



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

**Jornada Internacional LIFE MEDACC:
ADAPTANDO EL MEDITERRÁNEO AL CAMBIO
CLIMÁTICO: AGRICULTURA, AGUA Y BOSQUES
Barcelona, 24 de Abril de 2018**



Instituto de Ingeniería del
Agua y Medio Ambiente

I.I.A.M.A.

ADAPTANDO EL USO DEL AGUA EN EL MEDITERRÁNEO (Experiencia en la cuenca del Júcar)

Joaquín Andreu Álvarez

Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente (IIAMA) Universidad Politécnica de Valencia

e-mail: ximoand@upv.es www.upv.es/iiama/ www.upv.es/aquatool/

Abel Solera Solera, Javier Paredes Arquiola

USO DEL AGUA EN LAS CUENCAS MEDITERRÁNEAS DE ESPAÑA (HISTORIA DE ADAPTACIÓN)

● CUENCAS ESPAÑOLAS:

• INDICE DE ARIDEZ



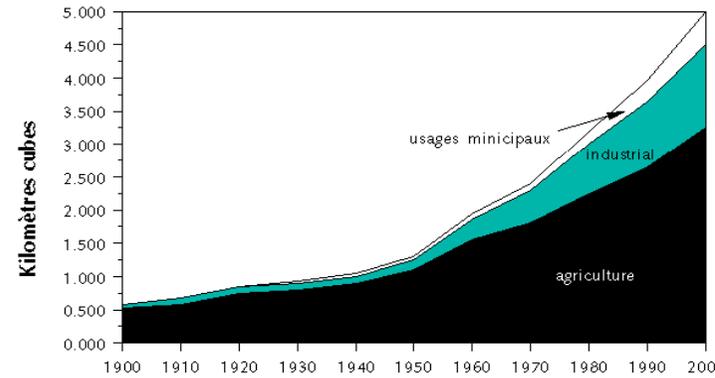
Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente

I.I.A.M.A.



- CRECIMIENTO DE DEMANDAS
- ESCASEZ DE AGUA - INDICE DE EXPLOTACIÓN

Figure 4. Augmentation de l'utilisation de l'eau
Retraits mondiaux annuels d'eau, par secteur, 1900 — 2000

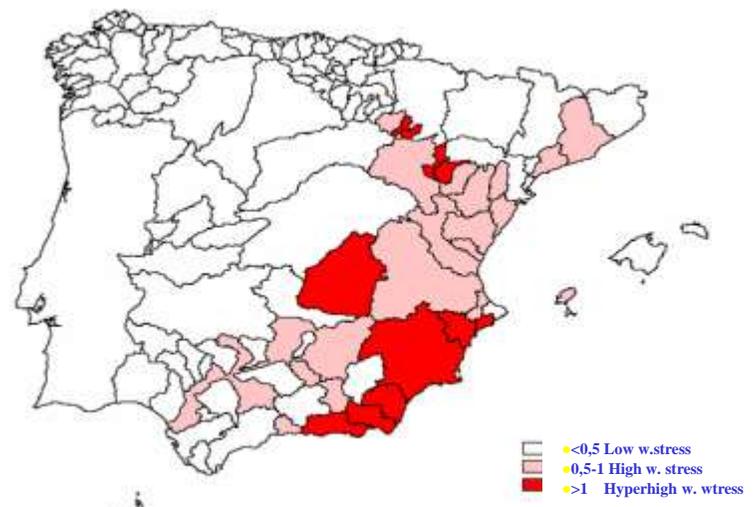


Source : Abramovitz 1996 (1)



- INDICE DE EXPLOTACIÓN (ESTRÉS HÍDRICO)

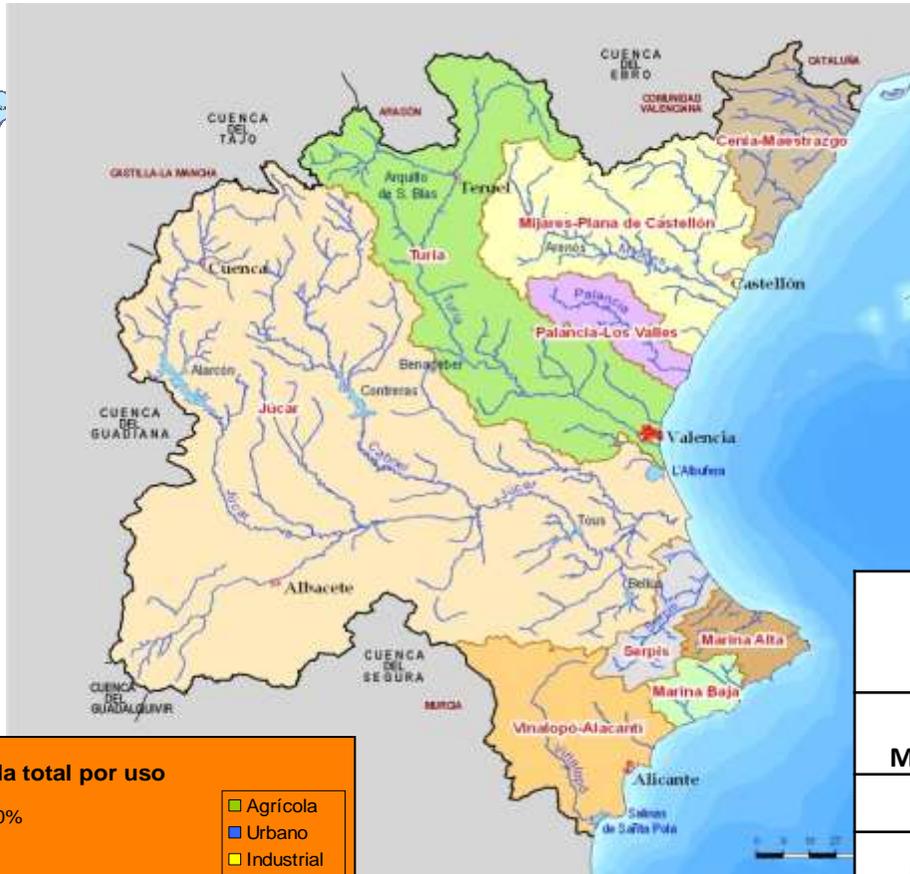
AMBITO	DEMANDA	REC.RENOVABLE	D/RR
Galicia Costa	819	12.250	0,07
Norte I	617	12.689	0,05
Norte II	589	13.881	0,04
Norte III	486	5.337	0,09
Duero	3.860	13.660	0,28
Tajo	4.065	10.883	0,37
Guadiana I	2.312	4.414	0,52
Guadiana II	219	1.061	0,21
Guadalquivir	3.760	8.601	0,44
Sur	1.350	2.351	0,57
Segura	1.834	803	2,28
Júcar	2.962	3.432	0,86
Ebro	10.378	17.967	0,58
C.I. Cataluña	1.357	2.787	0,49
Baleares	288	661	0,44
Canarias	427	409	1,04
Total España	35.323	111.186	0,32



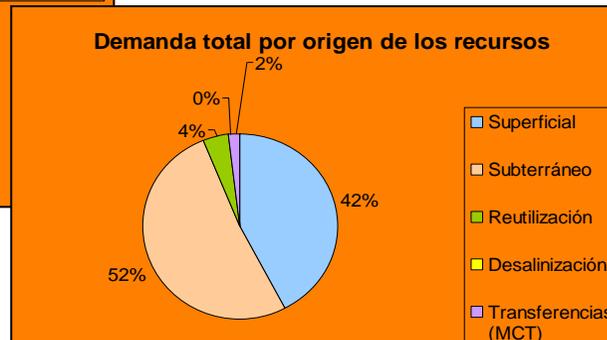
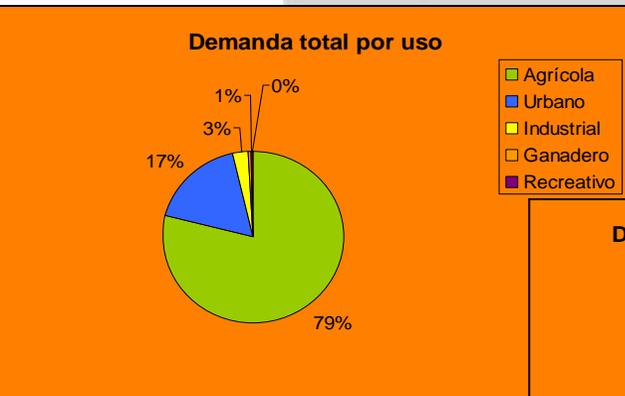
Confederación Hidrográfica del Júcar



Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente

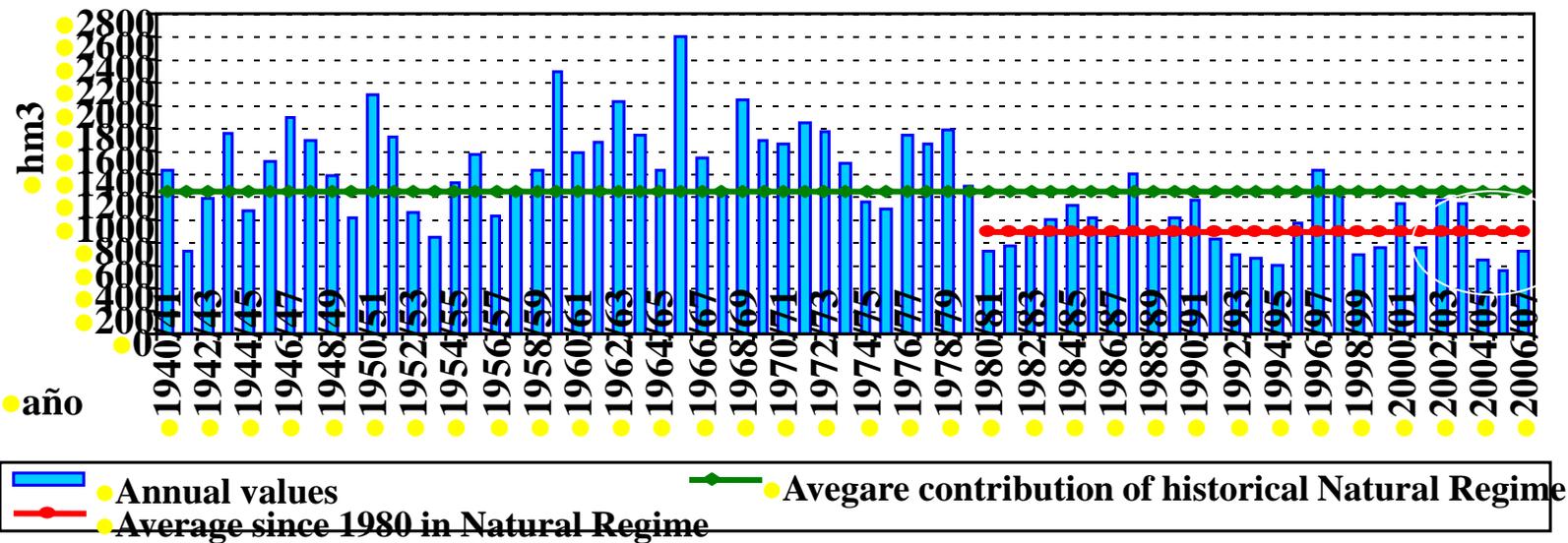
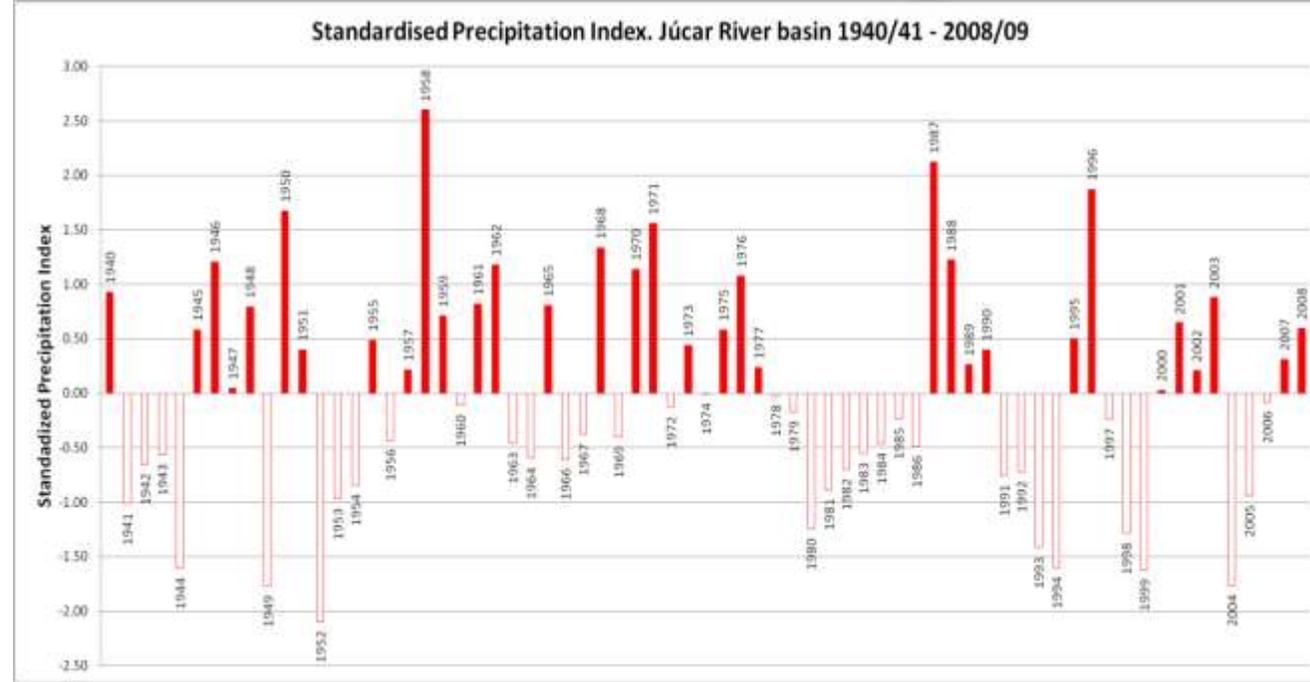


Superficie (km ²)	43.000
Población permanente	4.792.528
Población Equivalente turismo	367.322
Superficie de riego (ha)	347.275
Demanda de agua (hm ³ /año)	3.280



Sistema	Demanda 2015	Recurso en régimen natural	Demanda / Recurso régimen natural
Cenia-Maestrazgo	117	312	0,38
Mijares	300	531	0,56
Palancia	101	117	0,87
Turia	666	496	1,34
Júcar	1.546	1.671	0,93
Serpis	125	190	0,66
Marina Alta	94	222	0,42
Marina Baja	75	74	1,01
Vinalopó - Alacantí	256	97	2,64
Total DHJ	3.280	3.711	0,88

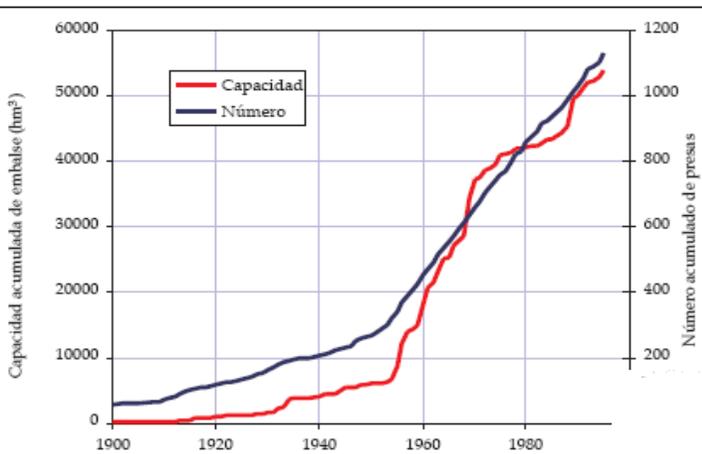
● SEQUÍAS PERSISTENTES



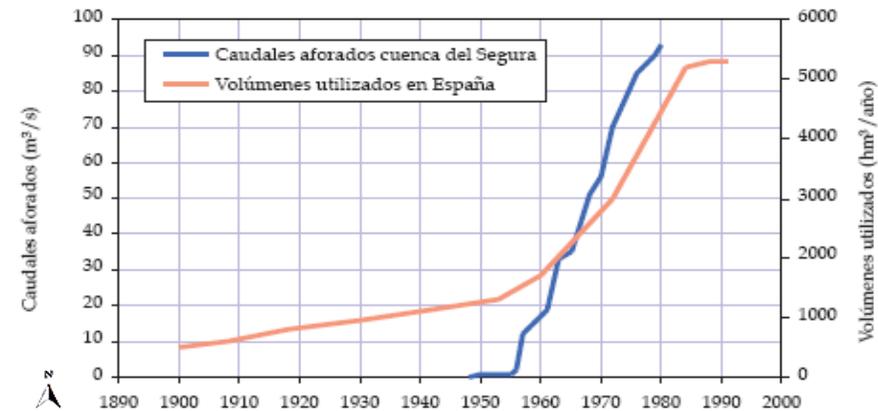
Larga tradición de **Adaptación a Escasez y Sequía**

- **Infraestructuras:**

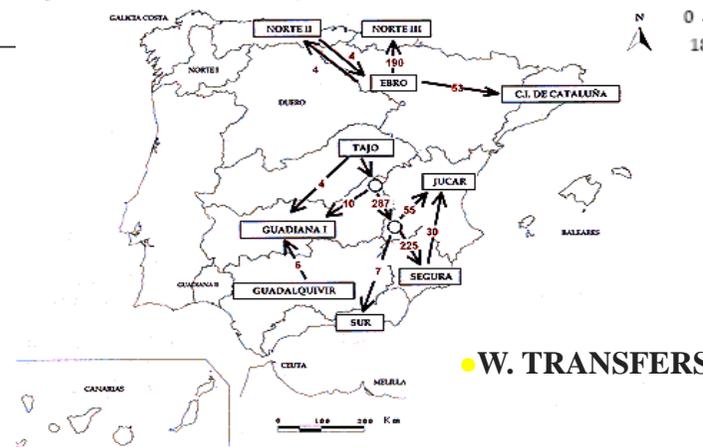
- **En tiempos históricos**(sistemas de riego, acequias y embalses; desde tiempos de los romanos y árabes, ...)
- **Desde 1900's** (grandes presas y embalses, pozos, transferencias,)
- **Sistemas de Recursos Hídricos Desarrollados**



