



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE ECONOMÍA, INDUSTRIA  
Y COMPETITIVIDAD



Instituto Geológico  
y Minero de España



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE AGRICULTURA Y PESCA,  
ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE

CONFEDERACIÓN  
HIDROGRÁFICA  
DEL JÚCAR, O.A.

**JORNADA PRESENTACIÓN DEL PLAN ESPECIAL DE SEQUÍA DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR**

**DETECCIÓN DE LA SEQUÍA Y DE LA ESCASEZ Y  
EVALUACIÓN DE SU INTENSIDAD**

**SEQUÍAS Y AGUAS SUBTERRÁNEAS**

**Bruno J. Ballesteros Navarro**

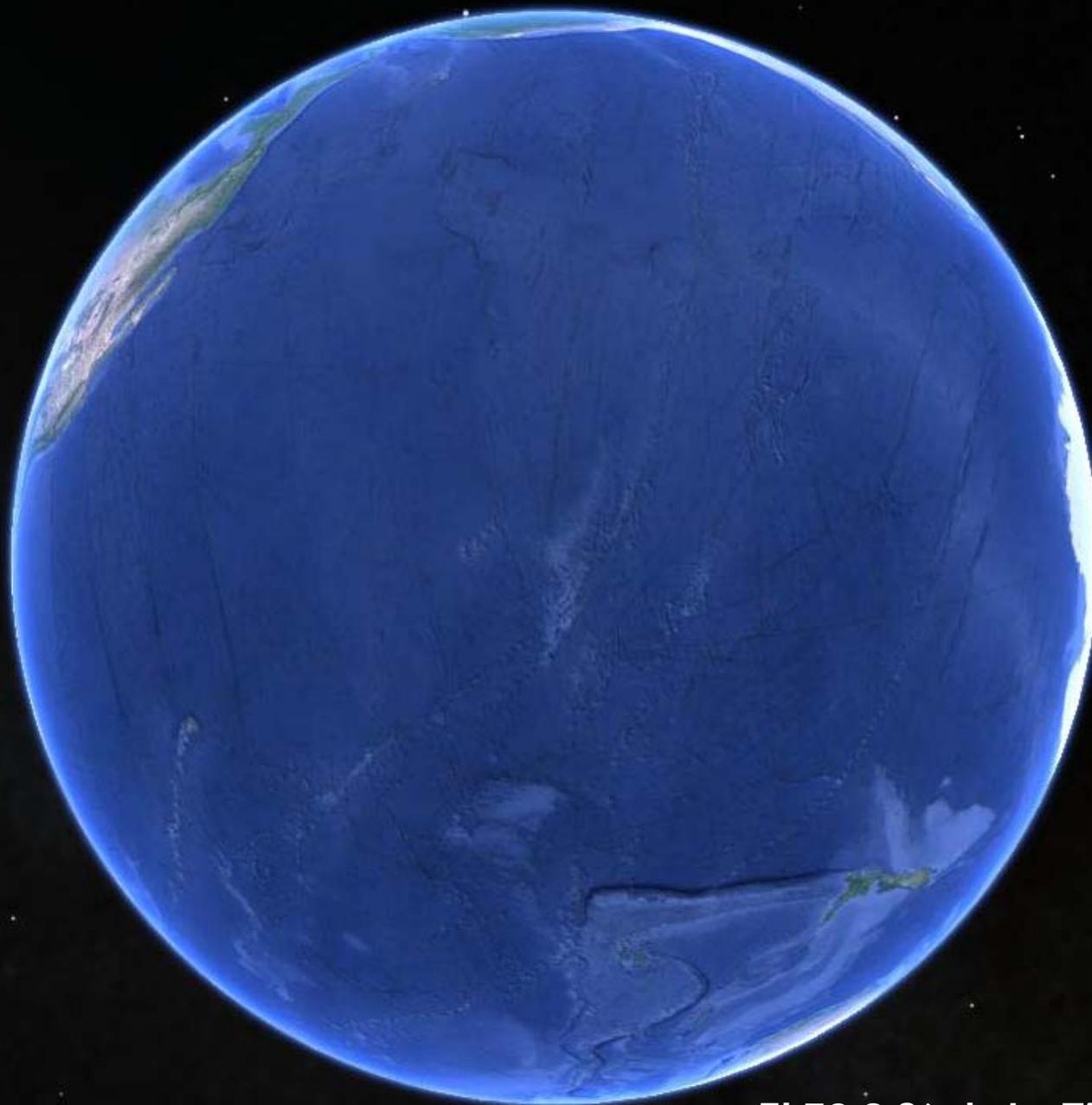
**Unidad de Valencia  
Instituto Geológico y Minero de España**



**LA TIERRA**

**EL PLANETA DEL AGUA**





El 70,8 % de La Tierra es agua



## SEQUÍA

- 150 definiciones
- Definición común: situación en la que falta de agua
- Origen: escasez de precipitaciones

## PLANES ESPECIALES DE SEQUÍA

- Determinación y análisis de parámetros significativos para su caracterización
- Elaboración de ÍNDICES
- Diagnóstico de la situación
- Medidas de mitigación de sus efectos (medidas de gestión)

En la DHJ (2º PES): Mejora apreciable respecto al primer PES (ÍNDICES, análisis climático, medidas ...)

## TIPOS DE SEQUÍA

Meteorológica

Edáfica o agronómica

Hidrológica

(Hidrogeológica)

(Socio-económica)

## INDICADOR DE ESCASEZ (PES, DHJ). PARÁMETROS

- Precipitación
- Volumen embalsado
- Aportación estaciones de aforo
- Aportación entrada embalse
- Evolución niveles piezométricos

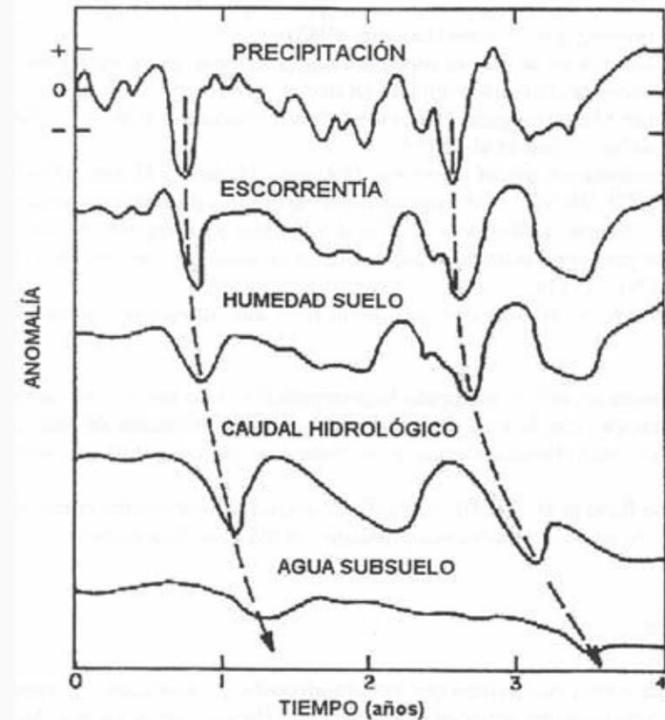
Refleja el estado de la disponibilidad de los recursos hídricos en función de los usos comprometidos (ponderación de parámetros)

