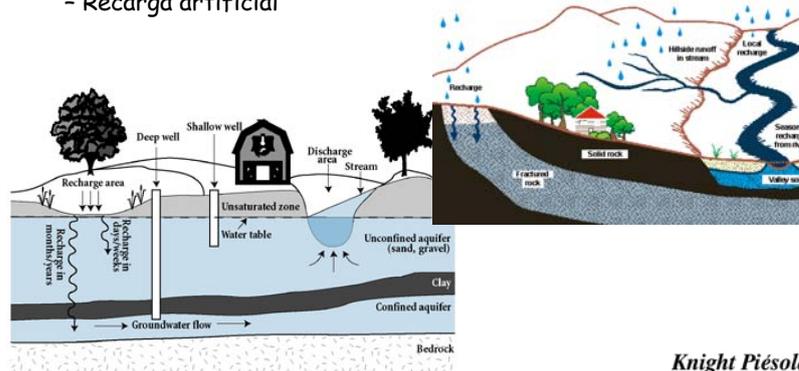
CI66J **PERFIL VERTICAL DE SUELO**



CI66J

Agua subterránea presente en el suelo accede hasta él desde diferentes fuentes:

- Infiltración natural
- Infiltración desde corrientes naturales
- Recarga desde regadío
- Recarga desde sistema de agua potable y alcantarillado
- Recarga artificial



*Knight Piésold*  
CONSULTING

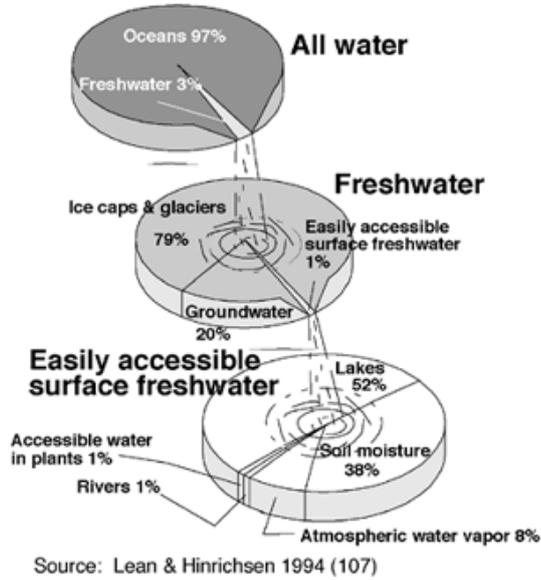
CI66J

## IMPORTANCIA DE LOS RECURSOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS



CI66J

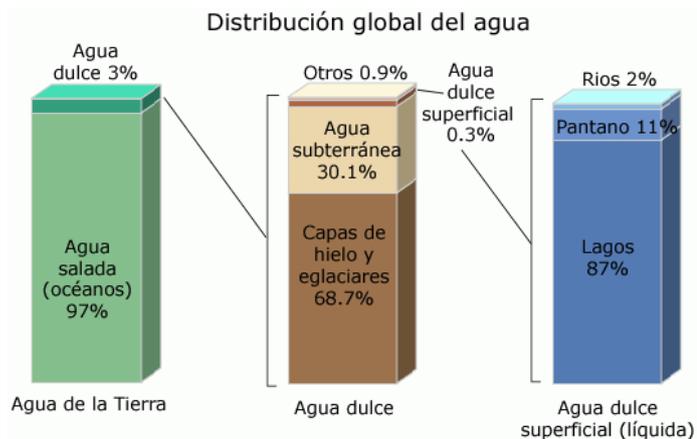
## DISTRIBUCION DEL AGUA EN EL PLANETA



CI66J

## DISTRIBUCION DEL AGUA EN EL PLANETA

- Aguas superficiales ampliamente explotadas y cada vez más escasas. Recursos hídricos subterráneos atractivos para satisfacer demanda.



CI66J

## RESEÑA HISTORICA



CI66J

El origen de las aguas subterráneas es uno de los problemas que más han preocupado al hombre desde los tiempos más remotos.

La teoría de la infiltración, que supone que todas las aguas subterráneas provienen bien de infiltración directa en el terreno de las lluvias o nieves, o indirecta de ríos o lagos, no ha sido aceptada universalmente, sino desde tiempos relativamente recientes.

Algunas teorías que trataron de explicar el origen del agua subterránea:

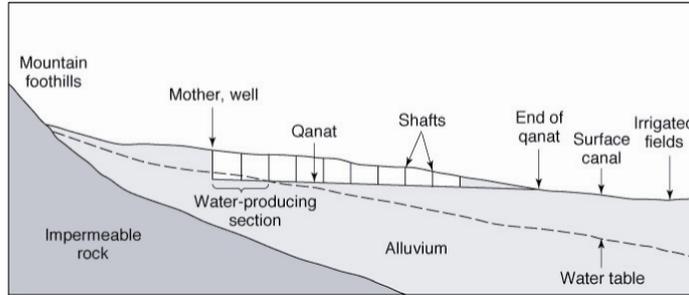
- Infiltración del agua marina
- Condensación del agua marina
- Condensación del vapor de agua en las rocas
- Teoría de infiltración de precipitaciones



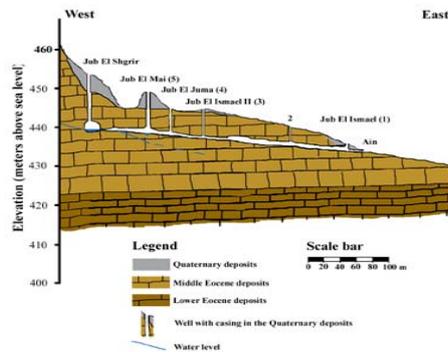
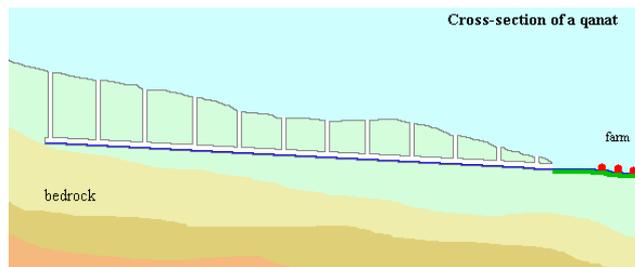
## CI66J

La apertura de pozos para captar el agua de subsuelo ha sido una de las prácticas más antiguas del hombre.

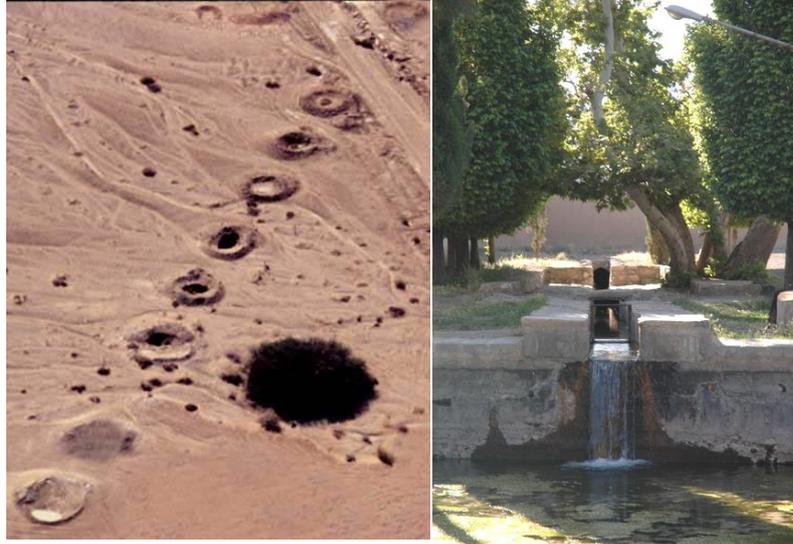
Uno de los casos más interesantes son los *kanats* o *qanats* que se utilizaban en el sudeste asiático y en el norte de Africa.



