



1ª Jornada Técnica sobre Gestión de Recursos Hídricos:  
Las aguas subterráneas de Castellón

# Las aguas subterráneas en Castellón

## Contaminación de acuíferos

**Ignacio Morell**

Catedrático de Hidrogeología

Instituto Universitario de Plaguicidas y Aguas

Universitat Jaume I

*morell@camn.uji.es*

15 de abril de 2016



Primera parte

## Las aguas subterráneas en Castellón

Segunda parte

## La contaminación de acuíferos



# El agua en la hidrosfera



[www.cienciasdelatierra.blogspot.es](http://www.cienciasdelatierra.blogspot.es)

	% del agua total del planeta	% del total de agua dulce líquida
Aguas subterráneas dulces	0,76%	30,1%
Ríos	0,0002%	0,006%

Shiklomanov 1997. Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world

# El agua subterránea en el mundo

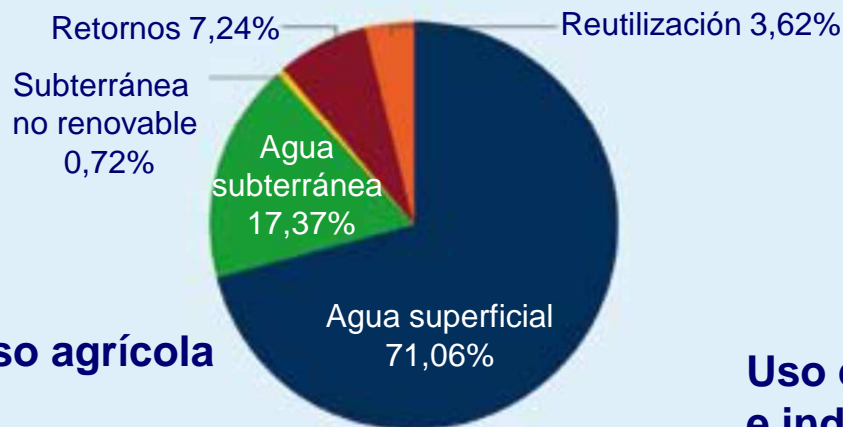
## Todos los usos



## Uso doméstico



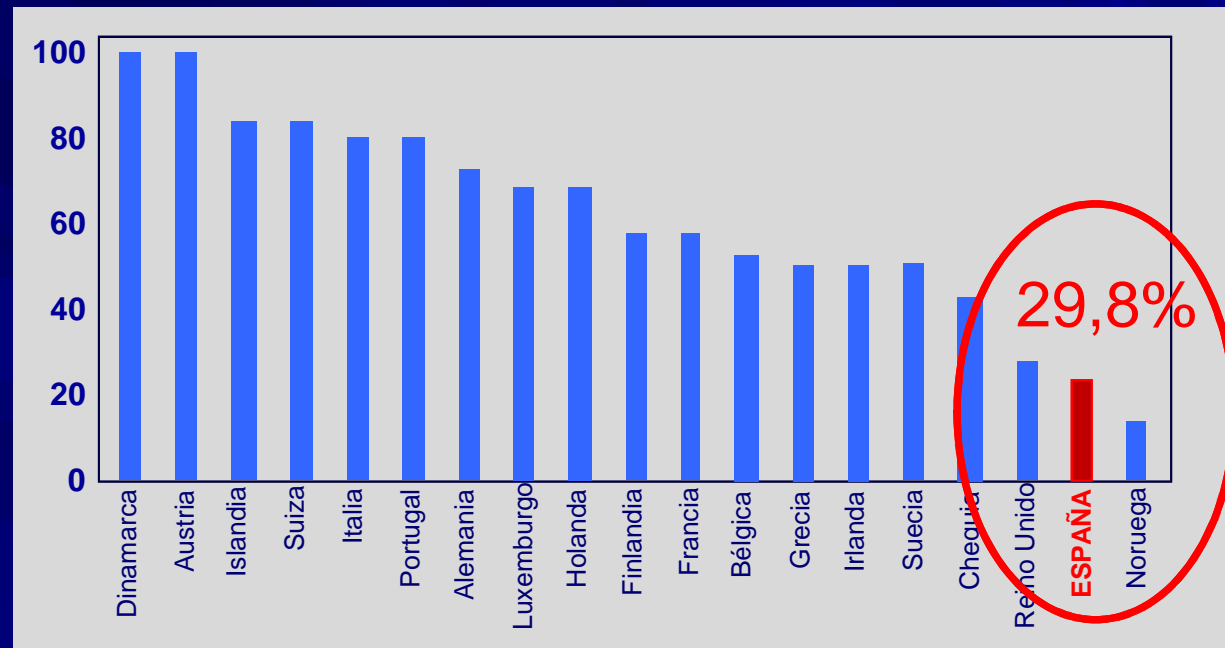
## Uso agrícola



## Uso energético e industrial



# Porcentaje de agua subterránea que se utiliza para abastecimiento urbano, en diferentes países europeos



Llamas et al (2001). Aguas subterráneas: retos y oportunidades

España 29,8% ↔ Castellón 100%

# Usos del agua en España

Cifras en hm<sup>3</sup>/año

Uso	Aguas superficiales	Aguas subterráneas	Total
Urbano	3300	1400	4700
Agrícola	20200	4300	24500
Energ – indust	535	890	1425

López-Geta et al (2000). Las aguas subterráneas. Un recurso natural del subsuelo

## Usos del agua en España

Uso	Aguas superficiales	Aguas subterráneas	Total
Urbano	3300		4700
Agrícola	20200		24500
Energ - indust	535		1425



López-Geta et al (2000). Las aguas subterráneas. Un recurso natural del subsuelo



# Comunidad Valenciana

## Recursos hídricos totales en régimen natural



Sistema de Explotación	Aportación media	Coef. de variación
Cenia - Maestrazgo	222	56
Mijares - Plana Castellón	343	42
Palancia - Los Valles	65	73
Turia	410	40
Júcar	1581	35
Serpis	167	67
Marina Alta	178	57
Marina Baja	52	75
Vinalopó - Alacantí	70	78
<b>TOTAL</b>	<b>3088</b>	<b>34</b>

Fuente: Cabezas, Cabrera y Morell, 2008



## Recursos hídricos en la Comunidad Valenciana

Tipo de recurso	% del total
Aguas superficiales	33,1
Aguas subterráneas	47,5
Aguas residuales regeneradas	6,9
Desalación	8,2
Transferencias	4,4

Elaboración propia



# Las aguas subterráneas en la provincia de Castellón

Recursos disponibles (horizonte 2010)

	Bergantes	Cenia – Maestrazgo	Mijares – Plana	Palancia – Los Valles	Total
<b>Aguas superficiales</b>	20	1	103	21	<b>145</b>
<b>Aguas subterráneas</b>	30	70	196	62	<b>358</b>
<b>Retorno de riegos</b>	-	37	75	20	<b>132</b>
<b>ARU</b>	0	5	33	7	<b>45</b>
<b>Desalación</b>	0	21	31	9	<b>61</b>
<b>Transferencias</b>	-	-	-	+15 JP	<b>15</b>
<b>Total</b>	<b>50</b>	<b>134</b>	<b>438</b>	<b>134</b>	<b>756</b>

Cifras en hm<sup>3</sup>/año

Fuente: Cabezas, Cabrera y Morell, 2008



## Las aguas subterráneas en la provincia de Castellón

Recursos disponibles (horizonte 2010)

	Bergantes	Cenia – Maestrazgo	Mijares – Plana	Palancia – Los Valles	Total
<b>Aguas superficiales</b>	20	1	103	21	145
<b>Aguas subterráneas</b>	<b>60,0%</b>	<b>79,9%</b>	<b>61,9%</b>	<b>61,2%</b>	<b>64,8%</b>
<b>Retorno de riegos</b>	-	37	75	20	132
<b>ARU</b>	0	5	33	7	45
<b>Desalación</b>	0	21	31	9	61
<b>Transferencias</b>	-	-	-	+15 JP	15
<b>Total</b>	<b>50</b>	<b>134</b>	<b>438</b>	<b>134</b>	<b>756</b>

Cifras en hm<sup>3</sup>/año

Fuente: Cabezas, Cabrera y Morell, 2008

# Las aguas subterráneas en la provincia de Castellón



Contribución de las aguas subterráneas a los recursos hídricos totales

Sistema de explotación	% del total
Bergantes	60,0
Cenia-Maestrazgo	79,9
Mijares-Palancia	61,9
Palancia-Los Valles	61,2
<b>Total provincial</b>	<b>64,8</b>

## Las aguas subterráneas en la provincia de Castellón

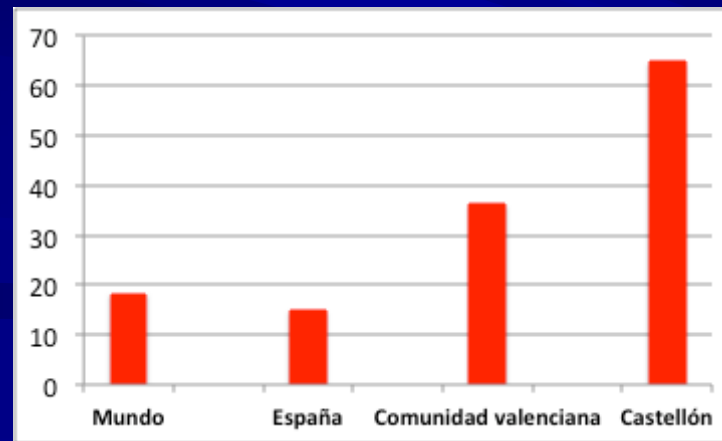
Tipo de recurso	% del total
Aguas superficiales	19,2
Aguas subterráneas	64,8
Aguas residuales regeneradas	5,9
Desalación	8,1
Transferencias	2,0