● DAMS

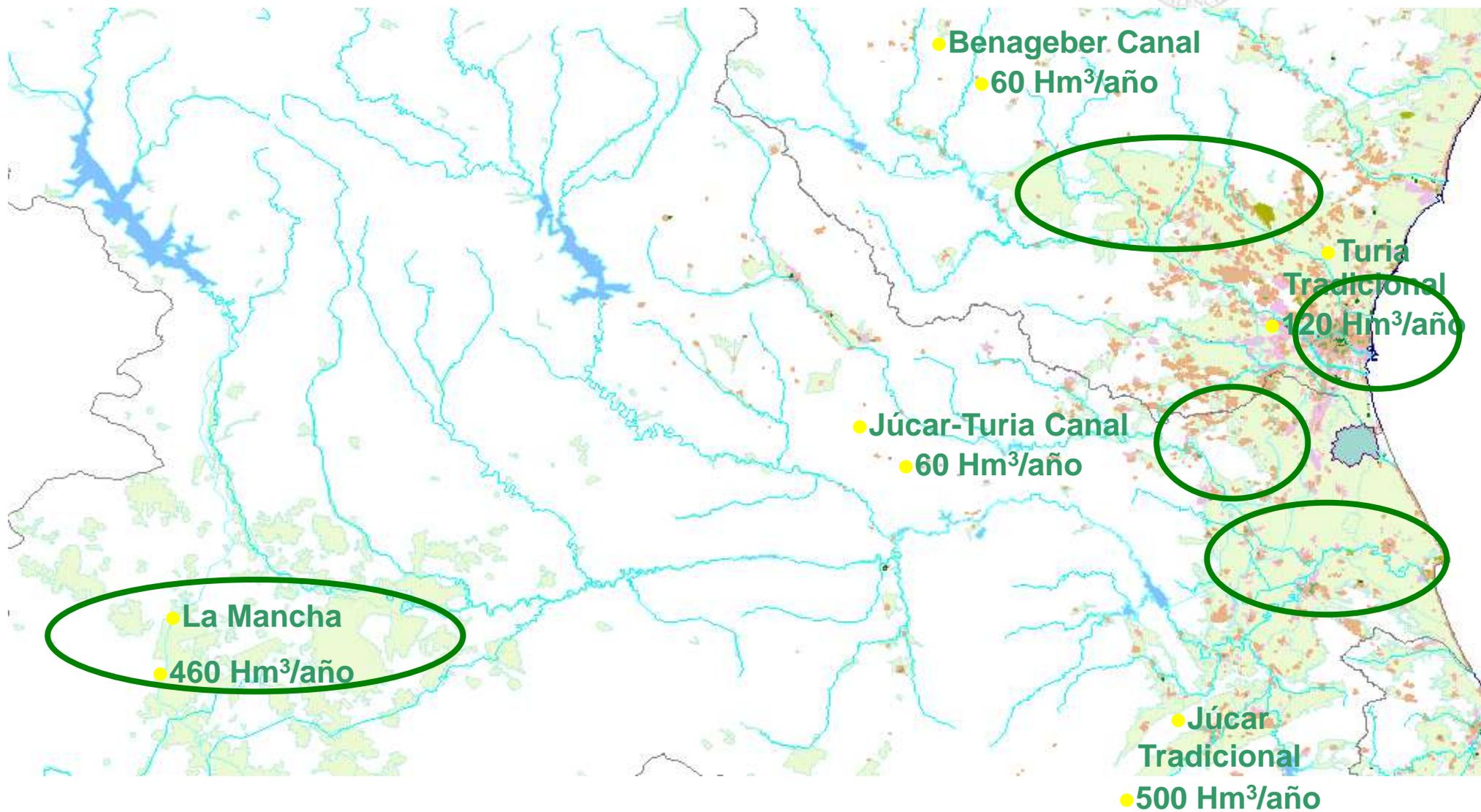


● WELL
S

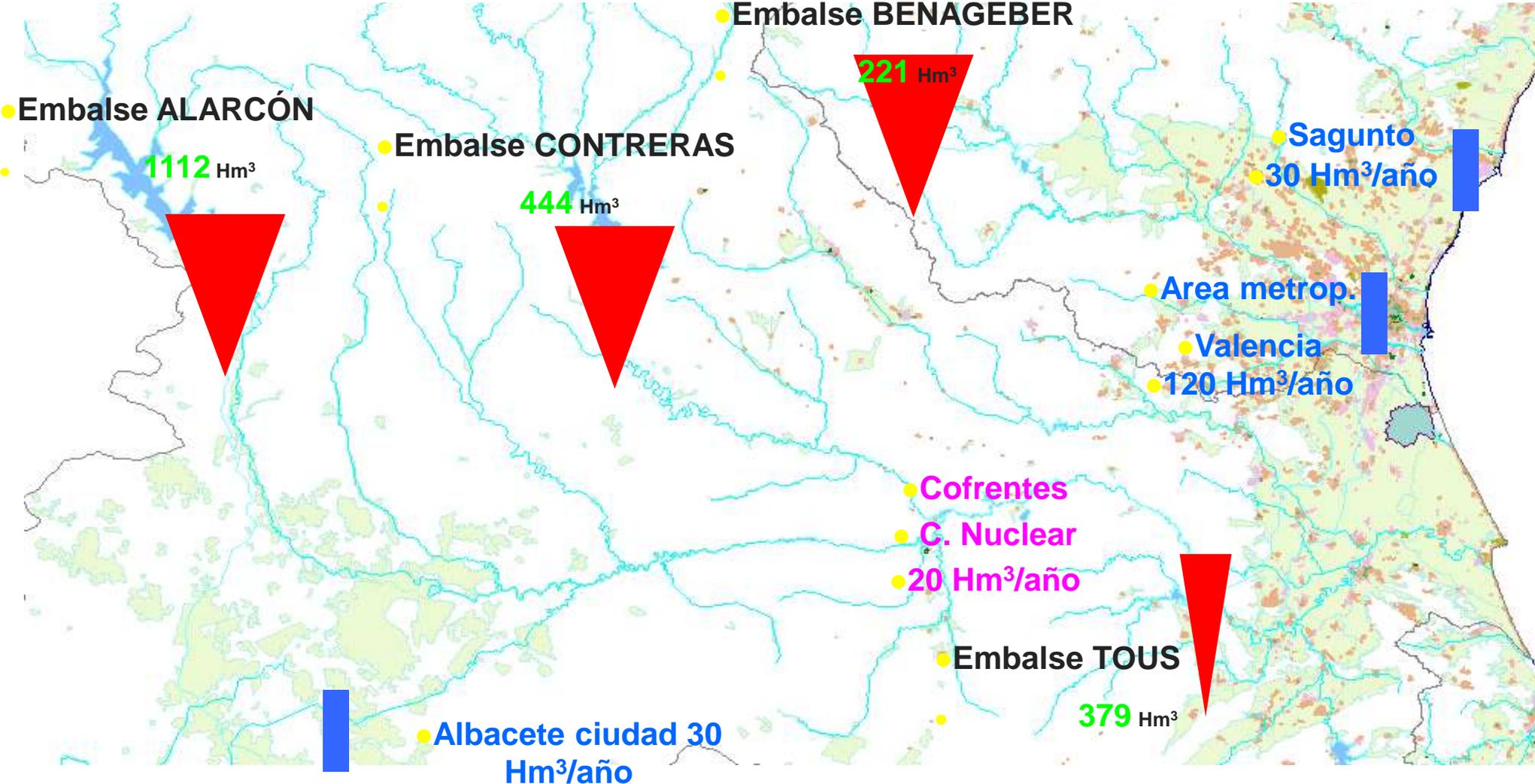


● W. TRANSFERS

● SISTEMA JUCAR-TURIA: Principales zonas de riego



● SISTEMA JUCAR-TURIA: Principales Embalses y Suministros Urbanos e Industriales



● (1 Hm3 = 1 GI) CC-IAMA-09 9

Larga tradición de (cont.):

- **Legislación** (ley aguas 1866-1879; ley financiación 1911; **ley aguas 1985**; ley aguas 2003-DMA)
- **Planificación** (Plan OH 1902; 1933; 1940; Planes cuenca 1980, 1998, 2009, 2015)
- **Mejoras en la Gestión:**
 - **Uso Conjunto de aguas superficiales y subterráneas (desde 1900's)**
- **Participación**
- **Organización, Institutions & Asociaciones:**
 - **Históricas. p.ej.: Tribunal de las Aguas de Valencia (Asociación de Regantes del río Turia) desde año 1000 hasta la fecha.**
 - **Desde 1926: Asociaciones Multisectoriales Público-Privadas de Cuencas (Confederaciones Hidrográficas)**

ACCIONES ESTRATÉGICAS EN POLÍTICA DE AGUAS

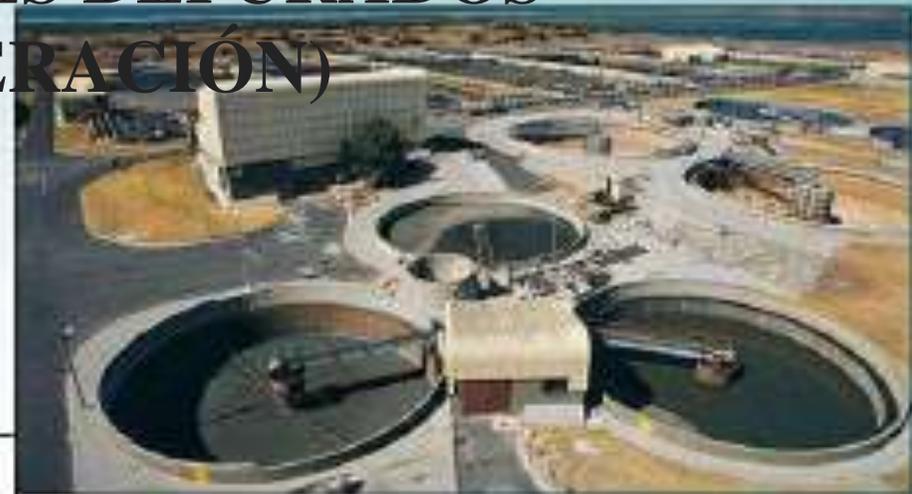
- **Implantación de la DMA**
- **Planes de Demarcaciones Hidrográficas**
- **Planes y programas sectoriales:**
 - Plan Nacional de Calidad de Aguas: II Plan de **Saneamiento y Depuración**
 - Planes Especiales de **Sequía**
 - Planes frente a **Inundaciones** (Directiva europea Inundaciones)
 - Plan Nacional de **restauración** de ríos y riberas
 - Plan nacional de **modernización de regadíos**
- **Recursos no convencionales: Desalación y reutilización**
- **Adaptación al cambio climático**

● REUTILIZACIÓN DIRECTA



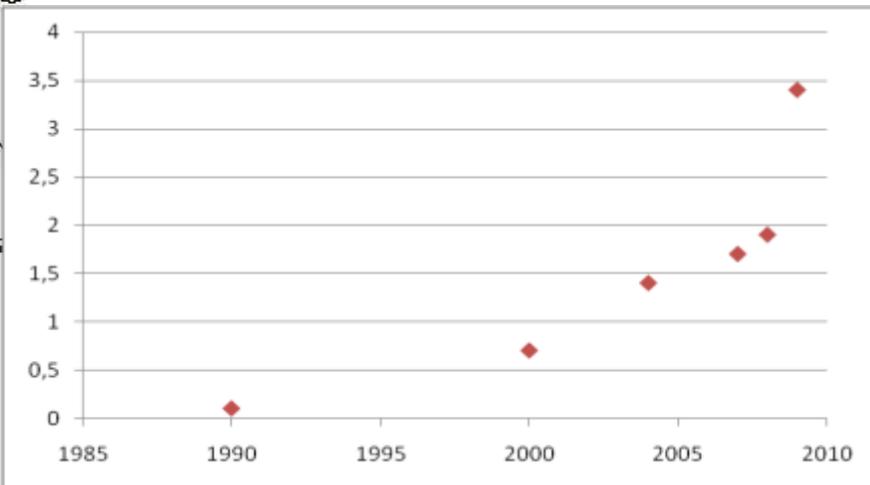
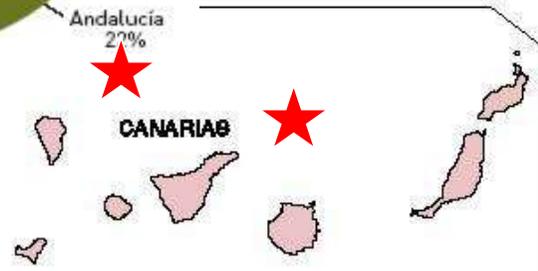
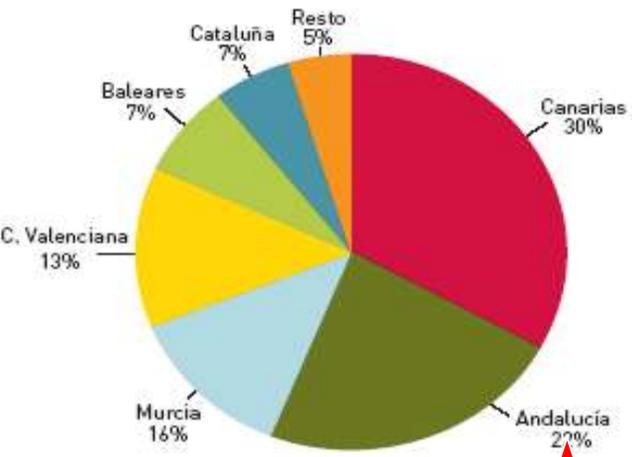
● DE EFLUENTES DEPURADOS (REGENERACIÓN)

The main use for water reuse corresponds nowadays to irrigation and environmental flows.



Desalinización

- Capacidad instalada:
- $3.5 \text{ Hm}^3/\text{día} = 1277 \text{ Hm}^3/\text{año}$



CRITERIOS DE SATISFACCIÓN DE LOS USOS Y DE LOS REQUERIMIENTOS AMBIENTALES



- ◆ **En la planificación para el futuro, los escenarios hidrológicos son inciertos (incluso sin cambio climático). También lo son los escenarios de demandas.**
- ◆ **Nunca es posible asegurar nada →**
- ◆ **Uso de criterios de satisfacción: indicadores de garantía, riesgo y vulnerabilidad**
- ◆ **Estos indicadores se utilizan para comparar alternativas de adaptación**
- ◆ **Las medidas contempladas en los planes están encaminadas a hacer sostenible el uso del agua manteniendo las masas de agua en buen estado**

El cambio climático

● <http://www.ipcc.ch/index.htm>

ipcc
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON climate change



The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) is the international body for assessing the science related to climate change. The IPCC was set up in 1988 by the World Meteorological Organization (WMO) and United Nations Environment Programme (UNEP) to provide policymakers with regular assessments of the scientific basis of climate change, its impacts and future risks, and options for adaptation and mitigation.

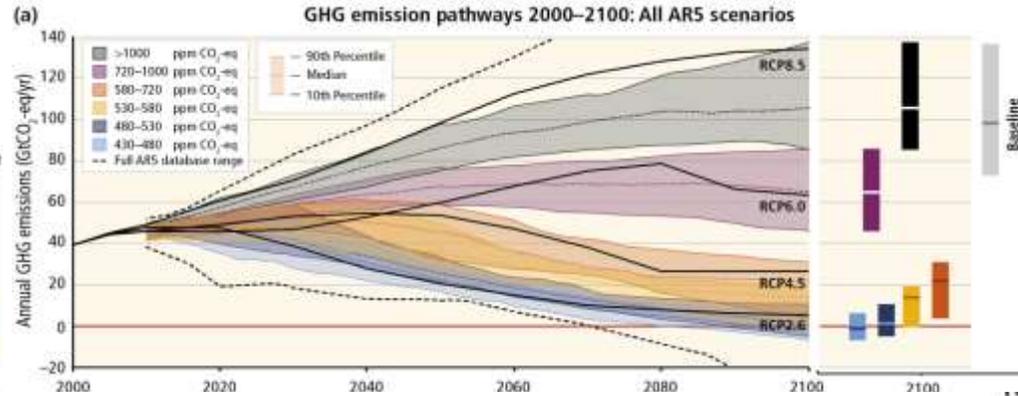
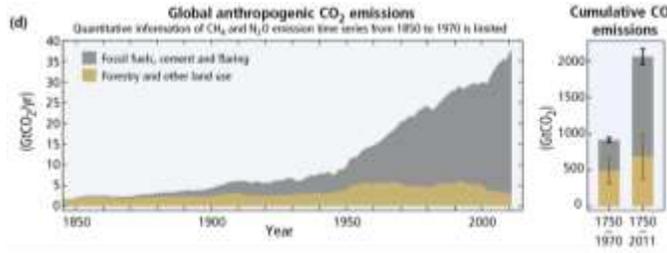


Los pronósticos climáticos

● EMISIONES

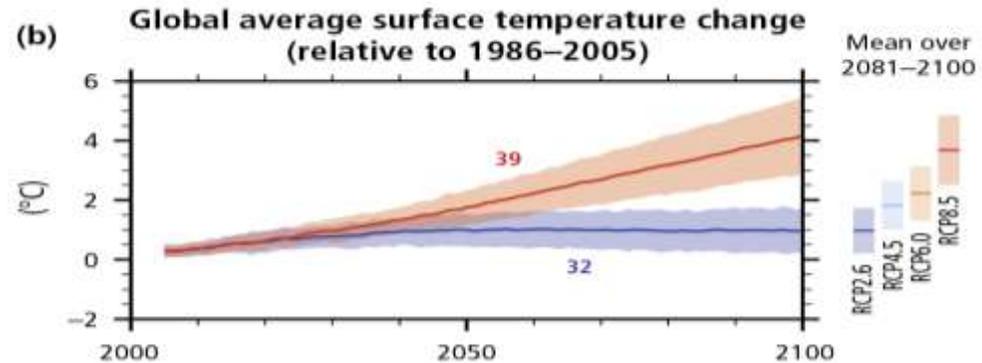
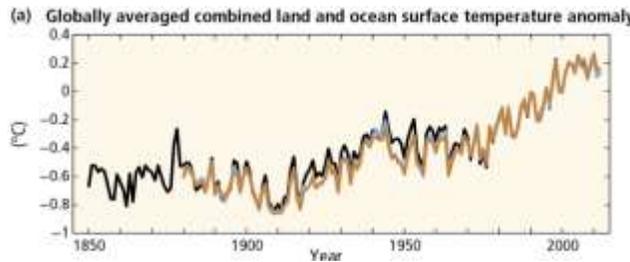
CO₂ (fuente) Climate change 2014. Synthesis report.

<http://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>



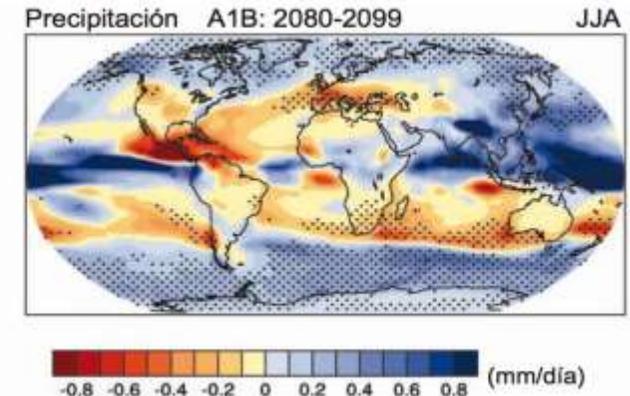
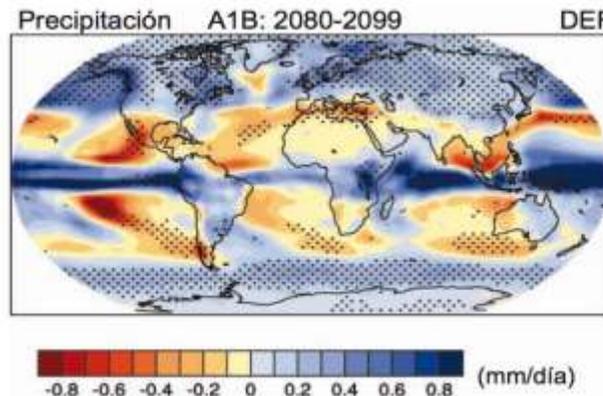
● TEMPERATUR

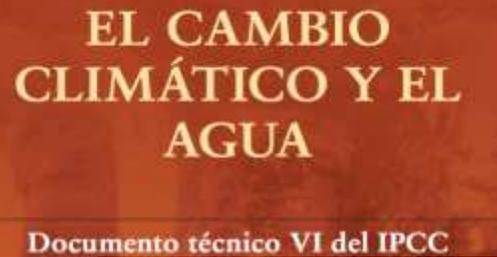
A



AGUA

- Mayor incertidumbre
- Muy diferente según zonas
- Según propiedades: media, extremos, sequías,





• <http://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/ccw/climate-change-water-sp.pdf>

8

Lagunas de conocimiento y temas de estudio sugeridos

8.1 Necesidades observacionales

Es necesario mejorar los datos observacionales y su accesibilidad para conocer más a fondo los cambios que están sucediendo, y para acotar mejor las proyecciones de los modelos; tales datos son imprescindibles para una gestión adaptativa frente a la eventualidad de un cambio climático. Para avanzar en esa dirección es necesario disponer de más datos. Algunas redes

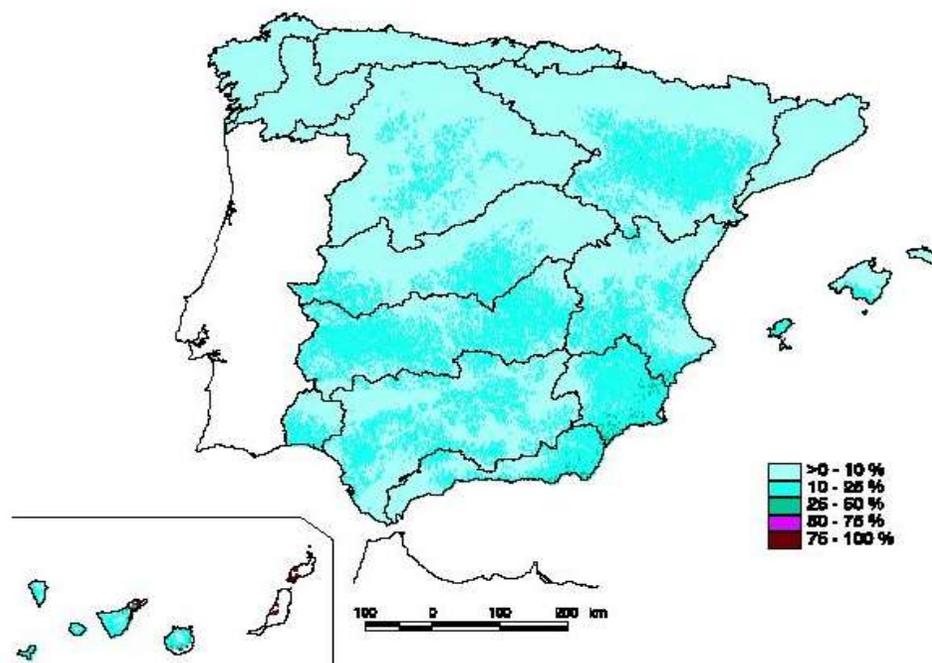
- Las dificultades para medir la precipitación ;
- Numerosas variables hidrometeorológicas no son adecuadamente medidas.
- El agua subterránea no está adecuadamente monitorizada,

Problemas para la obtención de predicciones fiables

Los registros observacionales y las proyecciones climáticas proporcionan evidencia abundante de que los recursos de agua dulce son vulnerables y podrían resultar muy afectados por el cambio climático. Sin embargo, la capacidad para cuantificar los cambios futuros de las variables hidrológicas, así como sus impactos sobre los sistemas y sectores, está limitada por la incertidumbre en todas las etapas del proceso de evaluación. La incertidumbre refleja la horquilla de escenarios de desarrollo socioeconómico, la horquilla de proyecciones de modelos climáticos para un escenario dado, la reducción de escala de los efectos del clima a escala local/regional, las evaluaciones de impacto y los retroefectos de las actividades de adaptación y mitigación. Las limitaciones de que adolecen las observaciones y nuestros conocimientos limitan nuestra capacidad actual para reducir esas incertidumbres. La toma de decisiones ha de desenvolverse en el contexto de esa incertidumbre. El desarrollo de métodos robustos para la evaluación de riesgos en base a esas incertidumbres apenas ha comenzado.

