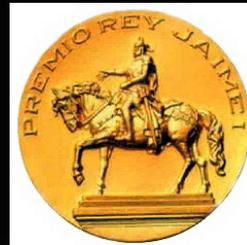
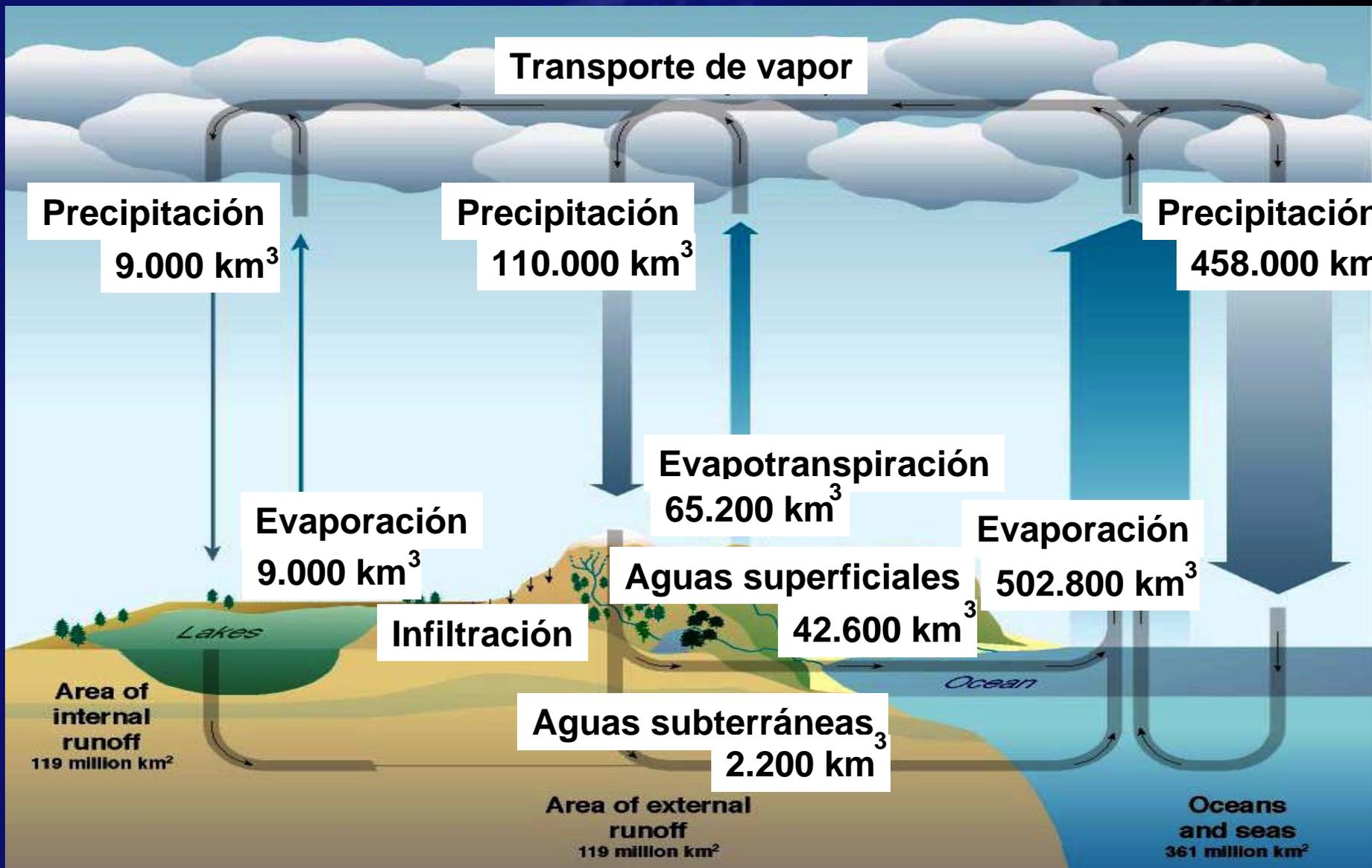


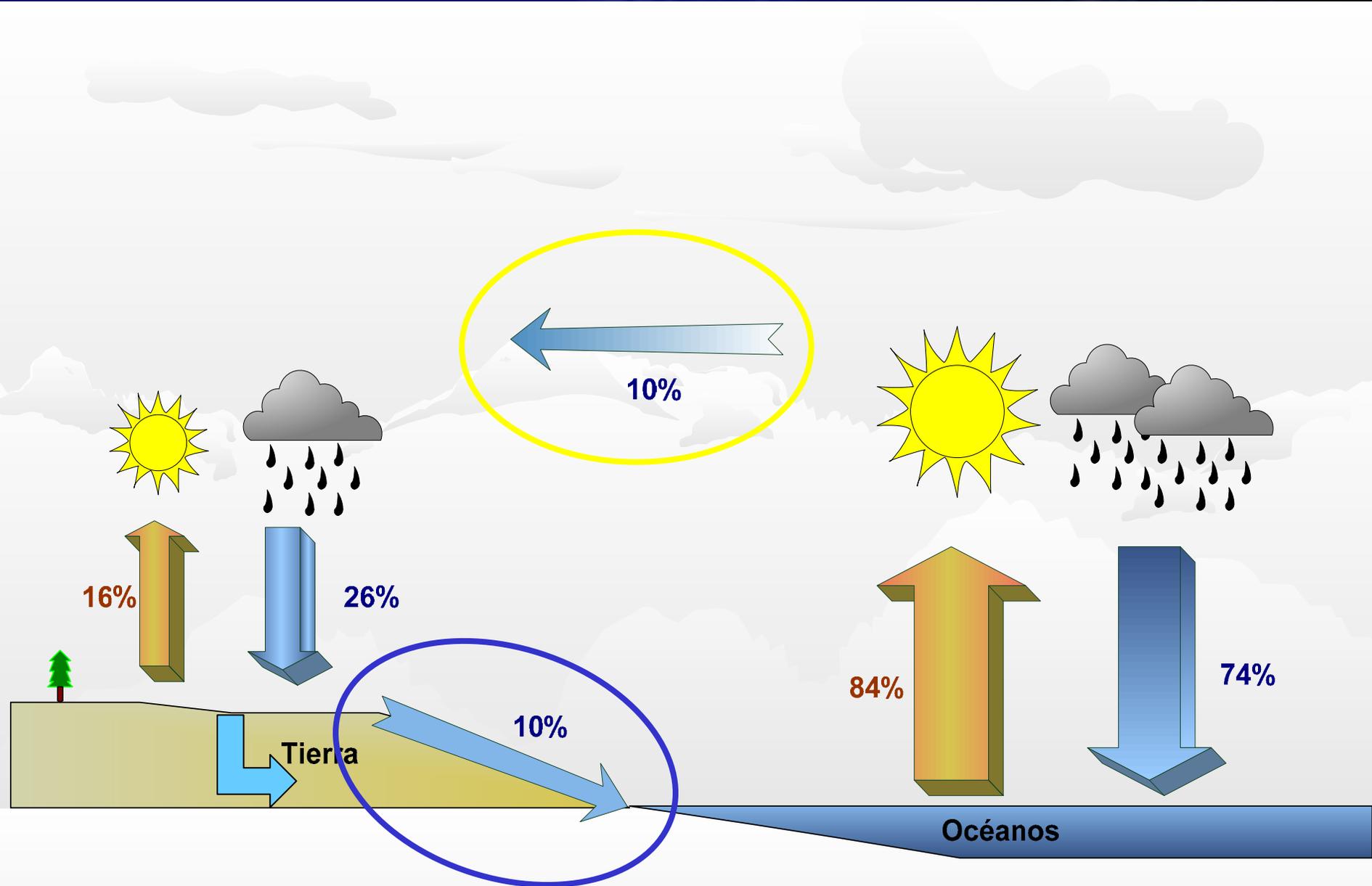
Captación sostenible de aguas subterráneas en zonas costeras

Rafael Fernández Rubio
Catedrático de Hidrogeología
Premio Rey Jaime I a la Protección del Medio Ambiente





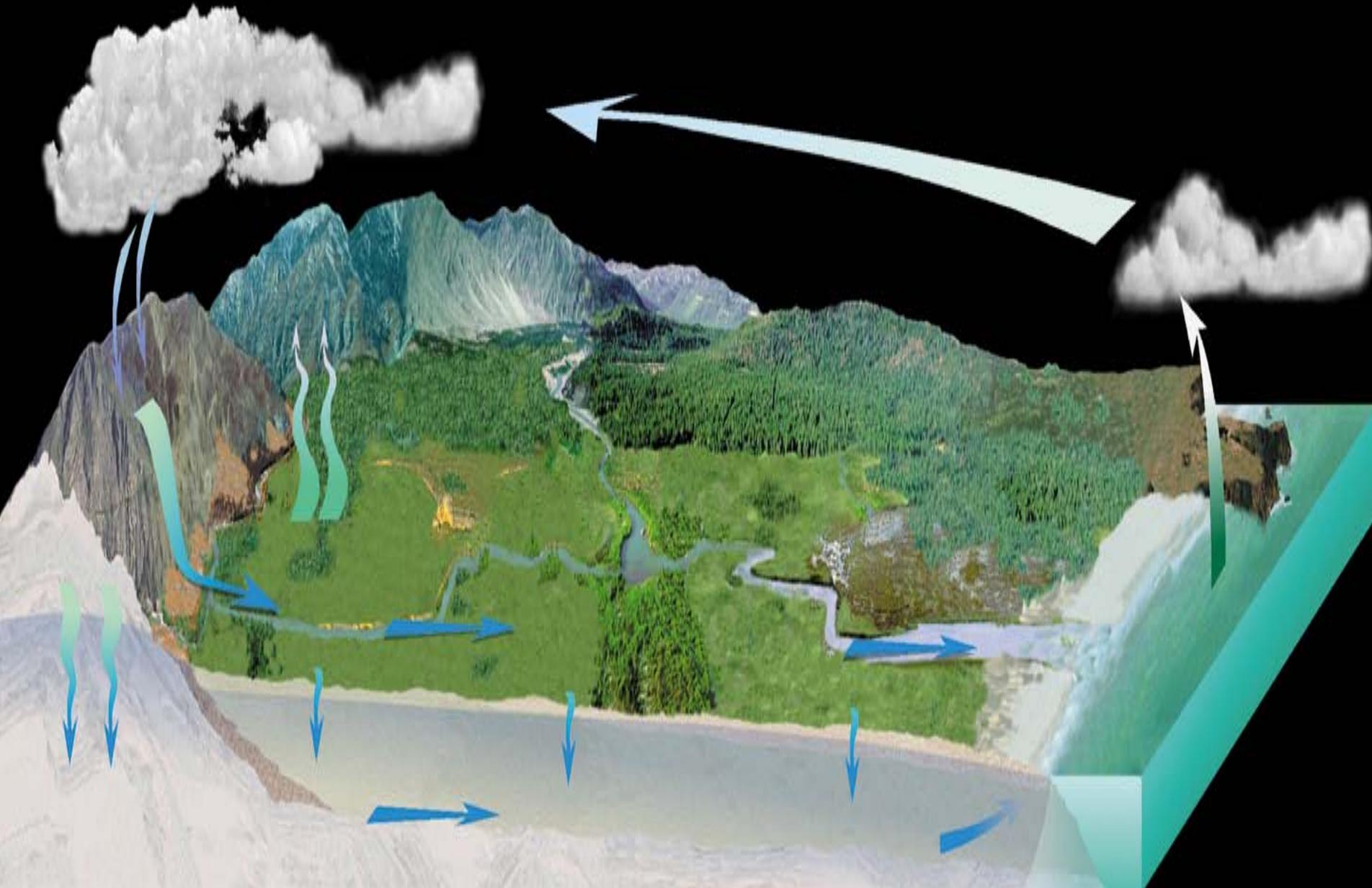
Balance mundial del agua



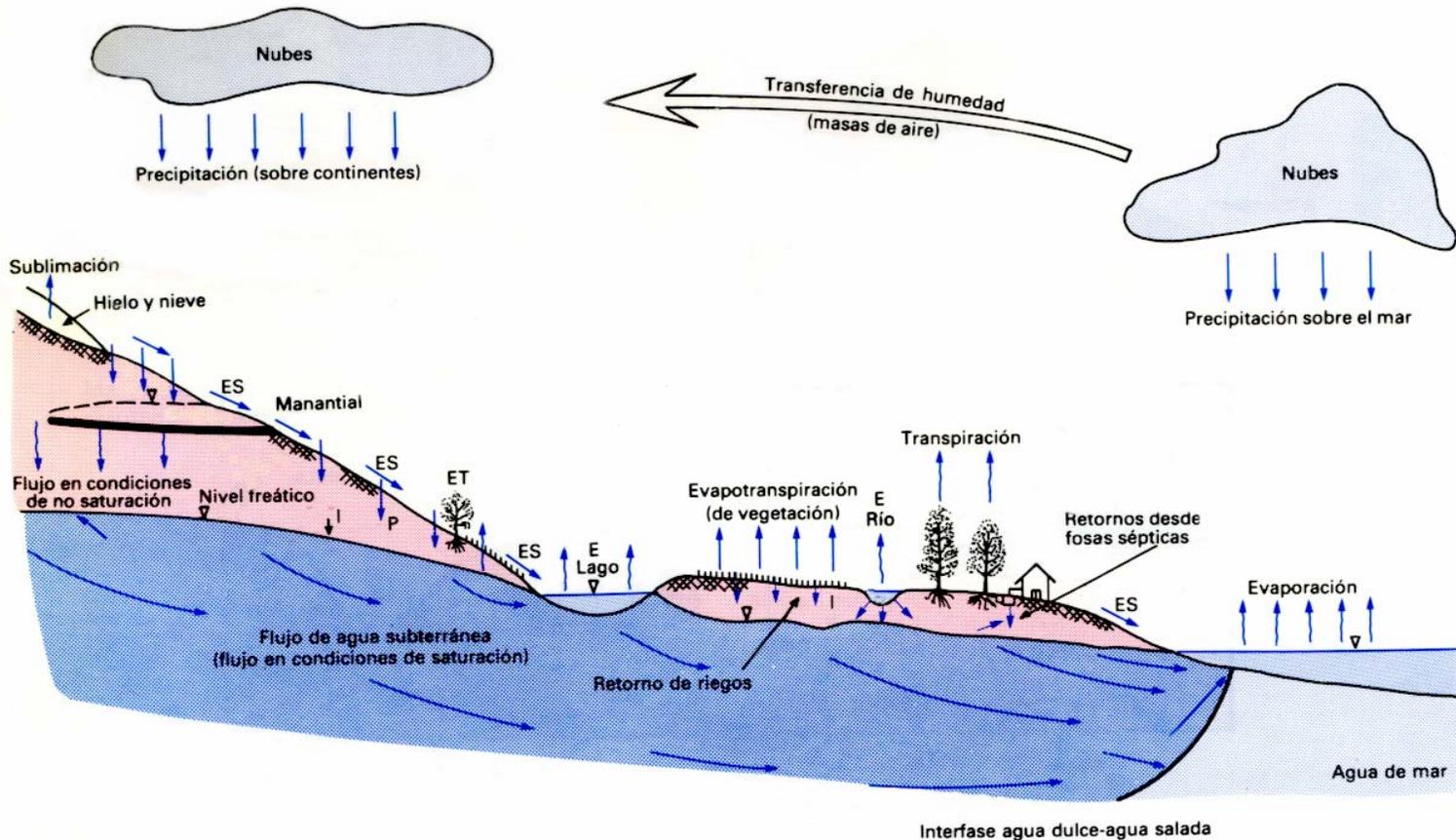
Balance hídrico global

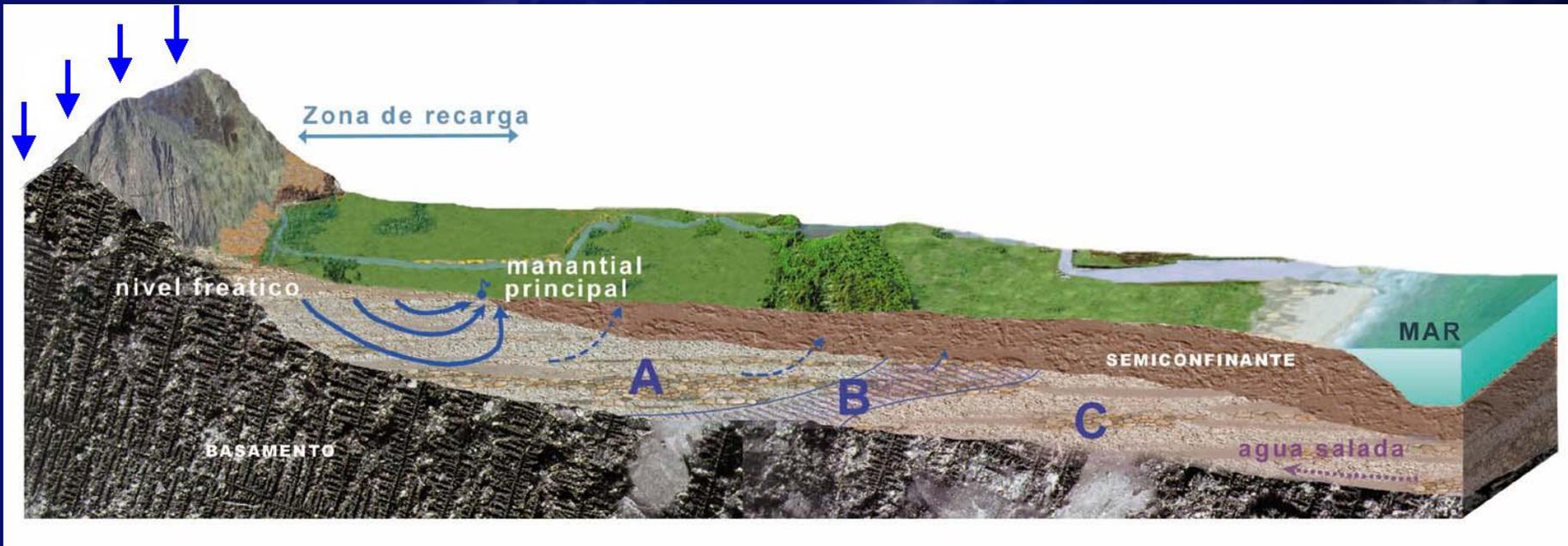
Adaptado de: www.vs-c.de/vsengine/media

CICLO HIDROLÓGICO EN ESTADO NATURAL



El ciclo hidrológico según Baer (1982) (IGME)