# Comparativa de usos de agua de distintos orígenes

Ámbito	Superficial	Subterráneo	Reutilización	Desalación
Mundo	73,42	18,25	2,41	0,34
España	85,08	14,92		
Comunidad Valenciana	33,1	47,5	6,9	8,2
Castellón	21,2	64,8	5,9	8,1

Cifras en %

*Elaboración propia*

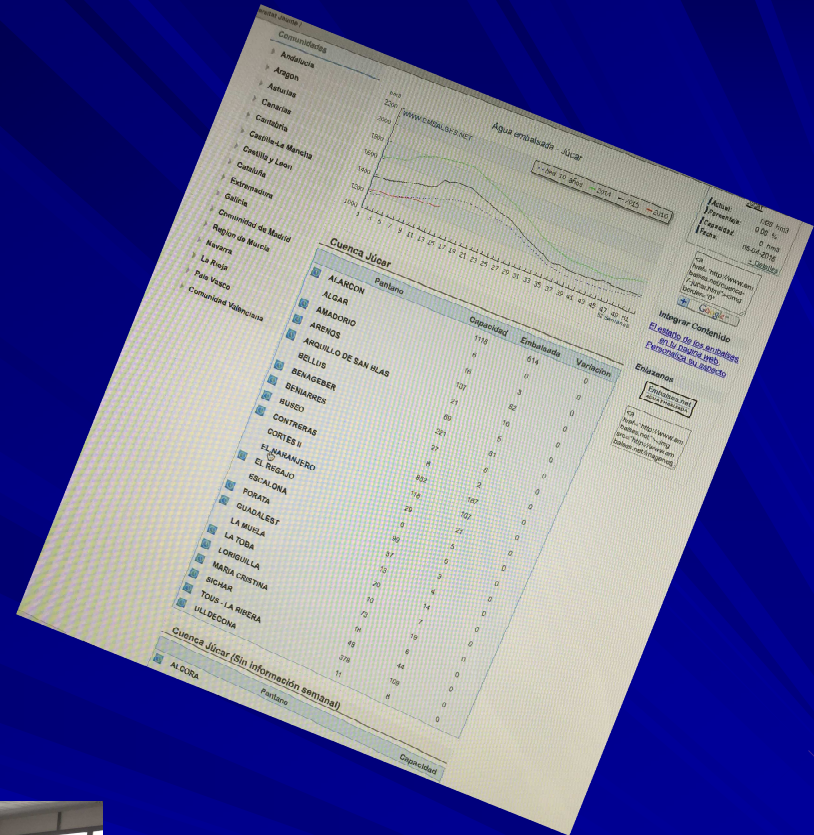


Corregir CV

# Estado de los embalses

VS

# Estado de los acuíferos





# Tipos de porosidad



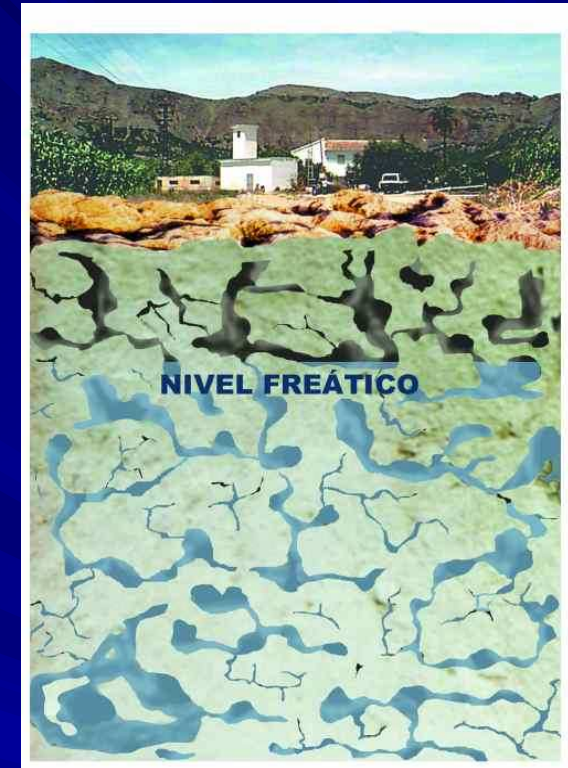
Porosidad primaria

Planas litorales



Porosidad por fisuración

Areniscas  
(rodano)



Porosidad por karstificación

Calizas (Maestrazgo)  
Dolomías (Espadán)

# Sistemas de explotación de la cuenca del Júcar



# Masas de agua subterránea en Castellón

Masa de agua 080.105  
Puertos de Beceite

Masa de agua 080.109  
Maestrazgo oriental

Masa de agua 080.108  
Maestrazgo occidental

Masa de agua 080.111  
Lucena-Alcora

Masa de agua 080.126  
Onda- Espadán

Masa de agua 080.130  
Medio Palancia

Masa de agua 080.106  
Plana de Cenia

Masa de agua 080.107  
Plana de Vinaroz

Masa de agua 080.110  
Plana de Oropesa-Torreblanca

Masa de agua 080.127  
Plana de Castellón



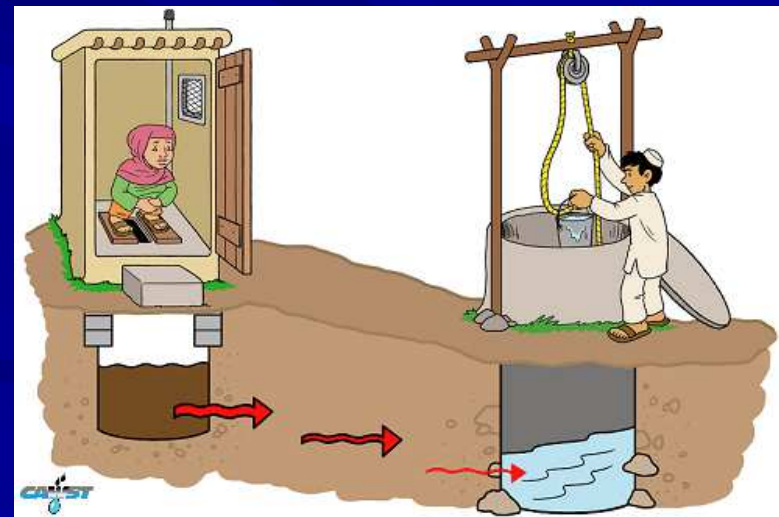
CHJ, 2015



Segunda parte

## La contaminación de acuíferos

- Salinización (intrusión marina)
- Contaminación de origen agrícola
- Contaminación de origen industrial
- Otros tipos



# Intrusión marina en acuíferos costeros



## Problemas de baja calidad del agua

Salinización por intrusión marina

Masas de agua subterránea en las que se ha identificado presión significativa debida a intrusión marina (CHJ, 2005, modificado)

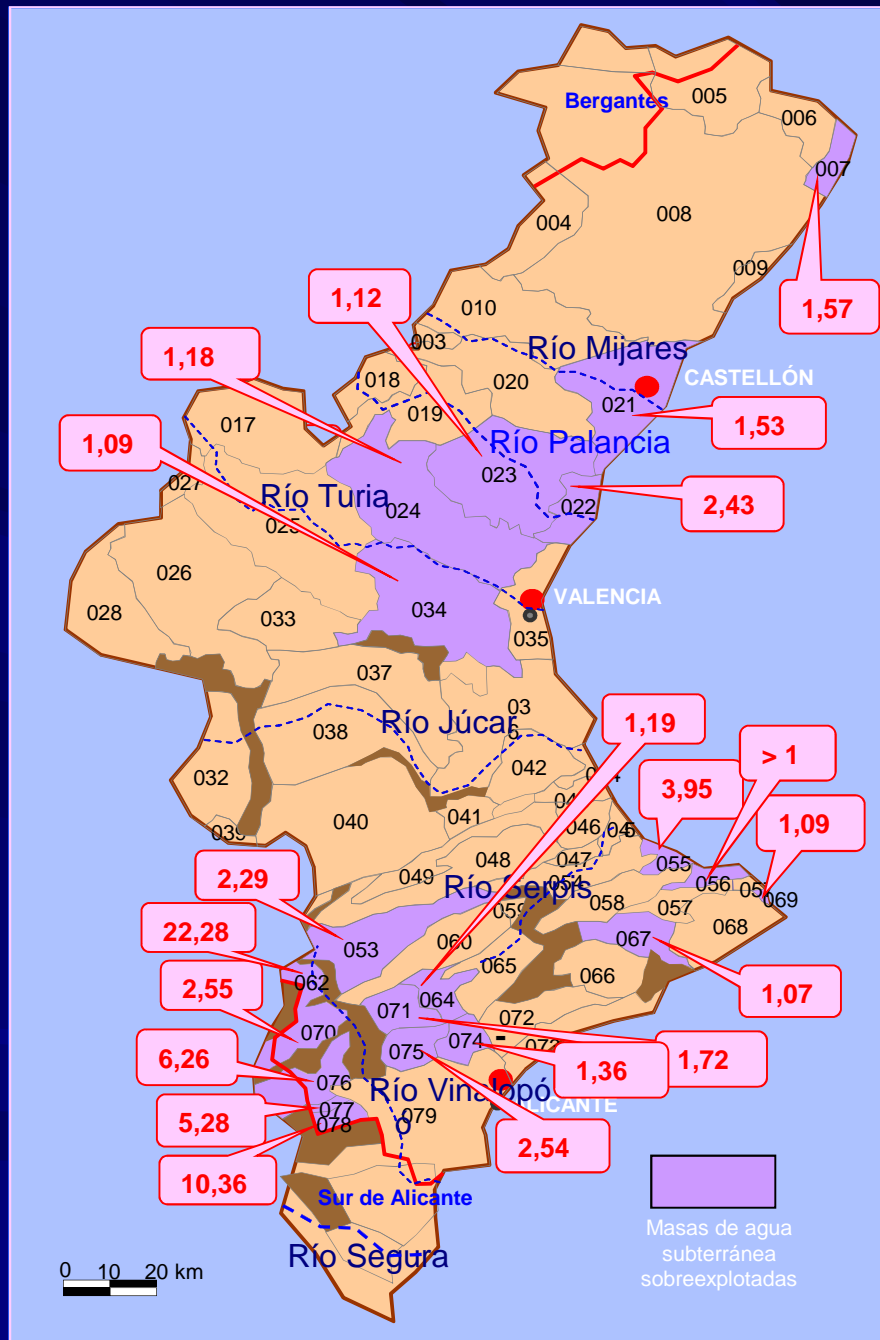


## Problemas de suficiencia de recursos hídricos

$K =$  índice de explotación

$$K = \frac{\text{Extracciones por bombeo}}{\text{Recursos disponibles}}$$

Masas de agua subterránea en las que la explotación es superior a los recursos (CHJ, 2005).