Se ajusta adecuadamente al objetivo perseguido: **la gestión hidrológica**

Caracteriza una tipología de sequía distinta a las consideradas hasta ahora:

**SEQUÍA OPERATIVA**

(Entekhabi et al.1992)



## LAS SEQUÍAS EN LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

- 23 % de meses (18 % Marina Baja a 28 % Bajo Júcar): SEQUÍA PROLONGADA
- Las sequías son situaciones recurrentes y (hasta cierto punto) previsibles (cada 10 años aprox. 2 a 3 años de sequía)

### EL CAMBIO CLIMÁTICO. EFECTOS

- Periodos secos tienden a incrementarse en el tiempo
- Estudios de la OECC, CEH, CEDEX (2012, 2017): Reducción 12 % de recursos naturales (año 2033)



**Las sequías no son un suceso “especial” o extraordinario  
Tratarlas sólo como un evento coyuntural (PES) no es suficiente**



## ALGUNAS PREGUNTAS SOBRE LAS SEQUÍAS

**Sequía:** Situación de escasez de agua para el fin al que habitualmente es destinada de forma natural o artificial (para los usos que habitualmente satisface, naturales o antrópicos)

¿ Realmente falta agua ?

¿Cuánta agua hay?

¿ La aprovechamos de forma adecuada y disponemos de los medios para ello?



Determinación del volumen actual de los recursos hídricos en la  
Demarcación Hidrográfica del Júcar

## VOLUMEN ACTUAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LA DHJ

- Aguas almacenadas (embalses)
- Aguas circulantes (ríos y canales)
- Aguas acumuladas lagos y zonas húmedas
- Aguas subterráneas



### AGUAS EN SUPERFICIE (visibles)

Embalses (25,44 % de 3.307 hm<sup>3</sup>)

849 hm<sup>3</sup>

Ríos

103 hm<sup>3</sup>

Lagos y zonas húmedas

21 hm<sup>3</sup>

---

Total (aguas en superficie):

973 hm<sup>3</sup> (aprox. 1.000 hm<sup>3</sup>)

**Determinación del volumen actual de los recursos hídricos en la  
Demarcación Hidrográfica del Júcar**

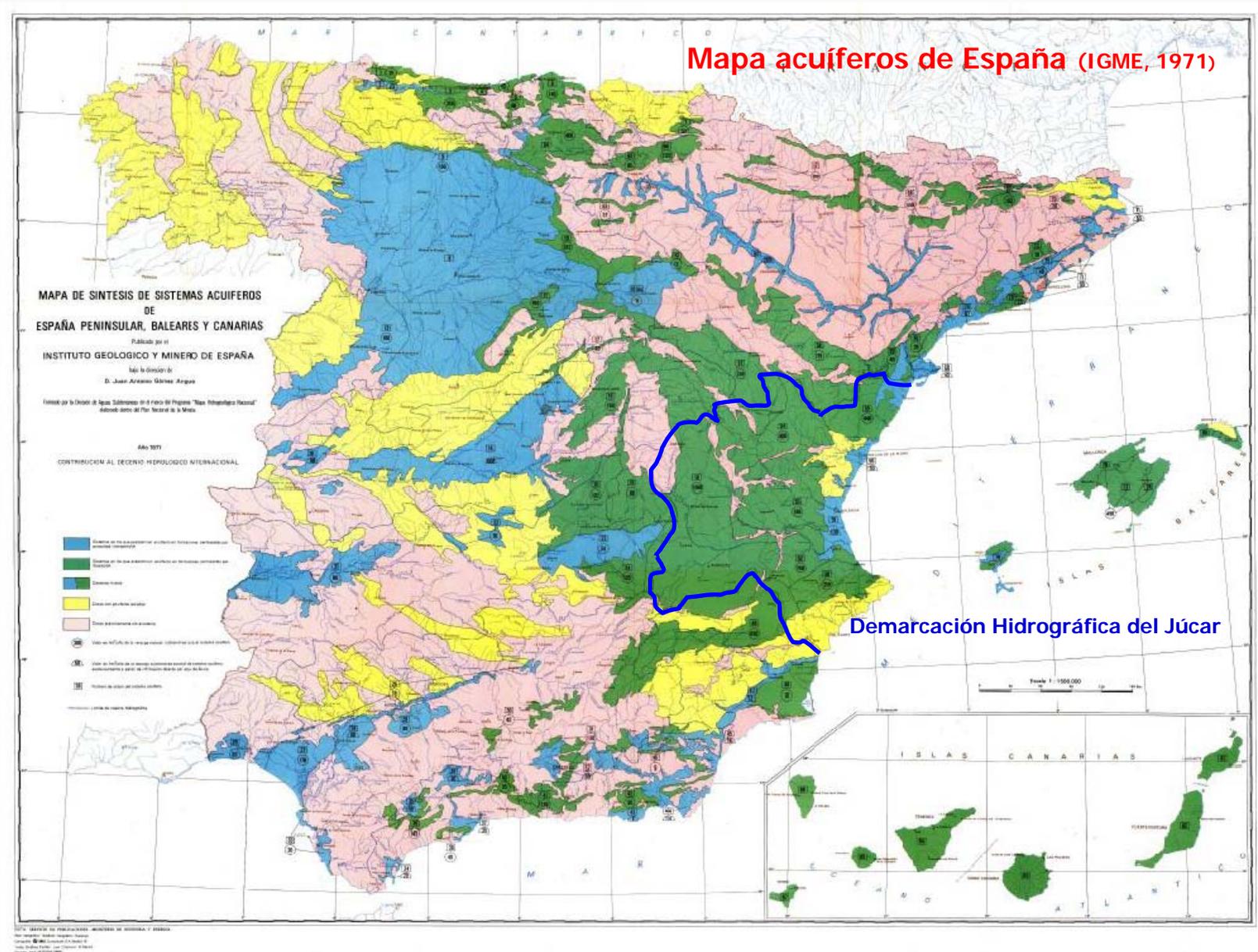
**Total recursos superficiales (visibles): 1.000 hm<sup>3</sup>**

**Seleccionar respuesta a la cuestión:**

**Los recursos subterráneos (no visibles), respecto a los existentes en  
superficie (visibles), en volumen son :**

- |    |                       |                         |
|----|-----------------------|-------------------------|
| A) | la mitad              | 500 hm <sup>3</sup>     |
| B) | equivalentes          | 1.000 hm <sup>3</sup>   |
| C) | dos veces más         | 2.000 hm <sup>3</sup>   |
| D) | cuatro veces más      | 4.000 hm <sup>3</sup>   |
| E) | ocho veces más        | 8.000 hm <sup>3</sup>   |
| F) | superior a ocho veces | > 8.000 hm <sup>3</sup> |

**Alguna información....** Mayor parte de la superficie de la DHJ ocupada por acuíferos



## VOLUMEN ACTUAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LA DHJ



Masas de Agua Subterránea (PHJ 2015-2021)

Más datos...