Repercusiones del cambio climático en la hidrología

- ◆ Los climatólogos producen predicciones de temperatura y de precipitaciones.
- ◆ Esas predicciones han de ser re-escaladas a escala de la cuenca para que el análisis de los impactos en los sistemas de recursos hídricos sea posible y realista.
- ◆ Con modelos hidrológicos producimos escenarios de caudales en los ríos → problemas:
 - ◆ Procedimientos de corrección del sesgo (bias correction) (período de referencia) afectan a la estacionalidad de las variables
 - ◆ mantenimiento de las estructuras de dependencia temporal (persistencia) y de dependencia espacial (entre puntos de la cuenca)

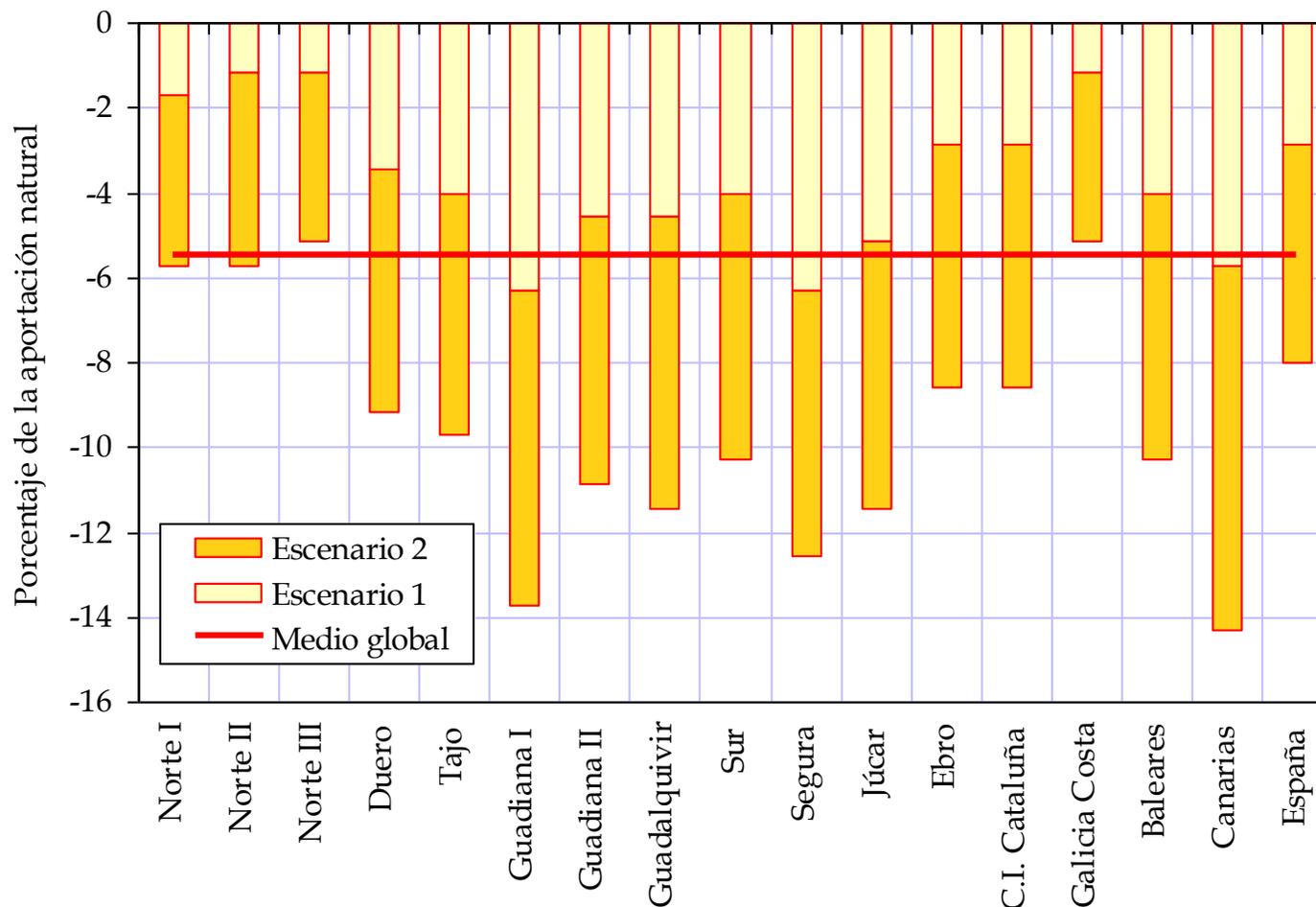


- Reducción de escorrentía con aumento de 1°C en la temperatura (Escenario 1)



- Reducción de escorrentía con disminución de un 5% en la precipitación media anual y aumento de 1°C en la temperatura (Escenario 2)

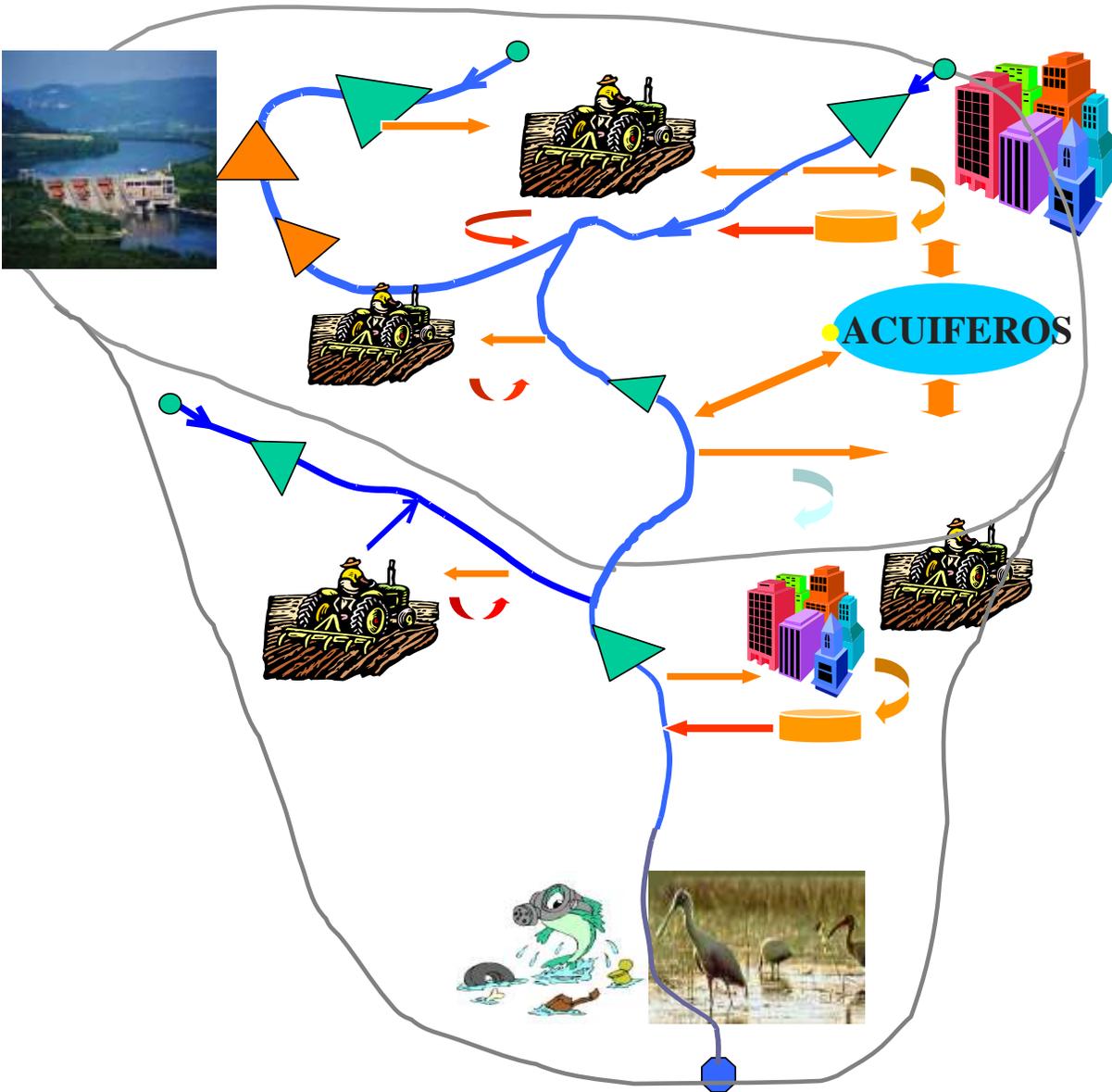
● **Porcentajes de disminución de la aportación total por efecto del cambio climático en el largo plazo de la planificación hidrológica**



- ◆ A partir de aquí queremos evaluar Repercusiones sobre Sistemas de Recursos Hídricos:
 - **Combinar** escenarios **Hidrológicos** de CC con
 - Escenarios de **Demandas Urbanas**
 - Escenarios de **Demandas Agrarias**
 - Escenarios de **Calidad de Aguas**
 - Escenarios **ecológicos**
 - Escenarios **económicos**
 - Escenarios **sociales**
 - ...
 - Cada una de estas facetas tiene escenarios propios, algunos de los cuales muy difíciles de prever.

- **USO DE SSD PARA EVALUAR
IMPACTOS DE CAMBIO CLIMÁTICO
Y EFICACIA DE MEDIDAS DE
ADAPTACIÓN Y MITIGACIÓN**

Los S.R.H. INTEGRAN a escala de cuenca: Masas de agua, Usos (Demandas), Infraestructuras, ...



Relaciones complejas que afectan la disponibilidad y calidad del agua, tanto en ESPACIO, como en TIEMPO

Implicaciones en todos los aspectos (cantidad, calidad, medio ambiente, economía, sociedad, ...).

Efectos de **cambios en los patrones hidrológicos**, ...

Solo pueden ser capturados por modelación integral y/o integrada

- **crucial** para el desarrollo de actividades posteriores en la evaluación del impacto del CC en RH: **SSD integrativo (SSDI) a escala de cuenca (o sistema de explotación)**.
- Un SSD integrando, en un modelo único, y para toda la cuenca, todos los elementos relevantes, tanto superficiales (ríos, lagos, ...), como acuíferos, infraestructuras (presas, embalses, derivaciones, vertidos, pozos, ...), usos del agua (urbanos, agrícola, industriales, ...), requerimientos ambientales, derechos de agua y prioridades, y reglas de operación del sistema.

AQUATOOL:

Herramienta para SSD diseñada para
gestión integrada de sistemas complejos
de recursos hídricos



- J. Andreu, J. Capilla, y E. Sanchis, “Generalized decision support system for water resources planning and management including conjunctive water use”, *Journal of Hydrology*, Vol. 177, pp. 269-291, 1996.

● RESULTADOS

Gráficos

Impresión

Elemento seleccionado:

Alarma : **Indicador nº 1**

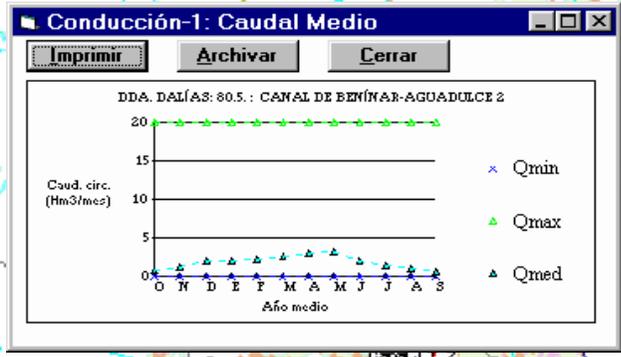
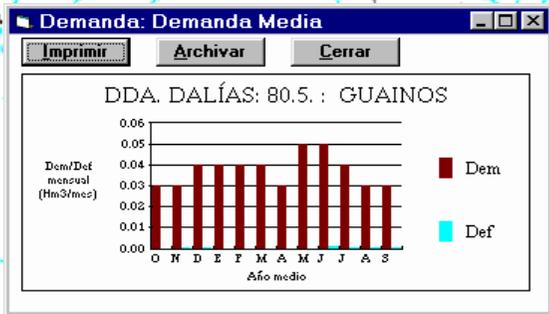
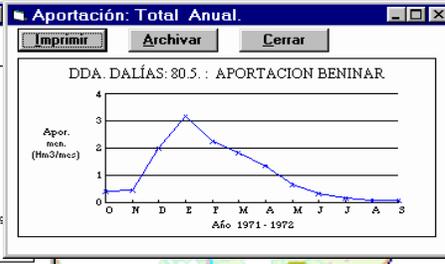
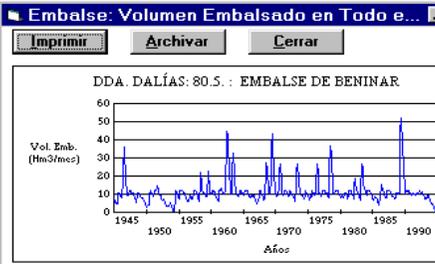
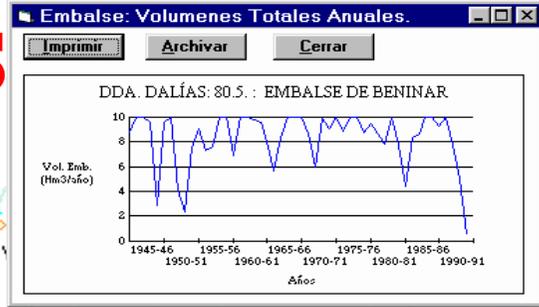
Tipo de gráfico:

- Total Anual
- Total Mensual
- Anual para año **1945 - 1946**
- Media Mensual

Resultados Numéricos

Marcar para Impresión Posterior

Aceptar **Cancelar**



Resultados Numéricos

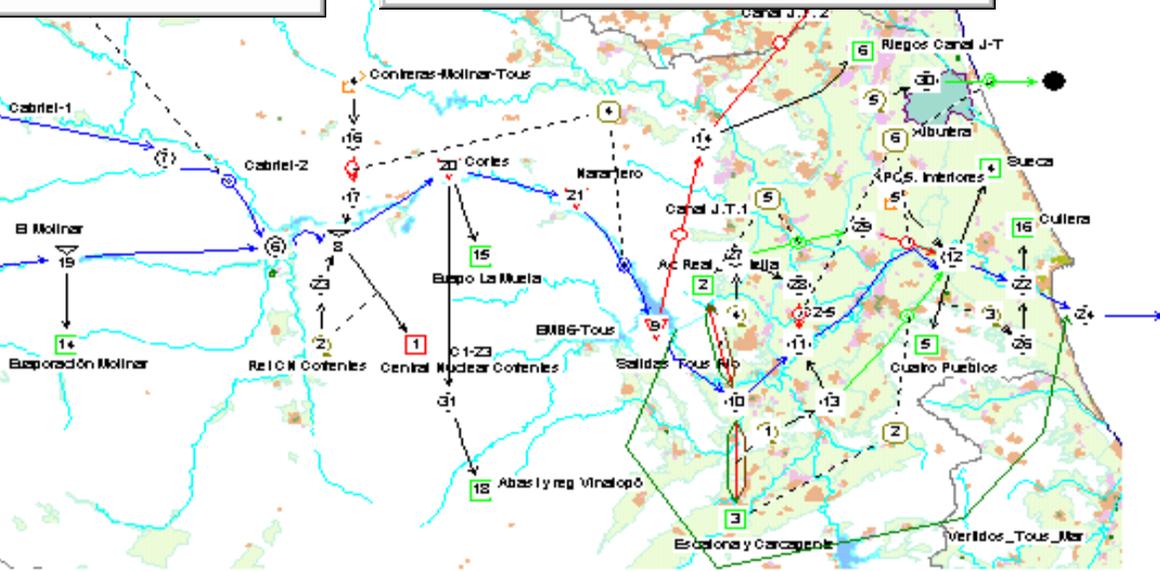
Embalse de: Embalse

Volumen embalsado (Hm3)

Volumen Inicial: 5.0

AÑO	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	V. Medio
1945/46	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	17.07	15.05	14.65	16.93	20.0	20.0	20.0	18.641
1946/47	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.000
1947/48	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.000
1948/49	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.000
1949/50	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.000
1950/51	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.000
1951/52	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.000
1952/53	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.000
1953/54	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.000
1954/55	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.000
1955/56	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.000
1956/57	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	19.4	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	19.950
1957/58	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.000
1958/59	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.000

Imprimir Archivar Cerrar



Repercusiones en satisfacción y garantía de demandas, requerimientos ambientales, ...

● MODULO DE SIMULACIÓN DE CALIDAD DE AGUAS

Enlazado con el modelo de simulación de gestión..