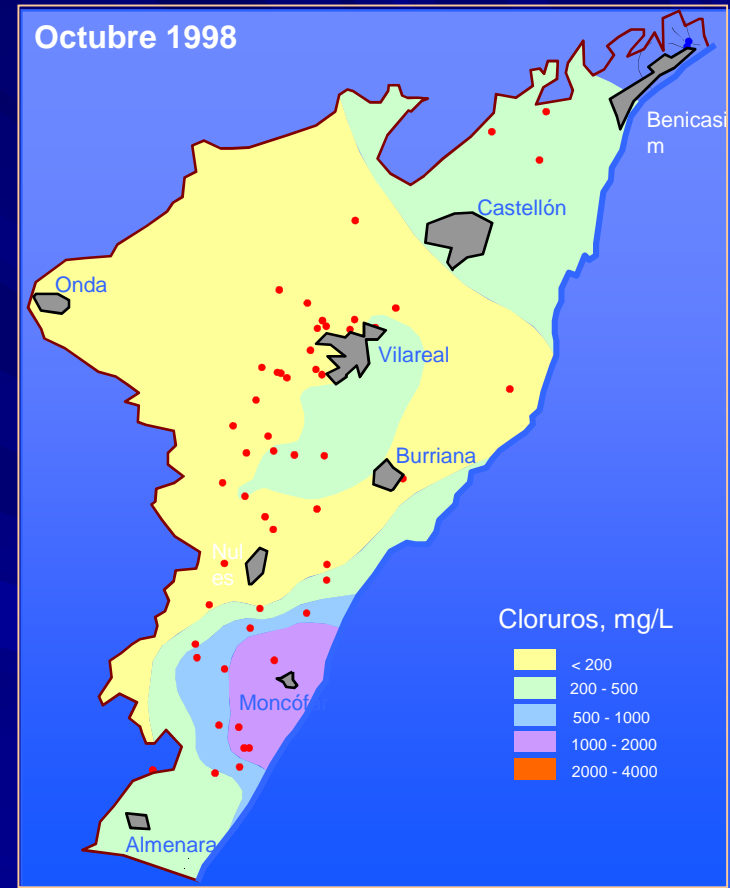
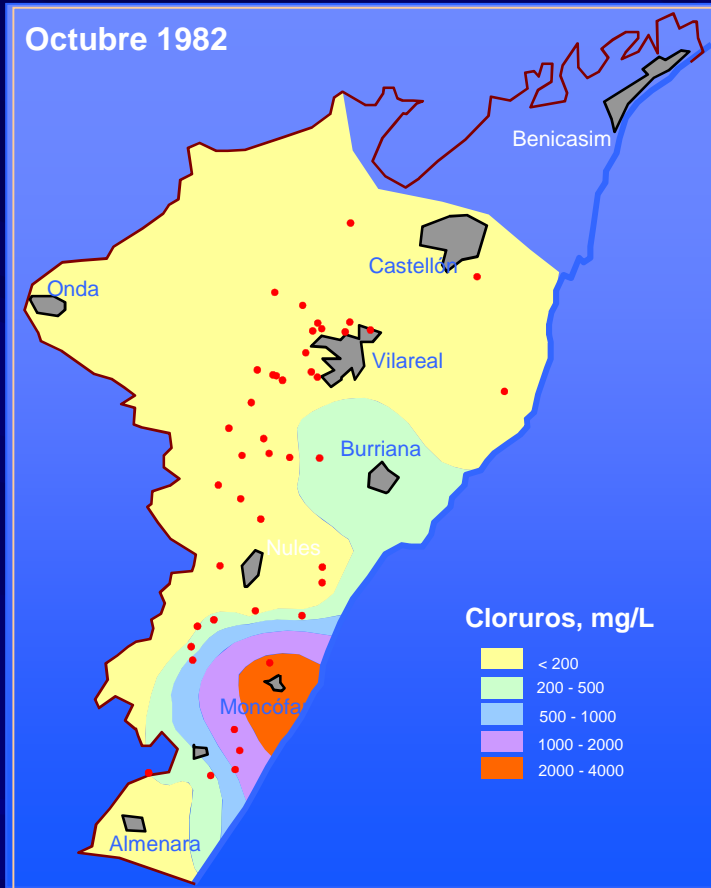
# Clasificación de la intrusión, según el índice SITE

(Ballesteros et al, 2013)



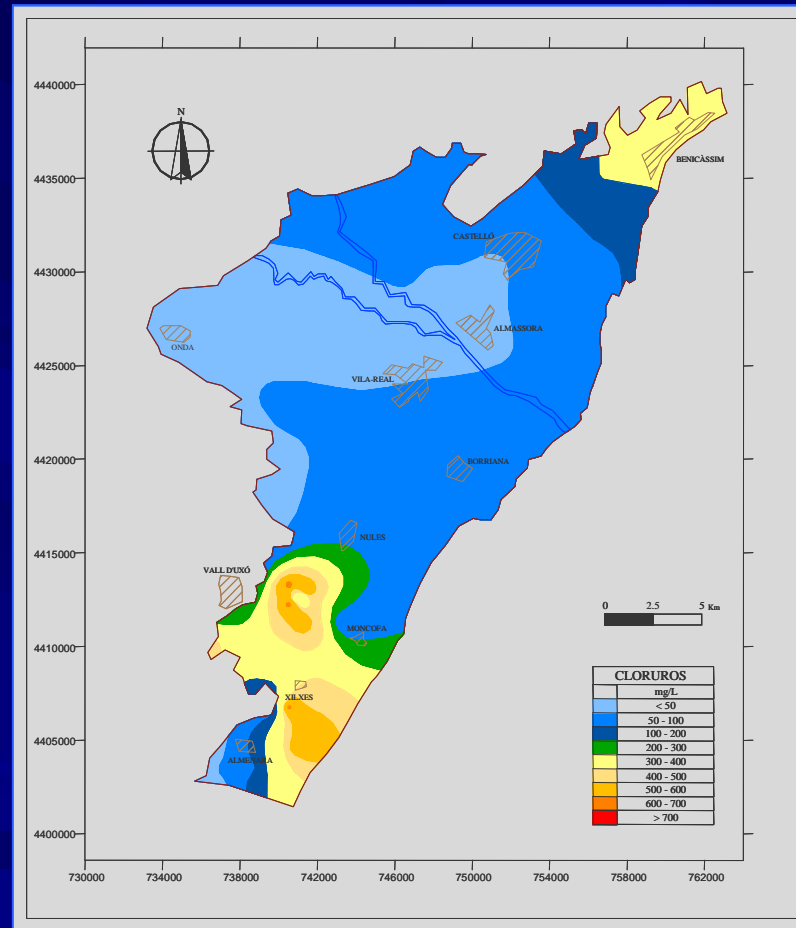
MaSub	SITE	Tipo
Vinaroz	0,22	Baja
Oropesa-Torreblanca	0,67	Alta
Castellón	0,25	Baja
Sagunto	0,44	Moderada

# Mapas de isocloruros



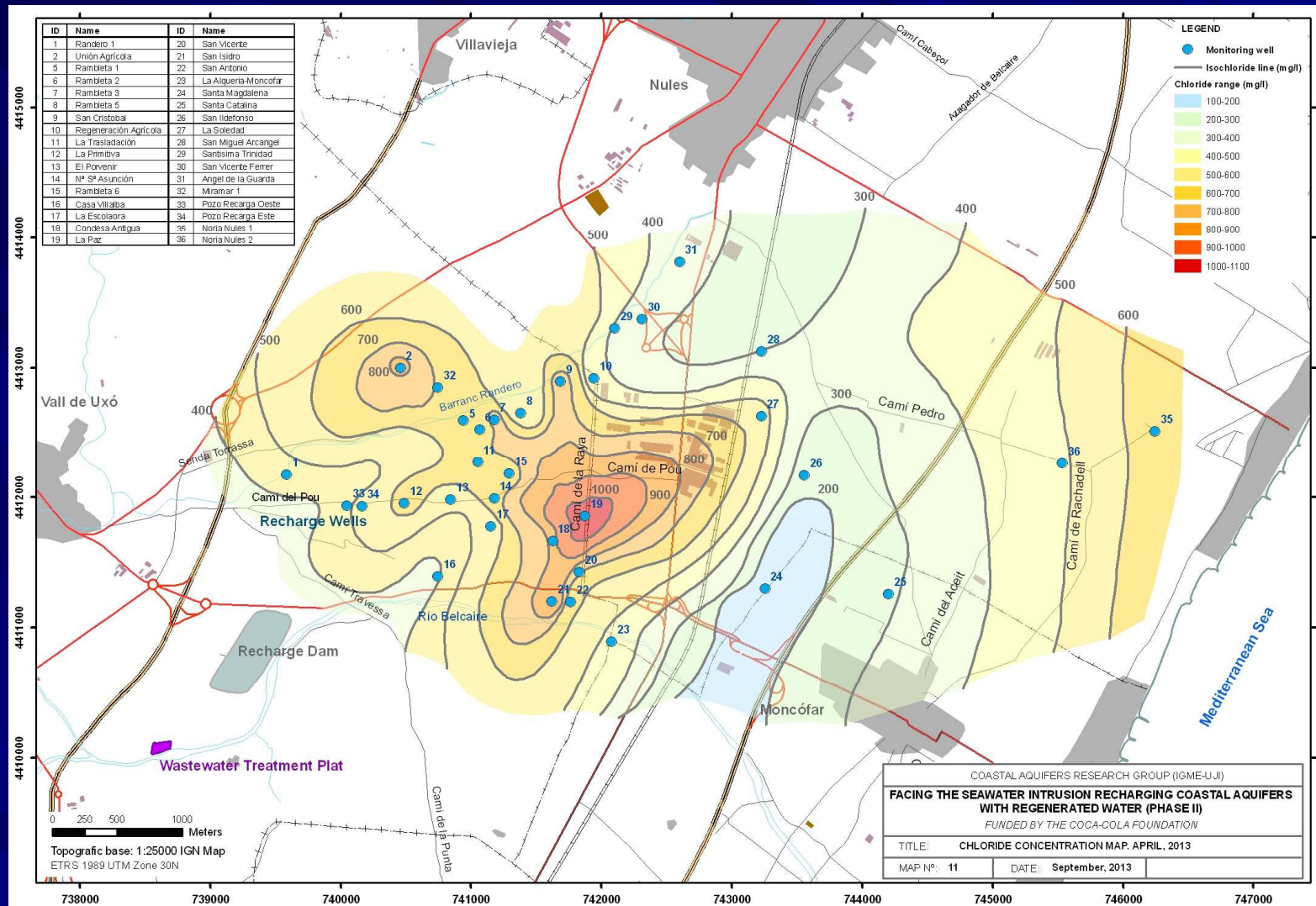
Evolución de la salinidad en la  
Plana de Castellón