FUNCIONAMIENTO DE LOS ACUÍFEROS LITORALES

















NIVEL FREÁTICO

ACUÍFERO LIBRE

MANANTIAL

ACUITARDO

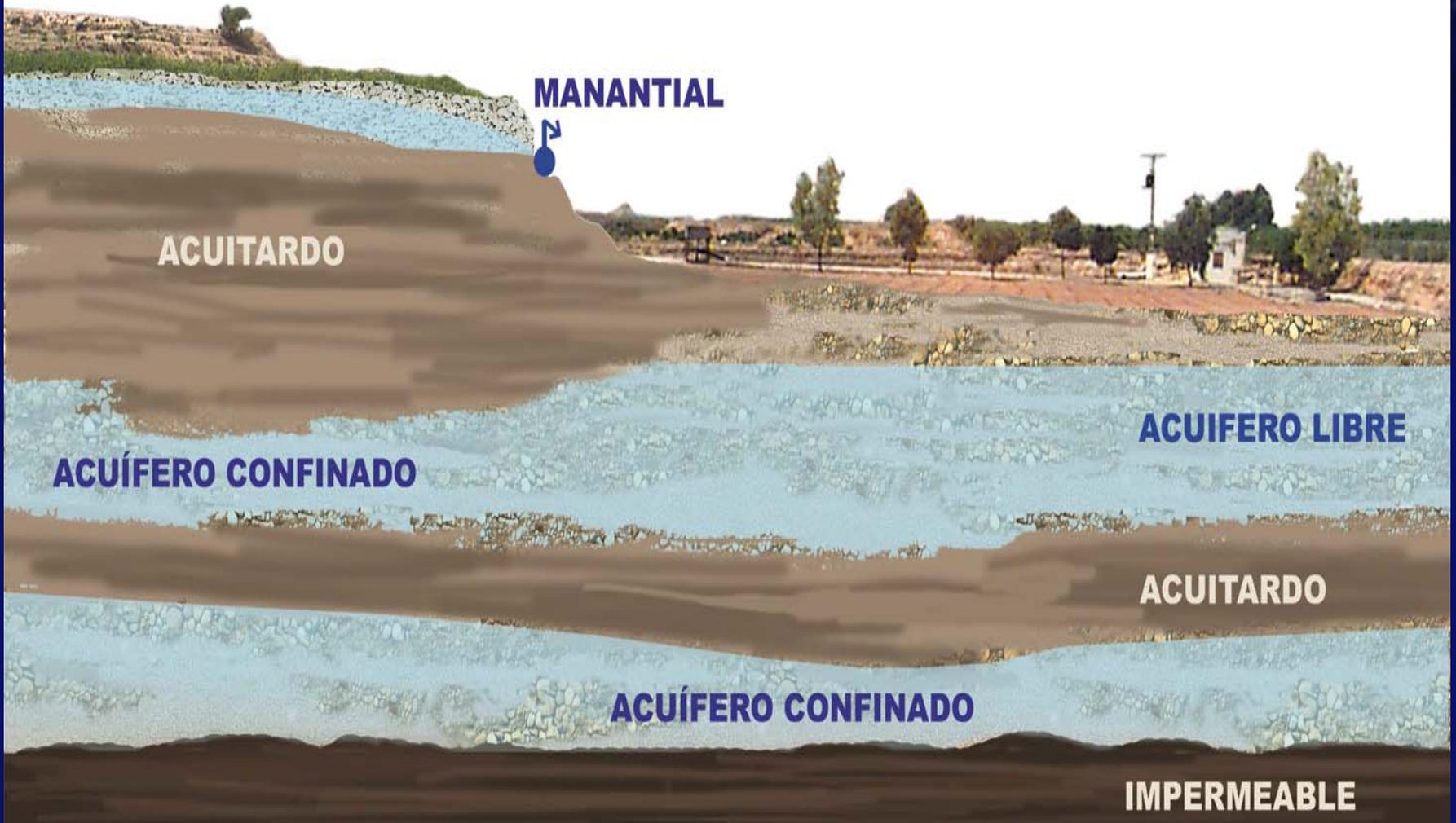
ACUÍFERO CONFINADO

ACUÍFERO LIBRE

ACUITARDO

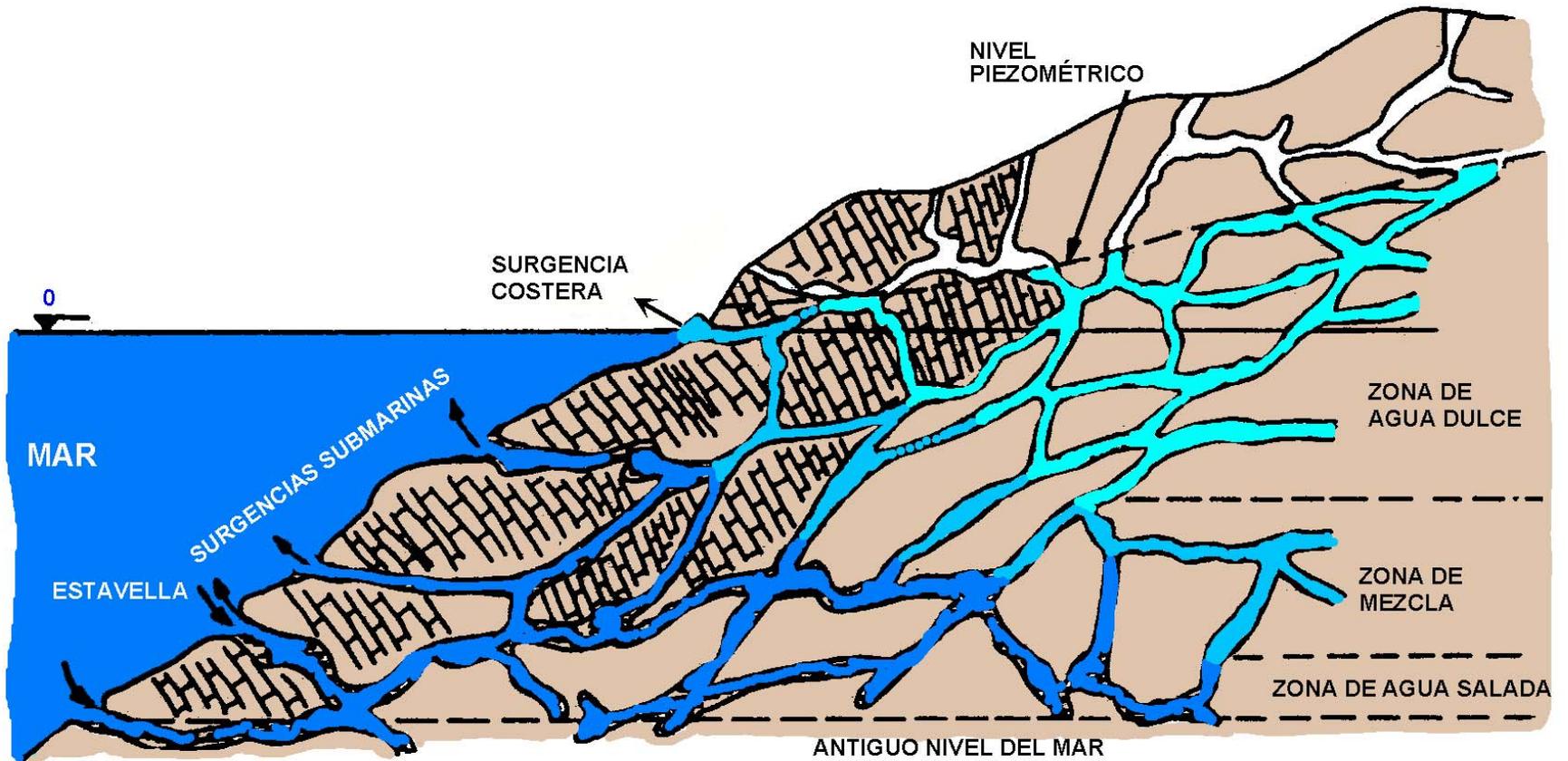
ACUÍFERO CONFINADO

IMPERMEABLE

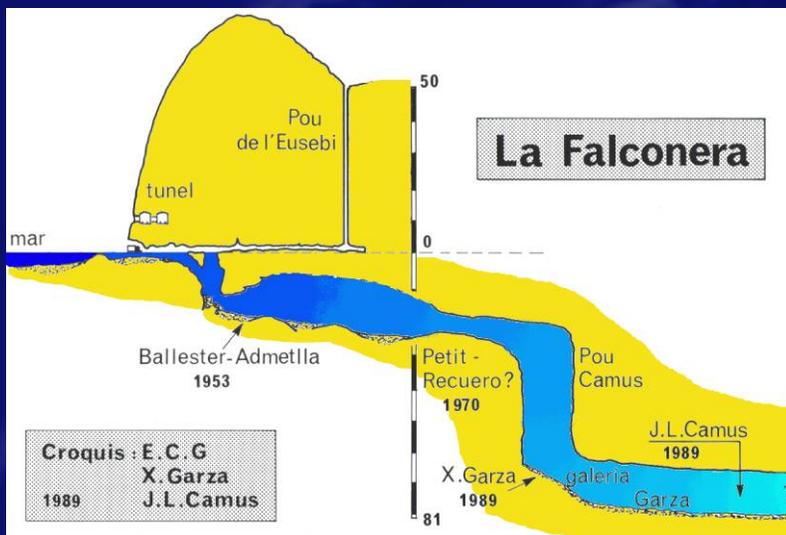
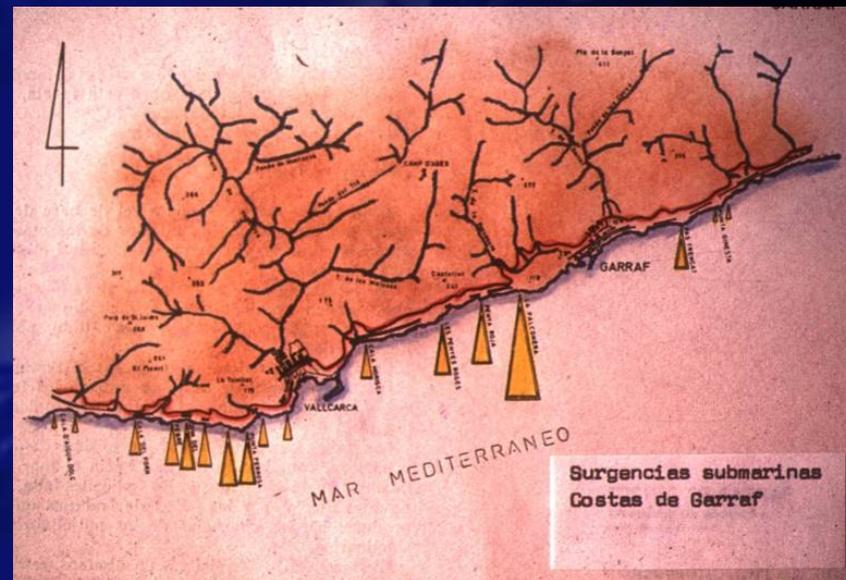


Circulación litoral

(Mijatovic, 1986)



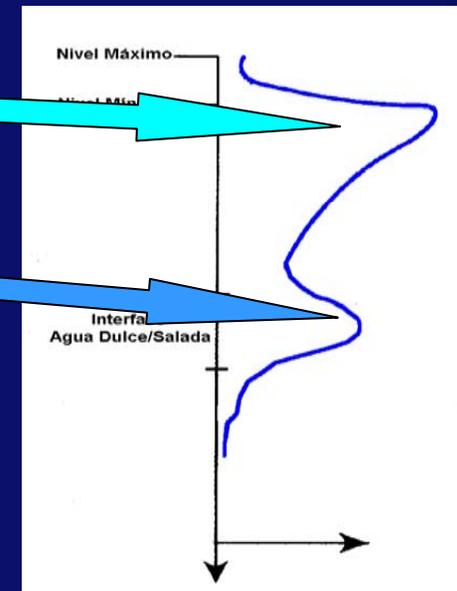
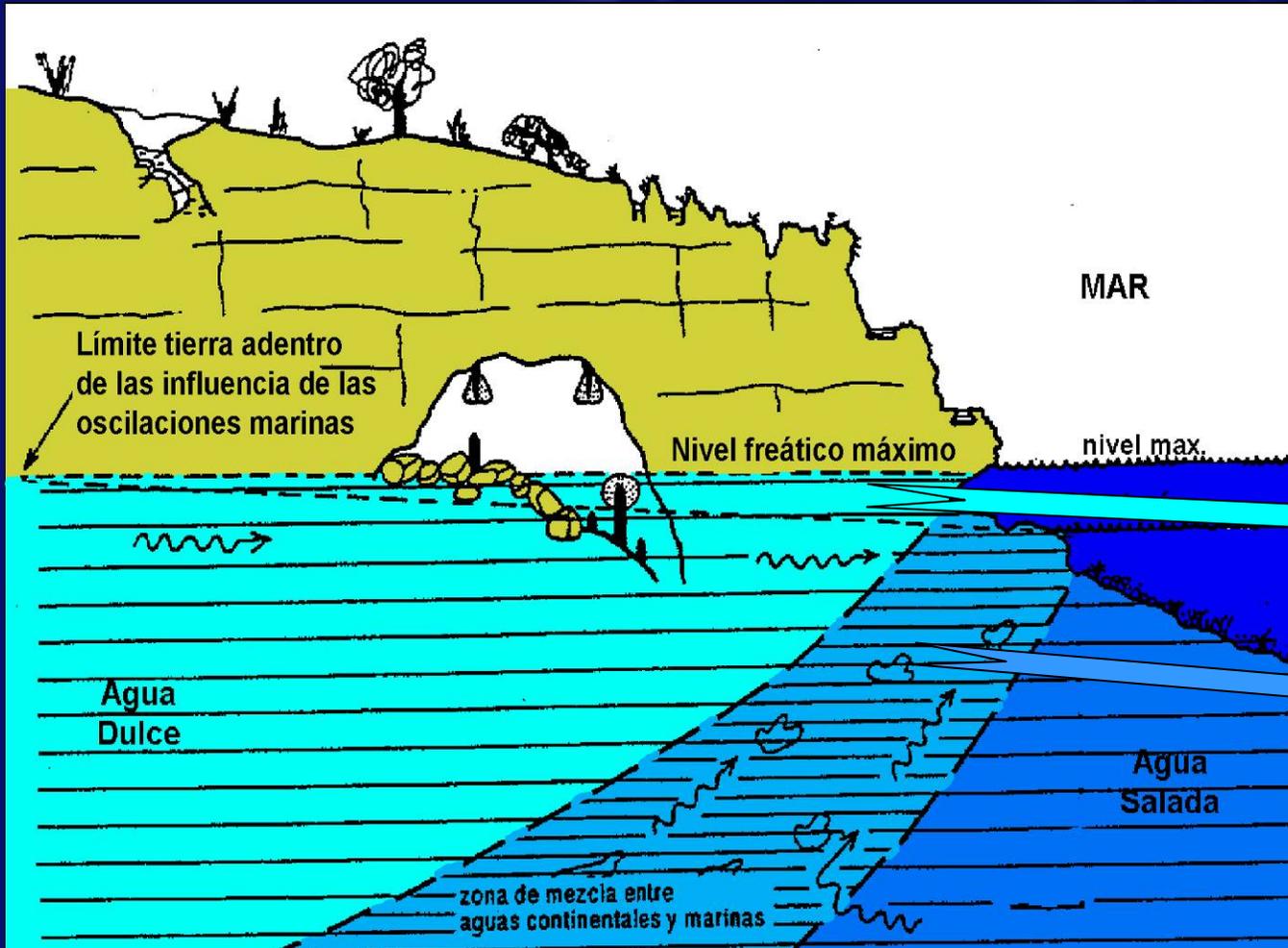
Surgencias submarinas en las costas de Garraf (Cataluña)



Cueva de La Falconera (Cardona i Olivan, 1990)

Zonación vertical de un acuífero kárstico costero

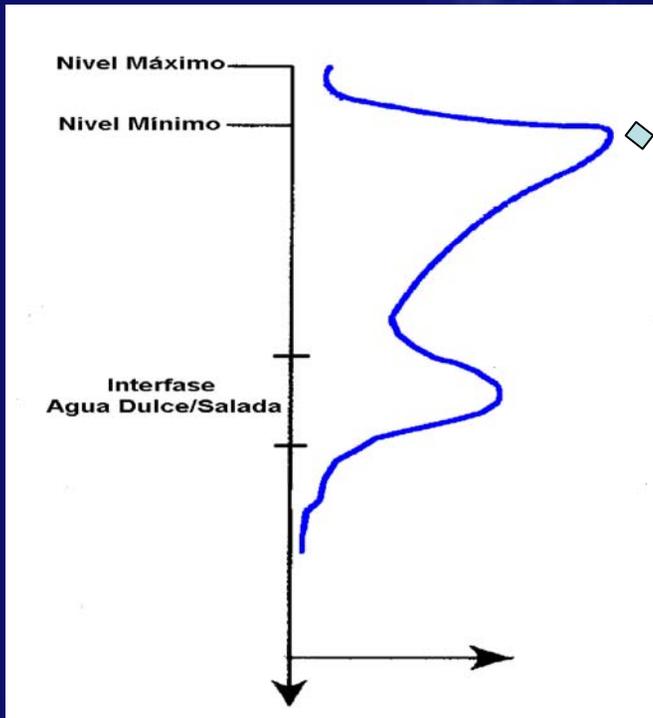
(Perna, 1994)



Desarrollo de la karstificación

Variación de la disolución y permeabilidad en función de profundidad e interfase

(LeGrand & LaMoreux, 1975 modificado)