SIMULA la CALIDAD PARA EL SISTEMA COMPLETO

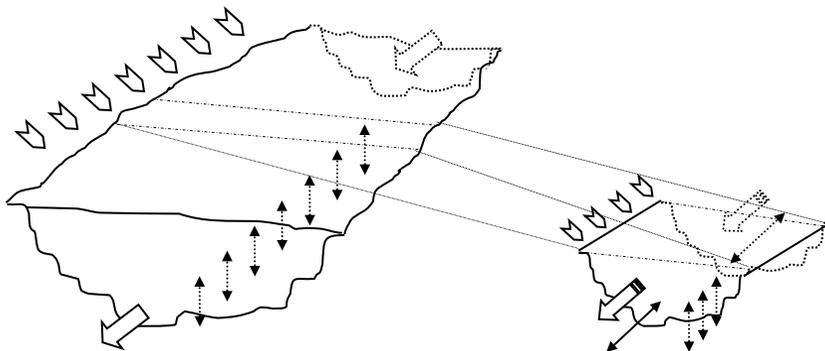
Modelo Mecanicista para ríos y embalses

Constituyentes

Temperatura

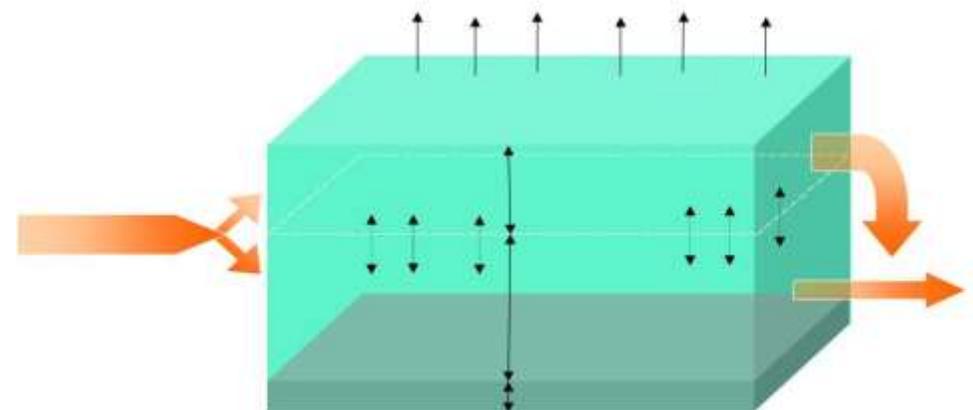
Constituyentes arbitrarios

OD + MO

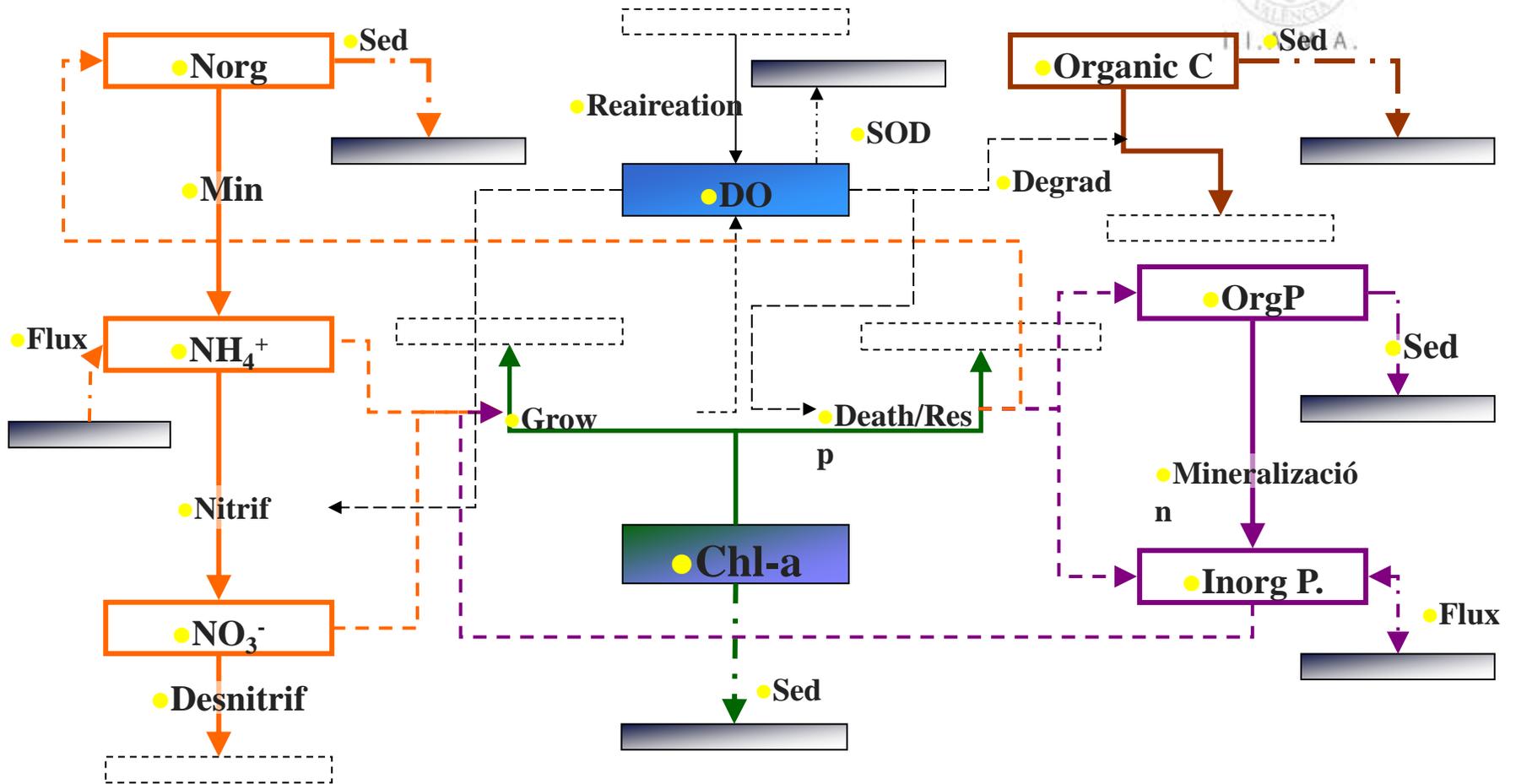


Ciclo Nitrógeno

Eutrofización



EUTROFIZACIÓN

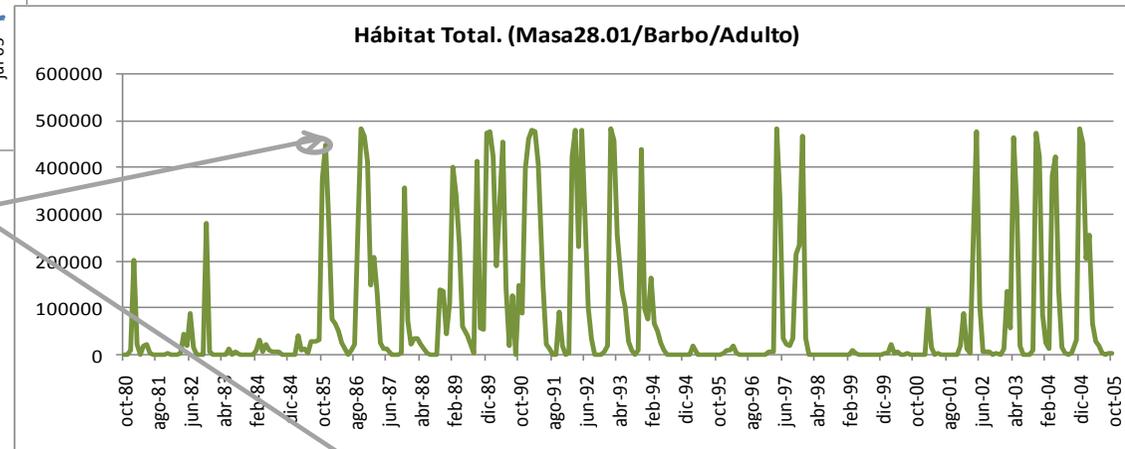
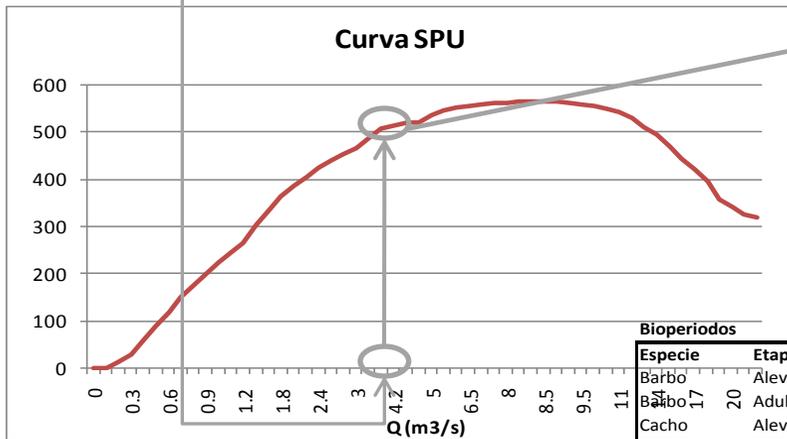
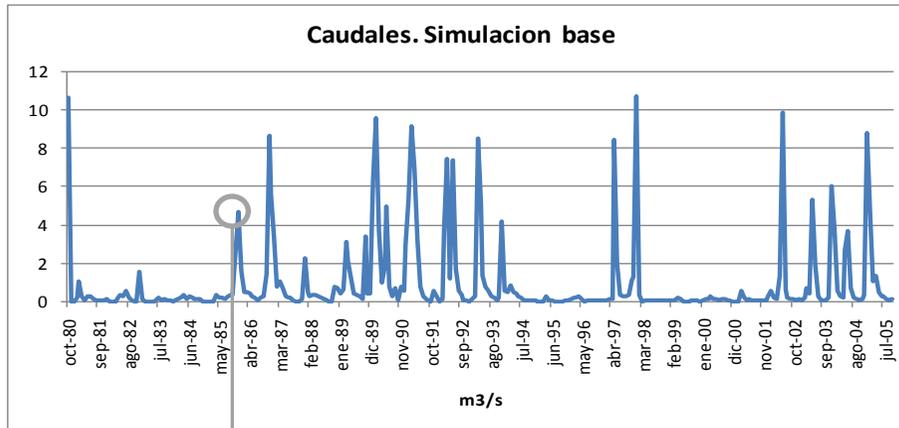


● Pueden obtenerse las repercusiones sobre la calidad de las aguas en los elementos del SRH

CAUDECO- Módulo de requerimientos ambientales

OBJECTIVO del MODULO

- Estimación de Series de Hábitat Total en diferentes masas de agua, especies y etapas para diferentes alternativas de gestión



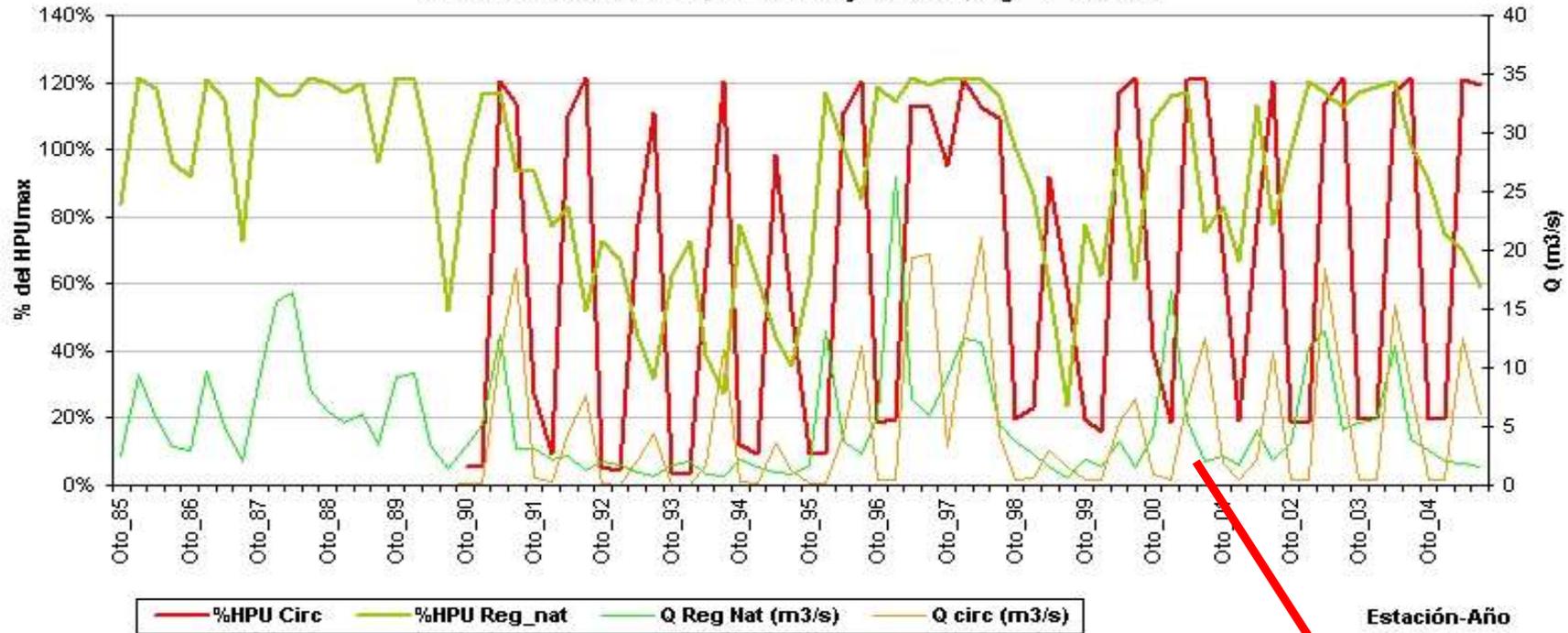
Bioperiodos

Especie	Etapas	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
Barbo	Alevin												
Barbo	Adulto												
Cacho	Alevin												
Cacho	Juvenil												
Cacho	Adulto												

• Pueden predecirse los impactos sobre el cumplimiento de las necesidades de las especies

Módulo Caudeco

CONTRERAS. Serie temporal HPU/HPU máximo. Adulto *Chondrostoma arrigonis*
Combinación de %HPU - Q circulantes y %HPU - Q régimen natural

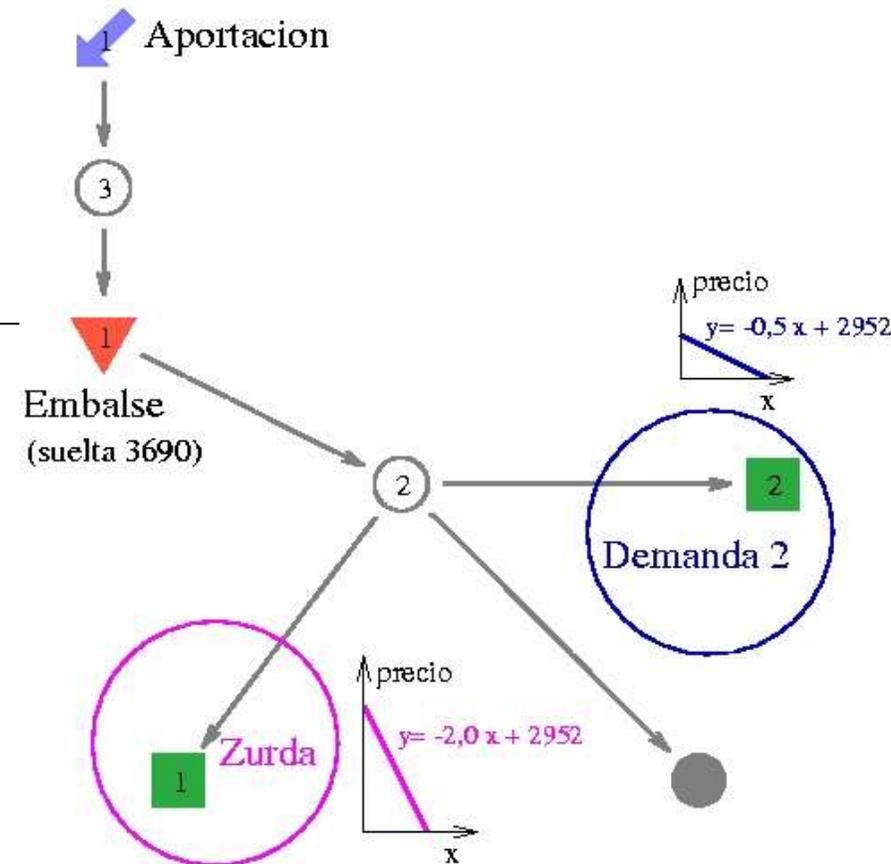
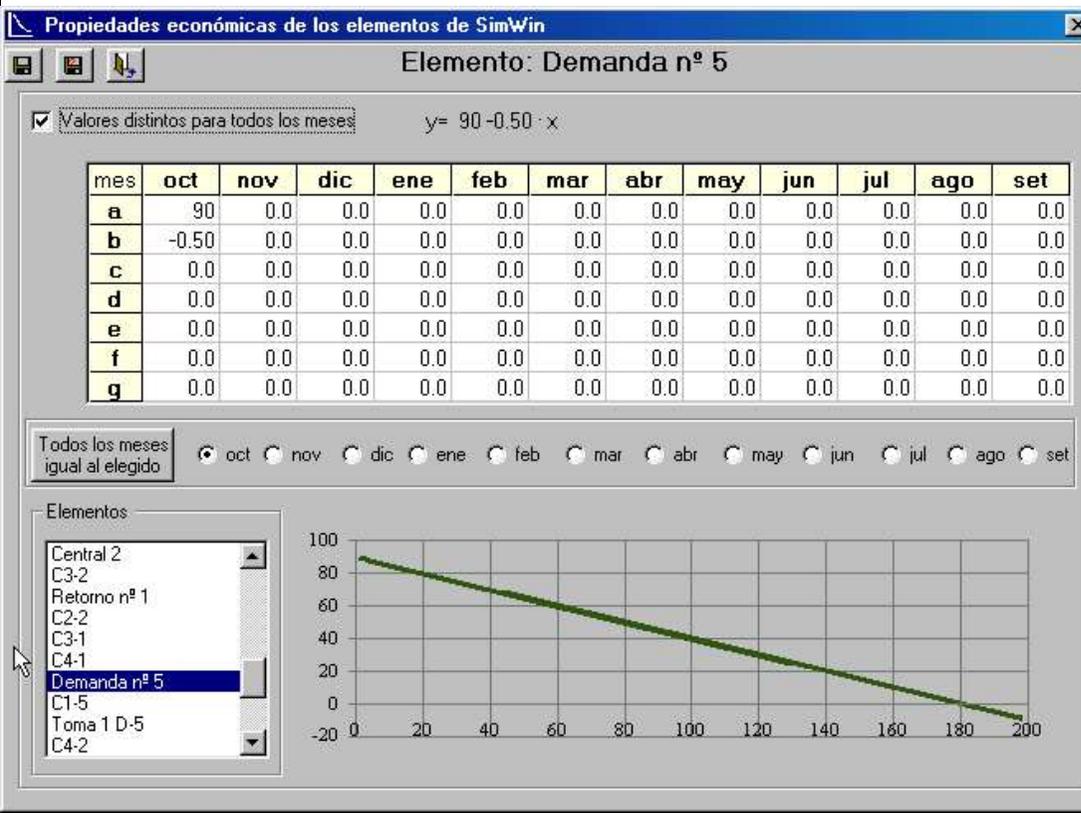


● Estimando el estado temporal del Hábitat

● Pueden predecirse los impactos sobre el cumplimiento de las necesidades de las especies

MÓDULO DE ANÁLISIS Y EVALUACIÓN ECONÓMICA

- Valor económico de una alternativa
- Pueden predecirse los impactos económicos en los elementos del sistema



● 2007:

● Esquema de la metodología

● Datos Climáticos



● Selección de escenarios de emisiones



● Escenarios climáticos regionales

● Δ Temperatura

● Δ Precipitación



● Condiciones climáticas

• Actuales

• Modificadas



● Modelo Lluvia-Escorrentía “EVALHID”

• Cálculo de aportaciones actuales

• Cálculo de aportaciones futuras

● Estimación de las demandas agrícolas

• Cálculo de las dotaciones actuales

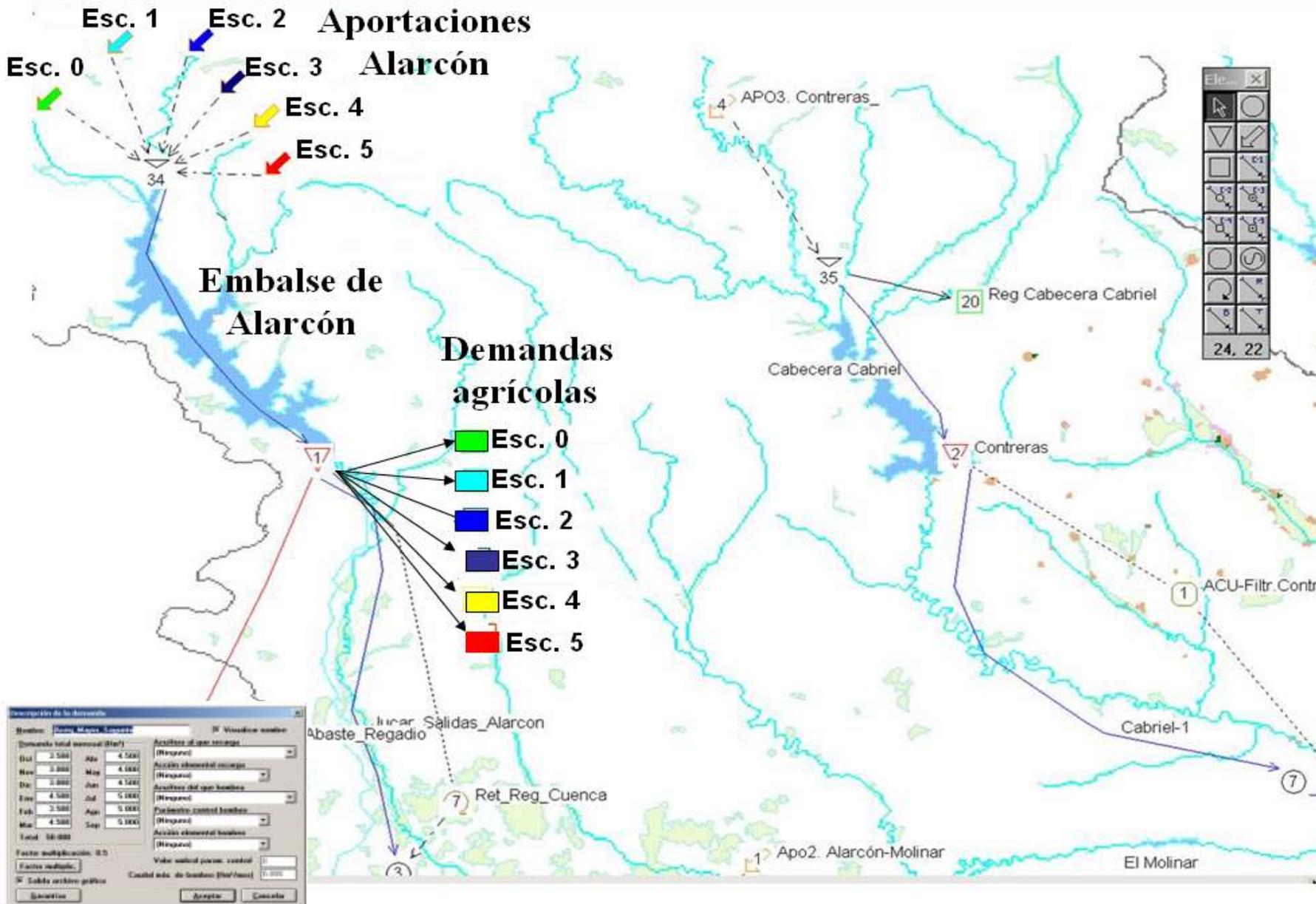
• Cálculo de las dotaciones futuras



● Simulación del Sistema de Recursos Hídricos (AQUATOOL)