Superficie total cuenca: 42.832 km<sup>2</sup>

Superficie acuíferos: 40.520 km<sup>2</sup>



- Un gran volumen de recursos subterráneos
- Intensa relación río-acuífero



Recursos renovables: 3.432 hm<sup>3</sup>/a

- 71 % aguas subterráneas: 2.437 hm<sup>3</sup>/a
- 29 % agua superficiales: 995 hm<sup>3</sup>/a



**Determinación del volumen actual de los recursos hídricos en la  
Demarcación Hidrográfica del Júcar**

**Total recursos superficiales (visibles): 1.000 hm<sup>3</sup>**

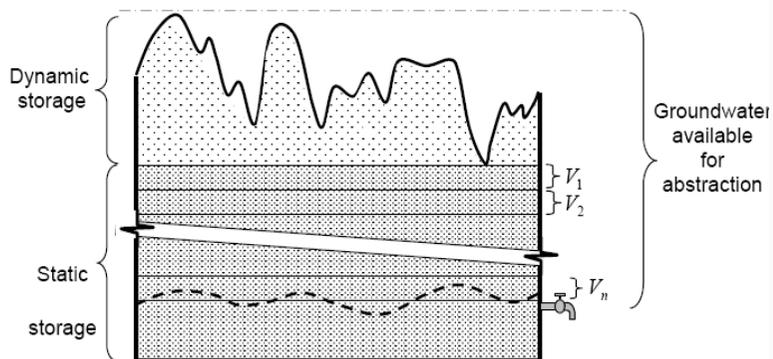
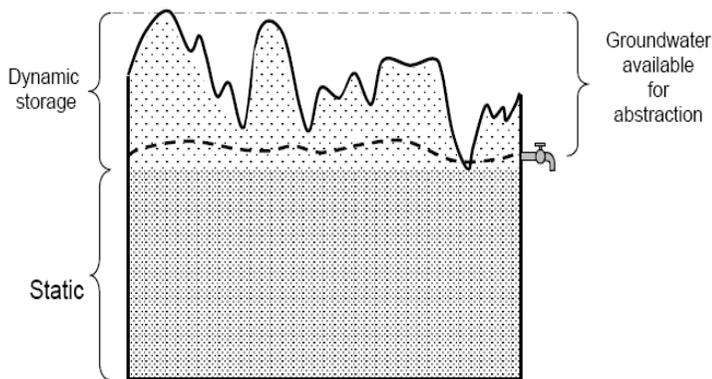
**Reconsiderar respuesta a la cuestión:**

**Los recursos subterráneos (no visibles), respecto a los existentes en  
superficie (visibles), en volumen son :**

- |    |                       |                         |
|----|-----------------------|-------------------------|
| A) | la mitad              | 500 hm <sup>3</sup>     |
| B) | equivalentes          | 1.000 hm <sup>3</sup>   |
| C) | dos veces más         | 2.000 hm <sup>3</sup>   |
| D) | cuatro veces más      | 4.000 hm <sup>3</sup>   |
| E) | ocho veces más        | 8.000 hm <sup>3</sup>   |
| F) | superior a ocho veces | > 8.000 hm <sup>3</sup> |



## VOLUMEN ACTUAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LA DHJ



### Aguas subterráneas

Superficie total cuenca: 42.832 km<sup>2</sup>  
Superficie acuíferos: 40.520 km<sup>2</sup> (95 %)



**Volumen reservas aguas subterráneas**  
**18.000 hm<sup>3</sup>**

**18 veces el volumen visible**  
(estimación más conservadora = 6 veces demandas)

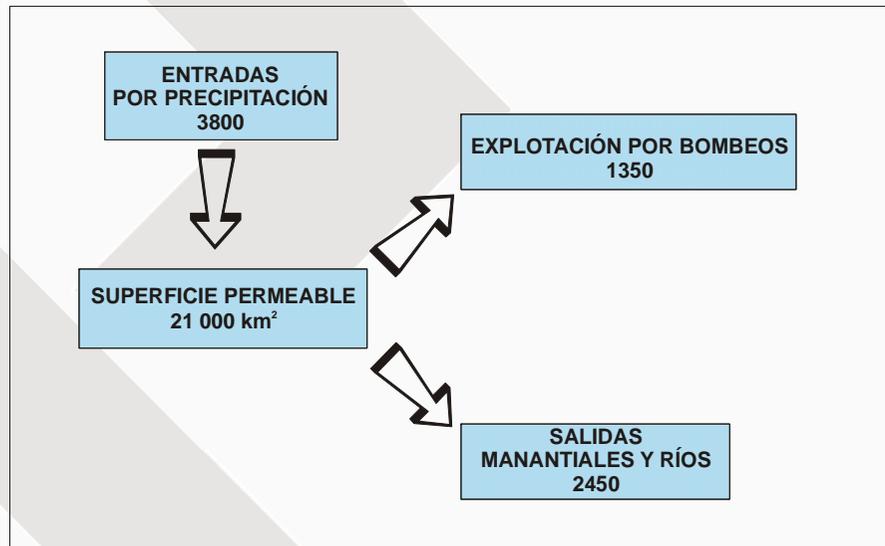
**Volumen reservas aguas subterráneas**  
**hasta 80.000 hm<sup>3</sup>**

**hasta 80 veces el volumen visible**  
(estimación menos conservadora = 25 veces demandas)

## VOLUMEN ACTUAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LA DHJ

### ANÁLISIS COMPARATIVO CON OTRAS CUENCAS Y ESTUDIOS

**Informe:** "Incorporación de las aguas subterráneas a los sistemas de abastecimiento con aguas superficiales como recurso complementario en situaciones de emergencia (Convenio IGME-Agencia Andaluza del Agua, 2006)"



### DEMARCACIÓN GUADALQUIVIR

Superficie acuíferos : 21.000 km<sup>2</sup>

Reservas subterráneas (200 m): **40.000 hm<sup>3</sup>**

(4 veces capacidad embalses: 10.000 hm<sup>3</sup>)

### DEMARCACIÓN JÚCAR

Superficie acuíferos: 40.520 km<sup>2</sup>

Reservas subterráneas: **18.000 a 80.000 hm<sup>3</sup>**

(5,5 a 24 veces capacidad embalses: 3.307 hm<sup>3</sup>)

## VOLUMEN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL MUNDO

ESTIMACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN LA HIDROSFERA<sup>1</sup>

Volumen (hm <sup>3</sup> x 10 <sup>6</sup> )	% del agua total del planeta	% respecto del total de agua dulce	Tiempo medio de residencia	
Océanos y mares..... 1 338 000	97,5	—	2500 años	
Glaciares y casquetes polares..... 24 064	1,74	68,7	9700 años	
Aguas subterráneas dulces .....	10 530	0,76	30,1	decenas a miles de años
Lagos de agua dulce....	91,0	0,007	0,26	17 años
Lagos de agua salada ..	85,4	0,006		150 años
Ríos .....	2,12	0,0002	0,006	15-20 días
Biomasa.....	1,12	0,0001	0,003	algunas horas
Atmósfera.....	12,9	0,001	0,04	8-10 días

<sup>1</sup> Shiklomanov, Igor A. (1997). Comprehensive assessment of the freshwater resources of the World. World Meteorological Organization, 88 pp.

