

AGUA Y CAMBIO CLIMÁTICO

Conceptos básicos

ALFREDO BARÓN PÉRIZ

Geólogo e hidrogeólogo

**Colaborador Honorífico del Departamento de Ciencias de la Tierra
de la Universidad de las Islas Baleares (UIB)**

Amics de la Terra

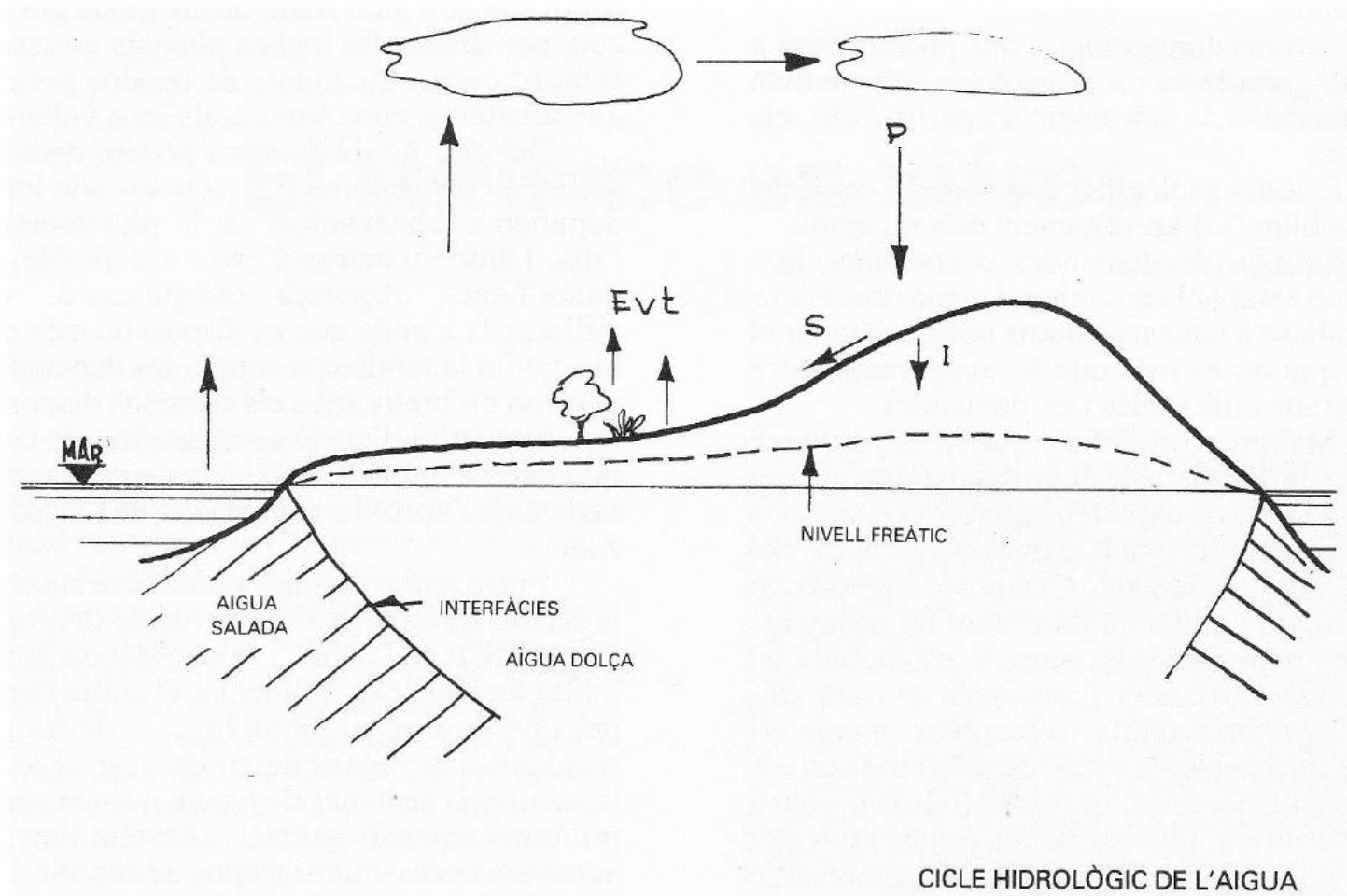
Palma 18 de octubre de 2016

¡El agua no viene ni de los Pirineos ni del Atlas!

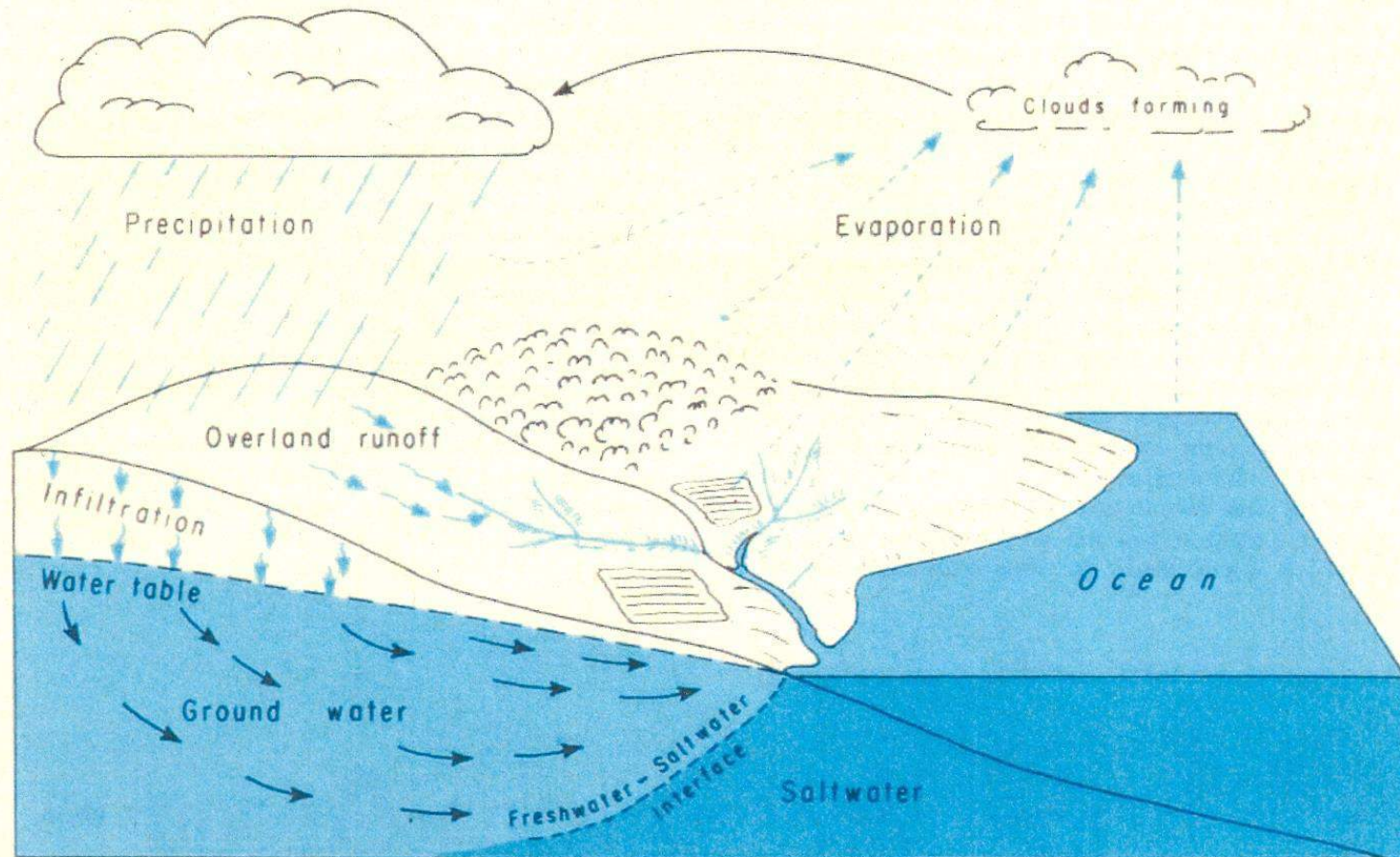
El ciclo hidrológico



Esquema que representa las diferentes fases del ciclo hidrológico: evaporación del agua de mar, transporte como nubes, precipitación (lluvia o nieve), escorrentía por ríos y arroyos, recarga de acuíferos, evapotranspiración, salidas al mar y de nuevo inicio del ciclo

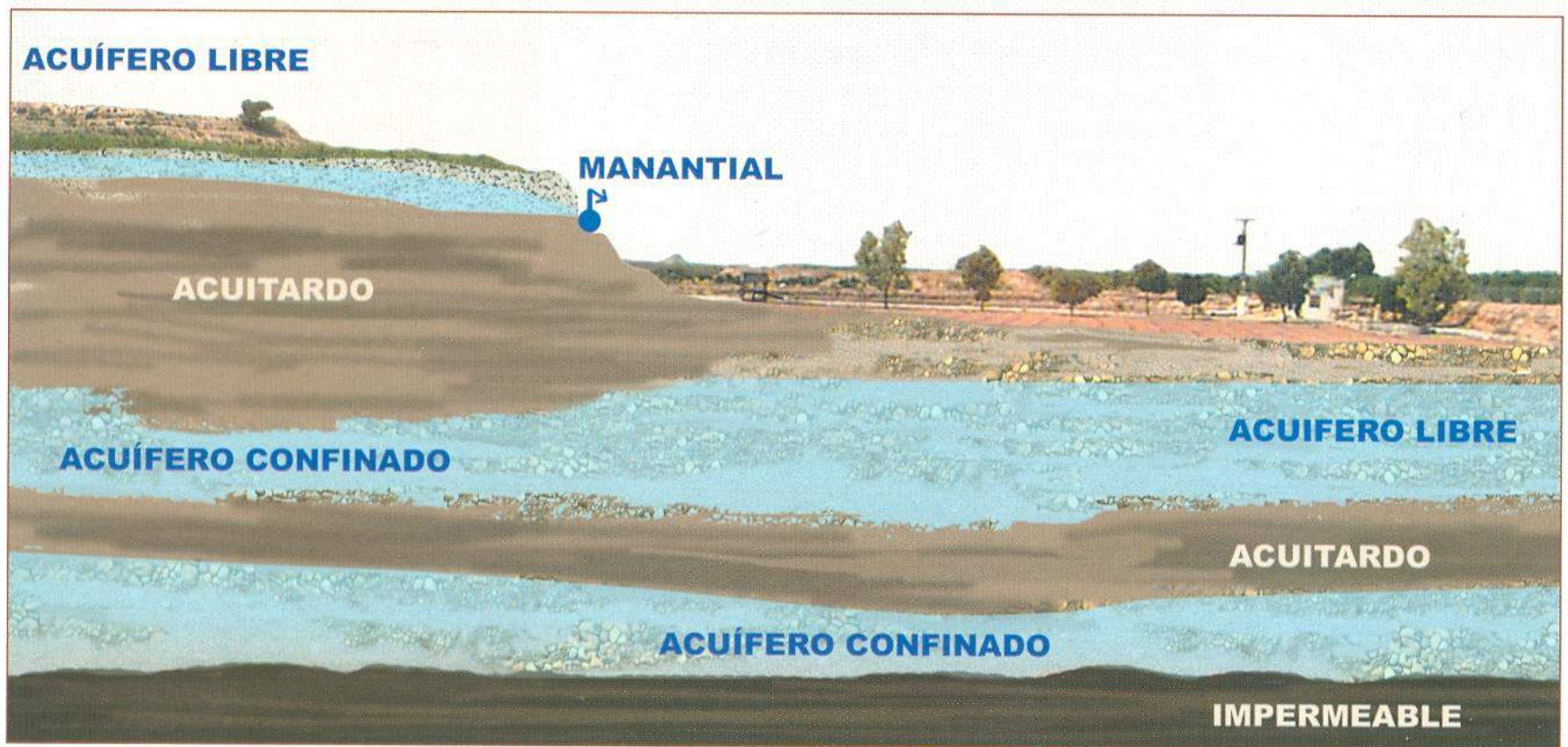


HYDROLOGIC CYCLE

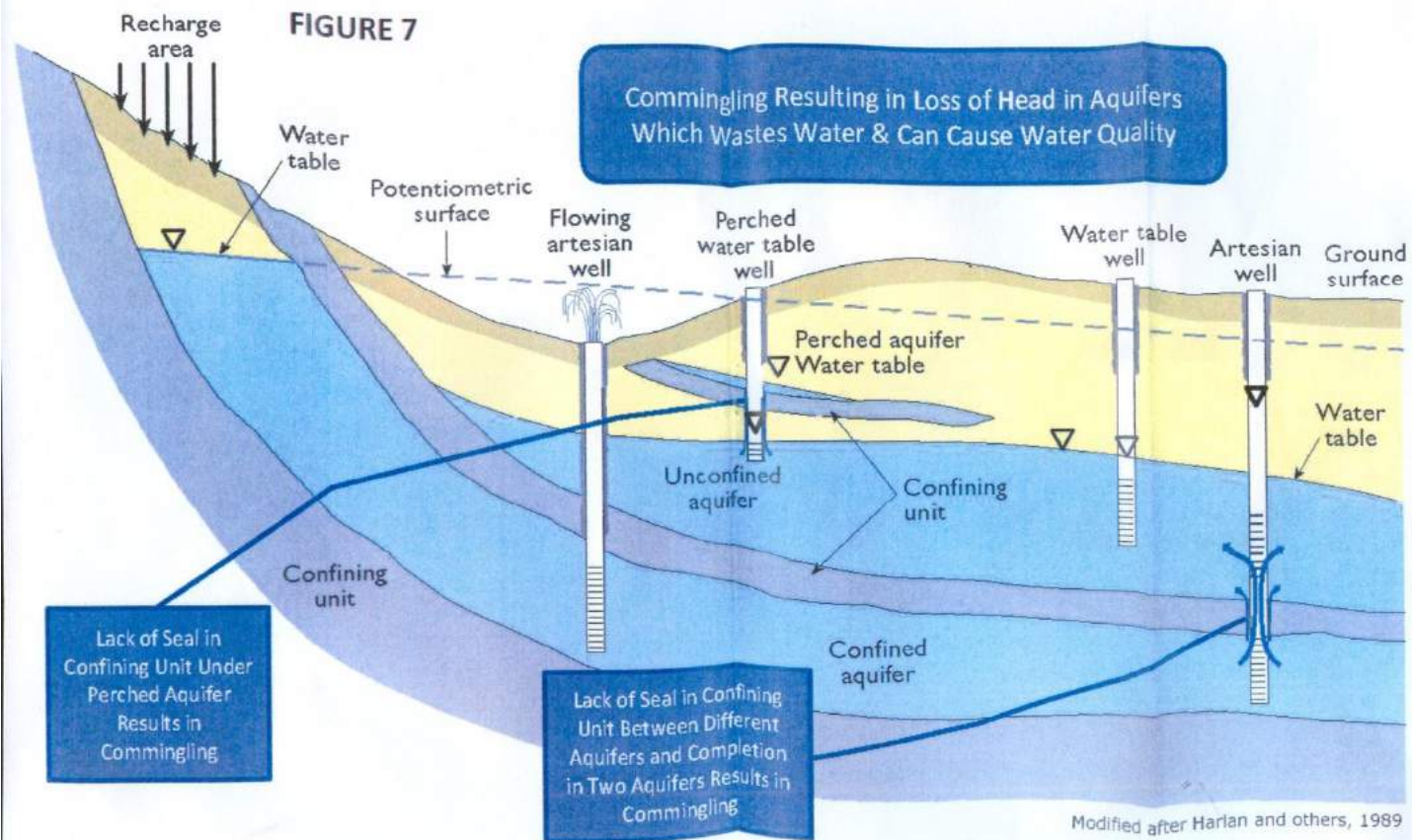




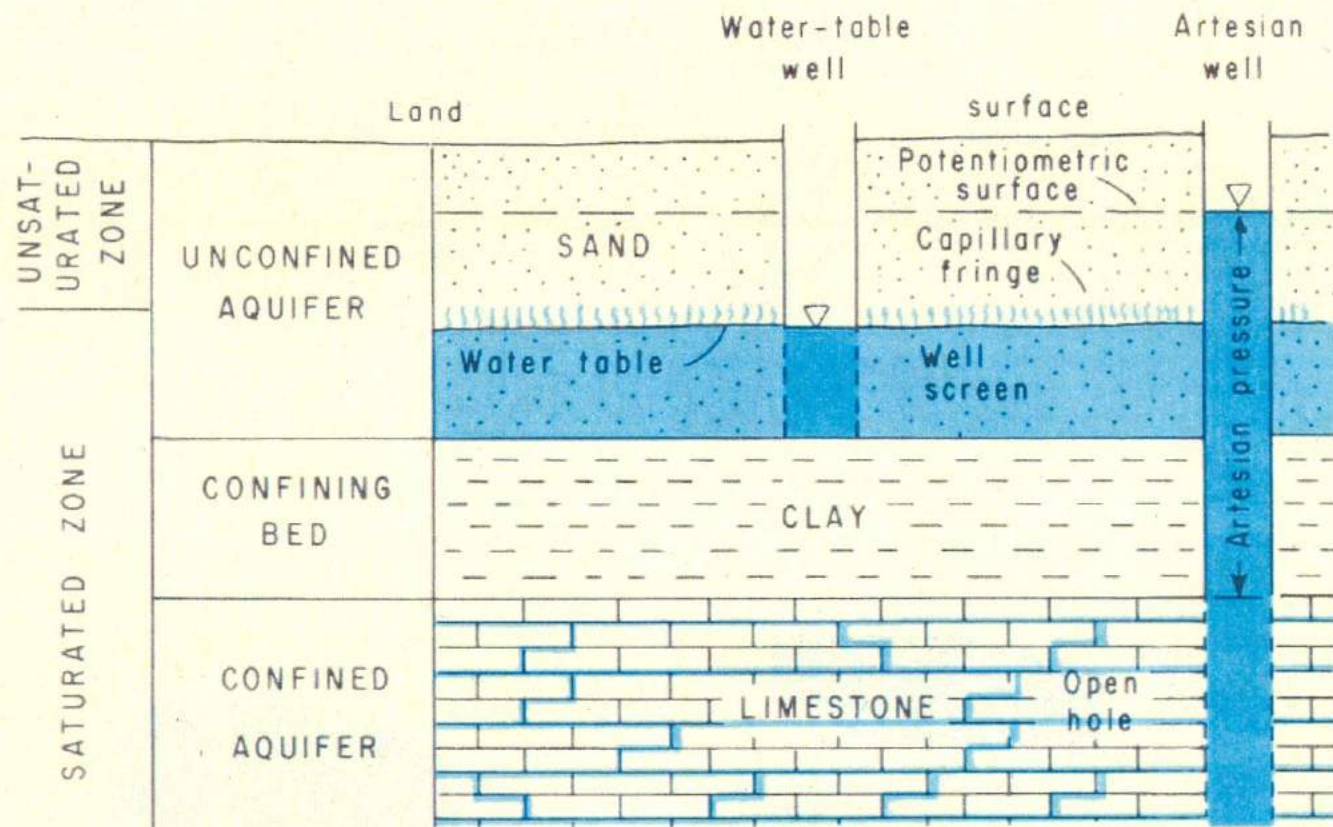
Tipos de acuífero

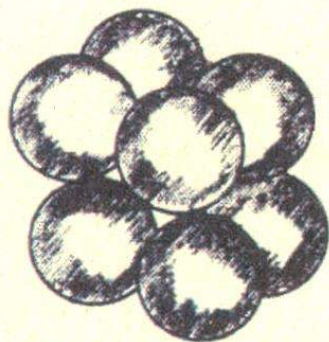


¿Qué es un acuífero?



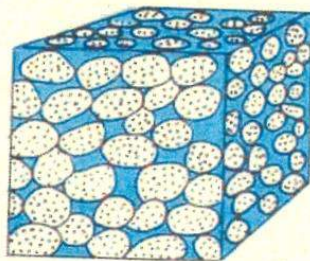
AQUIFERS AND CONFINING BEDS



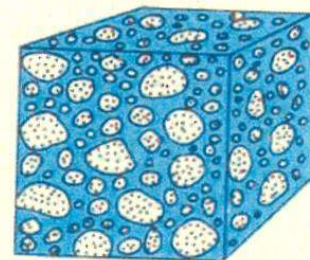


POROUS MATERIAL

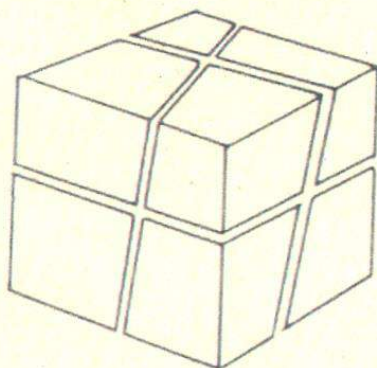
PRIMARY OPENINGS



WELL-SORTED SAND



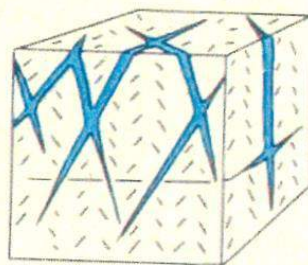
POORLY-SORTED SAND



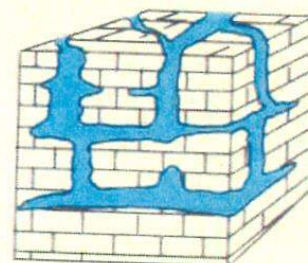
FRACTURED ROCK

(1)

SECONDARY OPENINGS

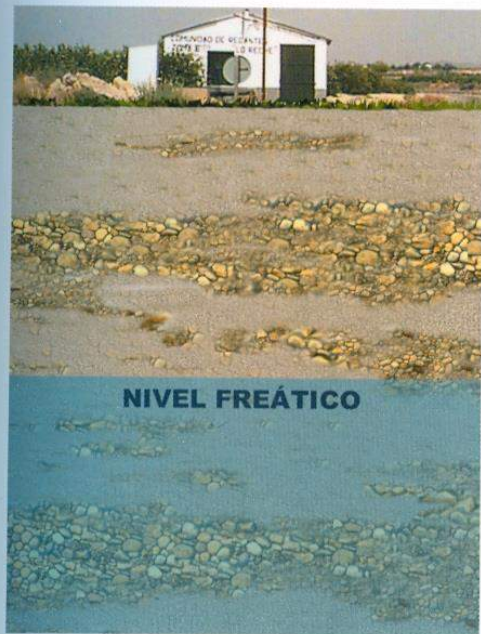


FRACTURES IN
GRANITE

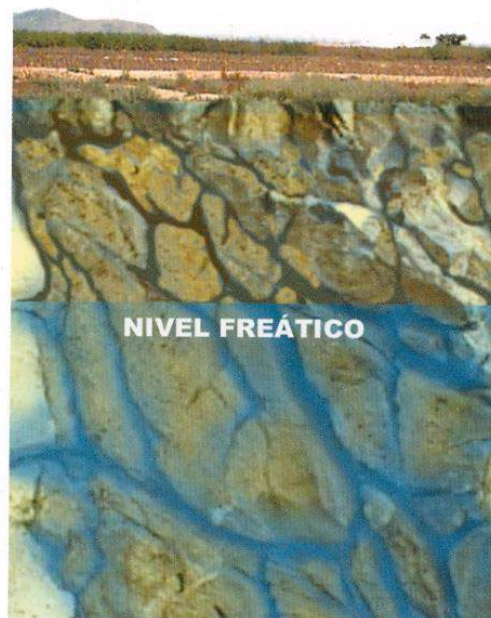


CAVERNS IN
LIMESTONE

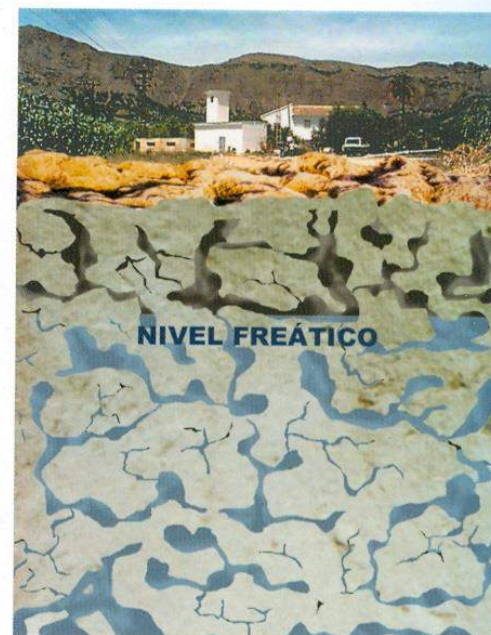
(2)