## CI66J



CI66J

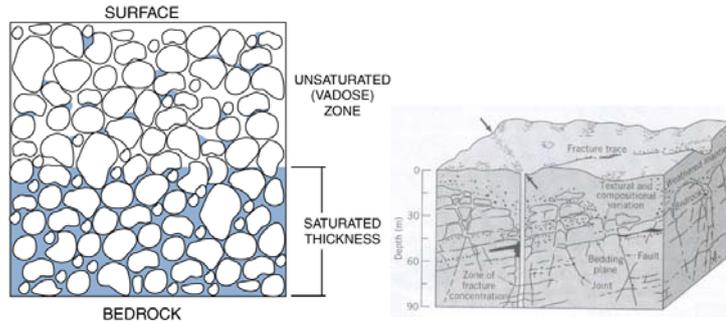


CI66J

## ASPECTOS TECNICOS



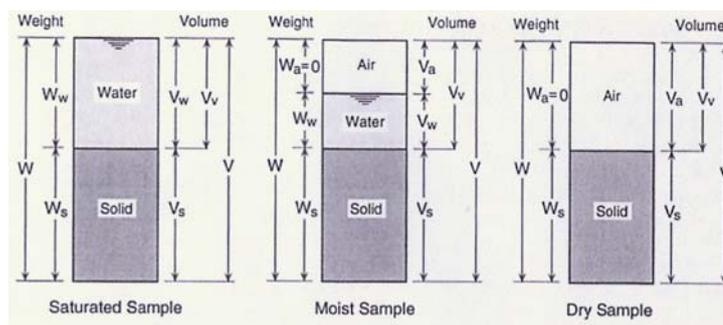
CI66J **MEDIO POROSO**



Un medio poroso está compuesto por una mezcla de agua, aire y sedimentos, los que dependiendo de su proporción dan origen a ciertas propiedades o características del mismo.



CI66J **MEDIO POROSO**



$$\theta = \frac{V_w}{V_s + V_w + V_a} = \frac{V_w}{V_T}$$

$$w = \frac{W_w}{W_s}$$

$$\rho_b = \frac{W_s}{V_T}$$



## CI66J FORMACIONES GEOLOGICAS

En relación a la capacidad para almacenar y transmitir aguas subterráneas, los terrenos pueden clasificarse en las siguientes categorías:

**-Acuíferos:** formaciones de gran porosidad y gran permeabilidad, capaces de almacenar y transmitir agua en forma apreciable (ejemplo: arenas).

**-Acuitardos:** formaciones de baja permeabilidad, que permiten el paso de agua de manera vertical.

**-Acuífijos o acuicludos:** formaciones de alta porosidad y baja permeabilidad capaces de almacenar grandes cantidades de agua muy difíciles de extraer por los métodos corrientes de explotación.

**-Acuífugos:** formaciones de muy baja porosidad y permeabilidad, incapaces de transmitir o almacenar agua (ejemplo: rocas graníticas).



## CI66J FORMACIONES GEOLOGICAS

En relación a su potencial hidrogeológico se pueden identificar las siguientes categorías de formaciones geológicas:

	Capacidad de almacenar	Capacidad de drenar	Capacidad de transmitir	Formaciones características
ACUÍFEROS	ALTA	ALTA	ALTA	Gravas, arenas, calizas
ACUITARDOS	ALTA	MEDIA/BAJA	BAJA	Limos, arenas limosas y arcillosas
ACUICLUDOS	ALTA	MUY BAJA	NULA	Arcillas
ACUIFUGOS	NULA	NULA	NULA	Granitos, gneises, mármoles



## CI66J TIPO DE ACUIFERO

El agua subterránea puede encontrarse en el subsuelo en dos formas:

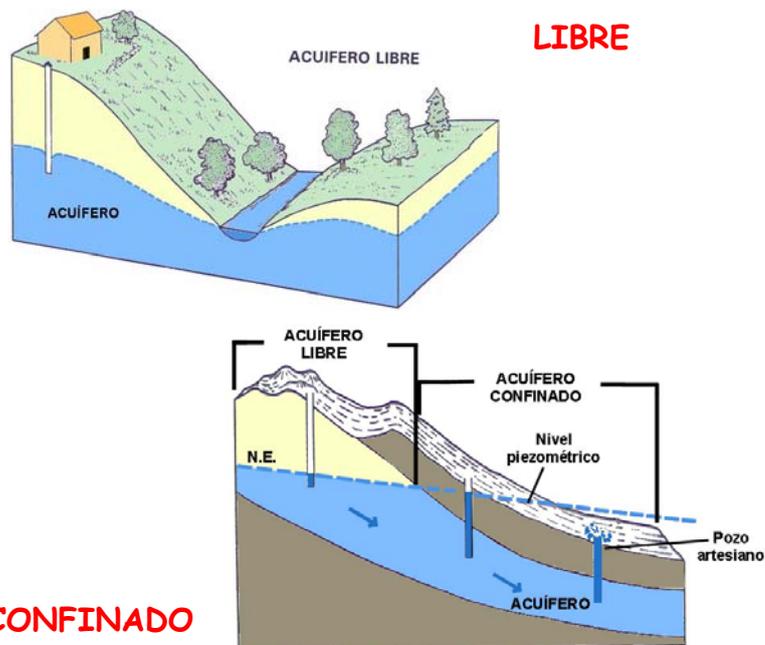
• **No confinada:** en que sobre el nivel superior del agua de la zona saturada se tiene una presión igual a 1 atmósfera.

• **Confinada:** en que sobre el nivel superior del agua de la zona saturada se tiene una presión mayor que la atmosférica.

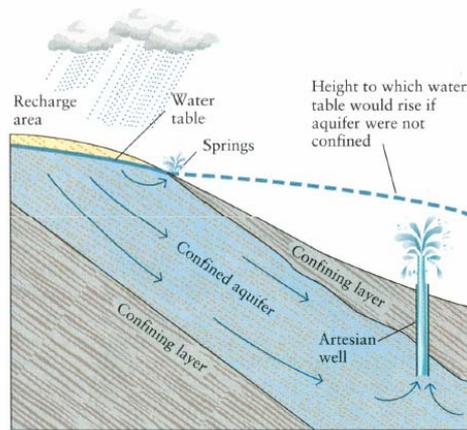
En ambos casos, el límite inferior del sistema suelo-agua es una capa de baja permeabilidad que impide el escurrimiento vertical del agua, en la mayoría de los casos completamente.



CI66J



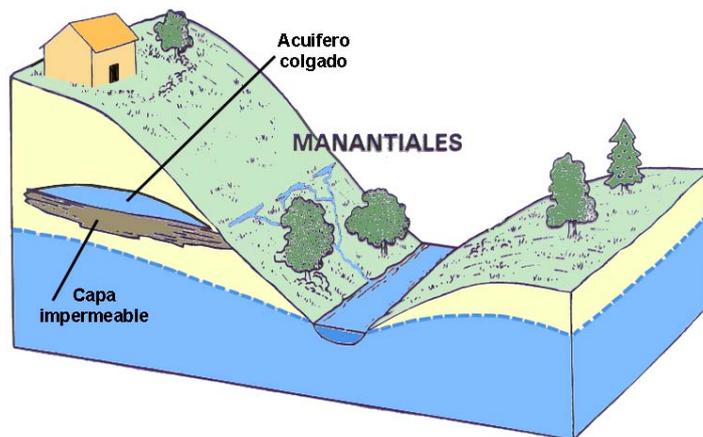
CI66J



**POZO ARTESIANO**



CI66J



**ACUIFERO COLGADO**



CI66J



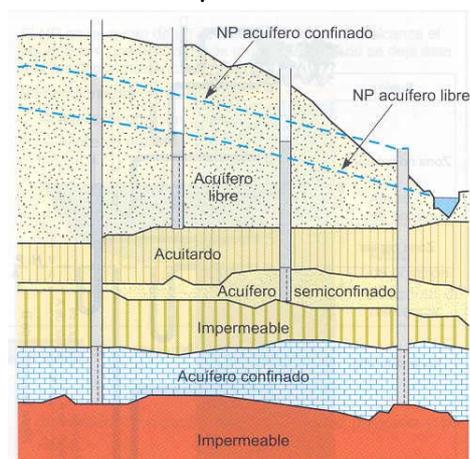
### ACUIFEROS COLGADOS



CI66J

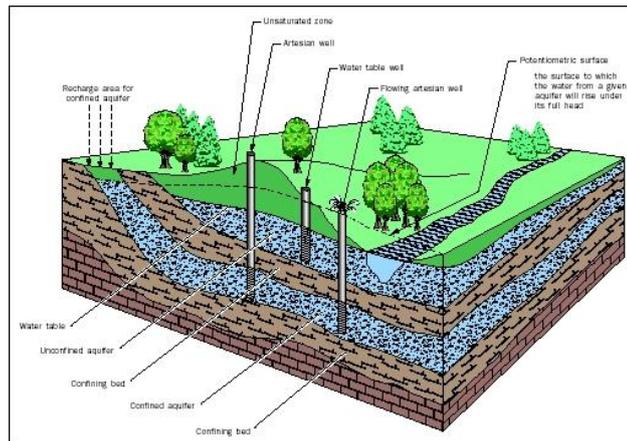
### FORMACIONES ACUIFERAS

Caso más realista de un sistema acuífero corresponde a un sistema estratificado con una serie de unidades independientes.



## CI66J FORMACIONES ACUIFERAS

Caso más realista de un sistema acuífero corresponde a un sistema estratificado con una serie de unidades independientes.



## CI66J ORIGEN DEL AGUA SUBTERRANEA

Según su origen las aguas subterráneas pueden ser **meteóricas, juveniles o innatas**.

