



Cátedra FACSBA de Innovación del Ciclo Integral del Agua
1ª Jornada Técnica sobre Gestión de Recursos Hídricos:
Aguas subterráneas

Hidrogeología: conceptos generales

Antonio Pulido Bosch, Universidad de Almería

Hydrogeology is the study of the laws governing the movement of subterranean water, the mechanical, chemical and thermal interaction of this water with the porous solid, and the transport of energy and chemical constituents by the flow

Domenico y Schwartz, 1990

Cátedra FACSA de Innovación del Ciclo Integral del Agua

1ª Jornada Técnica sobre Gestión de Recursos Hídricos: Aguas subterráneas

INTRODUCCIÓN

LOS ACUÍFEROS Y SU TIPOLOGÍA

EL MOVIMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA

CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

QUIMISMO Y CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

TÉCNICAS AUXILIARES EN HIDROGEOLOGÍA

SOBREEXPLOTACIÓN DE ACUÍFEROS

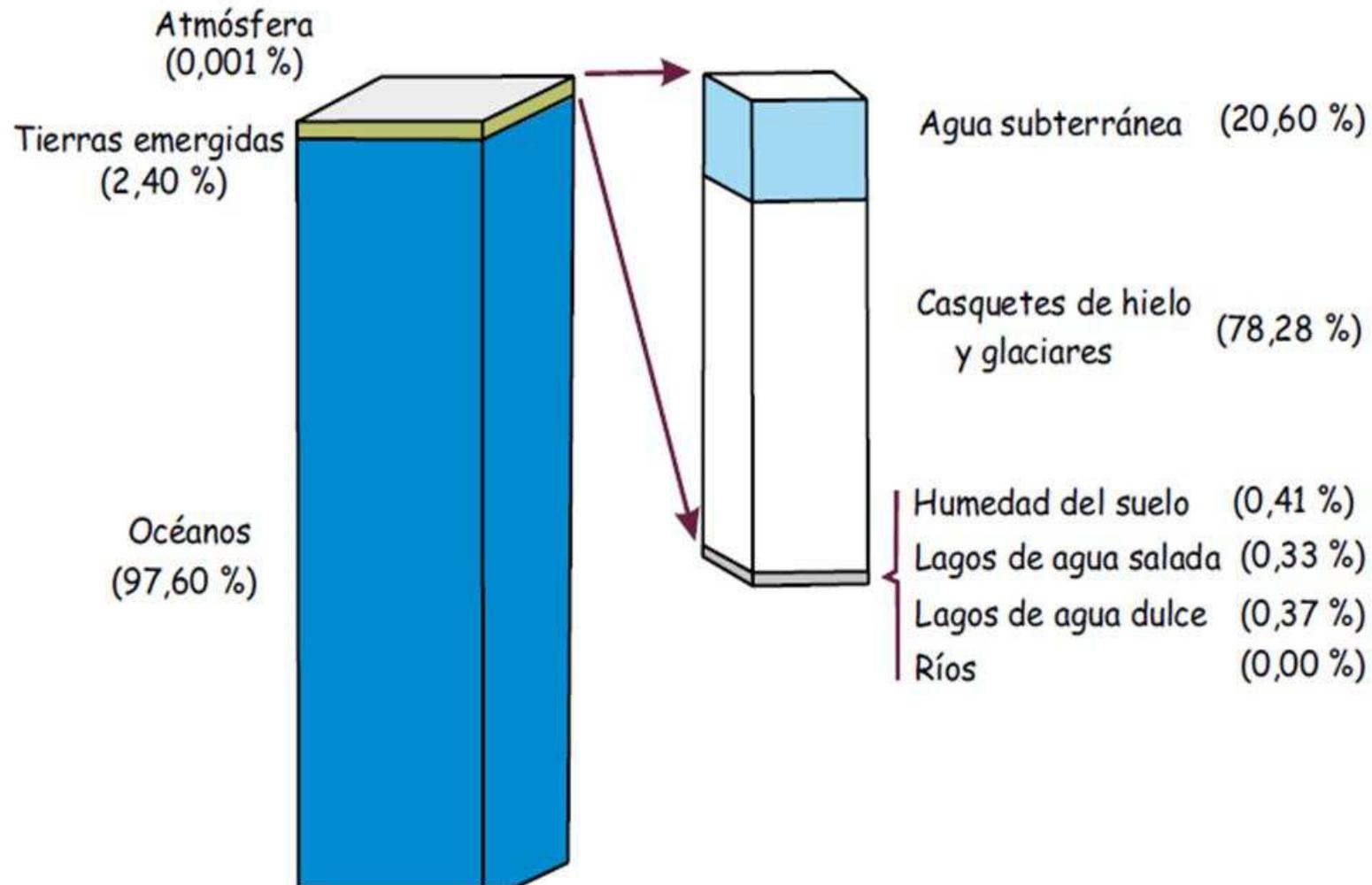
RECARGA ARTIFICIAL

LOS ACUÍFEROS COSTEROS

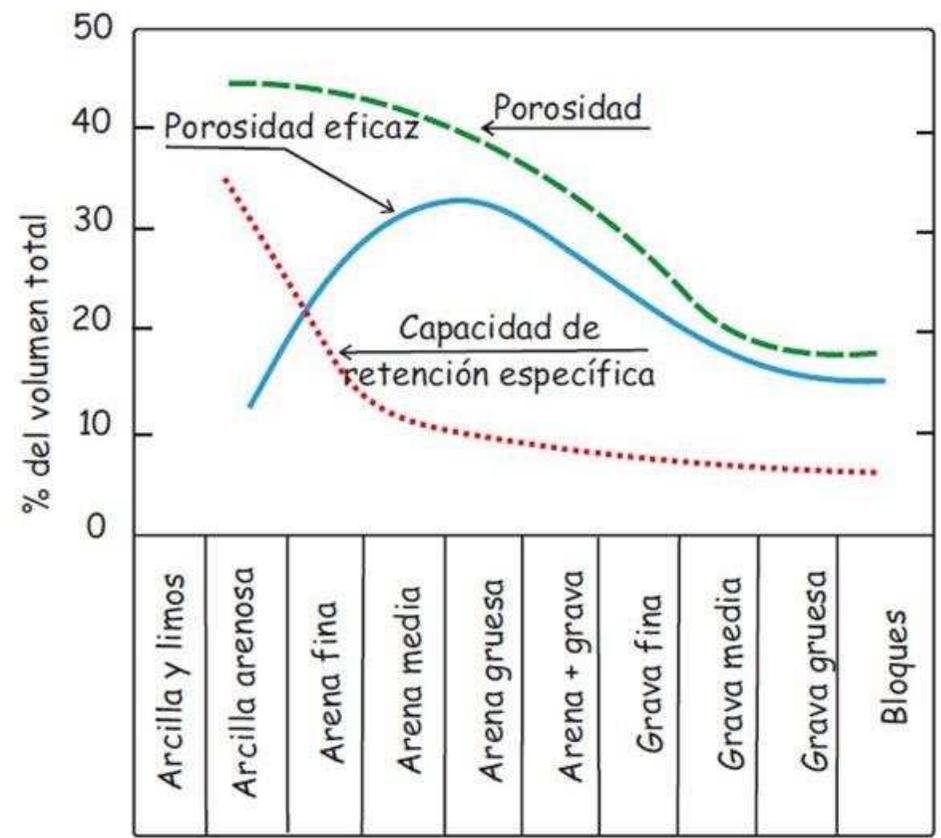
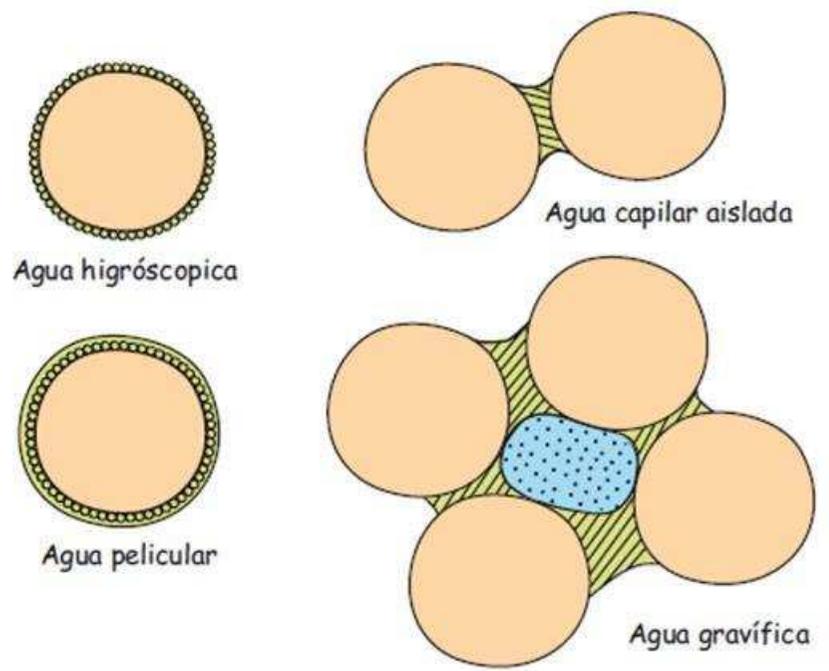
CONSIDERACIONES FINALES

Concepto de Hidrogeología

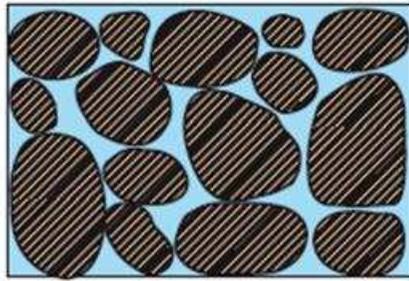
El agua subterránea en el planeta



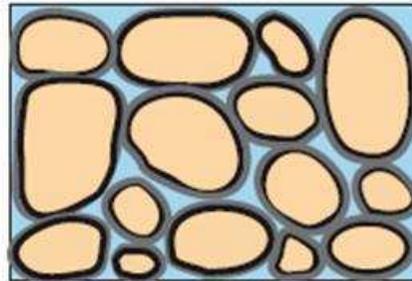
Porosidad



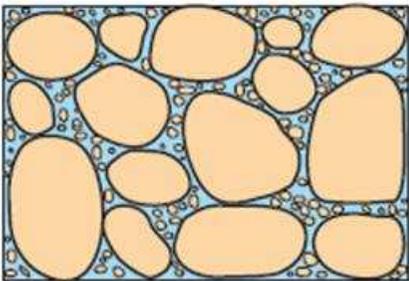
Comportamiento hidrogeológico de los materiales