# Situación "actual" (año 2010)



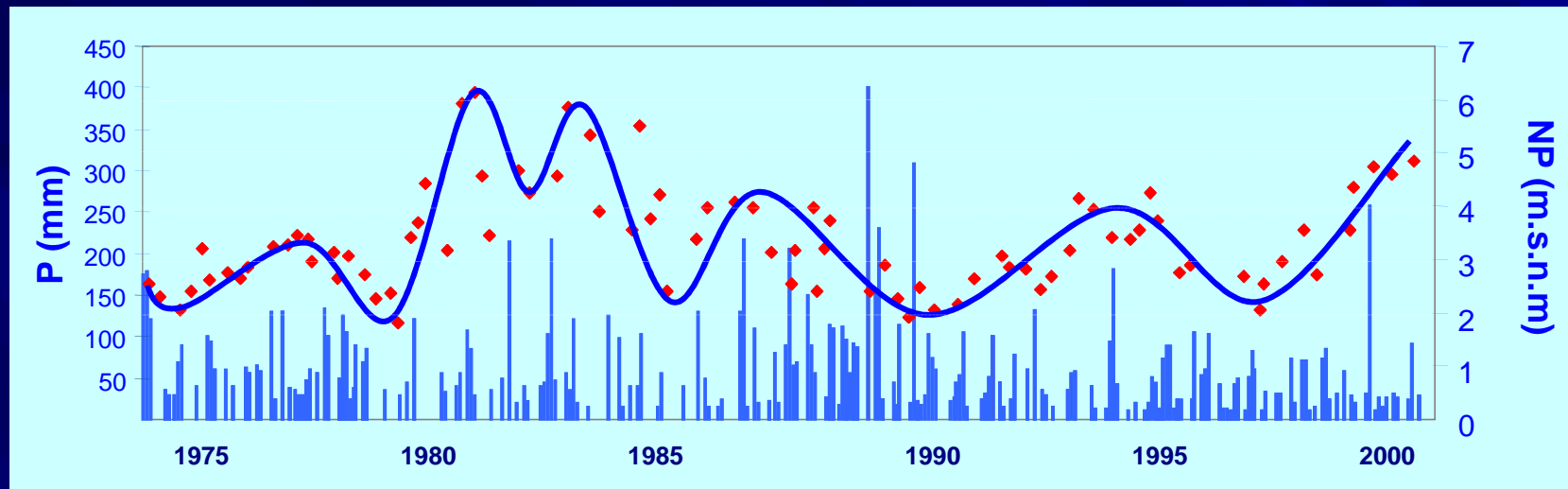
Renau-Llorens (2010)

# Año 2013 (abril)



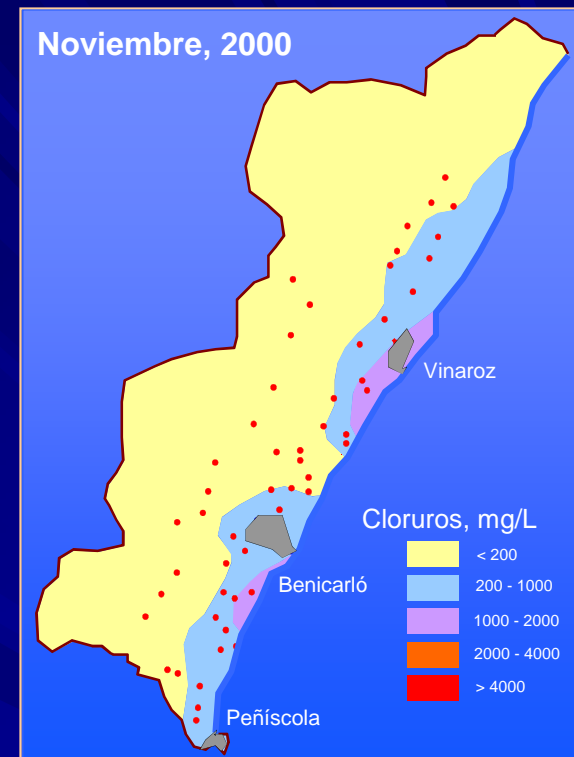
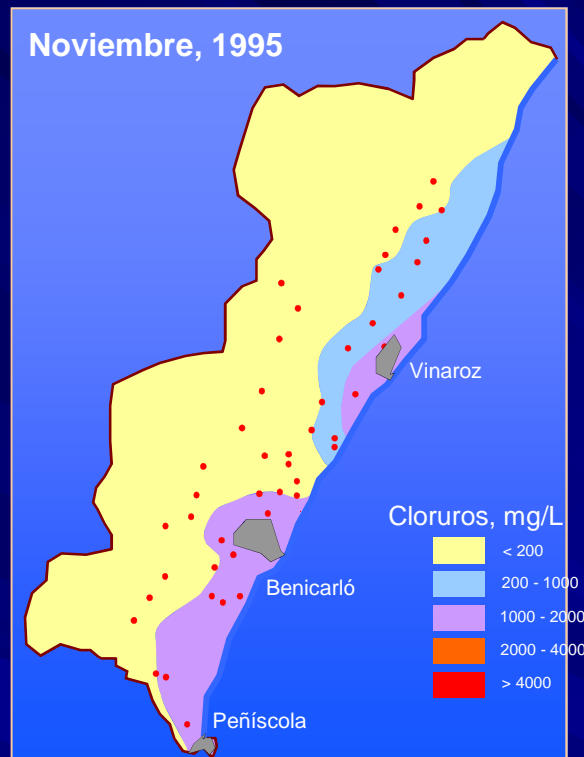
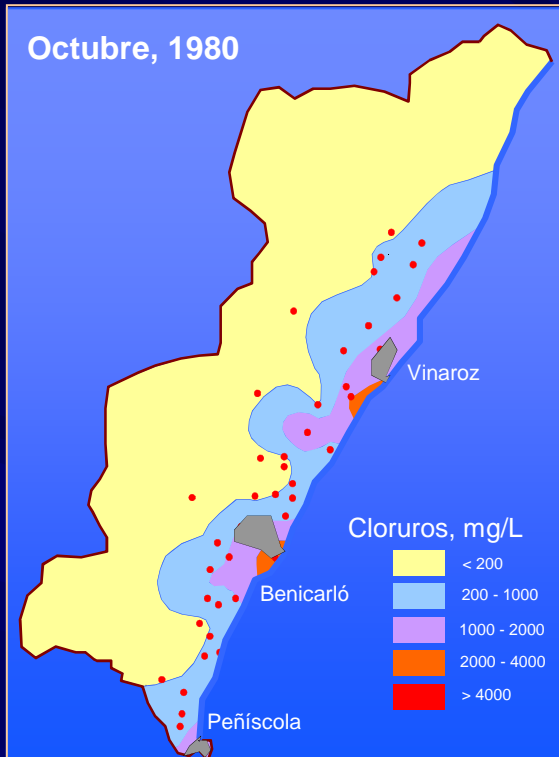
Fuente: Unidad Asociada para la Investigación de Acuíferos Costeros