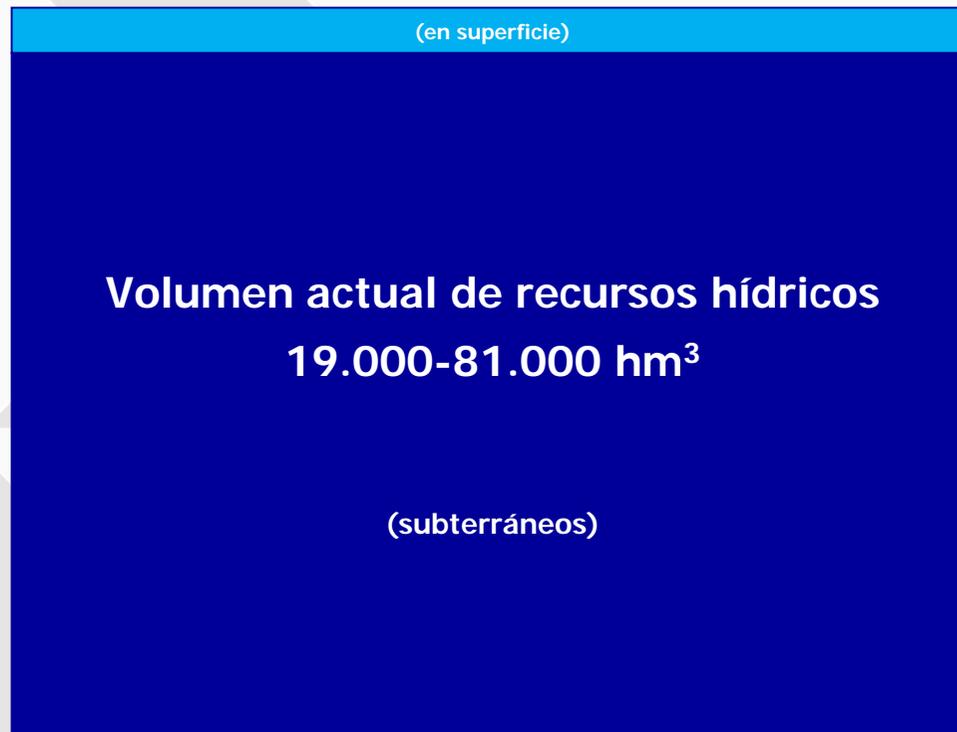
Aguas subterráneas : 30,1 %  
Ríos y lagos: 0,266 %

Asub/Asup: 100

## RECURSOS HÍDRICOS EN LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR

**Aguas en superficie: 1.000 hm<sup>3</sup>**

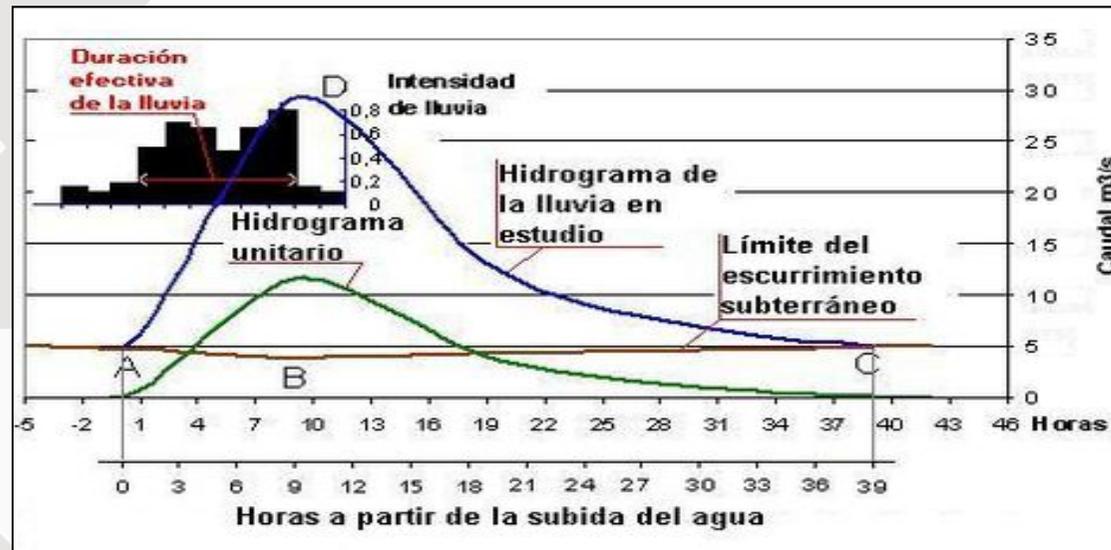
**Aguas subterráneas: 18.000-80.000 hm<sup>3</sup>**



**Recursos renovables: 3.432 hm<sup>3</sup>/a**  
**Demandas: 3.157 hm<sup>3</sup>/a**

## ALGUNAS CONCLUSIONES IMPORTANTES SOBRE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Aguas subterráneas: Constituyen el caudal base de los ríos y de las zonas húmedas. Mantienen la mayoría de los ecosistemas acuáticos continentales (especialmente en zonas áridas y semiáridas)





## ALGUNAS CONCLUSIONES IMPORTANTES SOBRE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

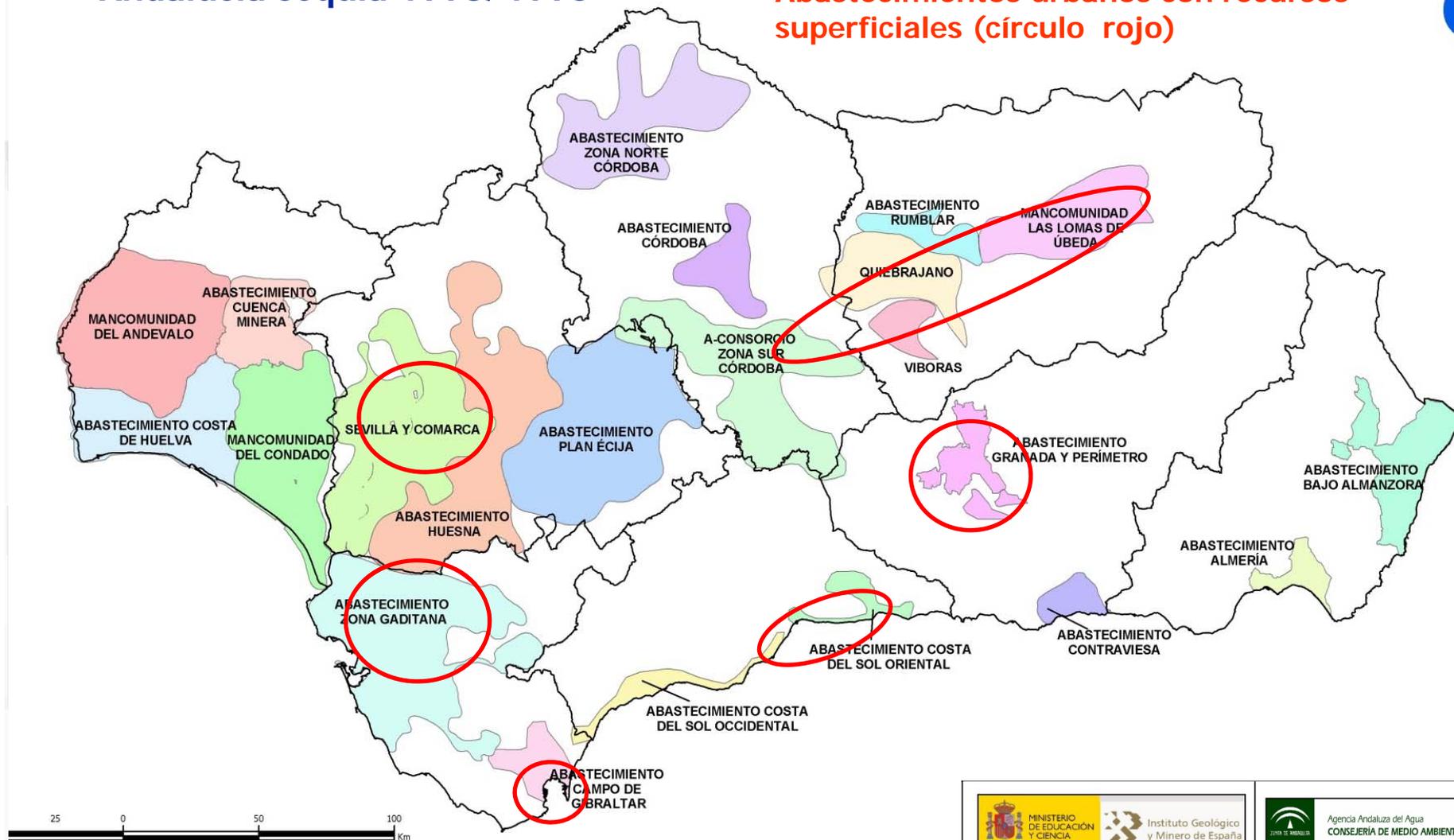
“Los acuíferos en la planificación hidrológica son elementos de regulación natural” (> tiempo de residencia)