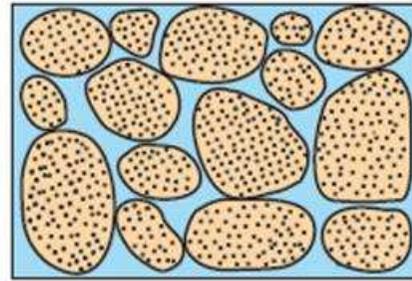
A



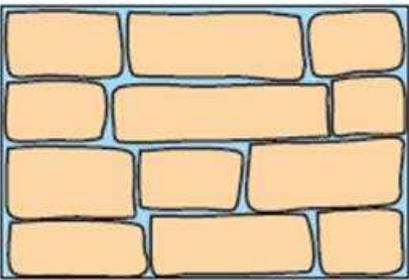
B



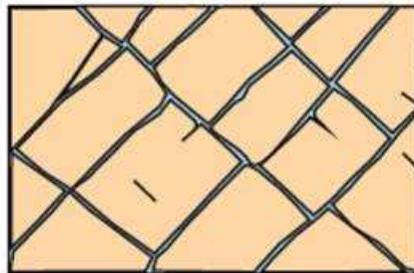
C



D



E



F

Porosidad según características litológicas

A: Porosidad intergranular

B: Idem más cementado

C: Idem muy heterométrico

D: A con disolución en los cantos

E: Calizas karstificadas

F: Roca fisurada

Parámetros que condicionan el flujo

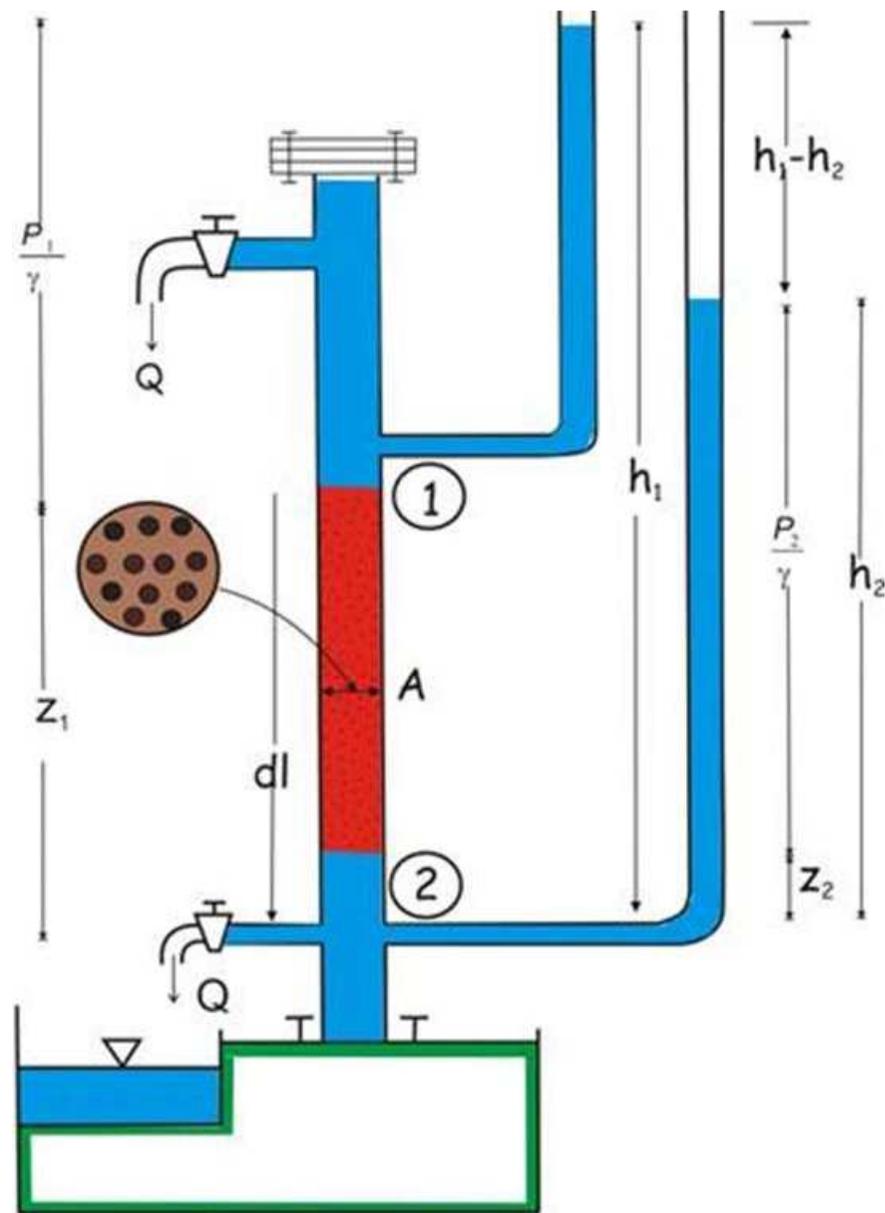
*k,

*T,

*S

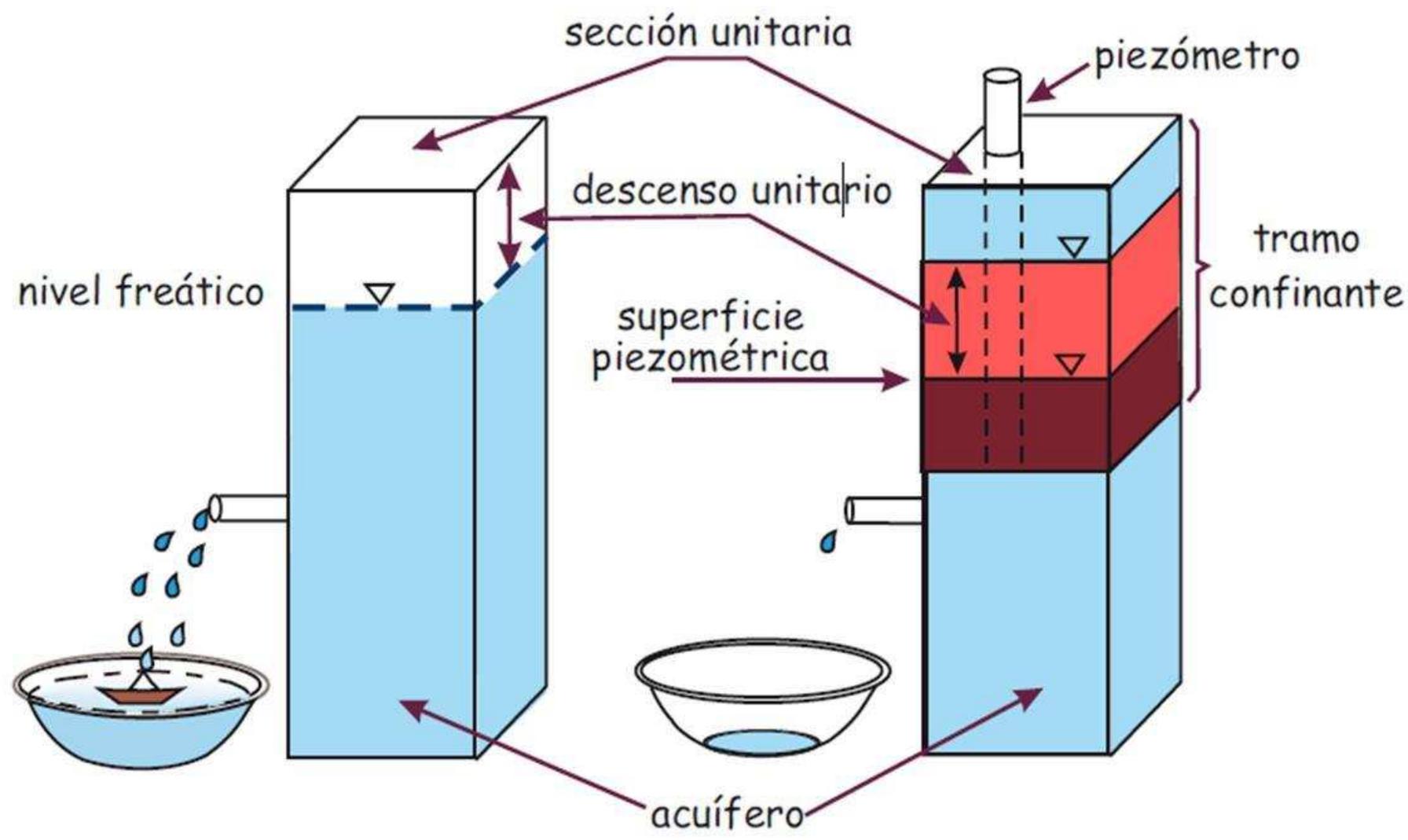
*D

$$(1) \quad Q = kS \frac{H}{l}$$



$$V^* = \frac{V_D}{m_e}$$

$$v_x = -k \frac{\partial h}{\partial x}; \quad v_y = -k \frac{\partial h}{\partial y}; \quad v_z = -k \frac{\partial h}{\partial z};$$



Cátedra FACSA de Innovación del Ciclo Integral del Agua



**1ª Jornada Técnica sobre Gestión de Recursos Hídricos:
Aguas subterráneas**

INTRODUCCIÓN

LOS ACUÍFEROS Y SU TIPOLOGÍA

EL MOVIMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA

CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

QUIMISMO Y CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

TÉCNICAS AUXILIARES EN HIDROGEOLOGÍA

SOBREEXPLOTACIÓN DE ACUÍFEROS

RECARGA ARTIFICIAL

LOPS ACUÍFEROS COSTEROS

CONSIDERACIONES FINALES

Tipos de acuíferos,

Zonación vertical

Mapas de curvas isopiezas

Aprovechamientos y captación del agua subterránea



$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} + \frac{F}{k} = \frac{S}{T} \frac{\partial h}{\partial t}$$

Suma de entradas
y salidas de agua

Recargas
de agua

Variación del
almacenamiento

h = potencial hidráulico (nivel piezométrico)

F = recargas o bombeos exteriores (verticales, lluvias, etc..)

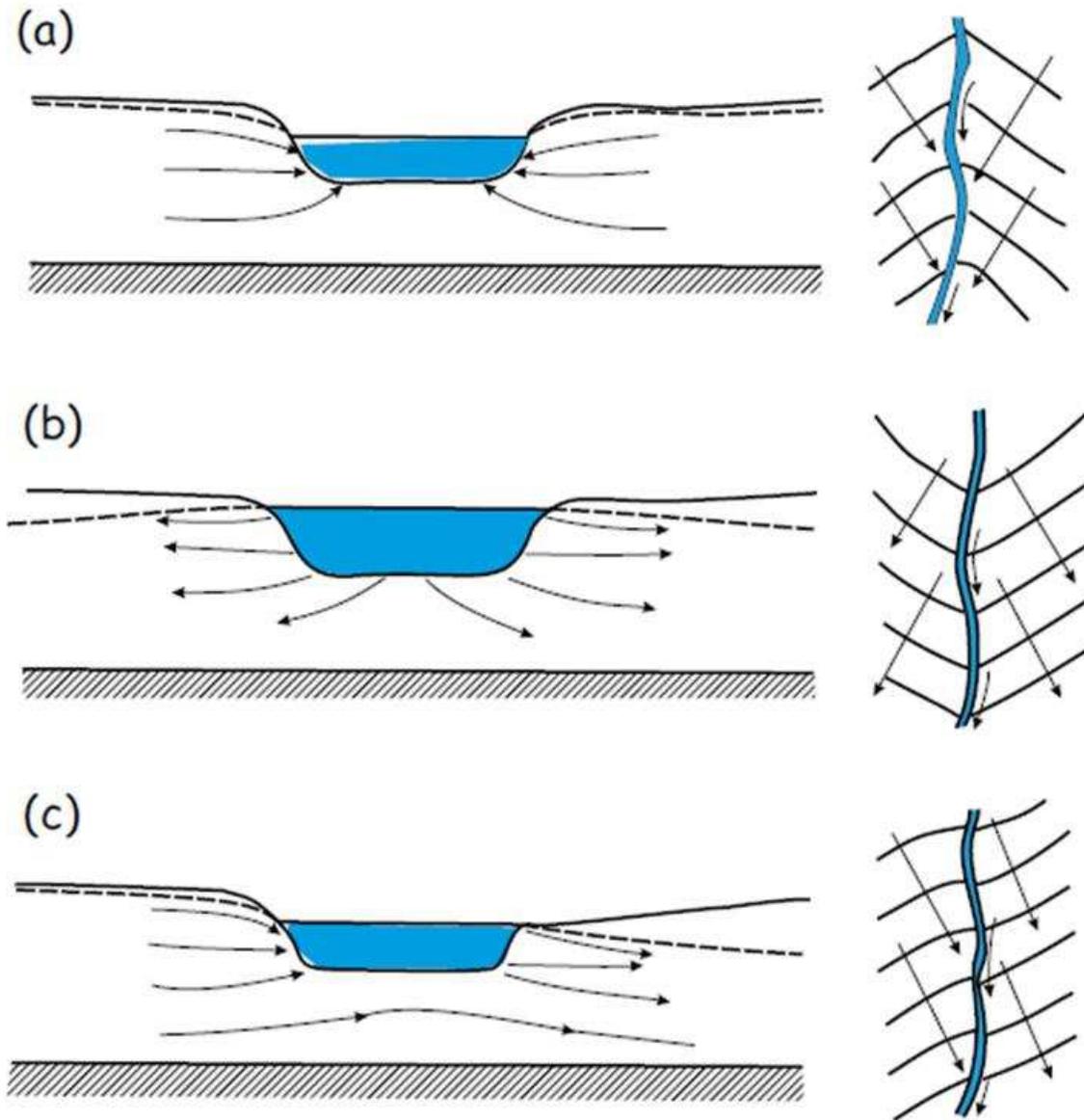
k = permeabilidad del acuífero

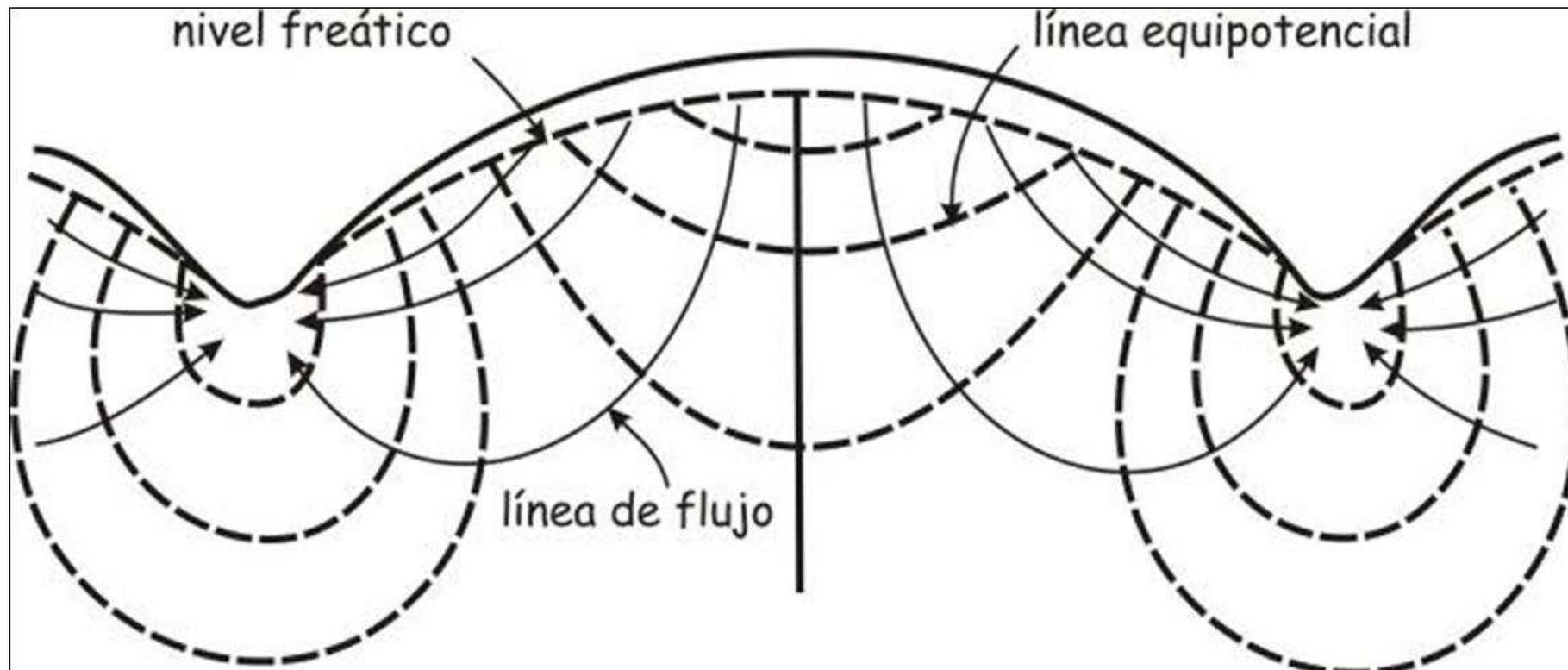
S = coeficiente de almacenamiento

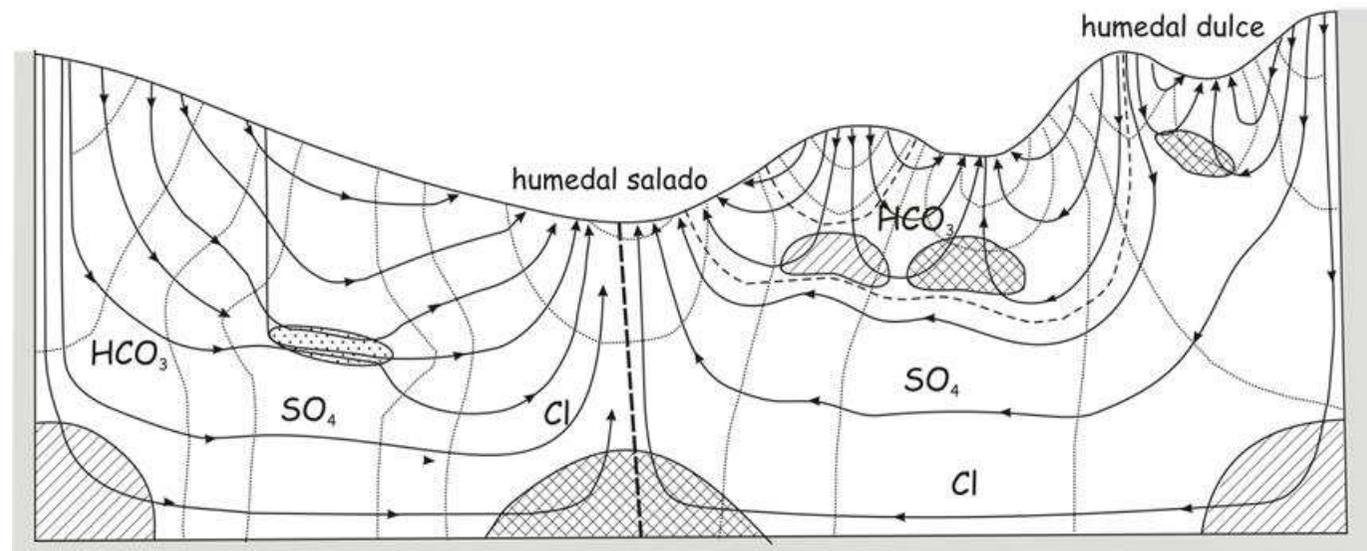
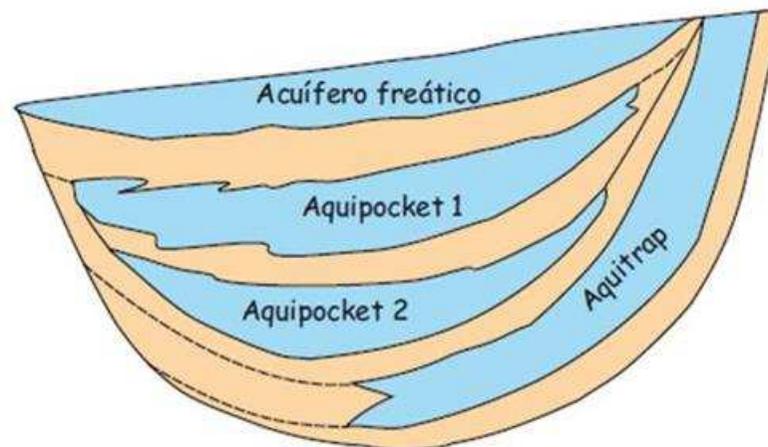
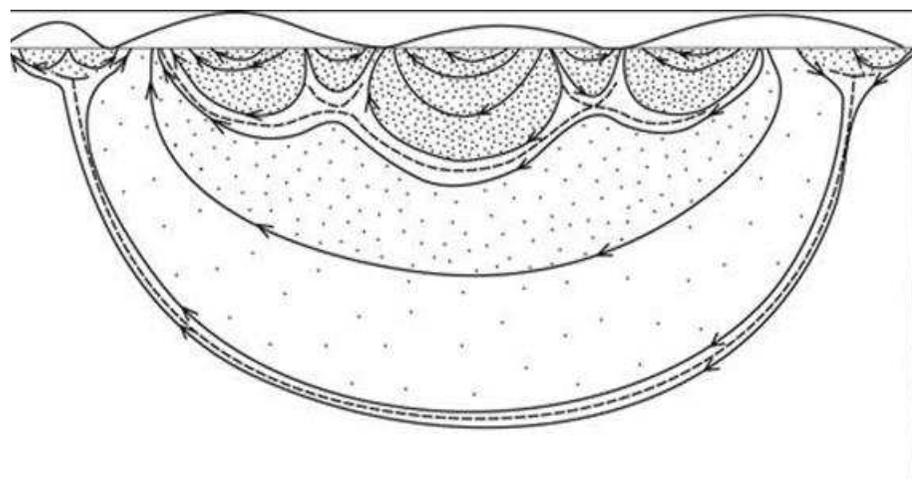
T = transmisividad