Acuífero detrítico

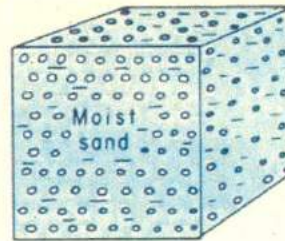


Acuífero fisurado

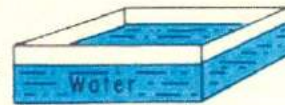


Acuífero kárstico

$$S_r = 0.1 \text{ m}^3$$

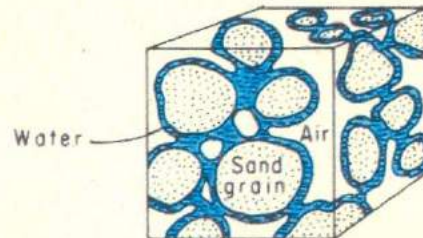


$$S_y = 0.2 \text{ m}^3$$



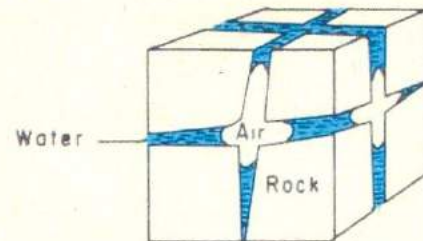
$$n = S_y + S_r = \frac{0.2 \text{ m}^3}{1 \text{ m}^3} + \frac{0.1 \text{ m}^3}{1 \text{ m}^3} = 0.30$$

(1)

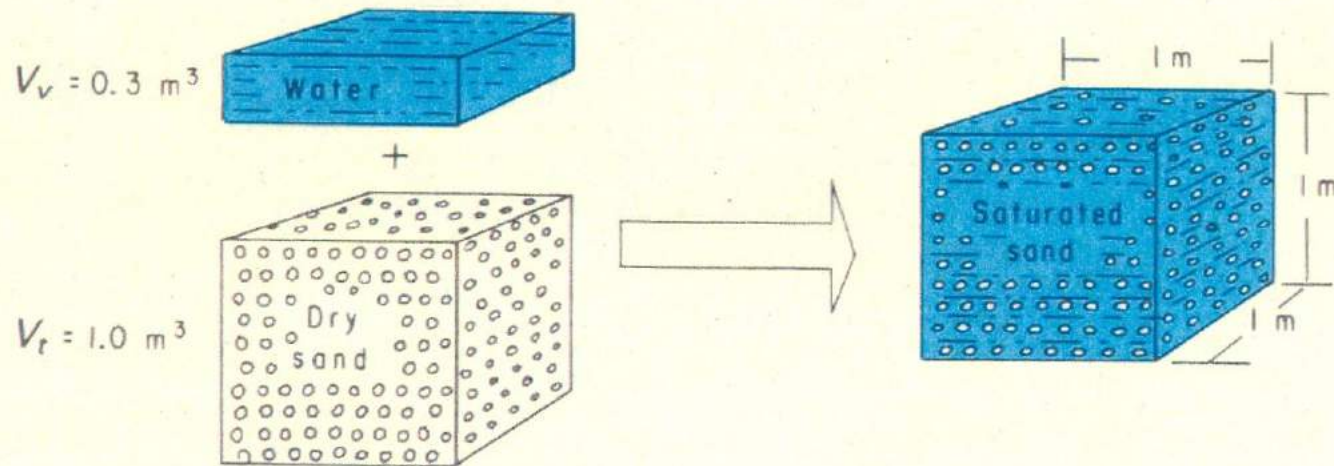


GRANULAR MATERIAL

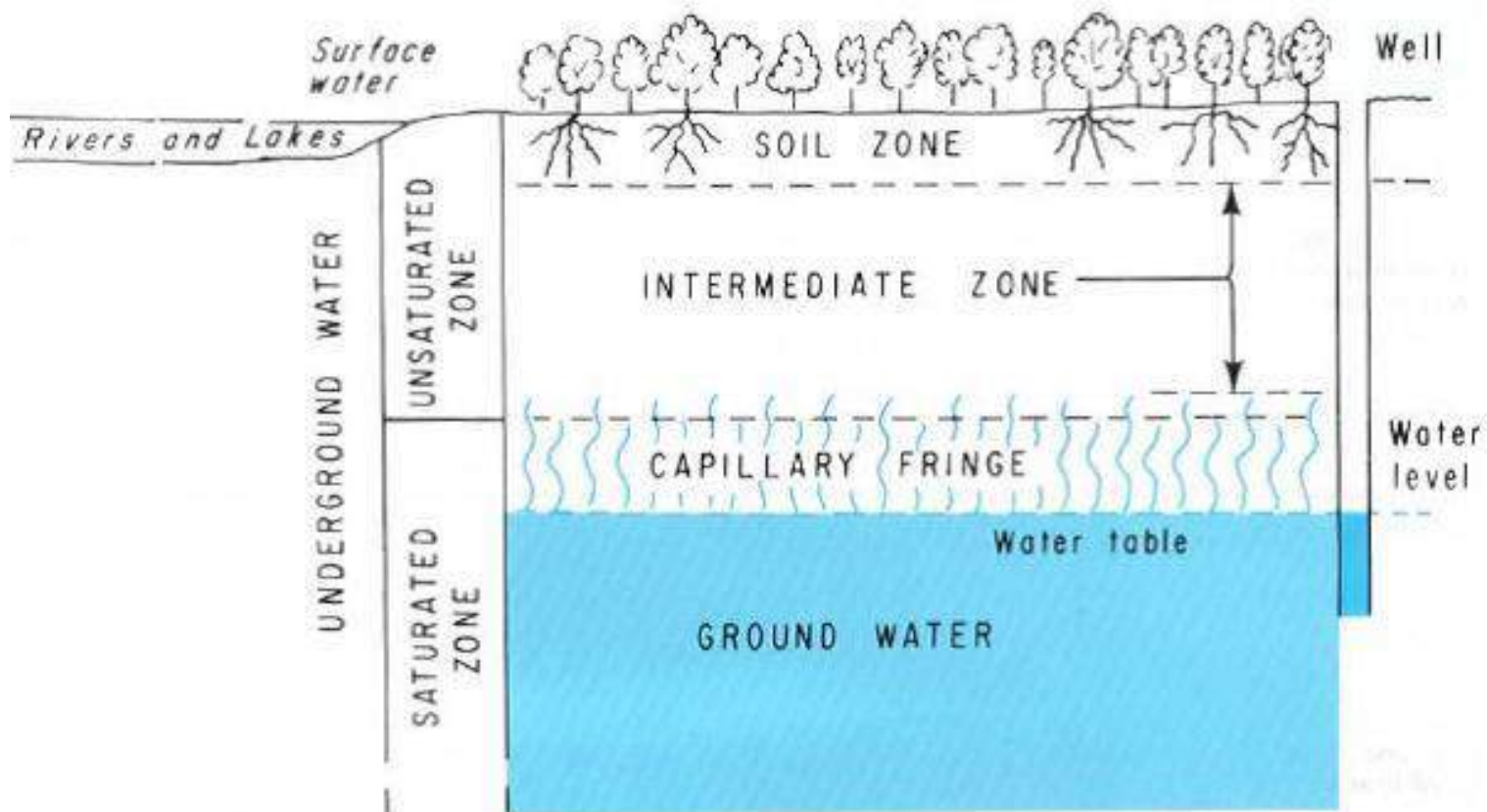
Water retained as a film on rock surfaces and in capillary-size openings after gravity drainage.



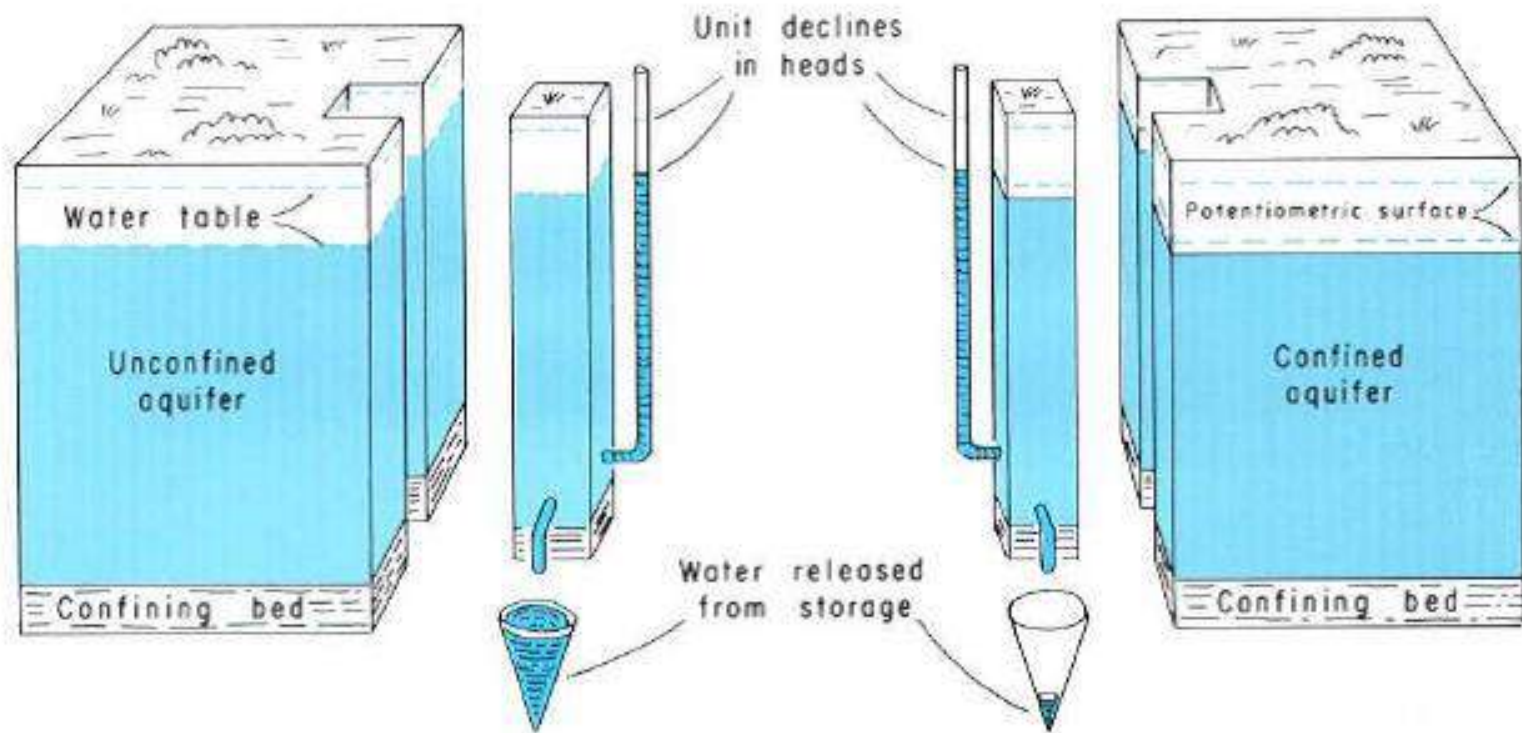
FRACTURED ROCK

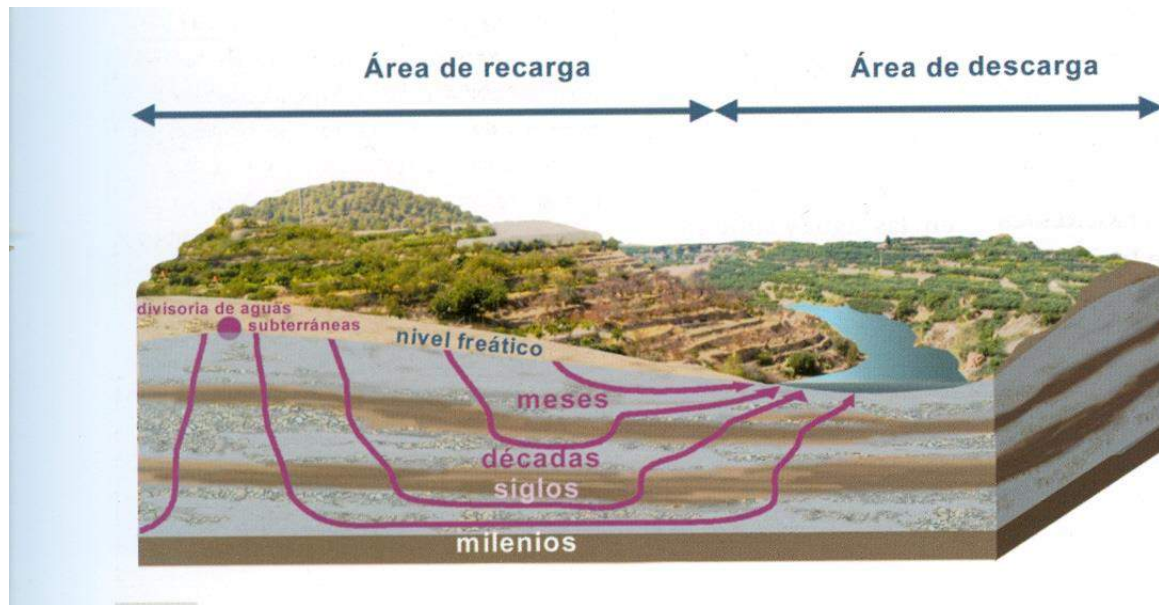


$$\text{Porosity } (n) = \frac{\text{Volume of voids } (V_v)}{\text{Total volume } (V_t)} = \frac{0.3 \text{ m}^3}{1.0 \text{ m}^3} = 0.30$$



Coeficiente de almacenamiento (S)

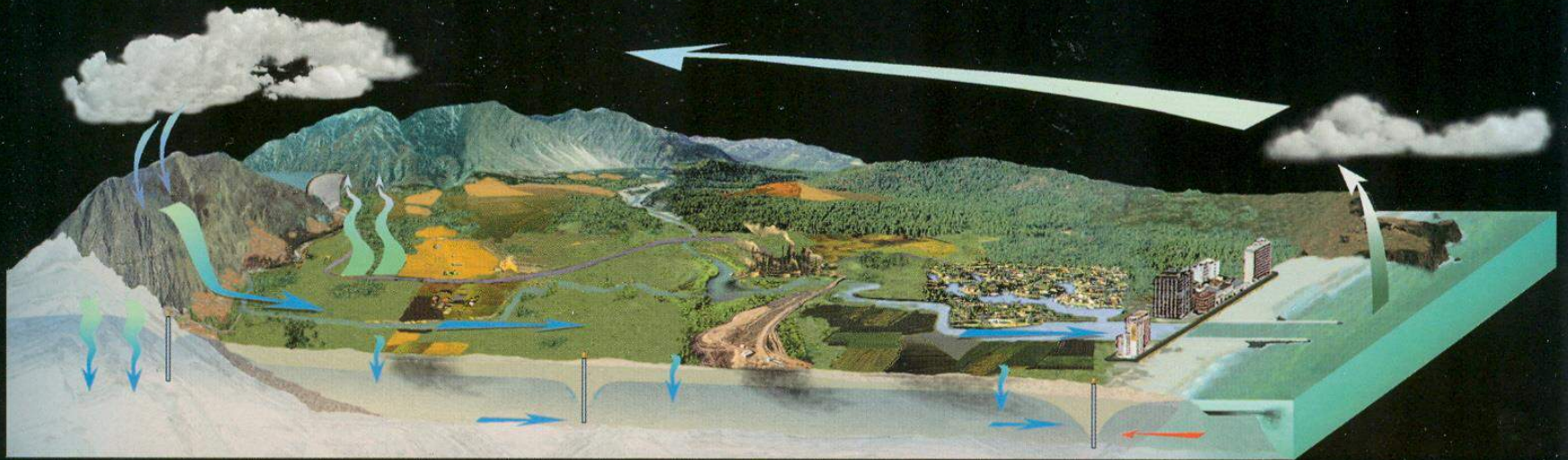




NIVEL FREÁTICO: conforma el límite superior de la zona saturada en un acuífero libre. Es el lugar geométrico de los puntos de un acuífero libre que se encuentran a la presión atmosférica. Su altura en un acuífero libre viene determinada por la cota que alcanza el agua en un pozo poco penetrante en reposo.

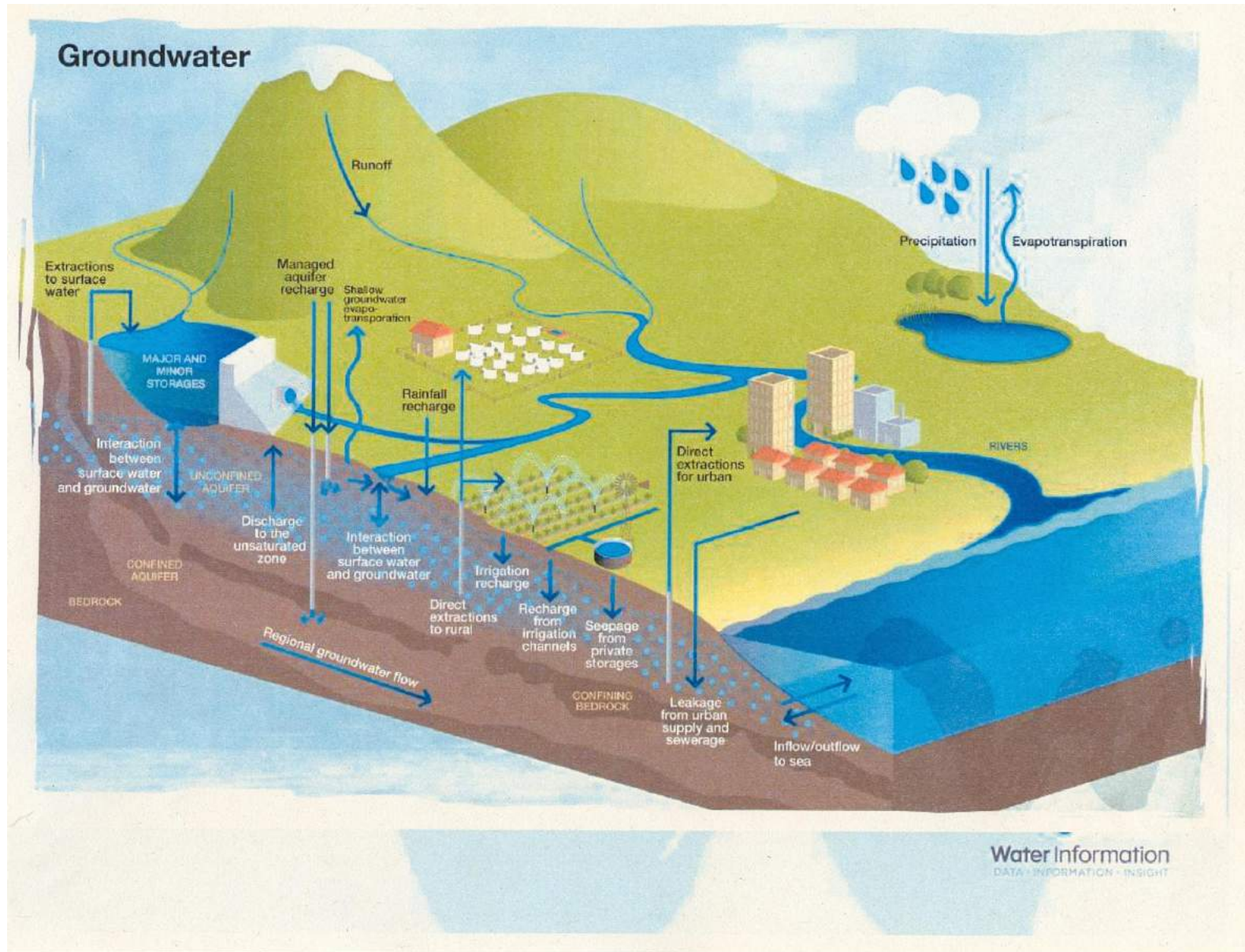
En la imagen se observan las áreas de recarga y descarga, así como las líneas de flujo y tiempo de desplazamiento del agua en un acuífero desde que alcanza la zona saturada hasta su salida a la superficie según diferentes trayectorias. Los tiempos son meramente indicativos

CICLO HIDROLÓGICO AFECTADO POR EL HOMBRE



Este esquema representa cómo es afectado el ciclo hidrológico por la intervención del hombre: contaminación atmosférica, contaminación y disminución de los caudales circulantes por los ríos, descenso de los niveles piezométricos y avance de agua de mar en los acuíferos (flecha roja)