Cuencas mediterráneas (z. áridas/semiáridas) **vivimos gracias a las aguas subterráneas**

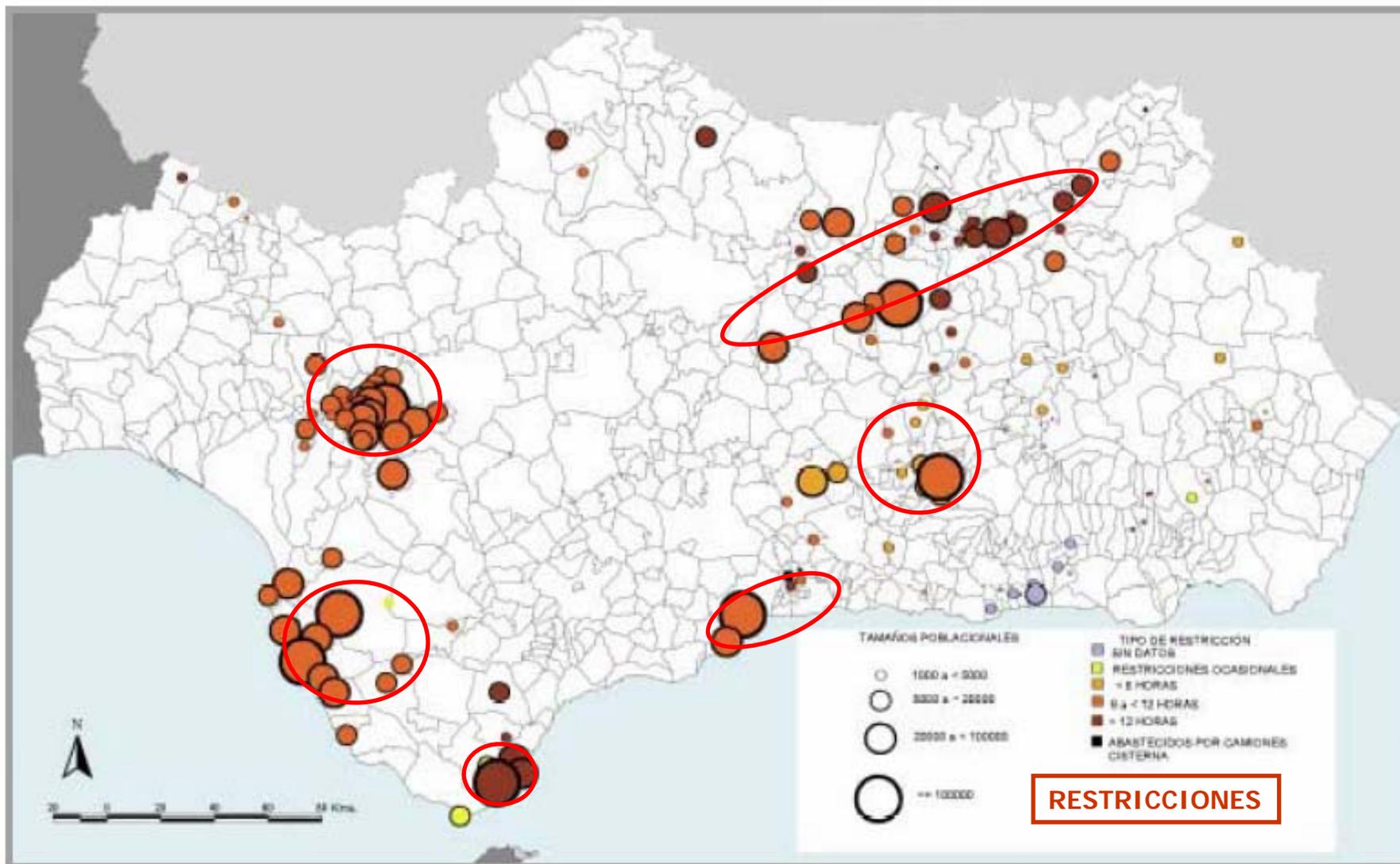
## Andalucía sequía 1993/1995

Abastecimientos urbanos con recursos superficiales (círculo rojo)