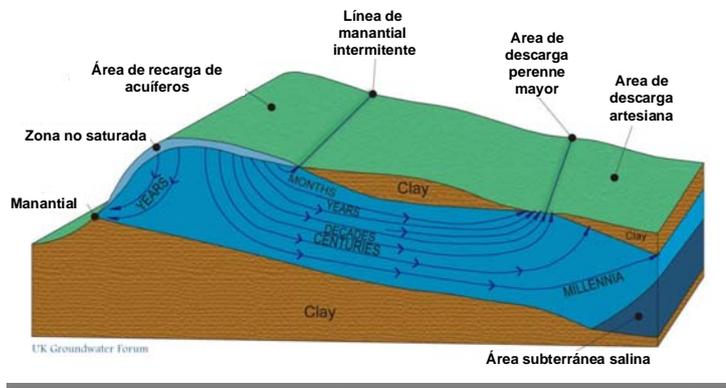
-Las **aguas meteóricas** son las que tienen su origen en la atmósfera y se convierten en agua subterránea luego de su precipitación y posterior infiltración.

-Las **aguas juveniles** se forman en el magma en las profundidades de la tierra o pueden originarse junto con las lavas volcánicas.

-Las **aguas innatas** son aquellas que han sido atrapadas en los huecos o intersticios de rocas sedimentarias en la época que fueron depositadas.

CI66J

## TIEMPO DE RESIDENCIA



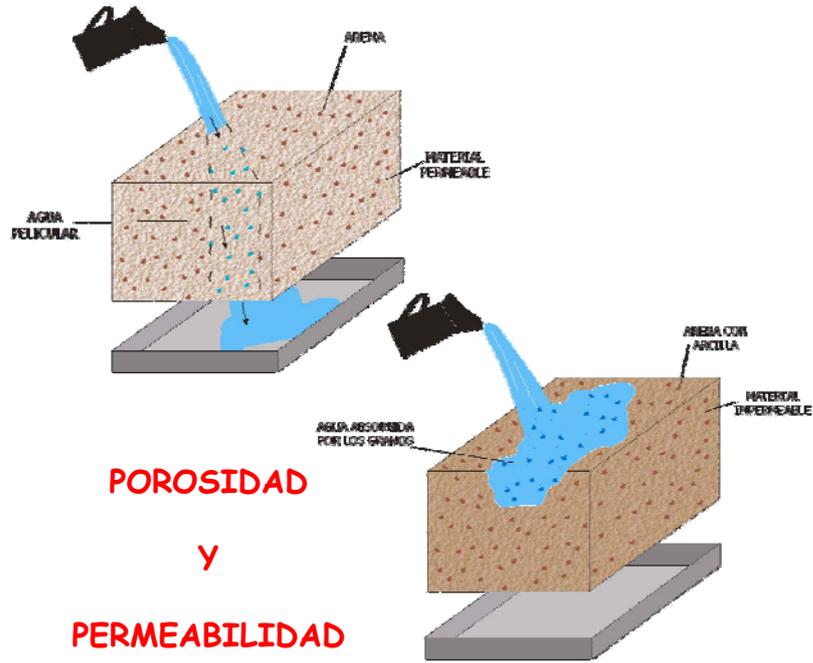
La velocidad del agua subterránea es muy baja (1 metro por día, año o década)

La edad (tiempo desde la recarga) del agua subterránea varía en diferentes partes del sistema de flujos

CI66J

## PROPIEDADES HIDROGEOLOGICAS

CI66J



CI66J



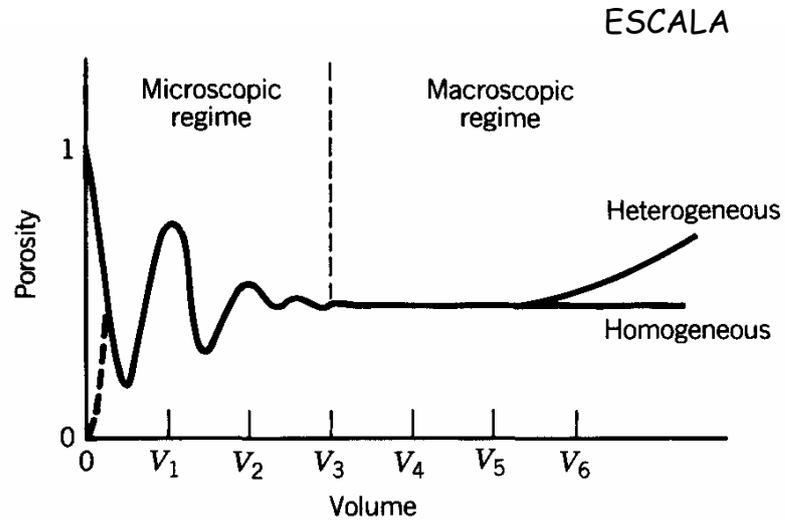
arcilla

Toma de muestras desde una calicata para análisis de suelo

grava



CI66J **POROSIDAD TOTAL Y EFECTIVA**



CI66J **POROSIDAD TOTAL Y EFECTIVA**

**Porosidad Total**,  $n$ , es el porcentaje de la roca o suelo que está compuesto de huecos o vacío.

$$n = 100 \cdot \frac{V_v}{V_v + V_s} = 100 \cdot \frac{V_v}{V_T}$$

**Porosidad Efectiva**,  $n_e$ , corresponde a aquellos huecos que se encuentran interconectados entre sí.

$$n_e < n$$

**Rango de Valores de Porosidad, n(%)**

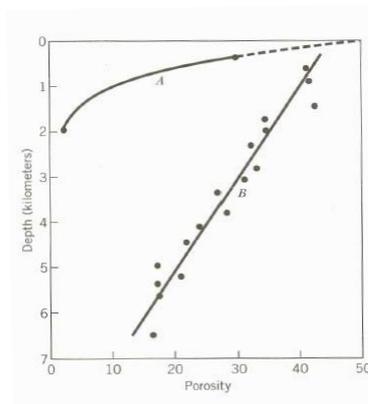
Table 2.2.1 Representative Values of Porosity (after Morris and Johnson<sup>45</sup>)

Material	Porosity, percent	Material	Porosity, percent
Gravel, coarse	28 <sup>a</sup>	Loess	49
Gravel, medium	32 <sup>a</sup>	Peat	92
Gravel, fine	34 <sup>a</sup>	Schist	38
Sand, coarse	39	Siltstone	35
Sand, medium	39	Claystone	43
Sand, fine	43	Shale	6
Silt	46	Till, predominantly silt	34
Clay	42	Till, predominantly sand	31
Sandstone, fine grained	33	Tuff	41
Sandstone, medium grained	37	Basalt	17
Limestone	30	Gabbro, weathered	43
Dolomite	26	Granite, weathered	45
Dune sand	45		

<sup>a</sup>These values are for repacked samples; all others are undisturbed.



Material	Porosity (%)
<b>Sedimentary</b>	
Gravel, coarse	24–36
Gravel, fine	25–38
Sand, coarse	31–46
Sand, fine	26–53
Silt	34–61
Clay	34–60
<b>Sedimentary rocks</b>	
Sandstone	5–30
Siltstone	21–41
Limestone	0–50
Shale	0–10
<b>Crystalline rocks</b>	
Fractured schist	30–38
Fractured crystalline rocks	0–10
Dense crystalline rocks	0–5
Basalt	3–35
Weathered granite	34–57
Weathered gabbro	42–45



A. LUTITAS  
B. ARESNIASCAS



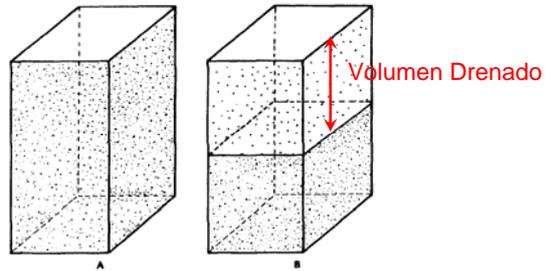
CI66J

## CAPACIDAD Y RETENCION ESPECIFICA

La **capacidad específica** ( $S_y$ ) es la razón entre el volumen de agua que drena desde una muestra de suelo saturado debido a la acción de la gravedad y el volumen total de la muestra. Su complemento es la **retención específica** ( $S_R$ ).

$$S_y = \frac{V_{DRENADO}}{V_{TOTAL}}$$

$$n = S_y + S_R$$



CI66J

## CAPACIDAD Y RETENCION ESPECIFICA

La retención específica aumenta a medida que el tamaño de los granos disminuye. De esta manera, una muestra de arcilla puede tener una porosidad total de 50% con una retención específica de 48%.