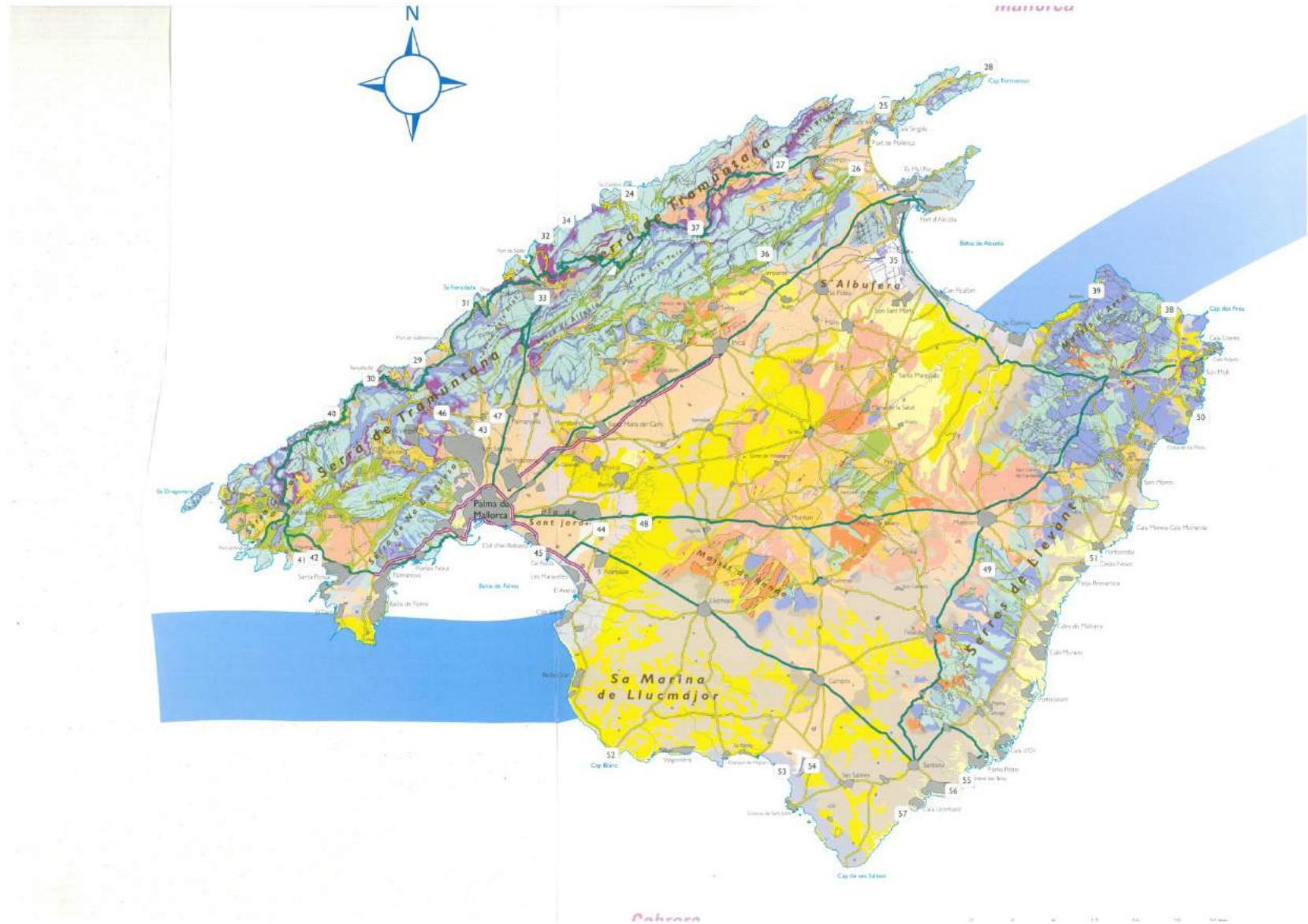
Ciclo hidrológico afectado



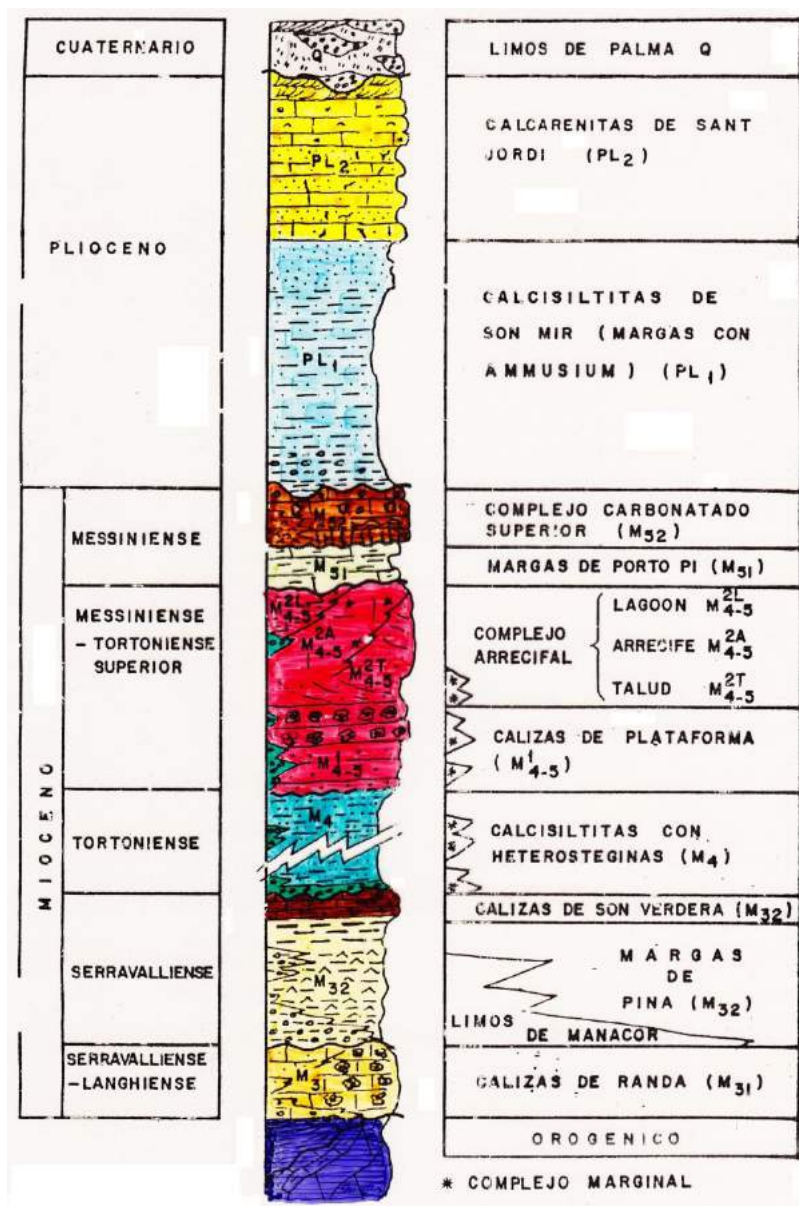
Balance hídrico

- Principal problema: **¡medir!**
 - Pluviometría
 - Infiltración e infiltración eficaz (recarga)
 - Escorrentía superficial
 - Extracciones: abastecimiento, agricultura, industria ...
 - Salidas al mar y a los ecosistemas
- Evolución de la población: estable y flotante
- Evolución de la superficie de regadío
- Caracterización geológica

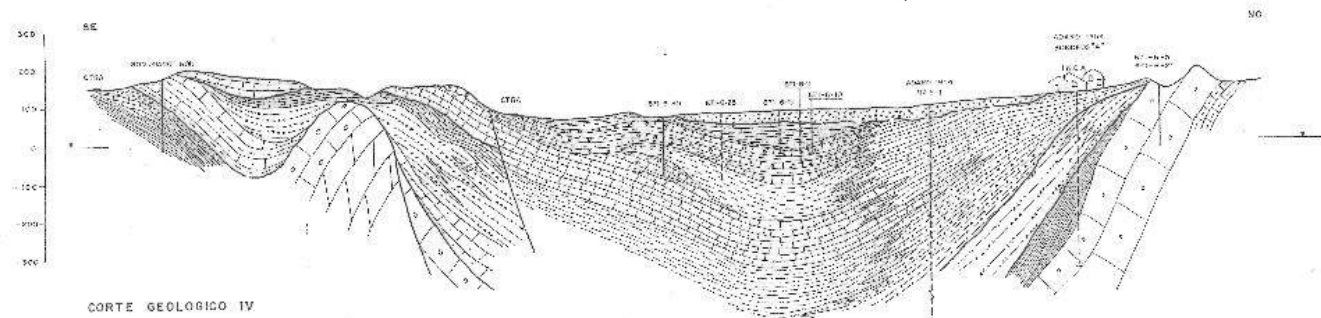
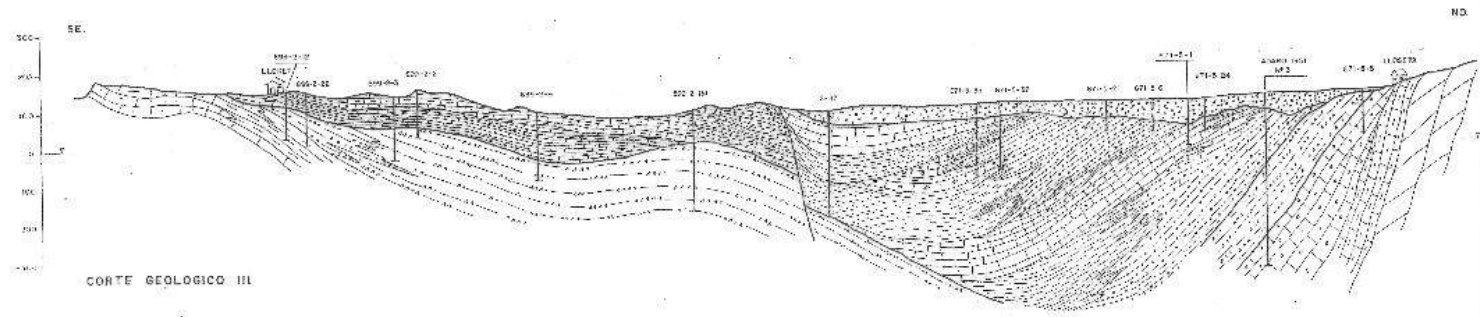
Mapa Geológico de Mallorca (IGME)



Columna litoestratigráfica de los materiales post-orogénicos



Ejemplo de cortes geológicos

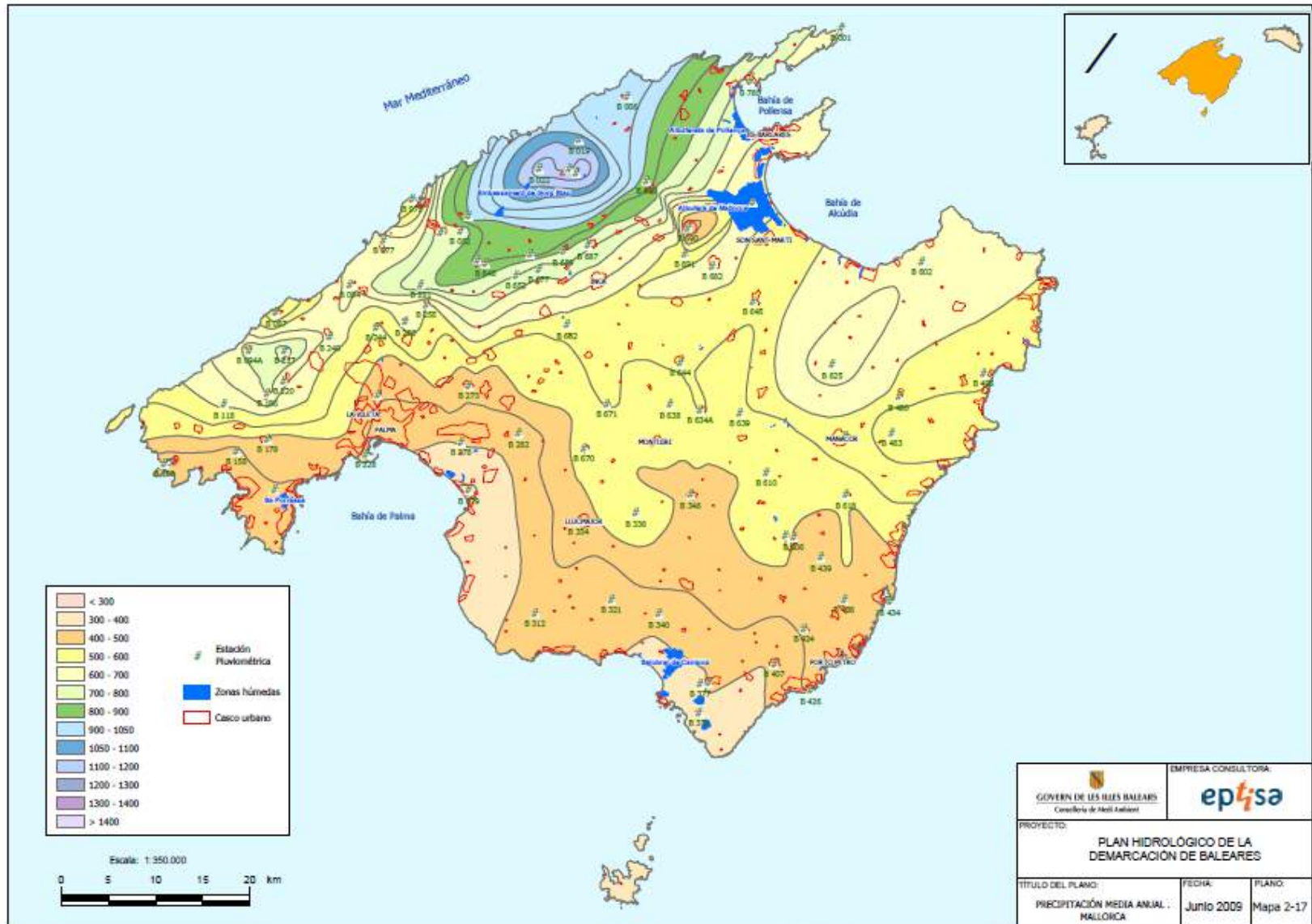


0 500 1000 1500 2000 2500
ESCALA GRAFICA HORIZONTAL 1:50,000

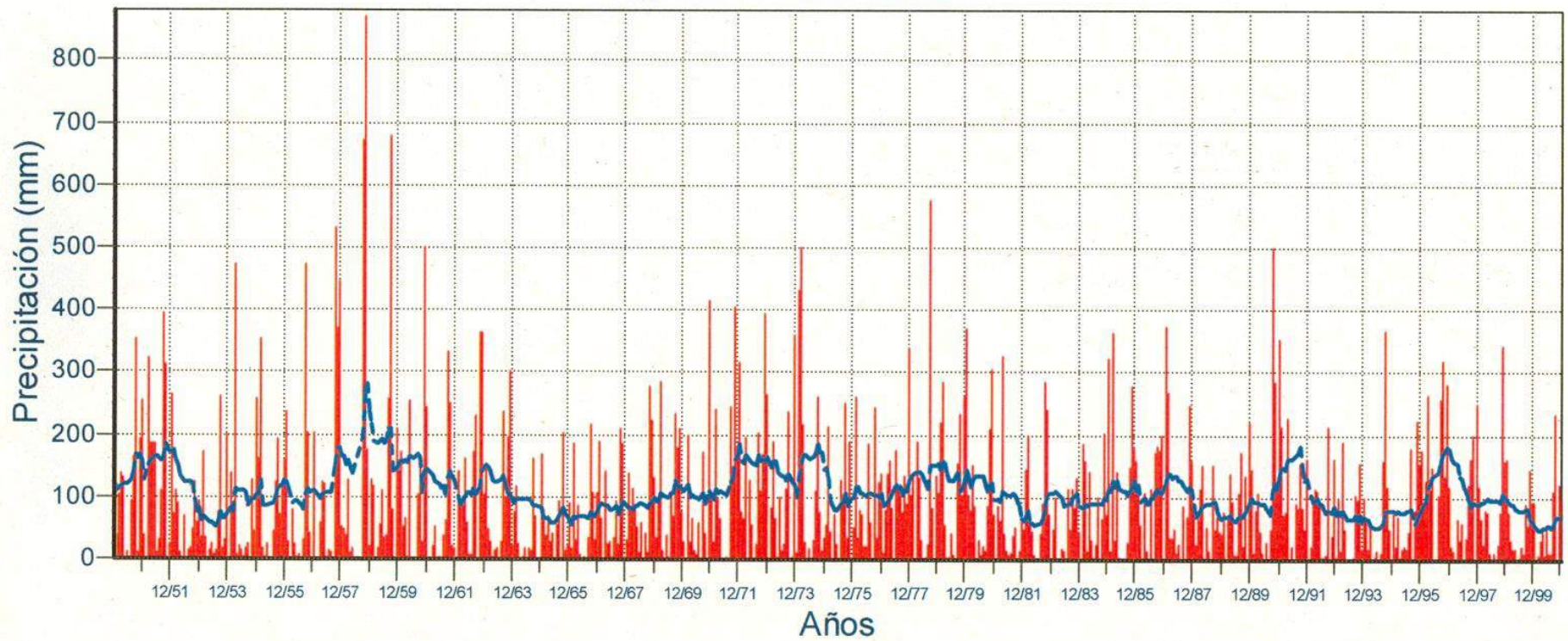


CORTES GEOLOGICOS DEL LLANO DE
INCA-SA POBLA CORTES III Y IV

Pluviometría: Plano de isoyetas (media histórica)



Serie pluviométrica en estación B-013 ESCORCA-MONASTERIO LLUCH y media móvil de 12 meses
Origen de datos: AEMET



Cálculo de la lluvia caída en una superficie

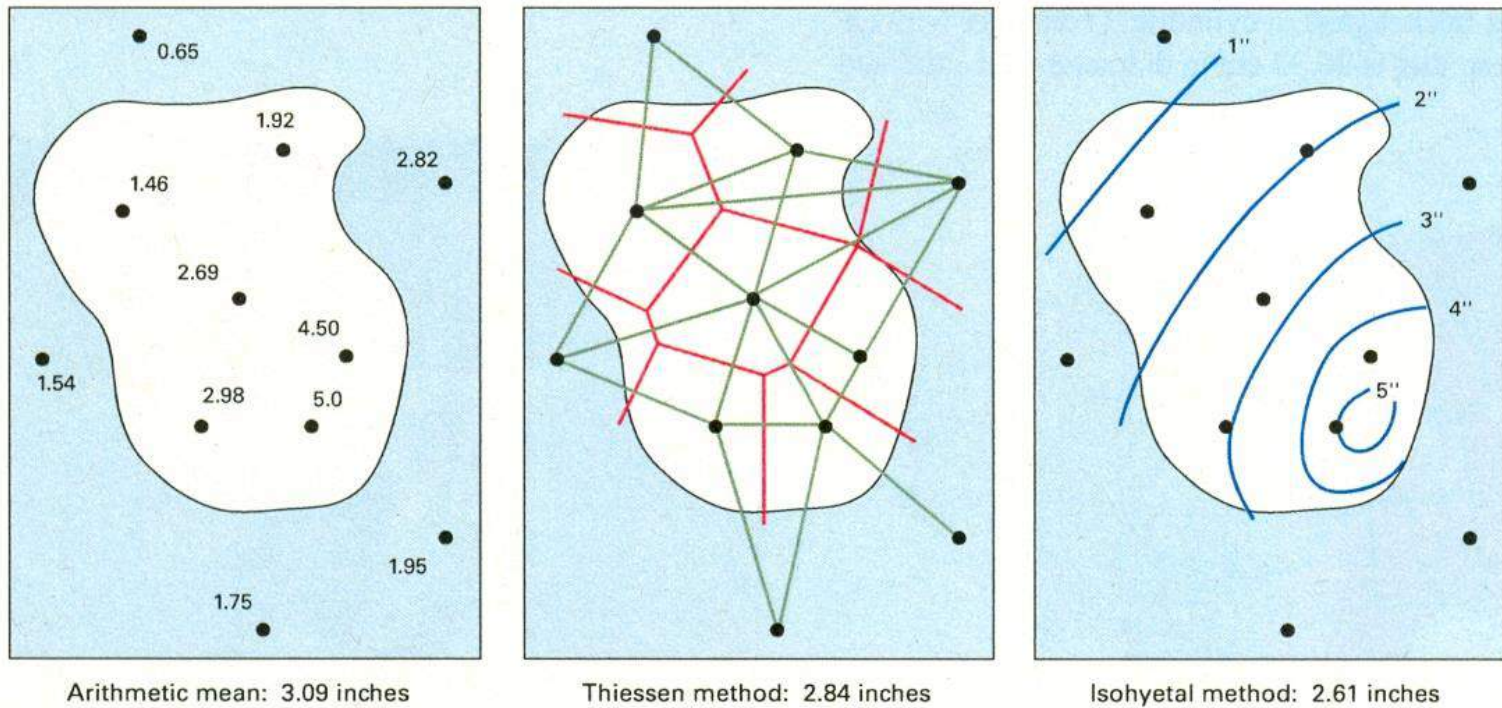
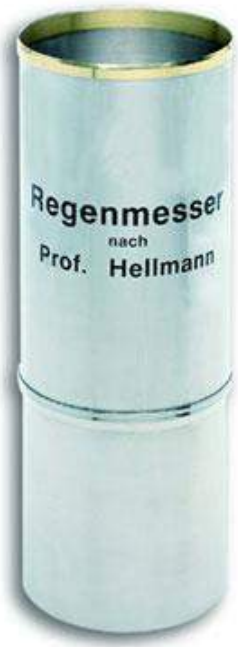


Figure 15. Estimating average precipitation for an area from precipitation gage records using three methods (after Linsley and others, 1982).

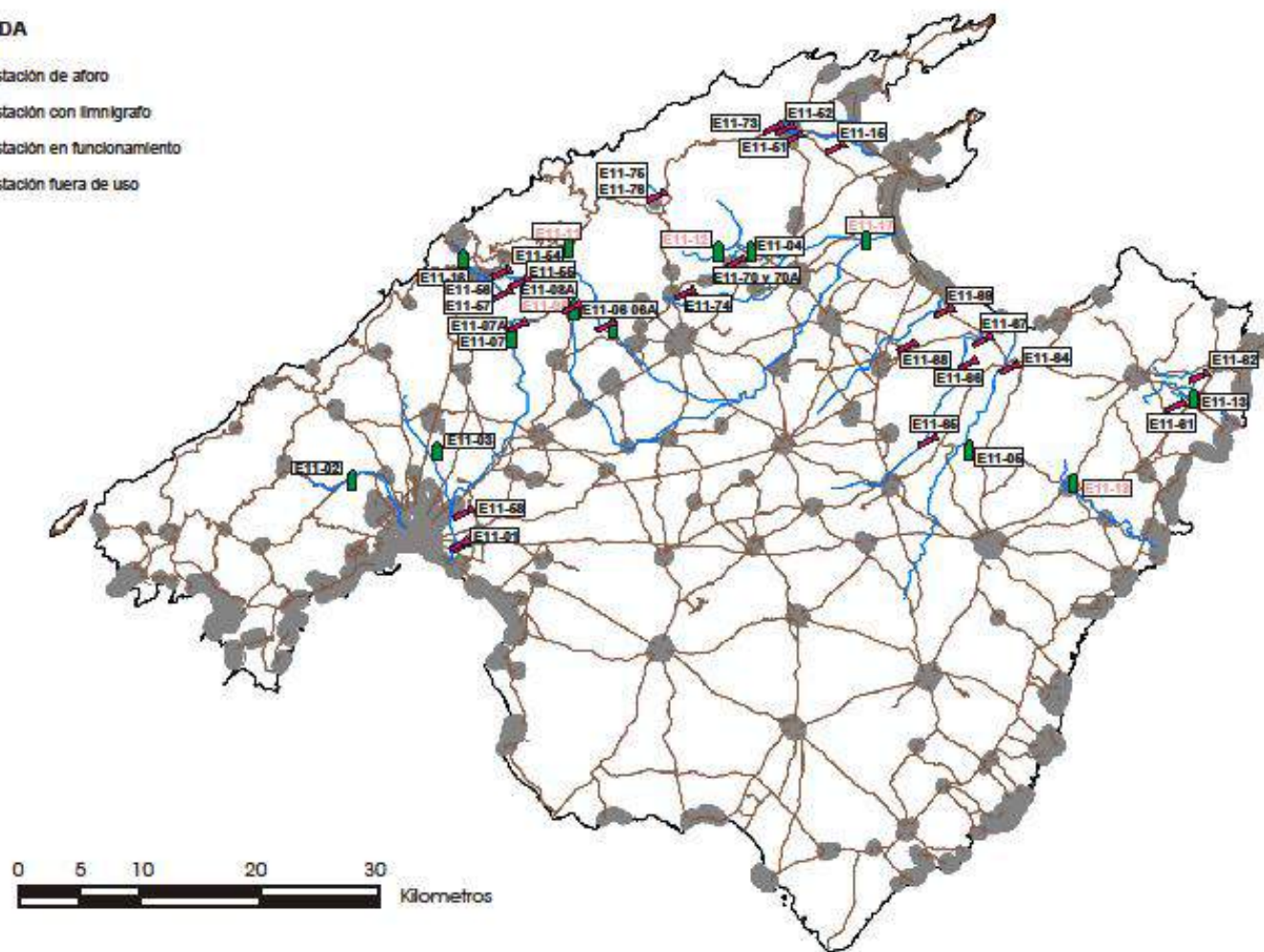
Pluviómetros



Estaciones de aforo

LEYENDA

-  Estación de aforo
-  Estación con inmigrato
-  Estación en funcionamiento
-  Estación fuera de uso