## Evolución piezométrica en el sur de la Plana de Castellón



“Boom” de las captaciones LA

Reconversión de regadíos



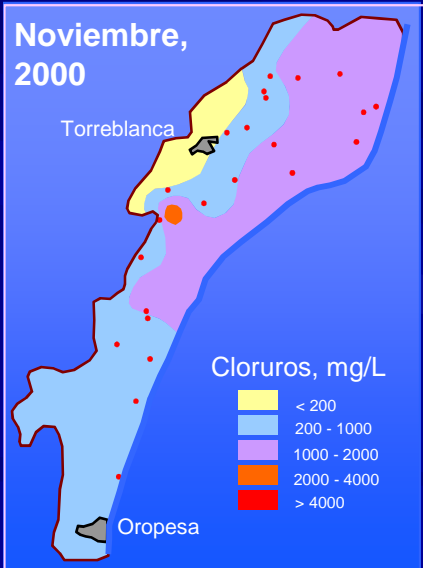
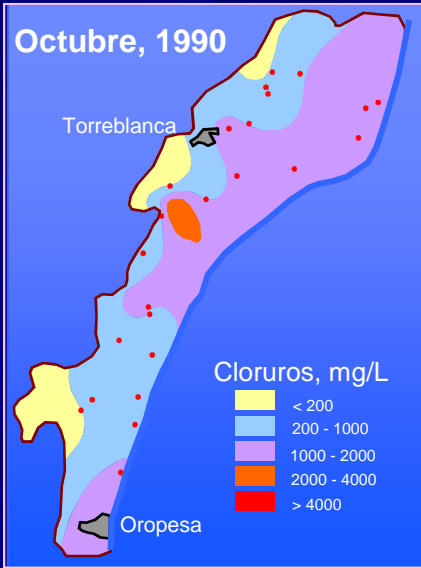
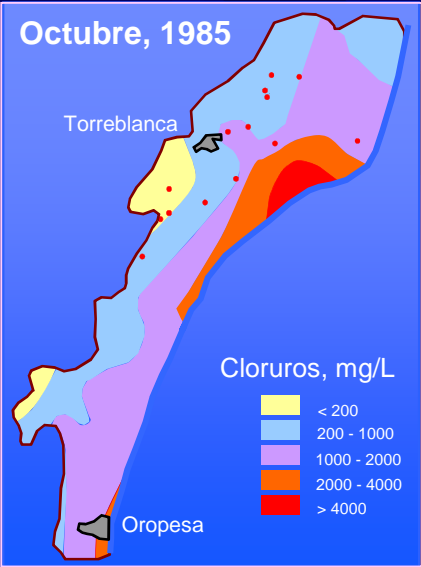
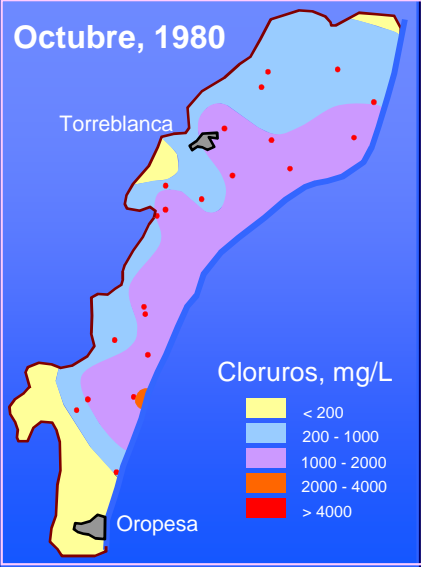
Elaboración propia

## Evolución de la salinidad en la Plana de Vinaroz – Benicarló

### Mapas de isocloruros

# Evolución de la salinidad en la Plana de Oropesa – Torreblanca

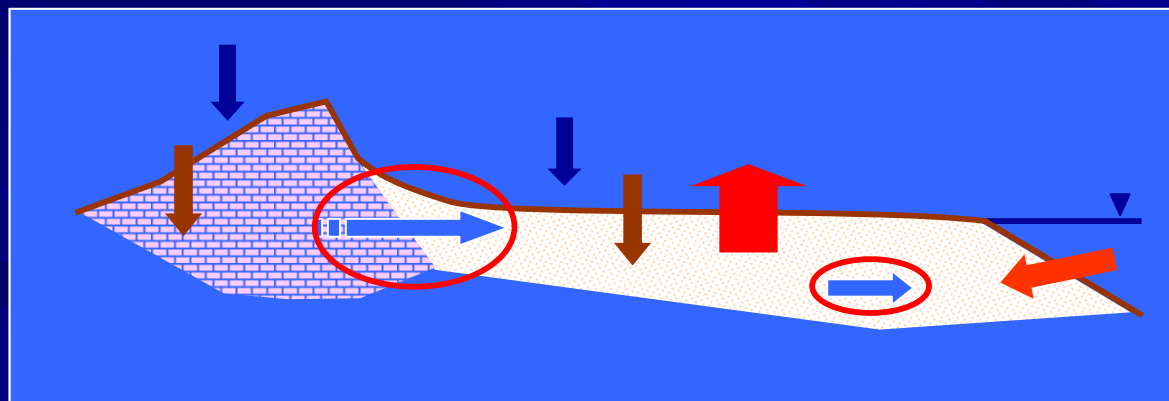
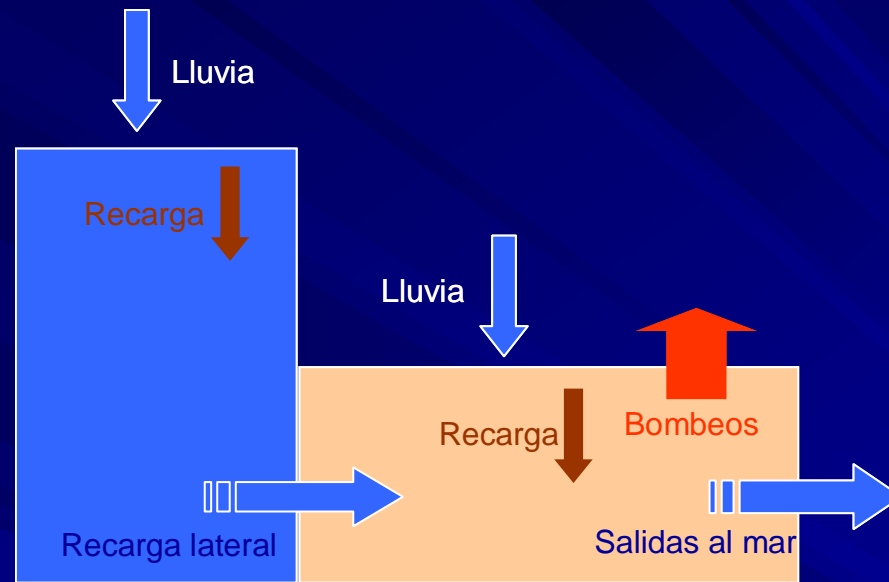
## Mapas de isocloruros



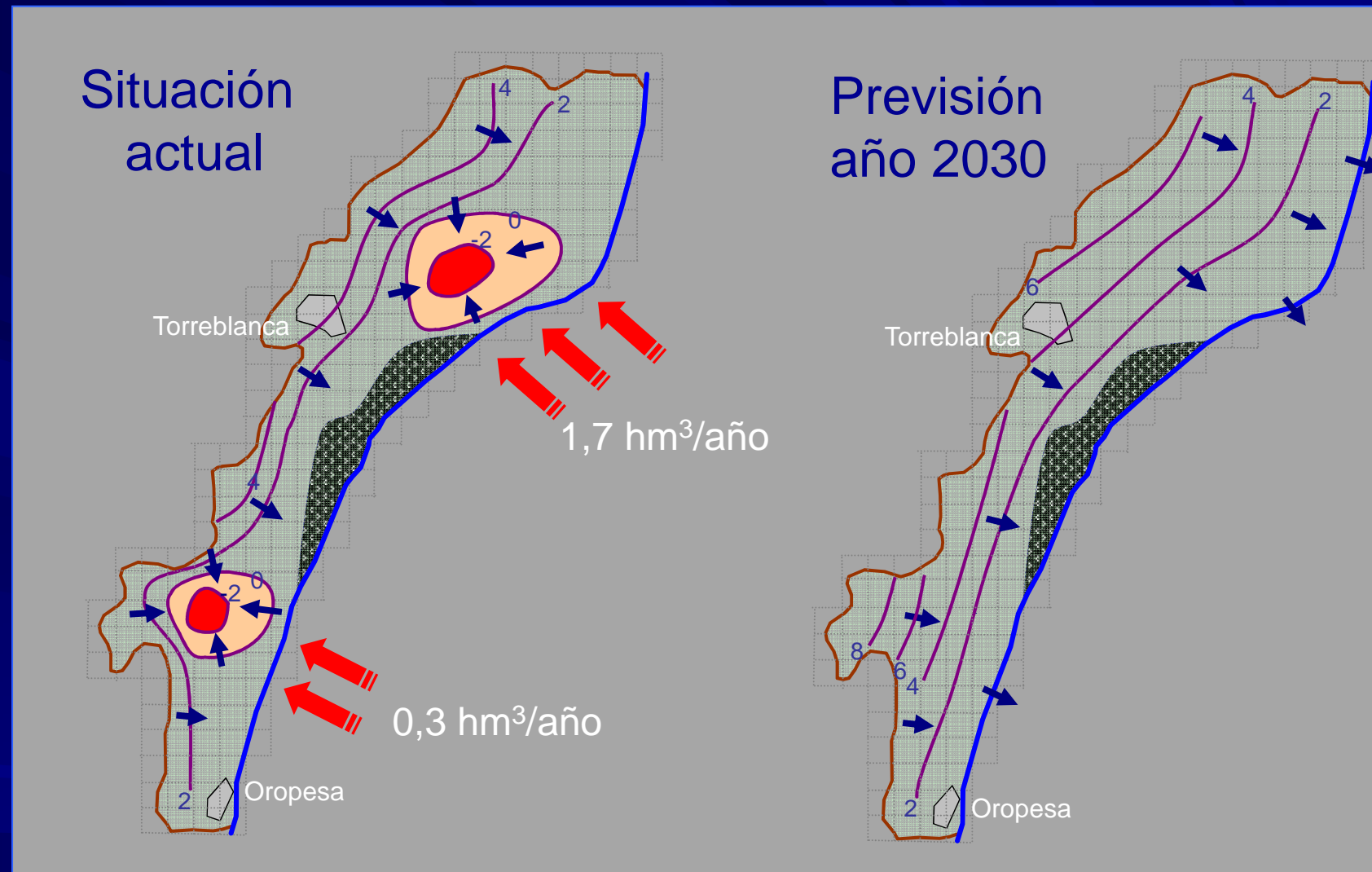
Elaboración propia



## Volúmenes ambientales



# Masa de agua subterránea Oropesa - Torreblanca



**Situación actual**

**Disminución de la explotación  
(80% en el sur y 40% en el norte)**

## Tendencias de la salinización

El grado de sobreexplotación se está reduciendo

- Abandono de pozos en áreas salinizadas
- Reducción de la superficie de cultivo
- Reconversión de regadíos
- Recursos no convencionales