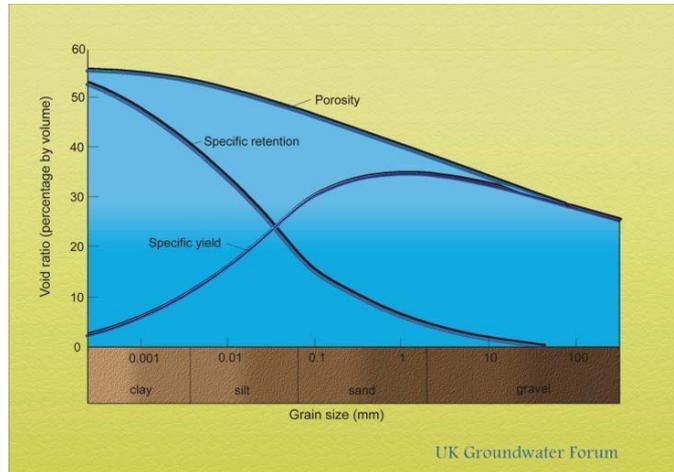
### Capacidad Específica, $S_v$ , para distintos suelos

Material	Capacidad Específica		
	Máximo	Mínimo	Promedio
Arcilla	5	0	2
Arcilla arenosa	12	3	7
Limo	19	3	18
Arena fina	28	10	21
Arena media	32	15	26
Arena gruesa	35	20	27
Arena gravosa	35	20	25
Grava fina	35	21	25
Grava media	26	13	23
Grava gruesa	26	12	22



CI66J

## CAPACIDAD Y RETENCION ESPECIFICA



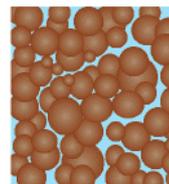
CI66J

## CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA

El flujo de líquidos viscosos a través de suelos saturados está gobernado por una ley planteada experimentalmente por **Henry Darcy** en 1856.

Darcy investigó el flujo vertical de agua a través de filtros de arena y concluyó que para tasas suficientemente bajas del flujo, el caudal que escurriría era directamente proporcional al gradiente hidráulico.

$$v = K \cdot i = -K \cdot \frac{\Delta H}{\Delta S}$$



CI66J

## CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA

Rangos de Permeabilidad o Conductividad Hidráulica para Sedimentos No Consolidados

Material	Conductividad Hidráulica K, cm/s
Arcilla	$10^{-9} - 10^{-6}$
Limo, limos arenosos, arenas arcillosas	$10^{-6} - 10^{-4}$
Arenas limosas, arenas finas	$10^{-5} - 10^{-3}$
Arenas bien distribuidas	$10^{-3} - 10^{-1}$
Gravas bien distribuidas	$10^{-2} - 1$

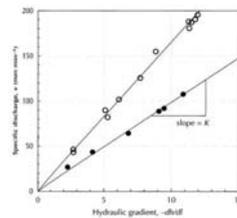
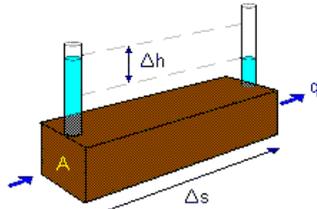
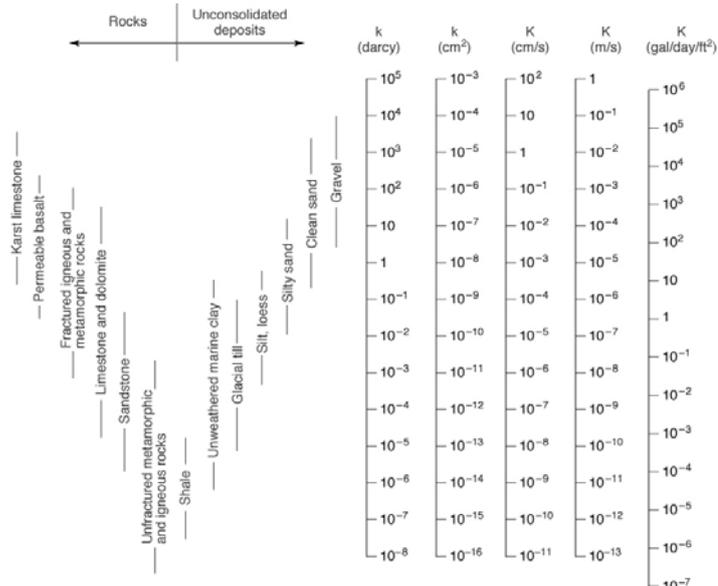


FIGURE 3.13 Original data from Darcy's 1856 experiments that show a linear relationship between specific discharge and hydraulic gradient for two different sands. Source: Hantush, Ruffenberg, Wilberg and Eshleman, Elements of Physical Hydrology, © 1998. The Johns Hopkins University Press. Used with permission.



CI66J

## CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA



CI66J

## CARGA HIDRAULICA TOTAL Y POTENCIAL PIEZOMETRICO

El proceso físico que involucra el flujo a través de un medio poroso usualmente requiere la existencia de un **gradiente o diferencia de potencial**. En el caso del escurrimiento a través de un medio poroso bajo condiciones saturadas o no saturadas se requiere que exista una diferencia de energía entre dos puntos en el medio para que se produzca un flujo neto de agua entre ellos.

El **nivel de energía**, como altura o columna de agua, está compuesto de tres términos:  $h_v$  altura de velocidad,  $h_p$  altura de presión y  $h_z$  altura o cota geométrica.

$$h_T = h_v + h_p + h_z$$

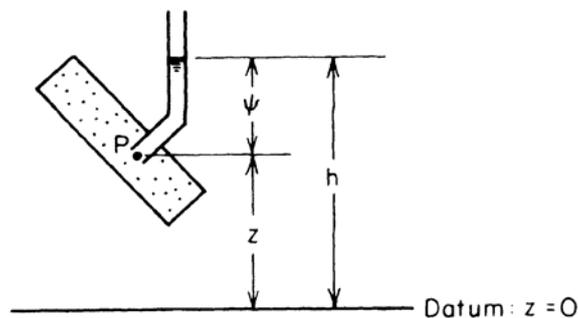
$$h_T = \frac{v^2}{2 \cdot g} + \frac{p}{\rho \cdot g} + z \approx \frac{p}{\rho \cdot g} + z = \psi + z$$



CI66J

## CARGA HIDRAULICA TOTAL Y POTENCIAL PIEZOMETRICO

$$p = \rho g(h - z) + p_0$$

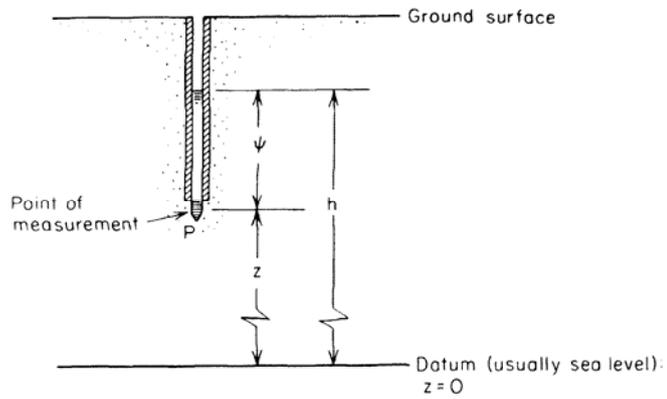


Medición de altura piezométrica en el punto P, en un piezómetro de laboratorio.



CI66J

## CARGA HIDRAULICA TOTAL Y POTENCIAL PIEZOMETRICO

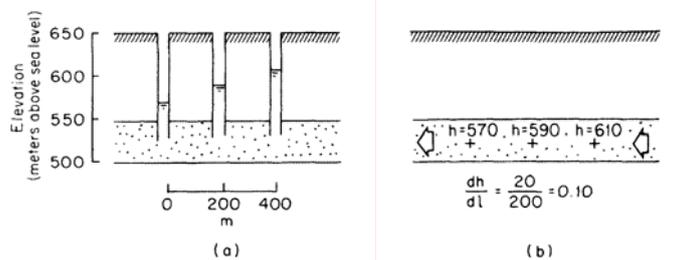


Medición de altura piezométrica en el punto P, en un piezómetro o sondaje de observación en terreno.