t = tiempo

(Piezometría) Relación río-acuífero





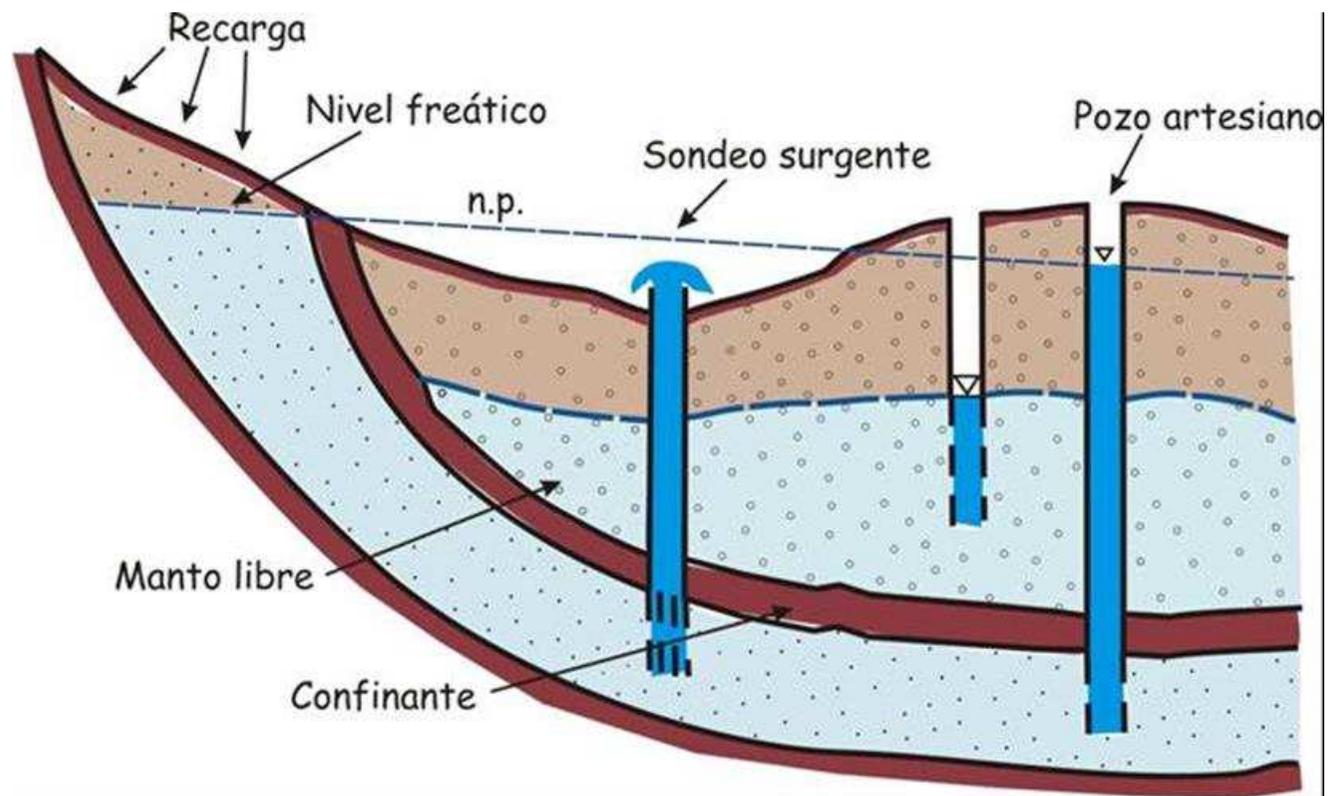


LEYENDA

	zona de aguas estáticas, elevado TSD		línea de flujo
	trampa hidráulica (convergencia de materiales transportados)		línea equipotencial
	K elevada		límite de facies

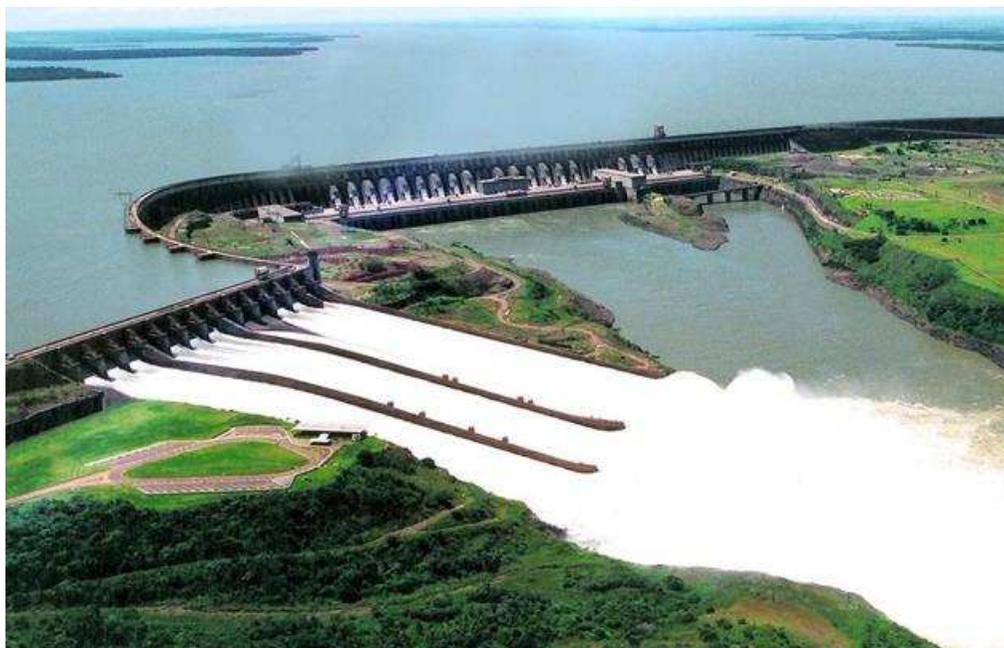
ACUÍFEROS Y PARÁMETROS CARACTERIZADORES











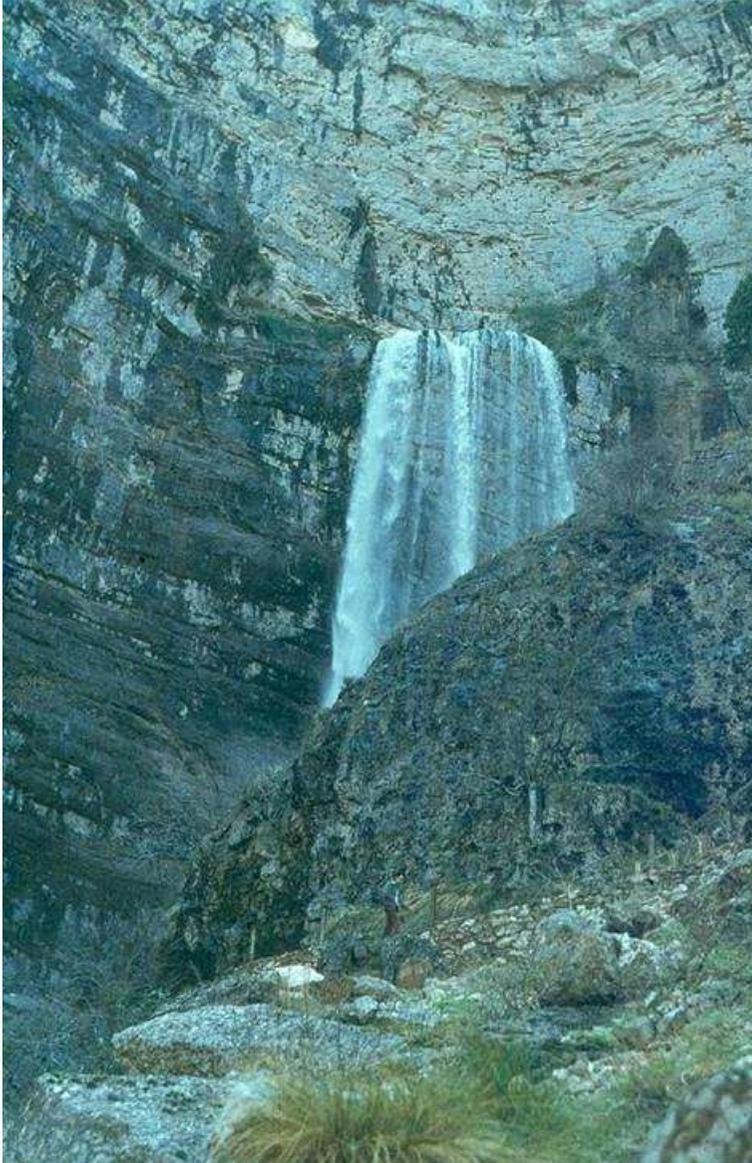
Embalse de Itaipu

Cataratas de Iguazú

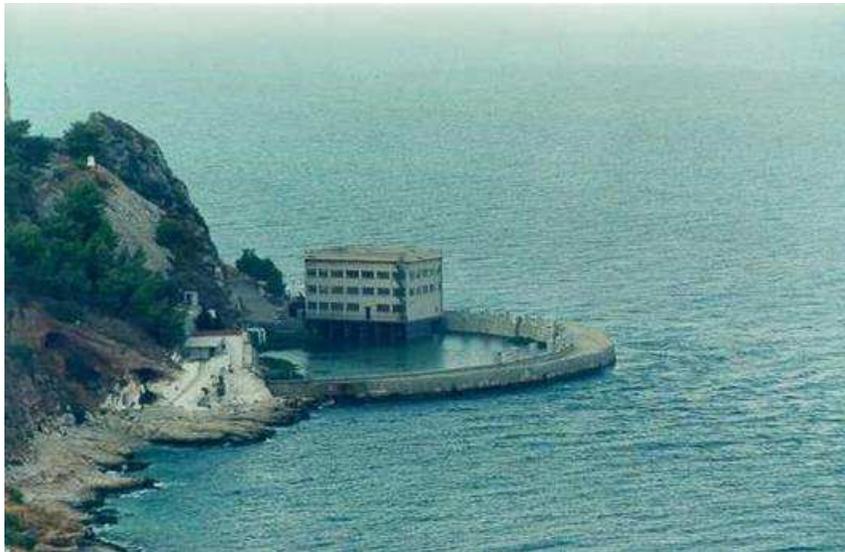
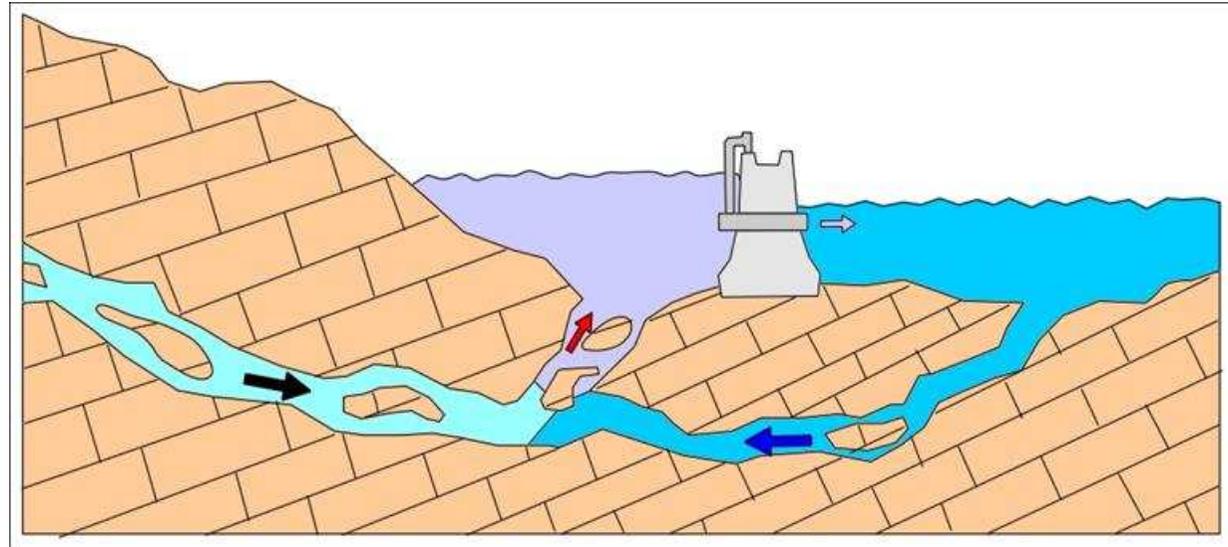


CAPTACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Manantiales

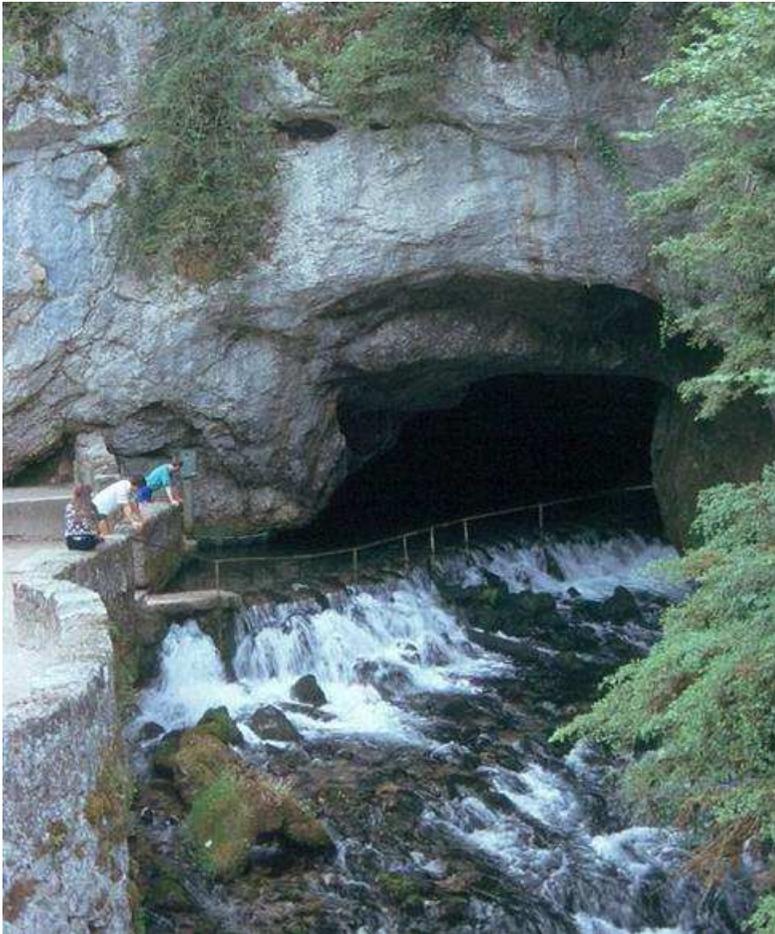


***Manantial de
Kiveri (Grecia)***

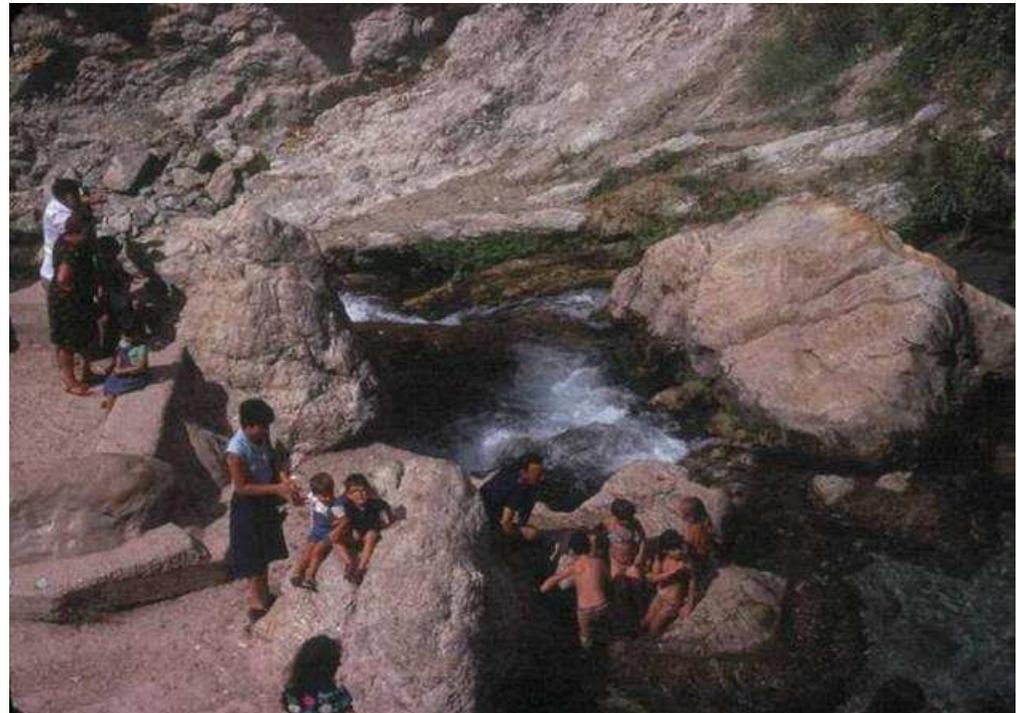


Manantiales

Fontestorbes



Fuentes del Algar



GALERÍAS

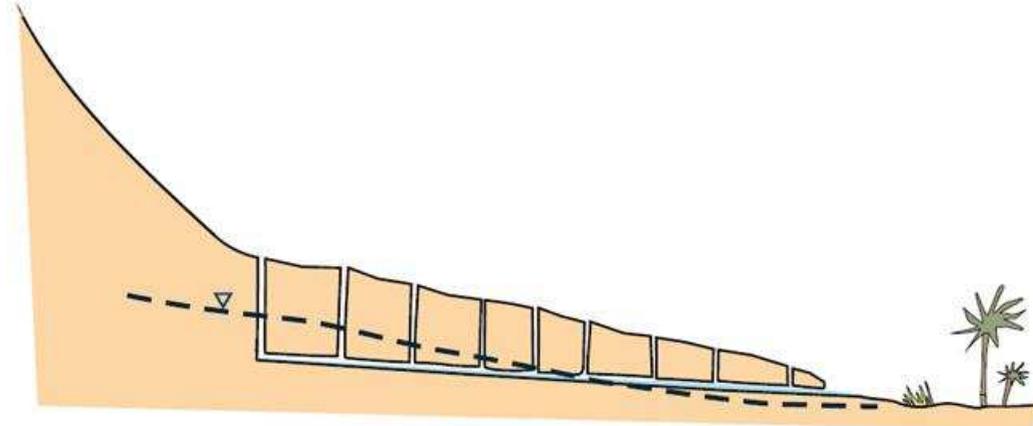
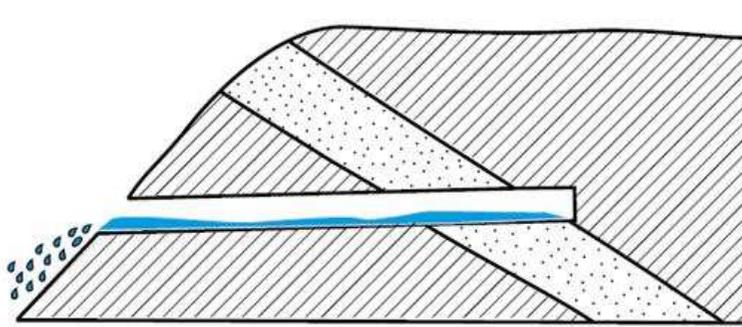
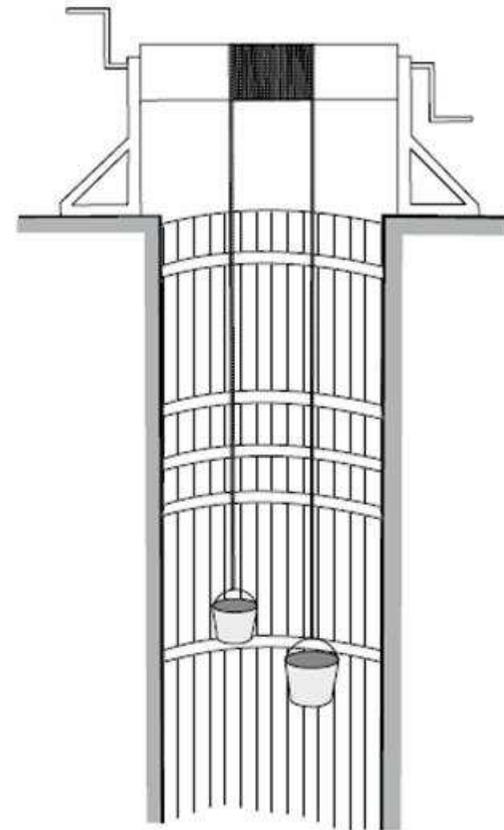
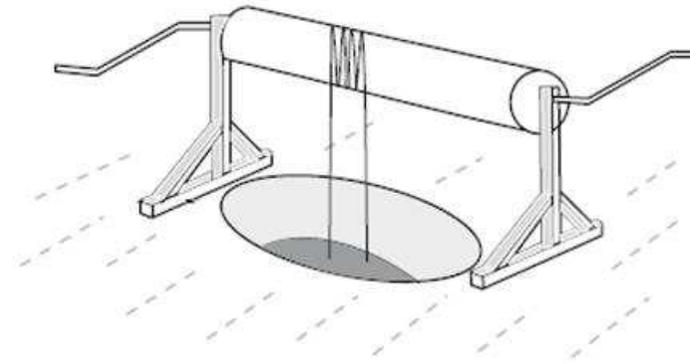


Foto 42. Sondeo horizontal.



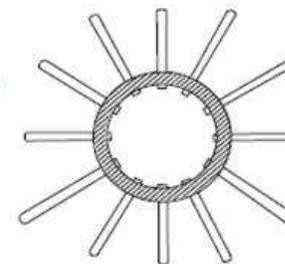
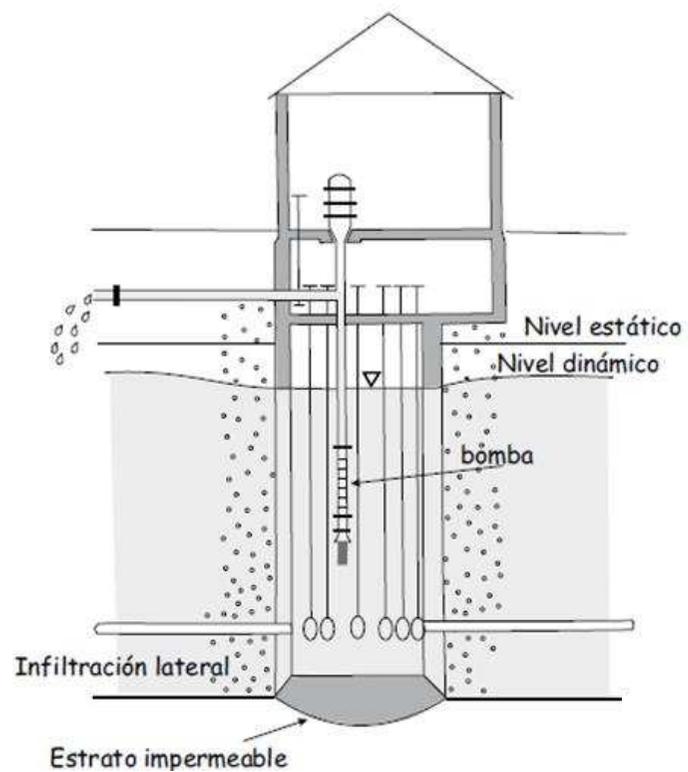
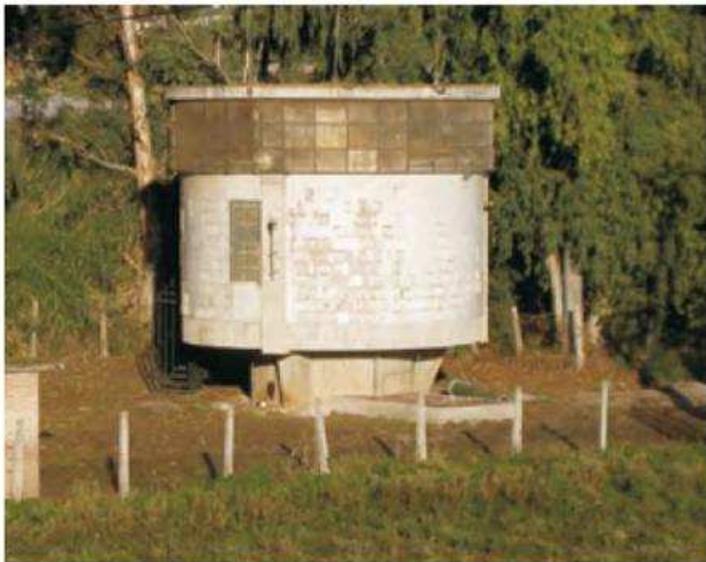
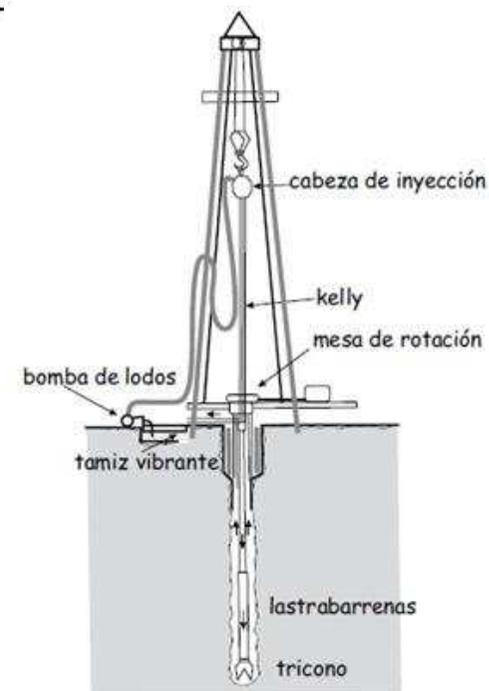
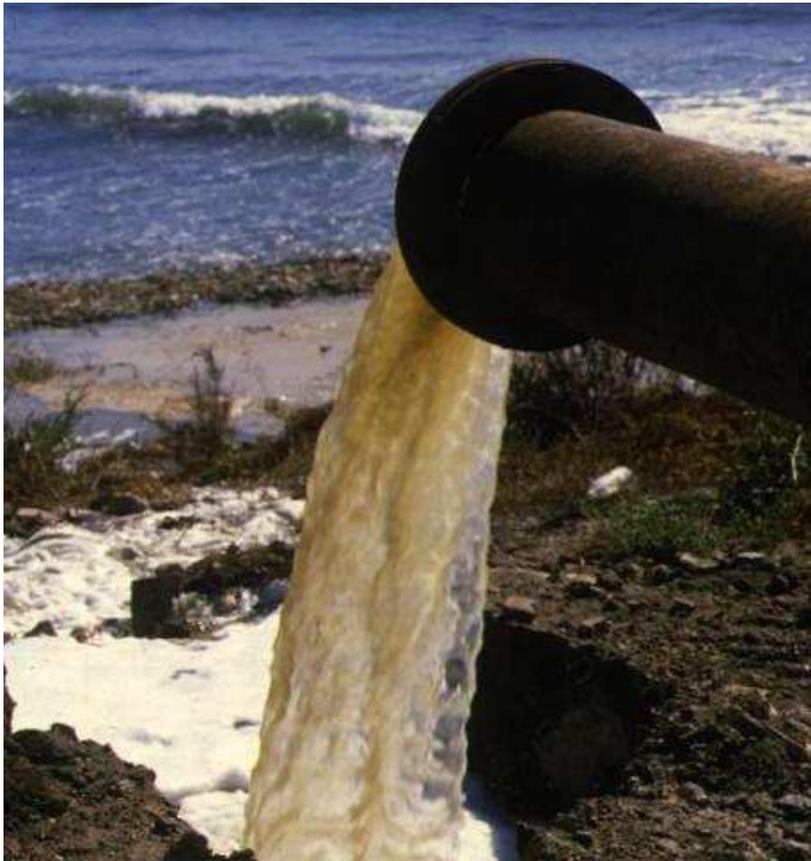


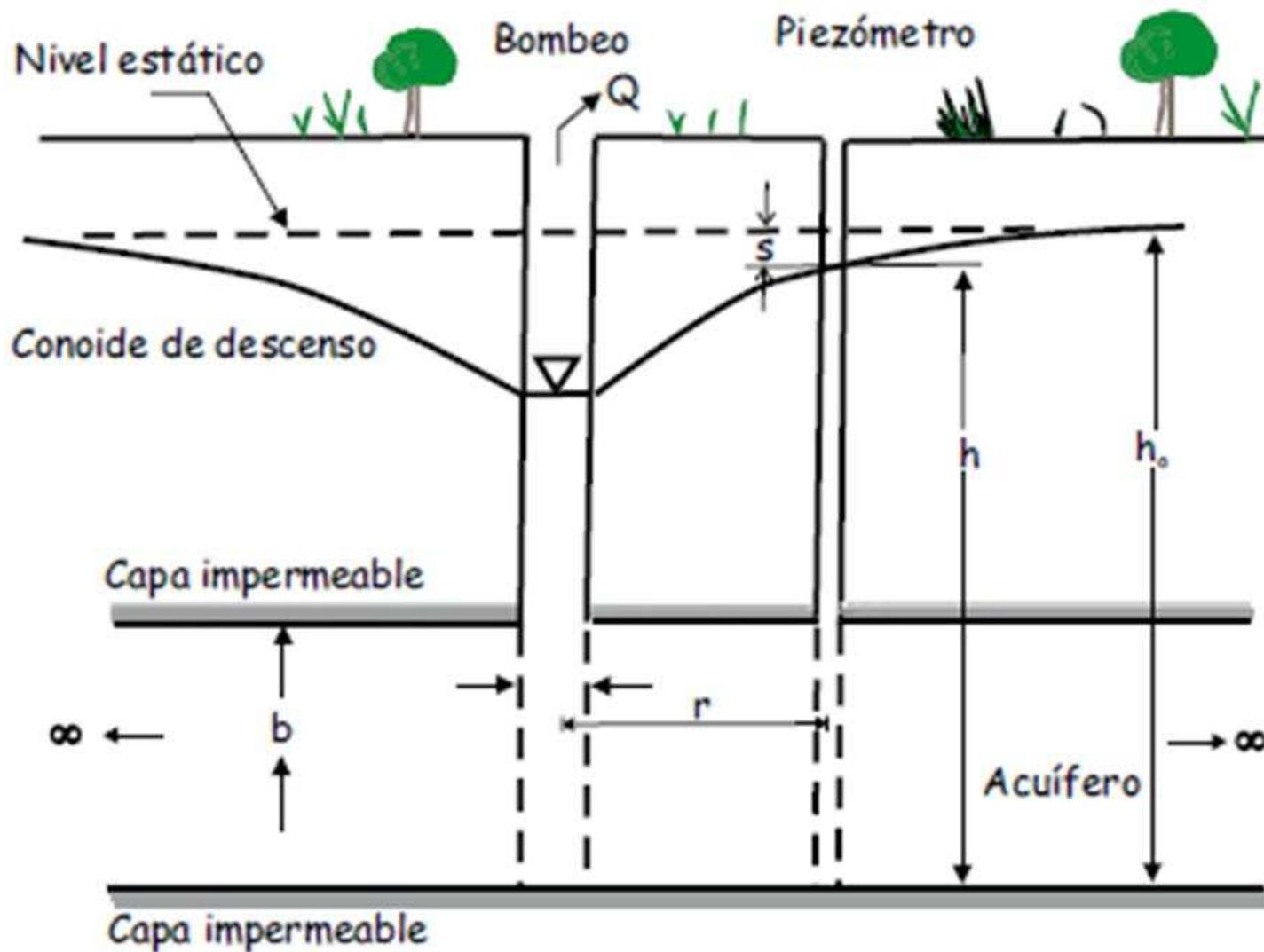
Foto 40. Máquinas de percusión con trépano y válvula.