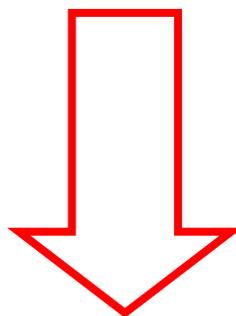
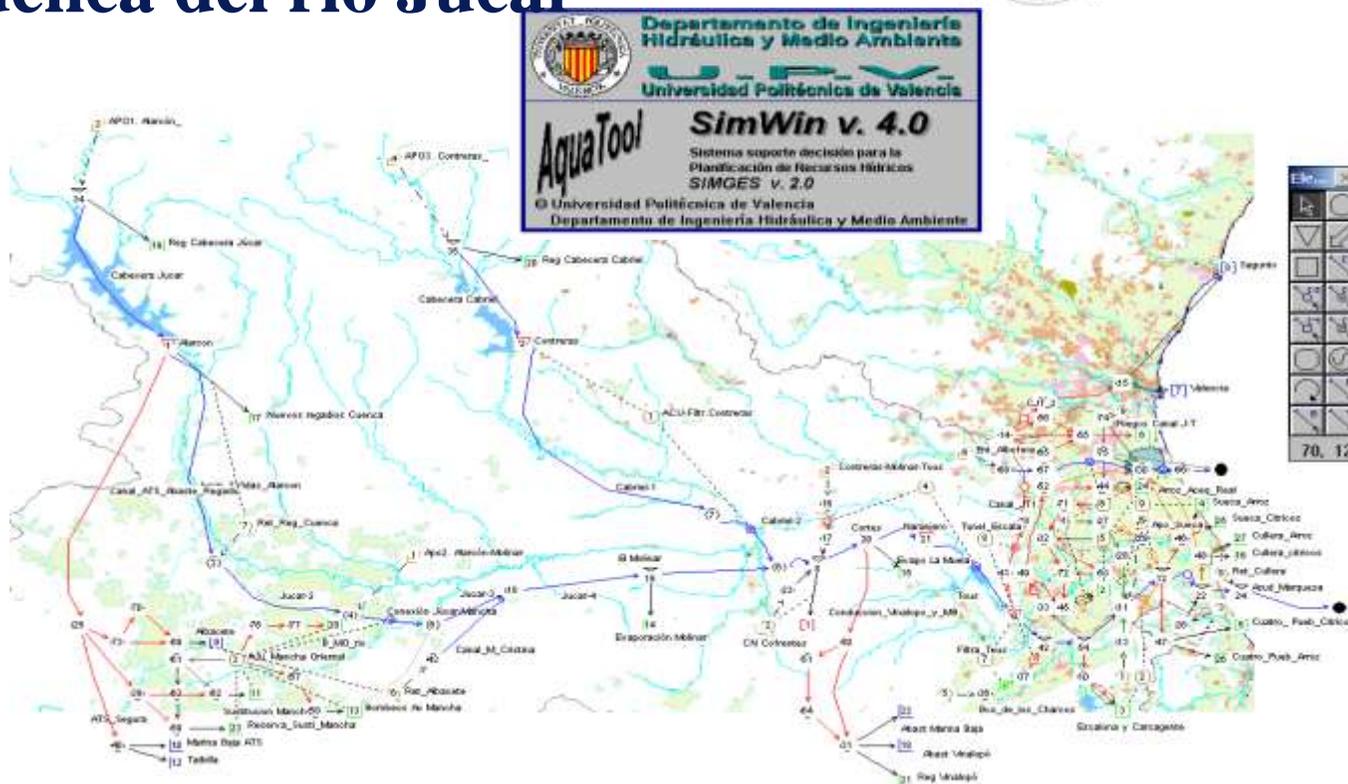
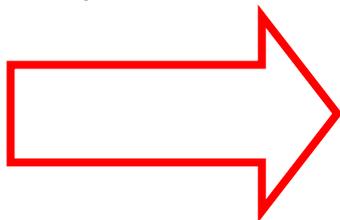
● SIMGES

SimWin - D:\TEISJD~1\JUATRO\JUCAR41.RE2
 Archivo Editar Elementos Vista Modelos Resultados Ayuda



● Simulación de la gestión del sistema de explotación de la cuenca del río Júcar (SIMGES)

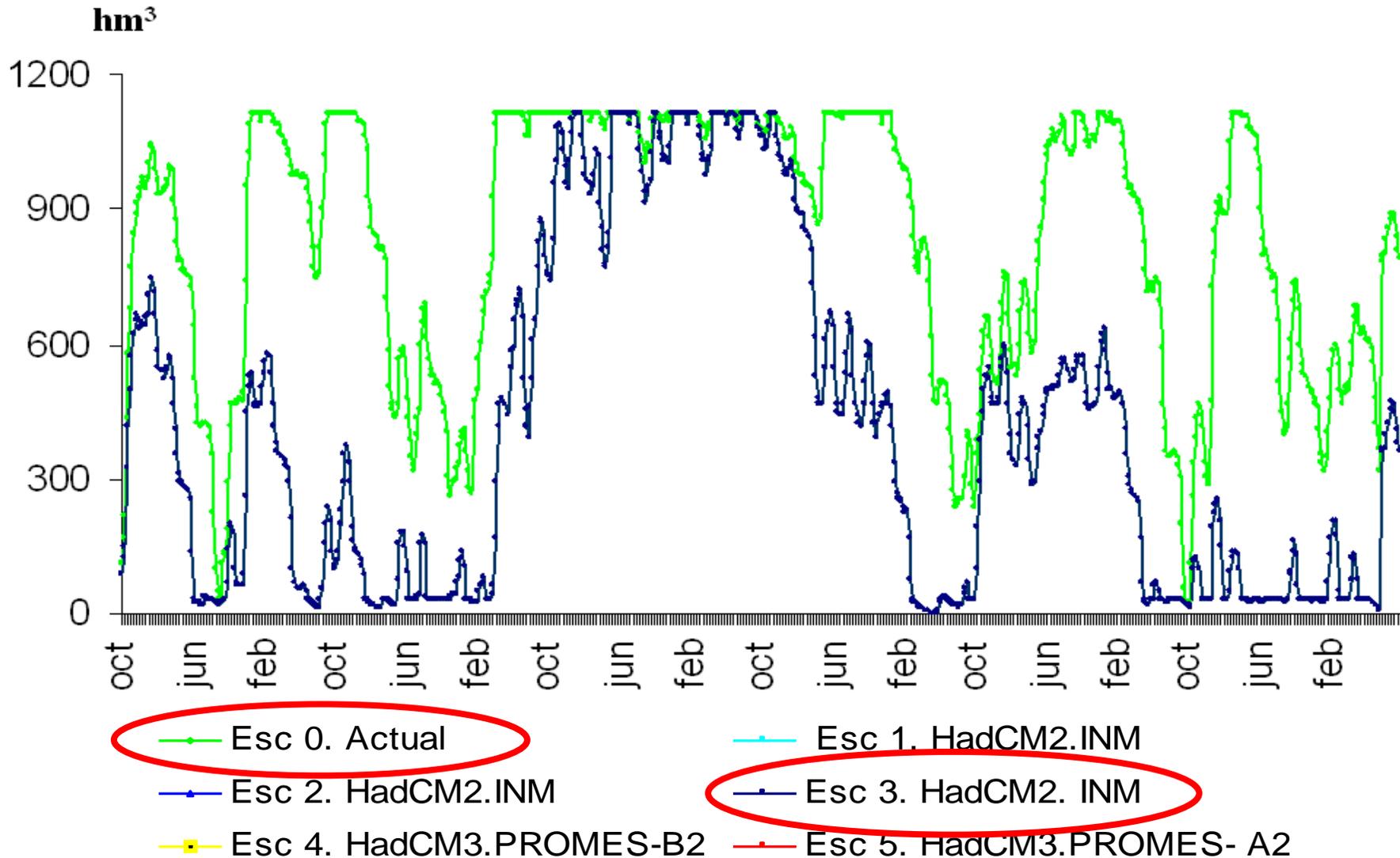
- Datos hidrológicos
- y demandas
- (actuales y futuras)



- Resultados del Sistema:
- Volúmenes de embalses
- Suministros demandas

- Volumen mensual en el embalse de Alarcón

- Situación actual y el escenario 3 HadCM2-INM 2070-2100



● Criterio de garantía UTAH año 1



Garantía criterio UTAH año 1						
DEMANDAS	Esc. 0	Esc. 1	Esc. 2	Esc. 3	Esc. 4	Esc. 5
Nombre de la demanda urbana						
Valencia	0	0	2	7	14	18
Sagunto	17	25	17	25	50	58
Albacete	0	0	0	0	0	0
Demanda industrial						
CN Cofrentes	16	21	16	25	25	50
Nombre de la demanda agrícola						
Ribera Alta						
Acequia Real Júcar (citricos)	26	63	31	93	97	100
Acequia Real Júcar(arroz)	12	34	19	77	89	100
Escalona y Carcagente	23	48	23	72	79	94
Ribera Baja						
Sueca_Citricos	11	37	19	59	63	68
Sueca_Arroz	11	53	17	81	81	83
Cullera_citricos	26	72	46	80	86	89
Cullera_Arroz	24	97	47	99	99	99
Cuatro_Pueb_Citricos	9	31	11	56	59	61
Cuatro_Pueb_Arroz	10	42	17	84	86	89
Canal Jucar Turia						
Riegos Canal Júcar-Turia	40	100	60	100	100	100
Mancha Oriental						
Sustitucion Mancha	0	0	0	0	0	0
Bombes Ac Mancha (lejos rio)	0	0	0	0	0	8
Bombes Ac Mancha (cerca rio)	0	0	0	0	0	0

CRITERIO DE GARANTÍA TIPO UTAH

El déficit en un año NO puede exceder el 50% de la demanda anual

● **Ojo! Todo esto sería en caso de no aplicar medidas de ningún tipo**

→ Excede el 50 % de la demanda anual

→ Excede el 50 % de la demanda anual

→ Excede el 50 % de la demanda anual

● → En realidad, los descensos de niveles piezométricos harían inviables las extracciones en muchos casos

● Criterio de garantía UTAH año 2



Garantía criterio UTAH año 2						
DEMANDAS	Esc. 0	Esc. 1	Esc. 2	Esc. 3	Esc. 4	Esc. 5
Nombre de la demanda urbana						
Valencia	0	0	2	12	19	25
Sagunto	17	25	17	42	75	84
Albacete	0	0	0	0	0	0
Demanda industrial						
CN Cofrentes	16	21	16	36	50	75
Nombre de la demanda agrícola						
Ribera Alta						
Acequia Real Júcar (citricos)	32	69	31	176	193	198
Acequia Real Júcar(arroz)	24	44	19	139	173	189
Escalona y Carcagente	33	58	23	130	150	174
Ribera Baja						
Sueca_Citricos	11	37	19	102	110	122
Sueca_Arroz	11	53	17	155	153	158
Cullera_citricos	26	72	46	155	160	169
Cullera_Arroz	24	97	47	198	198	198
Cuatro_Pueb_Citricos	9	31	11	106	107	113
Cuatro_Pueb_Arroz	10	42	17	157	161	168
Canal Jucar Turia						
Riegos Canal Júcar-Turia	40	100	60	200	200	200
Mancha Oriental						
Sustitucion Mancha	0	0	0	0	0	0
Bombes Ac Mancha (lejos río)	0	0	0	0	0	17
Bombes Ac Mancha (cerca río)	0	0	0	0	0	0

CRITERIO DE GARANTÍA TIPO UTAH

El déficit de dos años consecutivos **NO puede** exceder el 75% de la demanda anual

● **Ojo! Todo esto sería en caso de no aplicar medidas de ningún tipo**

El déficit de dos años consecutivos **NO puede** exceder el 75% de la demanda anual

El déficit de dos años consecutivos **NO puede** exceder el 75% de la demanda anual

El déficit de dos años consecutivos **NO puede** exceder el 75% de la demanda anual

● En realidad, los descensos de niveles piezométricos harían inviables las extracciones en muchos casos

● Criterio de garantía UTAH año 10



Garantía criterio UTAH año 10						
DEMANDAS	Esc. 0	Esc. 1	Esc. 2	Esc. 3	Esc. 4	Esc. 5
Nombre de la demanda urbana						
Valencia	0	0	2	15	29	50
Sagunto	17	25	25	92	151	195
Albacete	0	0	0	0	0	0
Demanda industrial						
CN Cofrentes	16	21	21	76	106	160
Nombre de la demanda agrícola						
Ribera Alta						
Acequia Real Júcar (cítricos)	32	89	66	588	693	794
Acequia Real Júcar(arroz)	24	52	33	408	567	683
Escalona y Carcagente	33	70	46	393	506	566
Ribera Baja						
Sueca_Citricos	11	42	26	261	308	427
Sueca_Arroz	11	53	33	395	468	577
Cullera_citricos	26	98	98	546	613	692
Cullera_Arroz	24	102	94	662	745	875
Cuatro_Pueb_Citricos	9	36	19	245	304	394
Cuatro_Pueb_Arroz	10	42	25	301	465	563
Canal Jucar Turia						
Riegos Canal Júcar-Turia	40	131	142	780	820	920
Mancha Oriental						
Sustitucion Mancha	0	0	0	0	0	0
Bombes Ac Mancha (lejos río)	0	0	0	0	2	83
Bombes Ac Mancha (cerca río)	0	0	0	0	0	0

CRITERIO DE GARANTÍA TIPO UTAH

El déficit de diez años consecutivos NO puede exceder el 100 % de la demanda anual

● **Ojo! Todo esto sería en caso de no aplicar medidas de ningún tipo**

El déficit de diez años consecutivos NO puede exceder el 100 % de la demanda anual

CRISIS

El déficit de diez años consecutivos NO puede exceder el 100 % de la demanda anual

CRISIS

El déficit de diez años consecutivos NO puede exceder el 100 % de la demanda anual

CRISIS

● En realidad, los descensos de niveles piezométricos harían inviables las extracciones en muchos casos

Garantía mensual de las demandas en el sistema de la cuenca del río Júcar

Garantía mensual						
DEMANDAS	Esc. 0	Esc. 1	Esc. 2	Esc. 3	Esc. 4	Esc. 5
Nombre de la demanda urbana						
Valencia	99.9	100.0	99.0	98.2	95.6	94.0
Sagunto	99.7	99.2	99.0	96.7	93.2	89.4
Albacete	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Demanda industrial						
CN Cofrentes	99.7	99.4	99.0	96.7	93.5	90.0
Nombre de la demanda agrícola						
Ribera Alta						
Acequia Real Júcar (citricos)	99.4	97.6	99.0	77.8	57.0	43.1
Acequia Real Júcar(arroz)	99.4	97.6	99.0	78.7	57.0	45.0
Escalona y Carcagente	99.5	97.9	99.0	82.3	66.0	57.0
Ribera Baja						
Sueca (citricos)	99.7	98.7	99.0	84.5	80.5	72.1
Sueca (arroz)	99.9	98.6	99.0	89.6	79.5	71.7
Cullera (citricos)	99.7	98.3	98.0	86.8	74.4	65.3
Cullera (arroz)	99.7	98.3	99.0	88.1	76.5	69.7
Cuatro Pueblos (citricos)	99.9	98.8	99.0	90.8	82.3	73.5
Cuatro Pueblos (arroz)	99.9	99.0	99.0	91.4	81.5	73.7
Canal Jucar Turia						
Riegos Canal Júcar-Turia	99.7	98.2	98.0	86.8	74.9	67.6
Mancha Oriental						
Sustitucion Mancha	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Bombes Ac Mancha (lejos rio)	100.0	100.0	100.0	100.0	91.7	83.3
Bombes Ac Mancha (cerca rio)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

● **Ojo! Todo esto sería en caso de no aplicar medidas de ningún tipo**

Menos del 70 % de Garantía mensual

● → En realidad, los descensos de niveles piezométricos harían inviables las extracciones en muchos casos

Garantía anual						
DEMANDAS	Esc. 0	Esc. 1	Esc. 2	Esc. 3	Esc. 4	Esc. 5
Nombre de la demanda urbana						
Valencia	100.0	100.0	100.0	95.4	92.3	84.6
Sagunto	98.5	95.4	99.0	84.6	69.2	53.8
Albacete	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Demanda industrial						
CN Cofrentes	98.5	96.9	96.0	84.6	75.4	56.9
Nombre de la demanda agrícola						
Ribera Alta						
Acequia Real Júcar (citricos)	96.9	89.2	93.0	53.8	17.0	5.0
Acequia Real Júcar(arroz)	96.9	90.8	92.0	55.4	20.0	4.6
Escalona y Carcagente	96.9	89.2	93.0	53.8	24.6	8.0
Ribera Baja						
Sueca (citricos)	98.5	95.4	98.0	62.2	46.2	24.6
Sueca (arroz)	98.5	95.4	96.0	63.1	36.9	15.4
Cullera (citricos)	98.5	93.8	92.0	58.5	27.7	9.2
Cullera (arroz)	98.5	93.8	93.0	60.0	52.3	10.8
Cuatro Pueblos (citricos)	98.5	96.9	98.0	64.6	52.3	24.6
Cuatro Pueblos (arroz)	98.5	96.9	98.0	73.8	52.3	23.1
Canal Jucar Turia						
Riegos Canal Júcar-Turia	98.5	93.8	93.0	58.5	26.2	9.2
Mancha Oriental						
Sustitucion Mancha	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Bombes Ac Mancha (lejos río)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Bombes Ac Mancha (cerca río)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

● **Ojo! Todo sería en caso de no aplicar medidas de ningún tipo**

Menos del 70 % de Garantía anual

● En realidad, los descensos de niveles piezométricos harían inviables las extracciones en muchos casos



SWICCA Service for Water Indicators in Climate Change Adaptation

SWICCA offers readily available climate-impact data to speed up the workflow in climate-change adaptation of water management across Europe.