CI66J

## CARGA HIDRAULICA TOTAL Y POTENCIAL PIEZOMETRICO

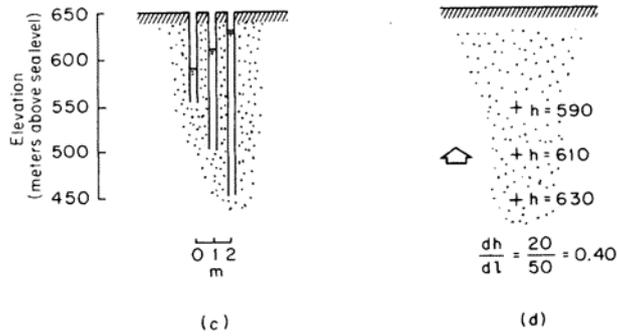


Flujo de agua en la dirección horizontal inducido por un gradiente piezométrico



CI66J

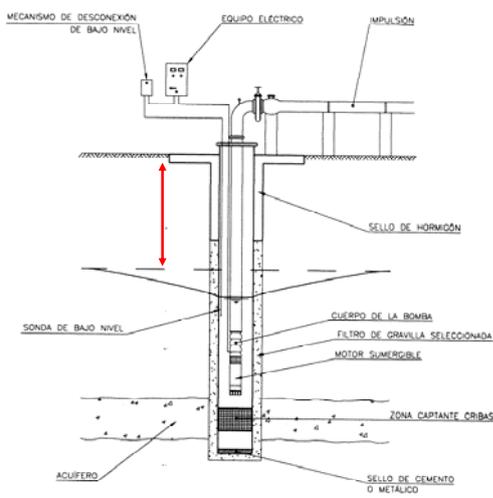
## CARGA HIDRAULICA TOTAL Y POTENCIAL PIEZOMETRICO



Flujo de agua en la dirección vertical inducido por un gradiente piezométrico

CI66J

## MEDICION DEL AGUA SUBTERRANEA



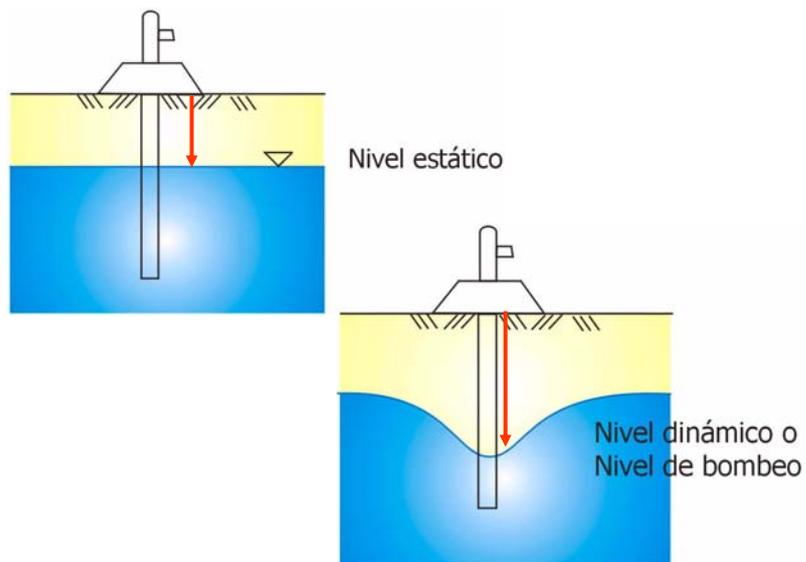
CI66J

## MEDICION DEL AGUA SUBTERRANEA



CI66J

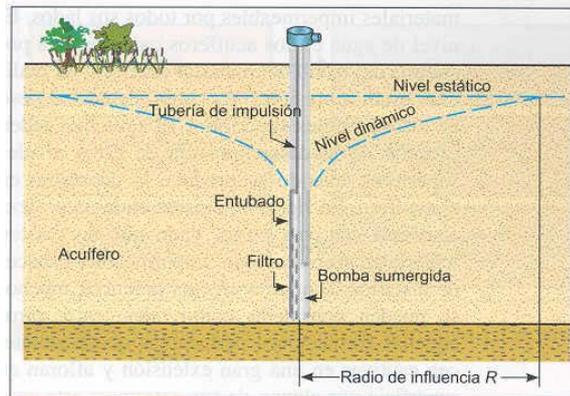
## MEDICION DEL AGUA SUBTERRANEA



## CI66J BOMBEO DESDE POZOS

Se genera un cono de depresión en torno al pozo de bombeo.

El nivel se estabiliza para un caudal dado.

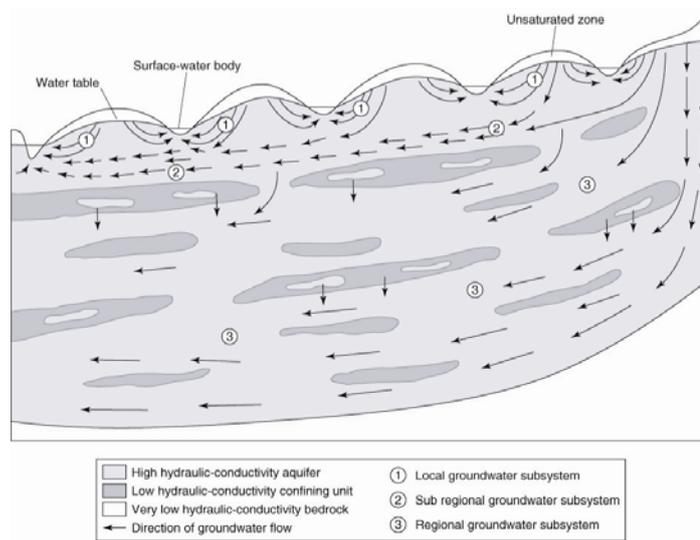


## CI66J

### PROPIEDADES DE UN ACUIFERO

CI66J

## ESQUEMA SIMPLIFICADO DE UN ACUIFERO



CI66J

## TRANSMISIBILIDAD O TRANSMISIVIDAD

Un concepto muy útil en la práctica habitual es la **transmisividad o transmisibilidad** de un sistema acuífero, la que mide la cantidad de agua, por unidad de ancho, que puede ser transmitida horizontalmente a través del espesor saturado de un acuífero con un gradiente hidráulico igual a 1 (unitario).

La transmisividad es el producto de la conductividad hidráulica ( $K$ ) y el espesor saturado del acuífero ( $b$ ):

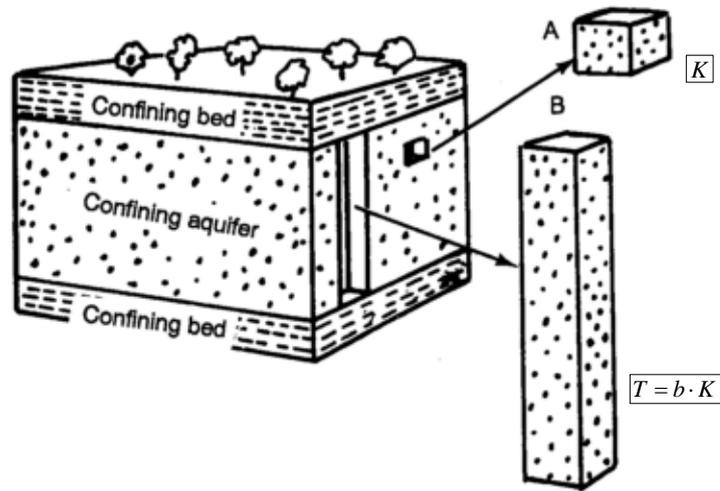
$$T = b \cdot K$$

Para un acuífero compuesto de muchos estratos la transmisividad total es la suma de las transmisividades de cada estrato:

$$T = \sum_{i=1}^n T_i$$

CI66J

## TRANSMISIBILIDAD O TRANSMISIVIDAD



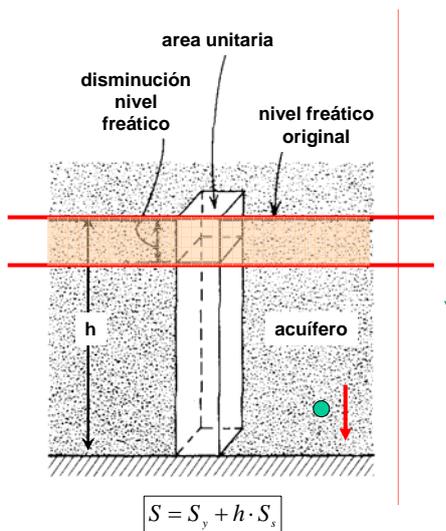
CI66J

## COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO

Aparte de liberar agua debido a un drenaje de los poros del suelo se produce una liberación adicional de agua debido a cambios en la presión de poros.

Si la presión interna aumenta, el esqueleto mineral se expande, mientras que si la presión disminuye el esqueleto se contrae. Este concepto se conoce como *elasticidad*.

Asimismo, el agua se contrae debido a un aumento en la presión y se expande frente a una disminución en la presión.