LIMPIEZA CAUDAL CONSTANTE CONJUNTO





Cátedra FACSA de Innovación del Ciclo Integral del Agua



**1ª Jornada Técnica sobre Gestión de Recursos Hídricos:
Aguas subterráneas**

INTRODUCCIÓN

CONCEPTOS GENERALES

LOS ACUÍFEROS Y SU TIPOLOGÍA

EL MOVIMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA

CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

QUIMISMO Y CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

TÉCNICAS AUXILIARES EN HIDROGEOLOGÍA

SOBREEXPLOTACIÓN DE ACUÍFEROS

RECARGA ARTIFICIAL

LOS ACUÍFEROS COSTEROS

CONSIDERACIONES FINALES

Quimismo de las aguas subterráneas

Aguas–aguas termales y minero- medicinales

Contaminación de las aguas subterráneas.

CONSTITUYENTES IÓNICOS MAYORITARIOS, MINORITARIOS Y TRAZAS

Valores frecuentes de la composición química de las aguas naturales

Aniones

	Agua lluvia	Agua mar	Agua subterránea
Cloruro	0-20 mg/l	2000 mg/l	10-250 mg/l
Sulfato	0-10 mg/l	3000 mg/l	10-300 mg/l
Bicarbonato	0-20 mg/l	120 mg/l	50-350 mg/l
Nitrato	0-5 mg/l	1 mg/l	0-300 mg/l (contam)
Bromuro	0 mg/l	65 mg/l	0-2 mg/l

Cationes

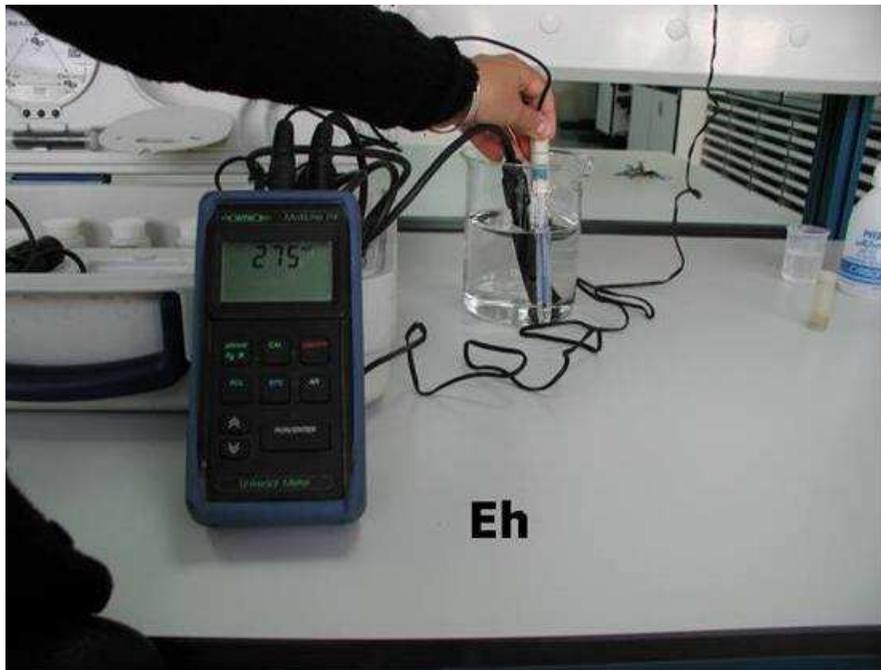
Sodio		10000 mg/l	5 -150 mg/l
Calcio		400 mg/l	10-250 mg/l
Magnesio		1200 mg/l	1-75 mg/l
Potasio		400 mg/l	1-10 mg/l
Estroncio		13 mg/l	0-1 mg/l

Otras características

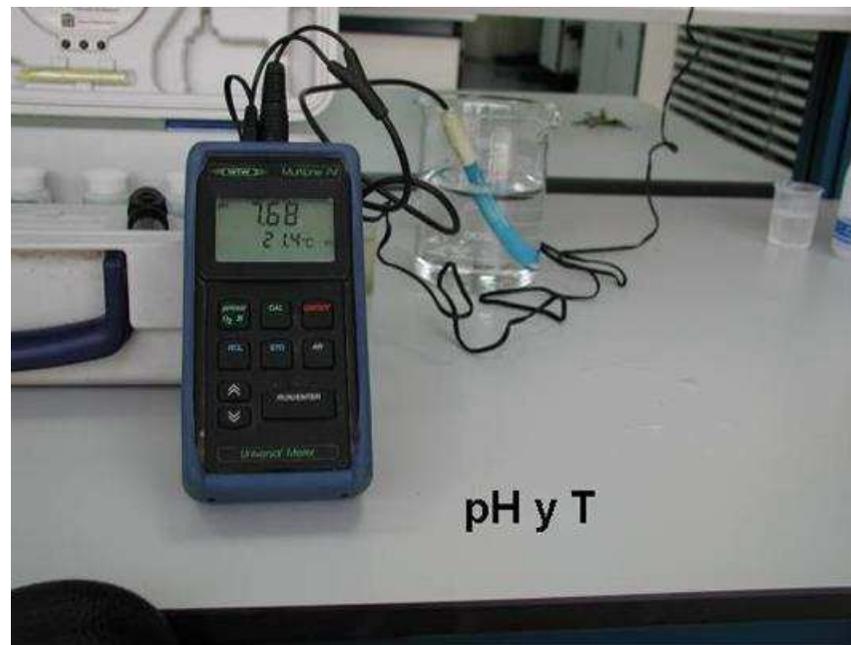
Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	20-150	45000	100-2000
--	--------	-------	----------



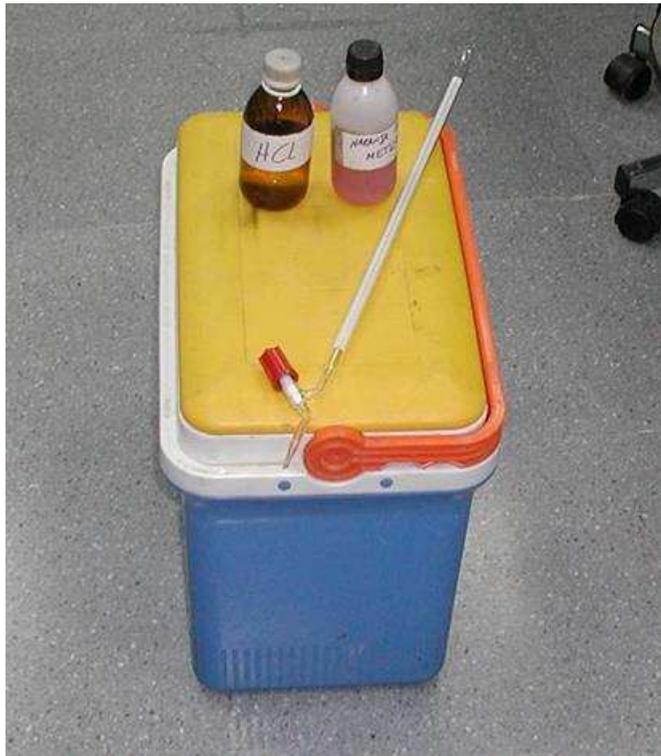
Conductividad y Temperatura

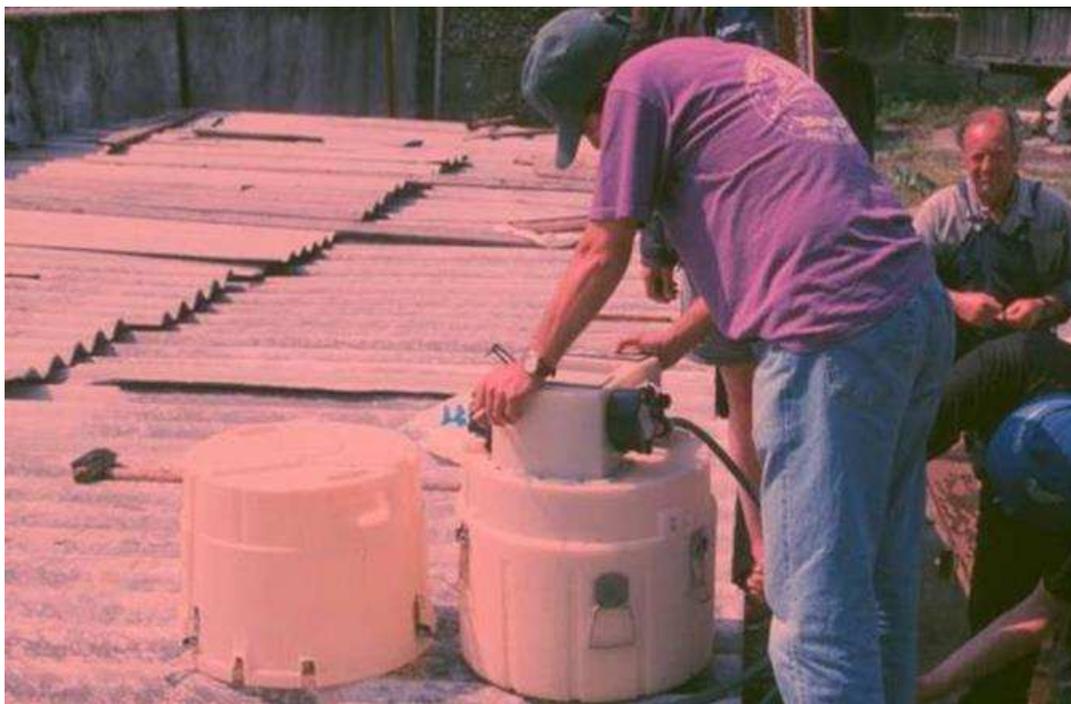


Eh



pH y T





TOMAMUESTRAS

Botella lastrada

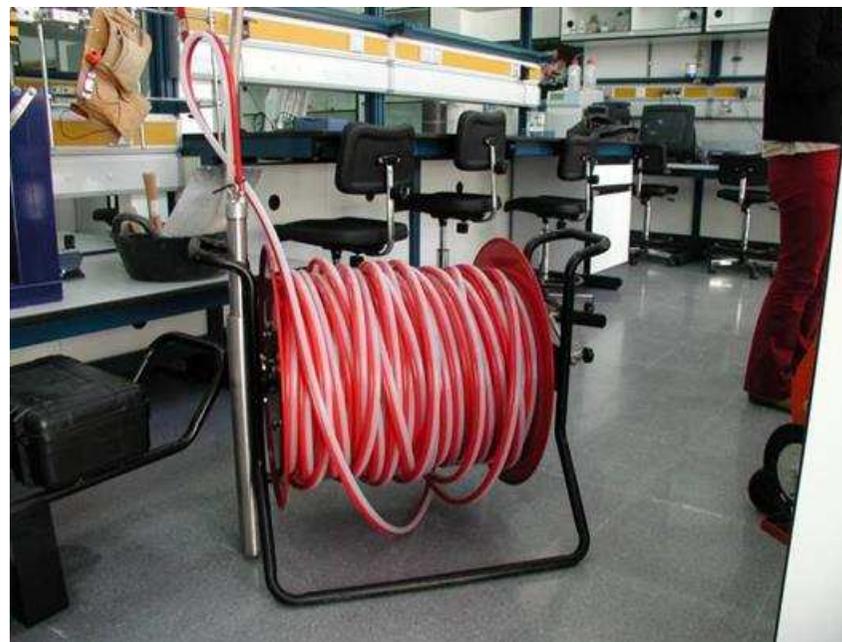
Hidrocaptor

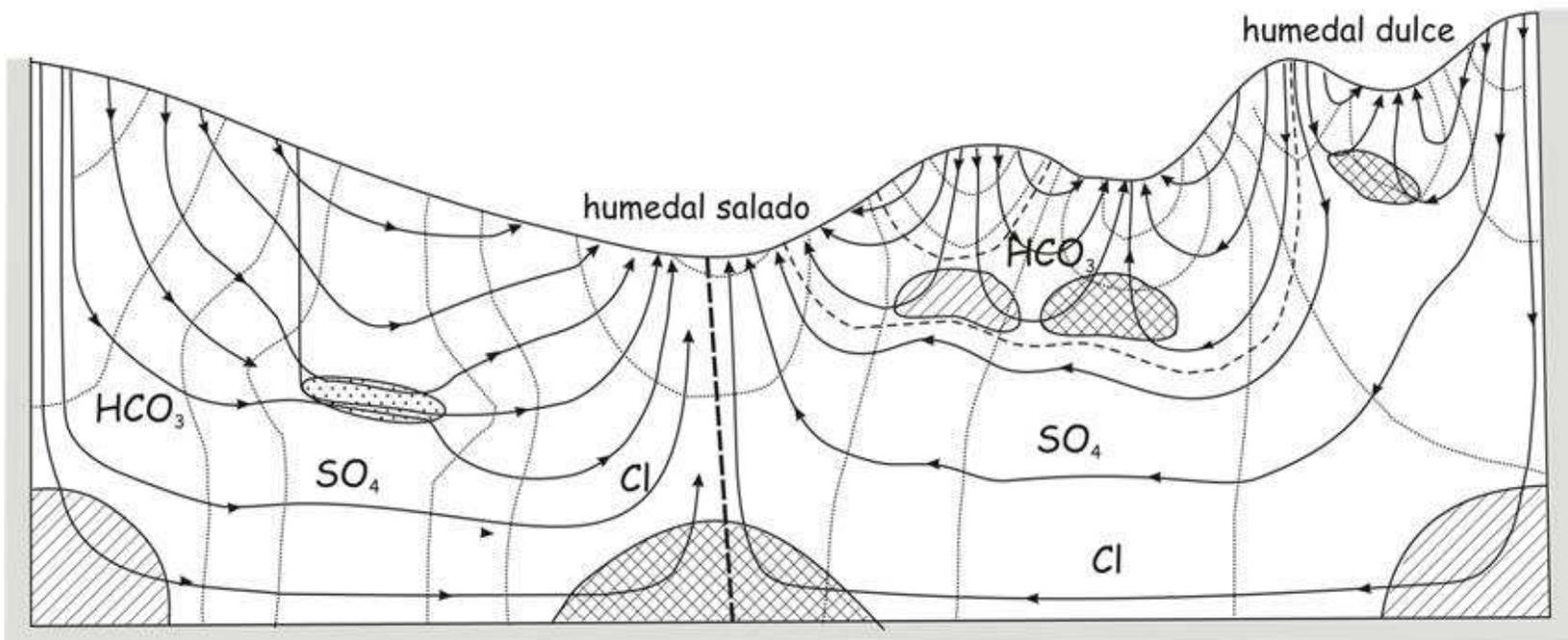
Bomba peristáltica

Bomba sumergida

Multimuestreador

Automático





LEYENDA



zona de aguas estáticas, elevado TSD



trampa hidráulica (convergencia de materiales transportados)