RED FORONÓMICA DE MALLORCA

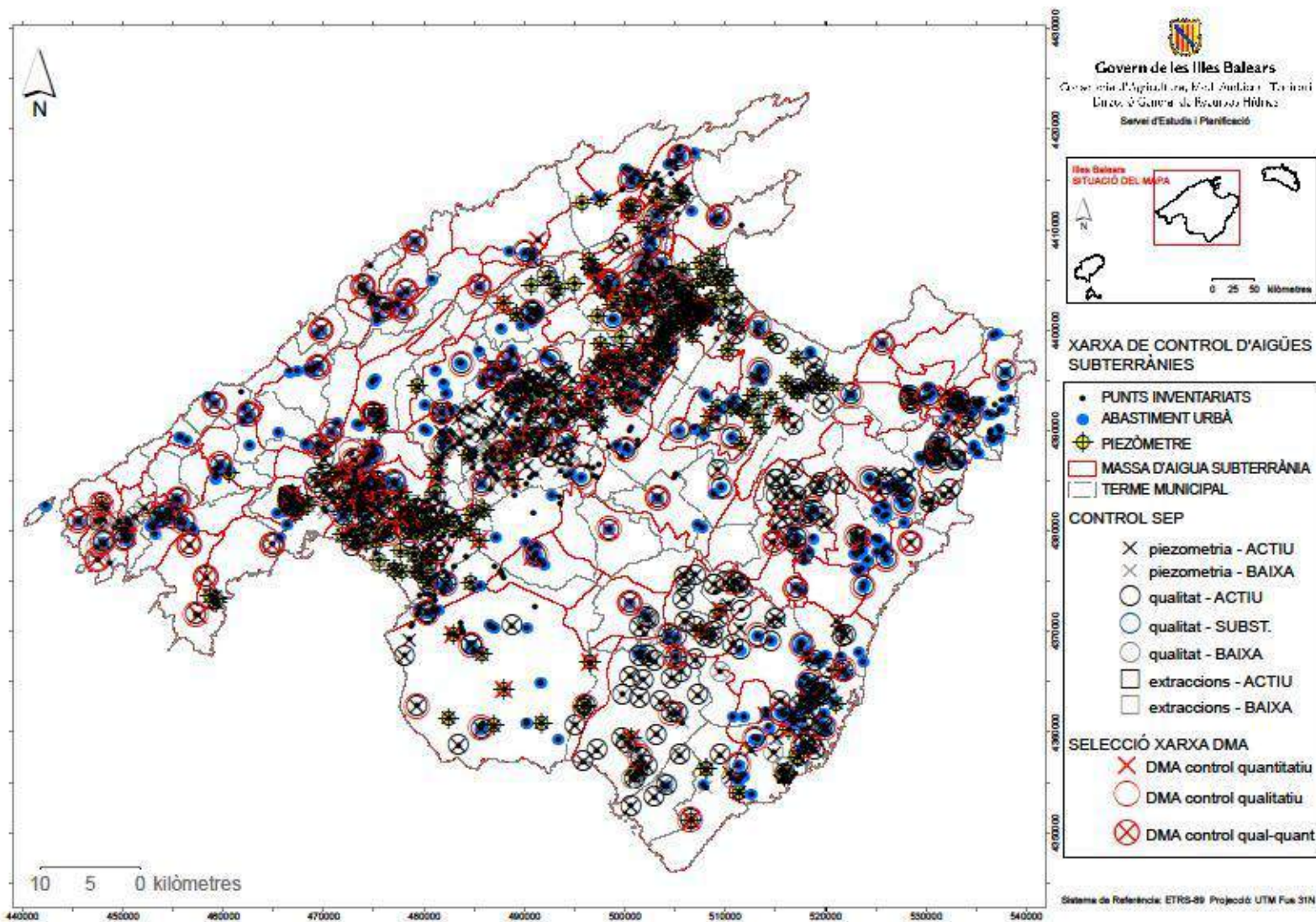
Estación del torrente de Comafreda (Campanet)

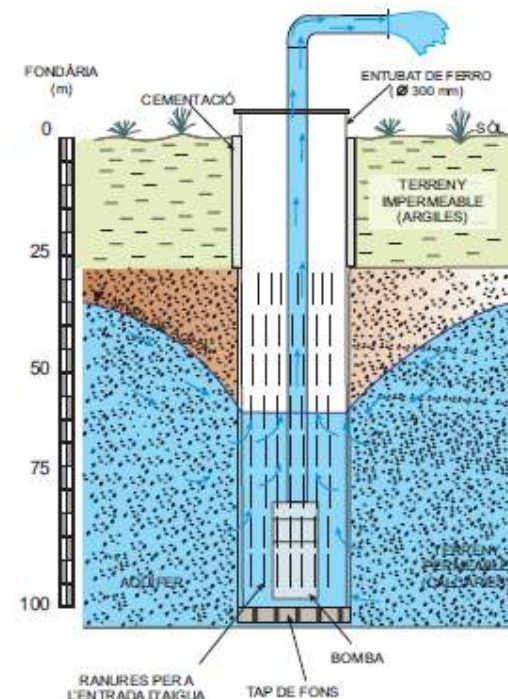
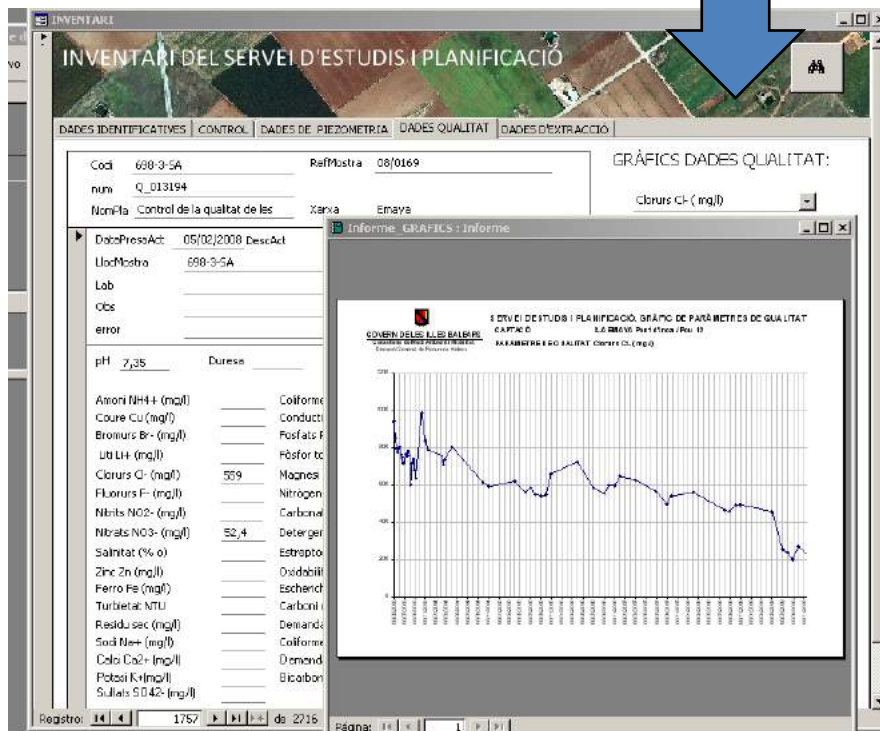


Estación de la fuente de Sa Costera (Sóller)



RED DE CONTROL

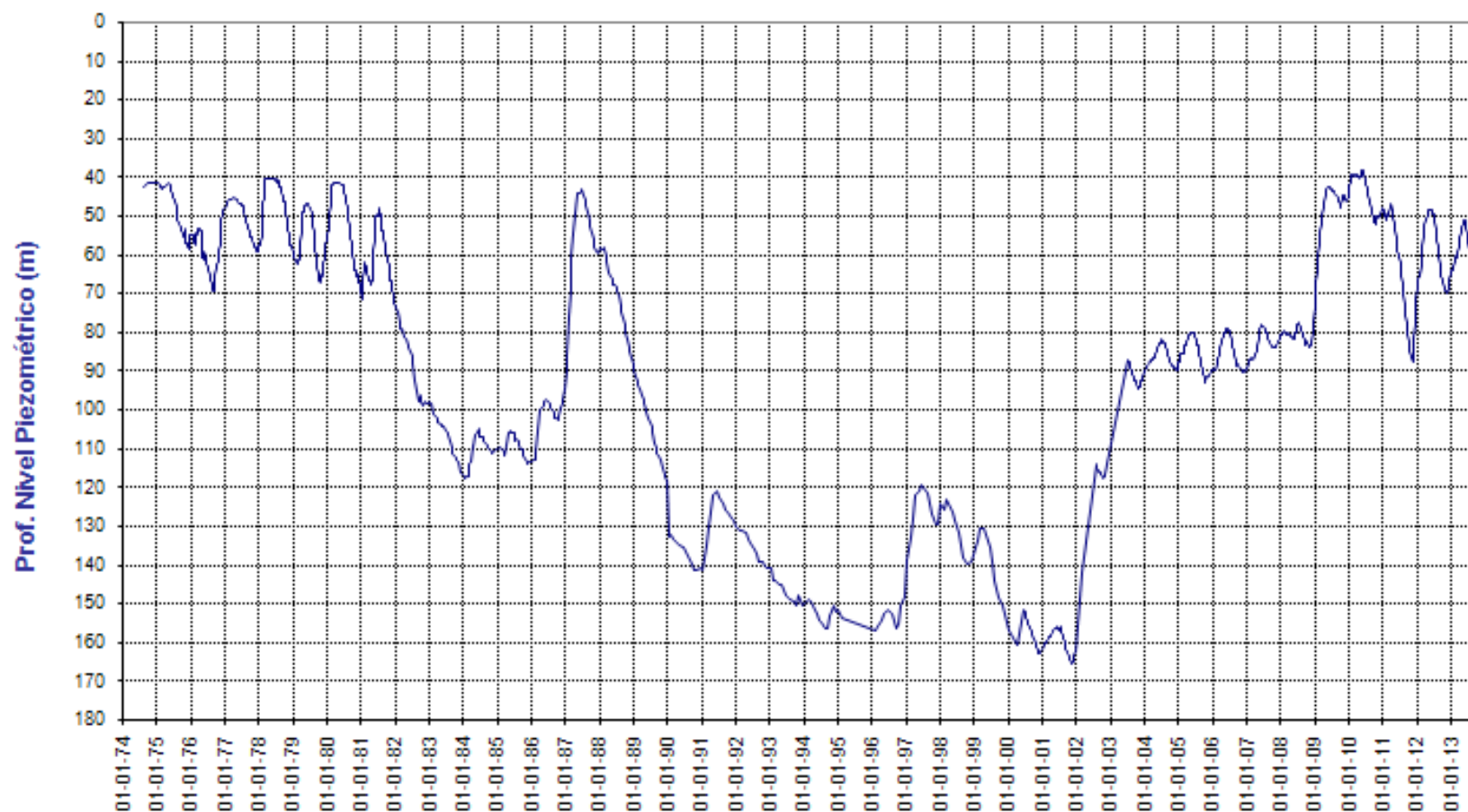




Sondeo 670-7-S-2 (ESTREMER)
MA1204

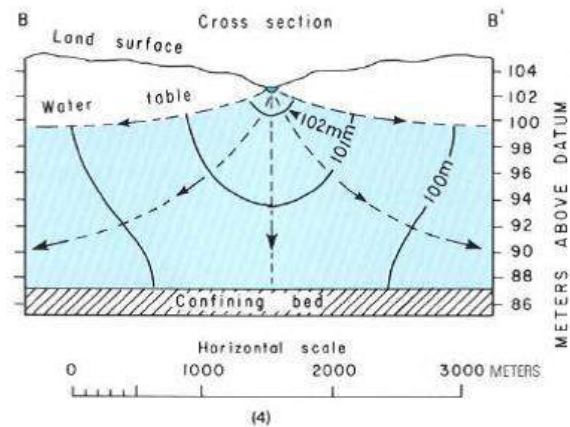
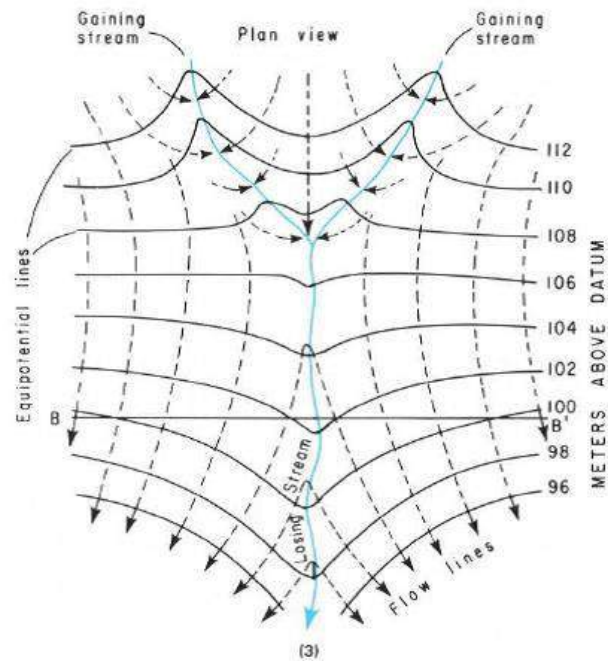
cota top. sondeo: 132,57 m