Efecto de las oscilaciones glacio-eustáticas marinas

Cronología glaciár del Cuaternario

Periodos glaciares

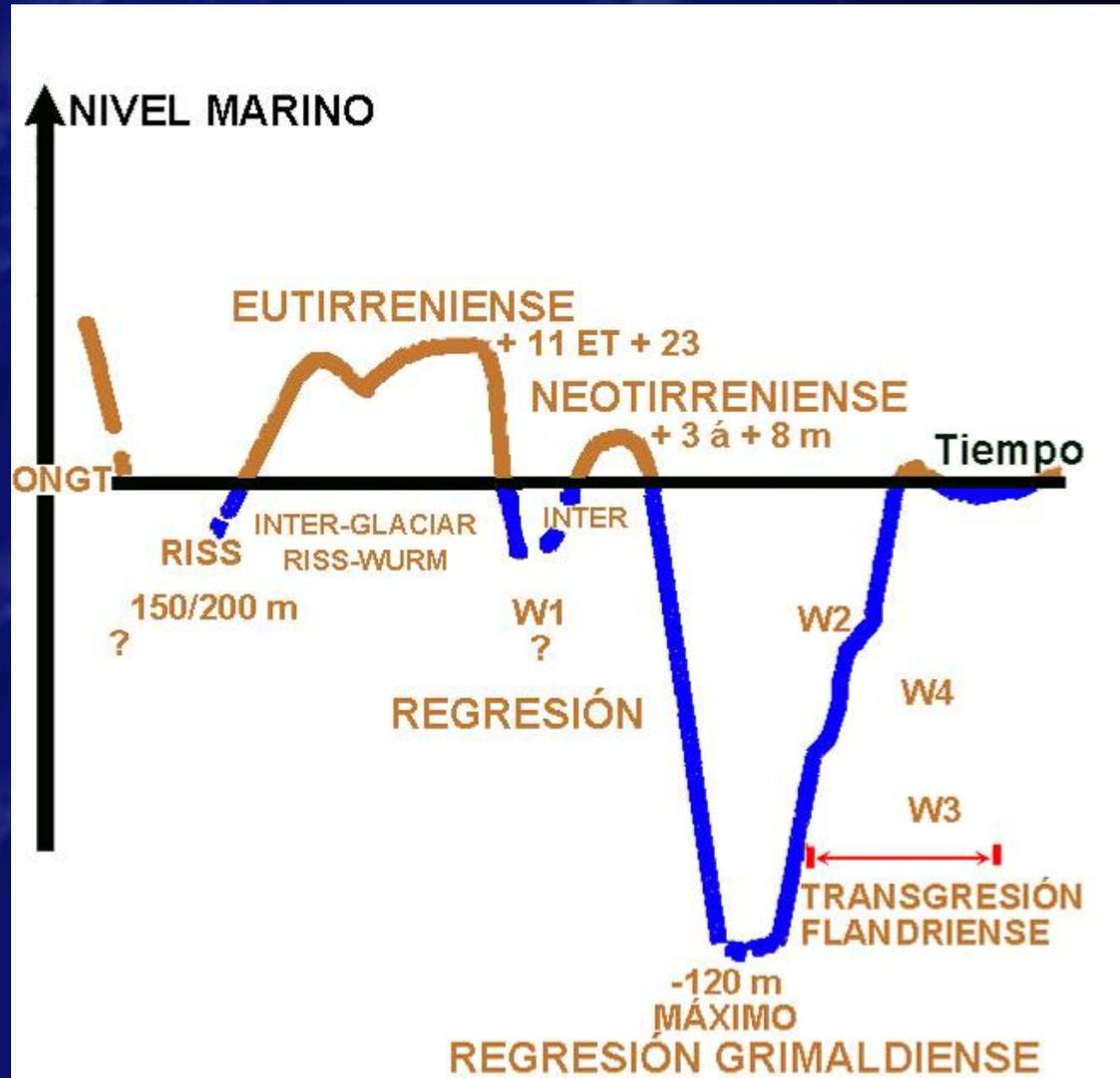
Periodos interglaciares

EDAD B.P.	SERIE	CRONOLOGÍA GLACIAR
10.000	Pleistoceno superior	Post-glaciár
		Würm
80.000		Eem
120.000	Pleistoceno medio	Riss
270.000		Holstein
320.000		Mindel
600.000		Cromer
780.000	Pleistoceno inferior	Gunz
1.300.000		Donau-Gunz
1.780.000	Plioceno	

Variaciones glacio-eustáticas marinas

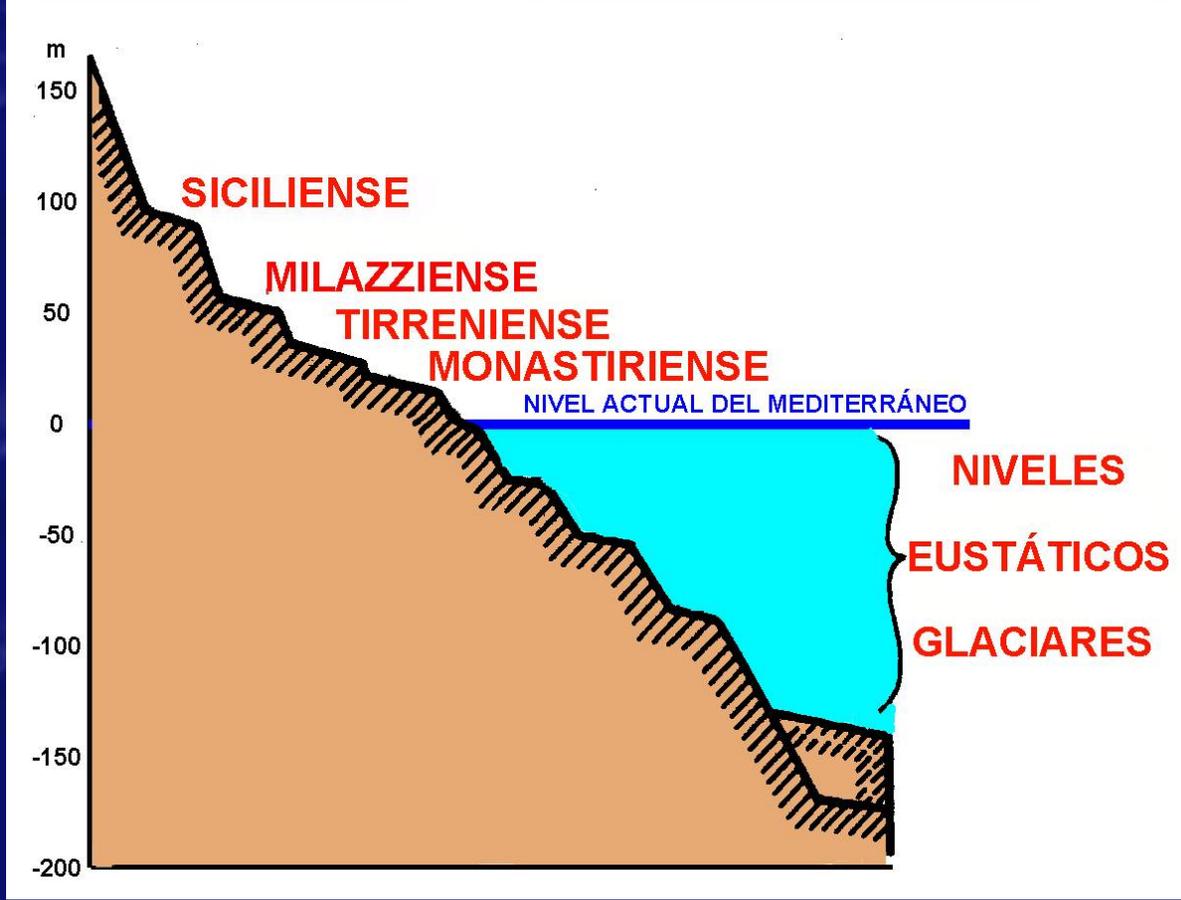
Periodo interglaciar

Periodo glaciario



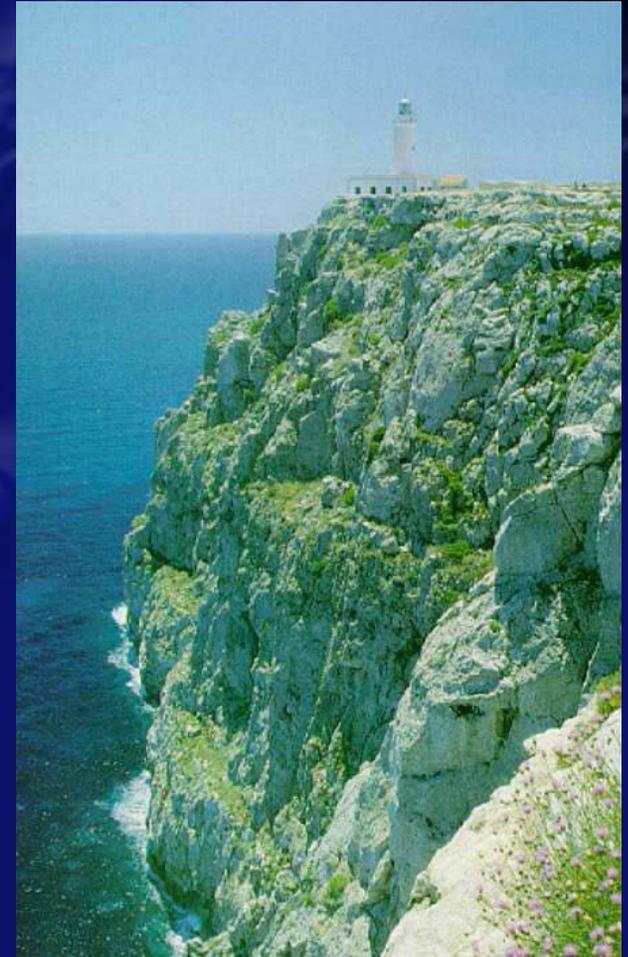
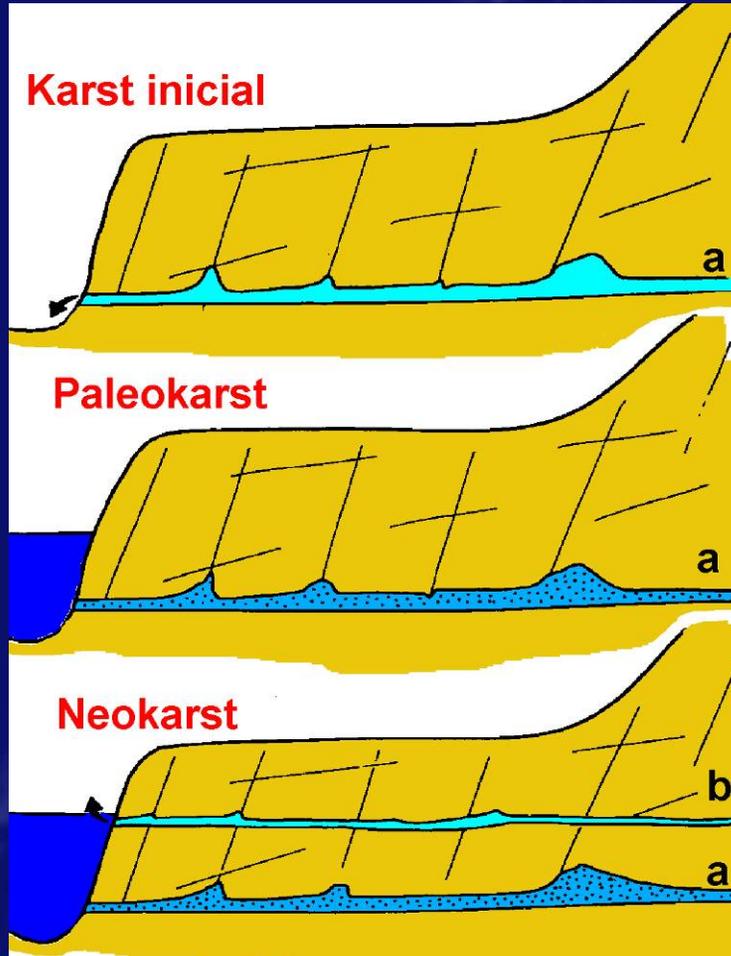
Fluctuaciones glacio-eustáticas del Mediterráneo durante el Cuaternario

(Mijatovic, 1986)



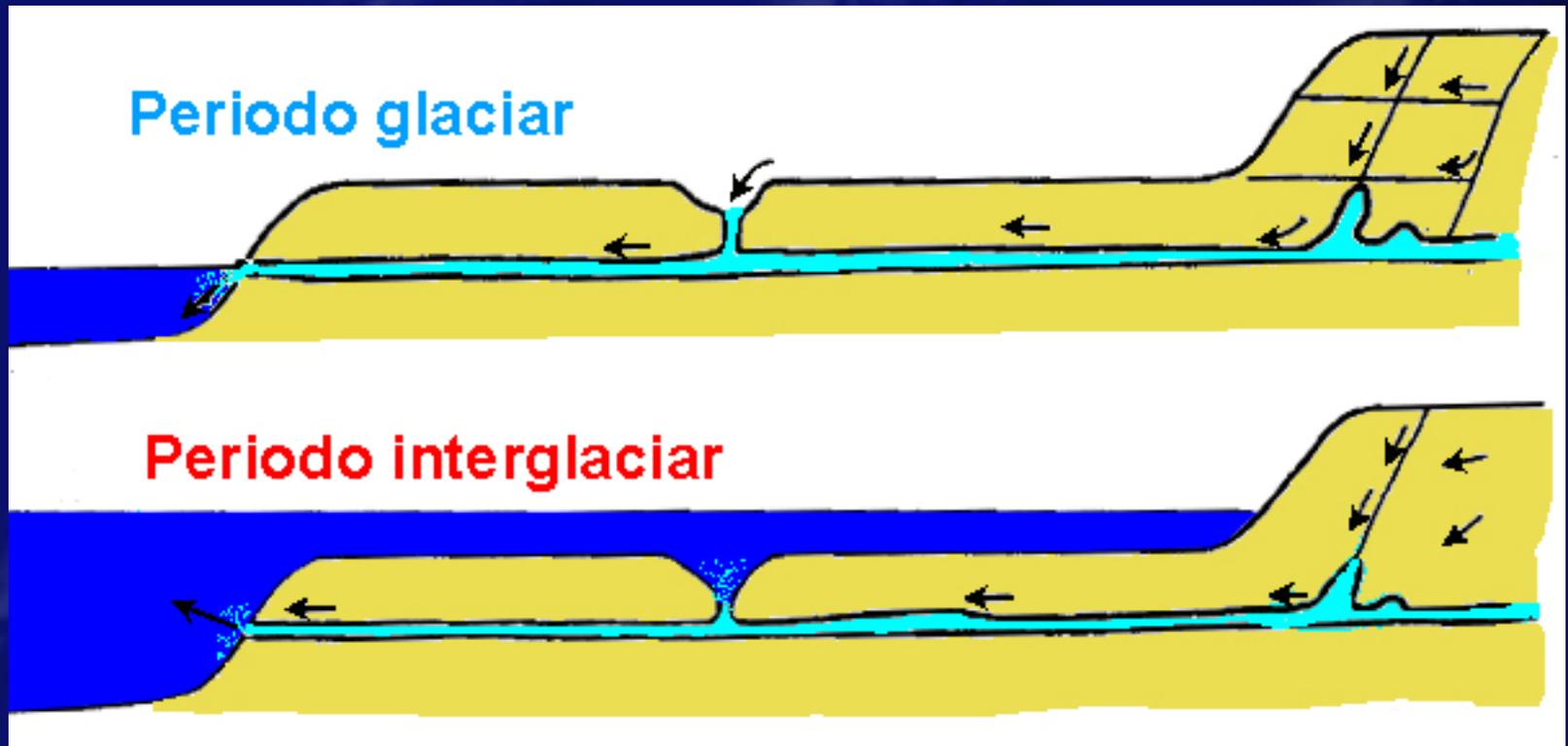
Evolución de un karst costero con las oscilaciones del nivel del mar

(Perna, 1994)



Efecto de los movimientos eustáticos en acuíferos costeros

(Civita et al., 1989)





