



# 9° CONGRESSO DA ÁGUA Água: desafios de hoje, exigências de amanhã

# Mesa Redonda sobre ÁGUA E ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS. IMPACTOS E ADAPTAÇÃO

## PERSPECTIVA ESPANHOLA

Joaquín Rodríguez Chaparro

joaquin.rodriguez@cedex.es

Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX

Ministerio de Fomento-Ministerio de Medio Ambiente

Cascais, Centro de Congressos do Estoril. 4 de Abril de 2008



## **ANTECEDENTES**

## 2006-Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNCC)

Líneas prioritárias identificadas en el Primer Programa de Trabajo del PNCC

- 1. Generación de escenarios regionalizados de cambio climático en España
- 2. Evaluación del impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos
- 3. Evaluación del impacto del cambio climático sobre las zonas costeras
- 4. Evaluación del impacto del cambio climático sobre la biodiversidad





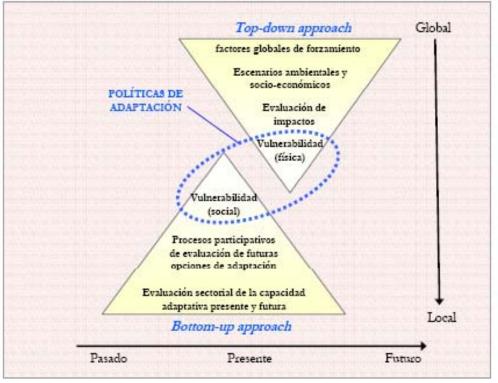
MINISTERIO







## Primer Programa de Trabajo del PNCC Evaluación del impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos



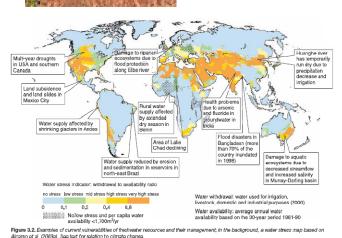
Enfoques del PNCC Fuente: PNCC (2006)

## Estudios sobre los efectos del cambio climático en:

- A) Recursos hídricos en régimen natural
- B) Demandas de agua y estrategias de adaptación
- C) Recursos hídricos disponibles em los sistemas de explotación
- Estado ecológico de las masas de agua

## Evidencias sobre la necesidad de estudios de detalle

IPCC Fourth Assessment Report Working Group II Report "Impacts, Adaptation and Vulnerability"



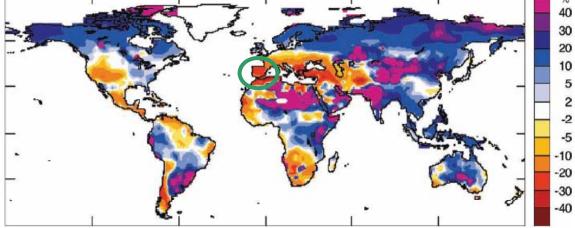


Figure 3.4. Change in annual runoff by 2041-60 relative to 1900-70, in percent, under the SRES A1D emissions scenario and based on an ensemble of 12 climate models. Reprinted by permission from Macmillan Publishers Ltd. [Nature] (Milly et al., 2005), copyright 2005.

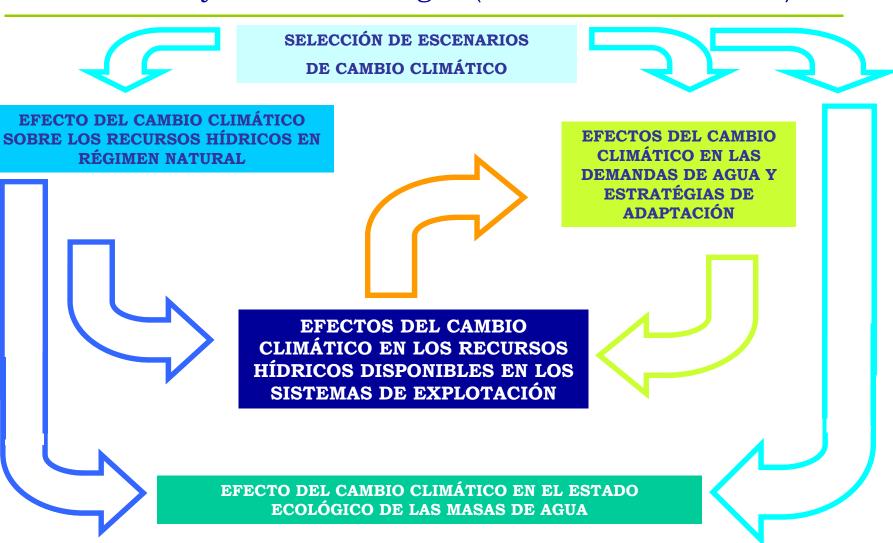
Fuente: Report "Impacts, Adaptation and Vulnerability" IPCC Fourth Assessment Report Working Group II (2007)

# Estudio de los efectos del Cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua (DGA-DGOECC-CEDEX)

- •Escenarios de cambio climático generados por la Agencia Estatal de Meteorología para España
- •Efecto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural
- •Efectos potenciales del cambio climático en las demandas de agua y estrategias de adaptación
- •Efecto del cambio climático en los recursos hídricos disponibles en los sistemas de explotación
- •Efecto del cambio climático en el estado ecológico de las masas de agua



# Estudio de los efectos del Cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua (DGA-DGOECC-CEDEX)



Estudio de los efectos del Cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua Escenarios de cambio climático generados por la Agencia Estatal de Meteorología

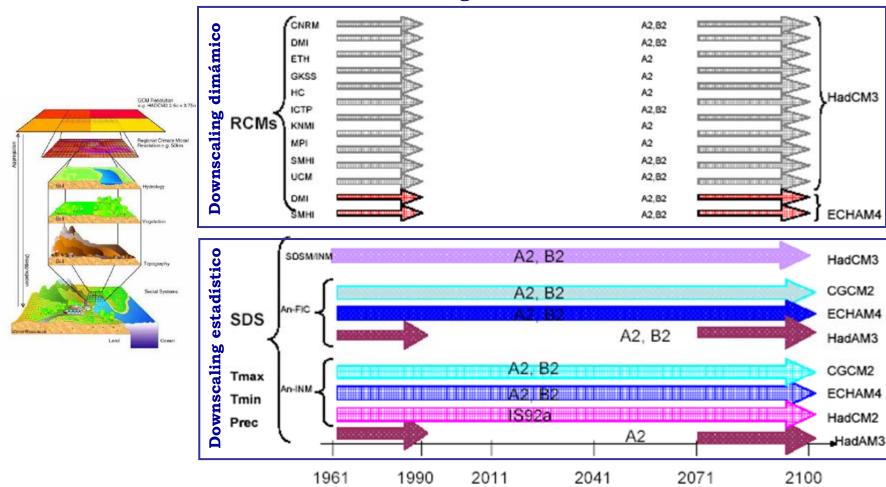




Estudio de los efectos del Cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua

#### Escenarios de cambio climático generados por la Agencia Estatal de Meteorología

## Escenarios regionalizados de cambio climático



Esquema de las proyecciones regionalizadas por métodos dinámicos (basados en RCMs) y métodos empíricos (SDS), según escenarios de emisión (sobre las flechas). El periodo 1961-1990 corresponde a las integraciones de control en el caso de RCMs y a la calibración y validación en el caso de los métodos empíricos.