Getting started

Maps, graphs and
downloads

About SWICCA
data

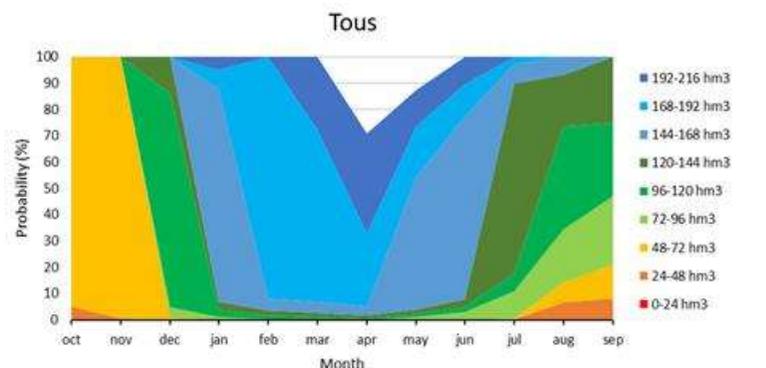
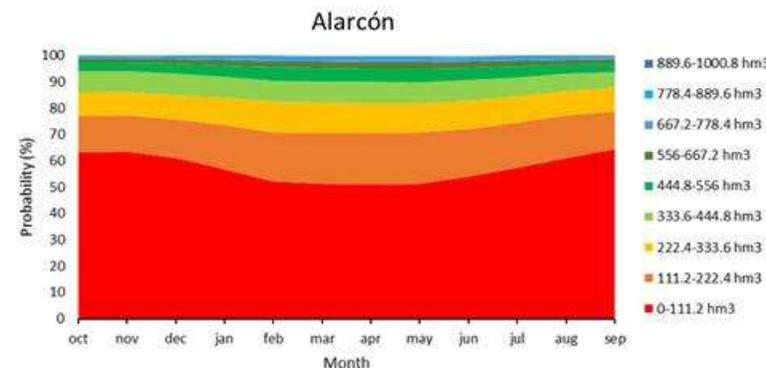
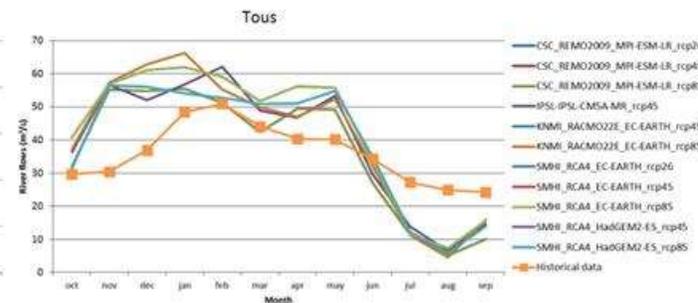
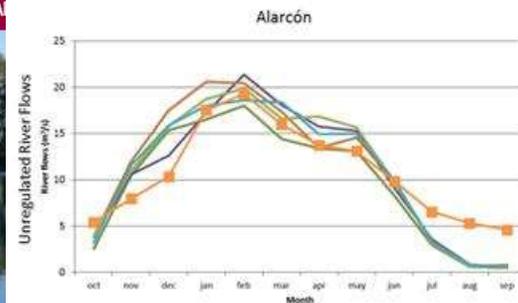
Showcases

Table 1. Characteristics of the 11 RCMs data provided by E-HYPE hydrological model. (Modified from:

http://swicca.climate.copernicus.eu/wp-content/uploads/2016/10/Metadata_Precipitation_catchment.pdf)

Model input/forcing

RCP	GCM	RCM	Period	Institute
2.6	EC-EARTH	RCA4	1970-2100	SMHI
	MPI-ESM-LR	REMO2009	1951-2100	CSC
4.5	EC-EARTH	RCA4	1970-2100	SMHI
	EC-EARTH	RACMO22E	1951-2100	KNMI
	HadGEM2-ES	RCA4	1970-2098	SMHI
	MPI-ESM-LR	REMO2009	1951-2100	CSC
8.5	CM5A	WRF33	1971-2100	IPSL
	EC-EARTH	RCA4	1970-2100	SMHI
	EC-EARTH	RACMO22E	1951-2100	KNMI
	HadGEM2-ES	RCA4	1970-2098	SMHI
	MPI-ESM-LR	REMO2009	1951-2100	CSC



ABOUT • SECTORS • CASE STUDIES • INNOVATION • RESOURCES • VIDEOS •

CONTACT



STORY

STORY

LEARN FROM TODAY TO ANTICIPATE TOMORROW

IMPRES WILL MAKE THE

BRIDGE BETWEEN NOW AND

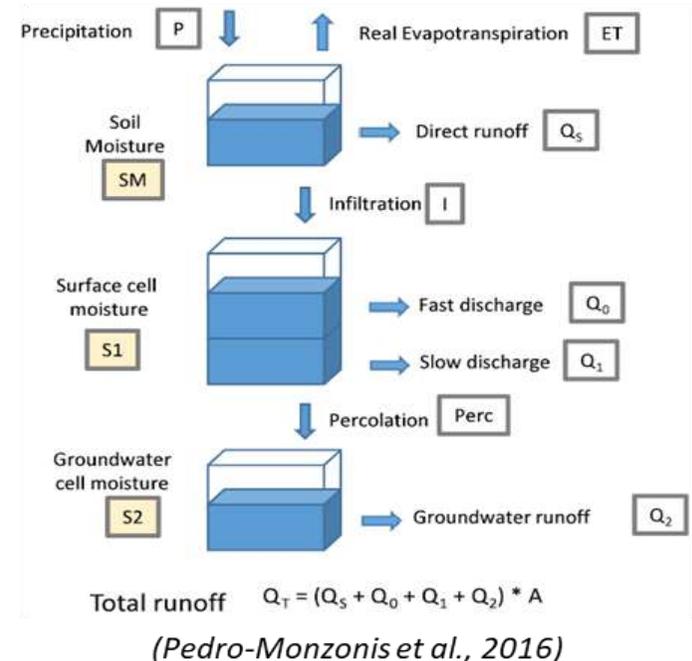
LATER

Recent hydrological extreme events demonstrate the vulnerability of European society to water-related natural hazards, and there is strong evidence that climate change will worsen these events in the coming years.

Module EVALHID

- The EVALHID module (Paredes-Arquiola et al., 2012) is used to develop a hydrological model in complex basins
- Its main goal is to evaluate the amount of water resources generated in each basin
- It has integrated several rainfall-runoff models and all of them have been aggregated with semi distributed applications at the sub-basin scale
- Currently, we work with the HBV model (Hydrologiska Byråns Vattenbalans-avdelning) (Bergström and Forsman, 1973) due to its versatility and the obtained results in comparison with other models in the case study

Rainfall-runoff model: HBV



Future scenarios

- Results from the CEDEX Technic Report of Impact Assessment on Climate Change of Water Resources and Droughts in Spain (2017) for the Ministry of Agriculture and Fisheries, Food and Environment
- Official data for the JRB
- They took 12 projections, 6 for the RCP 4.5 and 6 for the RCP 8.5 and made an ensemble for 4.5 scenario and other for 8.5 scenario
 - Coming from the GCM of the AR5, IPCC
 - Downscaled by AEMET (Meteorological Agency of Spain)
 - Selection criteria:
 - » Projections of RCP 4.5 and 8.5, more probable taking into account the actual evolution of greenhouse gases
 - » Daily values of PP, Tmin, Tmean and Tmax
 - » GCM coming from different institutions
 - » Good reproduction of observed data
 - » Future periods: 2010-2040, 2040-2070, 2070-2100

INPUTS, STORAGE and OUTPUTS

Period: 2040-2070
 Scenario: Future4.5_avg
 Area: Jucar River Basin



Unit hm³/yr

Future period 2040-2070 (scenario 4.5):

- -3% of PP, -2% in ET
- The demand of agriculture sector can be maintained
- The water of the river is only the environmental outflow

INPUTS, STORAGE and OUTPUTS

Period: 2040-2070
 Scenario: Future8.5_avg
 Area: Jucar River Basin



Unit hm³/yr

Future period 2040-2070 (scenario 8.5):

- -7% of PP, -5% in ET
- -11% water allocation for agriculture sector (blue water)
- The water of the river is only the environmental outflow

INPUTS, STORAGE and OUTPUTS

Period: 2070-2100
 Scenario: Future4.5_avg
 Area: Jucar River Basin



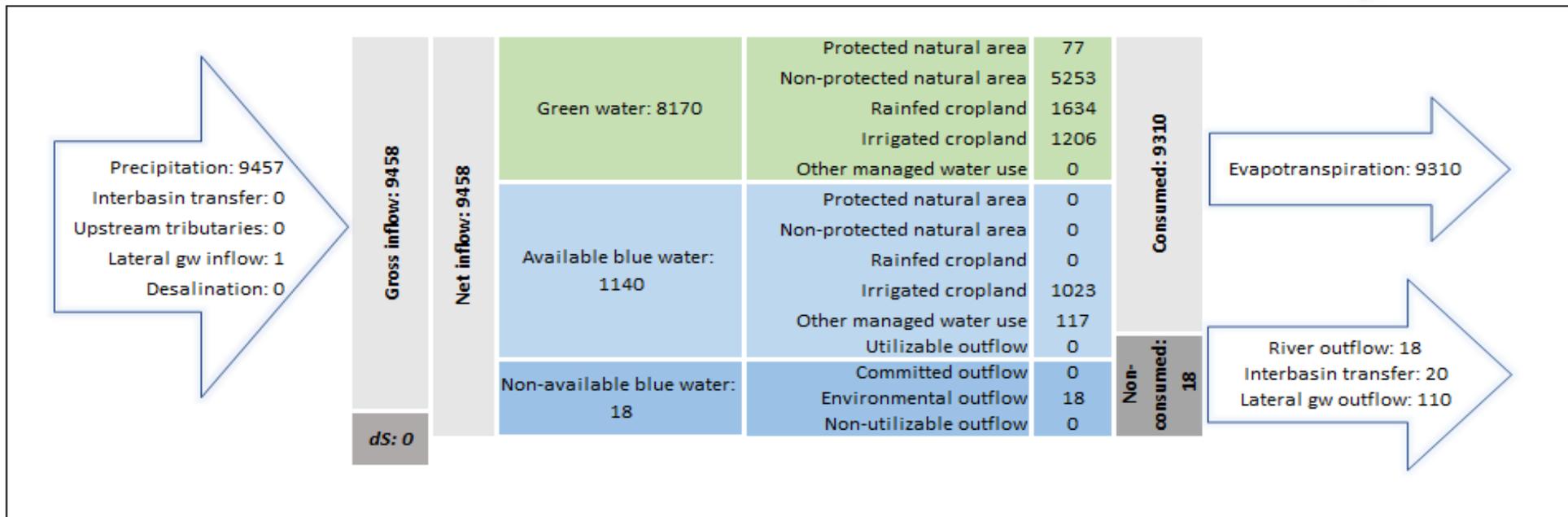
Unit hm³/yr

Future period 2070-2100 (scenario 4.5):

- -6% of PP, -4% in ET
- -10% water allocation for agriculture sector (blue water)
- The water of the river is only the environmental outflow

INPUTS, STORAGE and OUTPUTS

Period: 2070-2100
 Scenario: Future8.5_avg
 Area: Jucar River Basin



Unit hm³/yr

Future period 2070-2100 (scenario 8.5):

- -11% of PP, -8% in ET
- -23% water allocation for agriculture sector (blue water)
- The water of the river is only the environmental outflow

INDICATORS

- The system is stressed and the efficiency in the use of water is high

- Despite all water is used and there is no dependency on external resources, this system will find an alternative to not decrease the demands of different uses, so these 0 values may change in the future

- We considered that for future periods there is no gw overexploitation as in the dry year, but this may be not real in the future, so these 0 values also will change

- The impact of water consumption by agriculture will be worst in the future, mostly in the 8.5 scenario

Indicator name	Abbreviation	Non-optimal value	Optimal value	Baseline_avg	Baseline_dry	Future4.5_avg	Future8.5_avg	Future4.5_avg	Future8.5_avg
Sustainable Development Goal indicator 6	SDG_6.4.2	3	0.75	0.81	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00
Consumed fraction	CF	0.3	1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Non-utilized fraction	NUF	0.1	0	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Dependency on external resources	DepEx	0.1	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Non-renewable fraction	NRF	0.25	0	0.03	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
Inflow Variability	InVar	0.75	0	NA	0.83	NA	NA	NA	NA
Agricultural withdrawal fraction	AgWF	NA	NA	0.74	0.87	0.92	0.91	0.91	0.90
Relative consumption agriculture	AgRel	0.3	0.6	0.43	0.43	0.43	0.42	0.42	0.41
Relative consumption cropland: rainfed	AgRain	0.3	0.6	0.40	0.41	0.40	0.41	0.41	0.42
Relative consumption cropland: irrigated	AgIrr	0.3	0.6	0.60	0.59	0.60	0.59	0.59	0.58
Blue water dependency irrigated cropland	AgBlue	1	0.4	0.50	0.50	0.51	0.49	0.49	0.46
Agricultural Exposure to Water Stress	AgWS	0.2	0	NA	0.08	NA	NA	NA	NA
Impact consumption by agriculture	AgCons	0.1	0	0.00	NA	0.01	0.07	0.06	0.13

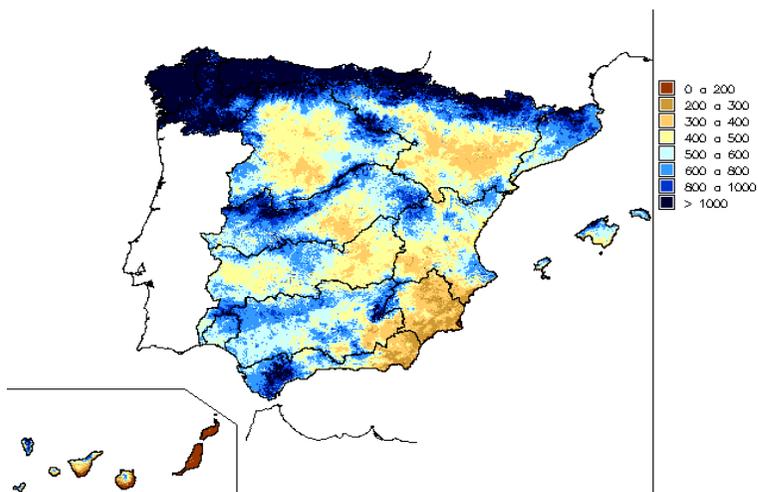
New Sheet of Indicators Workshop W11

The agricultural sector may suffer an important impact in the future due to Climate Change:

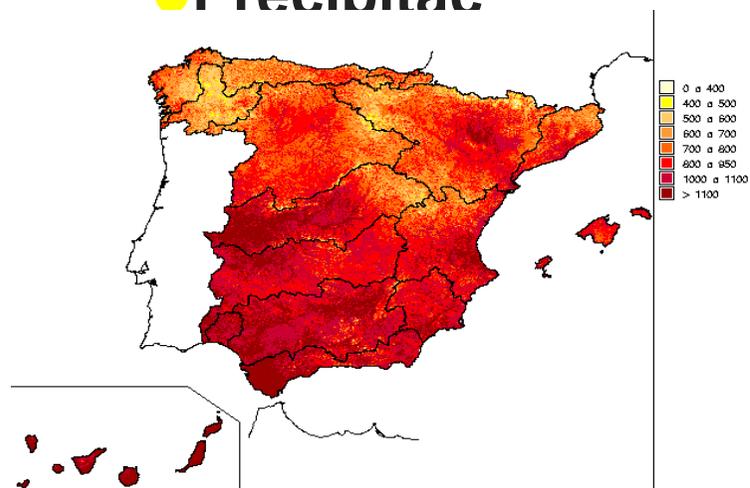
- The blue water availability decrease for future periods
- The consumption of green water in the agricultural sector decrease:
 - Between 2% and 5% in the period 2040-2070
 - Between 4% and 8% in the period 2070-2100
- The consumption by agriculture will decrease in the future due to the lack of inflows and the huge deficits for the current demand of this sector
 - Between 1% and 7% in the period 2040-2070
 - Between 6% and 13% in the period 2070-2100

Indicator name	Unit	Abbreviation	1980-2012	2005	2040-2070 (RCP 4.5)	2040-2100 (RCP 4.5)	2040-2070 (RCP 8.5)	2040-2100 (RCP 8.5)
			Baseline_avg	Baseline_dry	NF_avg	FF_avg	NF_avg	FF_avg
Blue water availability	%		16%	7%	15%	15%	15%	14%
Sustainable Development Goal indicator 6.4.2	-	SDG_6.4.2	0.83	2.11	0.91	0.90	0.90	0.89
Dependency on external resources	-	DepEx	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Inflow Variability	-	InVar	NA	83%	NA	NA	NA	NA
Green water consumption agriculture	MCM		3087	2863	3025	2963	2933	2840
Change in green water consumption agriculture	-		0%	0%	-2%	-4%	-5%	-8%
Total water consumption agriculture	MCM		4416	4065	4354	4162	4114	3863
Agricultural Exposure to Water Stress	-	AgWS	NA	0.08	NA	NA	NA	NA
Impact consumption by agriculture	%	AgCons	0%	NA	-1%	-6%	-7%	-13%

● CEH-CEDEX

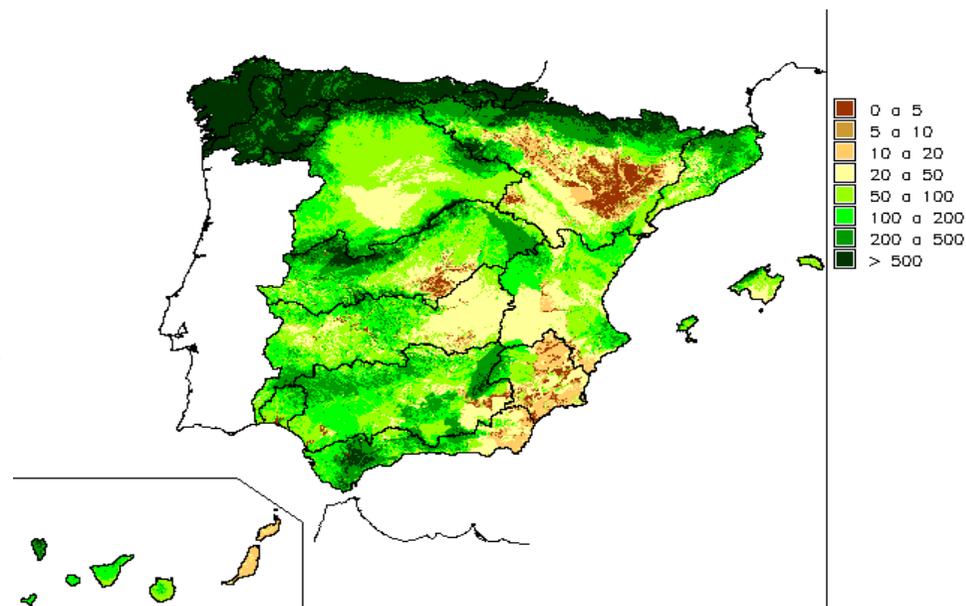


● Precipitación



● Evapotranspiración

● Efecto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural (2010)



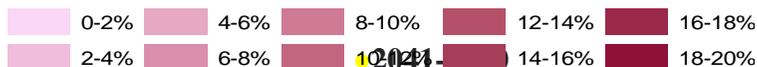
● Escorrentía

● CEH-CEDEX

● Abastecimiento doméstico



● 2011-2040

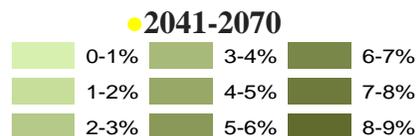


● 2041-2070

● 2071-2100



● 2011-2040



● 2041-2070

● 2071-2100

● Incremento de dotación en viviendas unifamiliares (ECHA M4 A2) en viviendas plurifamiliares

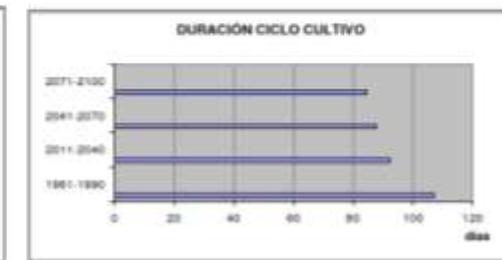
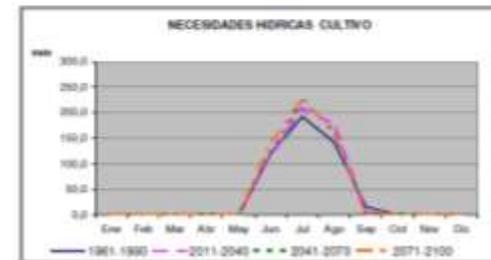
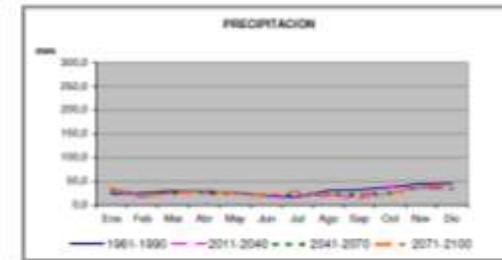
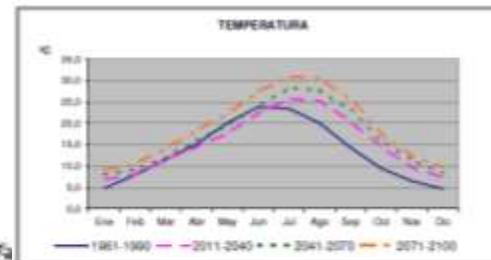
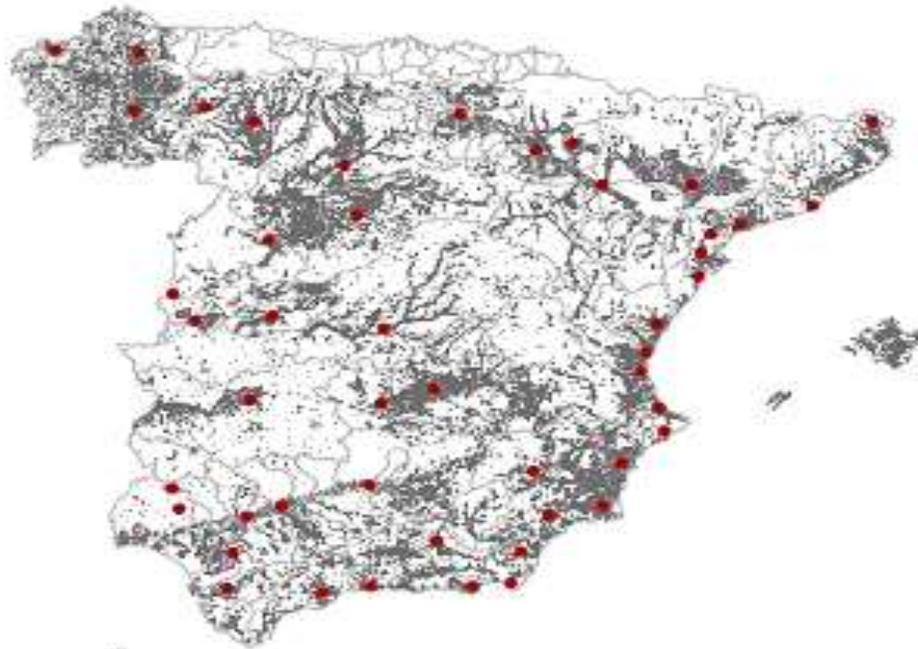
● Efectos potenciales del cambio climático en las demandas de agua (2013)