*Grosso modo*, la explotación se ha reducido en algunas zonas a casi la mitad en los últimos 20 años

## Contaminación relacionado con actividades agrícolas

- Fertilizantes
- Plaguicidas
- Otros



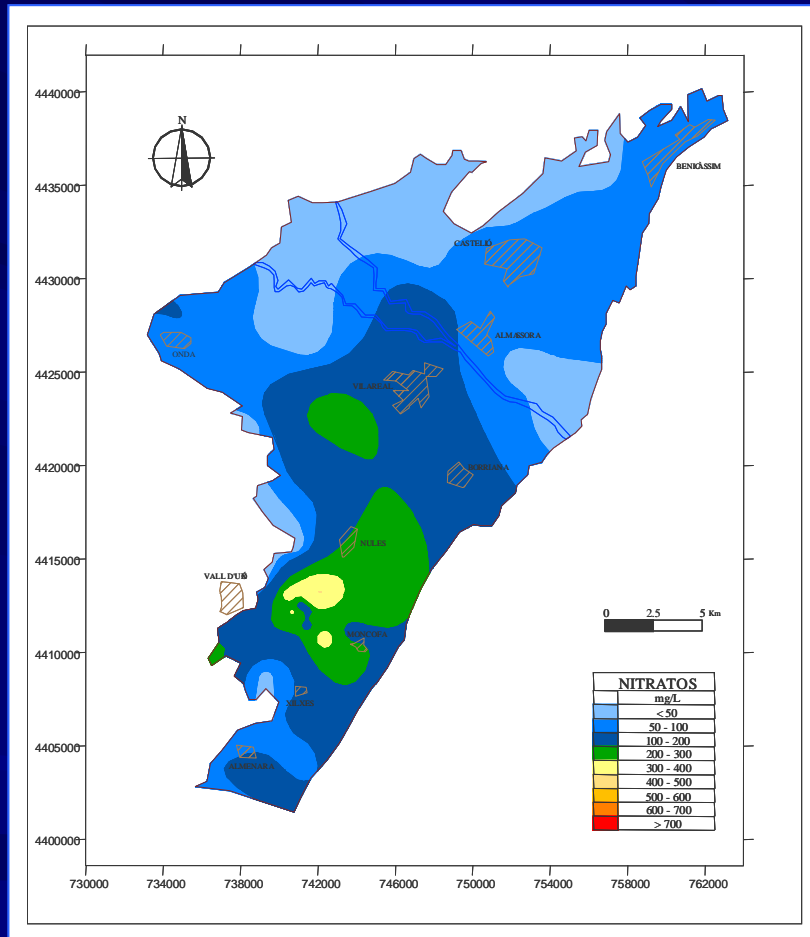
## Problemas de baja calidad del agua



Elevadas  
concentraciones  
de nitratos

Masas de agua subterránea en la que se han identificado problemas de contaminación por nitratos (CHJ, 2005, modif.)

# Situación "actual" (año 2010)



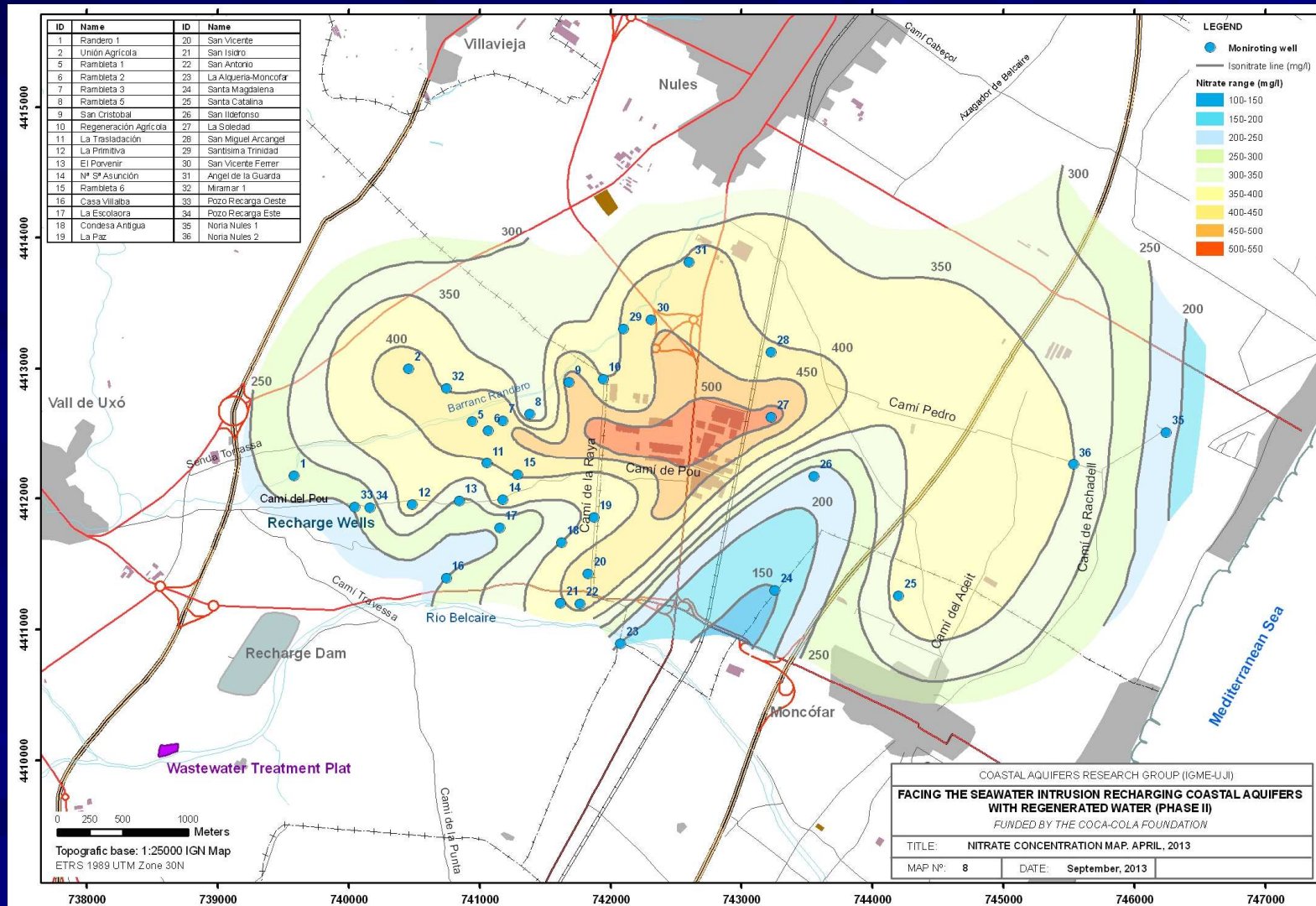
Nitratos

Límite de potabilidad

50 mg/L



# Nitratos en la Plana meridional



Fuente: Unidad Asociada para la Investigación de Acuíferos Costeros



## Algunos residuos de plaguicidas

Compuesto	GW1	GW2	GW3	GW4	GW5	GW6	GW7	GW8
DEA	9,1	5	11	15	19	11	9,2	14
DIA	5,3	5,2	0,6	3,6	4,5	4	1,4	0,7
Simazina	4	5,3		0,1	0,5	0,1	6,9	0,6
Terbutilazina	7,6	5,7	0,1	1,6	1	6,5	4,2	0,5

Cifras en ng/L

Datos propios

## Tendencias de la contaminación agrícola

La fertirrigación ha reducido considerablemente la masa de fertilizantes aplicada

El riego localizado ha reducido de 8000 a 4500 m<sup>3</sup>/ha/año la dotación unitaria del riego de cítricos

La fracción de lavado es muy baja y no contribuye a la percolación profunda de los fertilizantes