Estudio de los efectos del Cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua

## Escenarios de cambio climático generados por la Agencia Estatal de Meteorología

Selección de escenarios regionalizados de cambio climático

#### **ANDALUCIA ANDALUCIA** HadCM3.SDSM.A2 SMHI Had4M3H.a2 HadAMB,FID.A2 UCM<sub>a2</sub> Cambio de la temperatura máxima HadAM3.FIC.A2 HADAMBANA NMA2 ω CGCM2.4NA NM B2 DMI\_HadAMBH.b2 ICTP.b2 9 SMHI HadAMSH.b2 UCM1b2 KIMMLe2 4 4 $\alpha$ 2020 2040 2060 2080 2100 2020 2040 2060 2080 2100 Año Año

De los 28 escenarios, se trabaja con 8 de ellos, ya que esa extracción barre aproximadamente el mismo rango de incertidumbre.

Fuente Agencia Estatal de Meteorología (2007)

Estudio de los efectos del Cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua **Efecto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural** 







Efecto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural

# SIMPA, sistema integrado de modelización precipitación aportación

- •Integrar modelos hidrológicos e implementación de distribuidos
- •Capaz de trabajar con grandes volúmenes de información. Conexión base de datos HIDRO CEDEX
- •Inicio desarrollo: mediados de los 90. Estrela, T. & Quintas, L. A distributed hydrological model for water resources assessment in large basins. RIVERTECH 96. 1st International Conference on New/Emerging Concepts for Rivers. IWRA. Sep. 22-26, 1996. Chicago. EE.UU.
- •Tesis doctoral. J. M. Ruiz García. Desarrollo de un Modelo Hidrológico Distribuido de Simulación Continua Integrado con un Sistema de Información Geográfica. Mayo 1998.
- •Última actualización: SIMPA, a GRASS based tool for Hydrological Studies Free/Libre and Open Source Software for Geoinformatics: GIS-GRASS Users Conference



Efecto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural

## Utilización de SIMPA

- •Evaluación de recursos hídricos en España para el Libro Blanco del Agua LBAE (MIMAM, 2000) y para el Plan Hidrológico Nacional
- •GRAPES. Cabecera del Guadiana (ENV4-CT95-0186)
- •Colaboración con la Dirección General de Carreteras para la determinación de los caudales de diseño de POD (pequeñas obras de drenaje transversal)
- •Instalación en la Oficina de Planificación de la C. H. del Júcar
- •Evaluación de los recursos hídricos en Honduras (AECI)
- Directiva Marco
- •Ampliación series planificación hidrológica



## Efecto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural

## Interfaz de modelo SIMPA





Estudio de los efectos del Cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua

## Efecto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural

# Metodología

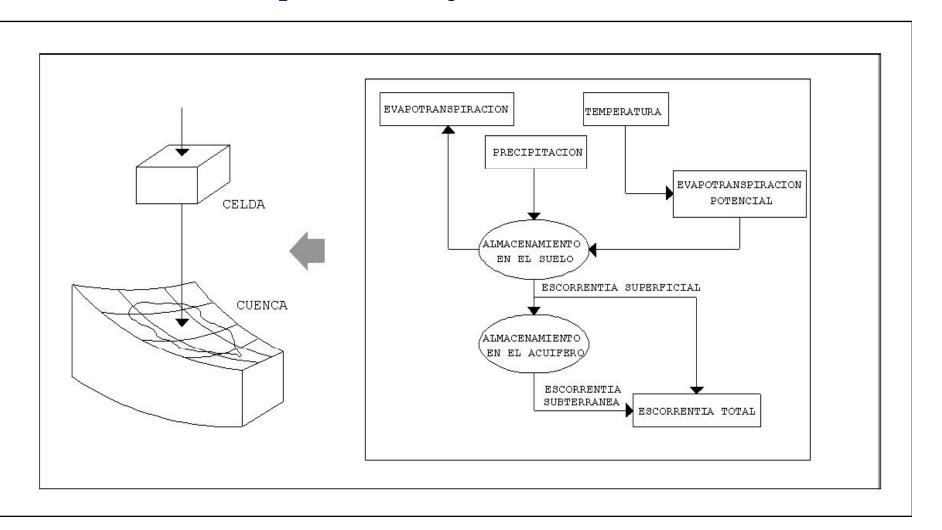
- •Interpolación fase atmosférica
  - Precipitación
  - •Temperaturas
- Estimación ETP
- •Aplicación modelo fase terrestre
  - •Papel del suelo
  - •Tratamiento agregado de la fase subterránea



Estudio de los efectos del Cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua

Efecto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural

# Esquema de flujos del modelo





Efecto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural

## Modelo de simulación contínua

- Paso mensual
  - •Análisis por comparación con los resultados derivados del escenario 61-90
  - •Simplificación de procesos hidrológicos en función del paso mensual: suelo y acuífero
- •Distribuida la generación de escorrentía superficial e infiltración
- Agregada la respuesta de los acuíferos



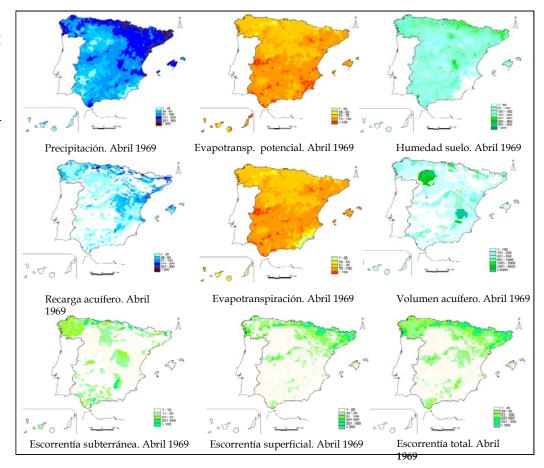


Estudio de los efectos del Cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua

## Efecto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural

#### Series mensuales simuladas

- Principales variables hidrológicas:
  - Precipitación
  - •Evapotranspiración potencial y real
  - •Humedad en el suelo
  - •Recarga por lluvia
  - •Escorrentía superficial
  - •Escorrentía subterránea
  - •Escorrentía total
- •Y por agregación, en cualquier punto de la red hidrográfica



Efecto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural

## 1. Interpolación de las variables atmosféricas

#### •Modelos climáticos:

- •Selección inicial de trabajo: ECHAM4 y CGCM2
- •Datos diarios de precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima en estaciones INM en escenarios: 1961-90, 2011-40, 2041-70, 2071-100.

## •Interpolación:

- •Obtención de superficies con variabilidad espacial
- •Extrapolación en zonas de altitud sin suficiente apoyo de la red meteorológica disponible. Patrones mensuales de precipitación del CEH.



#### Efecto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural

#### Estaciones con escenarios de cambio climático para precipitación



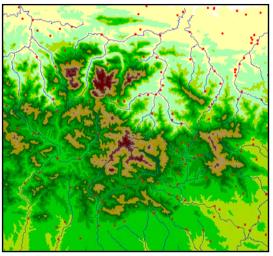
Los modelos ECHAM4 FIC y CGCM2 FIC aportan valores simulados de precipitación de 5579 estaciones,

#### Datos climáticos interpolados



Precipitaciones medias durante marzo para el periodo 2041-70 según el modelo ECHAM4 FIC, escenario A2 (celdas 1 km x 1km). Análisis provisional.

#### Disponibilidad de estaciones en altitud



Ejemplo de patrón de precipitaciones considerando altitud y posición.