Bufones en Cantabria y Asturias



**Situación natural
de la interfase
agua de mar-agua dulce**

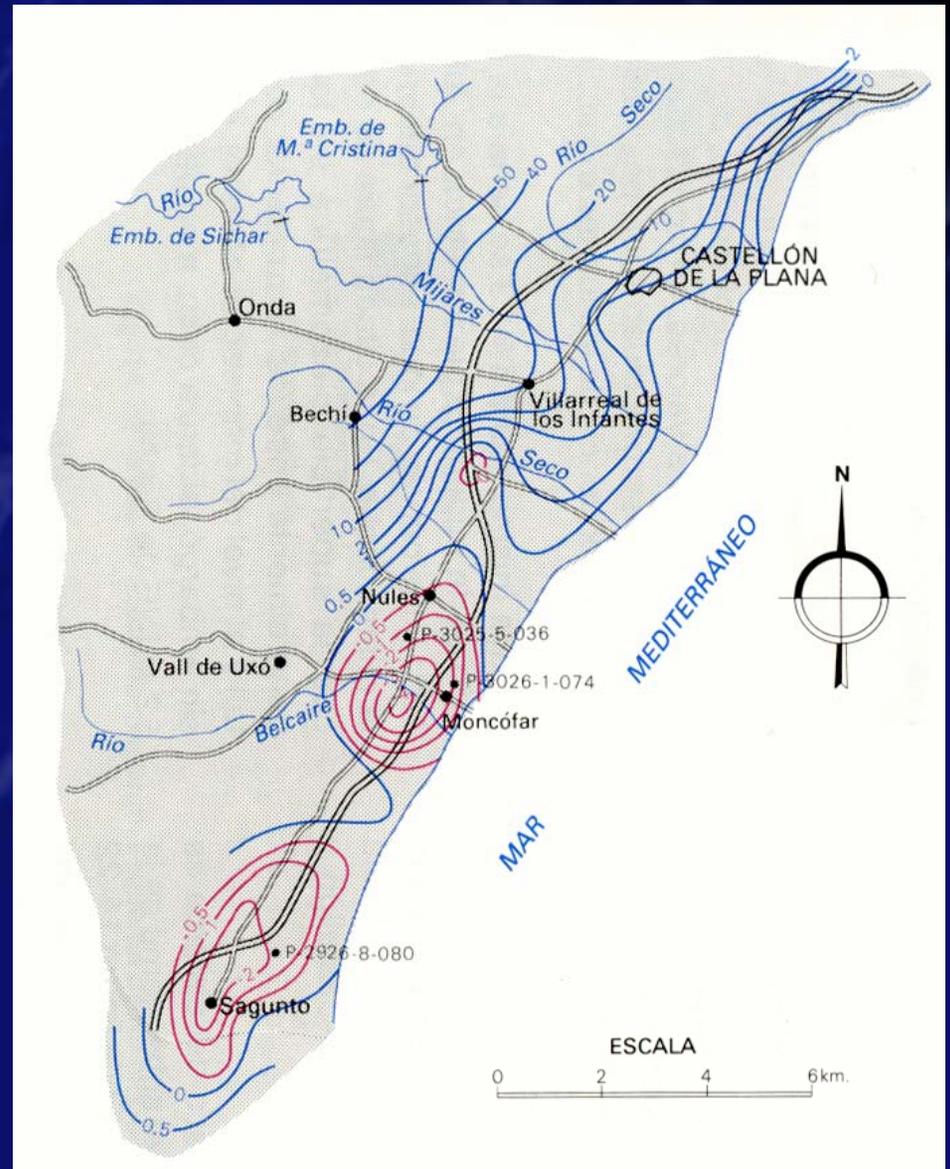


**Pozo de extracción
con afección incipiente sobre
la interfase salina**

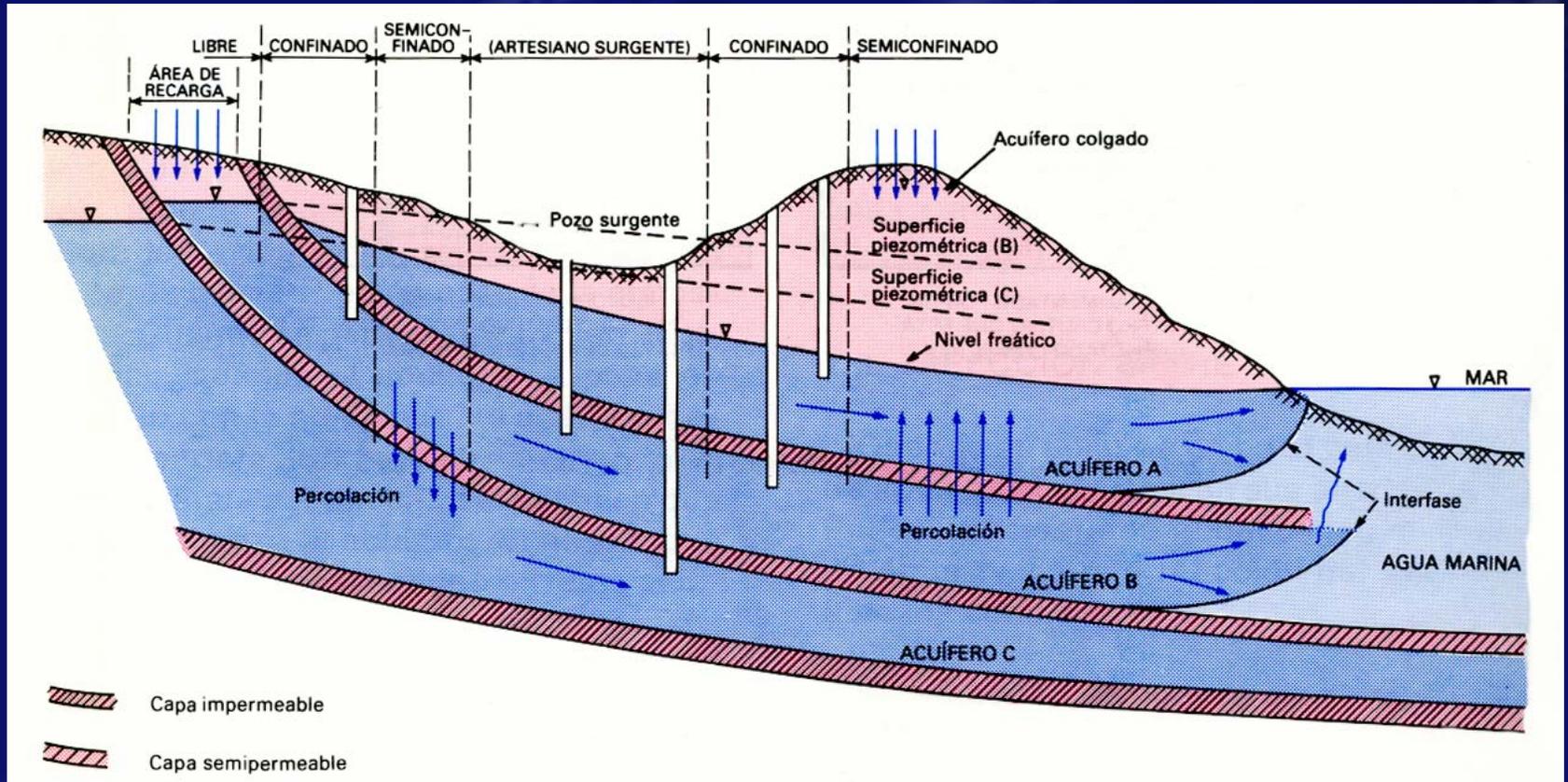


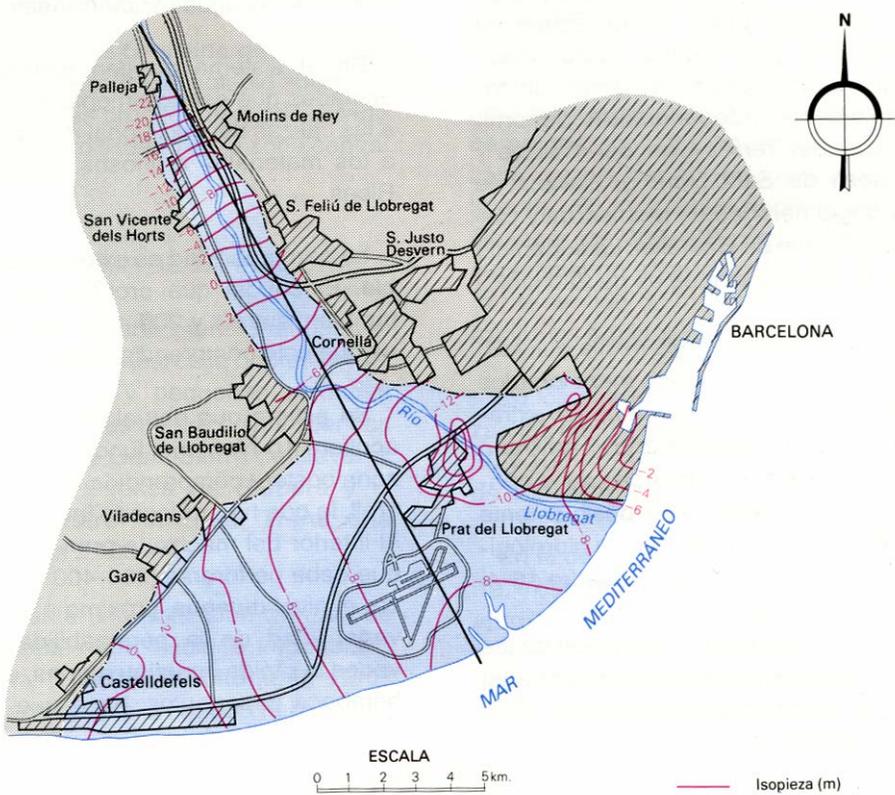
**Pozos contaminados
por el agua de mar**

Acuífero de la Plana de Castellón (Julio 1982)



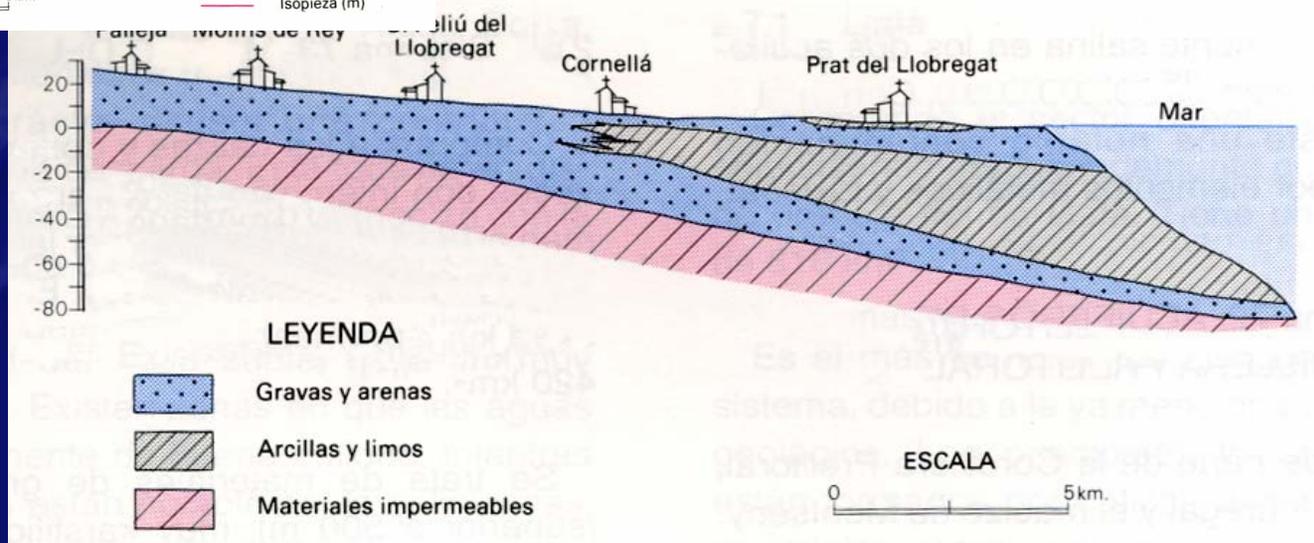
Acuíferos libres, semiconfinados y confinados





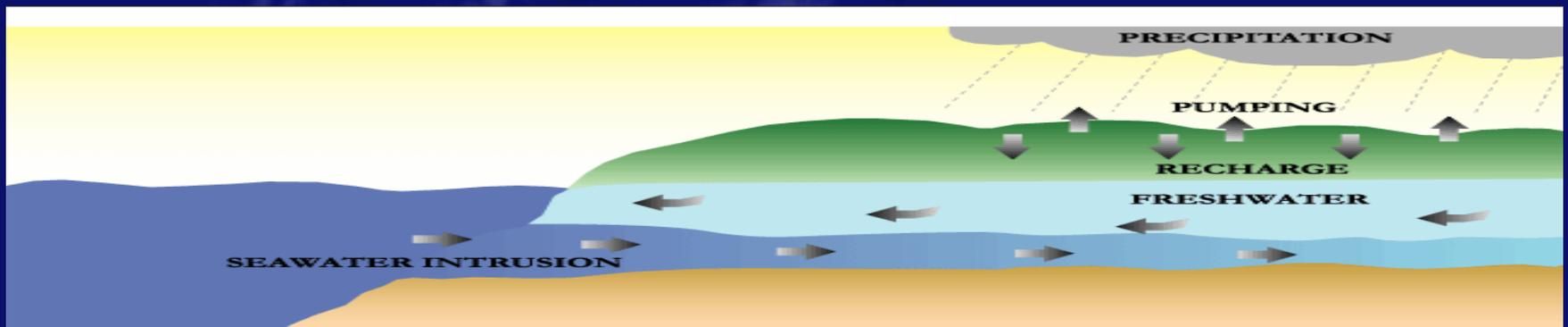
Delta del Llobregat (IGME)

Superficie piezométrica del acuífero profundo (IGME)





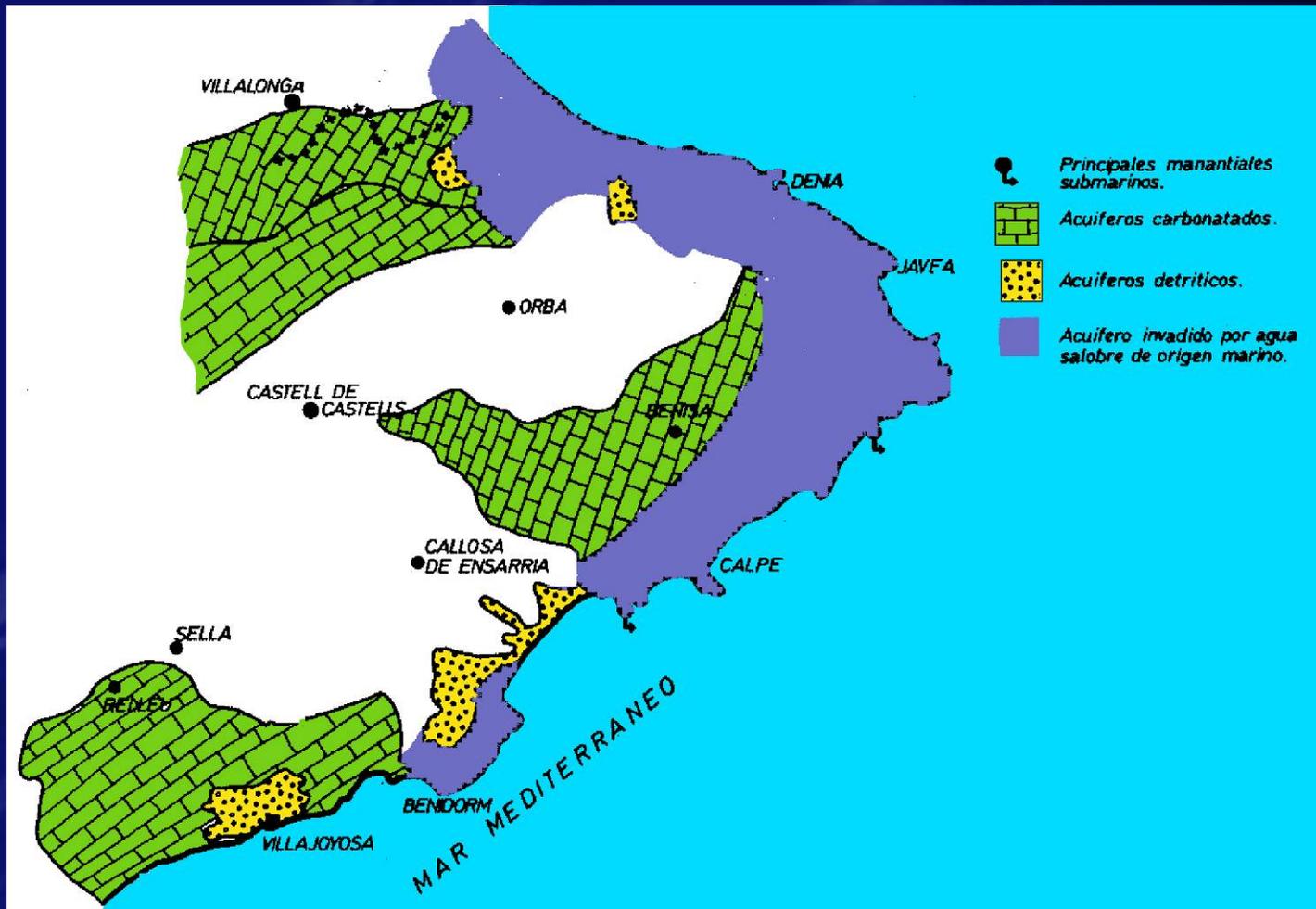
Acuífero con
intrusión vertical



Acuífero con
intrusión lateral

Intrusión en los acuíferos costeros de La Marina (Alicante)

(Rodríguez y Medina, 1988)



Zonas sobreexplotadas

Acuífero de la Zona Este de Gran Canaria

(IGME y CIAGC, 2007)



**Zona sobreexplotada
con intrusión marina**

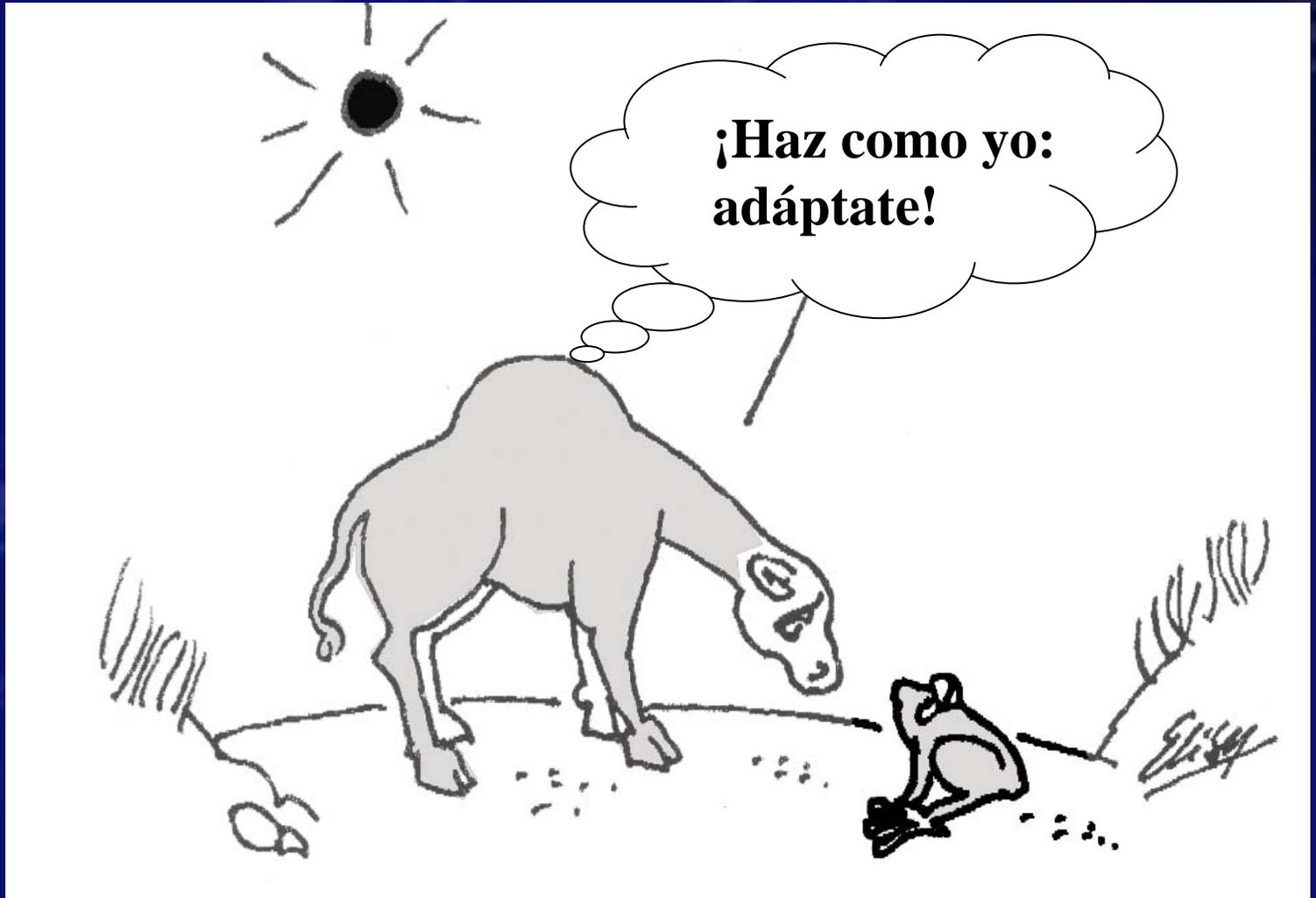
**Zona sobreexplotada
con riesgo de intrusión marina**

Los acuíferos costeros



- **Interés económico de sus recursos**
- **Pérdidas de agua dulce al mar**
- **Riesgo de salinización marina**

¿Qué hacer?