## Andalucía sequía 1993/1995

## Abastecimientos urbanos con recursos superficiales



## SITUACIÓN EN EUROPA

Utilización de agua subterránea para uso urbano muy superior en Europa

Dinamarca: 99 %

Austria: 99 %

Italia: 88 %

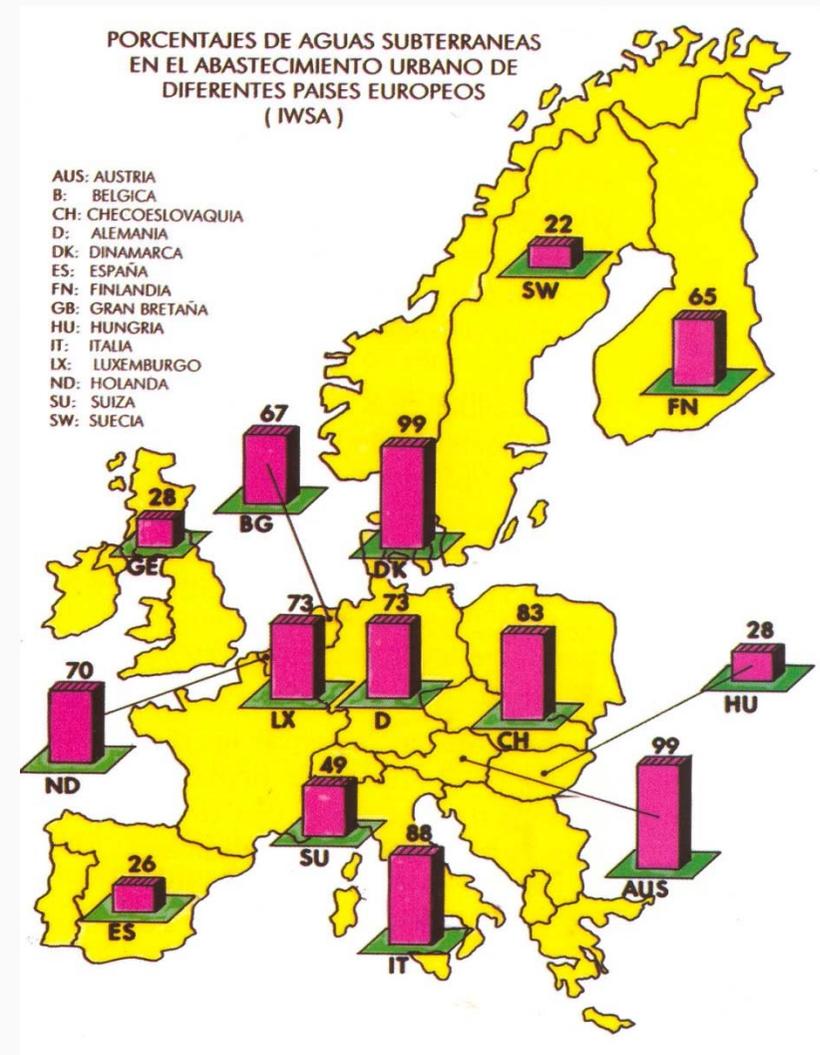
Alemania: 73 %

.....

España: 26 %

### ¿Porqué?. Algunas razones:

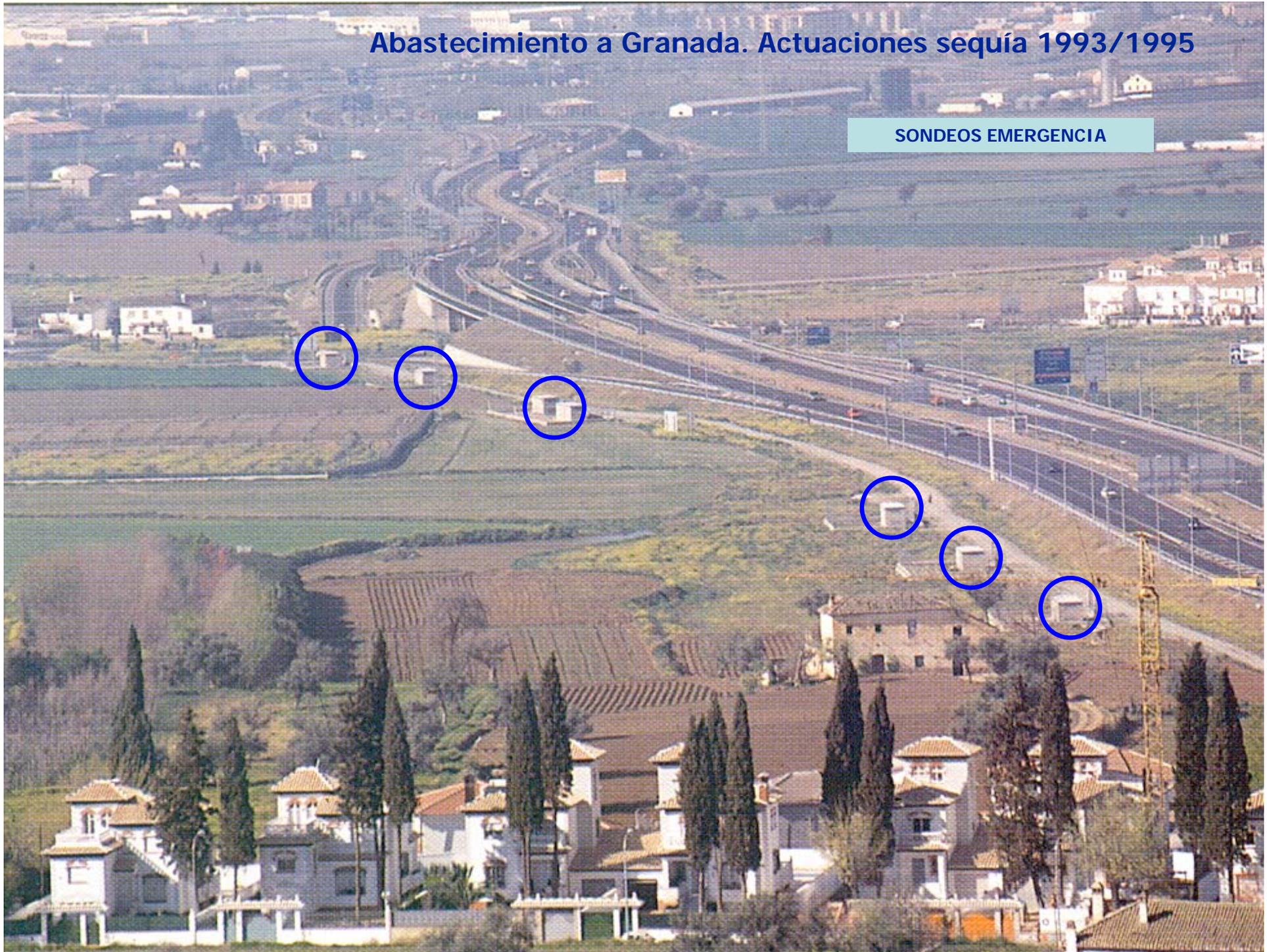
- Ahorro en redes de transporte
- Ahorro en tratamiento (filtradas): <ss y elementos nocivos ...
- Mayor garantía (sequías)





# Abastecimiento a Granada. Actuaciones sequía 1993/1995

SONDEOS EMERGENCIA





## ACTUACIONES DE SEQUÍA

**Extracciones por sequía: 38,7 hm<sup>3</sup> (abril-nov. 2006)**  
**Sin efectos negativos apreciables sobre piezometría y calidad**