Efecto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural

## 2. Estimación ETP: Método de Hargreaves

- Método simplificado función de:
  - •Radiación solar en el techo de la atmósfera, RA
  - •Temperatura máxima diaria
  - •Temperatura mínima diaria
  - •Temperatura media diaria

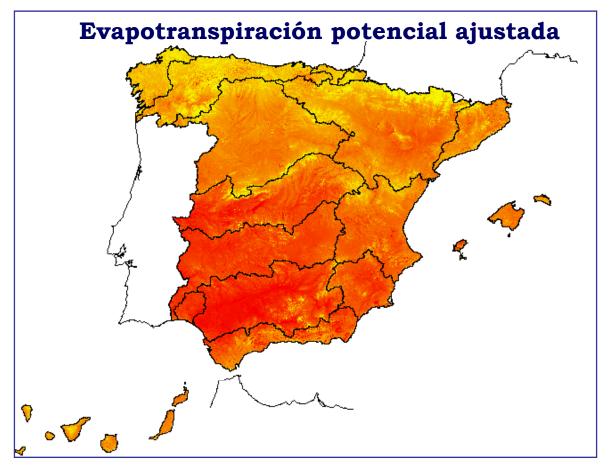
$$ETP_r = 0.0023 \cdot (T_{med} + 17.8) \cdot (T_{max} - T_{min})^{0.5} \cdot R_A$$

•Hipótesis: la diferencia entre temperaturas máxima y mínima tiene una relación estrecha con la cobertura nubosa y la corrección de energía solar extraterrestre en neta

## Efecto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural

## Corrección climática

•Utilizando como referencia Penman Monteith se elaboran correcciones regionales sobre las estimaciones de Hargreaves



- •Ya utilizada en Libro Blanco del Agua en España (1998) y trabajos del Plan Hidrológico Nacional (2000) pero entonces basado en **Thornthwaite**
- •Objetivo: reducir la incertidumbre entre los métodos de paso

Efecto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural

## 3. Fase terrestre. Fase subterránea.

## **Nuevos requerimientos**

- •Simulación basada en la caracterización de acuíferos como entidades agregadas
- •Libro Blanco de Aguas Subterráneas. MINER-MOPTMA 1995 y proceso de planificación hidrológica

## Ecuaciones del modelo

Generación de excedente

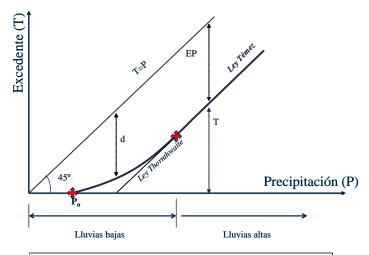
$$\forall P_i > P_{oi} \Rightarrow T_i = \frac{(P_i - P_{oi})^2}{P_i + \delta_i - 2 \cdot P_{oi}}$$
$$\forall P_i \le P_{oi} \Rightarrow T_i = 0$$

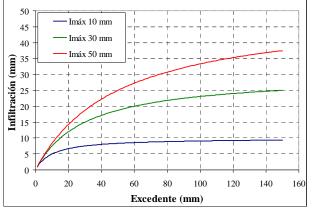
Infiltración

$$I = I_{m\acute{a}x} \cdot \frac{T_i}{I_{m\acute{a}x} + T_i}$$

Descarga del acuífero

$$Q = \alpha \cdot V$$

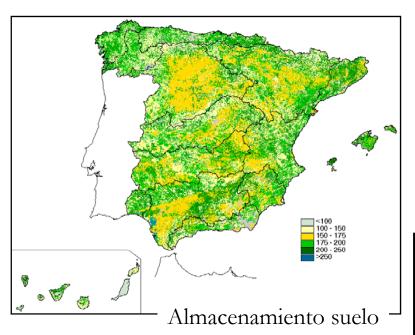


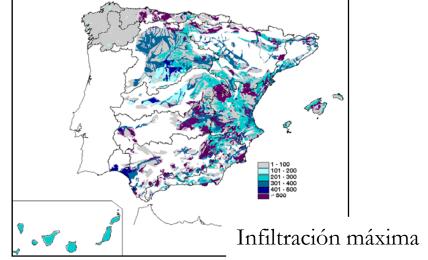


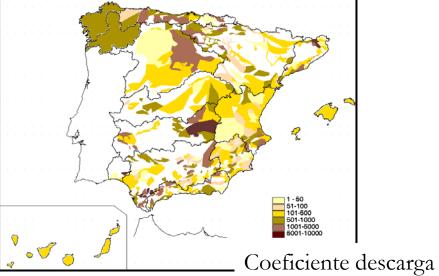


## Efecto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural

## Parámetros LBAE

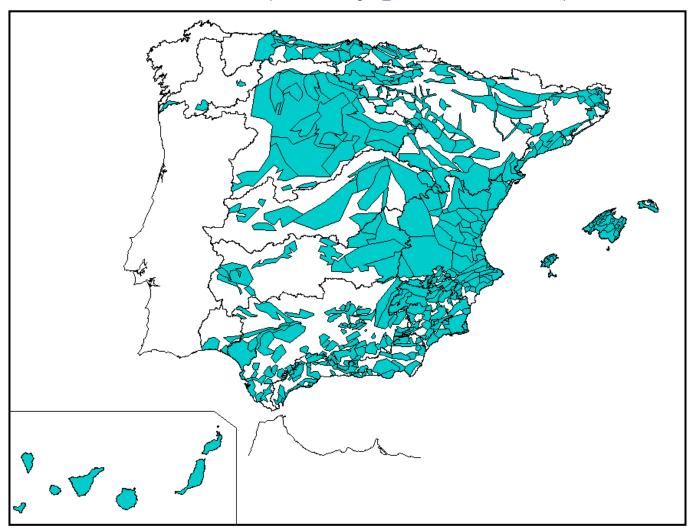






Efecto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural

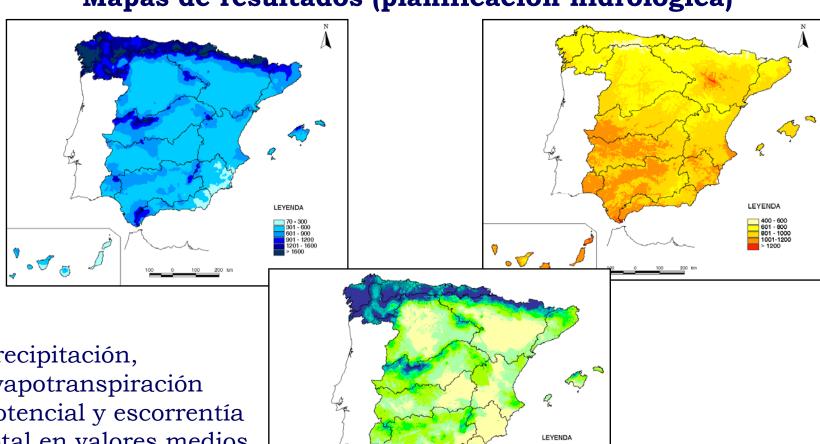
# Acuíferos (LBAS y planificación)