MAS 18.08.M1 BUNYOLA

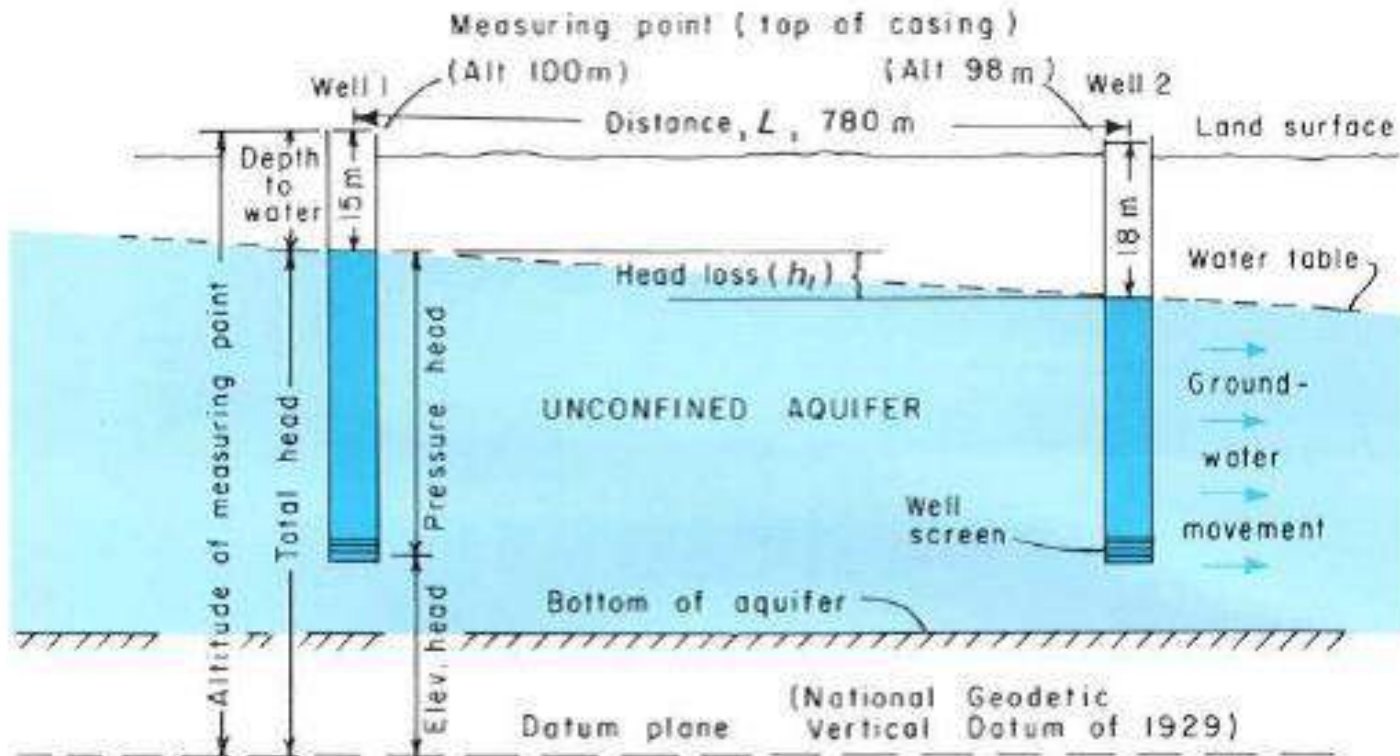


Evolución de la piezometría desde 1974 hasta día 8 de octubre de 2013

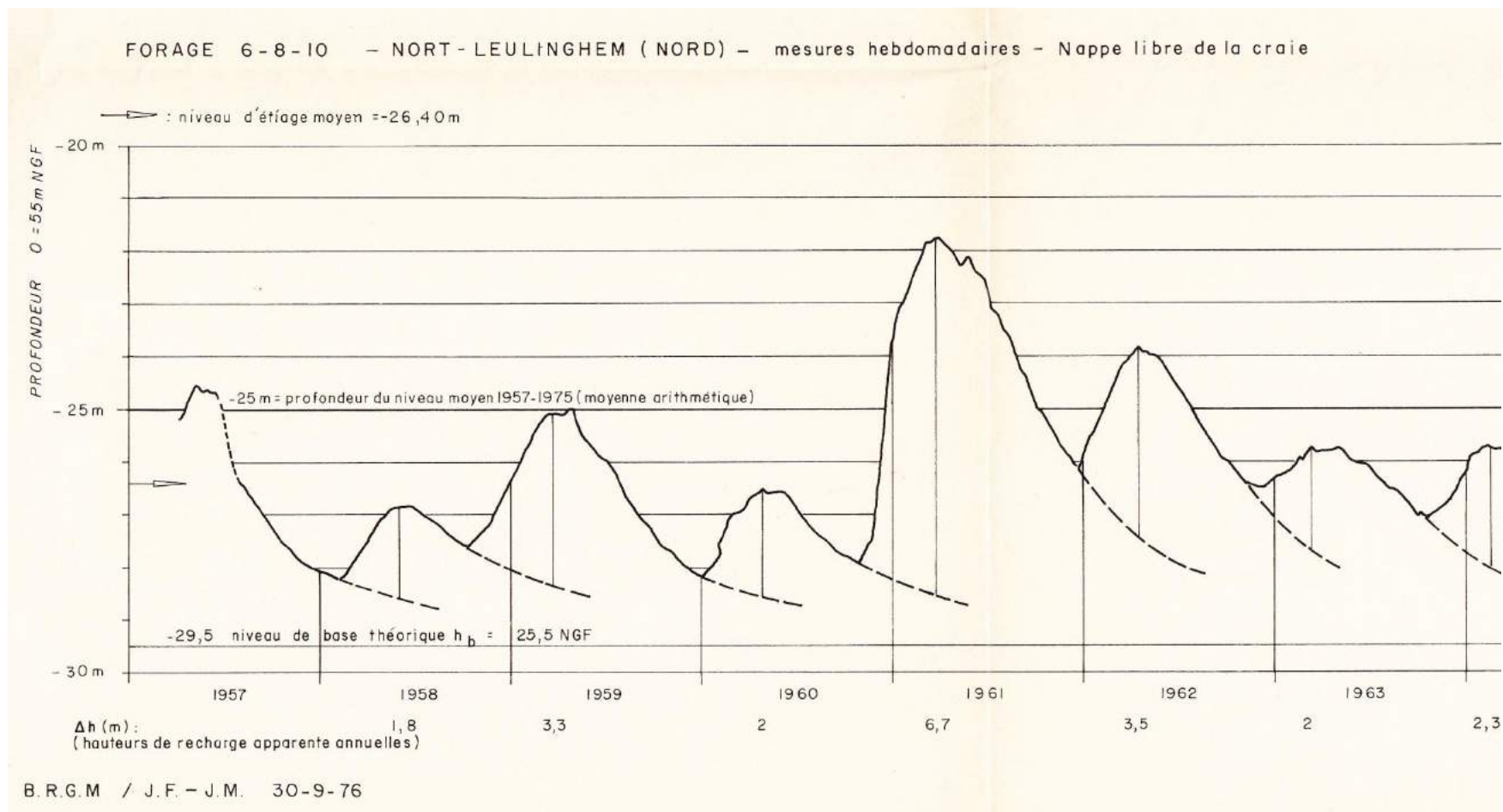
ISOPIEZAS Y FLUJO DEL AGUA SUBTERRÁNEA



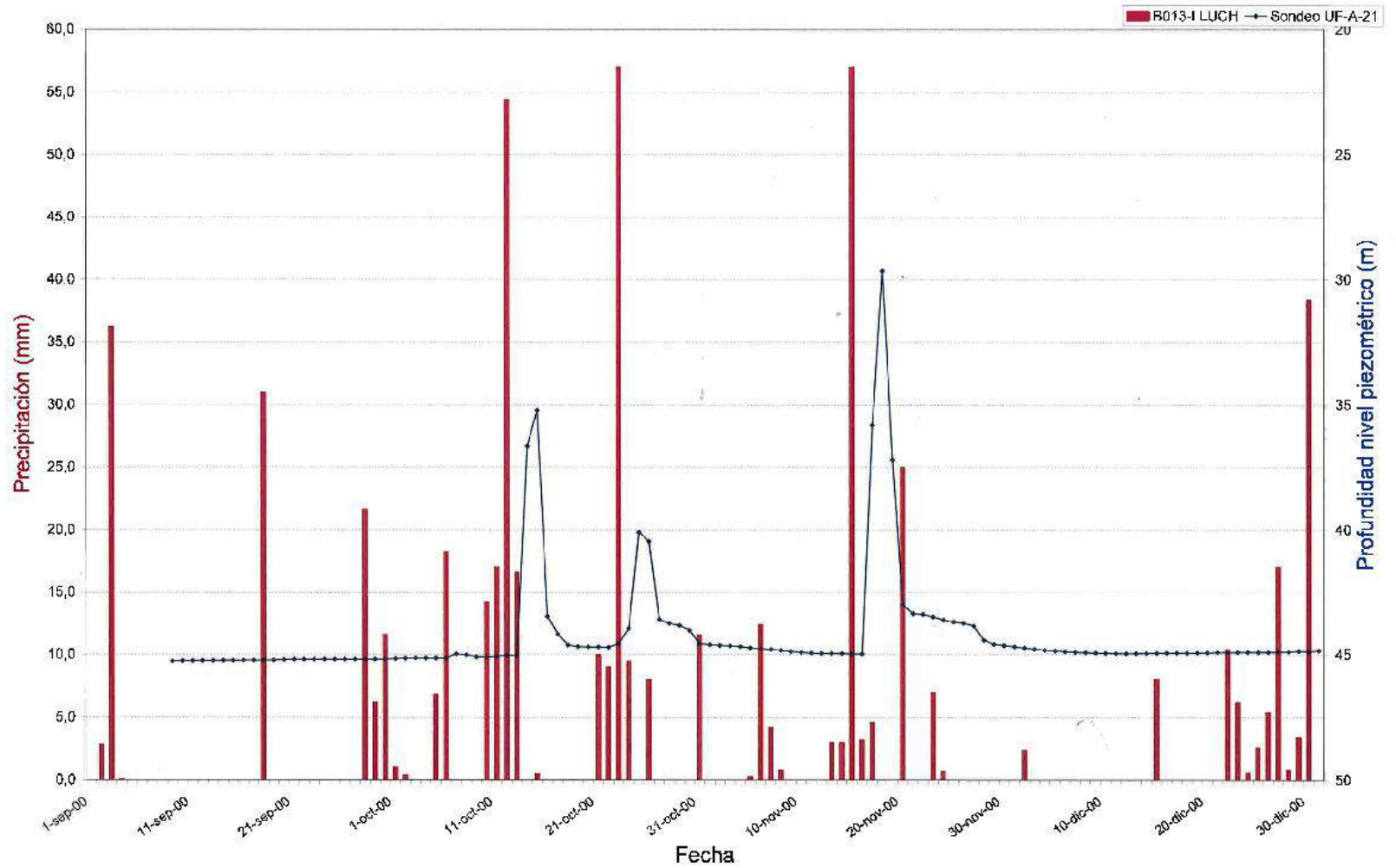
GRADIENTE HIDRÁULICO



Cálculo de la recarga



Infiltración eficaz: Recarga al acuífero



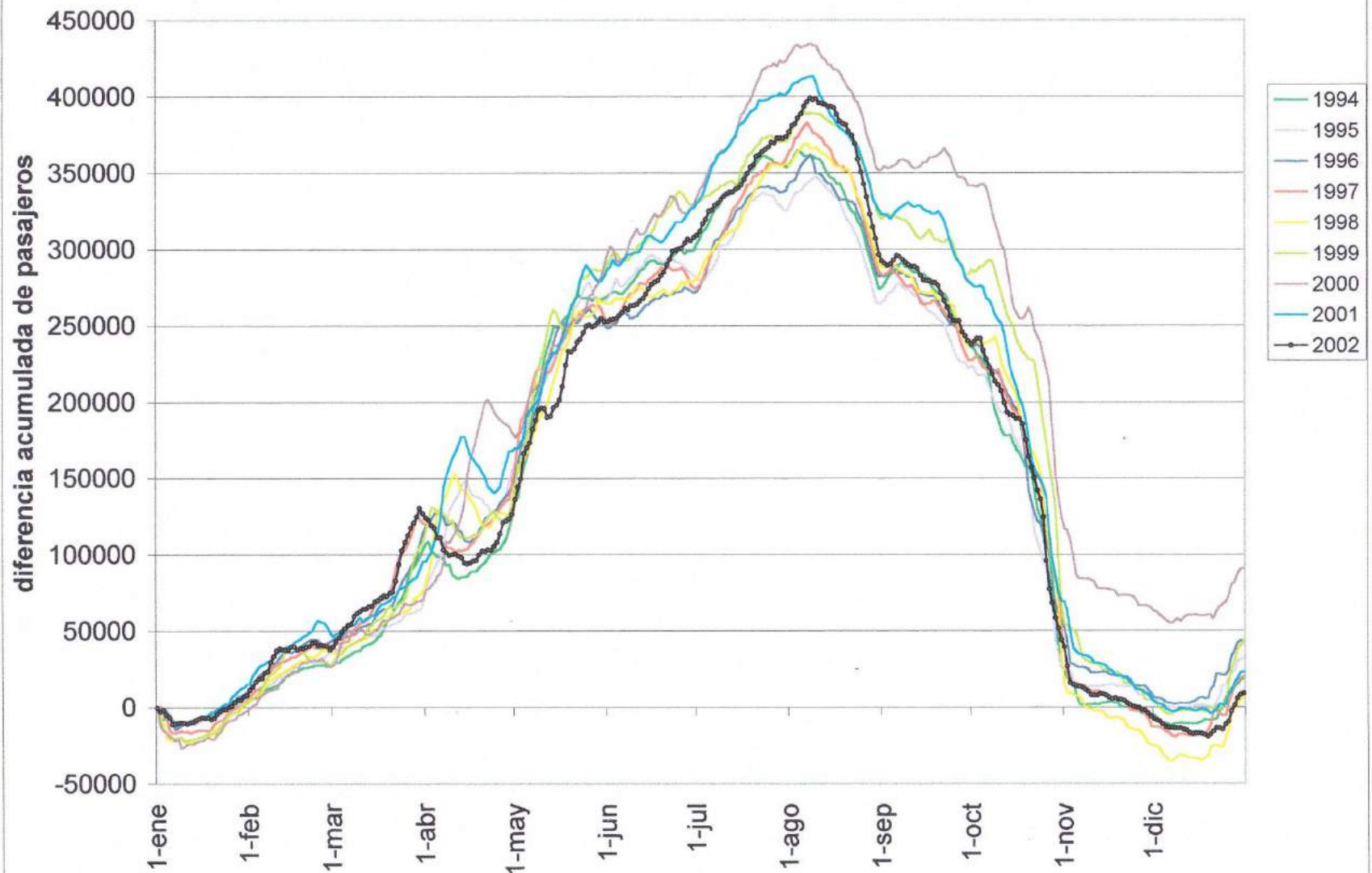
Recursos:

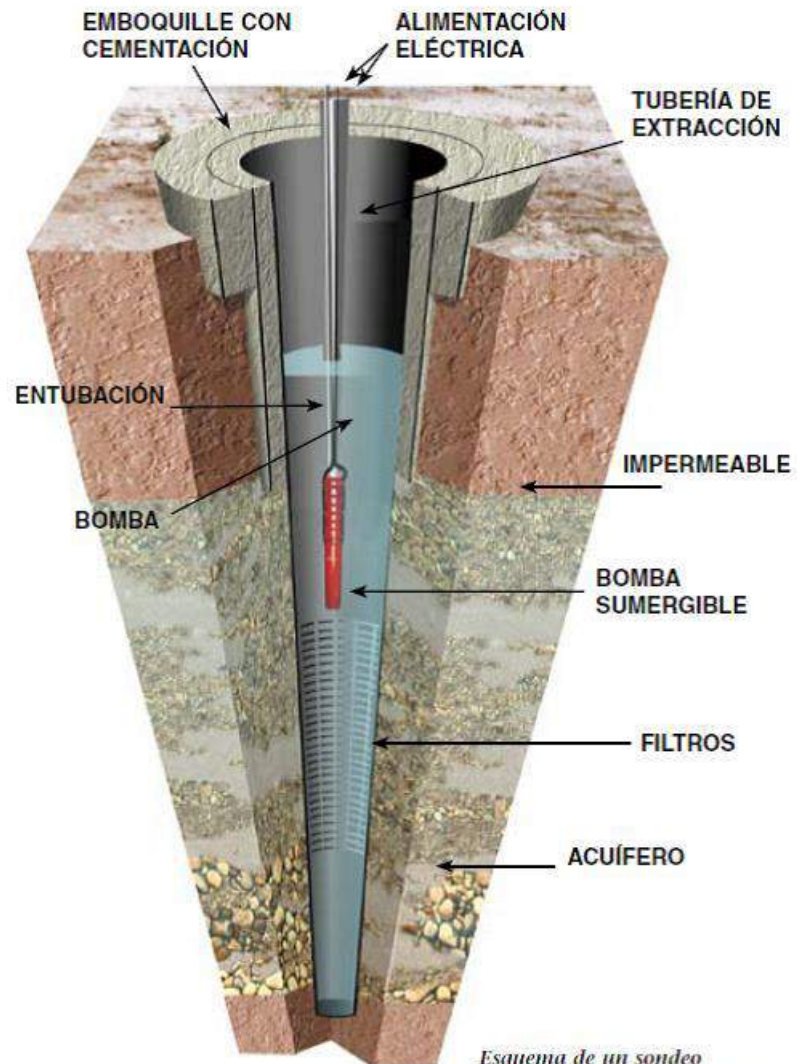
- Recursos totales
- Recursos disponibles= recursos totales – necesidades ambientales (salidas al mar y alimentación de ecosistemas)
- Recursos “no convencionales”: aguas regeneradas y desaladas

Demandas:

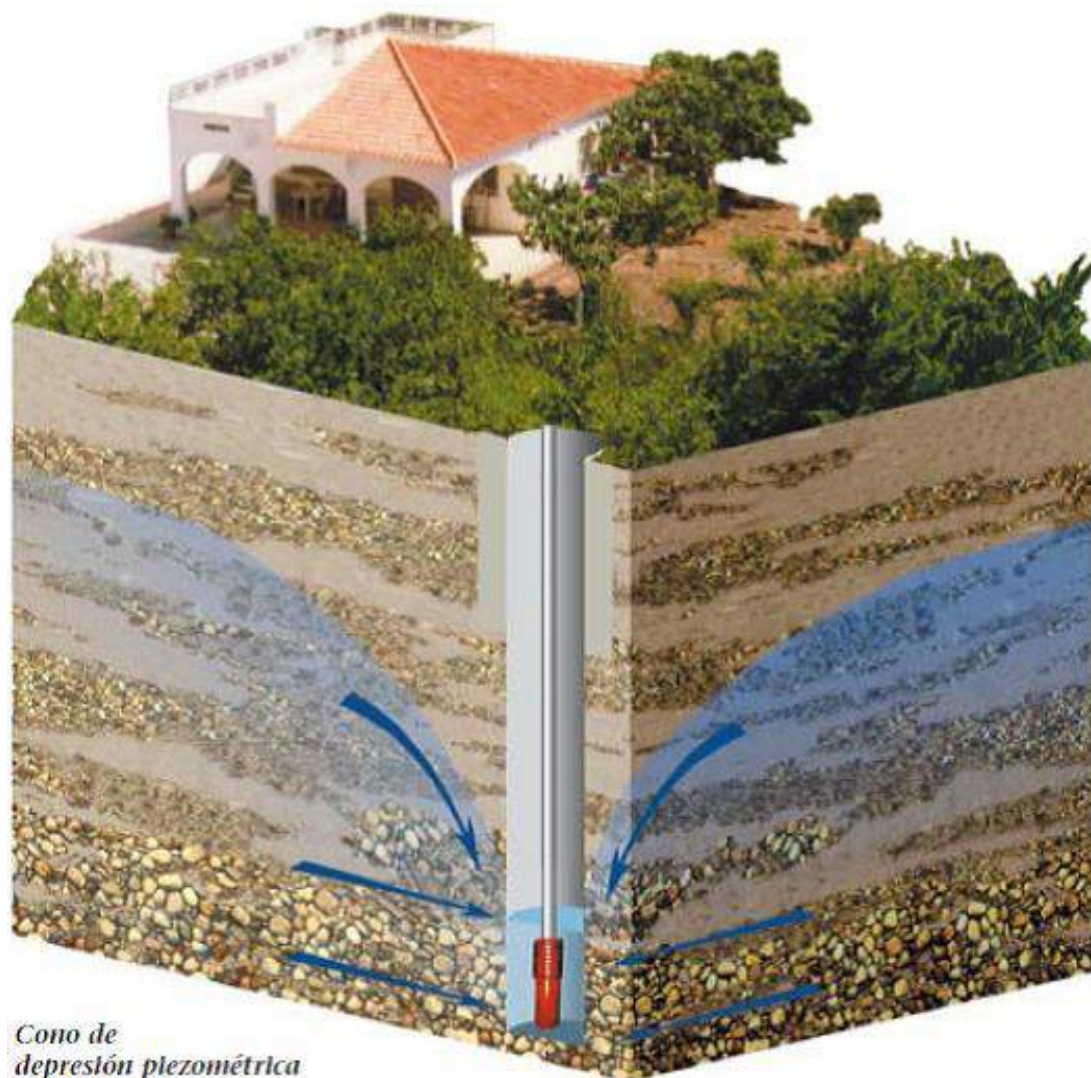
- Urbana
- Población dispersa
- Agricultura y ganadería
- Industria
- Otras

Movimiento diario de pasajeros en el aeropuerto de Palma de Mallorca.



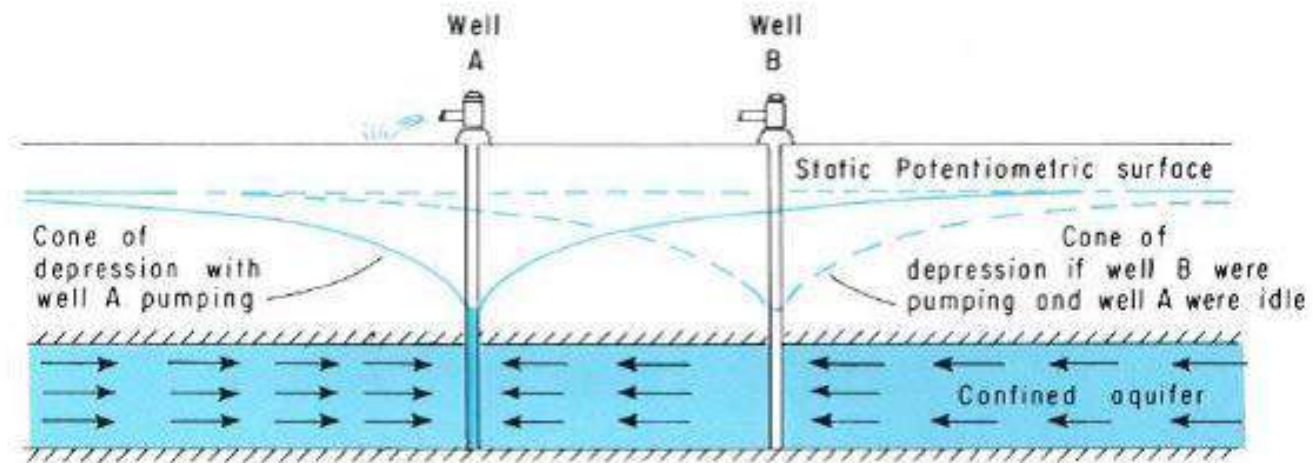


Esquema de un sondeo hidrogeológico y su equipado

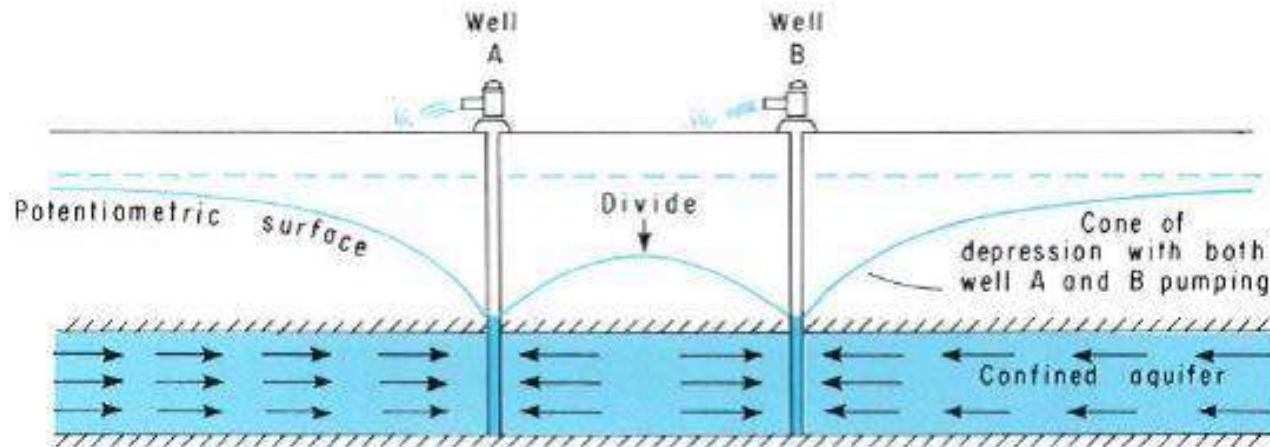


*Cono de
depresión piezométrica
en un bombeo*

INTERFERENCIA ENTRE POZOS



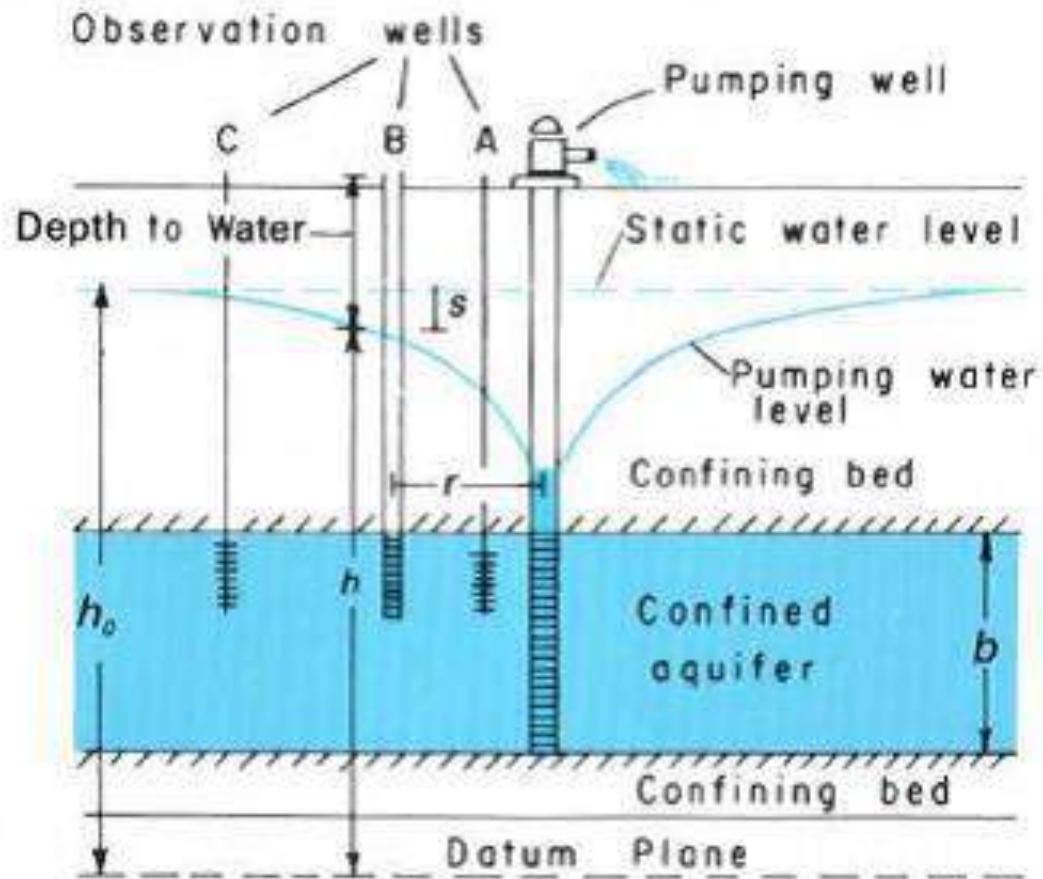
(1)



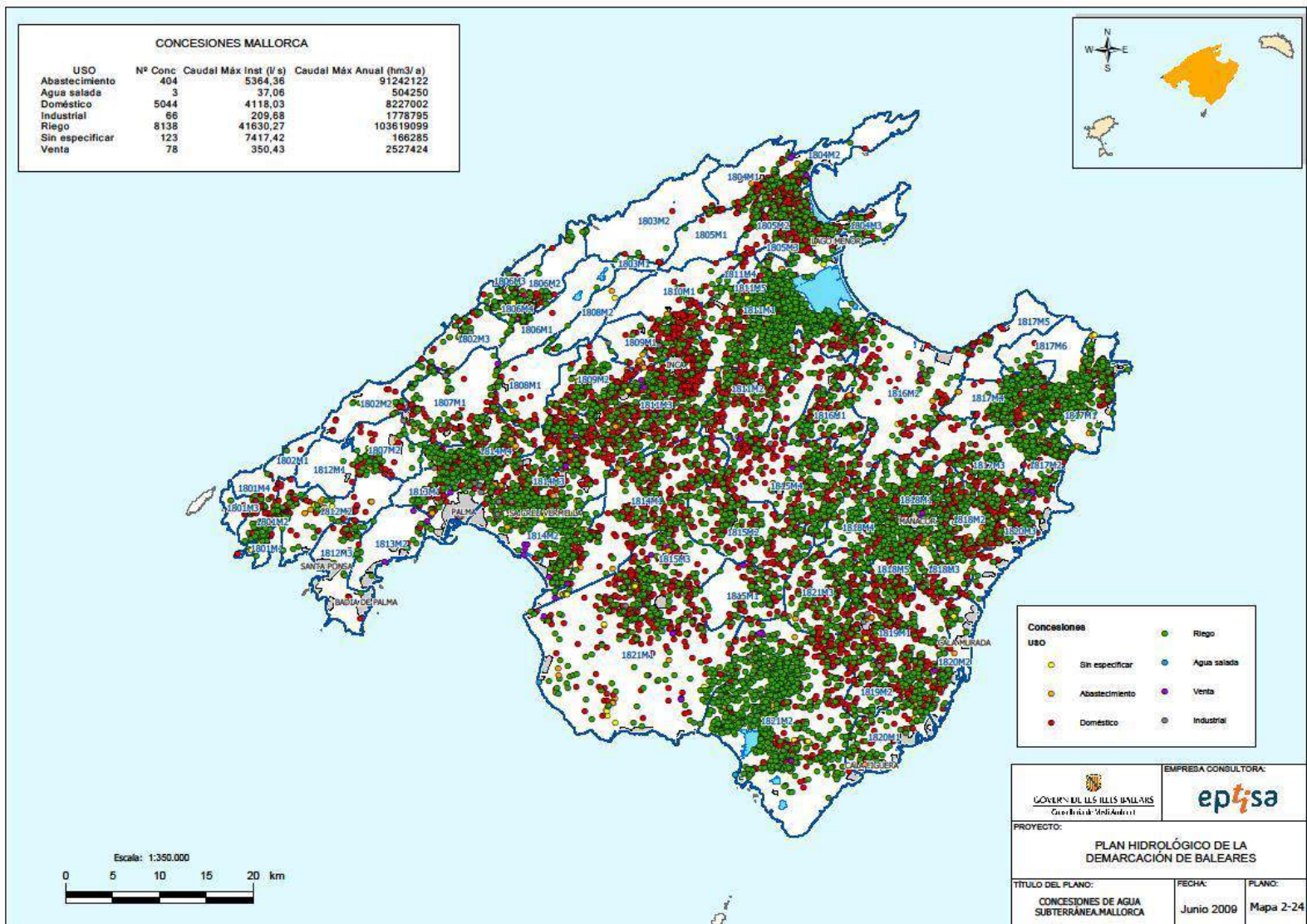
(2)



Radio de influencia: pozo de bombeo y 3 piezómetros (A, B y C)



CONCESIONES DE AGUA SUBTERRÁNEA



Tipos de contaminación antrópica

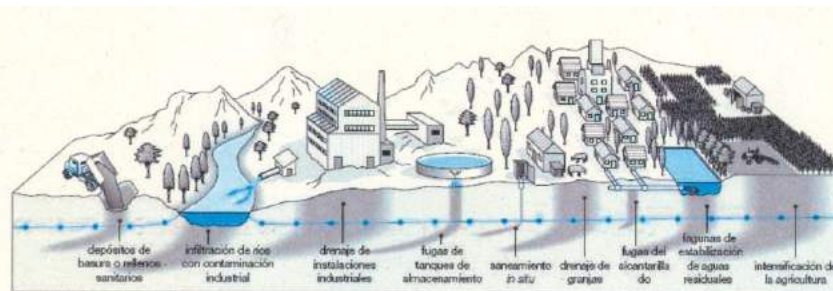


Figura 2. Procesos comunes de contaminación de aguas subterráneas

Fuente: Foster (2002)