● CEH-CEDEX



● Regadío

DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA:	DUERO
SISTEMA DE EXPLOTACIÓN:	PSIUEGA-CARRION-ARLANZA- DUERO INFERIOR
ESTACIÓN REPRESENTATIVA:	9403
CULTIVO:	MAIZ
TÉCNICA REGIONALIZACIÓN:	ETC
MODELO CLIMÁTICO:	ECHAM4
ESCENARIO EMISIÓN:	A2
ÁREA DE RIEGO:	211801



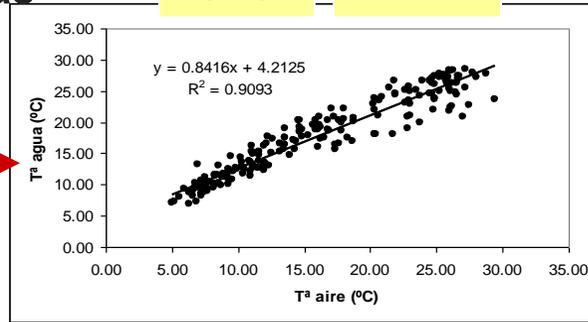
● Zonas de riego y estaciones de cálculo seleccionadas

● Efectos potenciales del cambio climático en las demandas de agua (2012)

● CEH-CEDEX

● Proyecciones climáticas

● TEMPERATURA DEL AIRE



● Modelo Tª Aire/Tª Agua



● TEMPERATURA DEL AGUA

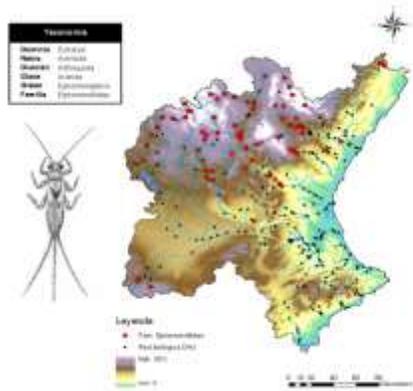
● PRECIPITACIÓN



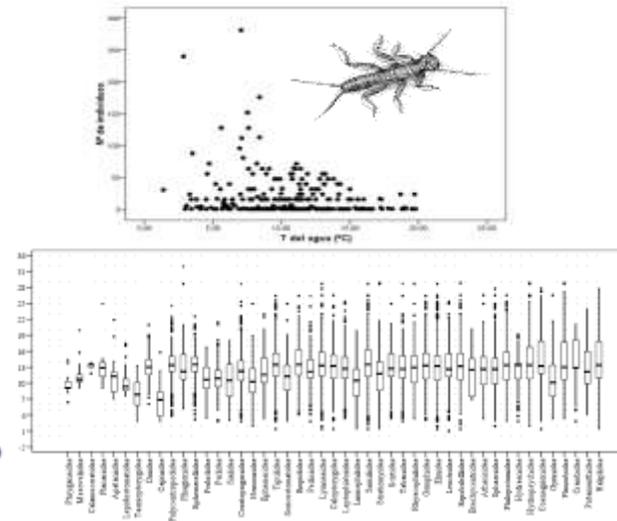
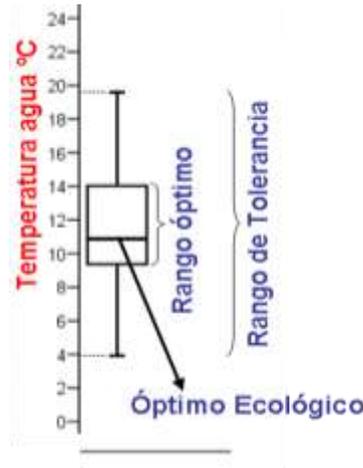
● Modelo hidrológico



● HIDROLOGÍA



● Distribución actual
● organismos + variables



● VARIABLES
● AMBIENTALES
● FUTURAS

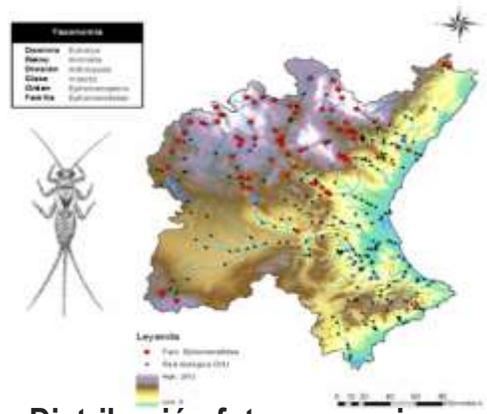
● MODELOS
● PREDICTIVOS DE
● DISTRIBUCIÓN DE
● ORGANISMOS

● ÓPTIMOS
● ECOLÓGICOS DE
● ORGANISMOS
● PARA
● VARIABLES
● AMBIENTALES

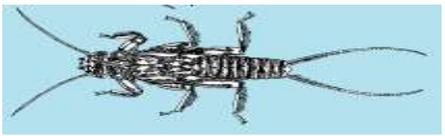
● Efectos del cambio climático en el estado de las masas de agua (2012)

● CEH-CEDEX

● MODELOS PREDICTIVOS DE DISTRIBUCIÓN DE ORGANISMOS



- Distribución futura organismos
- (Probabilidad de ocurrencia)



- Selección de indicadores sensibles para detección precoz del cambio climático (ej. *Fam. Taeniopterygidae*)

● METRICA	● CR	● MB/B	● B/M	● M/D	● D/M
● IBMWP	● 178	● 149	● 112	● 74,7	● 37,3
● RCE	● 1	● 0,84	● 0,63	● 0,42	● 0,21
● IPS	● 19,8	● 19,4	● 14,4	● 9,7	● 4,7
● RCE		● 0,98	● 0,73	● 0,49	● 0,24
● Mult.Esp.	● 6,026	● 5,60	● 4,21	● 3,01	● 1,50
● RCE	● 1	● 0,93	● 0,7	● 0,5	● 0,25

- Cambios en condiciones de referencia de los tipos y en límites de clases de estado ecológico (ej: Tipo de río 25)

- Proyecciones
- climáticas



- Cambios en localización
- de tipos de masas de agua

● Efectos del cambio climático en el estado de las masas de agua (2012)

● CEH-CEDEX

● Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos y las sequías en España (2017)

● Información de partida

● Agencia Estatal de Meteorología

Sigla	Sigla	RCP	MCG
FA	F4A	4.5	CNRM-CM5 (Francia)
	F8A	8.5	
MA	M4A	4.5	MPI.ESM.MR (Alemania)
	M8A	8.5	
NA	N4A	4.5	inmcm4 (Rusia)
	N8A	8.5	
QA	Q4A	4.5	bcc-csm1-1 (China)
	Q8A	8.5	
RA	R4A	4.5	MIROC.ESM (Japón)
	R8A	8.5	
UA	U4A	4.5	MRI.CGCM3 (Japón)
	U8A	8.5	



- 55.242 ficheros con valores diarios para:
 - 1961-2000
 - 2006-2100

● CEH-CEDEX

● Cambios en escurrencia

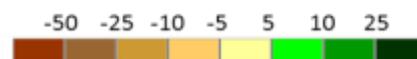
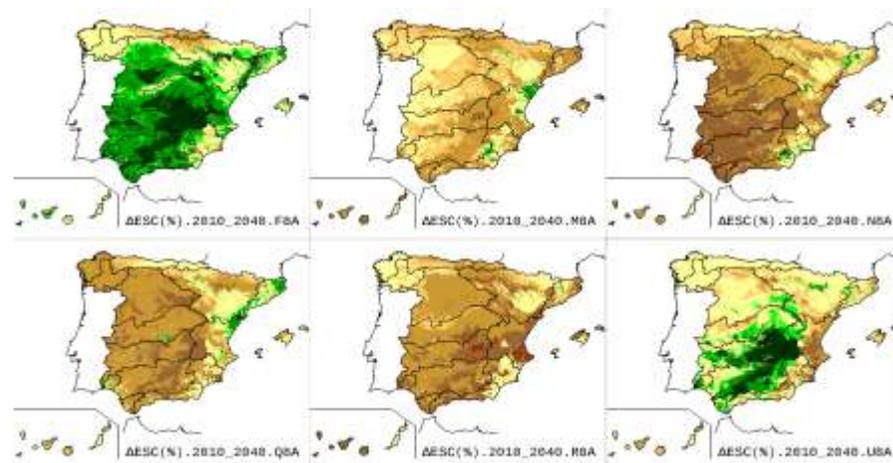
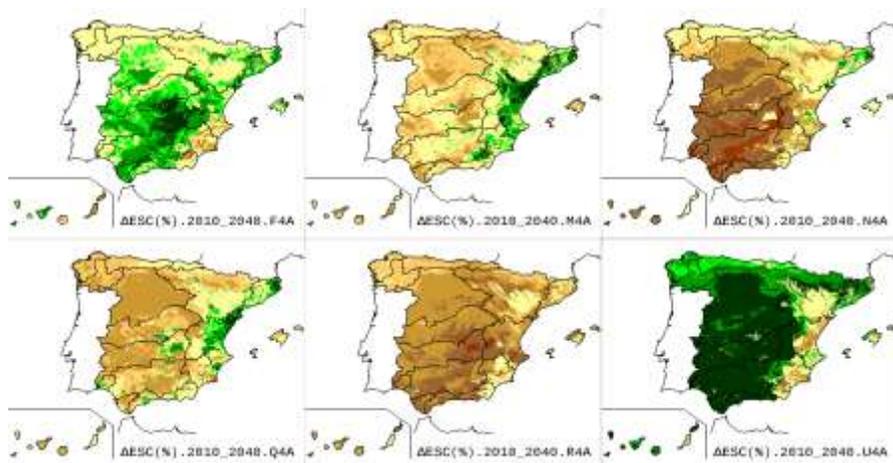
● Periodos 30 años / 1961-2000



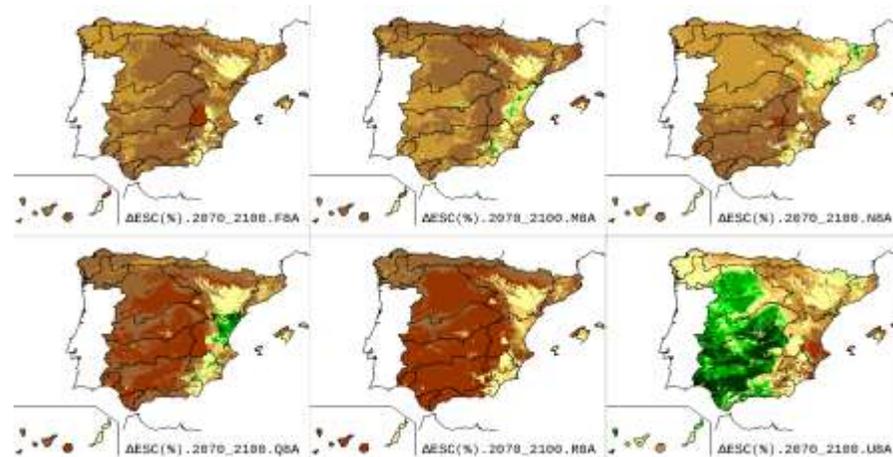
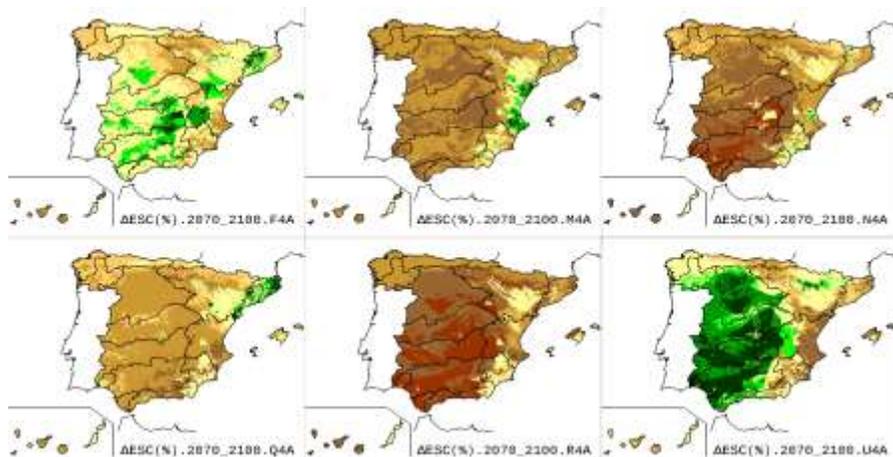
● RCP 4.5

● RCP 8.5

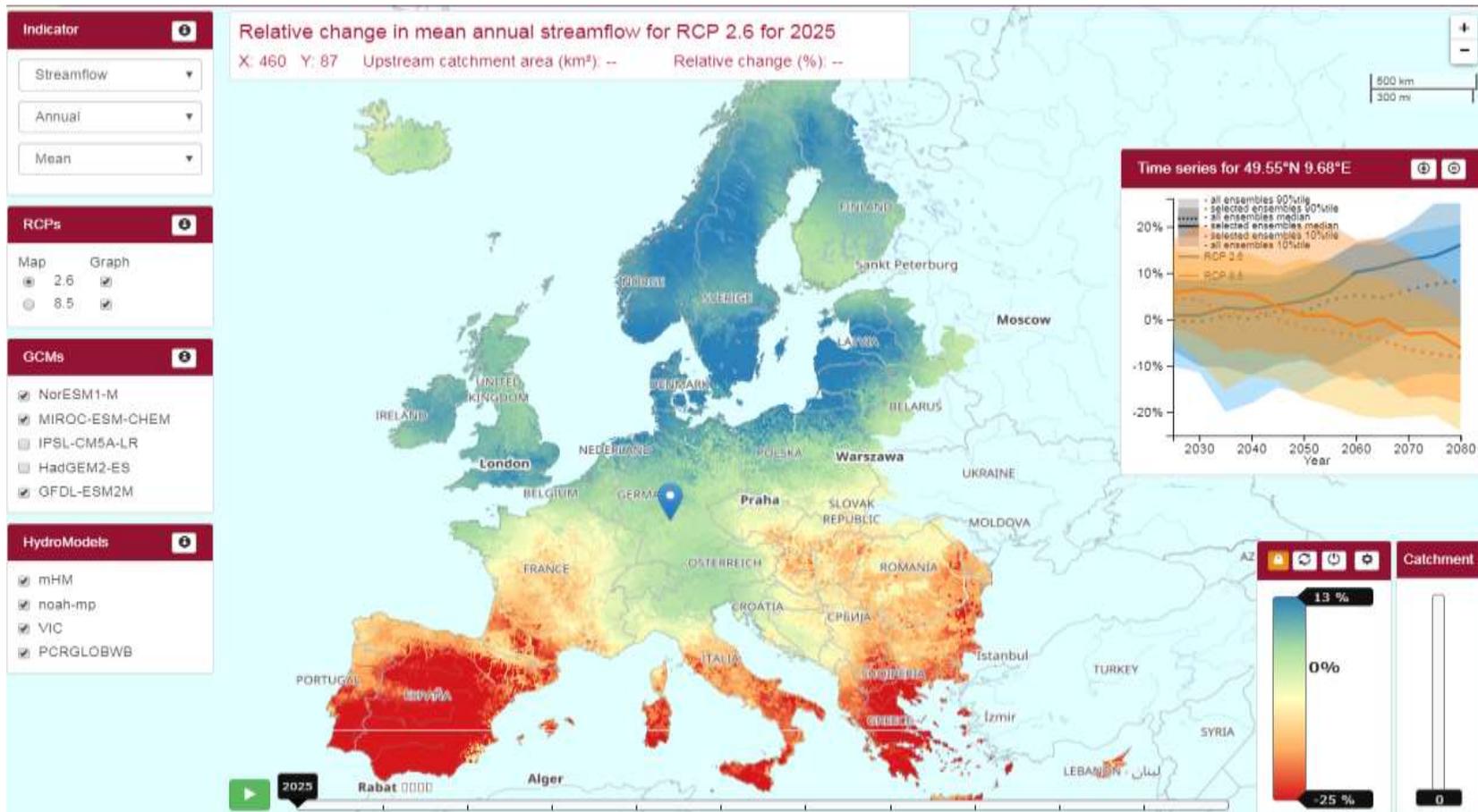
● 2010-40



● 2070-00



Escenarios climáticos e hidrológicos del proyecto EDGE del Programa COPERNICUS Clima de la UE

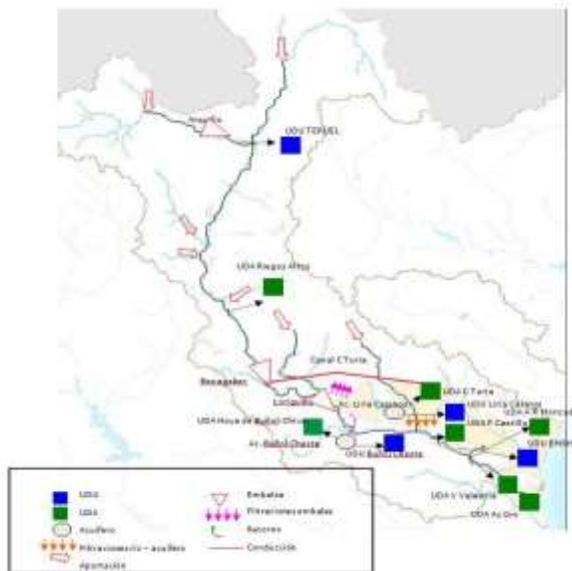


<http://edge.climate.copernicus.eu/>

● CHJ: Estudios de impacto del CC en los sistemas de explotación: el sistema Turia



- El WEI+ en situación actual es de 0,8. En el escenario de cambio climático se incrementa a 0,9.
- Las medidas de mejora de la eficiencia e incremento de la oferta no palian el efecto de reducción de aportaciones (12%) para el año 2033, no cumpliéndose los criterios de garantía de las demandas.