Efecto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural

# Mapas de resultados (planificación hidrológica)

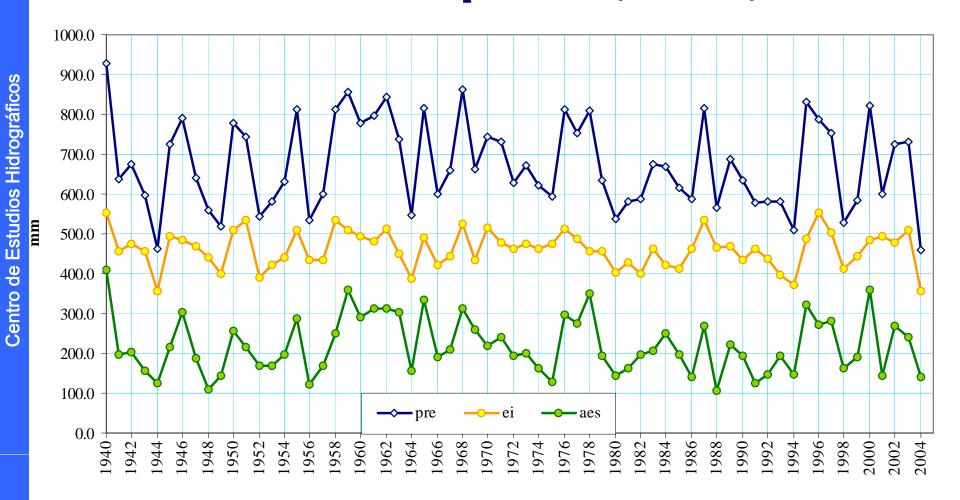


Precipitación, evapotranspiración potencial y escorrentía total en valores medios anuales (LBAE)



#### Efecto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural

# Balance anual en España. 1940/41-2004/05





Estudio de los efectos del Cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua

## Efecto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural

# Aportaciones en periodo ampliado

DEMARCACIÓN	Aportación 1940/41-1995/96	Aportación 1940/41-2005/06	<b>Desviación respecto a 1940/41-1995/96</b>
Norte	43,494	42,737	-1.74%
Duero	13,861	13,533	-2.37%
Tajo	10,533	10,299	-2.22%
Guadiana	5,464	5,299	-3.03%
Guadalquivir	8,770	8,669	-1.15%
Cuencas	2,446	2,393	-2.17%
Mediterráneas de			
Andalucía			
Segura	817	769	-5.96%
Júcar	3,493	3,426	-1.90%
Ebro	17,189	16,630	-3.25%
<b>Cuencas Internas</b>	2,742	2,658	-3.06%
Cataluña			
España	109,948	107,458	-2.26%



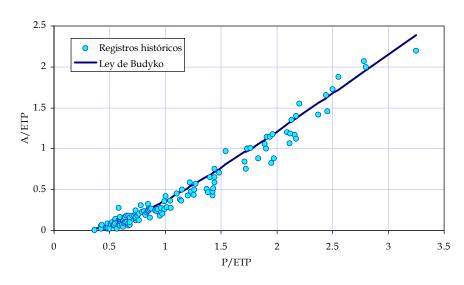
## Efecto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural

## Estudios ya realizados

En el Libro Blanco del Agua en España (MIMAM, 2000) se evaluó, de forma distribuida espacialmente, el efecto del Cambio Climático sobre las escorrentías en España.

## Escenarios climáticos (año 2030)

- •Escenario 1. Aumento de 1°C en la temperatura media anual.
- •Escenario 2. Disminución de un 5% en la precipitación media anual y aumento de 1°C en la temperatura.



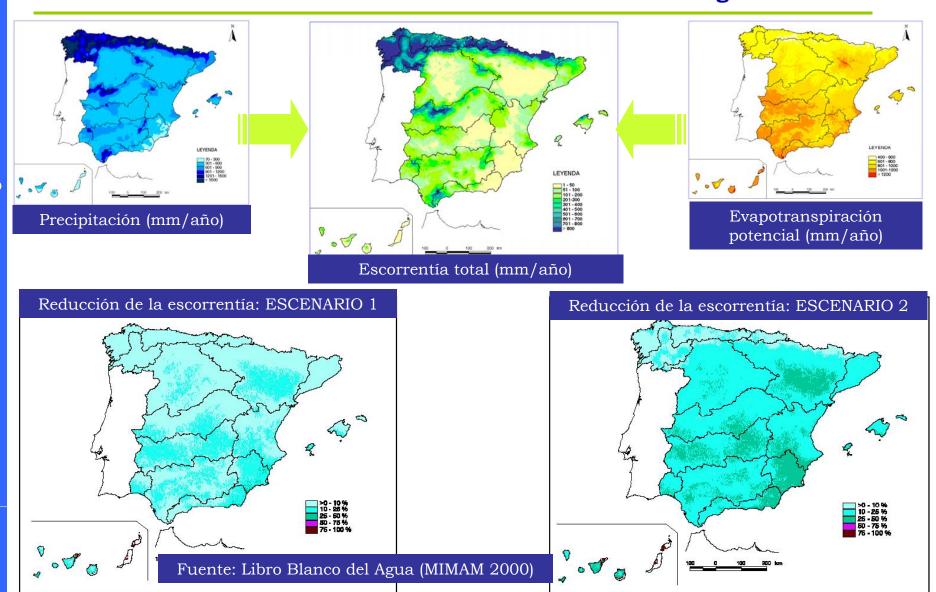
Aplicación modelo Budyko

 $A = P e^{-ETP/P}$ 

Contraste en 130 estaciones de aforo

CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS

## Efecto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural

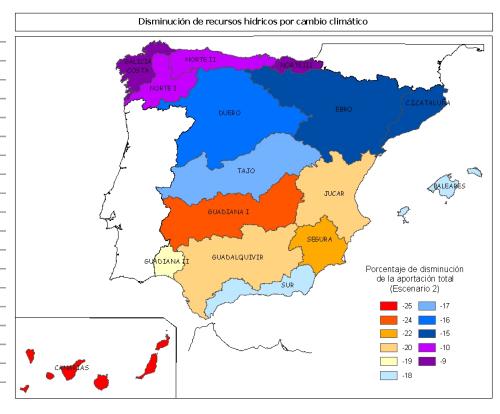




#### Efecto del cambio climático en los recursos hídricos en régimen natural

## Resultado del modelo distribuido anual utilizado en el LBAE

40			
80	Ámbito	Escenario 1	Escenario 2
Hidrográficos	Norte I	-3	-10
75,	Norte II	-2	-10
õ	Norte III	-2	-9
<u>ō</u>	Duero	-6	-16
	Tajo	-7	-17
Estudios	Guadiana I	-11	-24
ᅙ	Guadiana II	-8	-19
stc	Guadalquivir	-8	-20
	Sur	-7	-18
qe	Segura	-11	-22
	Júcar	-9	-20
Centro	Ebro	-5	-15
ē	C.I. Cataluña	-5	-15
	Galicia Costa	-2	-9
	Baleares	-7	-18
	Canarias	-10	-25
	España	-5	-14



Porcentaje de disminución de la aportación total por ámbitos de planificación (LBAE, MIMAM, 2000)

CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS

Estudio de los efectos del Cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua

Efectos potenciales del cambio climático en las demandas de agua y estrategias de

adaptación





Estudio de los efectos del Cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua Efectos potenciales del cambio climático en las demandas de agua y estrategias de adaptación

## **DEMANDAS DE RIEGO:**

- Metodologías FAO sobre necesidades hídricas de los cultivos.
- Modelos de simulación de cultivos.
- Escenarios de cambio climático considerados. Resultados con los escenarios propuestos.
- Estrategias de adaptación.

## **DEMANDAS URBANAS:**

#### **Domiciliarias**

• Metodología considerando incremento de consumo en hogares por cambio climático, población, viviendas principales y secundarias.

## Zonas verdes, parques y jardines

• Metodología Water Use Classification of Landscape Species. (WUCOLS)



# Estudio de los efectos del Cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua Efectos potenciales del cambio climático en las demandas de agua y estrategias de adaptación

## **DEMANDAS DE RIEGO:**

## Escenarios climáticos:

Ambas metodologías se utilizarán aplicándolas a los escenarios climáticos seleccionados, teniendo en cuenta las variaciones de los datos climáticos actuales.