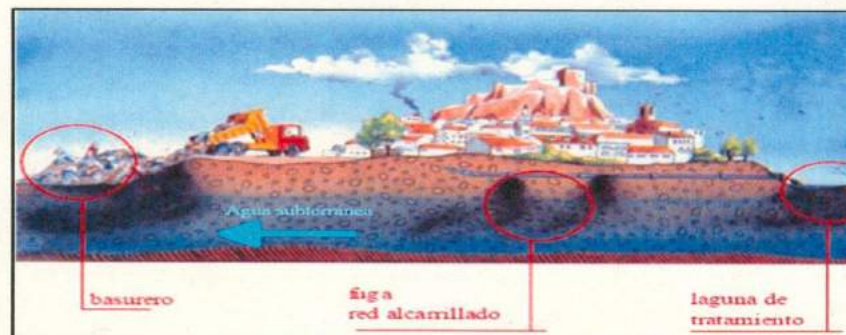


Figura 3. Contaminación por viviendas

Fuente: capacitación gestión de recursos hídricos Proyecto FORGAES

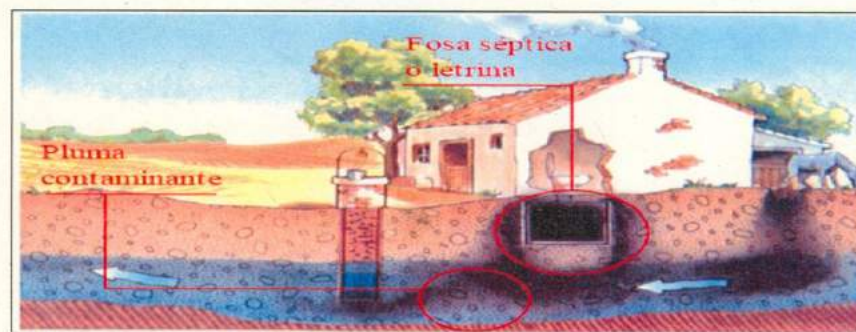
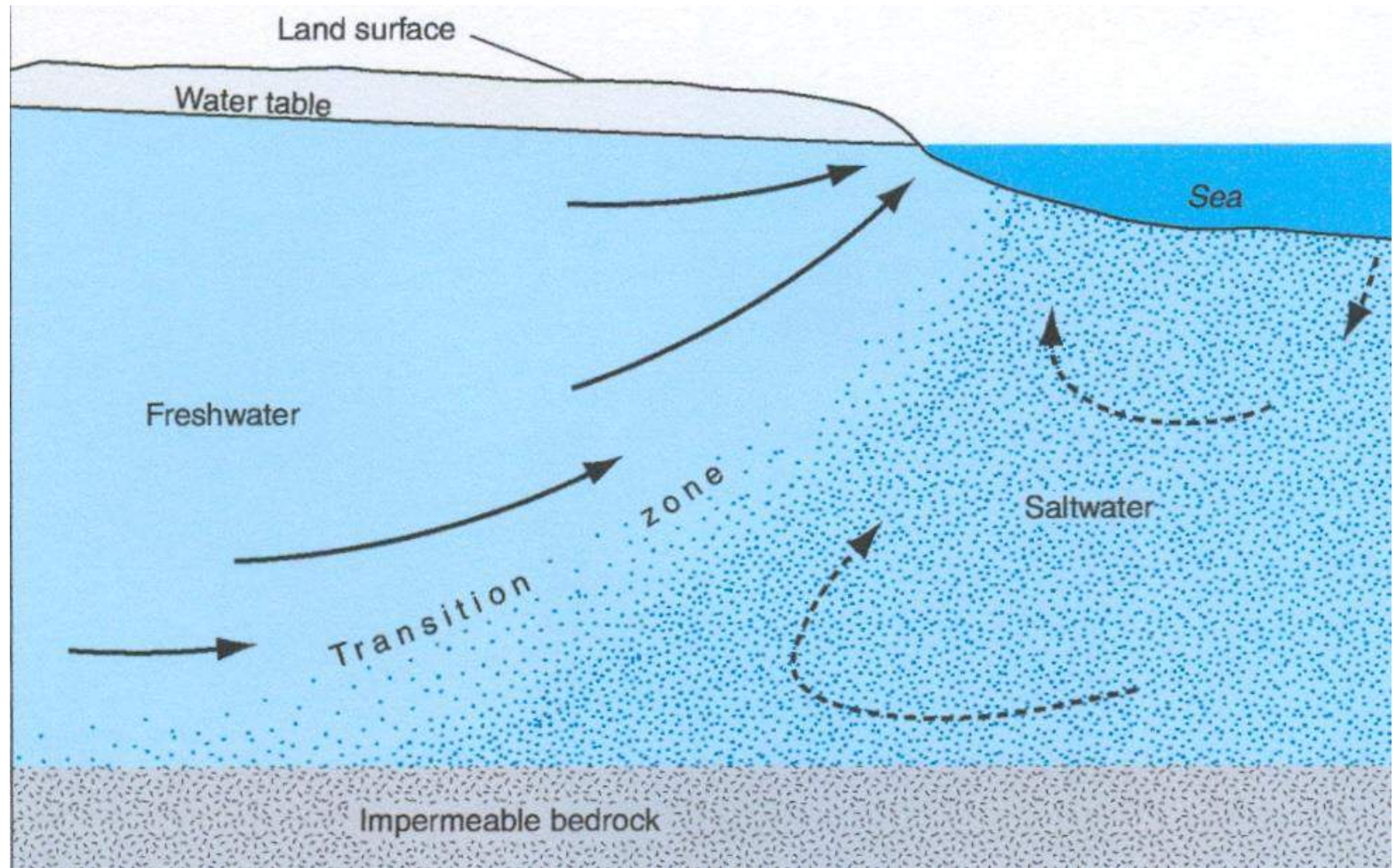


Figura 4. Contaminación física por fosa séptica

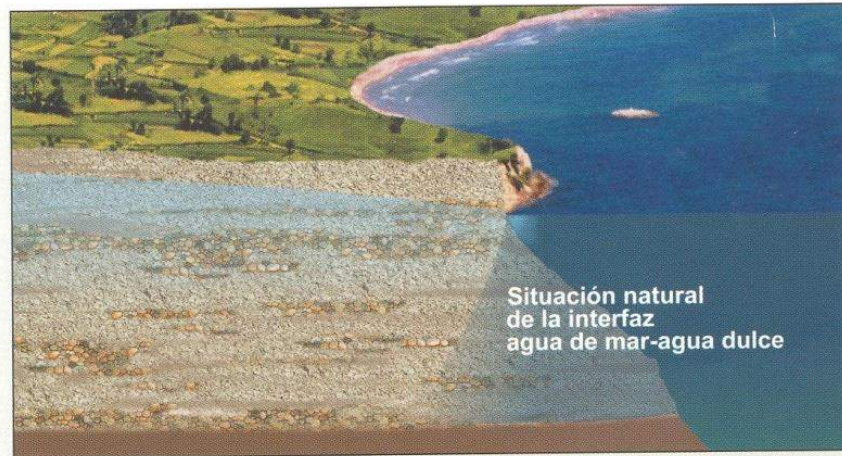
Fuente: capacitación gestión de recursos hídricos Proyecto FORGAES

Relación agua dulce – agua salada



La **sobreexplotación en acuíferos costeros** puede acabar con la intrusión marina forzada al acuífero y la consecuente contaminación (**salinización**)

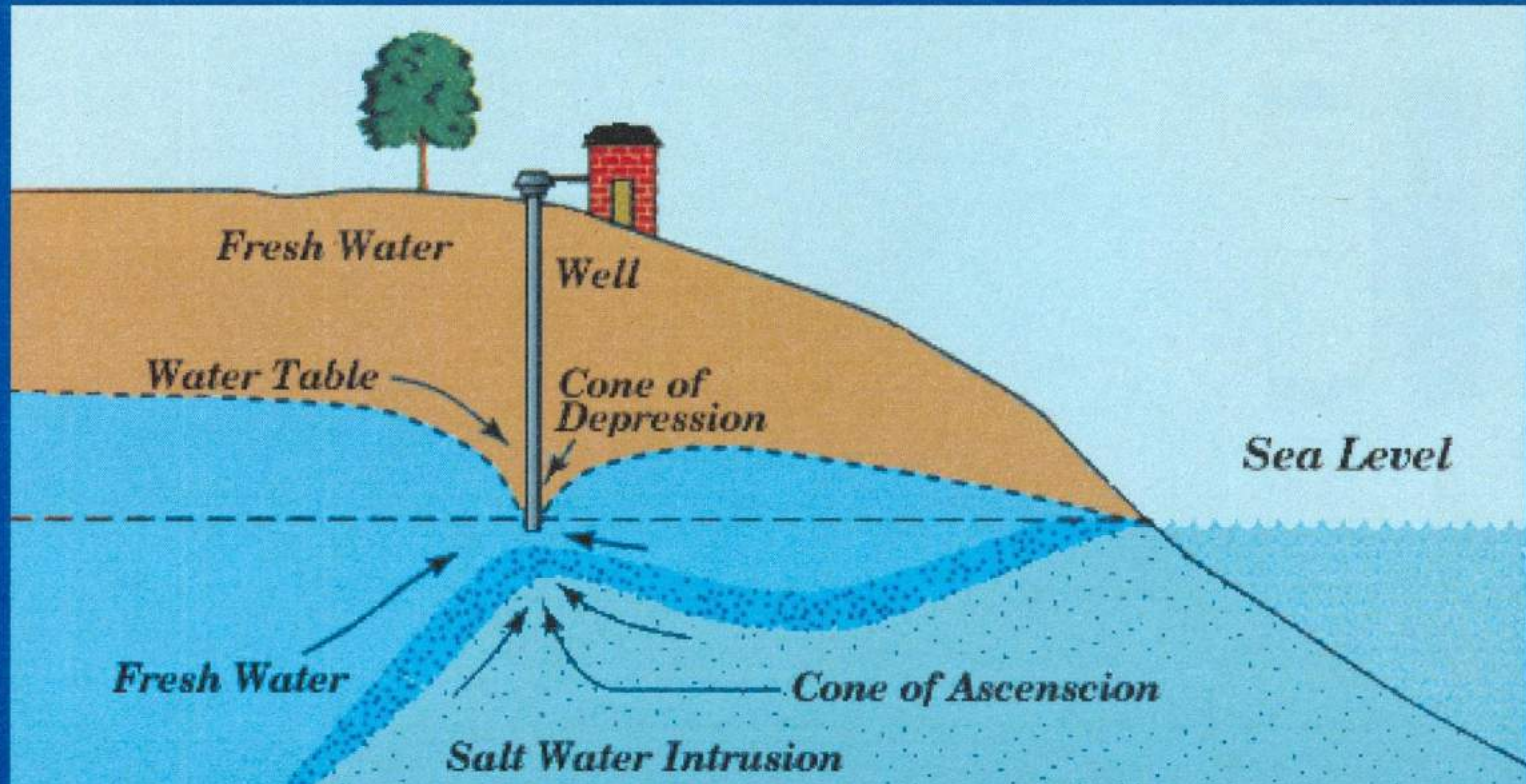
Es uno de los casos en el que la contaminación no se debe a un vertido en el medio si no a una **inadecuada gestión de la explotación**.



El agua dulce del acuífero

Fuentes de Salinidad

- Intrusión de aguas marinas (Seawater intrusion)

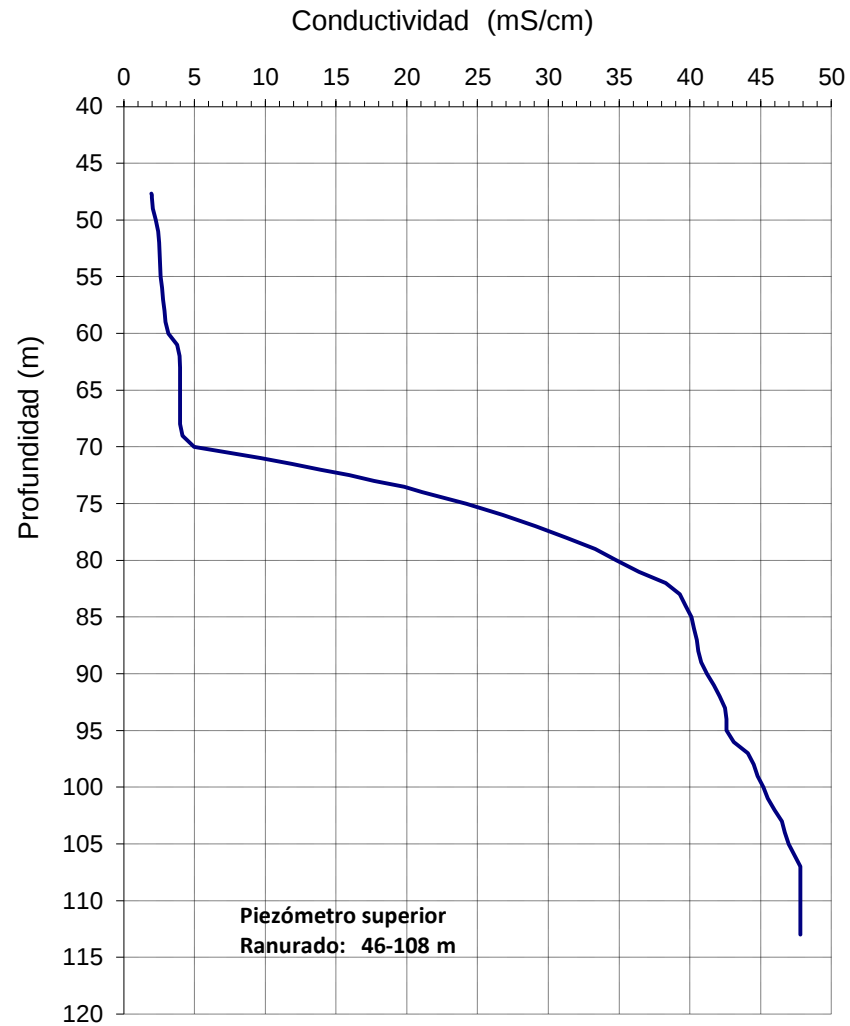


Sondeo S-24

Santanyí

MA0067

22-10-2013

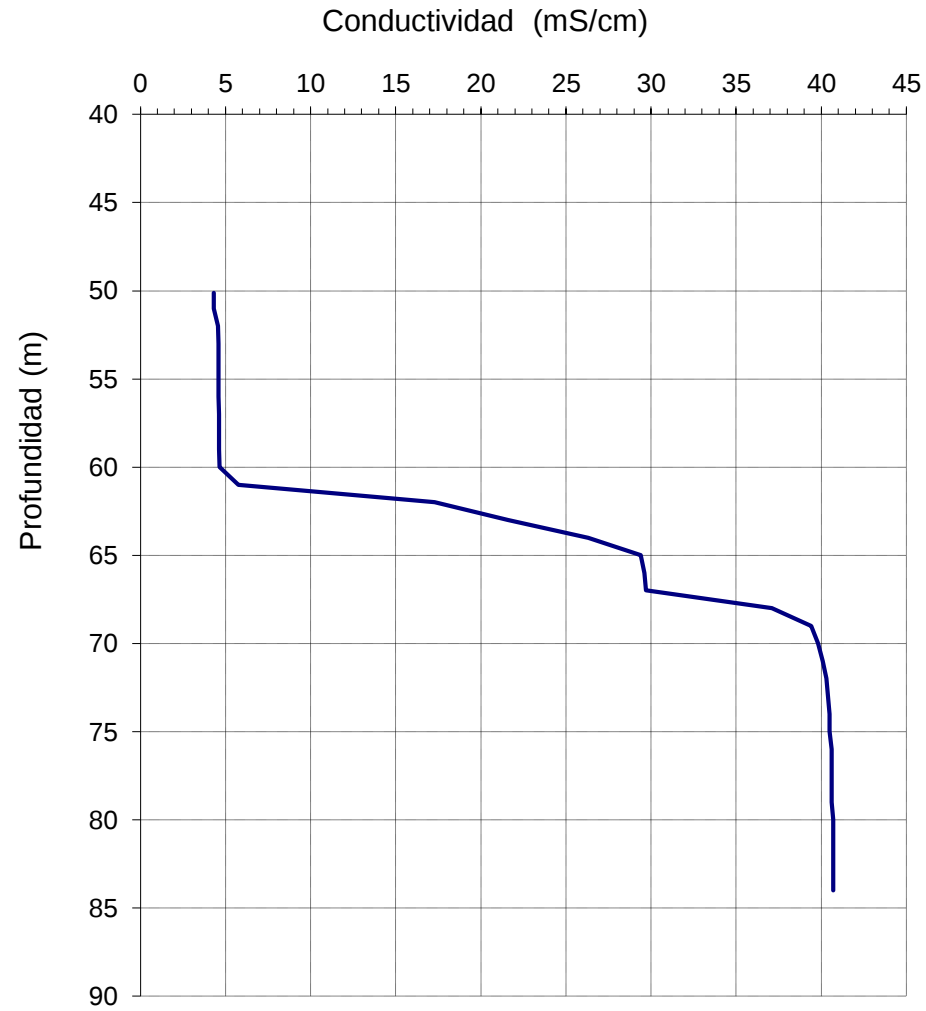


Sondeo S-5

Santanyí

Cas Verro

18-05-2012



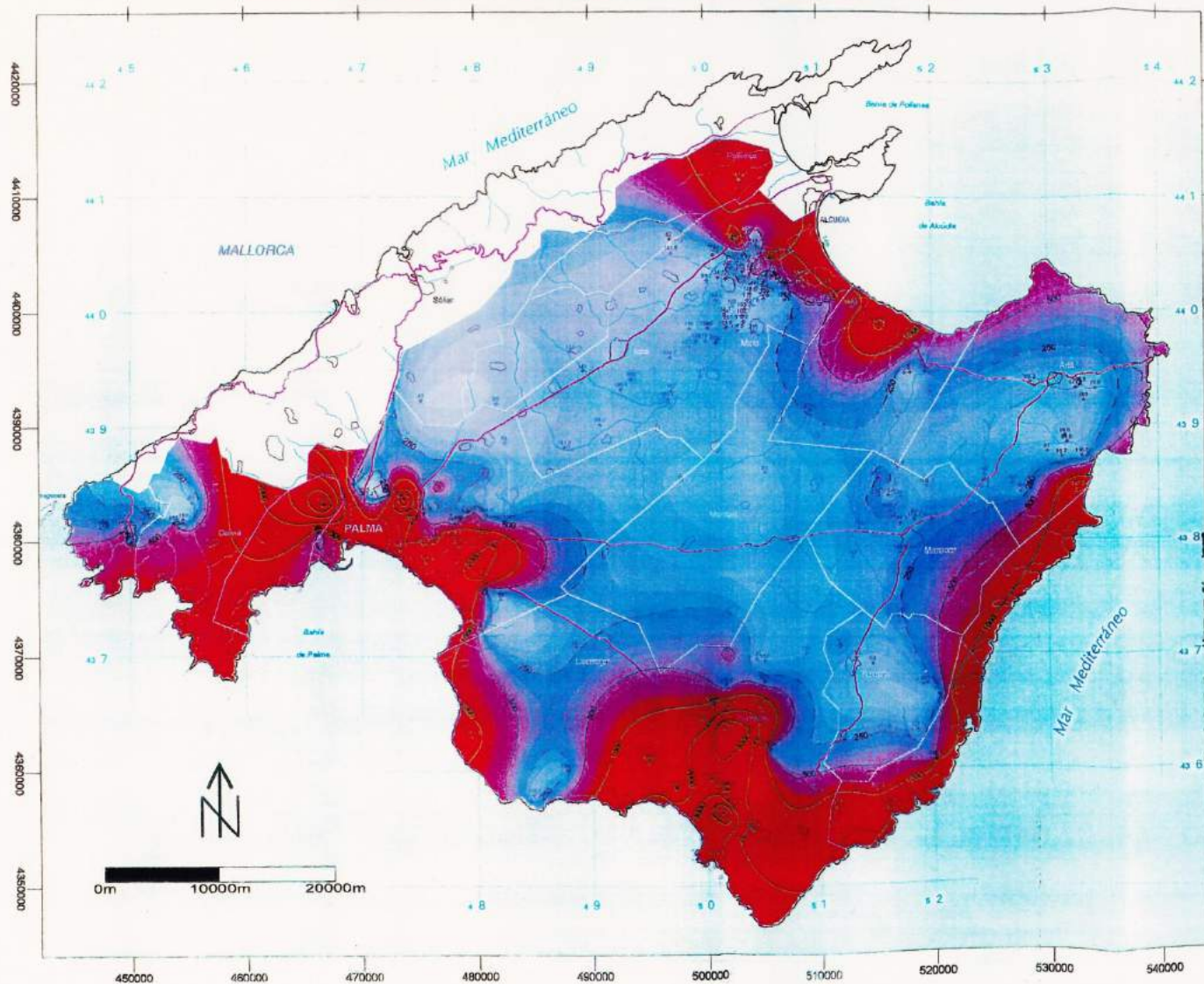
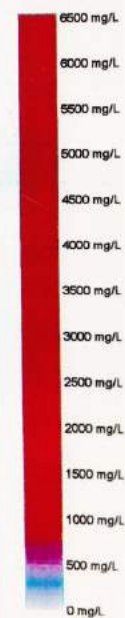
MAPA DE ISOCLORUROS (1º semestre 2.000)



LEYENDA

Sin datos

cloruros (mg/L)



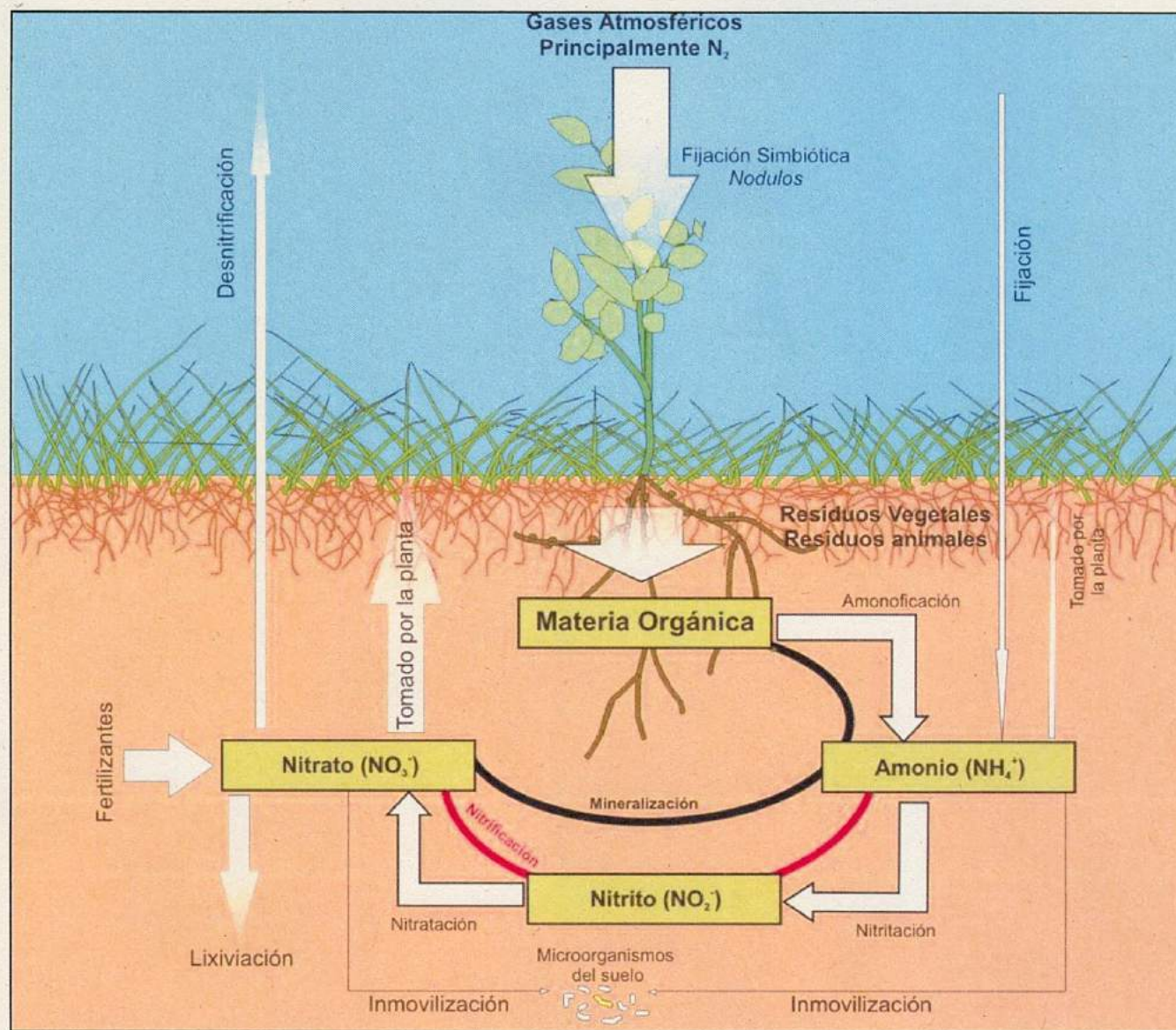


Figura 1: Ciclo del Nitrógeno en la naturaleza.