K elevada



línea de flujo



línea equipotencial



límite de facies

Caracteres físico-químicos (composición natural del agua)

Parámetro	Unidades	Orientador Calidad	Tolerables
pH		7 - 8	6,5 - 9,5
Conduct.	μS/cm	400	
Cloruros	mg/l	25	350
Sulfatos	mg/l	25	400
Calcio	mg/l	100	200
Magnesio	mg/l	30	50
Aluminio	mg/l	0,05	0,2
Dureza	mg/l CaCO ₃	150	-
Residuo seco	mg/l	750	1500
Oxig.disuelto	mg/l	5	-

Componentes no deseables

Parámetro	Unidades	Orientador Calidad	Tolerables
Nitrato	mg/l	25	50
Nitrito	mg/l	0	0,1
Amonio	mg/l	0,05	0,5
Oxid MnO_4K	mg/l O_2	2	5
Hierro	mg/l	0,05	0,2
Manganeso	mg/l	0,02	0,05
Cobre	mg/l	0,1	1,5
Fósforo	mg/l	0,17	2,15
P_2O_5	mg/l	0,4	5
Mat. suspens.		Ausente	
SH_2		-	No detectable
Fenoles	mg/l	-	0,001
Detergentes	mg/l	-	1
Zinc	mg/l	-	5
Fluoruro	mg/l	-	1,5

Componentes tóxicos

<i>Parámetro</i>	<i>Unidades</i>	<i>Tolerables</i>	
Arsénico	mg/l	0,05	
Cadmio	mg/l	0,005	
Cianuro	mg/l	0,05	
Cromo VI	mg/l	0,05	
Mercurio	mg/l	0,001	
Níquel	mg/l	0,05	
Plomo	mg/l	0,01	
Selenio	mg/l	0,02	
Plaguicidas	mg/l	Indiv	0,0001
		Conj	0,0005

Agente contaminante

toda propiedad física, organismo o sustancia que deteriora las características naturales originales de un agua.

Principales agentes

*hidrocarburos, detergentes, pesticidas,
contaminantes químicos minerales,
contaminantes orgánicos,
contaminantes biológicos,
sustancias radiactivas*

KARLSRUHE



Cátedra FACSA de Innovación del Ciclo Integral del Agua



**1ª Jornada Técnica sobre Gestión de Recursos Hídricos:
Aguas subterráneas**

INTRODUCCIÓN

CONCEPTOS GENERALES

LOS ACUÍFEROS Y SU TIPOLOGÍA

EL MOVIMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA

CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

QUIMISMO Y CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

TÉCNICAS AUXILIARES EN HIDROGEOLOGÍA

****SOBREEXPLOTACIÓN DE ACUÍFEROS****

****RECARGA ARTIFICIAL****

****LOS ACUÍFEROS COSTEROS****

CONSIDERACIONES FINALES

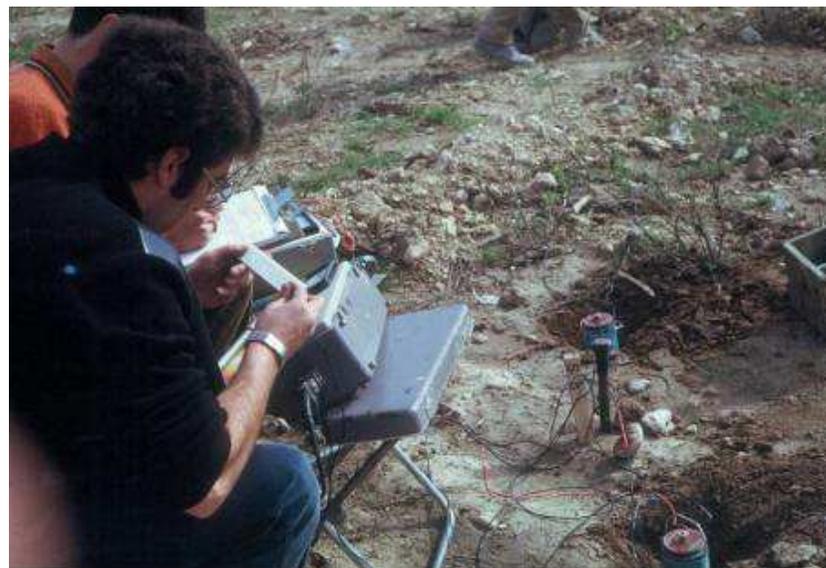
Técnicas auxiliares en hidrogeología

Métodos geofísicos de prospección

Trazadores

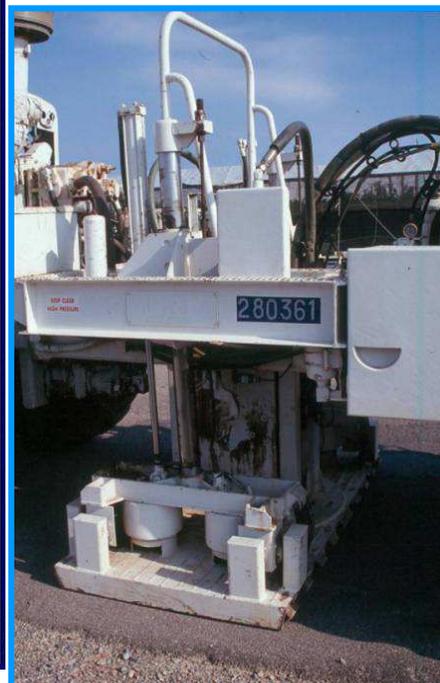
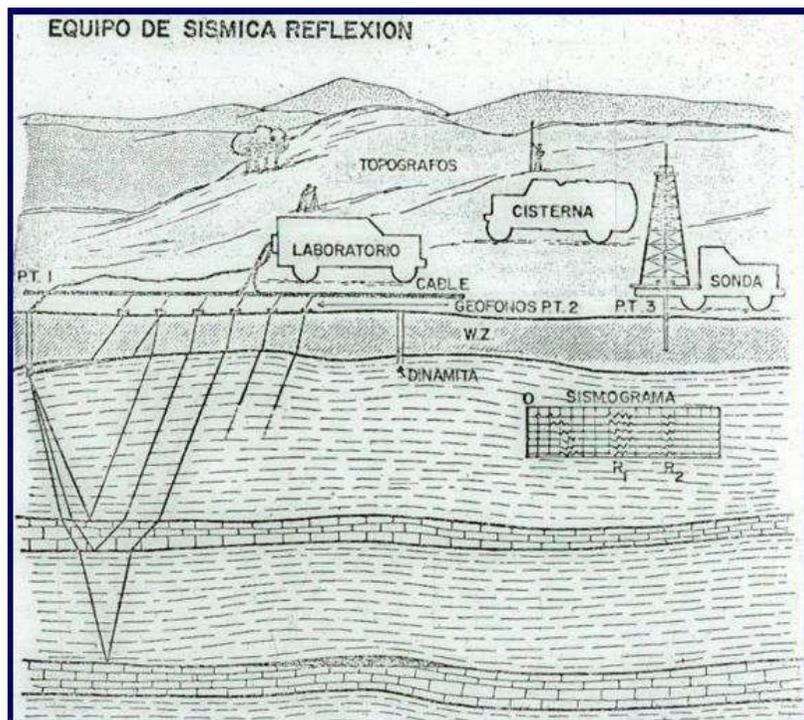
Otras