# *Influencia del CO<sub>2</sub>:*

Adicionalmente se tendrá en cuenta la influencia del incremento en la concentración de  $CO_2$ .

## Adaptación cultivos:

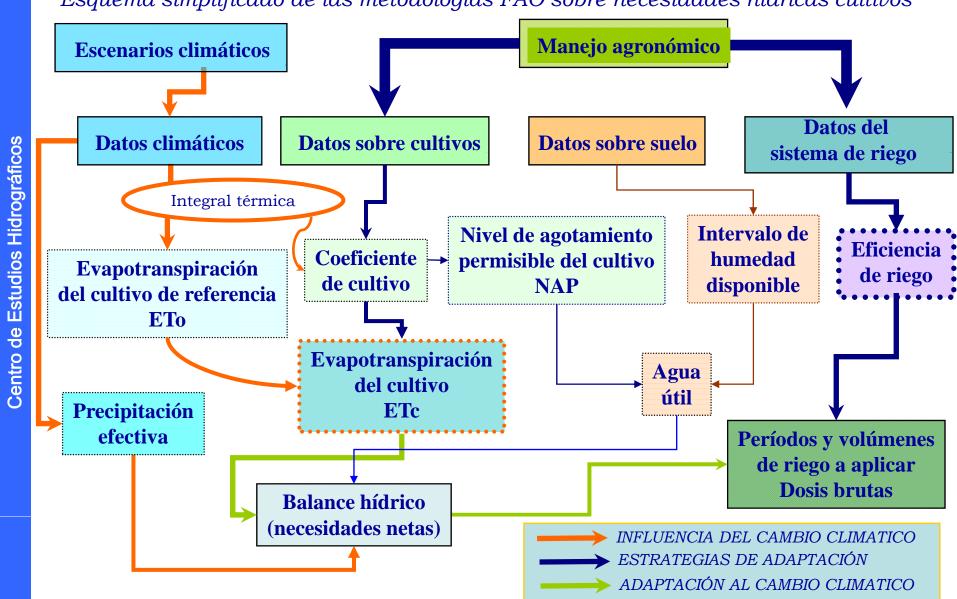
El periodo de los cultivos se adaptará en su duración, fecha de plantación, etc... según los datos climáticos considerados.

# ÁGUA E ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS. IMPACTOS E ADAPTAÇÃO PERSPECTIVA ESPANHOLA



## Efectos potenciales del cambio climático en las demandas de agua y estrategias de adaptación

Esquema simplificado de las metodologías FAO sobre necesidades hídricas cultivos



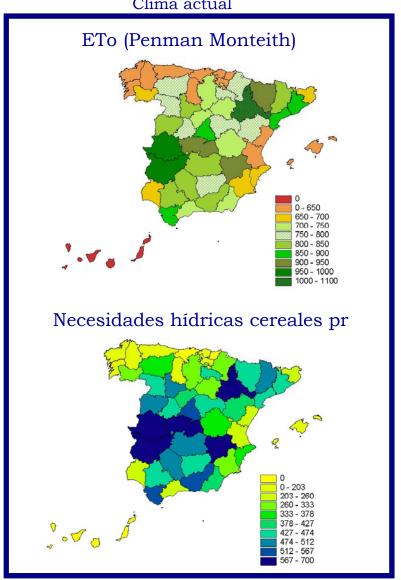
## Efectos potenciales del cambio climático en las demandas de agua y estrategias de adaptación

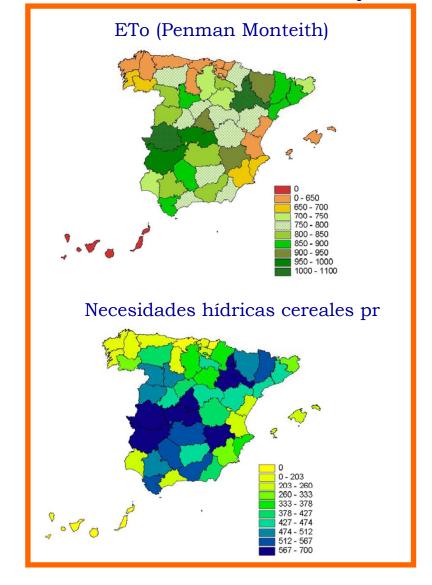
CENTRO DE ESTUDIOS

Metodologías FAO sobre necesidades hídricas cultivos

Clima actual

Análisis sensibilidad variables climáticas:  $\Delta$  temperatura 1º C





## Efectos potenciales del cambio climático en las demandas de agua y estrategias de adaptación

### Modelos de simulación de cultivos

El objetivo de estos modelos es servir como herramienta analítica para el estudio de los efectos del cambio climático y el manejo de los cultivos sobre los rendimientos del cultivo y el medio ambiente donde se desarrollan.





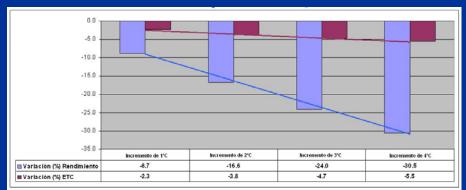




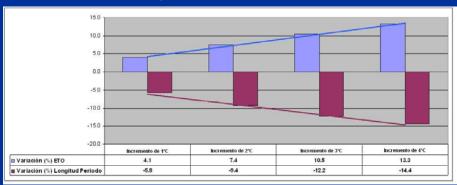
## Modelos de simulación de cultivos

## Sobre el cultivo del Maíz (cereal de primavera) en la zona de Albacete.

Periodo de simulación (2001-2007).



Influencia del incremento de temperatura en valores medios de rendimiento y ETc.



Influencia del incremento de temperatura en valores medios de ETP diarios y longitud periodo cultivo





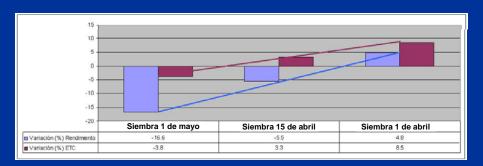
## Efectos potenciales del cambio climático en las demandas de agua y estrategias de adaptación

### Modelos de simulación de cultivos

## Sobre el cultivo del Maíz (cereal de primavera) en la zona de Albacete.

Estrategias de adaptación temporal (modificación fecha de siembra).

Periodo de simulación (2001-2007).



Influencia del adelanto de la fecha de siembra en valores medios de rendimiento y ETc.



Influencia del adelanto de la fecha de siembra en valores medios de ETP diarios y longitud periodo cultivo.

### Efectos potenciales del cambio climático en las demandas de agua y estrategias de adaptación

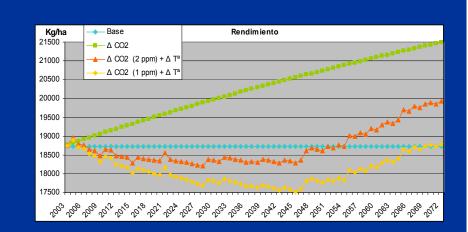
### Modelos de simulación de cultivos

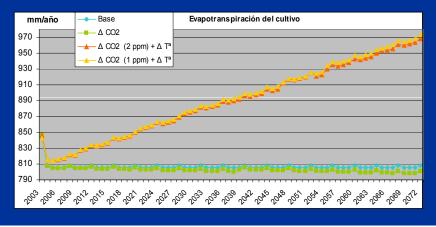
Influencia del aumento de la concentración de  $CO_2$  en la atmósfera sobre la ETc y el rendimiento del maíz

### Hipótesis de trabajo:

- Base: No aumenta la [CO<sub>2</sub>] ni la T<sup>a</sup>
- $\Delta [CO_2] = 2 \text{ ppm/año}$
- Δ [CO<sub>2</sub>] = 2 ppm/año y Δ T<sup>a</sup> = + 0.1°C/año
- $\Delta$  [CO<sub>2</sub>] = 1 ppm/año y  $\Delta$  T<sup>a</sup> = + 0.1°C/año

Variación del rendimiento del cultivo y de la evapotranspiración del cultivo en función de la variación de [CO<sub>2</sub>] y de la combinación de la variación del [CO<sub>2</sub>] la temperatura.