**ACUÍFERO:**

**PLANA DE VALENCIA SUR**

**Mes:**

**OCTUBRE**

**Año:**

**2006**

SECTOR DE EXPLOTACIÓN	VALORES MEDIOS			DIFERENCIAS OBSERVADAS						EXTRACCIONES EN CAPTACIONES DE SEQUÍA (m3)	
	Nivel piezométrico (msnm)	Conductividad (μS/cm)	Cloruros (mg/L)	N. piezom. (msnm)		Conductiv. (μS/cm)		Cloruros (mg/L)		Periodo	Total desde 30 sept-31 oct 06
				Con mes anterior (sept. 2006)	Con medida inicial (abr/jul 06)	Con mes anterior (sept. 2006)	Con medida inicial (abr/jul 06)	Con mes anterior (sept. 2006)	Con medida inicial (abr/jul 06)		
BENIFAYÓ	48.73	1.361	115	-0.52	-0.84	-12	66	-6	4	80.640	130.662
ALBUFERA SUR	7.02	1.157	93	-0.22	-0.73	-6	-265	-2	-25	701.295	3.794.521
ALGEMESÍ	9.89	664	41	-0.45	-0.96	8	-823	2	-77	428.099	4.122.731
GUADASSUAR	13.81	1.060	88	-0.23	-0.94	85	-140	8	0	828.480	4.754.618
BENIMUSLEM	13.82	901	128	-0.41	-0.80	-13	-141	-6	-2	985.478	6.488.604
ALBALAT	9.36	987	141	-0.11	-0.31	-17	-56	-5	-1	227.205	1.374.024
RIOLA	3.25	1.139	113	-0.59	-0.55	4	sd	-2	sd	23.700	1.447.752
CARLET	6.79	sd	sd	0.42	-2.56	sd	sd	sd	sd	100.800	648.900
CULLERA	3.40	1.284	159	0.25	1.00	-36	-244	2	-40	459.699	3.290.701
ESCALONA-ALBERIQUE	20.51	987	117	0.53	-0.76	-98	-78	-9	7	335.112	4.897.885
ESCALONA-CÁRCER	21.07	*	*	0.38	-0.81	*	*	*	*	217.527	217.527
CAPTACIONES AISLADAS										0	0
<b>VALOR MEDIO SECTORES</b>	<b>14.33</b>	<b>1.060</b>	<b>111</b>	<b>-0.09</b>	<b>-0.75</b>	<b>-9</b>	<b>-210</b>	<b>-2</b>	<b>-17</b>		
<b>VALOR MEDIO ACUÍFERO</b>	<b>12.70</b>	<b>1.283</b>	<b>146</b>	<b>0.41</b>	<b>-1.13</b>	<b>-231</b>	<b>-279</b>	<b>2</b>	<b>-7</b>		
<b>TOTALES EXTRACCIONES DE SEQUÍA</b>										<b>4.388.035</b>	<b>31.167.925</b>

## MASub Plana de Valencia Norte y Sur

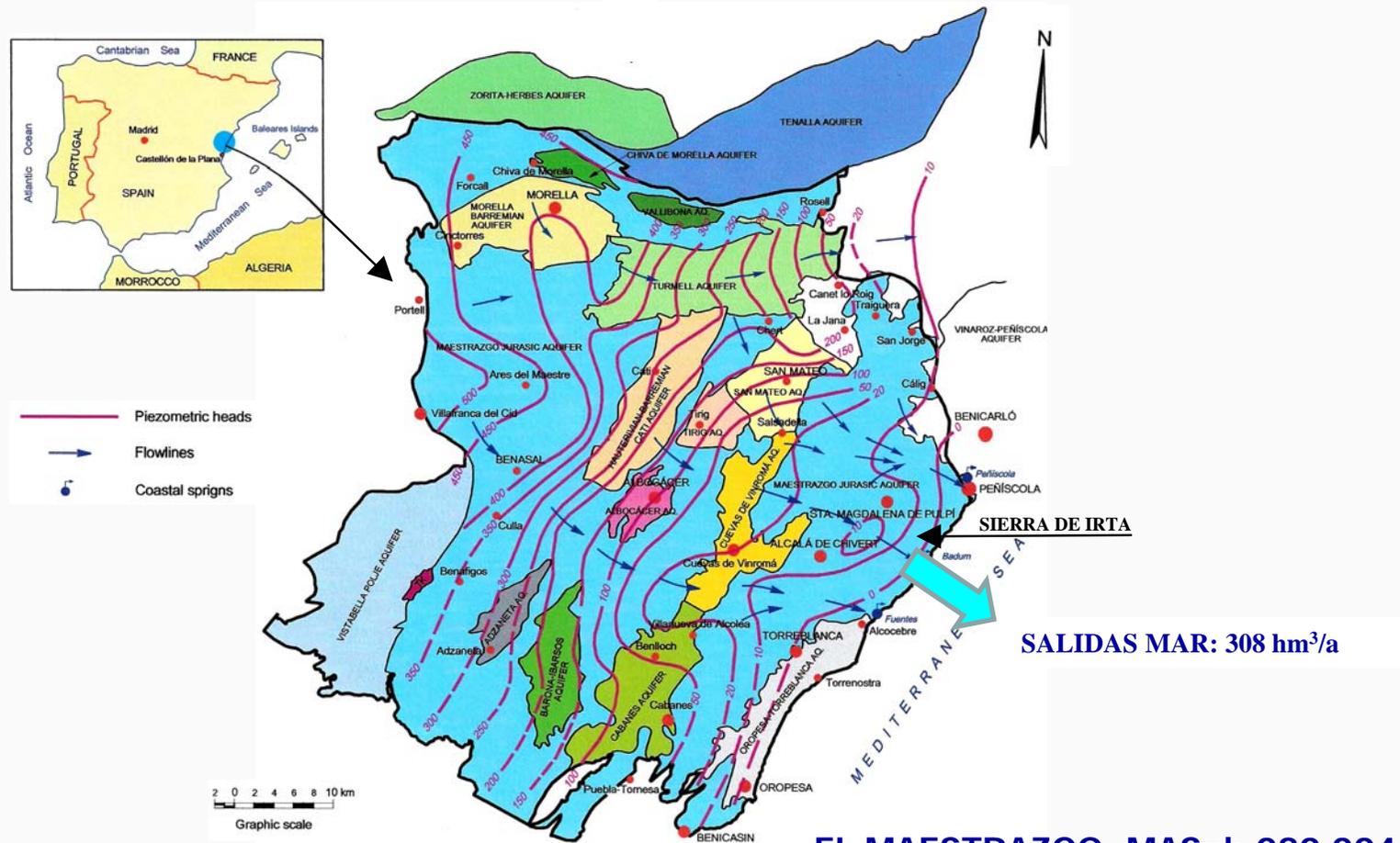
Recursos renovables: 409,2 hm<sup>3</sup>/a  
Recursos disponibles: 303,0 hm<sup>3</sup>/a