Lenta (pero segura) recuperación

En materia de plaguicidas se requiere mayor información

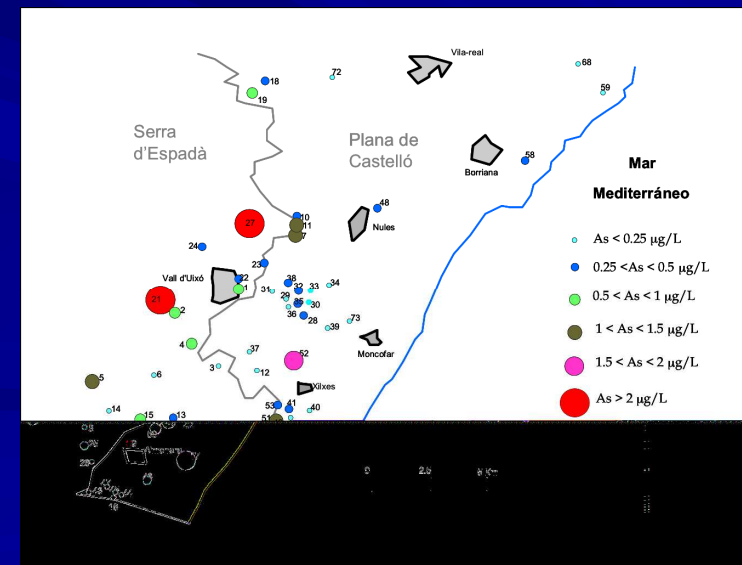
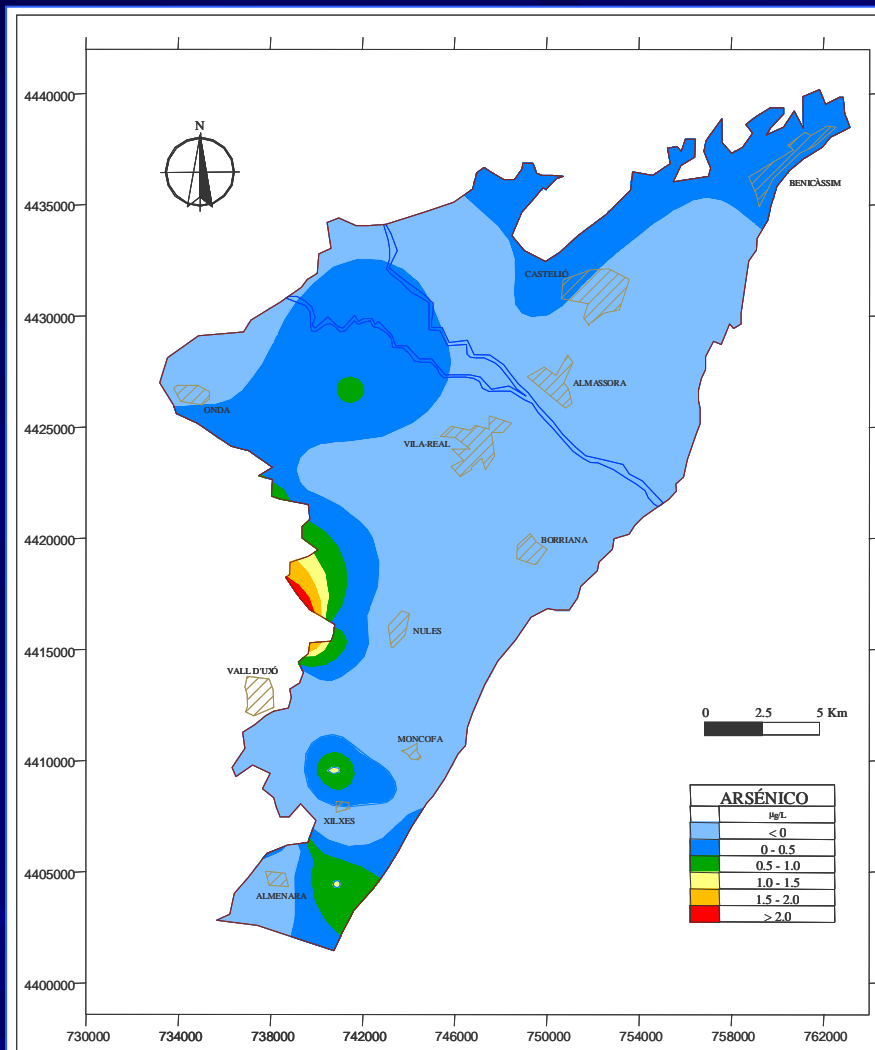
## Presencia de metales pesados

- Origen natural
- Origen antrópico



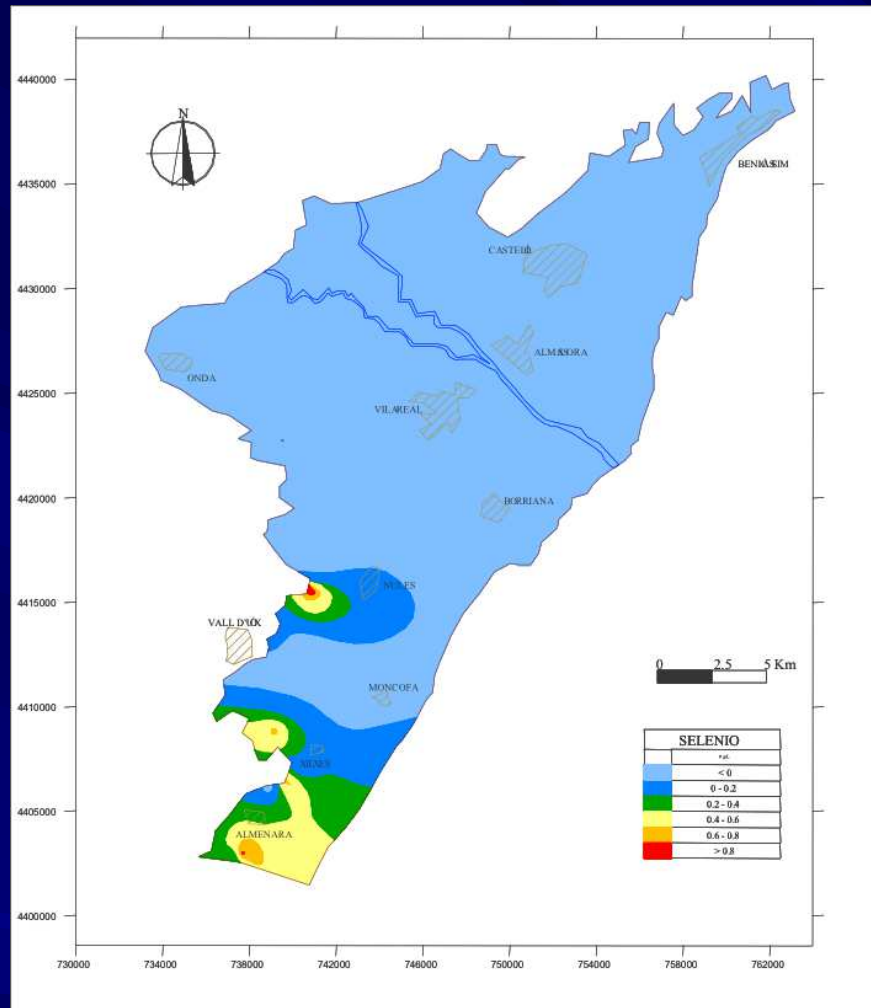
# Distribución del arsénico en la Plana de Castellón Abril, 2010

0 – 2 µg/L



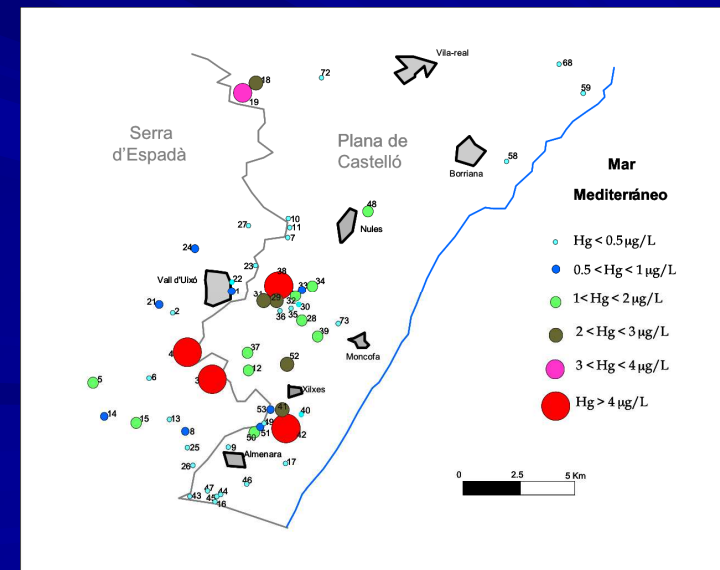
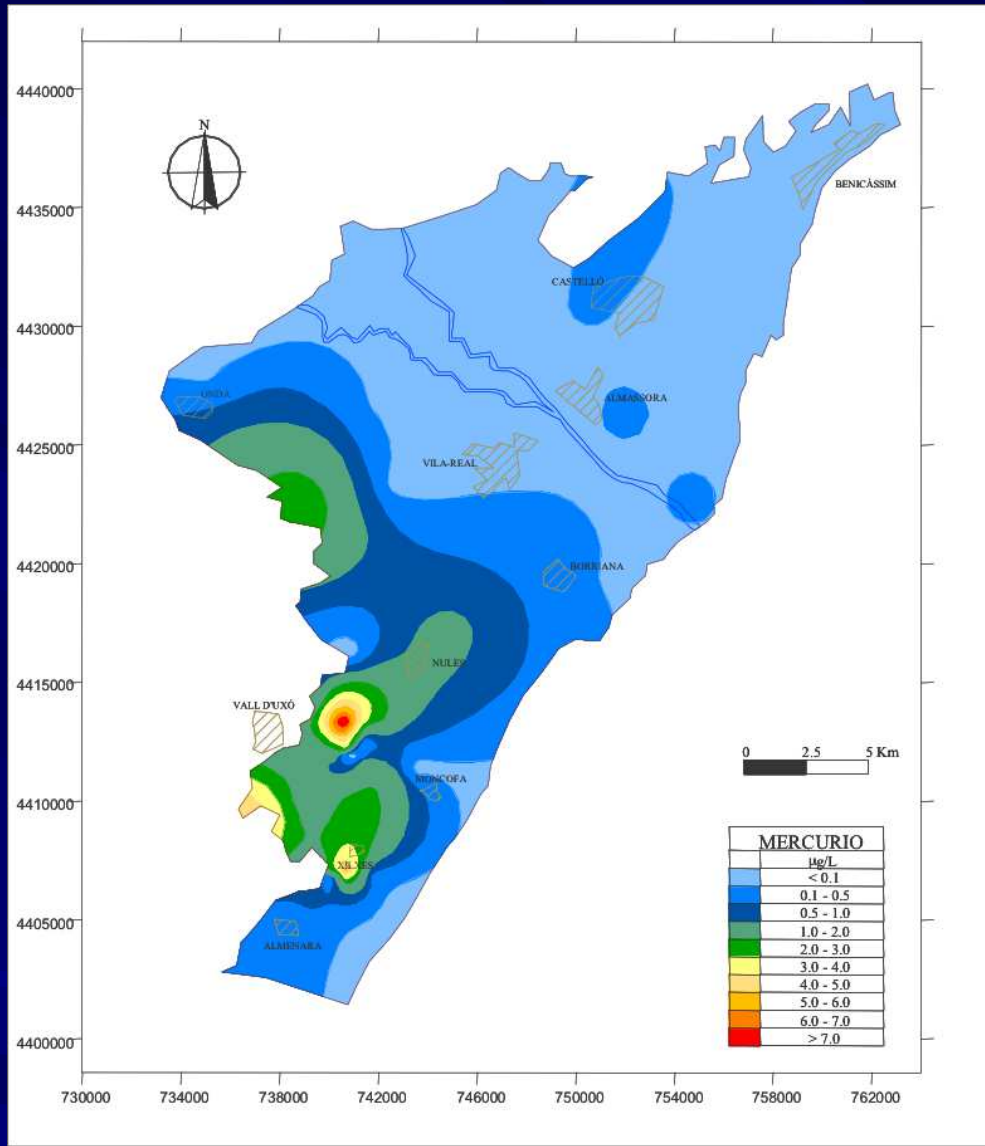
# Distribución del selenio en la Plana de Castellón Abril, 2010