CI66J

## CAPACIDAD ESPECIFICA ( $S_y$ )

Ranges of Values of Specific Yield ( $S_y$ )

Material	No. of analyses	Range	Arithmetic mean
<b>Sedimentary materials</b>			
Sandstone (fine)	47	0.02–0.40	0.21
Sandstone (medium)	10	0.12–0.41	0.27
Siltstone	13	0.01–0.33	0.12
Sand (fine)	287	0.01–0.46	0.33
Sand (medium)	297	0.16–0.46	0.32
Sand (coarse)	143	0.18–0.43	0.30
Gravel (fine)	33	0.13–0.40	0.28
Gravel (medium)	13	0.17–0.44	0.24
Gravel (coarse)	9	0.13–0.25	0.21
Silt	299	0.01–0.39	0.20
Clay	27	0.01–0.18	0.06
Limestone	32	0–0.36	0.14
<b>Wind-laid materials</b>			
Loess	5	0.14–0.22	0.18
Eolian sand	14	0.32–0.47	0.38
<b>Rock</b>			
Schist	11	0.22–0.33	0.26
Tuff	90	0.02–0.47	0.21

From Morris and Johnson, 1967.



CI66J

## ALMACENAMIENTO ESPECIFICO ( $S_s$ )

Ranges of Values of Specific Storage ( $S_s$ )

Material	Specific storage ( $S_s$ ) ( $m^{-1}$ )
Plastic clay	$2.0 \times 10^{-2}$ – $2.6 \times 10^{-3}$
Stiff clay	$2.6 \times 10^{-3}$ – $1.3 \times 10^{-3}$
Medium-hard clay	$1.3 \times 10^{-3}$ – $9.2 \times 10^{-4}$
Loose sand	$1.0 \times 10^{-3}$ – $4.9 \times 10^{-4}$
Dense sand	$2.0 \times 10^{-4}$ – $1.3 \times 10^{-4}$
Dense sandy gravel	$1.0 \times 10^{-4}$ – $4.9 \times 10^{-5}$
Rock, fissured, jointed	$6.9 \times 10^{-5}$ – $3.3 \times 10^{-6}$
Rock, sound	Less than $3.3 \times 10^{-6}$

Adapted from Domenico, 1972.



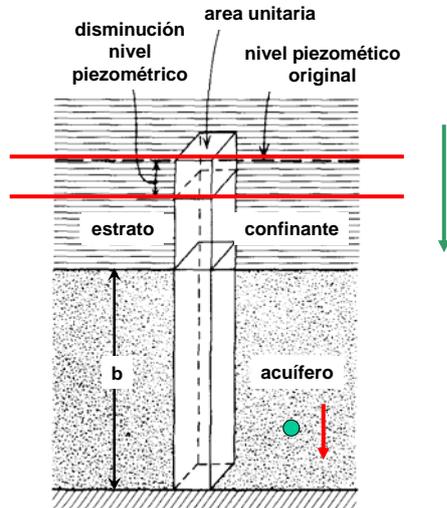
CI66J

## COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO

En un acuífero **confinado** la carga hidráulica puede disminuir pero el nivel piezométrico puede permanecer sobre la unidad confinante. En este caso una cantidad de agua es liberada desde almacenamiento y el acuífero permanece saturado.

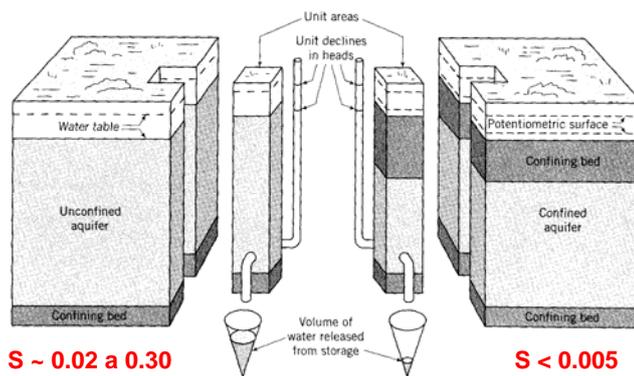
El coeficiente de almacenamiento ( $S$ ) de un acuífero confinado es el producto del almacenamiento específico ( $S_s$ ) y del espesor del acuífero:

$$S = b \cdot S_s$$



CI66J

## COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO



El volumen de agua drenado desde un acuífero, debido a una reducción en su carga hidráulica puede ser calculado como:

$$V_w = S \cdot A \cdot \Delta h$$



CI66J

## PRUEBAS DE BOMBEO



CI66J

El **pozo profundo** es uno de los principales medios de producción de aguas subterráneas con que se cuenta. Su comportamiento hidráulico permite obtener valiosa información sobre el medio acuífero asociado al pozo.

- Estimar la cantidad de agua que puede extraerse de un pozo bajo condiciones previamente establecidas
- Determinar los parámetros asociados al medio acuífero.
- El "comportamiento hidráulico" de una captación debe conocerse para planificar su aprovechamiento como fuente de captación de agua subterránea.

Para estudiar el comportamiento hidráulico del sistema se recurre a las denominadas **pruebas de bombeo**, en las cuales un pozo de bombeo es operado y se mide la depresión o descenso de nivel en uno o más pozos de observación. La interpretación de estas curvas, descenso-tiempo, permite obtener el valor de las distintas constantes hidrogeológicas que describen el sistema en estudio.



## CI66J

Las pruebas en **condiciones de desequilibrio** son las más utilizadas en la práctica. Dependiendo del tipo de captación, del tipo de acuífero y de la forma de extraer el agua (caudal constante o variable), se han derivado una serie de relaciones que permiten el cálculo de los parámetros representativos del medio acuífero.

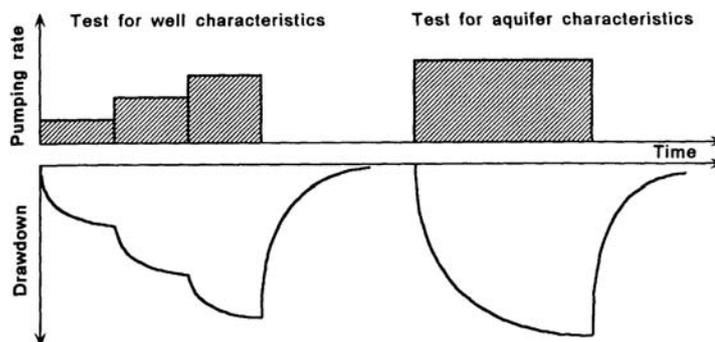
Las pruebas de bombeo se pueden clasificar en dos grandes grupos: **gasto o caudal variable** y **gasto o caudal constante**.

- Las pruebas de **gasto variable** se realizan para determinar la capacidad de producción del pozo y para determinar la posición de la bomba dentro del sondaje.

- La prueba de **gasto constante** es utilizada para determinar las propiedades elásticas o hidrogeológicas de la formación acuífera.



## CI66J



**GASTO VARIABLE**

**GASTO CONSTANTE**



CI66J



CI66J



CI66J



CI66J



CI66J

## EVALUACION HIDROGEOLOGICA



CI66J

## **METODOLOGIA DE EVALUACION HIDROGEOLOGICA**

- RECOPIACION DE ANTECEDENTES BASICOS
- ZONIFICACION GEOLOGICA Y GEOMORFOLOGICA
- CARACTERIZACION DE RECURSOS HIDRICOS SUBTERRANEOS Y SUPERFICIALES
- PROPOSICION DE EXPLORACIONES ADICIONALES
- EVALUACION DE RECURSOS



CI66J

## **METODOLOGIA DE EVALUACION HIDROGEOLOGICA**

- **RECOPIACION DE ANTECEDENTES BASICOS**
  - Cartografía de apoyo, fotografías aéreas y satelitales
  - Catastro de publicaciones e informes anteriores
  - Catastro de captaciones
  - Catastro de datos climatológicos y pluviométricos
  - Catastro de vertientes
  - Catastro de datos de calidad de aguas
  - Catastro de exploraciones anteriores

- **ZONIFICACION GEOLOGICA Y GEOMORFOLOGICA**



CI66J

## **METODOLOGIA DE EVALUACION HIDROGEOLOGICA**

- **CARACTERIZACION DE RECURSOS HIDRICOS  
SUBTERRANEOS Y SUPERFICIALES**
  - Red de Drenaje
  - Precipitación e Hidrología
  - Unidades Hidrogeológicas
  - Dirección de Escurrimiento
  - Niveles de Agua Subterránea
  - Balance Hidrológico
- **PROPOSICION DE EXPLORACIONES ADICIONALES**
- **EVALUACION DE RECURSOS**



## CI66J DIRECCION DE ESCURRIMIENTO

Mapas del nivel freático, para un acuífero no confinado, y de la superficie piezométrica, para un acuífero confinado, son herramientas básicas de la interpretación hidrogeológica.