Flujos ambientales: 106,0 hm<sup>3</sup>/a  
Bombeos: 105,8 hm<sup>3</sup>/a

Recursos disponibles - Bombeos: 197,2 hm<sup>3</sup>/a

Reservas hídricas subterráneas  
3.528 hm<sup>3</sup>

# OTROS ACUÍFEROS DE INTERÉS ESTRATÉGICO PARA USO EN SEQUÍAS



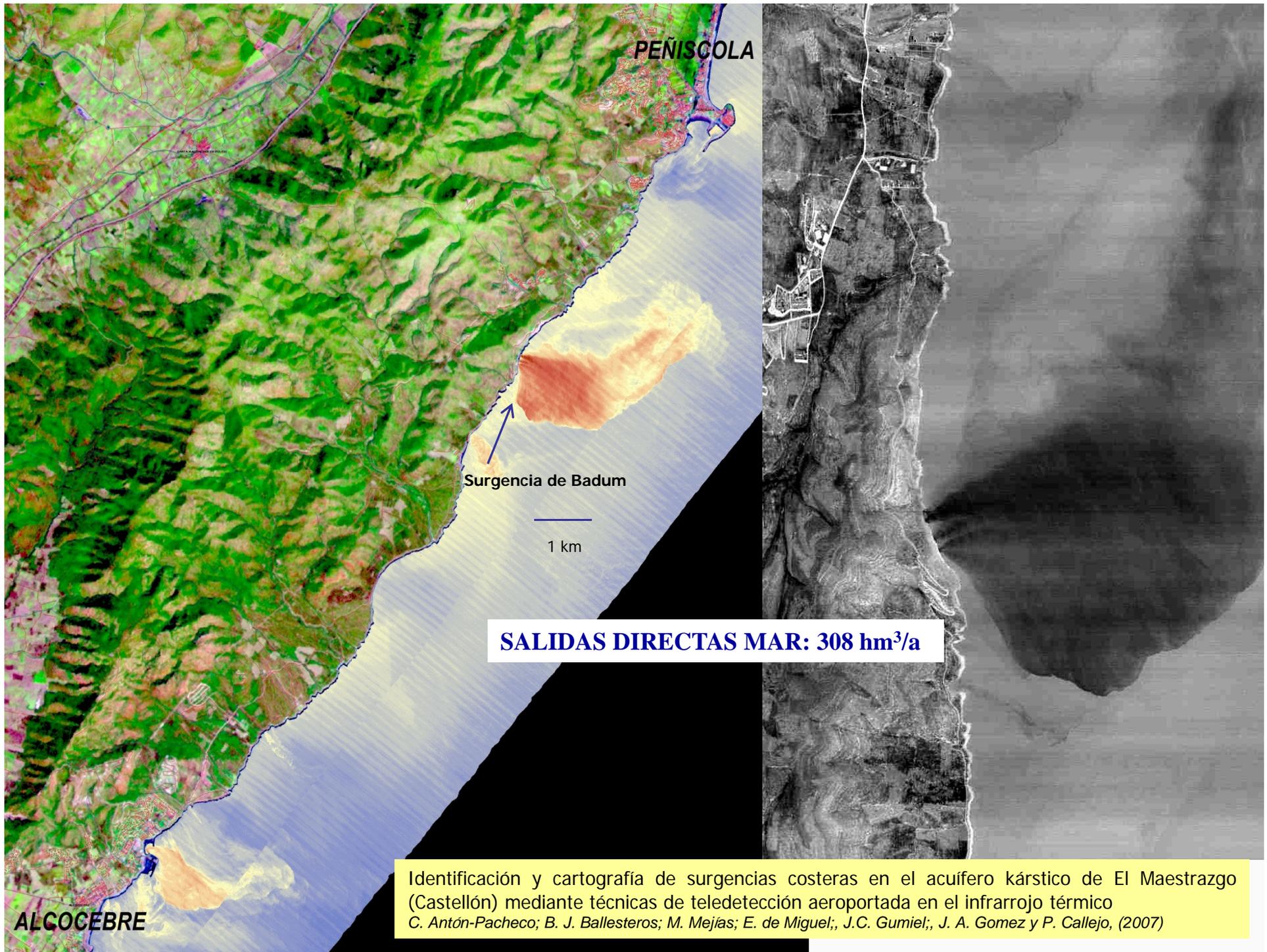
**EL MAESTRAZGO: MASub 080.004 y 008**  
*(Ballesteros et al., 2006)*

**Recursos renovables: 394 hm<sup>3</sup>/a**

**Bombes: 20 hm<sup>3</sup>/a (5%). Recursos remanentes: 374 hm<sup>3</sup>/a**

**Recursos disponibles= (Recursos renovables -Recursos medioambientales (intrusión y marjalerías)**

**Reservas: 2.556 hm<sup>3</sup>**



**SALIDAS DIRECTAS MAR: 308 hm<sup>3</sup>/a**

Identificación y cartografía de surgencias costeras en el acuífero kárstico de El Maestrazgo (Castellón) mediante técnicas de teledetección aeroportada en el infrarrojo térmico  
C. Antón-Pacheco; B. J. Ballesteros; M. Mejías; E. de Miguel; J.C. Gumiel; J. A. Gomez y P. Callejo, (2007)



## ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE LOS EFECTOS DE LAS SEQUÍAS Y LAS MEDIDAS DE EMERGENCIA

- Sistemas basados en recursos superficiales: **mucho más vulnerables frente a las sequías** que los basados en recursos subterráneos
- Actuaciones de emergencia: captación de aguas subterráneas con importantes volúmenes **sin efectos negativos apreciables**
- Falta de **previsión e improvisación** actuaciones de emergencia. Problemas de coordinación, saturación del mercado de perforación, etc..
- Elevada capacidad de **recuperación de los acuíferos** tras la sequía



## ALGUNAS PREGUNTAS SOBRE LOS RECURSOS SUBTERRÁNEOS

**¿ Se pueden aprovechar todos estos recursos?**

**NO**

Hay que respetar aspectos medioambientales, caudales ecológicos, salidas al mar, evitar sobreexplotación e intrusión salina...

**¿Se pueden aprovechar en parte?**

**SI**

Recursos renovables: no todos (sólo "recursos disponibles")

Reservas: sólo de forma COYUNTURAL (sequías) o bien planificada

**¿Cuánto podemos aprovechar ?**

Para su determinación se necesita:

- Conocer mejor los acuíferos: estudios, sondeos, redes de observación, modelación ...)
- Controlar evolución piezométrica y calidad (antes, durante y después de explotaciones coyunturales)



## ALGUNAS REFLEXIONES SOBRE LAS SEQUÍAS

- Las sequías deben combatirse cuando llueve (antes de que se produzcan)
- Lo importante no son las sequías (suceso seguro), sino estar preparado para afrontarlas: disponer de sistemas e instrumentos adecuados (infraestructuras)
- Las sequías no son situaciones excepcionales o especiales: conveniencia de ser abordadas en la planificación hidrológica general (en la actualidad sólo en parte) desde una visión estructural
- El uso de las aguas subterráneas es un elemento clave para resolver situaciones de emergencia



## ALGUNAS REFLEXIONES SOBRE LAS SEQUÍAS

- La mitigación de los efectos de las sequías a medio/largo plazo implica un marco de actuación superior a los PES (que son planes de gestión con adopción de soluciones de emergencia)
- Las previsiones futuras (cambio climático) hacen muy recomendable la elaboración de planes específicos para evitar sus efectos (en la DHJ déficit para dentro de 15 años)

Recursos naturales actuales DHJ (1980/81-1911/12): 3.432 hm<sup>3</sup>/a  
Recursos naturales en 2033 DHJ (-12 % cambio climático) : 3.020 hm<sup>3</sup>/a  
Demandas actuales en la DHJ: 3.157 hm<sup>3</sup>/a (Déficit: 137 hm<sup>3</sup>/a en 2033)

Plan Estratégico para la Mitigación de los  
Efectos de Sequía y del Cambio Climático  
(PEMESCC)



## PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA

**Principio:** “Satisfacción de cualquier demanda hídrica (justificada) mediante un análisis de alternativas donde las valoraciones técnica, económica, social, medioambiental y de garantía del recurso, independientemente de su origen, permitan la selección de la más adecuada”

El importante volumen de aguas subterráneas existente en la DHJ (intensa relación río-acuífero) puede ser aprovechado muy favorablemente para la optimización y regulación de los recursos hídricos (técnicas de uso conjunto), especialmente durante las sequías



*Una buena base científica es la mejor garantía para el correcto diseño y toma de decisiones en políticas ambientales y en la planificación hidrológica*

**Gracias por su atención**