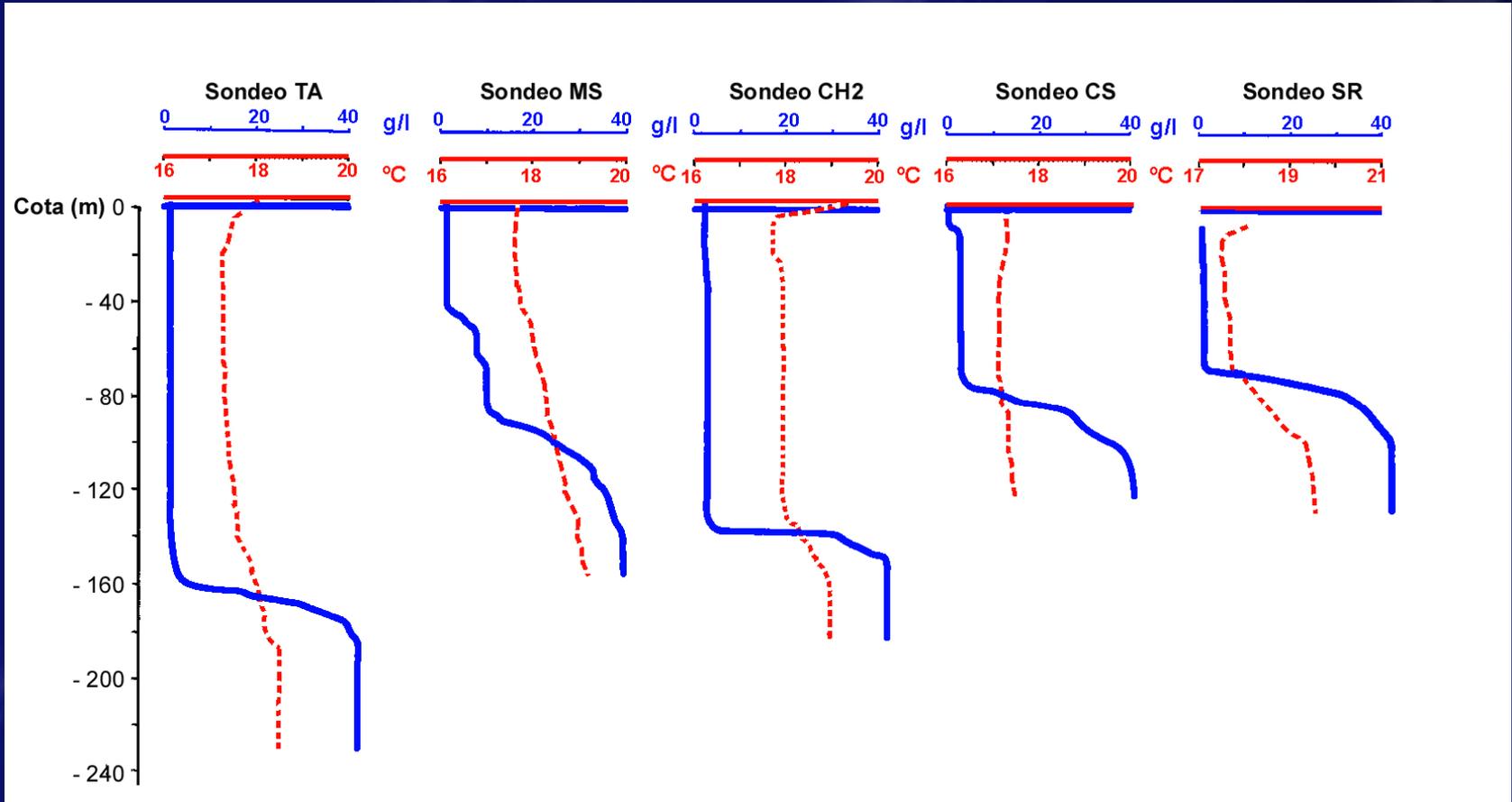


Investigar



Salinidad y temperatura en los sondeos de la Península de Apulia

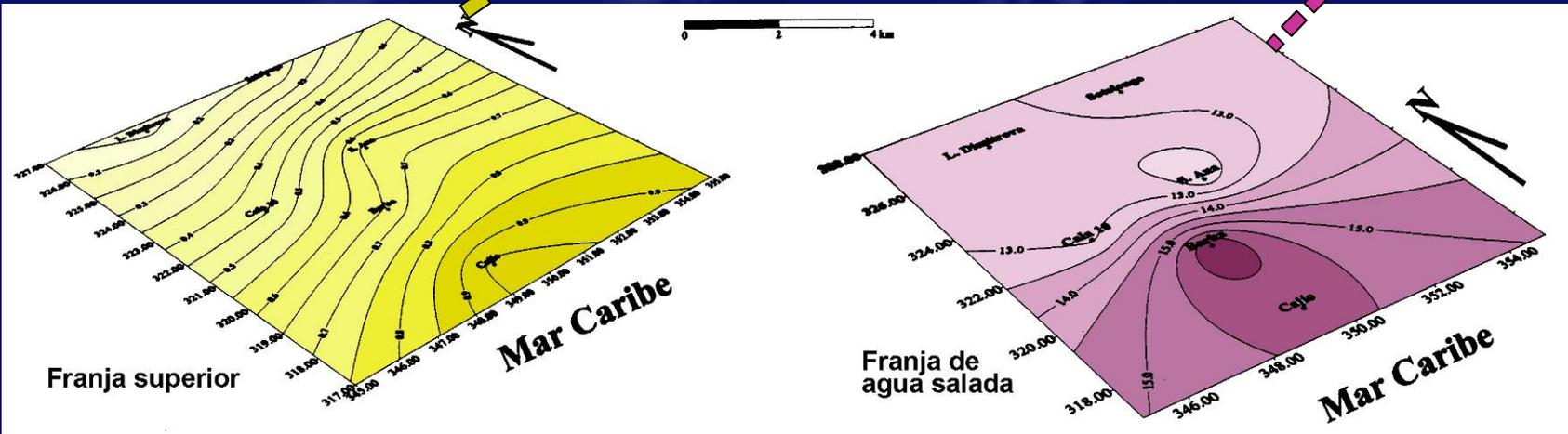
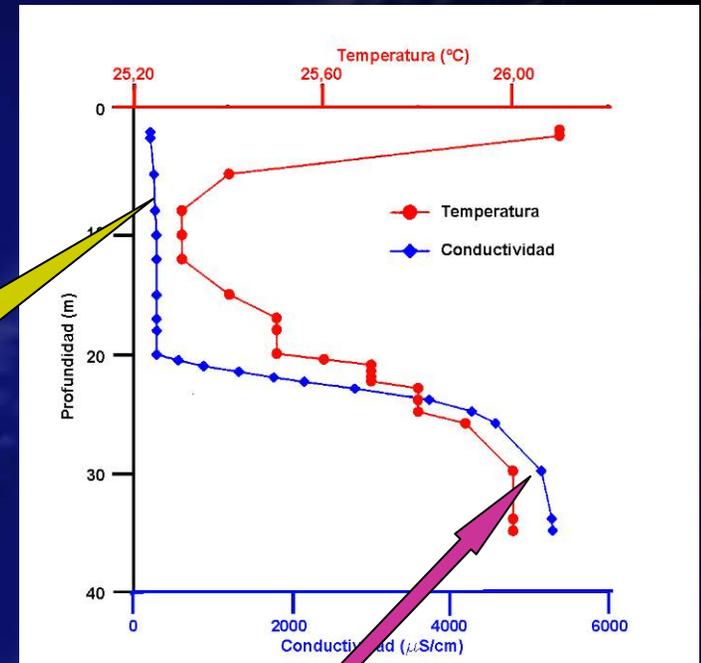
(Tulipano & Tadaloni, 1982)



Acuífero costero de Güaira-Quivicán (Cuba)

Conductividad y temperatura en un sondeo

(González et al., 2002)



Mapas de isocloruros a diferente profundidad

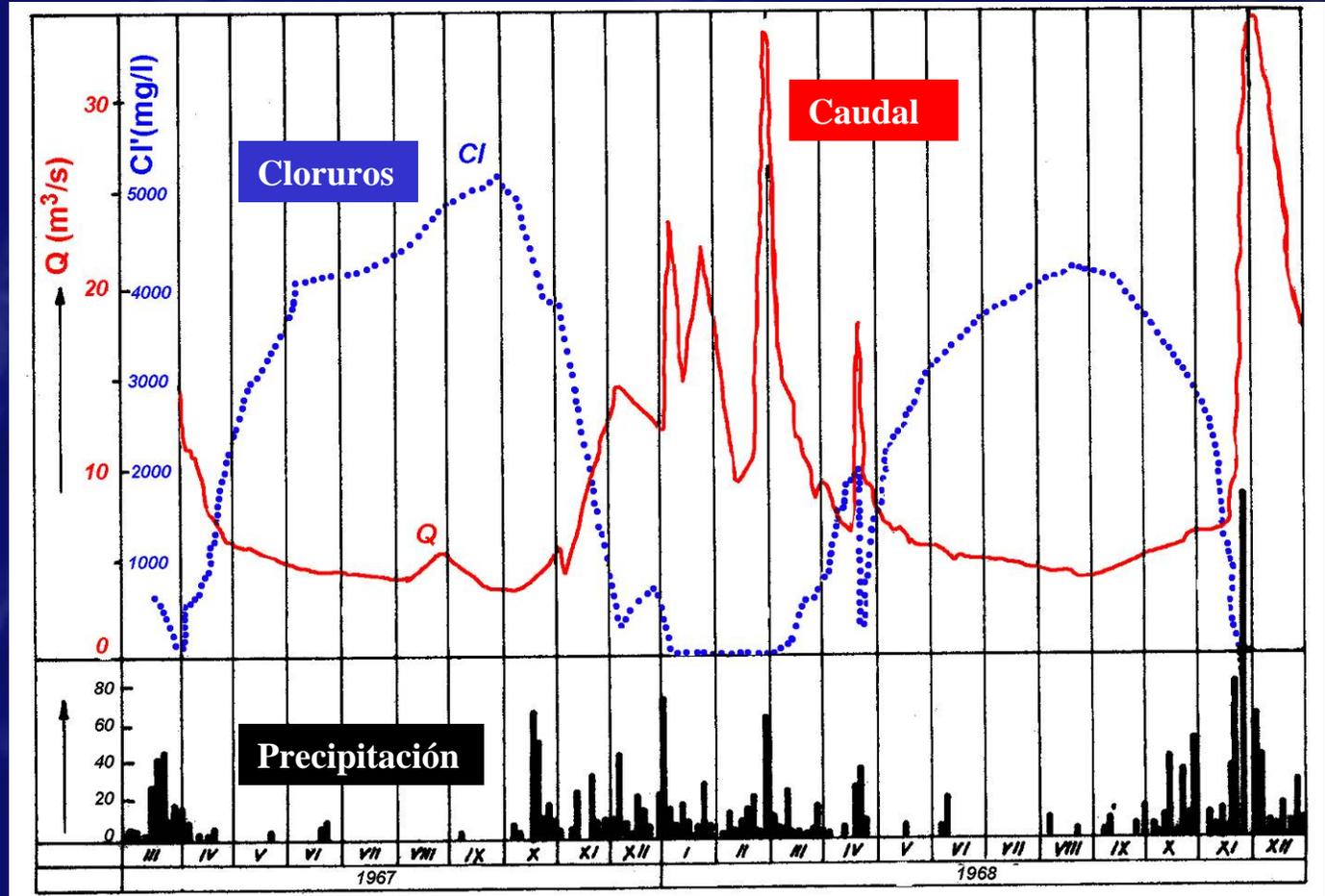
(González et al., 2002)

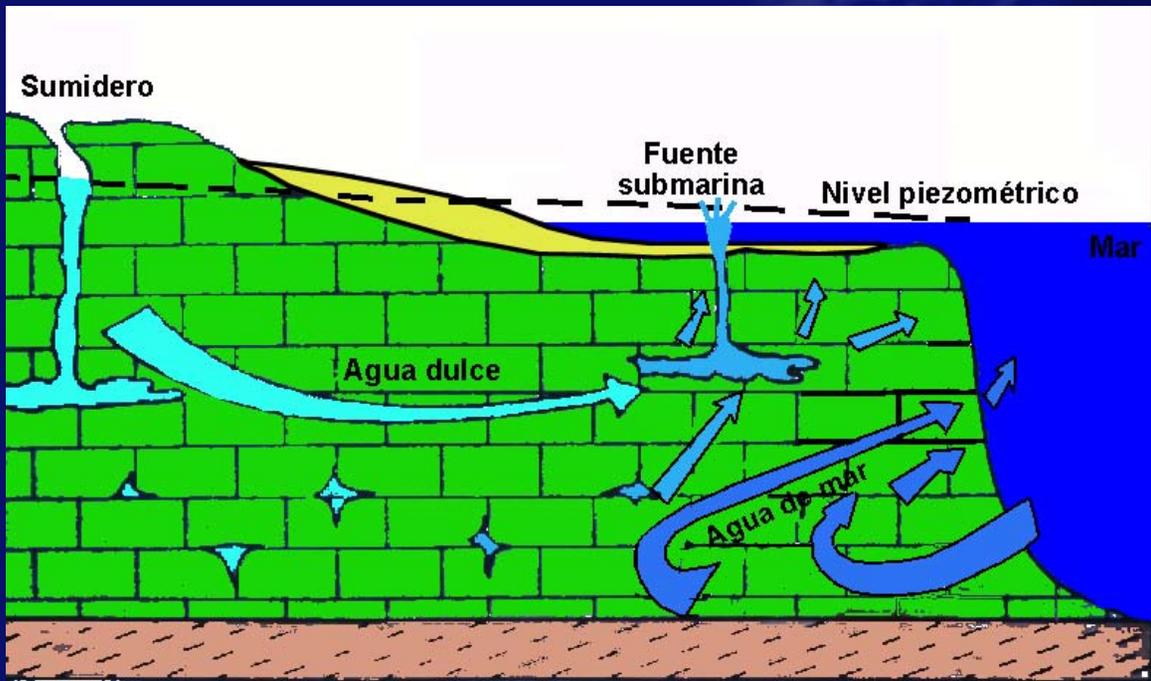


Evolución de caudal y cloruros en relación con la precipitación

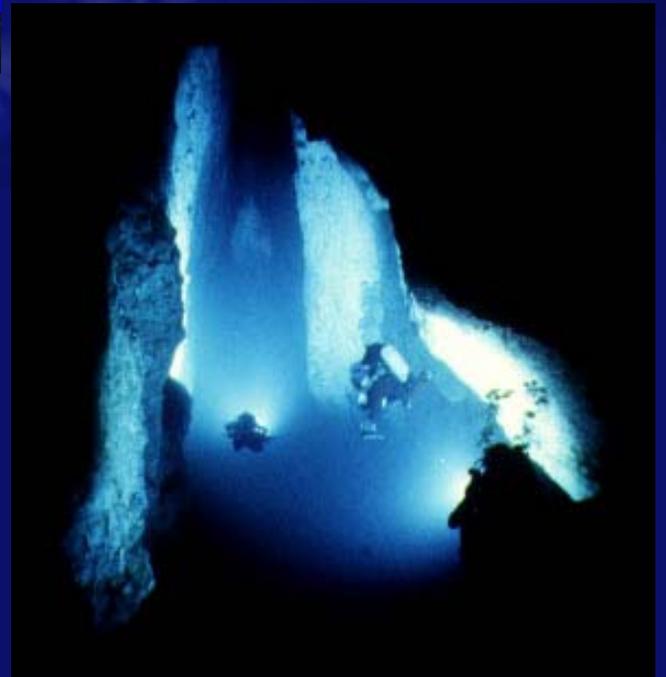
(Monopolis & Mastopis, 1969)