SEVs





Vibrosísmica

Unidad central

Vibradores en serie y línea de geófonos en el borde de la carretera

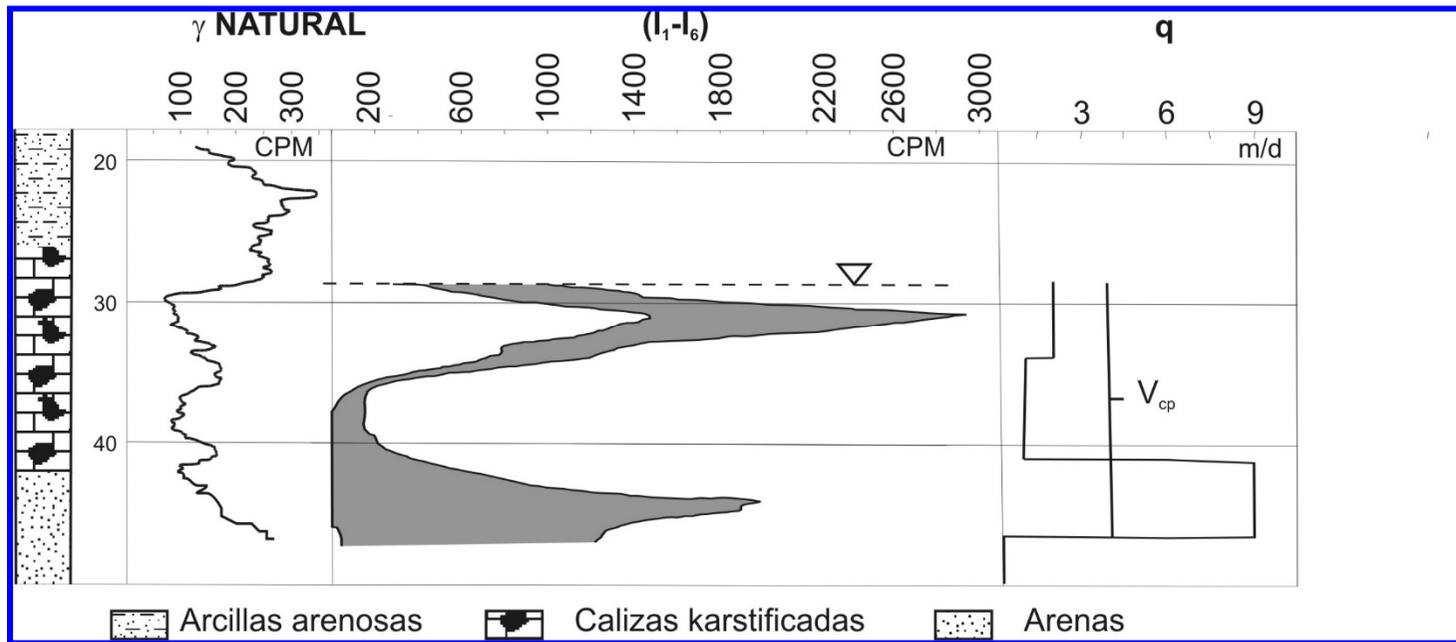


Trazadores





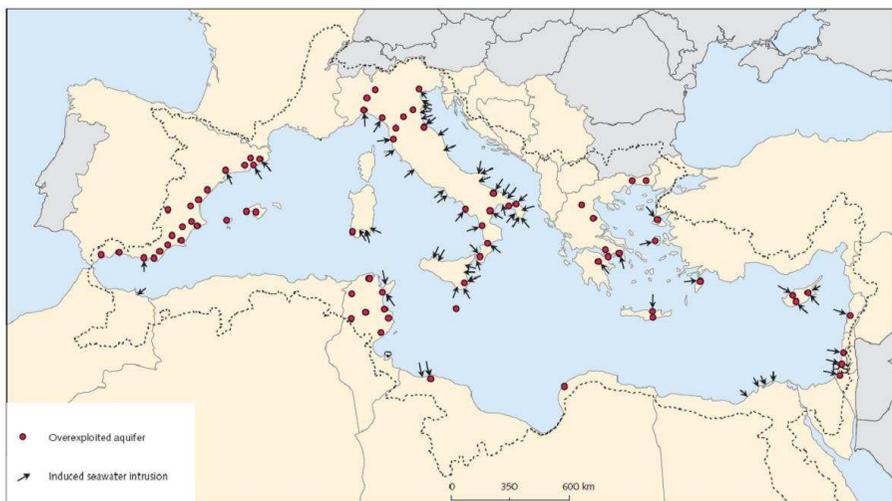
SONDEO DEL PARQUE



Sobreexplotación

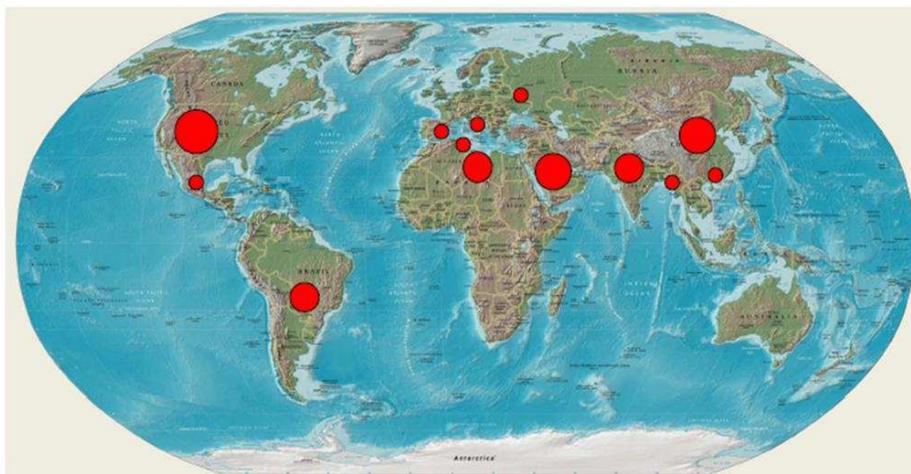
Recarga artificial de acuíferos

Singularidades de los acuíferos costeros

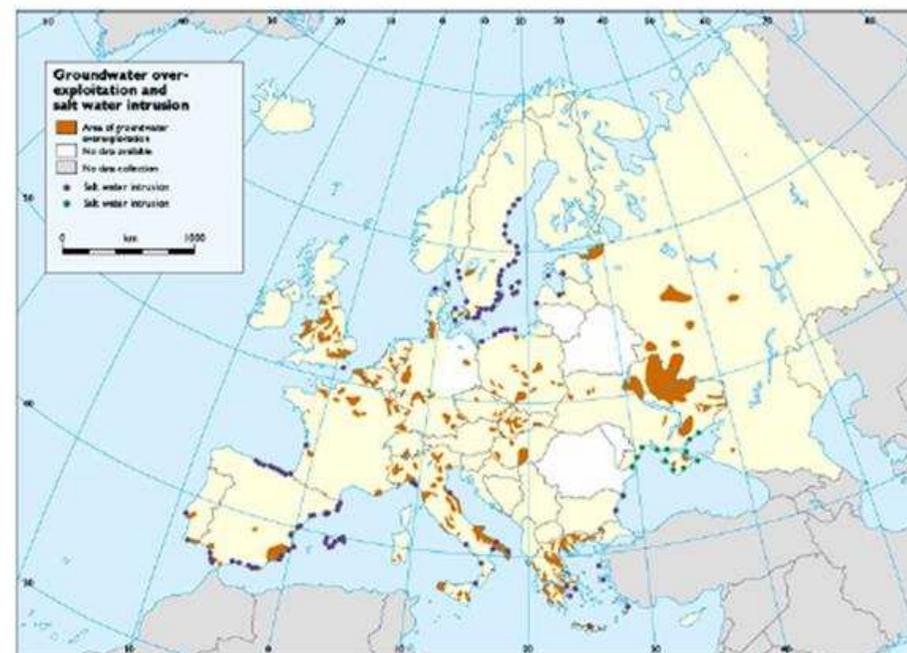


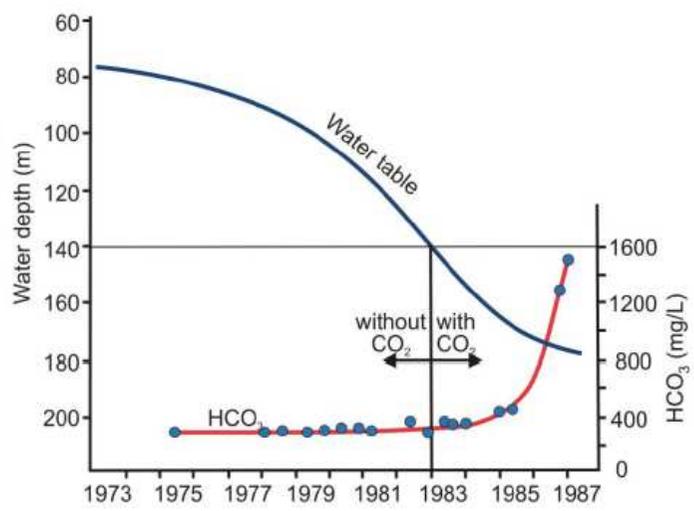
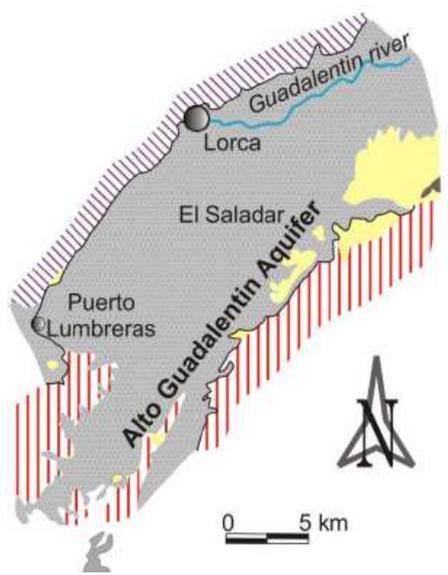
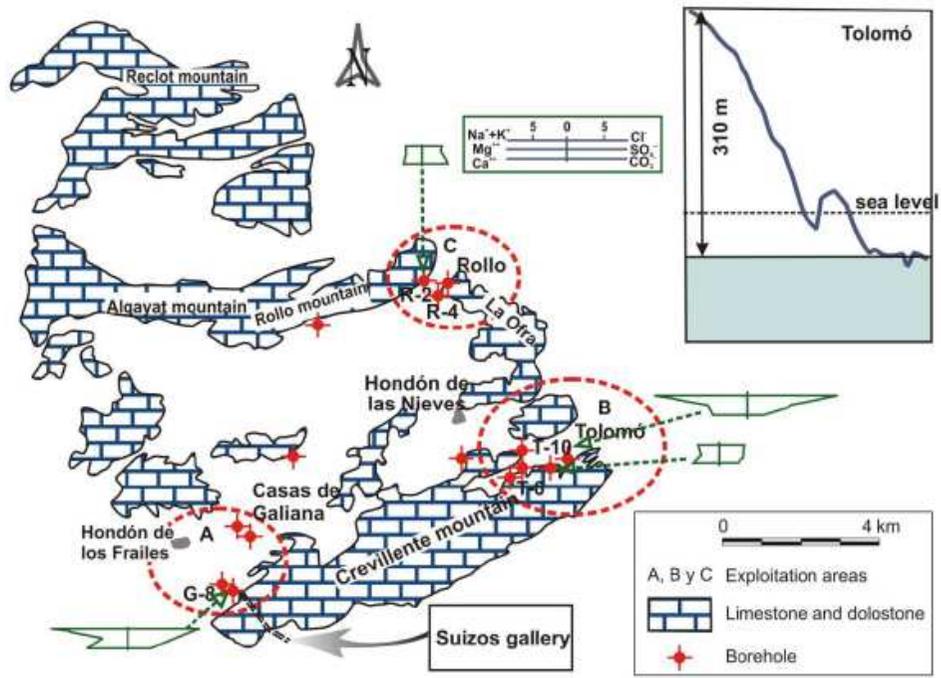
- Sites of current overexploitation inventoried in the Mediterranean Basin (CGMW/Blue Plan/UNESCO)

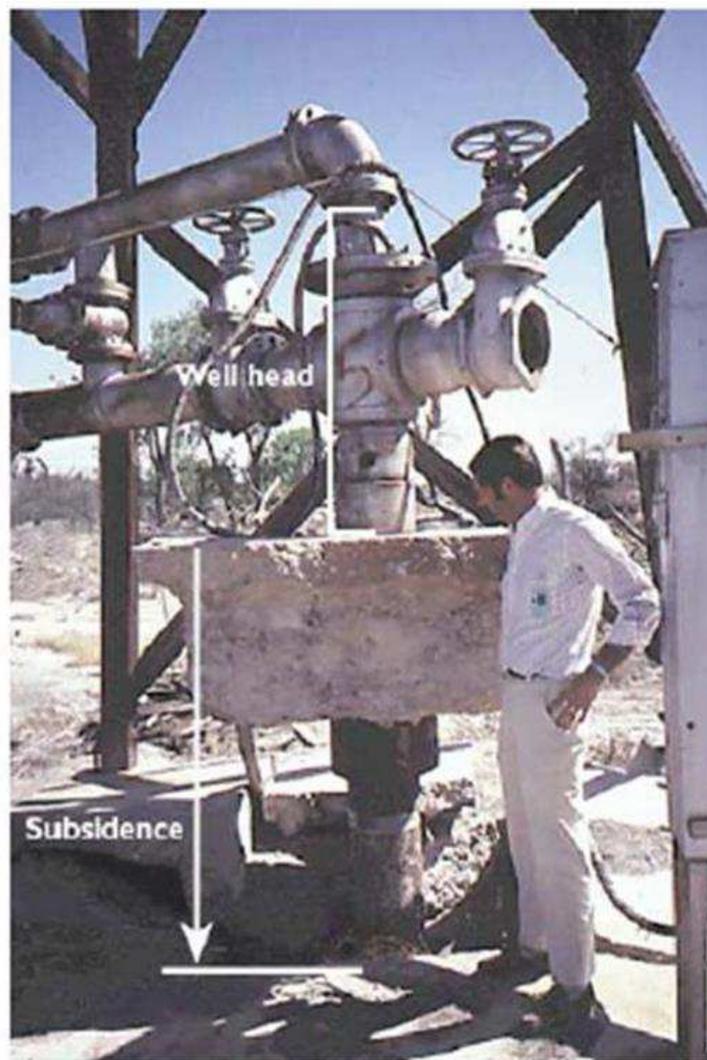
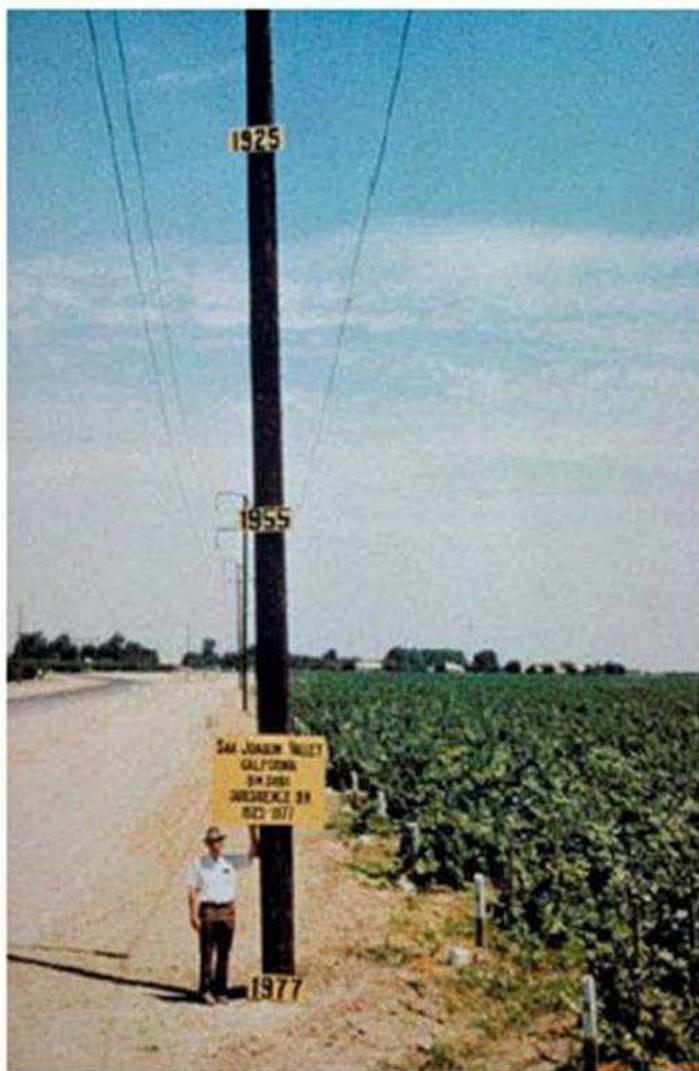
LOCALIZACIÓN DE LA SOBREEXPLOTACIÓN



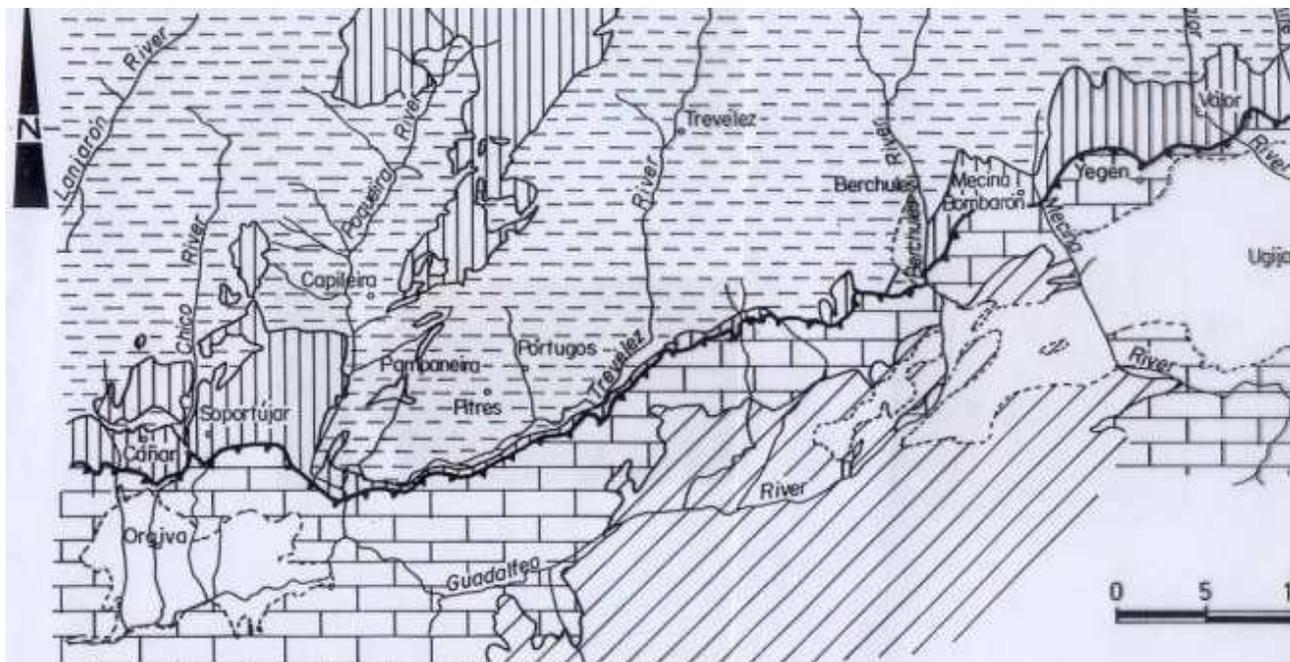
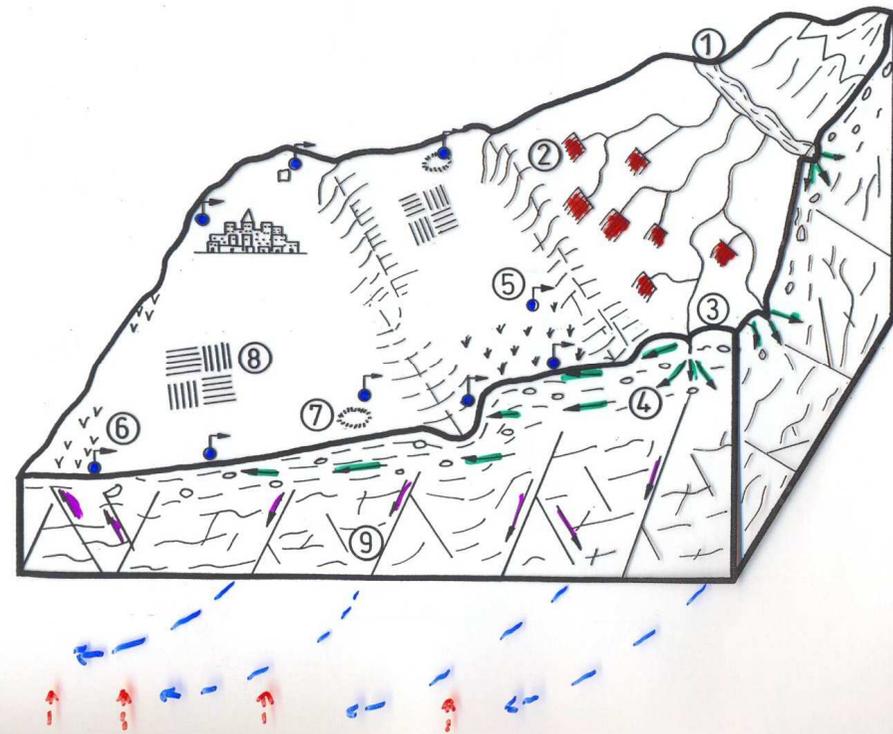
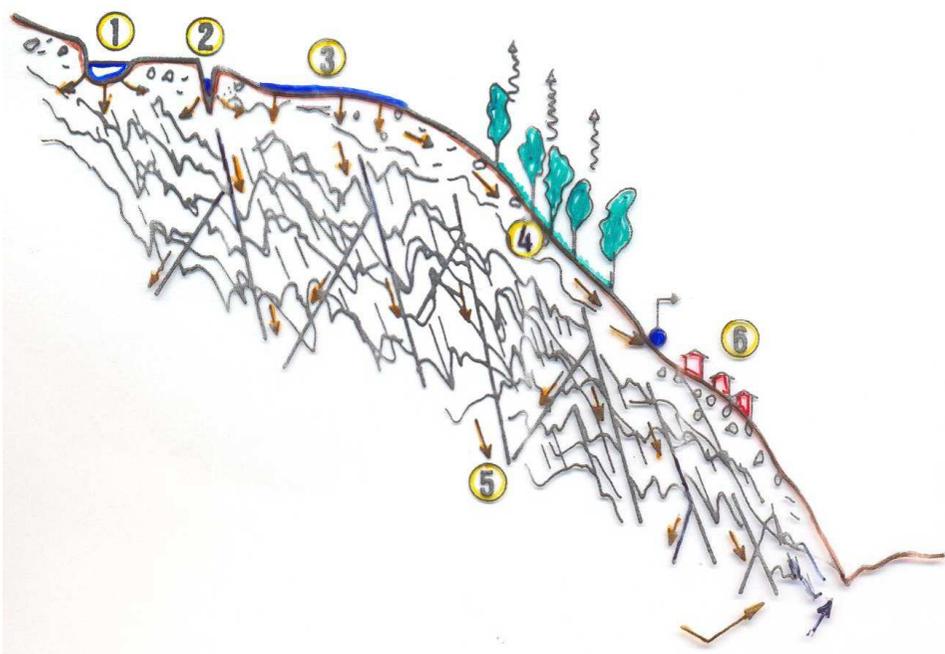
- Regiones clima árido y semiárido
- Islas y zonas costeras
- Grandes ciudades