## ÁGUA E ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS. IMPACTOS E ADAPTAÇÃO PERSPECTIVA ESPANHOLA



### Efectos potenciales del cambio climático en las demandas de agua y estrategias de adaptación

#### **DEMANDAS URBANAS DOMICILIARIAS**

Hipótesis de cálculo

Dotación modificada por cambio climático (Informe CCdw y CYII)

Habitantes por vivienda

CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN

Crecimiento de población hasta 2015 (provincia) INE

Crecimiento de población 2015-2021 (nación) INE

Proyección hasta escenarios climáticos

Crecimiento de viviendas

Datos

Incrementos de consumo en hogares por la influencia

del cambio climático (CCdw y CYII)

Dotación CCAA (INE)

Población con

vivienda secundaria (INE)

Población (INE)

Nº viviendas por municipio (INE)

Cálculos intermedios

Dotación (l/hab/día) influida por cambio climático (CCdw y CYII)

Hab/vivienda principales y secundarias

Crecimiento de la población hasta 2015, 2021, escenario climático



Consumos estimados a 2015, 2021, escenarios climáticos

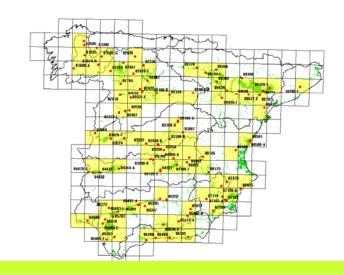


Estudio de los efectos del Cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua Efectos potenciales del cambio climático en las demandas de agua y estrategias de adaptación

### Estudios ya realizados: Metodologías FAO sobre necesidades hídricas de los cultivos



Estaciones seleccionadas y escenarios UKMO



Estaciones seleccionadas y escenarios PROMES

•Se analizaron 6 cultivos representativos (trigo, maíz, alfalfa, tomate, cítricos y frutal de hoja caduca) con datos de 95 estaciones meteorológicas.

#### **CONCLUSIONES:**

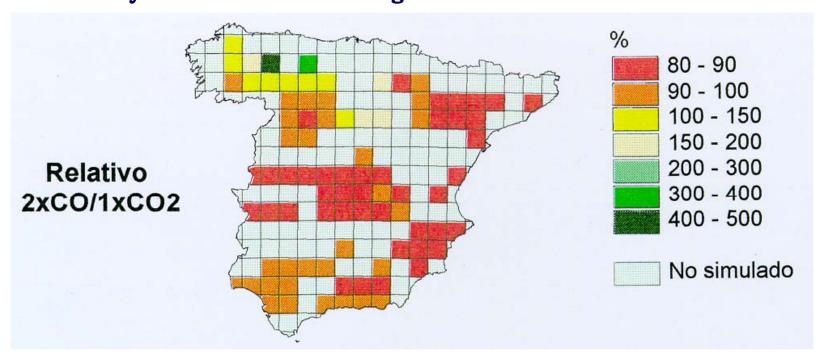
- •Con los dos tipos de escenario se incrementan las dotaciones de riego necesarias
- •En los escenarios UKMO, el incremento de dotación entre un 10 y un 30 % se da solo en el 40% de los casos. Hay otro 40 % aproximadamente en que los incremento son del 30 al 50%. Se muestran poco adecuado este escenario para este tipo de simulación
- •En los escenarios PROMES, en más del 75% de los casos se produce un incremento de la dotación en la horquilla comprendida entre el 10 y el 30%.

Fuente: Estudio sobre el impacto potencial del cambio climático en los recursos hídricos y las demandas de aqua de riego en determinadas regiones de España (DGOH-CEDEX 1998)



Estudio de los efectos del Cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua Efectos potenciales del cambio climático en las demandas de agua y estrategias de adaptación

## Estudios ya realizados: Metodologías simulación de cultivos DSSAT



Los **RENDIMIENTOS POTENCIALES** sufren una reducción de entre un 10 y un 20 % en toda España, salvo en la zona norte, donde los daños por bajas temperaturas se suavizan en el escenario 2xCO<sub>2</sub>. La disminución en los rendimientos va asociada al acortamiento del ciclo del cultivo y del período de llenado del grano, que tienen más influencia sobre el rendimiento final que el efecto positivo de una mayor concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera.

Fuente: DGOH-CEDEX 1998





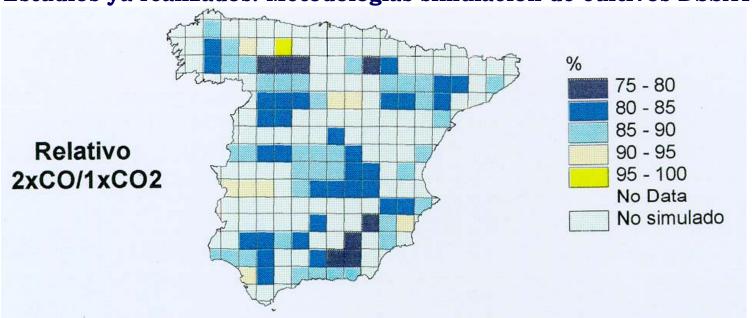






Estudio de los efectos del Cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua Efectos potenciales del cambio climático en las demandas de agua y estrategias de adaptación

## Estudios ya realizados: Metodologías simulación de cultivos DSSAT



La EVAPOTRANSPIRACIÓN MÁXIMA DEL CULTIVO, acumulada desde el comienzo de la simulación hasta el momento de la cosecha, sufre una reducción en todas las celdas simuladas, de hasta un máximo del 25 %. Los factores que influyen en esta respuesta son los siguientes:

- Factores con efecto positivo, que tienden a aumentar las ET diarias: mayores temperaturas en el escenario de 2xCO<sub>2</sub> y mayor superficie foliar en el cultivo, por un mayor crecimiento del mismo asociado al incremento de CO<sub>2</sub>
- Factores con efecto negativo, tendentes a reducir la ET: aumento de la resistencia estomática del cultivo por el efecto directo del CO<sub>2</sub> sobre el mismo, y acortamiento en el ciclo del cultivo por una aceleración en el desarrollo debida al incremento térmico.