Almiros de Iraklion

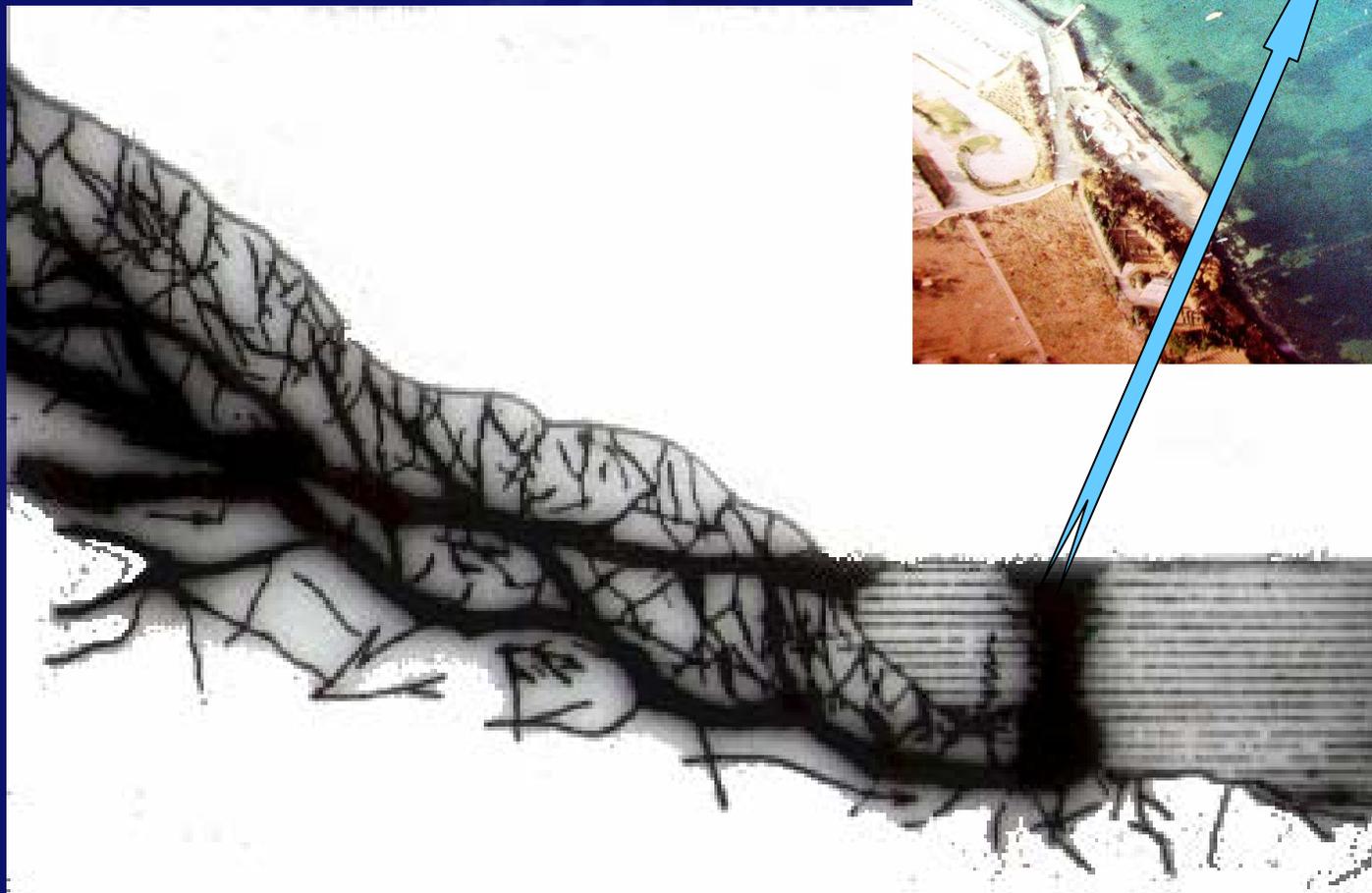




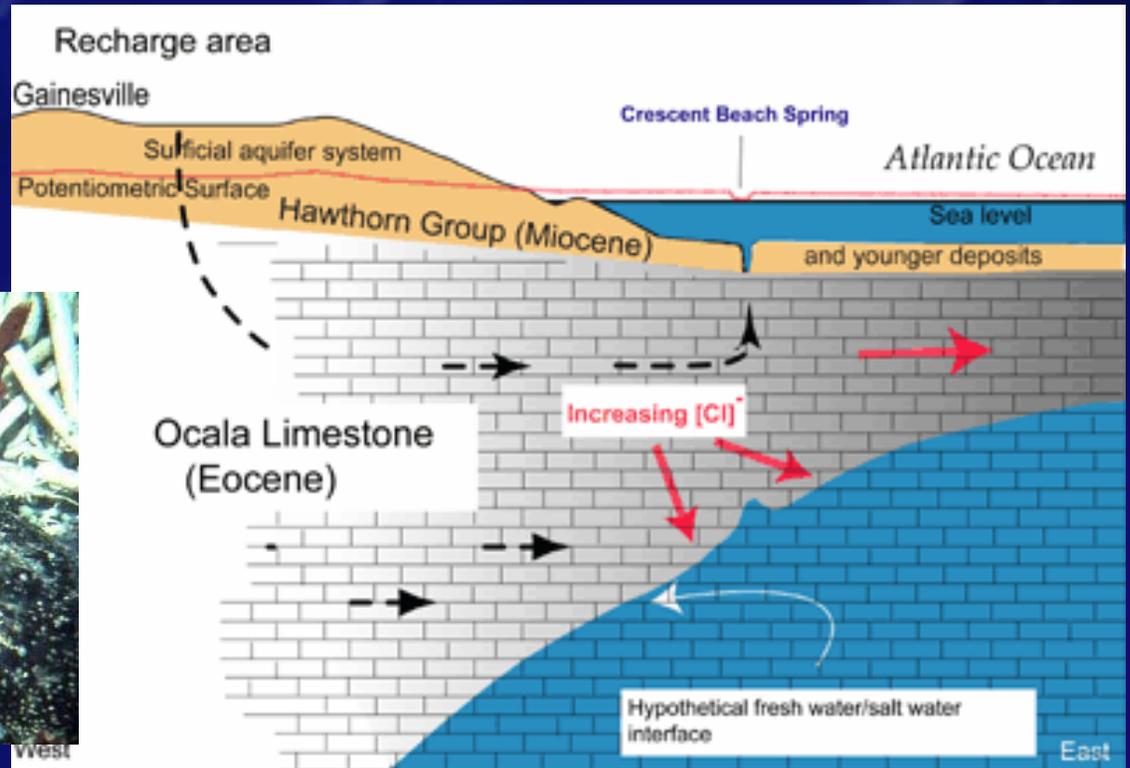
Exploración de cavidades submarinas



Estudio de los “agujeros azules”

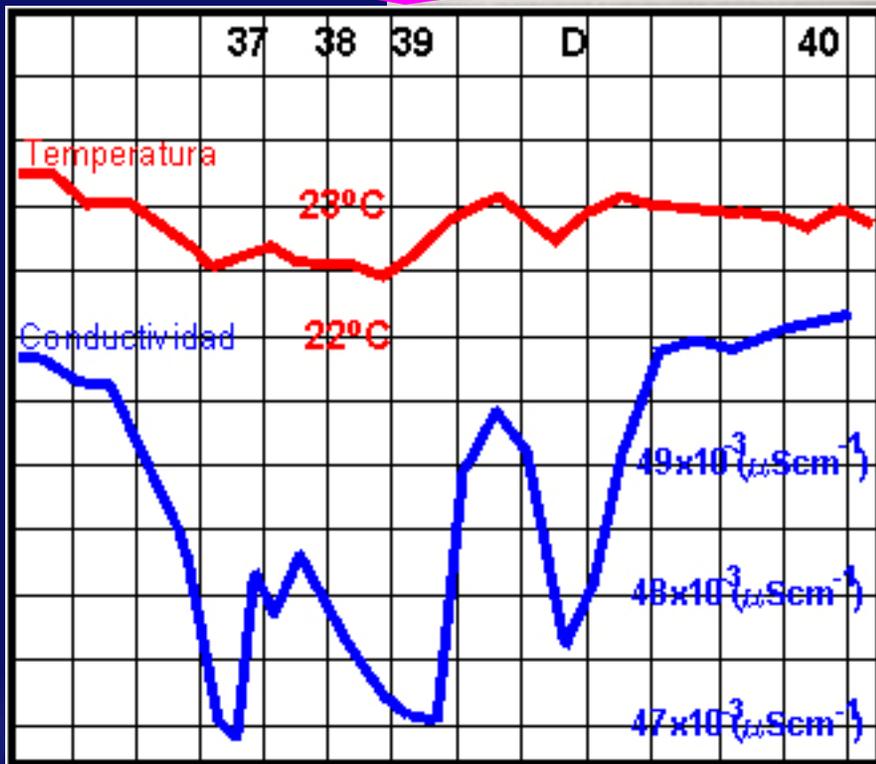
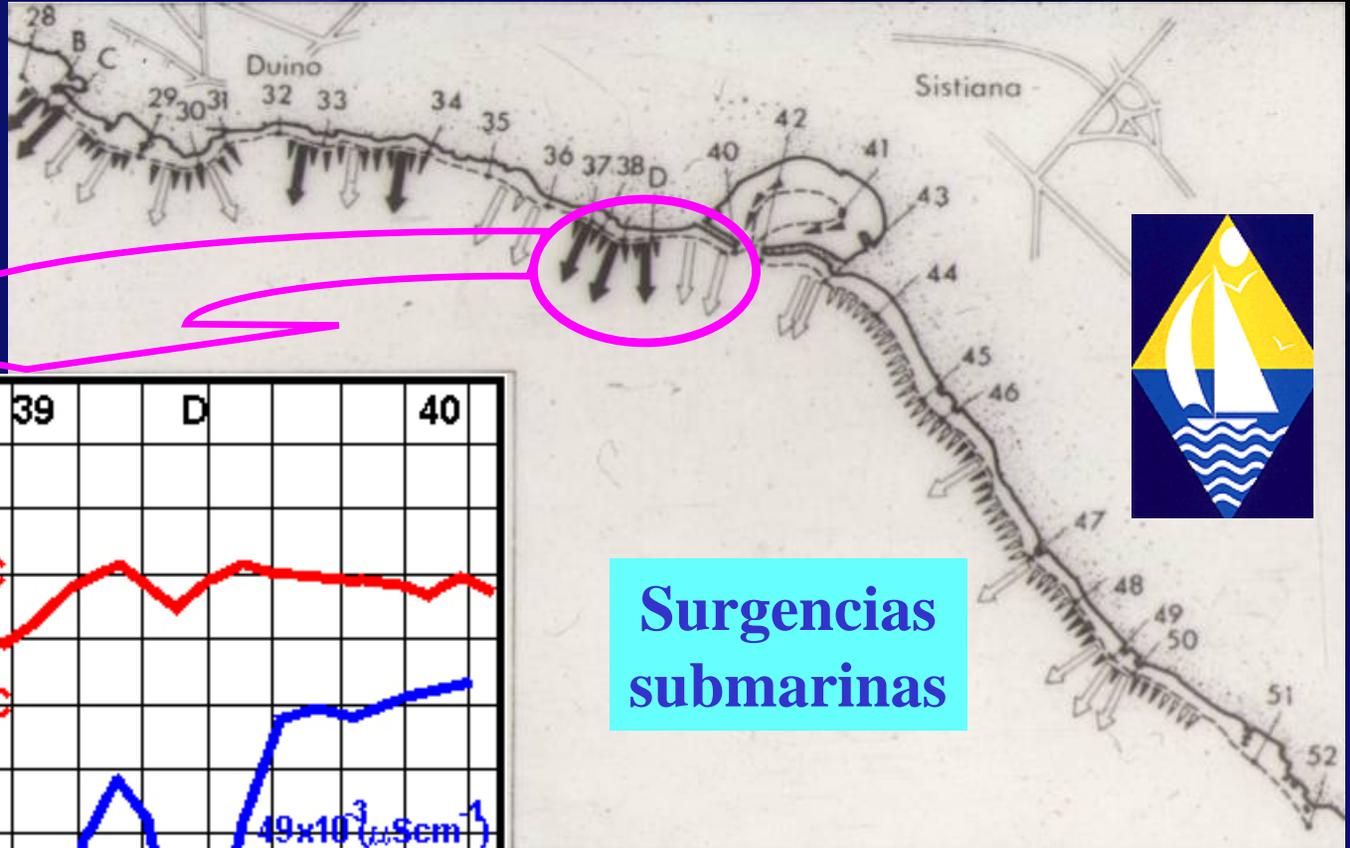


Surgencias submarinas en la costa de Florida



West

East



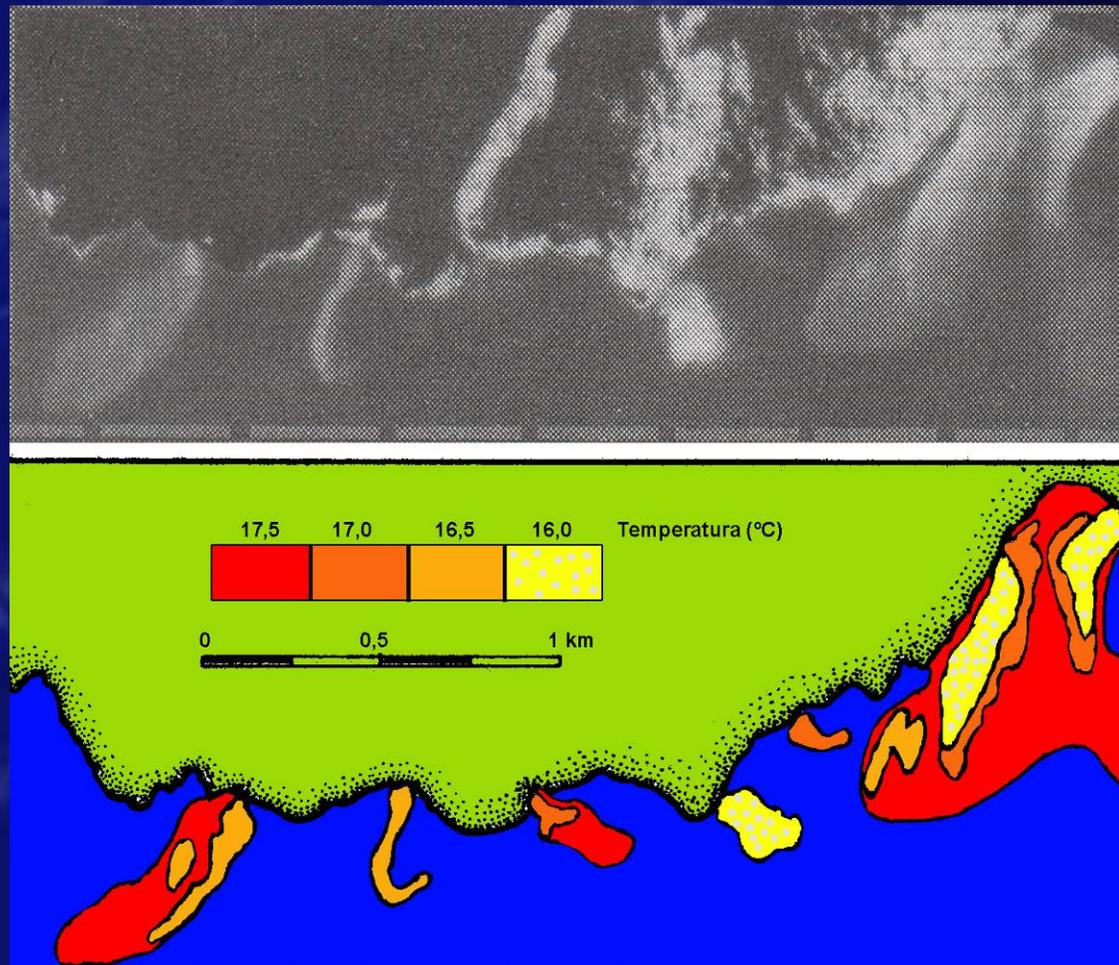
Surgencias
submarinas

Registros de
temperatura y
conductividad

Italia meridional

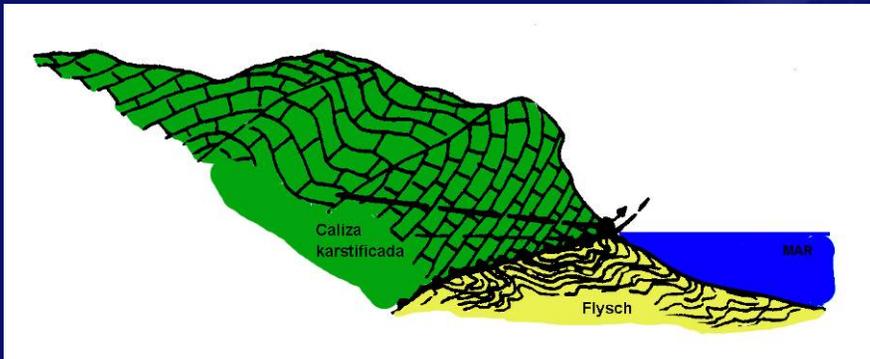
Termograma y mapa isotérmico

(Gandino & Tonelli, 1983)

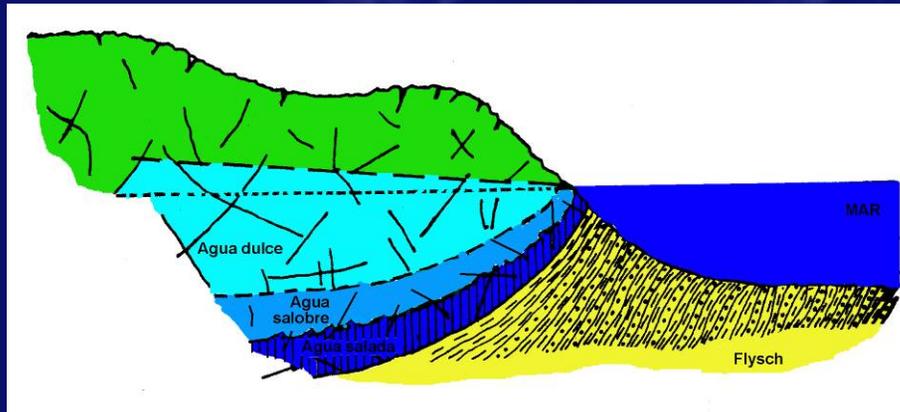


TECNICAS DE CAPTACIÓN



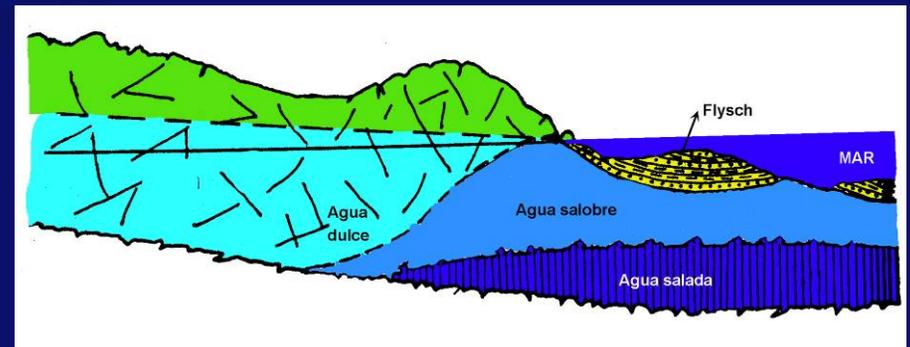


**Surgencia litoral
sin contacto con el mar**
(Mijatovic, 1987)



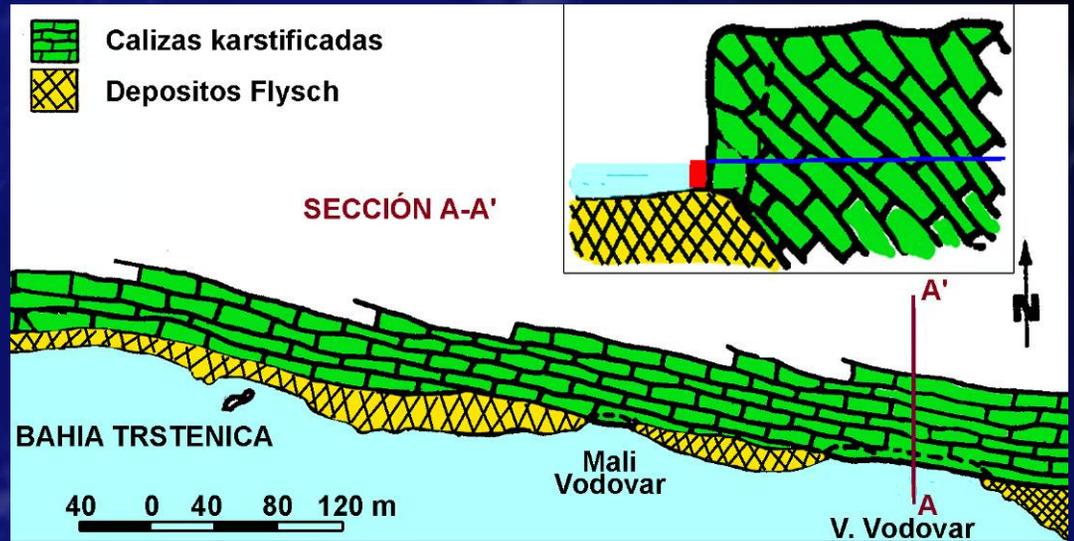
**Acuífero con
basamento poco profundo**
(Mijatovic, 1984)