MAPA DE ISONITRATOS (1º semestre 2.000)



Instituto Geológico y Minero de España

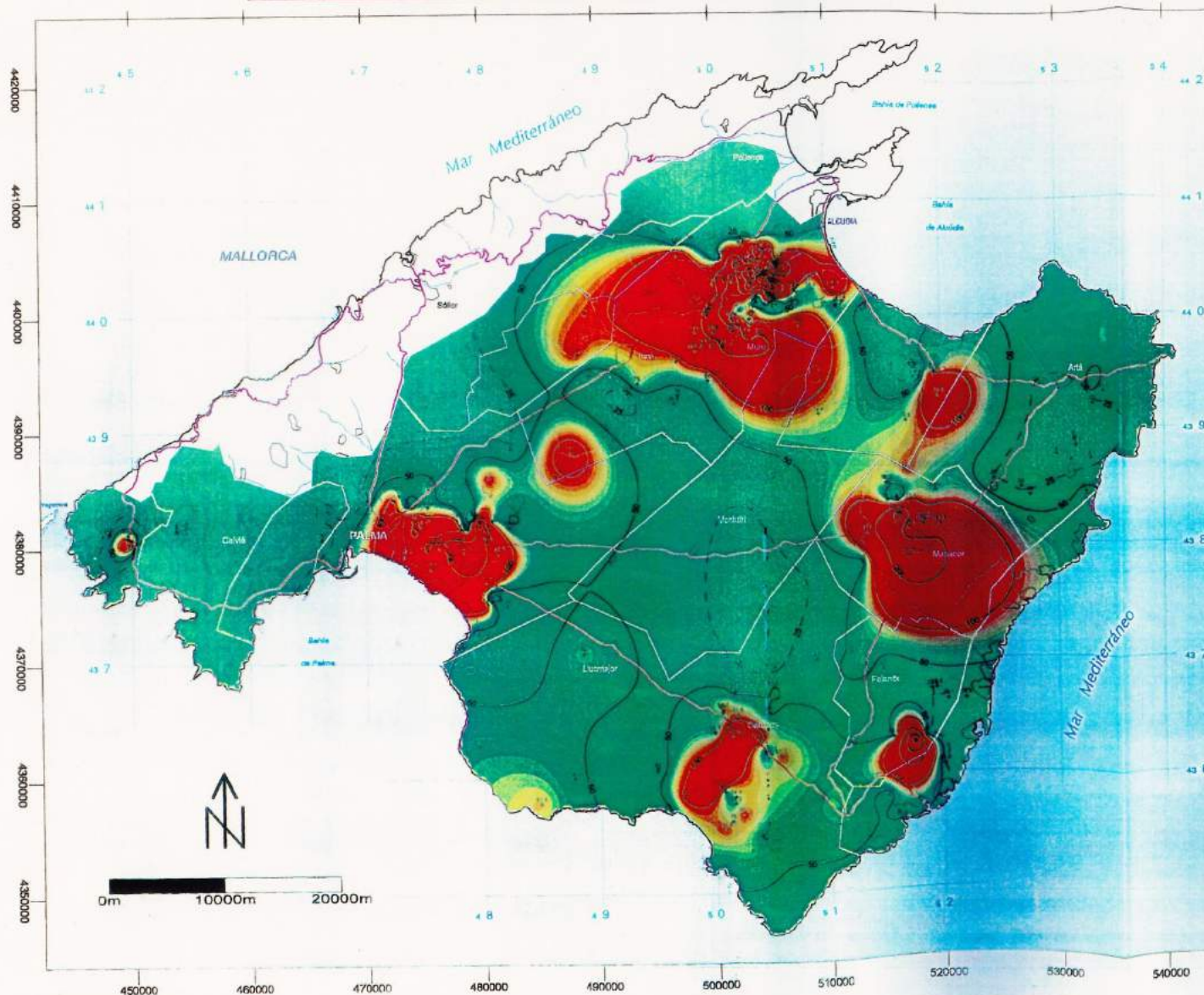
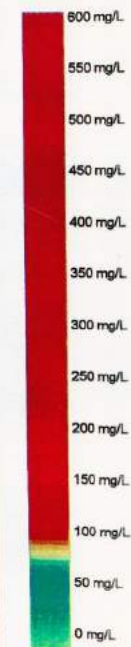


GOVERN BALEAR
Direcció General de Recursos Hídrics

LEYENDA

Sin datos

nitrito (mg/L)



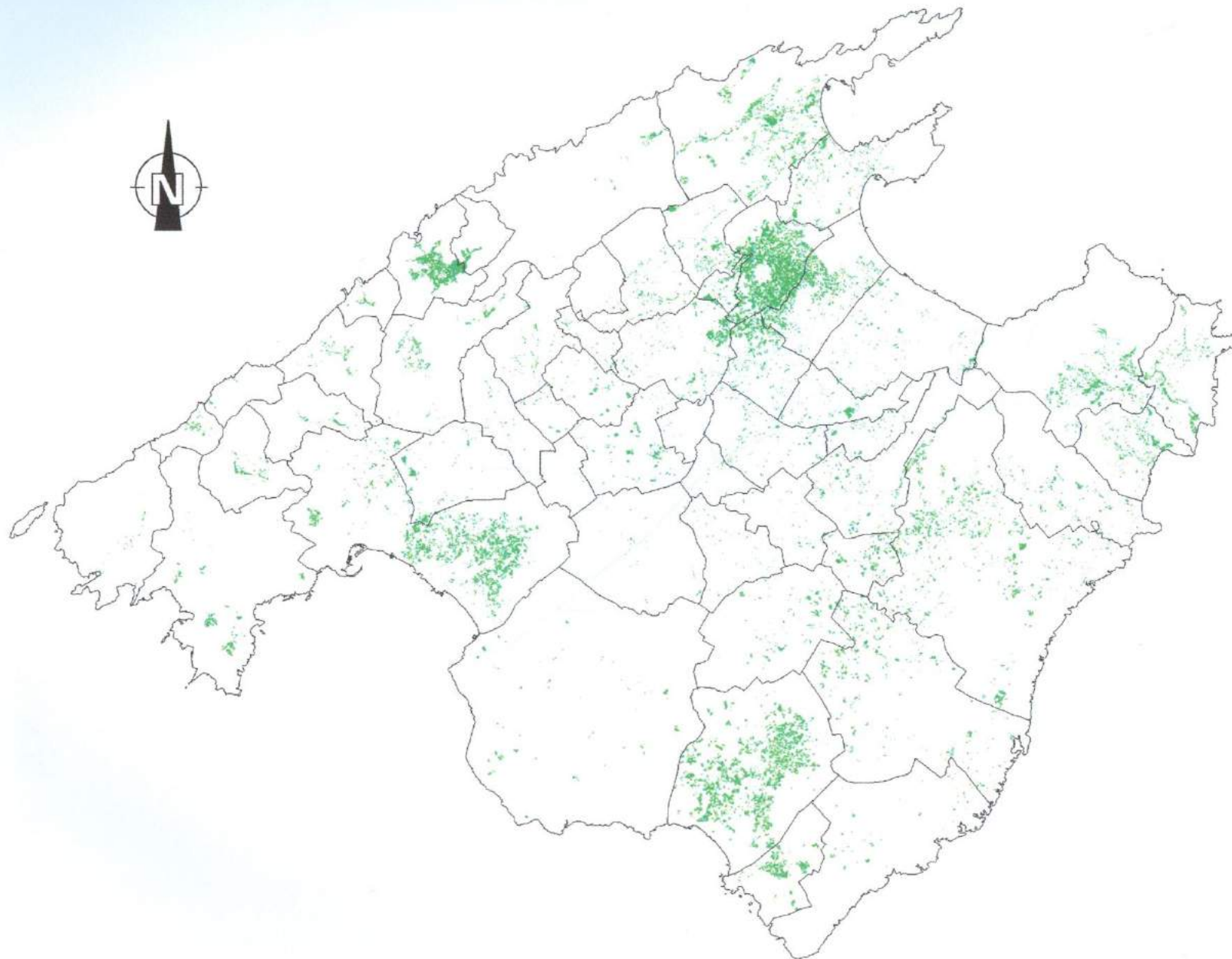


Figura 2.2. Distribución, por términos municipales de la superficie en regadío identificada en el verano de 1985.

Evolución de los nitratos en la zona de Sa Pobra

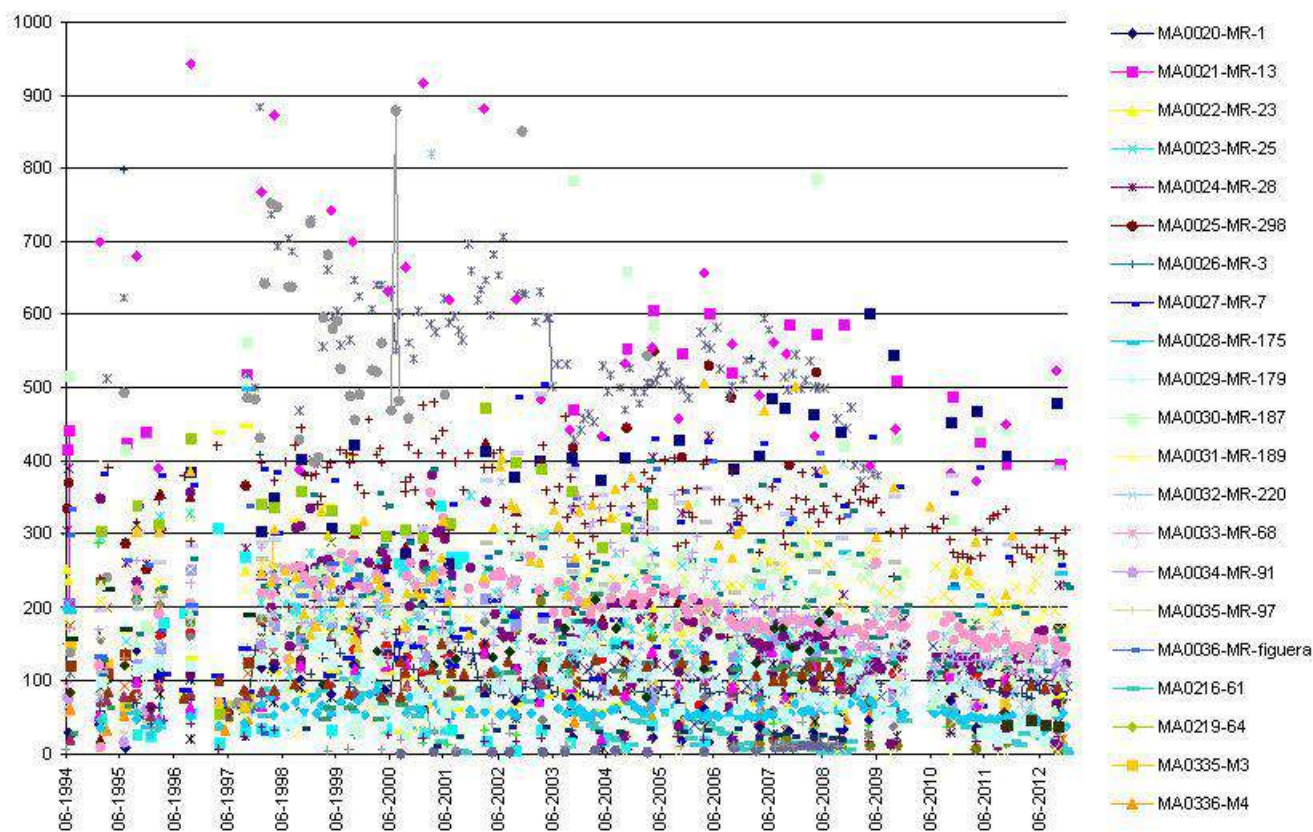


GOVERN DE LES ILLES BALEARS
Conselleria d'Agricultura, Medi Ambient i Territori
Direcció General de Recursos Hídrics
mg/l NO₃

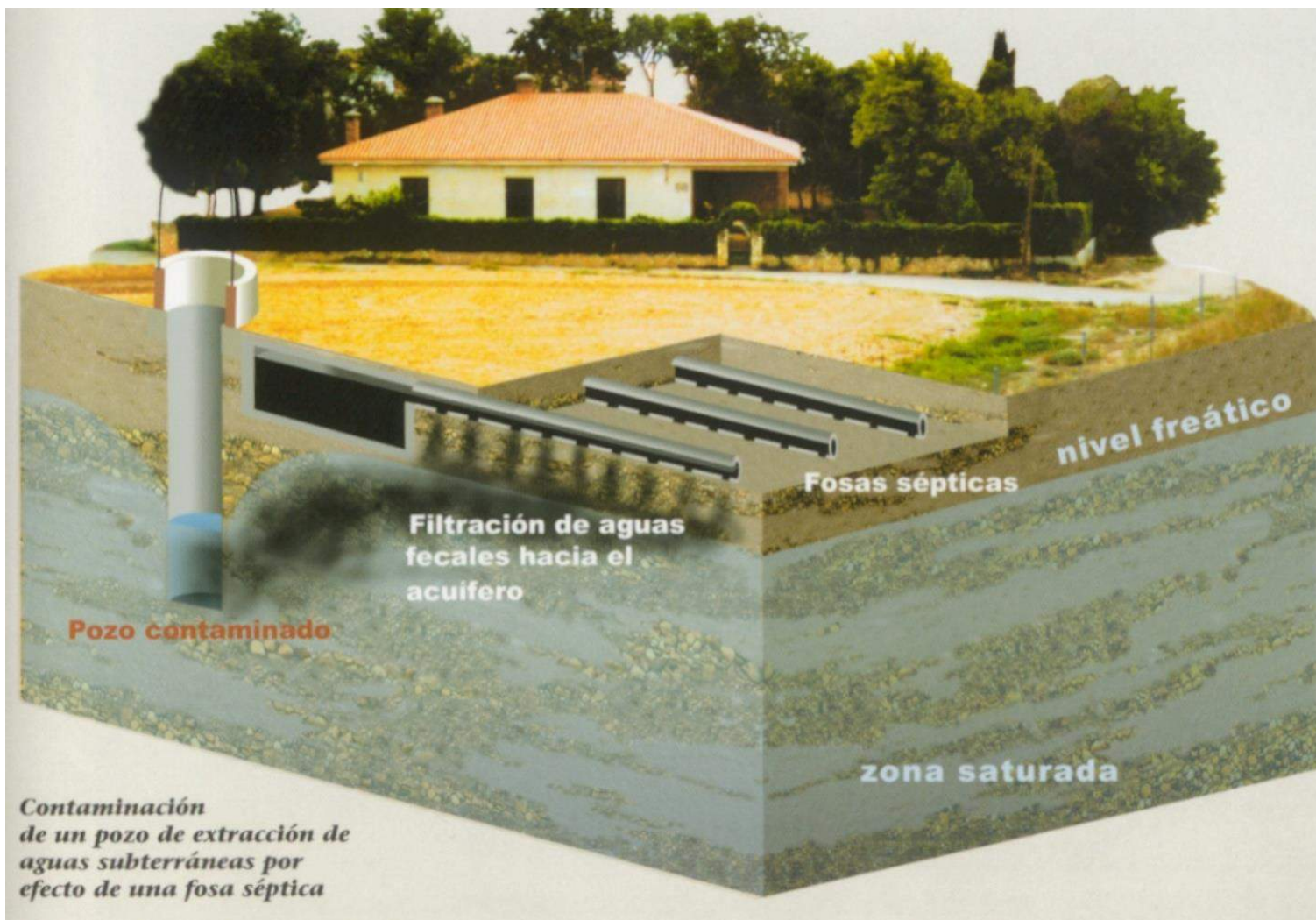
SERVEI D'ESTUDIS I PLANIFICACIÓ. GRÀFIC PER MASSA

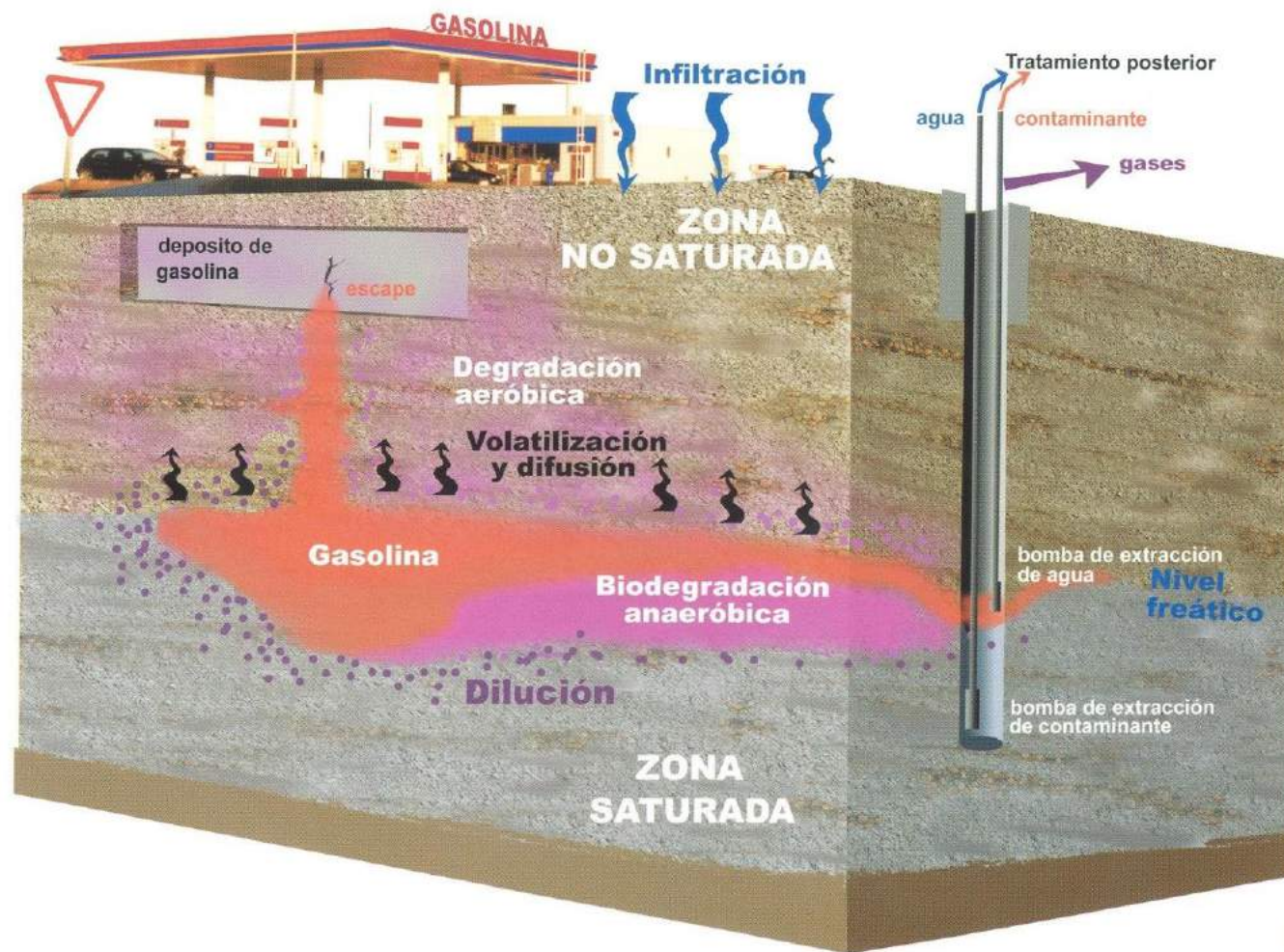
MASSA: 1811M1

PARÀMETRE: NITRATS









Recuperación, mediante un pozo de extracción, de un acuífero contaminado por la fuga de carburante de un depósito enterrado de hidrocarburos

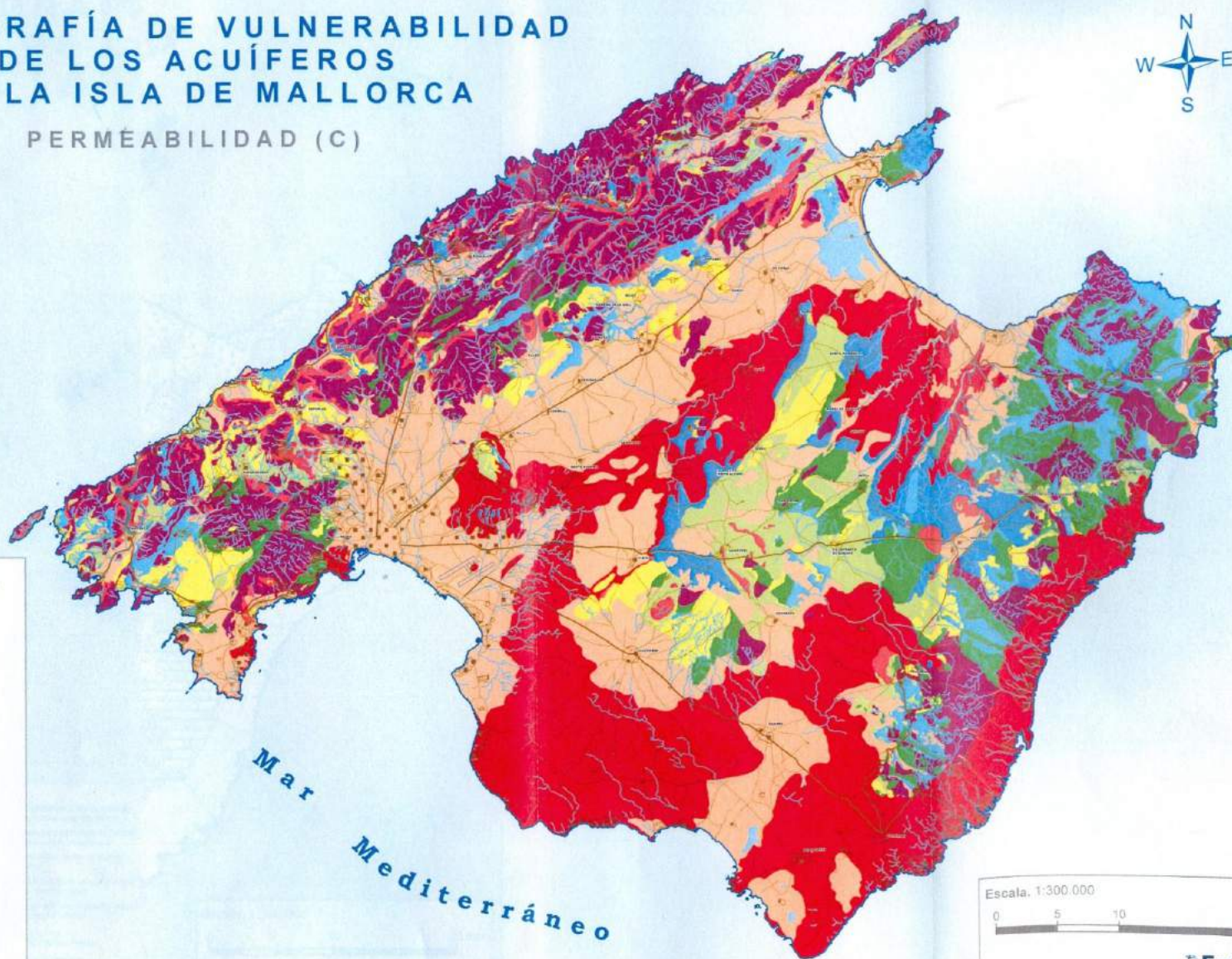
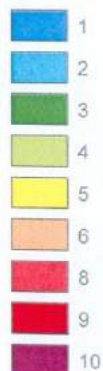


CARTOGRAFÍA DE VULNERABILIDAD DE LOS ACUÍFEROS DE LA ISLA DE MALLORCA

PERMEABILIDAD (C)