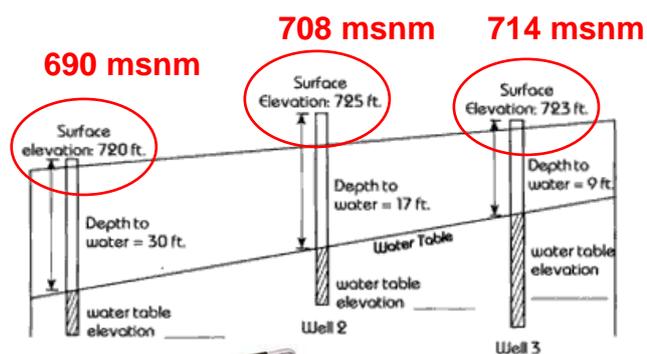
Estos mapas son representaciones bidimensionales de superficies tridimensionales. Estos mapas se pueden mostrar como curvas de nivel o contornos, así como en perspectiva representando un mapa de tres dimensiones.

Los datos usados para construir mapas de nivel freático o piezométrico son elevaciones del nivel de agua medidas en algunos pozos habilitados en la zona de estudio.

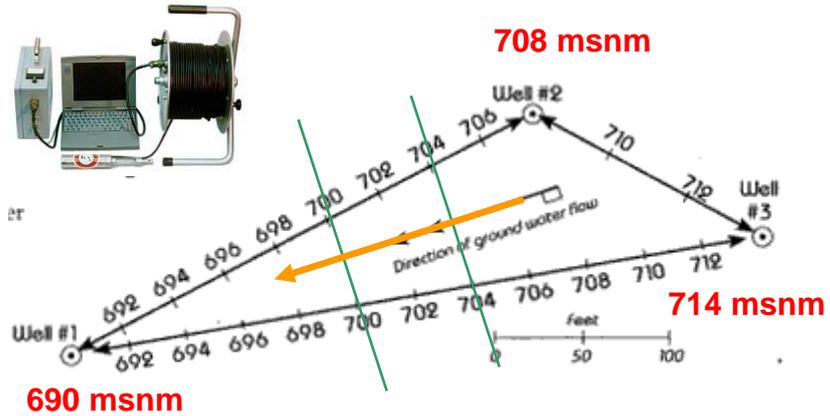
No todos los pozos son útiles para este efecto. Por ejemplo, si un pozo perfora más de un acuífero el nivel del agua dentro de él corresponderá a un promedio del nivel de energía en cada acuífero atravesado.



## CI66J DIRECCION DE ESCURRIMIENTO



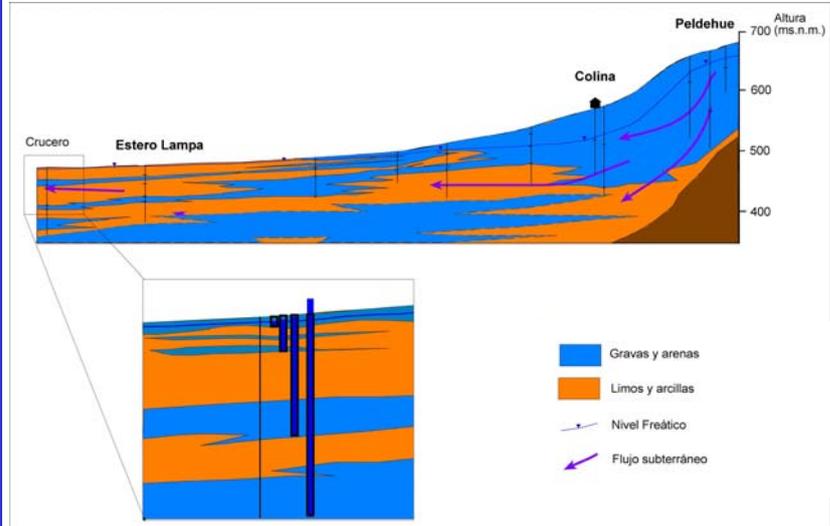
## CI66J DIRECCION DE ESCURRIMIENTO



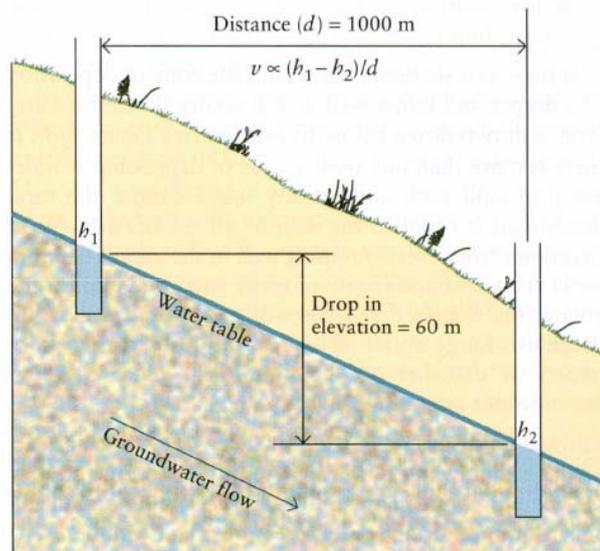
## CI66J ISOPIEZAS O EQUIPOTENCIALES



## CI66J UNIDADES HIDROGEOLOGICAS



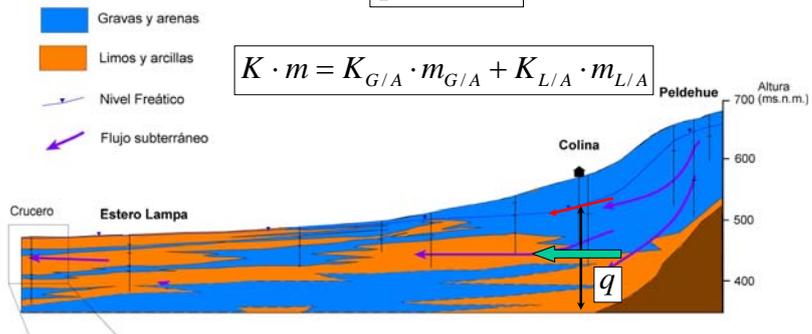
## CI66J GRADIENTE HIDRAULICO



**CI66J CAUDAL DE AGUA SUBTERRANEA**

Se calcula mediante la Ley de Darcy, utilizando información de terreno: conductividad hidráulica (K), gradiente hidráulico (i), y la potencia o espesor del acuífero (m).

$$q = K \cdot m \cdot i$$



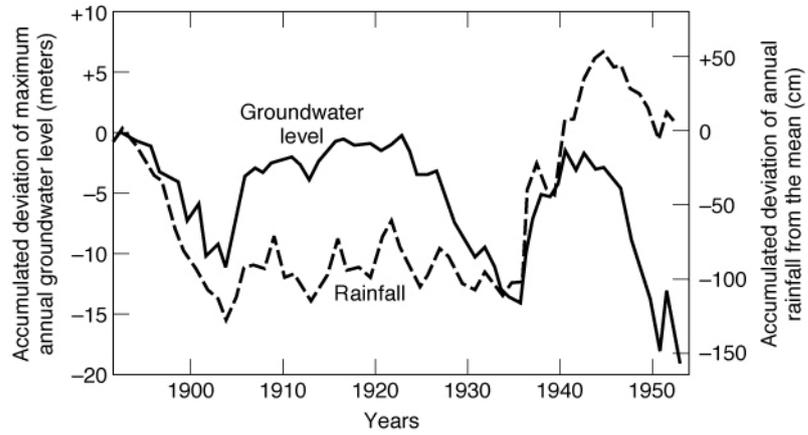
**CI66J CAUDAL DE AGUA SUBTERRANEA**

El caudal total se calcula multiplicando el caudal específico (q) por el ancho de la zona de escurrimiento (L):

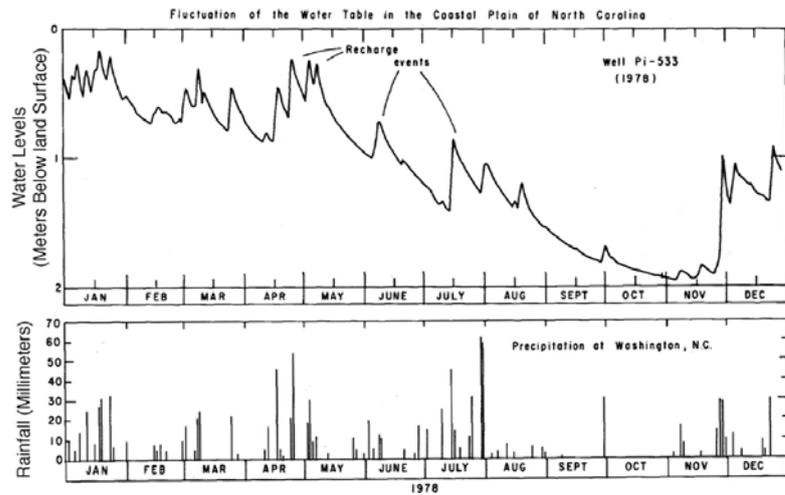
$$Q = q \cdot L = K \cdot m \cdot i \cdot L$$