Escenario	Criterios de garantía	Máximo déficit	Cumplimiento
Reservas en situación actual	1 año	24,9%	Cumple
	2 años	49,9%	Cumple
	10 años	92,7%	Cumple
Reservas con cambio climático	1 año	31,9%	Cumple
	2 años	58,5%	Cumple
	10 años	151,4%	No cumple

◆ IPH y CC:

- **Horizonte 2027: coeficientes no capturan el cambio de patrones: en próximo ejercicio de planificación es necesario ir a generación de series con CC**
- **Horizonte 2027: hay que incluir cambios por CC en otros aspectos (demandas, ...)**
- **Horizonte 2027: el análisis, aparentemente, es meramente informativo, no influye en decisiones asignaciones y reservas, ...**
- **Incluir análisis de repercusión en otras facetas (cumplimiento de hábitats, ...)**

- ◆ Hemos visto CC y sus repercusiones sobre Hidrología y RRHH (incluyendo calidad de aguas)
- ◆ Se han estimado Repercusiones sobre Sistemas de Recursos Hídricos mediante el uso de SSD:
 - Sobre demandas
 - Sobre calidad de aguas
 - Sobre ecosistemas y servicios ecosistémicos de las cuencas
 - Sobre economía
 - ...
- ◆ Análisis de las repercusiones y conclusiones sobre si hay necesidad de actuar o no. Si hay que actuar, entonces:
- ◆ Programas de medidas: **NECESIDAD DE SSD PARA EL DISEÑO Y EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DE LOS P. MEDIDAS FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO**

CONSIDERACIONES SOBRE LAS REPERCUSIONES DEL CC EN LOS SRH



- ◆ En principio, para los escenarios que nos proporcionan, la incidencia es en general negativa (menos aportaciones, más ETP, ...)
- ◆ Cuencas mediterráneas ya tienen una situación de estrés hídrico (escasez, sequías, índice de utilización próximo a 1...)
- ◆ Son de prever efectos negativos sobre garantías de demandas, ecosistemas, ...
- ◆ **YA SE ESTÁ TRABAJANDO EN ESTAS CONDICIONES EN LA ELABORACIÓN DE LOS PLANES DE CUENCA. NO HACE FALTA ESPERAR AL CC PARA COMPROBAR CUAL SERÁ EL AMBIENTE DE TRABAJO EN PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS**

¿Cambio climático en la cuenca del río Júcar?

● Disminución de aportaciones históricas en régimen natural al río Júcar

- Ya se ha producido un cambio en el clima.
- ¿Seguirán disminuyendo los recursos en el futuro?
- ¿cuánto? ¿cómo?

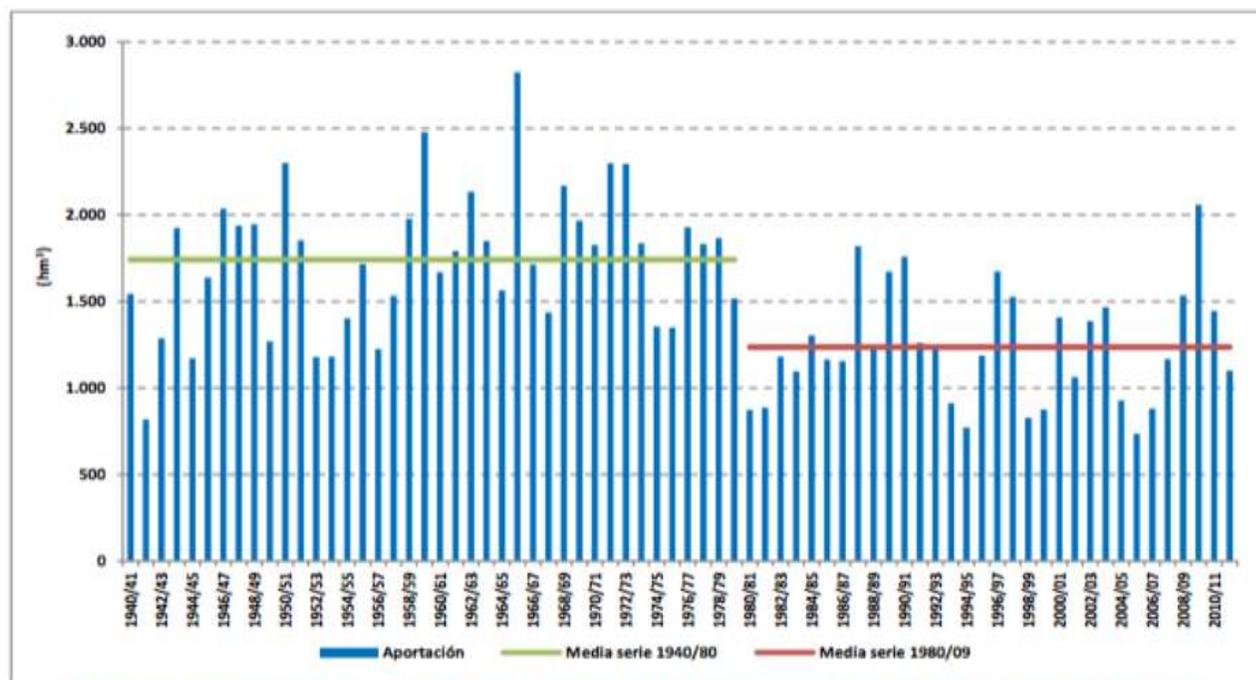


Figura 117. Aportación anual total en el modelo de simulación del sistema de explotación Júcar. La aportación total del sistema (detallada en el anejo 2) tiene un valor medio de 1.517 hm³/año en el periodo completo 1940/41-2011/12 y de 1.237 hm³/año para la serie

● (fuente) Plan Hidrológico del Júcar 2015-21 Anejo 6

● http://www.chj.es/Descargas/ProyectosOPH/Consulta%20publica/PHC-2015-2021/PHJ1521_Anejo06_SE-Balances_151126.pdf

Decisión de utilizar en planificación solo los datos posteriores a 1980

CONSIDERACIONES SOBRE LAS SOLUCIONES

(Enfoque parecido al ya utilizado para gestión de sequías y planificación de escasez)

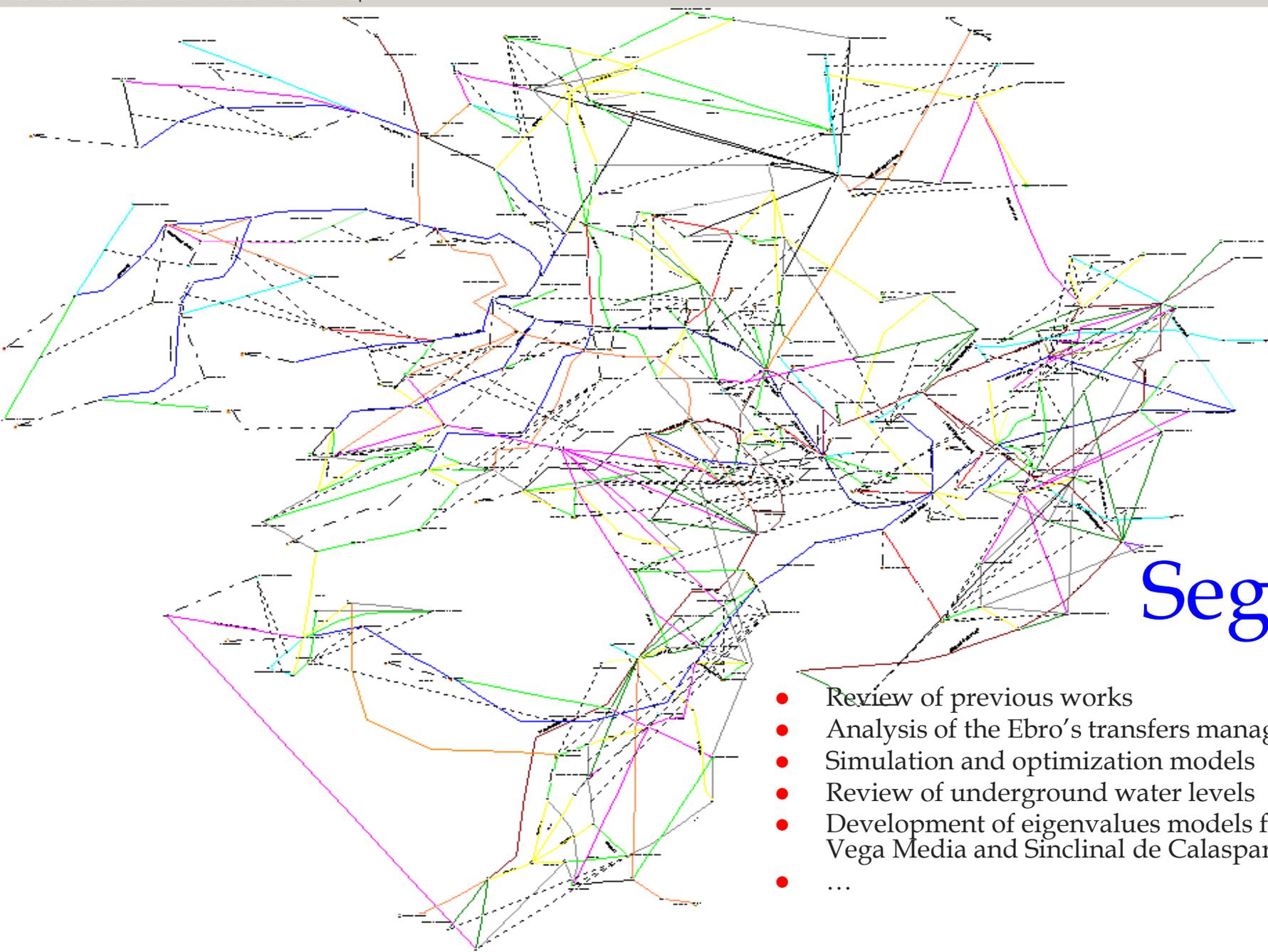


- ◆ **ADAPTACIÓN**
- ◆ **PARTICIPACIÓN y CORRESPONSABILIDAD** (grupos y sectores)
(experiencias en gestión de sequía en el Júcar)
- ◆ **Colaboración entre instituciones**
- ◆ **Mayor énfasis en:**
 - ◆ **Gestión de la demanda: Eficiencias** técnica y económica
 - ◆ **Mejora de la calidad: depuración** máxima posible
 - ◆ **Utilización conjunta** de recursos superficiales y subterráneos
 - ◆ **Reutilización directa** de aguas regeneradas
 - ◆ **Reutilización de excedentes de riego en sequías (rebombes)**
 - ◆ **Desalación**
 - ◆ **Mercados de derechos de agua**
 - ◆ **Mejoras de la conectividad, ...**

CONCLUSIONES



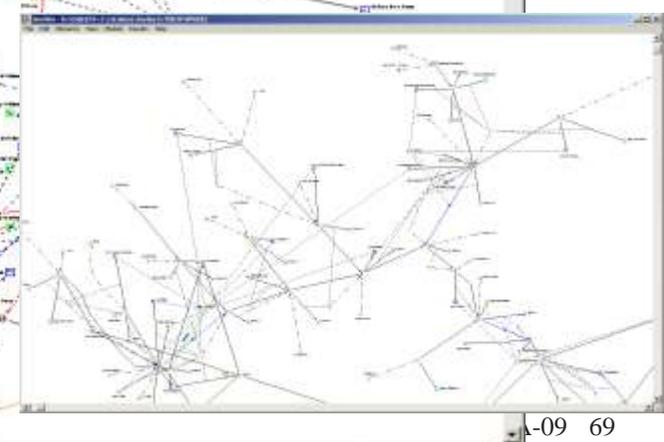
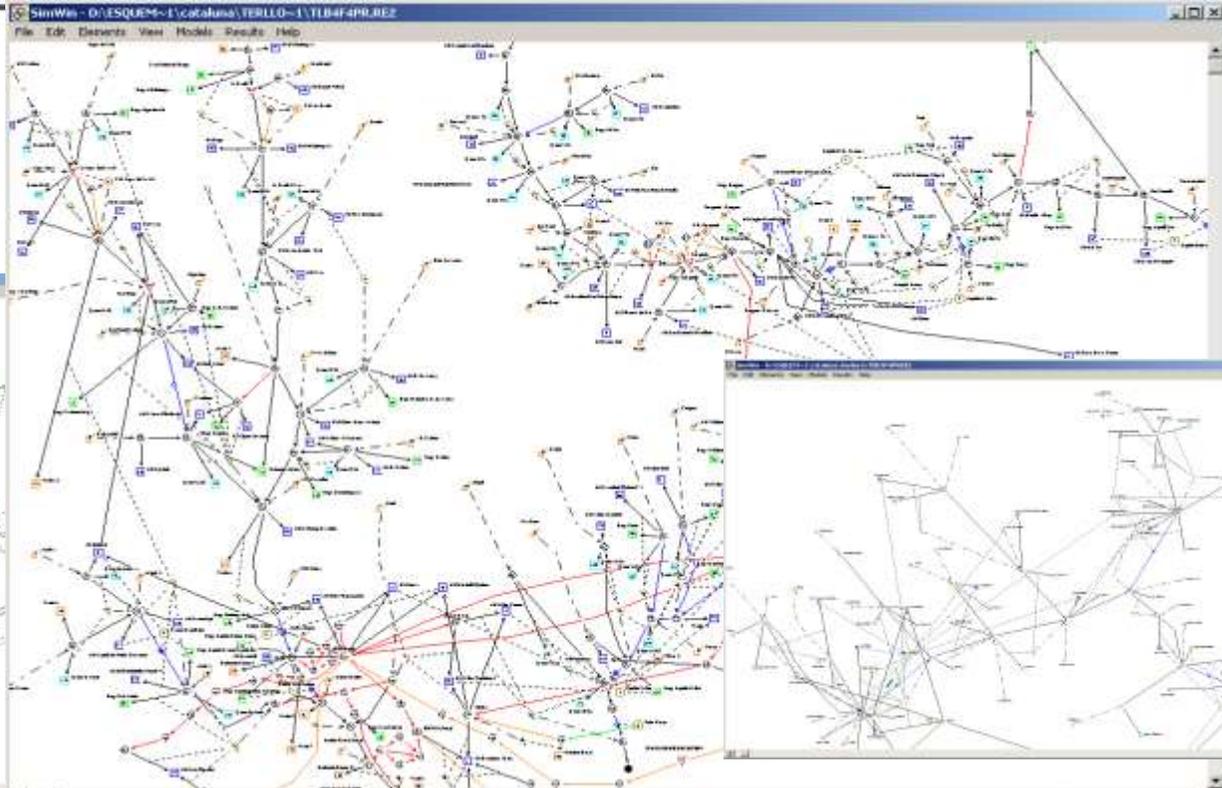
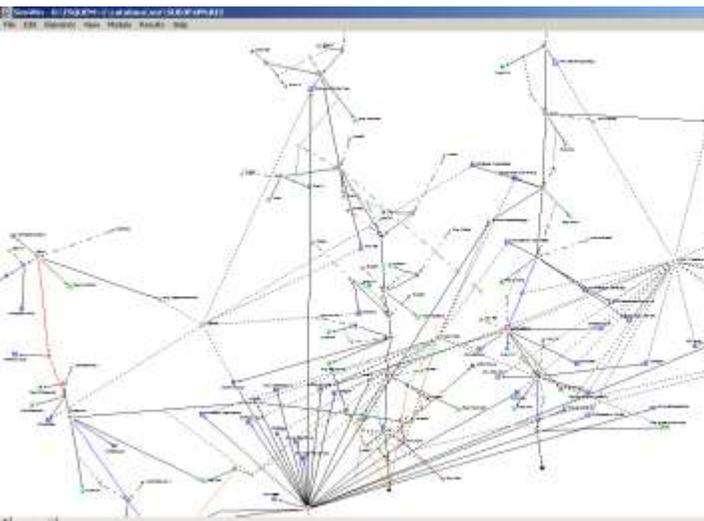
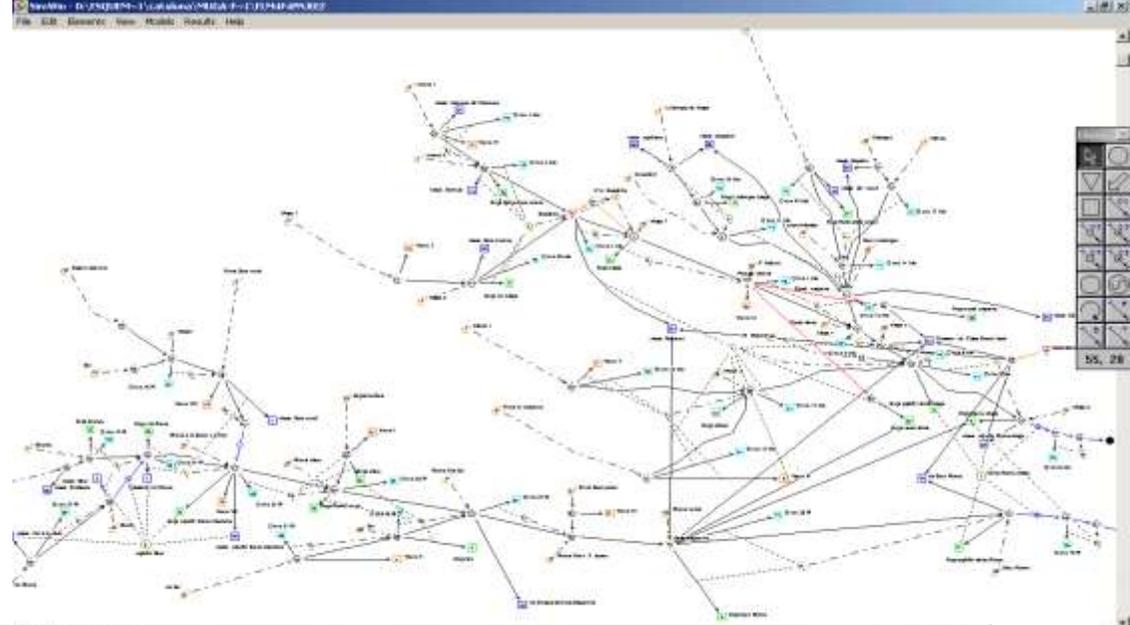
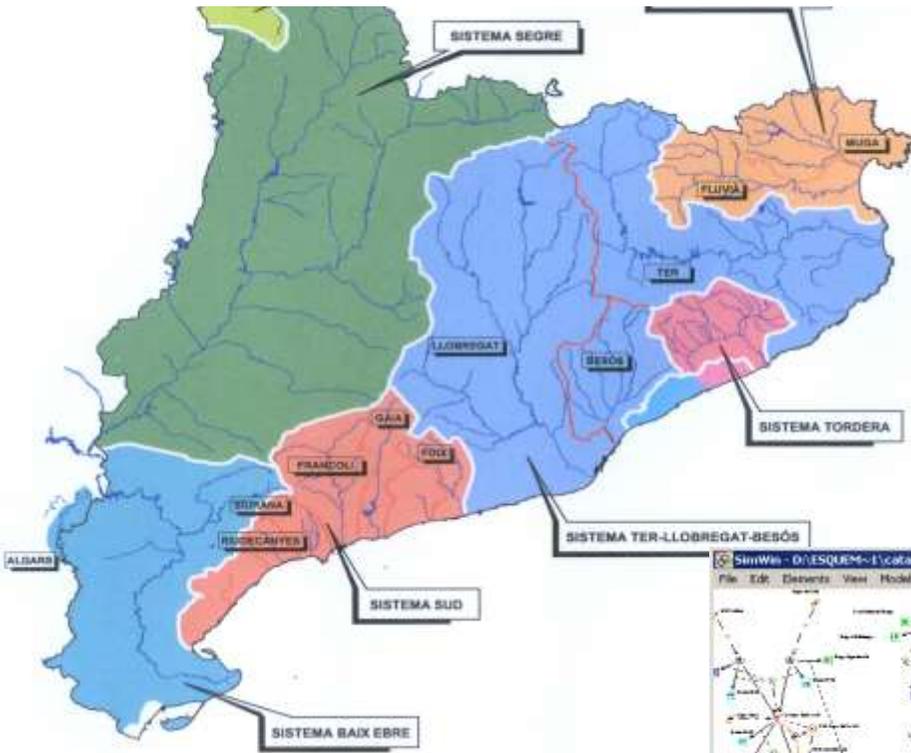
- ◆ Los **SSD** se demuestran como **herramientas útiles** para la evaluación de las **repercusiones del CC en los SRH**
- ◆ También para la **evaluación de los posibles programas de medidas** frente al CC, y para la el **análisis participativo**
- ◆ No hay que obsesionarse con el año 2100, sino ir diseñando **políticas FLEXIBLES y ADAPTATIVAS**, para obtener **sistemas ROBUSTOS**.
- ◆ Si se actúa con **ANTICIPACIÓN** suficiente, **se dispone de soluciones** que pueden hacer frente de forma eficaz a las posibles consecuencias negativas del CC sobre los SRH



Segura

- Review of previous works
- Analysis of the Ebro's transfers management
- Simulation and optimization models
- Review of underground water levels
- Development of eigenvalues models for Vega Alta, Vega Media and Sinclinal de Calasparra aquifers
- ...

Cuencas internas de Cataluña





FIN

¡Muchas gracias por su atención!

**ADAPTANDO EL USO DEL AGUA EN EL
MEDITERRÁNEO**

(Experiencia en la cuenca del Júcar)

Joaquín Andreu Álvarez

Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente (IIAMA) Universidad Politécnica de Valencia

e-mail: ximoand@upv.es www.upv.es/iiama/ www.upv.es/aquatool/

Abel Solera Solera, Javier Paredes Arquiola