Fuente: DGOH-CEDEX 1998



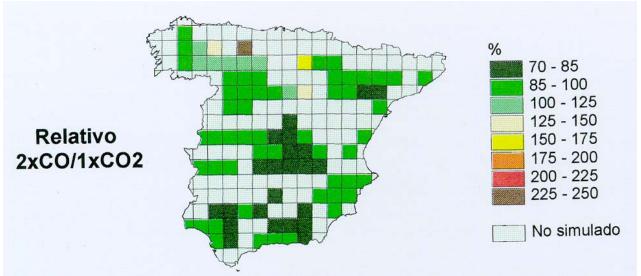






# Efectos potenciales del cambio climático en las demandas de agua y estrategias de adaptación

## Estudios ya realizados: Metodologías simulación de cultivos DSSAT



Las <u>NECESIDADES DE RIEGO</u> netas disminuyen en todas las celdas, hasta un 30 %, salvo las que bajo el escenario  $1xCO_2$  presentan daños por frío que limitan el crecimiento del cultivo. En éstas, al aumentar el crecimiento también aumenta la demanda hídrica. Pero son zonas con bajas necesidades de riego en términos absolutos (entre 100 y 400 mm). La reducción de las necesidades de riego se debe a dos factores:

- •Acortamiento de la duración del cultivo, que afecta a la menor demanda evapotranspirativa del cultivo (menor ETmax)
- •Las precipitaciones durante la época de mayor crecimiento del cultivo (primavera) se mantienen. según el escenario climático simulado.
- •Las mayores reducciones en las necesidades de riego se producen en la zona Centro y en el Sur. Esta disminución de <u>NECESIDADES DE RIEGO</u> lleva asociada una disminución de <u>RENDIMIENTOS</u>. Es necesario el estudio estrategias de ADAPTACIÓN . Fuente: DGOH-CEDEX 1998

CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS

Estudio de los efectos del Cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua

Efecto del cambio climático en los recursos hídricos disponibles en los

sistemas de explotación





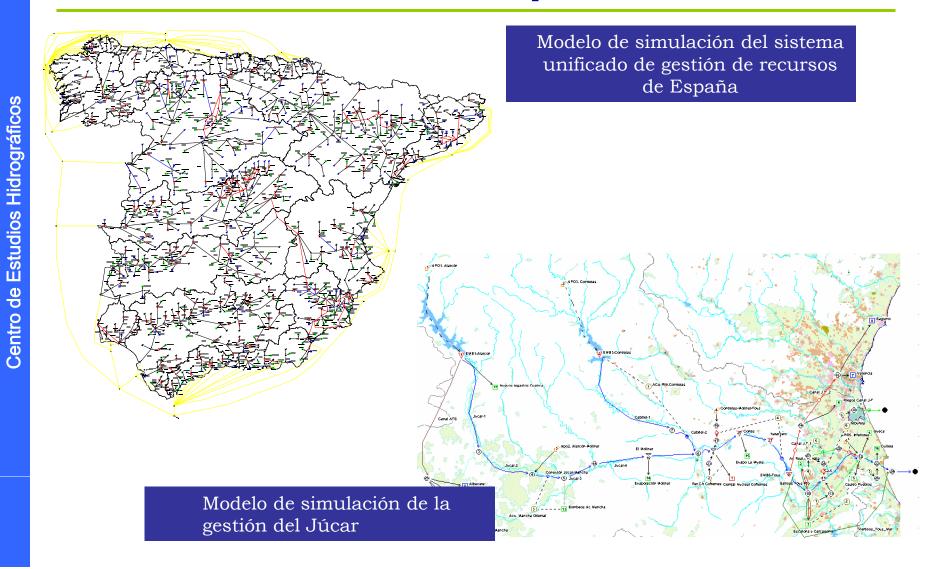
# Efecto del cambio climático en los recursos hídricos disponibles en los sistemas de explotación

La evaluación integrada de los impactos del cambio climático en los sistemas de recursos hídricos complejos requiere la utilización de diversos modelos de simulación de forma secuencial.

- •Modelos de generación de escenarios climáticos (MCGA-AO, regionales, etc). (variables atmosféricas, precipitación, temperatura)
- •Modelos de simulación del ciclo hidrológico en régimen natural (precipitación, temperatura, aportación)
- Modelos de simulación del comportamiento de las demandas (agraria, urbana, industrial)
- •Modelos de simulación de los sistemas de explotación de recursos hídricos (aportaciones, demandas, indicadores de estado de los sistemas)

CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS

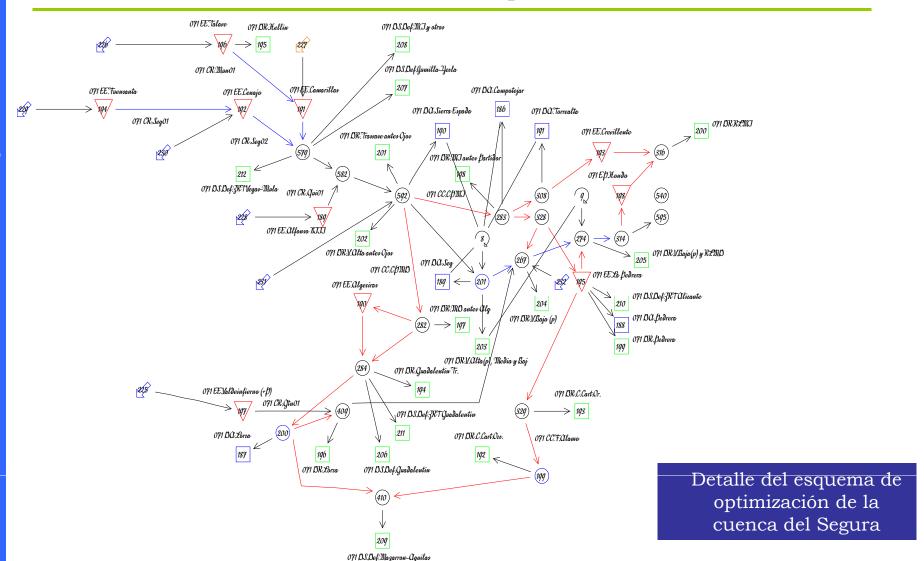
## Efecto del cambio climático en los recursos hídricos disponibles en los sistemas de explotación



Centro de Estudios Hidrográficos

## Estudio de los efectos del Cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua

# Efecto del cambio climático en los recursos hídricos disponibles en los sistemas de explotación







# Efecto del cambio climático en los recursos hídricos disponibles en los sistemas de explotación

**Estudios ya realizados:** Garrote, L., I. C. Rodríguez, F. Estrada (1999) realizan una evaluación de la capacidad de regulación de las cuencas de la España peninsular

- Garrote, L., I. C. Rodríguez, F. Estrada (1999) realizan una evaluación de la capacidad de regulación de las cuencas de la España peninsular
  - Inputs: Series de recursos naturales simuladas por modelos hidrológicos para distintos escenarios
  - Determinación de series de recursos disponibles en los distintos sistemas para distintos escenarios climáticos
- Principales conclusiones:
  - •Escenario 1 del LBAE: reducción aportaciones 5% y reducción del recurso disponible del 4%.
  - •Escenario 2 del LBAE: reducción aportaciones 14% y reducción del recurso disponible del 11%.