**Acuífero con
basamento profundo**
(Mijatovic, 1984)



Incremento de la reserva de agua dulce utilizable mediante construcción de una represa costera



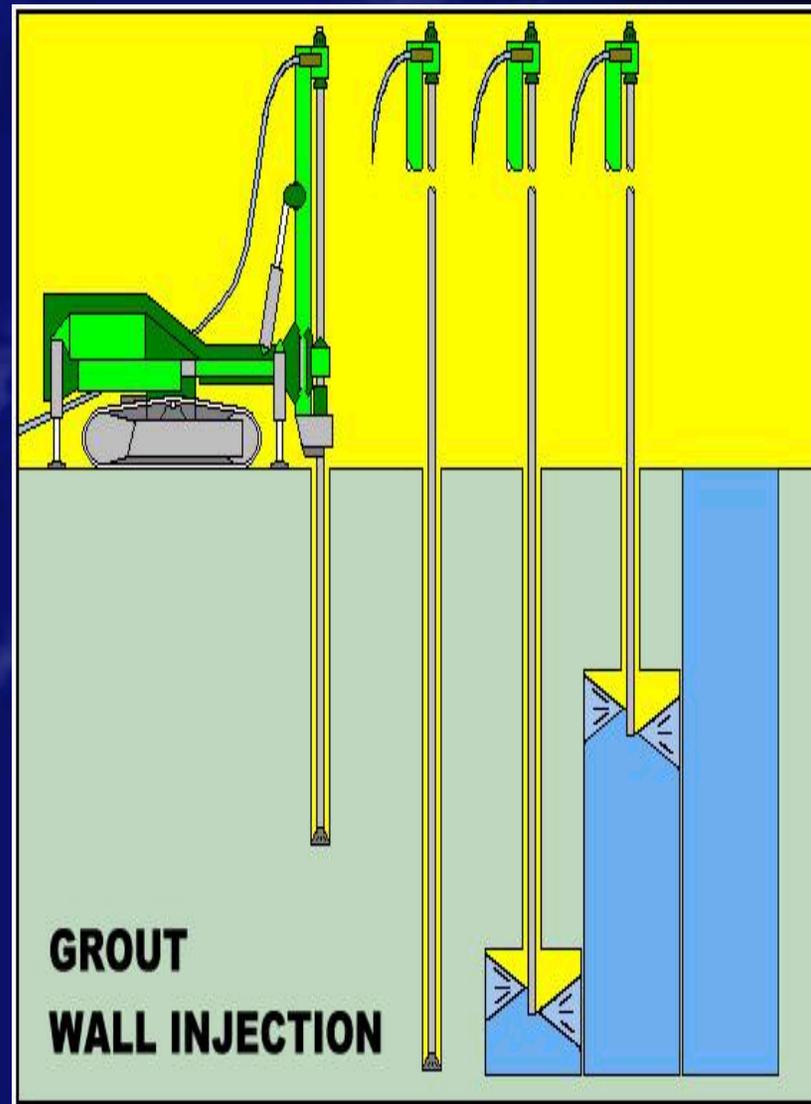


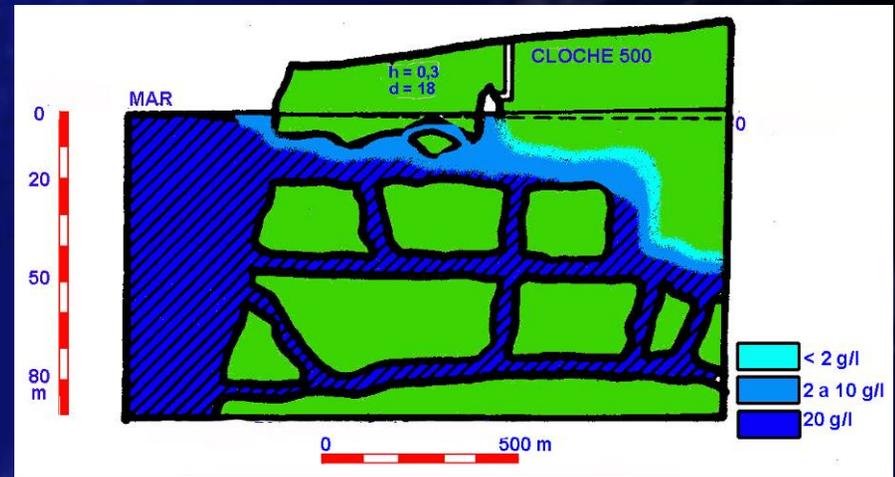
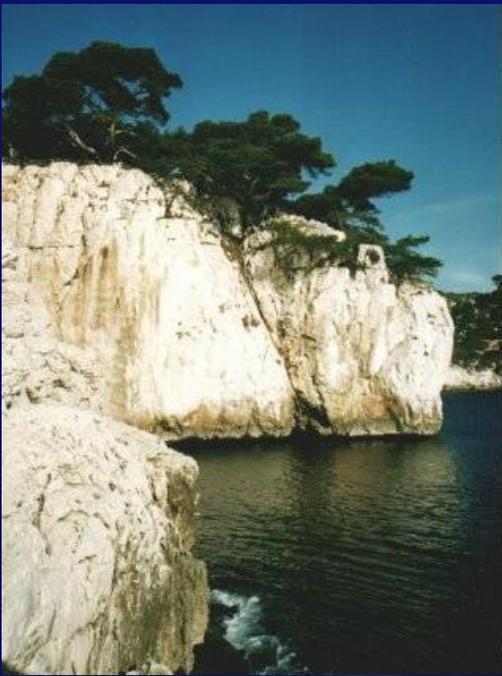
Captación mediante represa en Orebić (Croacia)

(Komatina, 1984)



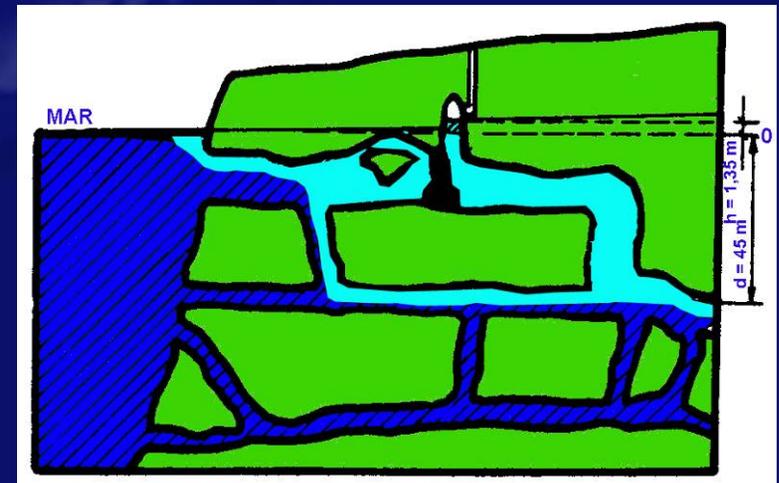
Cortina de inyección

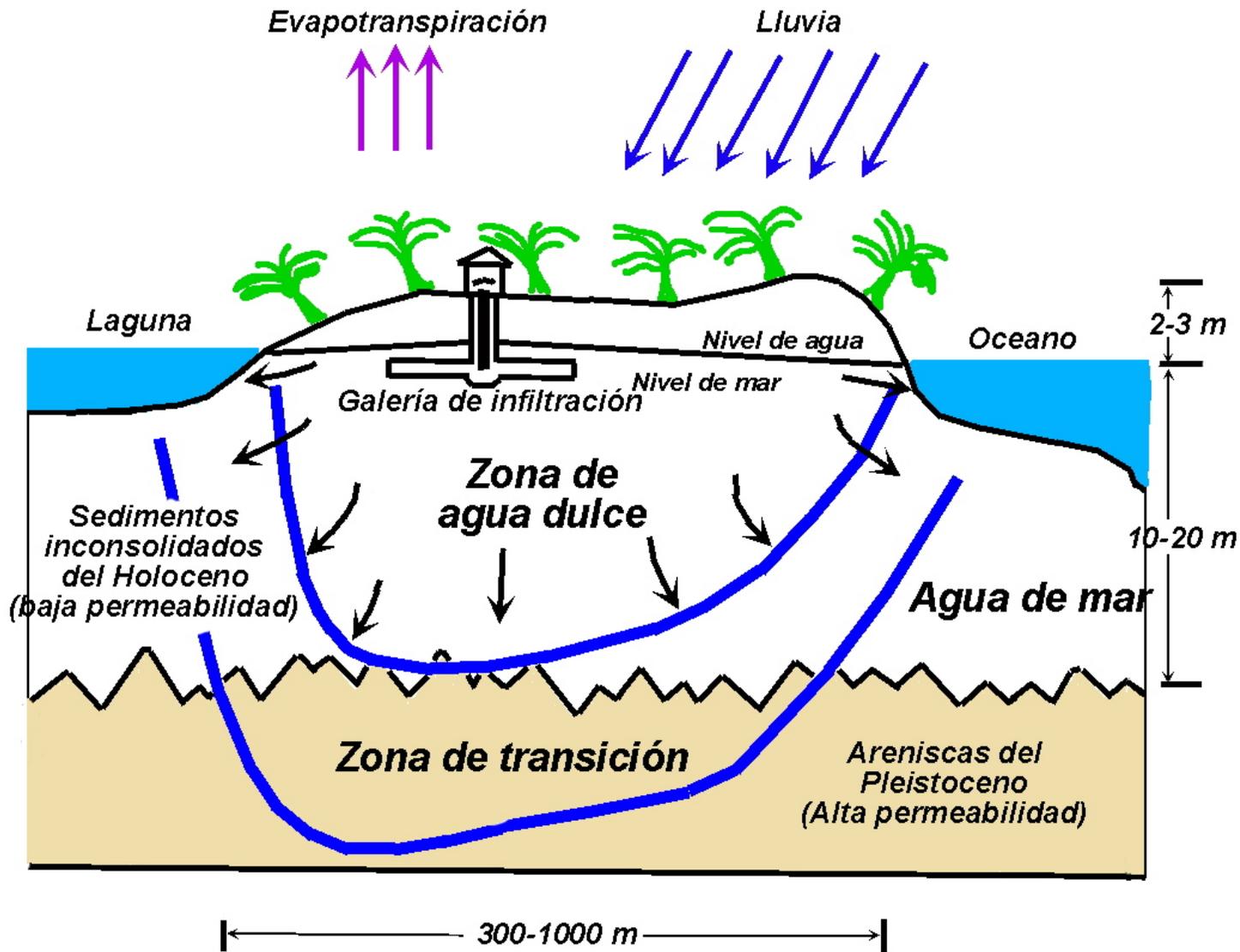




Acondicionamiento de la surgencia costera de Port-Miou (Francia)

(Poitiev & Ricour, 1986)

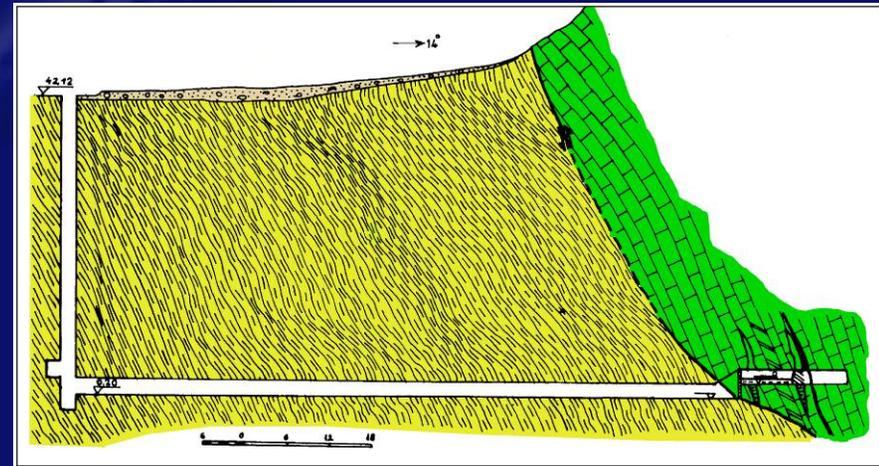
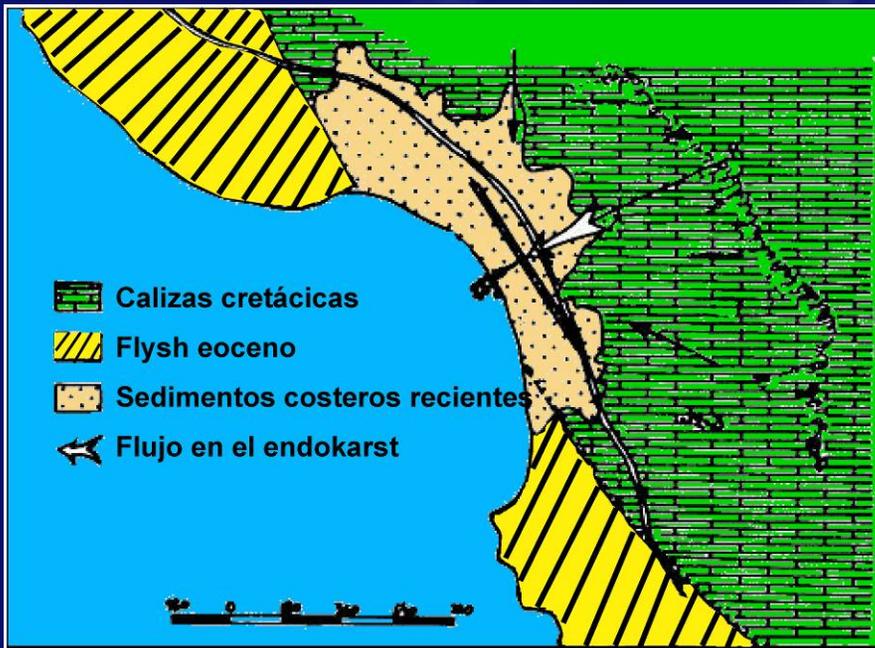






Drasnice (Makarska) Surgencia costera

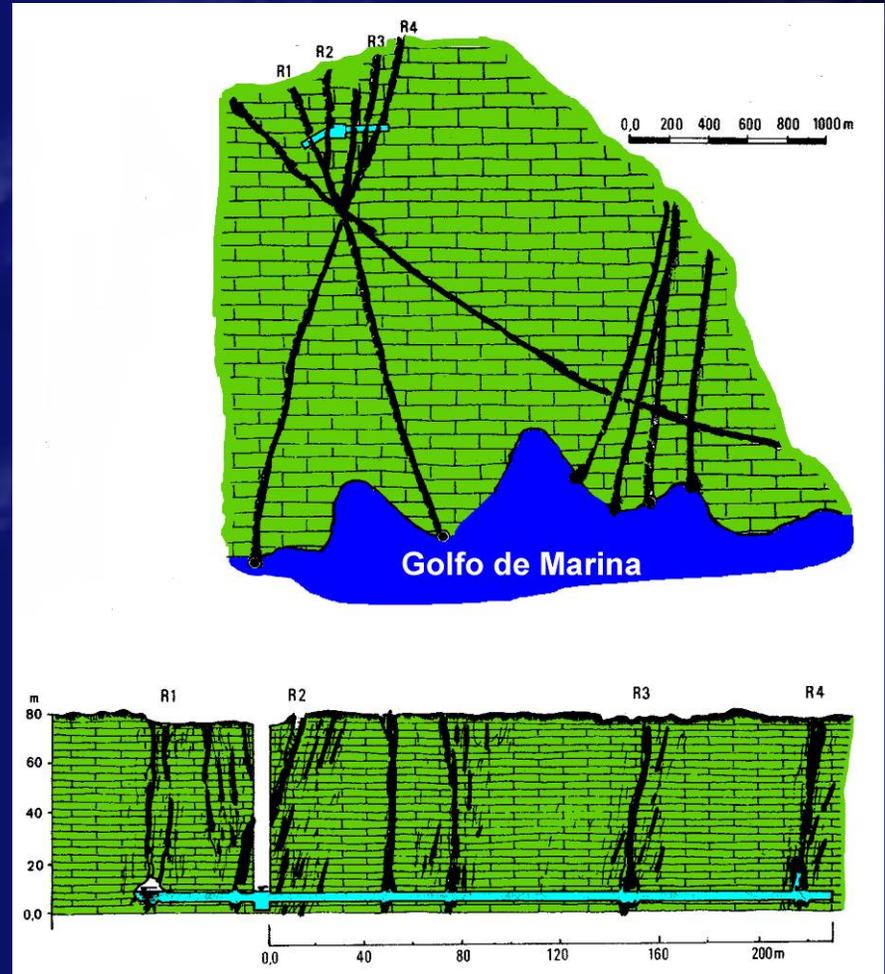
(Komatina, 1977)





Captación de Gustima

(Mijatovic, 1975)