0 – 0,8  $\mu\text{g/L}$



# Distribución del mercurio en la Plana de Castellón Abril, 2010

0 – 7  $\mu\text{g/L}$

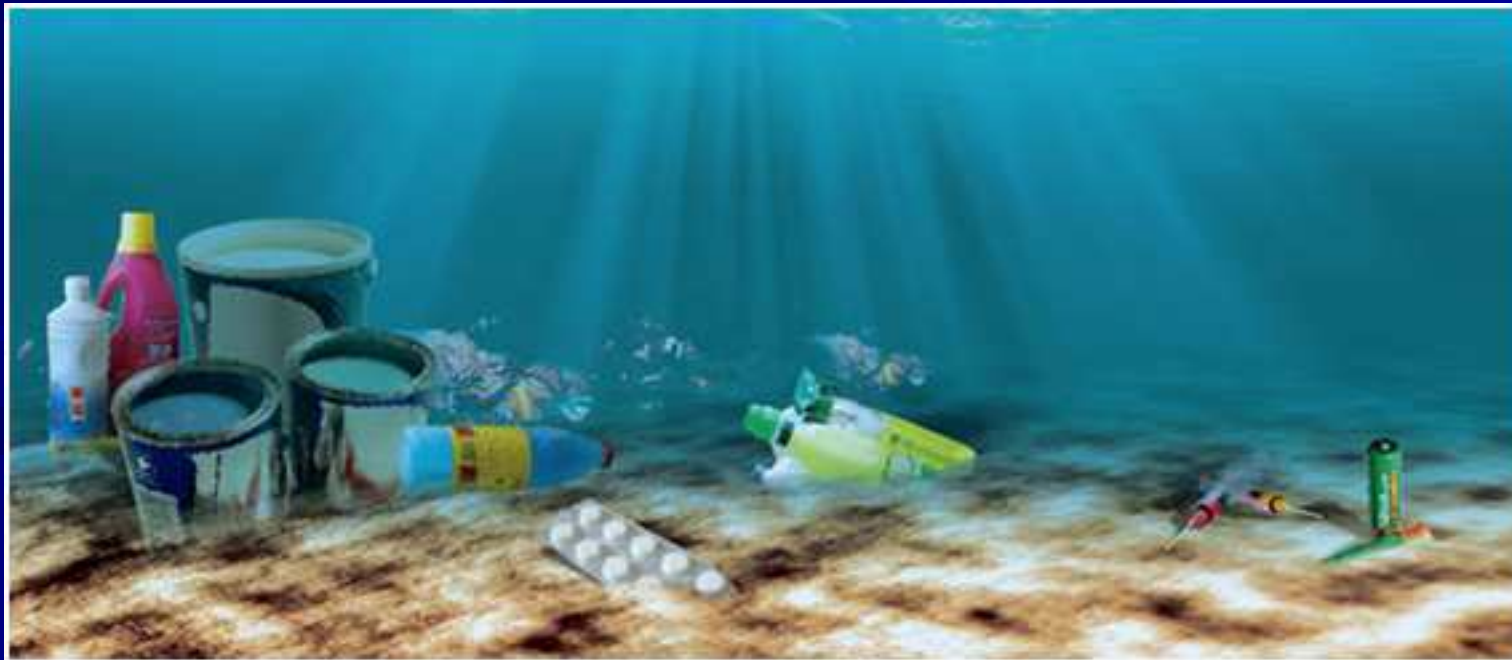


## Tendencias en contaminación industrial

- En las zonas más “industrializadas” no hay problemas de contaminación
- En las zonas contaminadas los niveles son muy bajos y raramente peligrosos
- La contribución geoquímica (origen no antrópico) explica la presencia de algunos metales o semimetales
- Control de focos puntuales



## Algunos contaminantes emergentes



# Algunos contaminantes emergentes

Aplicación	Compuesto	GW 1	GW2	GW3	GW4	GW5	GW6	GW7	GW8
Regulador de lípidos	Bezafibrato	5,4	8,1	7	4,4	4,7	10	7,6	5
	Gemfibrozil	128							
Anticonvulsivos y sedativos	Carbamazepina	9,1							
	Primidona	2,8				7,2	3,8		3,5
Analgésicos y antiinflamatorios	Diclofenato	9,3	3,6	3,1	4,6				
	Phenadona	21							4,2
	Acetaminofen	127	4,8	6,5					
Agente antihipertensivo	Valsartán	47	3,1						
Antibiótico	Sulfametoxazol	4,4	4,1			6,1	3,4		
	Trimetroprima								
Inhibidor recaptación de serotonina	Venlafaxina	9,4	5,6	1,2					
Droga	Benzoilecgonina	4,4							

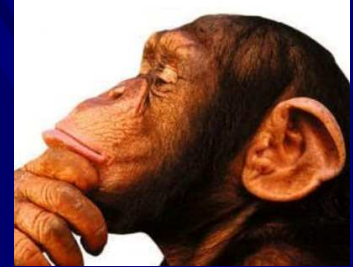
Cifras en ng/L

Datos propios

## Tendencias de contaminación por emergentes

- Información prácticamente nula
- Los datos conocidos son poco preocupantes
- El incremento de reutilización de las aguas residuales puede llevar asociado un mayor riesgo de contaminación
- Se requiere intensificar los procesos de depuración
- Es necesario establecer mecanismos de control

# Reflexiones finales



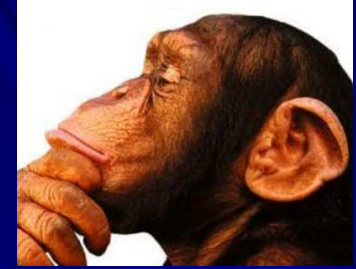
**La provincia de Castellón ha dependido, depende y dependerá de las aguas subterráneas**

Es necesario recuperar la calidad del agua en algunas zonas de nuestros acuíferos costeros

Existen recursos subterráneos movilizables en el norte de la provincia



# Reflexiones finales



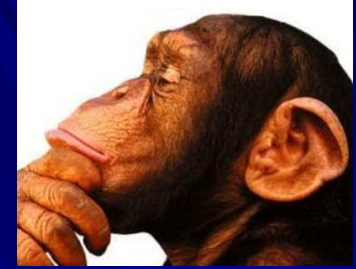
La provincia de Castellón ha dependido, depende y dependerá de las aguas subterráneas

**Es necesario recuperar la calidad del agua en algunas zonas de nuestros acuíferos costeros**

Existen recursos subterráneos movilizables en el norte de la provincia



# Reflexiones finales



La provincia de Castellón ha dependido, depende y dependerá de las aguas subterráneas

Es necesario recuperar la calidad del agua en algunas zonas de nuestros acuíferos costeros

**Existen recursos subterráneos movilizables en el norte de la provincia**



Instituto Universitario de  
Plaguicidas y Aguas  
IUPA  
Universitat Jaume I

Instituto Geológico  
y Minero de España  
IGME  
Oficina Regional de Valencia

Unidad Asociada para la Investigación  
de Acuíferos Costeros  
UNIAC

c/c 1234 56 7890 0123456789

Por si alguien quiere hacer un donativo....



## Estimación de la demanda neta

Sistema	Urbana	Agrícola	Industrial	Total
Cenia - Maestrazgo	16	51	1	68
Mijares - Plana	41	136	10	187
Palancia - Valles	10	62	9	81
Turia	135	187	17	339
Júcar	76	400*	24	500
Serpis	18	54	3	75
Marina Alta	24	43	1	68
Marina Baja	28	20	1	49
Vinalopó - Alacantí	85	126	8	219
<b>Totales (media)</b>	<b>433</b>	<b>1079</b>	<b>74</b>	<b>1586</b>

(CHJ 2007a, y elaboración propia urbana e industrial)

# Las aguas subterráneas en la Comunidad Valenciana

Estimación de la disponibilidad de recursos (en 2010)  
para un año hidrológico medio (hm<sup>3</sup>/año)

Sistema de Explotación	Aguas superf	Aguas subterr	Retornos	Reutil.	Desal.	Transfer	Total
Bergantes	20	30	-	0	0	-	50
Cenia – Maestrazgo	1	70	37	5	21	-	134
Mijares – Plana Castellón	103	196	75	33	31	-	438
Palancia – Los Valles	21	62	20	7	9	+15 JP	134
Turia	220	225	95	100	5	+90 JT	735
Júcar	749	480	160	24	0	-185 JT/JP/JV	1228
Serpis	17	105	8	8	12		150
Marina Alta	-	123	8	6	51		188
Marina Baja	7	26	-	18	1		52
Vinalopó – Alacantí	5	80	3	47	71	+193 TV/JV	399
Sur de Alicante	135	6	25	18	115	+57 TVB	356
<b>TOTAL</b>	<b>1278</b>	<b>1403</b>	<b>431</b>	<b>266</b>	<b>316</b>	<b>170</b>	<b>3864</b>