Estudio de los efectos del Cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua Efecto del cambio climático en el estado ecológico de las masas de agua

## Efecto del cambio climático en el estado ecológico de las masas de agua

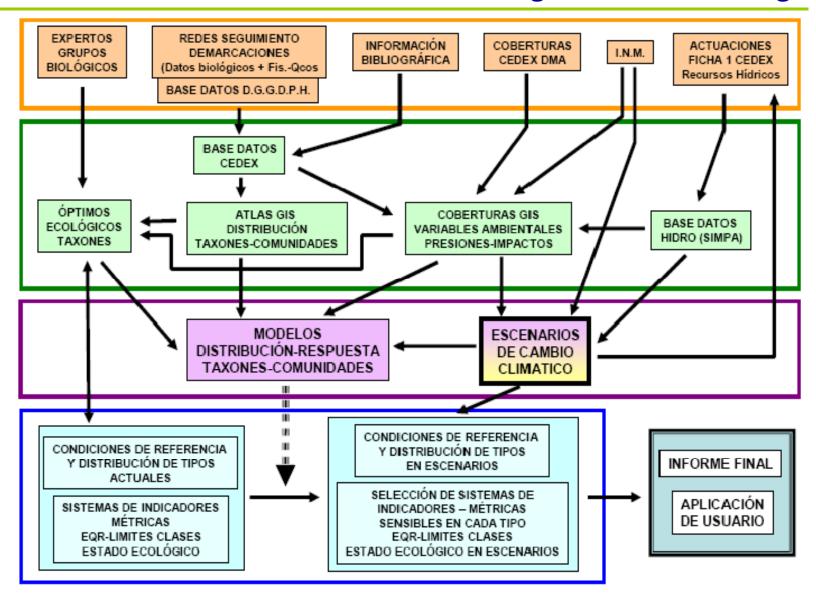
## Objetivos generales

- Simulación de la respuesta de las distintas comunidades biológicas específicas de cada tipo ecológico de masas de aguas en los diferentes escenarios de cambio climático
- 2. Análisis de la sensibilidad de los sistemas actuales de indicadores biológicos ante los efectos del cambio climático
  - Propuesta de los sistemas de indicadores del estado ecológico
- 3. (fisicoquímicos, hidromorfológicos y biológicos) más adecuados por su sensibilidad al cambio climático para cada tipología
- Redefinición de las condiciones de referencia de cada tipo ecológico de las masas de agua y reajuste de los valores EQR (*Ecological Quality Ratio*) de cada indicador para cada límite de clases de estado ecológico, en los distintos escenarios de cambio climático

Los criterios fisicoquímicos e hidromorfológicos son importantes, pero los criterios biológicos son determinantes

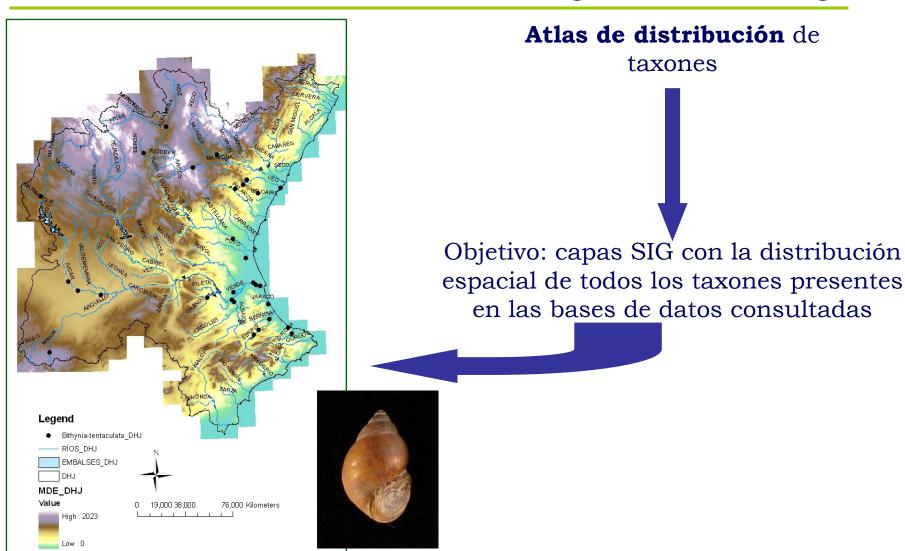


## Efecto del cambio climático en el estado ecológico de las masas de agua



Centro de Estudios Hidrográficos

## Efecto del cambio climático en el estado ecológico de las masas de agua



Ej.: Mapa de distribución de Bithynia tentaculata en la DHJ

Centro de Estudios Hidrográficos





## Efecto del cambio climático en el estado ecológico de las masas de agua

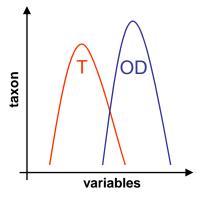
Obtención de óptimos ecológicos





Modelos mecánicos o fisiológicos

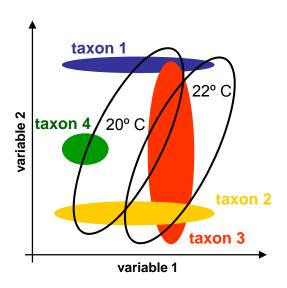
Variables recomendadas por expertos



	var 1	var 2	var 3		var n
taxon 1	m-M	m-M	m-M	m-M	m-M
taxon 2	m-M	m-M	m-M	m-M	m-M
taxon 3	m-M	m-M	m-M	m-M	m-M
•••	m-M	m-M	m-M	m-M	m-M
taxon m	m-M	m-M	m-M	m-M	m-M

## Modelos empíricos o ecológicos

Variables recomendadas por diferentes aplicaciones informáticas





### Efecto del cambio climático en el estado ecológico de las masas de agua

Simulación de la respuesta de las distintas comunidades biológicas de cada tipo ecológico en los diferentes escenarios de cambio climático

PREDECIR EN EL FUTURO LA DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES TENIENDO EN CUENTA EL CAMBIO **CLIMÁTICO** 



Limitaciones

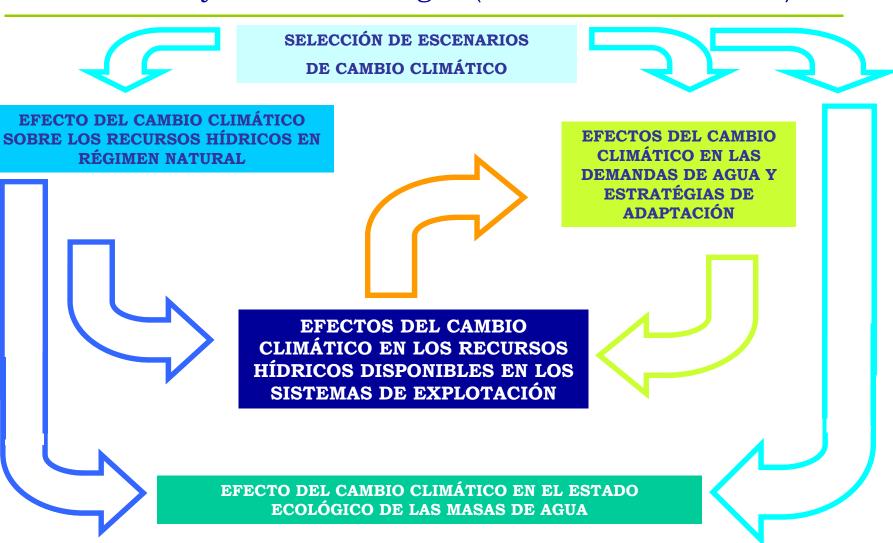
- •Ignoran interacciones entre distintas especies
- Posibles cambios evolutivos
- •Capacidades de dispersión de las distintas especies

La disponibilidad de información es limitada para utilizar modelos dinámicos





## Estudio de los efectos del Cambio climático en los recursos hídricos y las masas de agua (DGA-DGOECC-CEDEX)







## 9° CONGRESSO DA ÁGUA Água: desafios de hoje, exigências de amanhã

Mesa Redonda sobre ÁGUA E ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS. IMPACTOS E ADAPTAÇÃO

#### PERSPECTIVA ESPANHOLA

## Muito obrigado pela sua atençao

Joaquín Rodríguez Chaparro

joaquin.rodriguez@cedex.es

Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX

Ministerio de Fomento-Ministerio de Medio Ambiente

Cascais, Centro de Congressos do Estoril. 4 de Abril de 2008