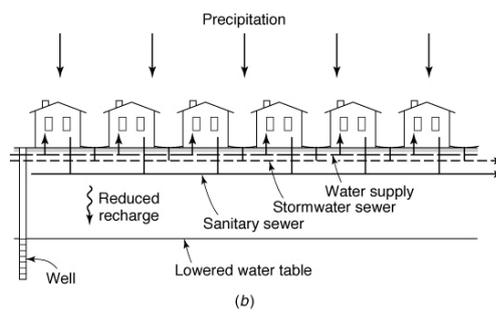
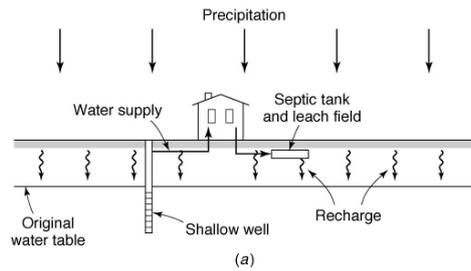
**CI66J NIVELES DE AGUA SUBTERRANEA**



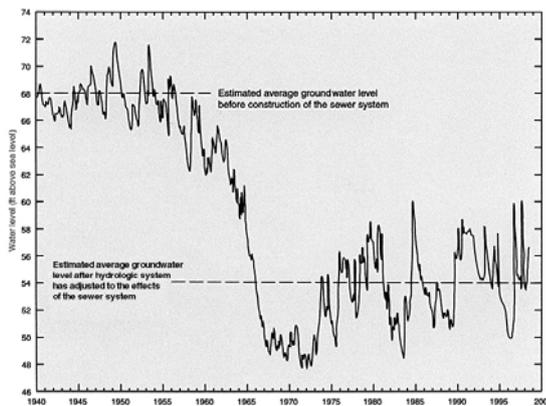
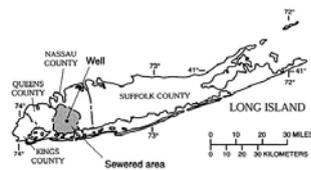
**CI66J NIVELES DE AGUA SUBTERRANEA**



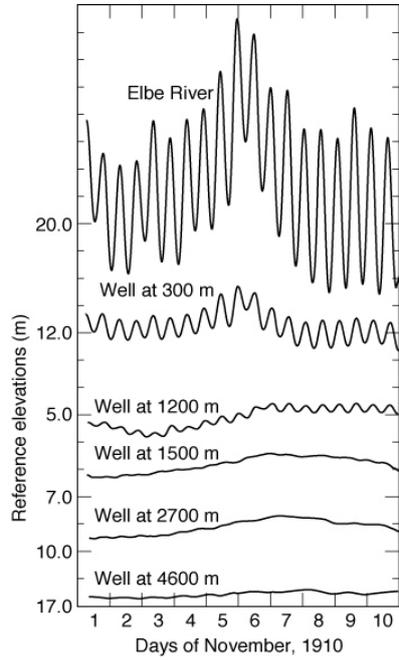
**CI66J NIVELES DE AGUA SUBTERRANEA**



**CI66J NIVELES DE AGUA SUBTERRANEA**

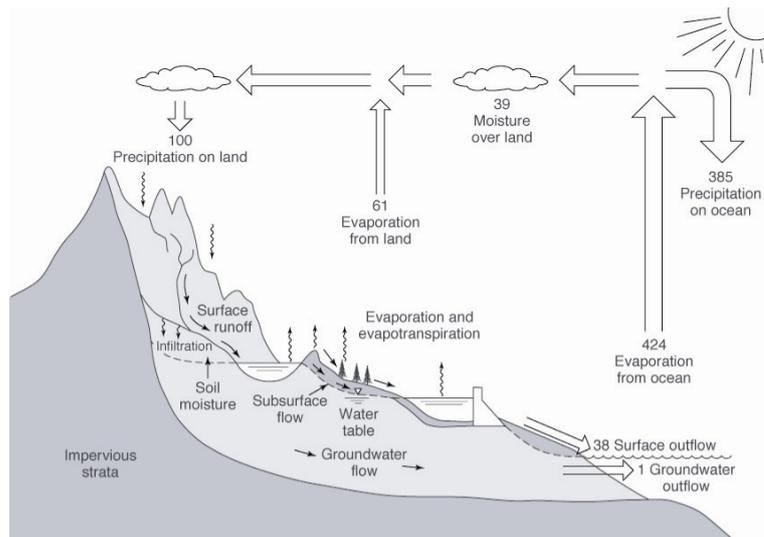


CI66J



CI66J

### BALANCE HIDROLOGICO



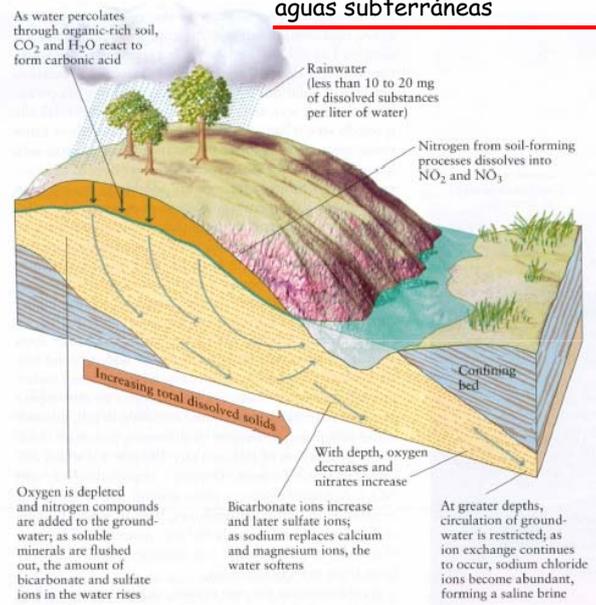
CI66J

## CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS



CI66J

### Substrato y evolución geoquímica de las aguas subterráneas



## CI66J PROCESOS DE TRANSPORTE

Existen diversos procesos que permiten describir el movimiento de uno o más contaminantes en un medio poroso saturado. Para un compuesto conservativo en un medio homogéneo se tienen los siguientes procesos:

-Advección

-Difusión  
-Dispersión Mecánica } -Dispersión Hidrodinámica

Si consideramos un medio heterogéneo se agrega el siguiente proceso:

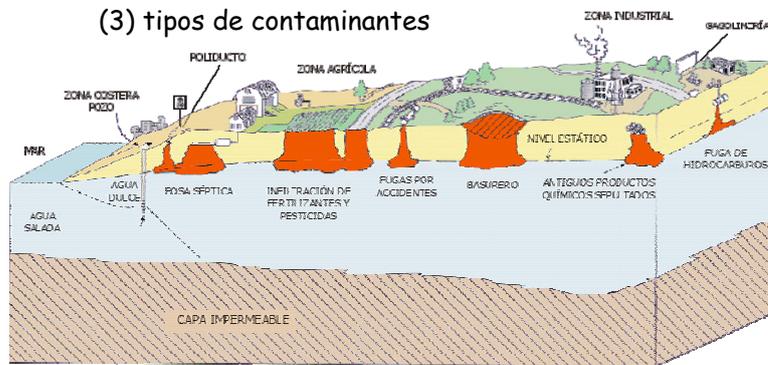
-Macrodispersión



## CI66J FUENTES DE CONTAMINACION

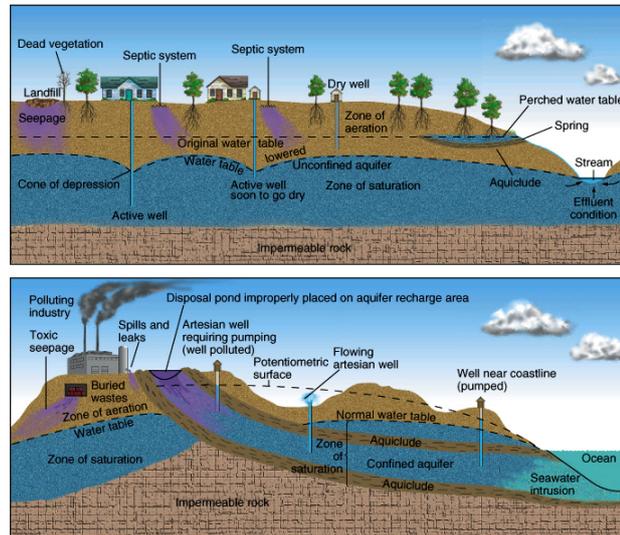
Aspectos importantes para distinguir fuentes de contaminación:

- (1) localización
- (2) historia
- (3) tipos de contaminantes



CI66J

## FUENTES DE CONTAMINACION



CI66J

## FUENTES DE CONTAMINACION



CI66J

## SISTEMA DE REMEDIACION PASIVA