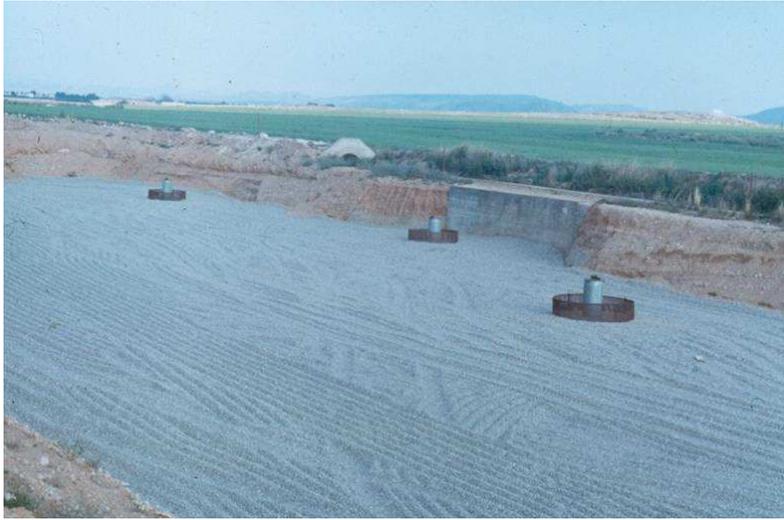


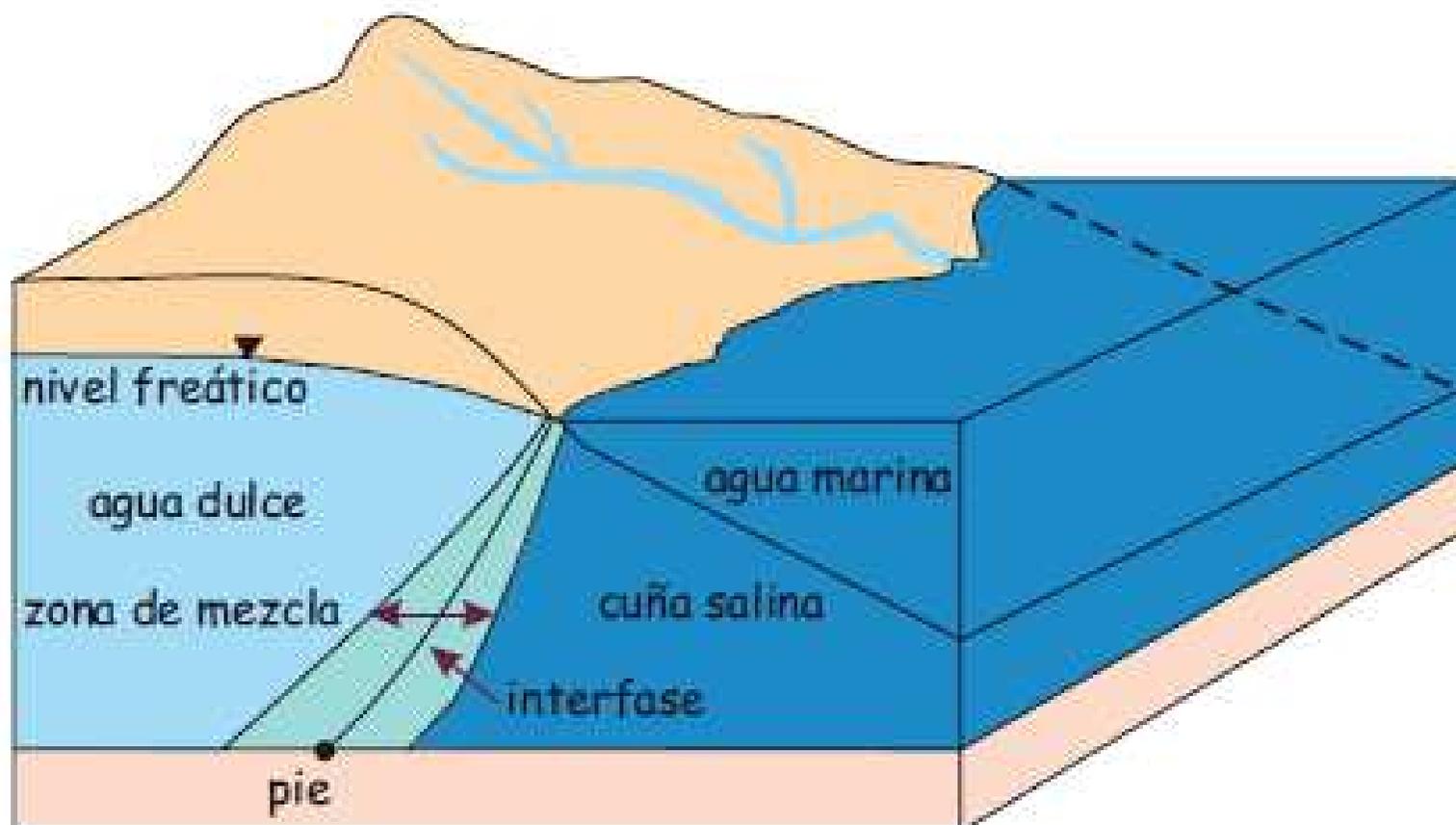




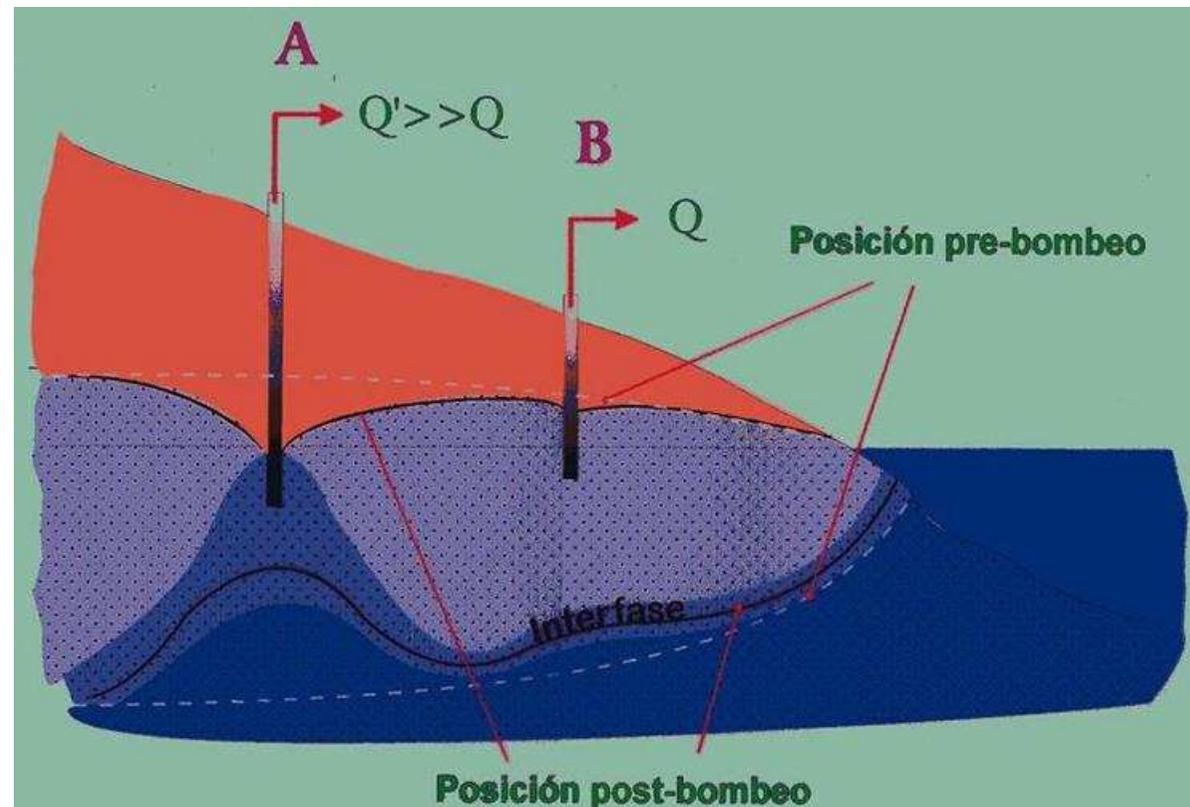
Valle de San Joaquin (USA)



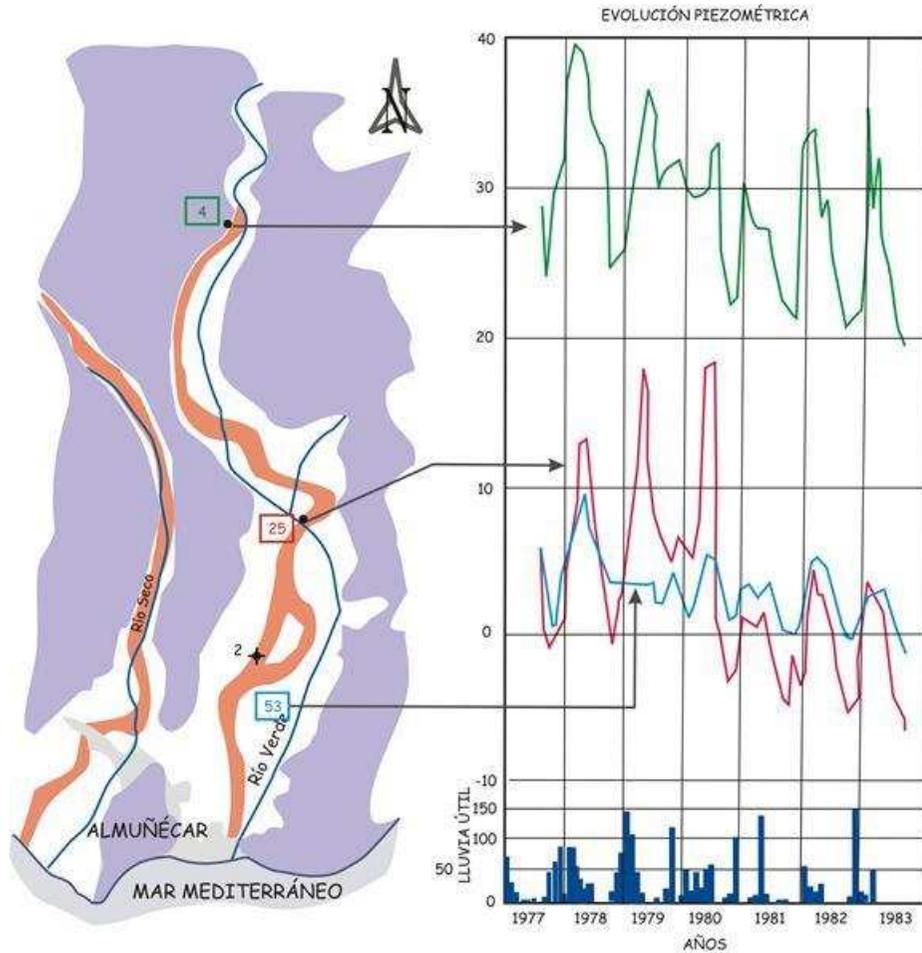




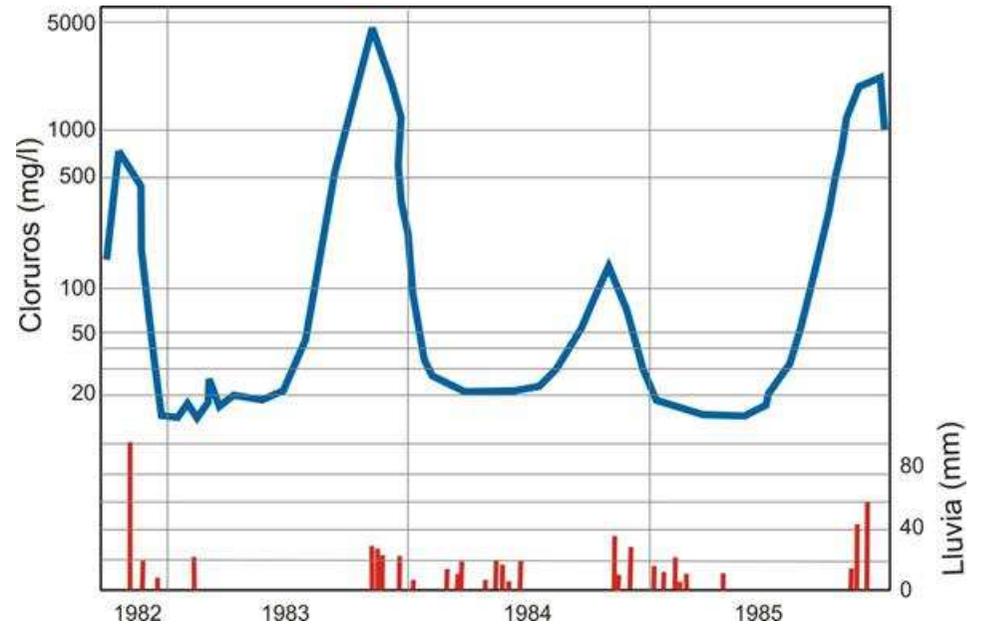
La intrusión marina es el proceso de movimiento temporal o permanente del agua salada tierra adentro desplazando al agua dulce, cuando este proceso es consecuencia de la disminución del flujo de agua dulce hacia al mar, debido a la intervención humana, es decir a la explotación del acuífero por bombeo.



Río verde



- | | | | |
|---|---------------------------------|---|------------------------------------|
|  | Cuaternario |  | Sondeo de observación piezométrica |
|  | Paleocauces |  | Sondeo n° 4 |
|  | Micasquitos |  | Sondeo n° 25 |
|  | Sondeo de abastecimiento urbano |  | Sondeo n° 53 |



A. Pulido-Bosch, RHyGA

Cátedra FACSA de Innovación del Ciclo Integral del Agua



**1ª Jornada Técnica sobre Gestión de Recursos Hídricos:
Aguas subterráneas**

INTRODUCCIÓN

CONCEPTOS GENERALES

LOS ACUÍFEROS Y SU TIPOLOGÍA

EL MOVIMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA

CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

QUIMISMO Y CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

TÉCNICAS AUXILIARES EN HIDROGEOLOGÍA

SOBREEXPLOTACIÓN DE ACUÍFEROS

RECARGA ARTIFICIAL

LOPS ACUÍFEROS COSTEROS

CONSIDERACIONES FINALES



Muchas gracias ¡

¡