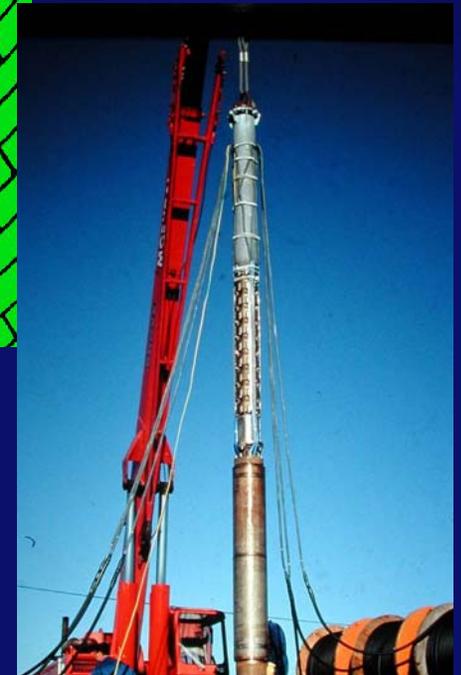
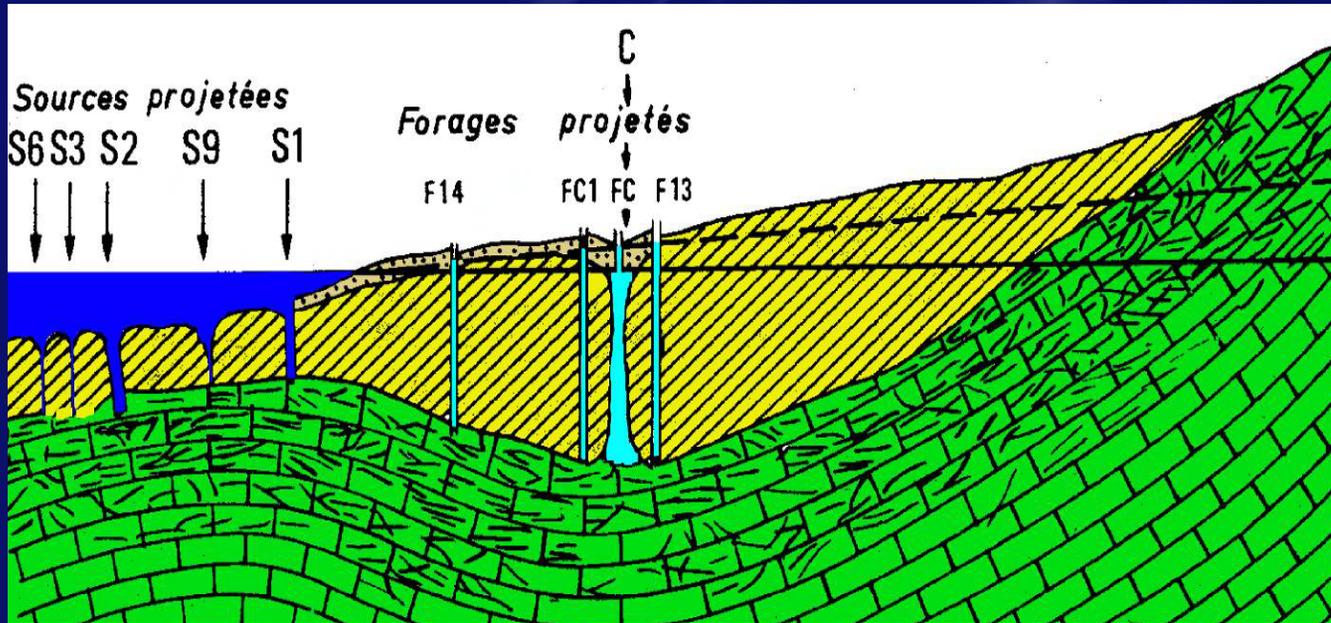




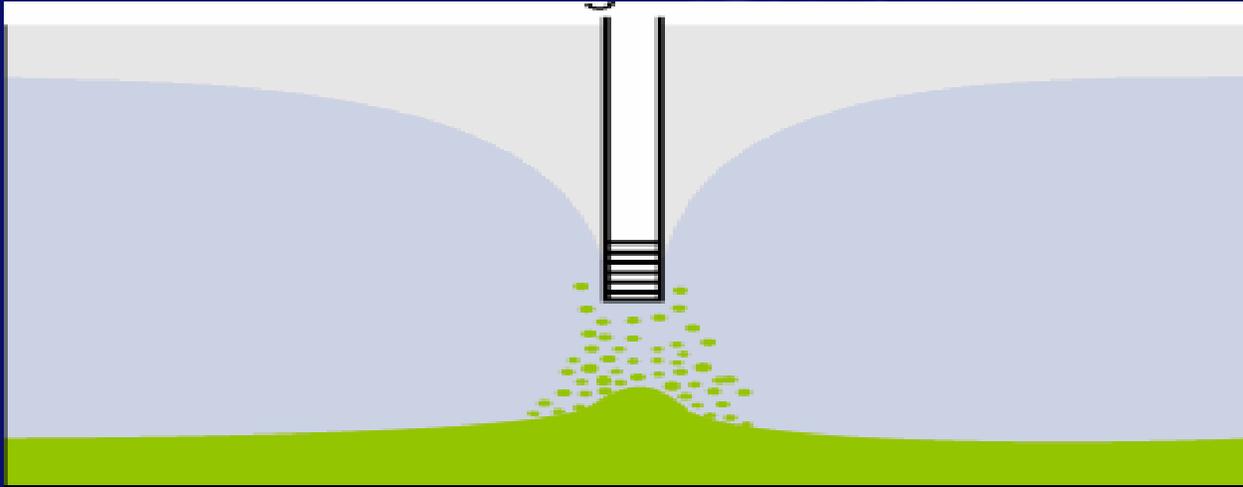


Captación mediante sondeos en un acuífero litoral

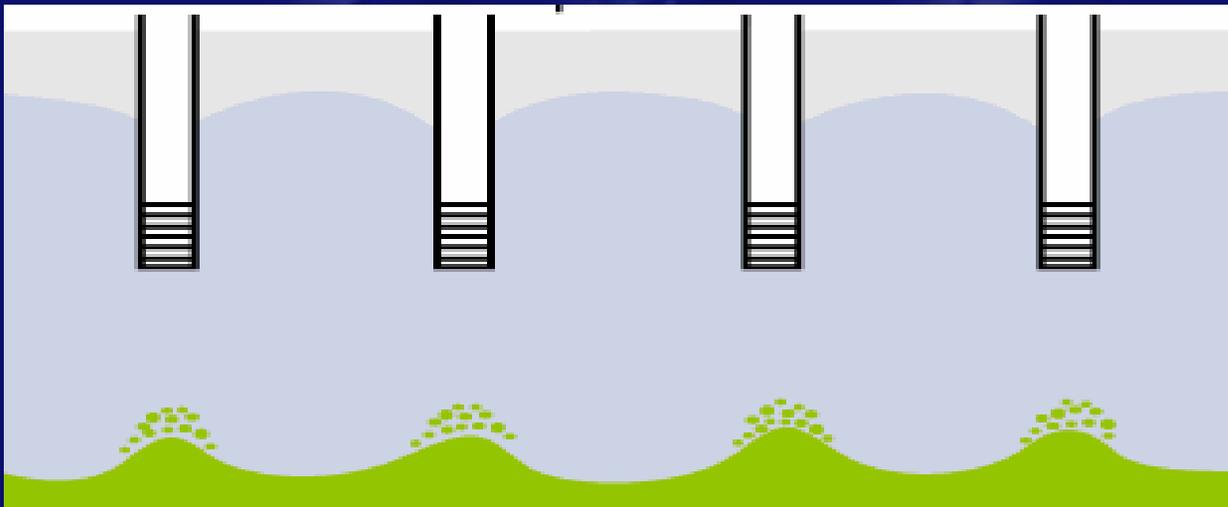
(Mijatovic, 1984)





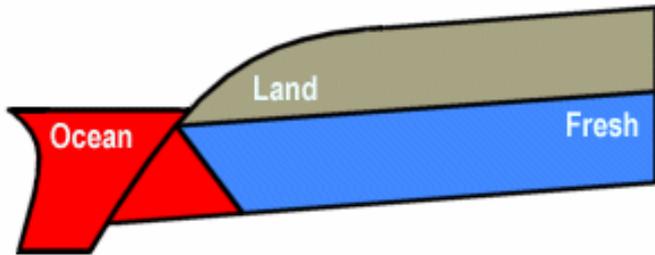


**Caudal total
bombeado desde
un único pozo**

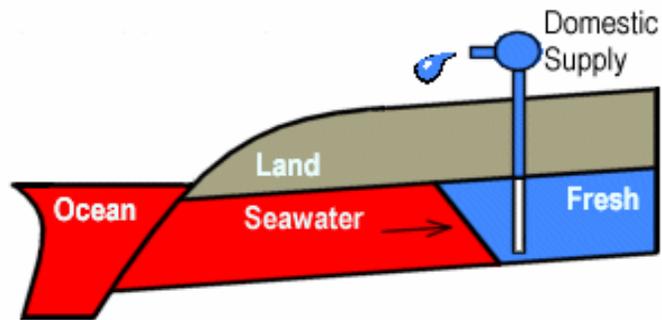


**Caudal total
bombeado desde
varios pozos**

No Domestic Usage

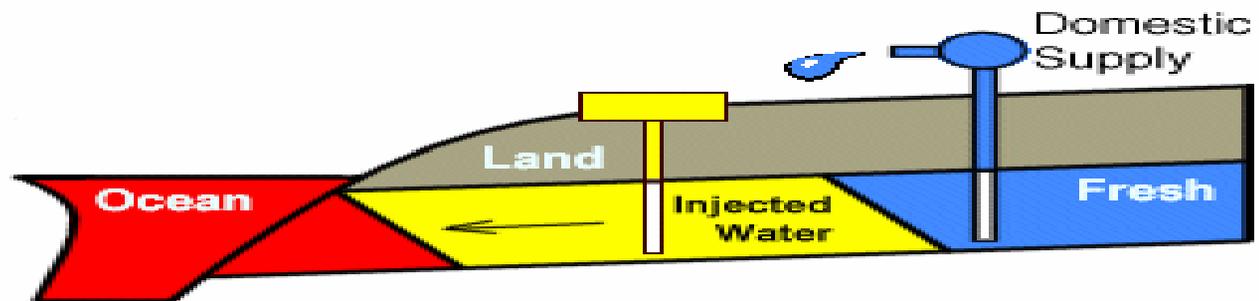


Acuífero confinado
sin intrusión marina

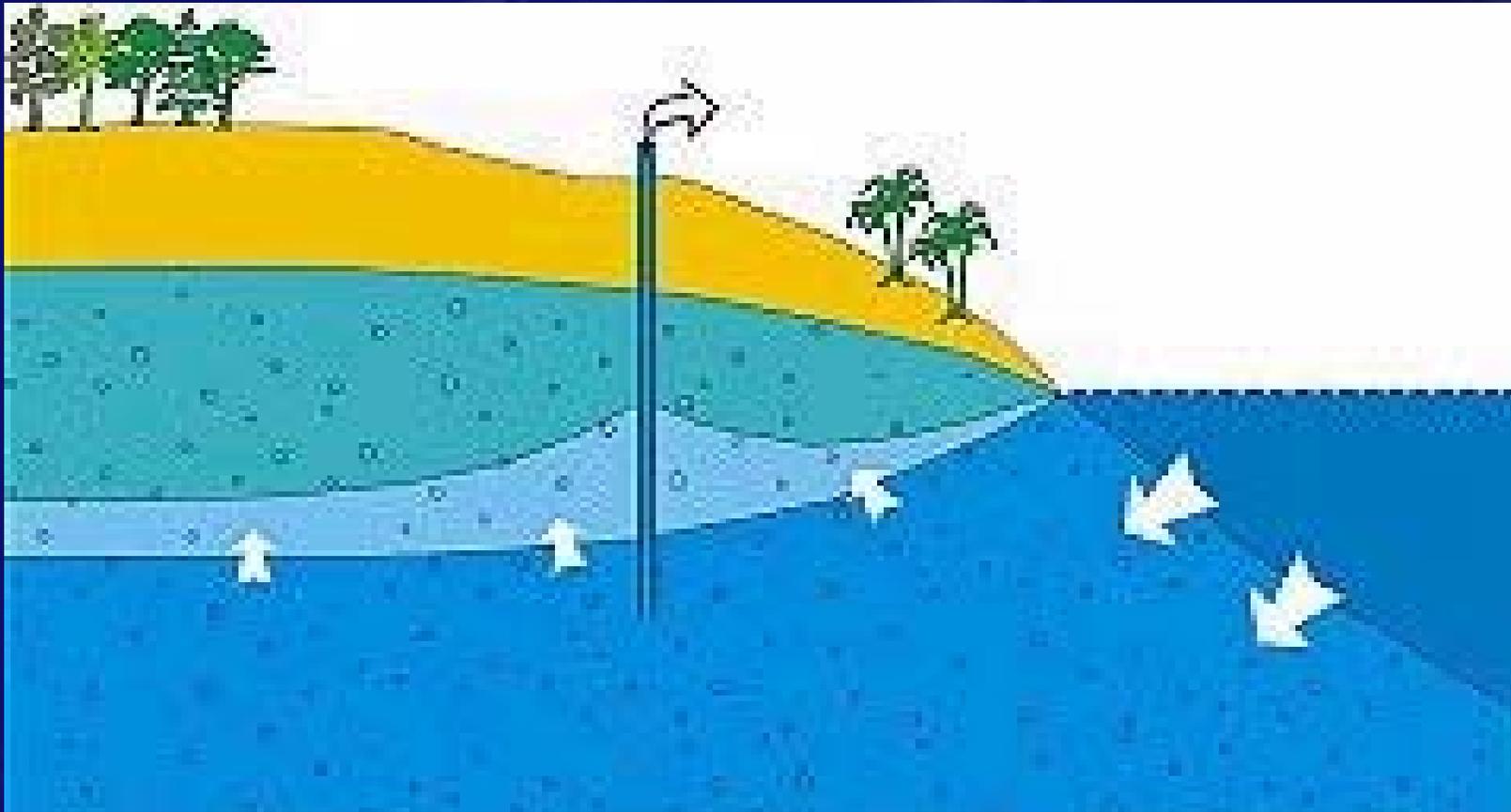


Acuífero confinado
con intrusión marina

Barrera positiva de inyección



Extracción de agua salada como barrera negativa





¿Cómo actuar en la sobreexplotación?

Investigar:

estudios hidrogeológicos

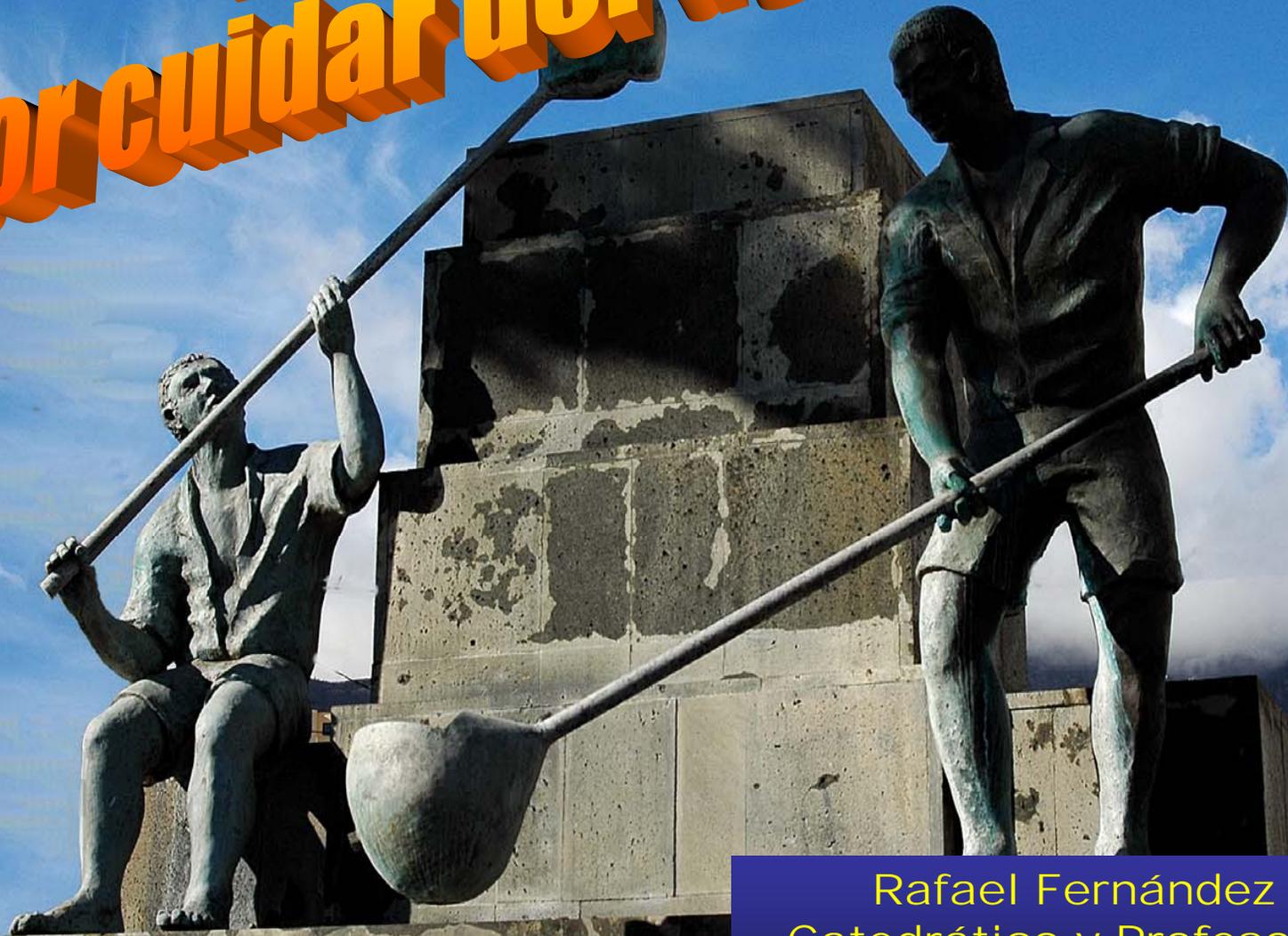
Prevenir:

reducir las captaciones

Controlar:

instrumentar el acuífero

**¡Gracias
por cuidar del agua!**



Rafael Fernández Rubio
Catedrático y Profesor Emérito
Universidad Politécnica de Madrid

rfrubio@gmail.com