Valores del parámetro
C de DRASTIC



Escala: 1:300.000

0 5 10 20 K

Eptisa
ROTUNDO

CONTAMINACIÓN ANTRÓPICA

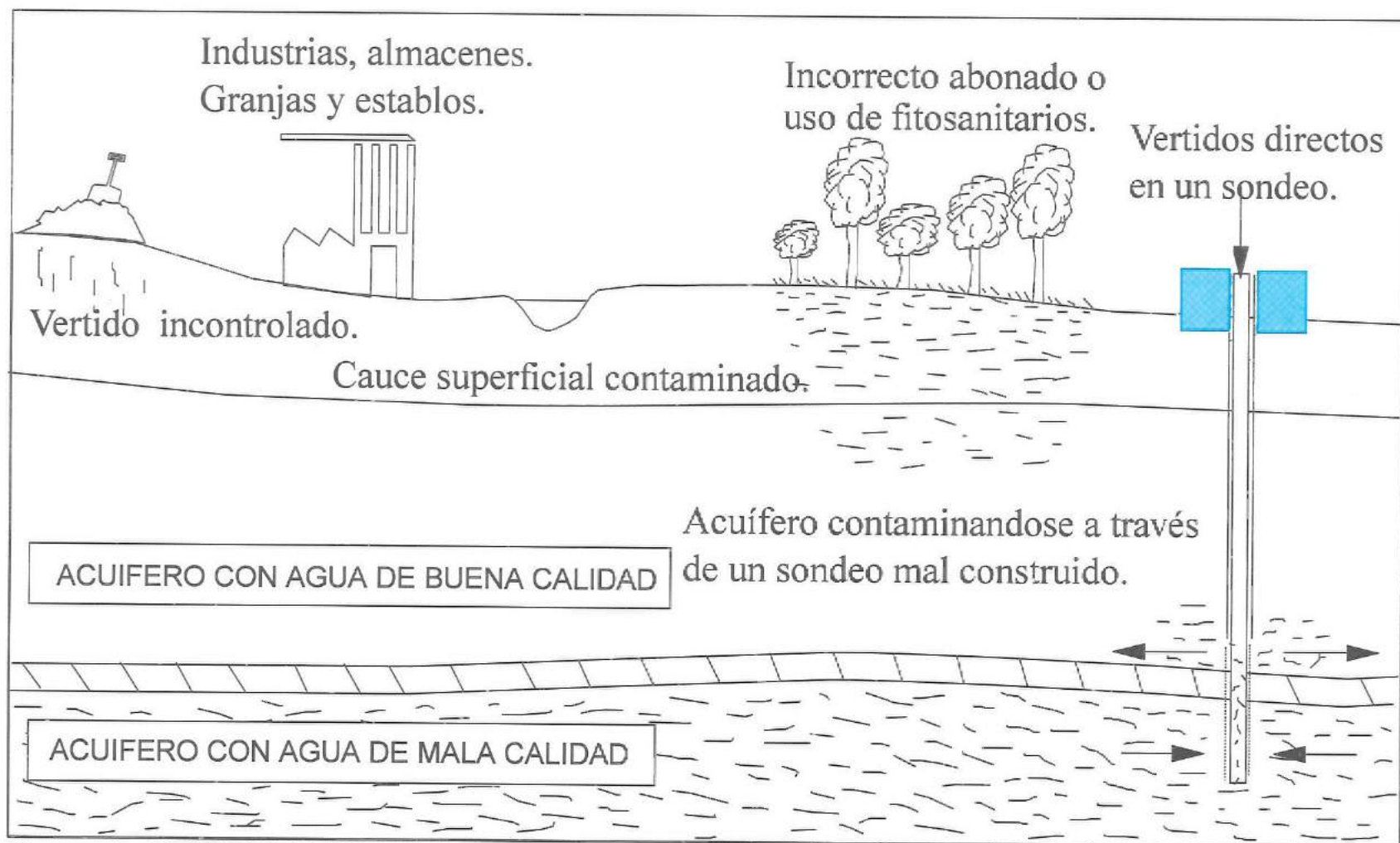


Figura 1. PRINCIPALES FOCOS DE CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS.

CONTAMINACIÓN A TRAVÉS DE LOS POZOS

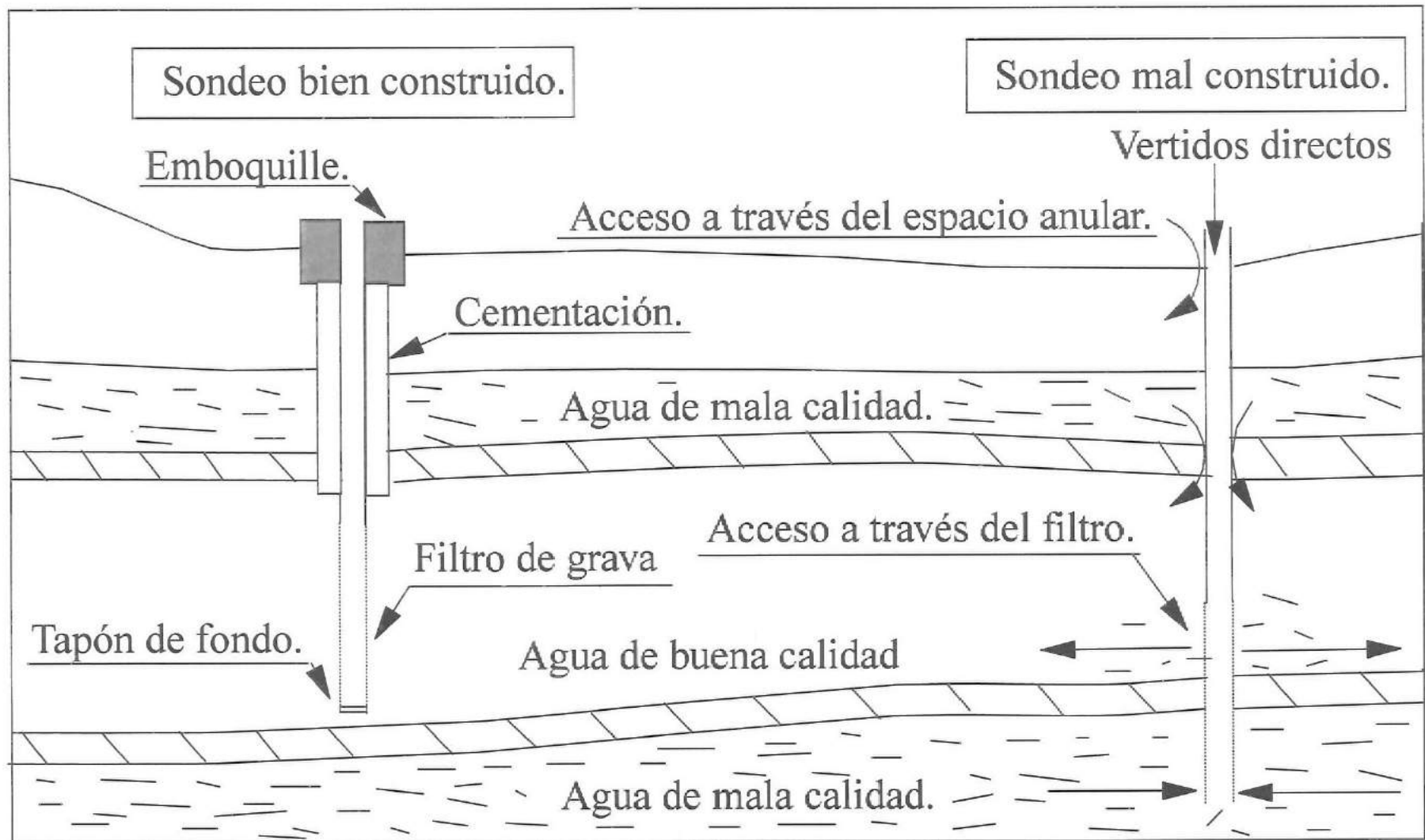


Figura 2. IMPORTANCIA DE LA CORRECTA CONSTRUCCIÓN DE LOS SONDEOS.

MANTENIMIENTO DE CAPTACIONES

- Es fundamental un mantenimiento adecuado y continuo de los pozos de abastecimiento, las consecuencias de no hacerlo pueden tener un gran coste social y económico.
- Un ejemplo reciente de ello: Lluçmajor, julio de 2010.



Tubería extraída del Pozo de Son Verí nº 1 (Lluchmajor)



Deficiente mantenimiento

Pozo de Son Verí nº 1 (Lluchmajor)



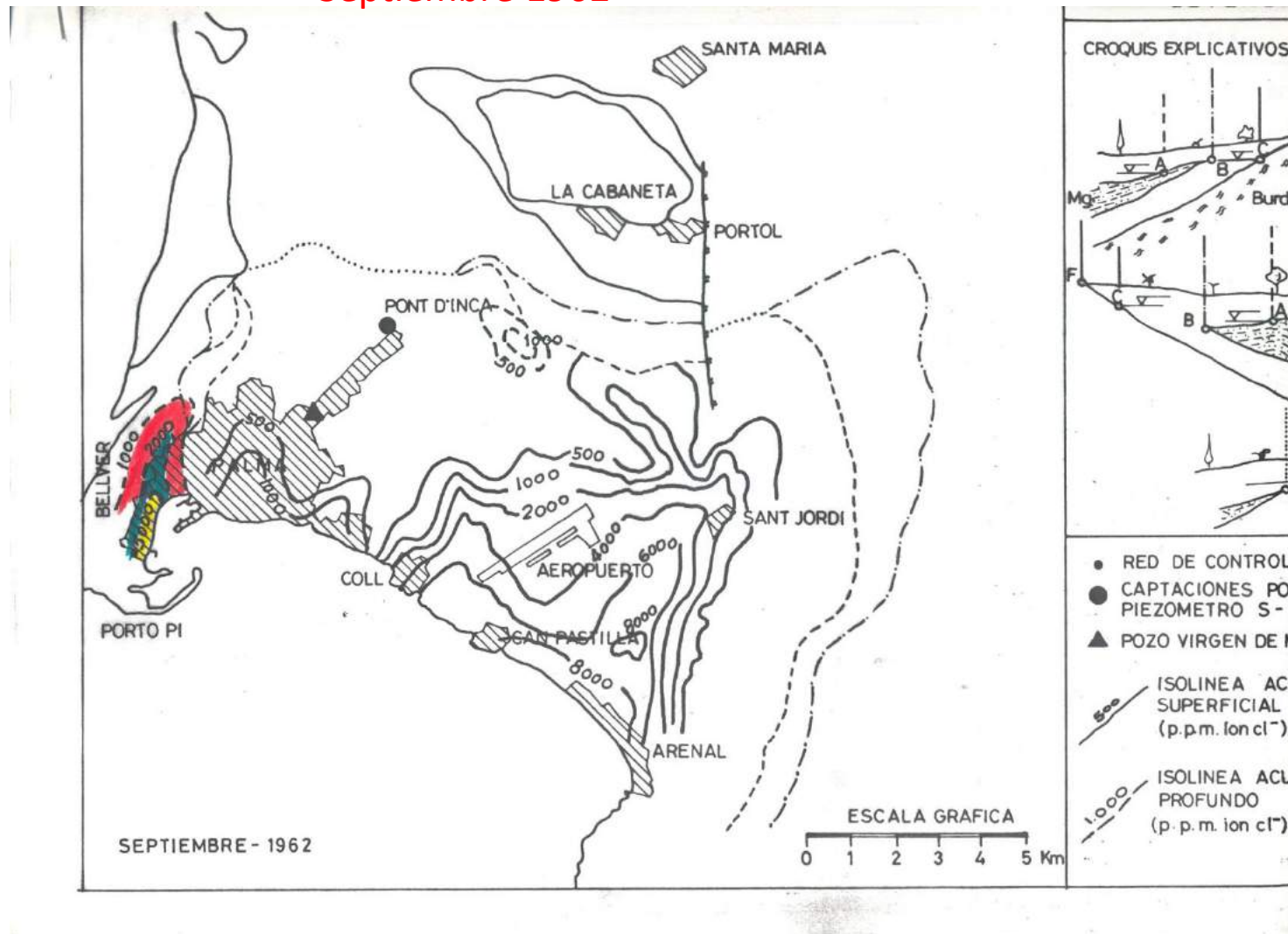
MANTENIMIENTO ADECUADO:

Pozo de Ses Lletres (LLUBI)

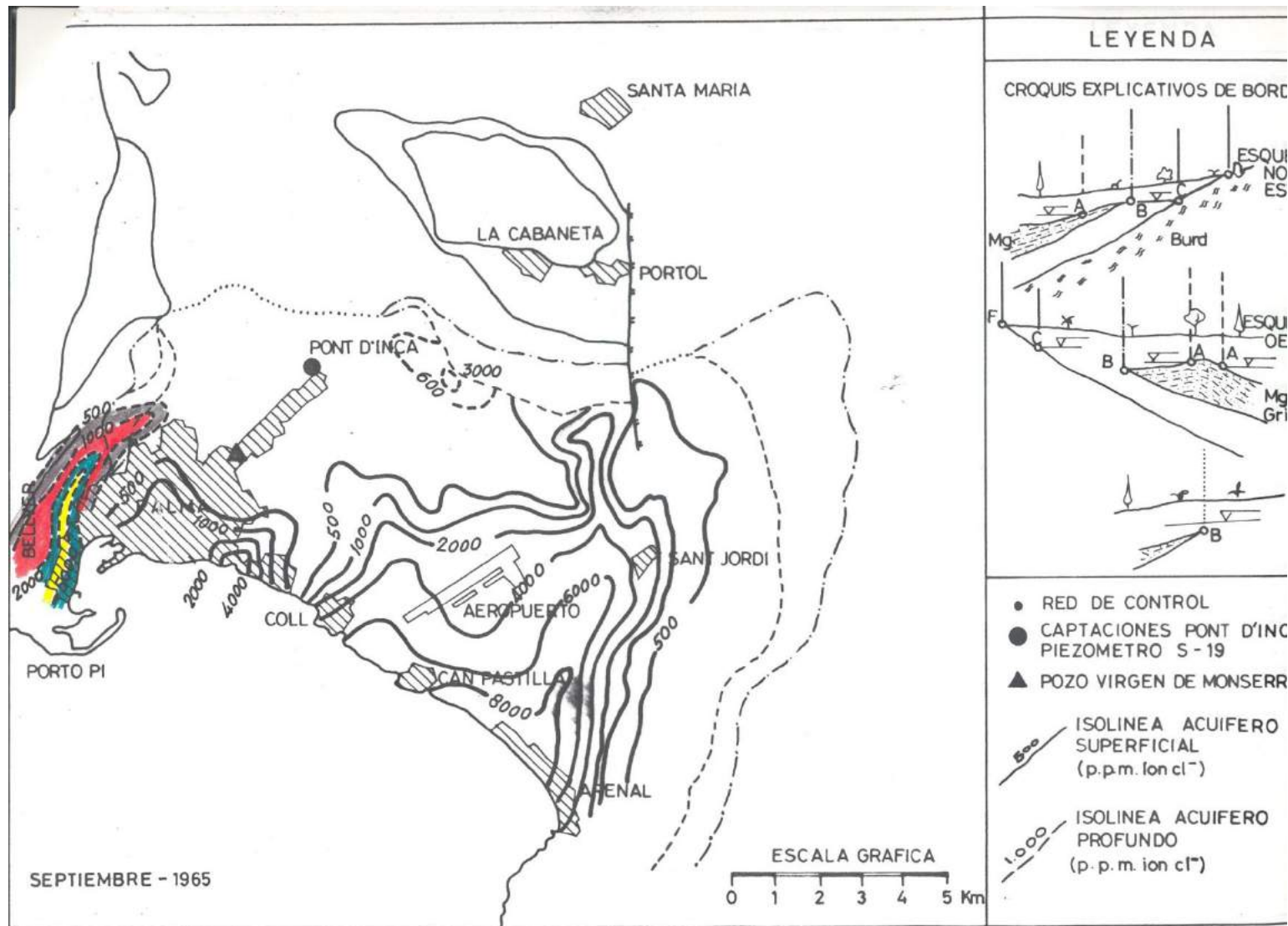


Intrusión marina: contaminación del acuífero de Pont d'Inca

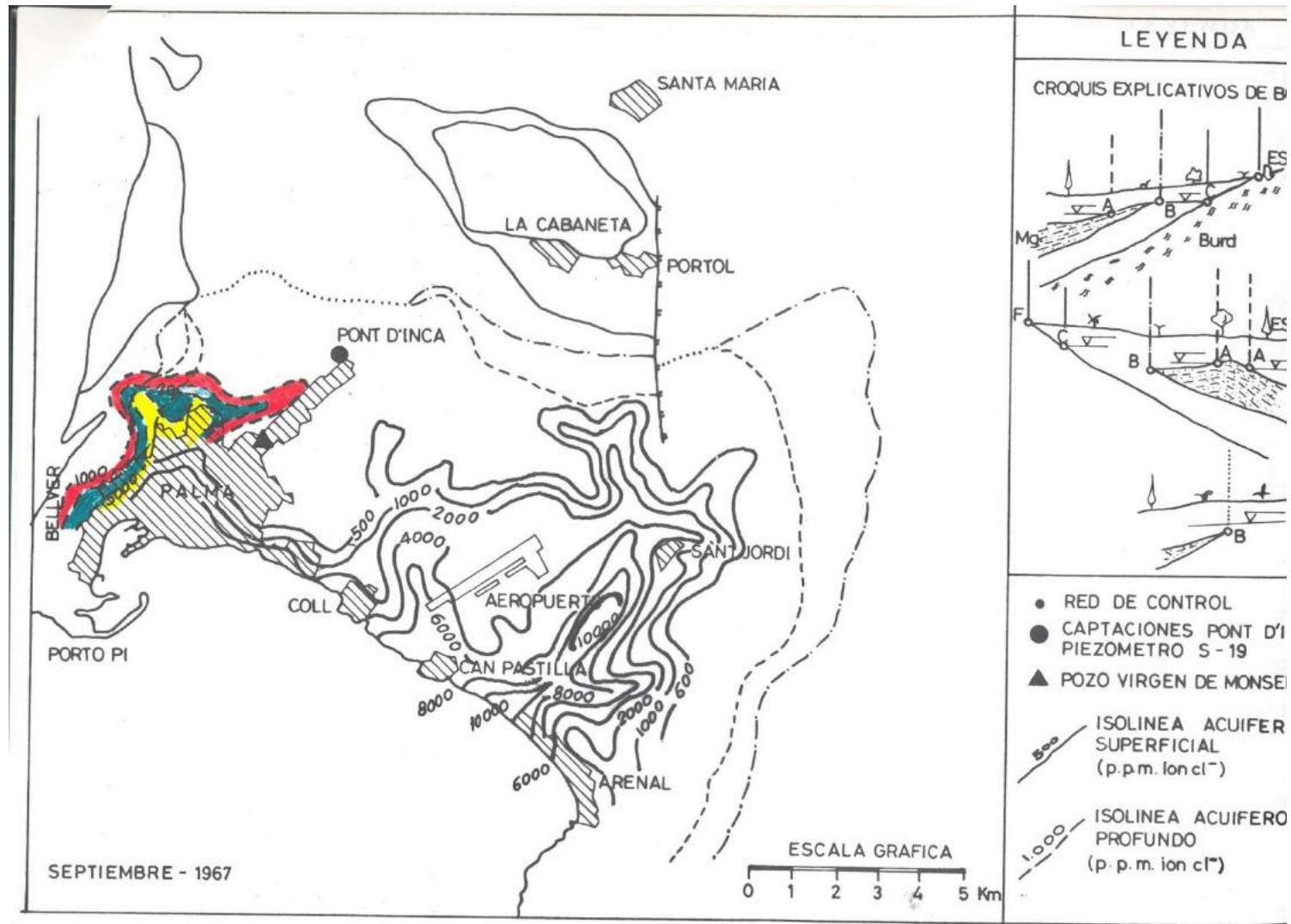
Septiembre 1962



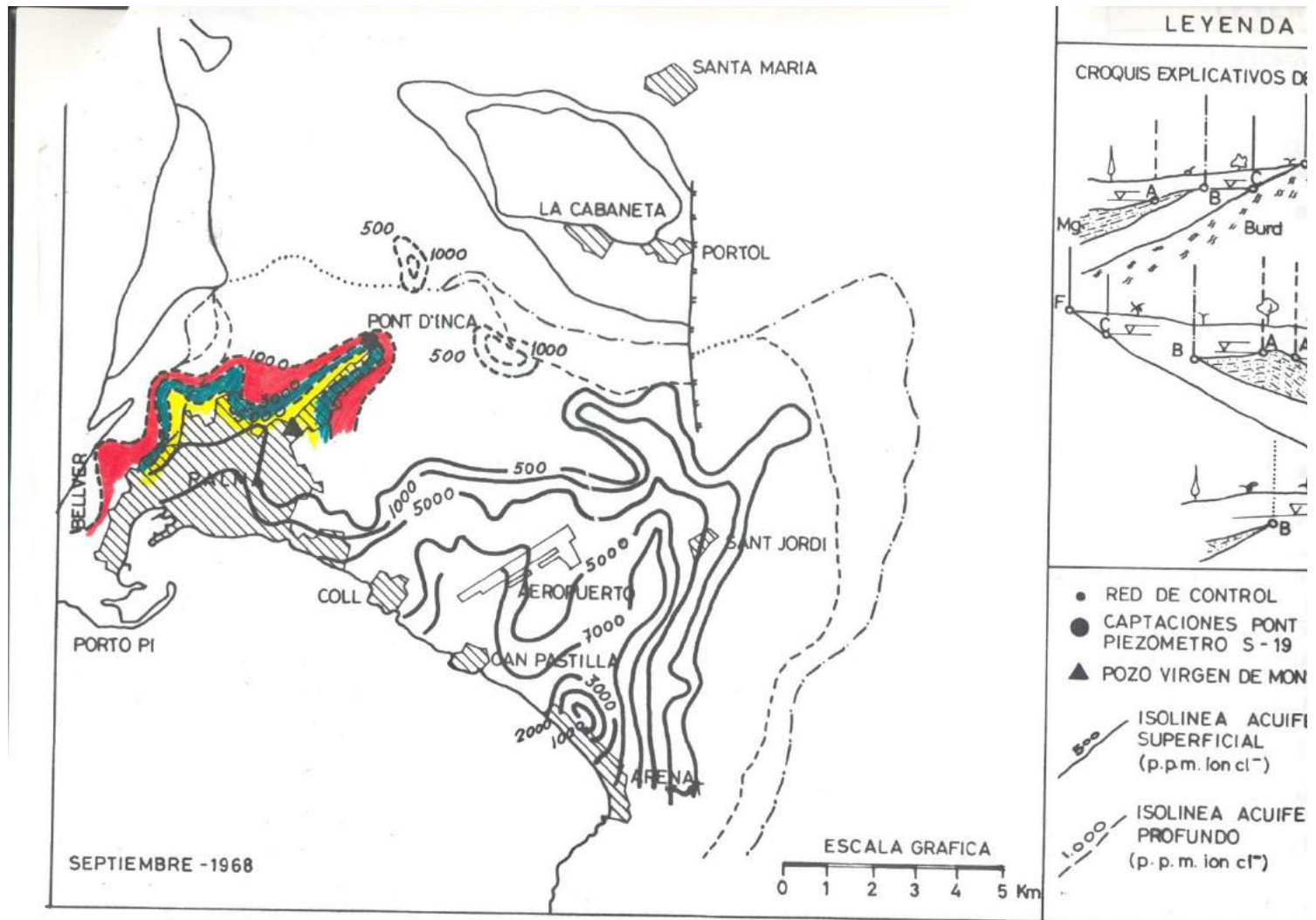
Septiembre 1965



Septiembre 1967



Septiembre 1968



¡Gracias por vuestra atención!