



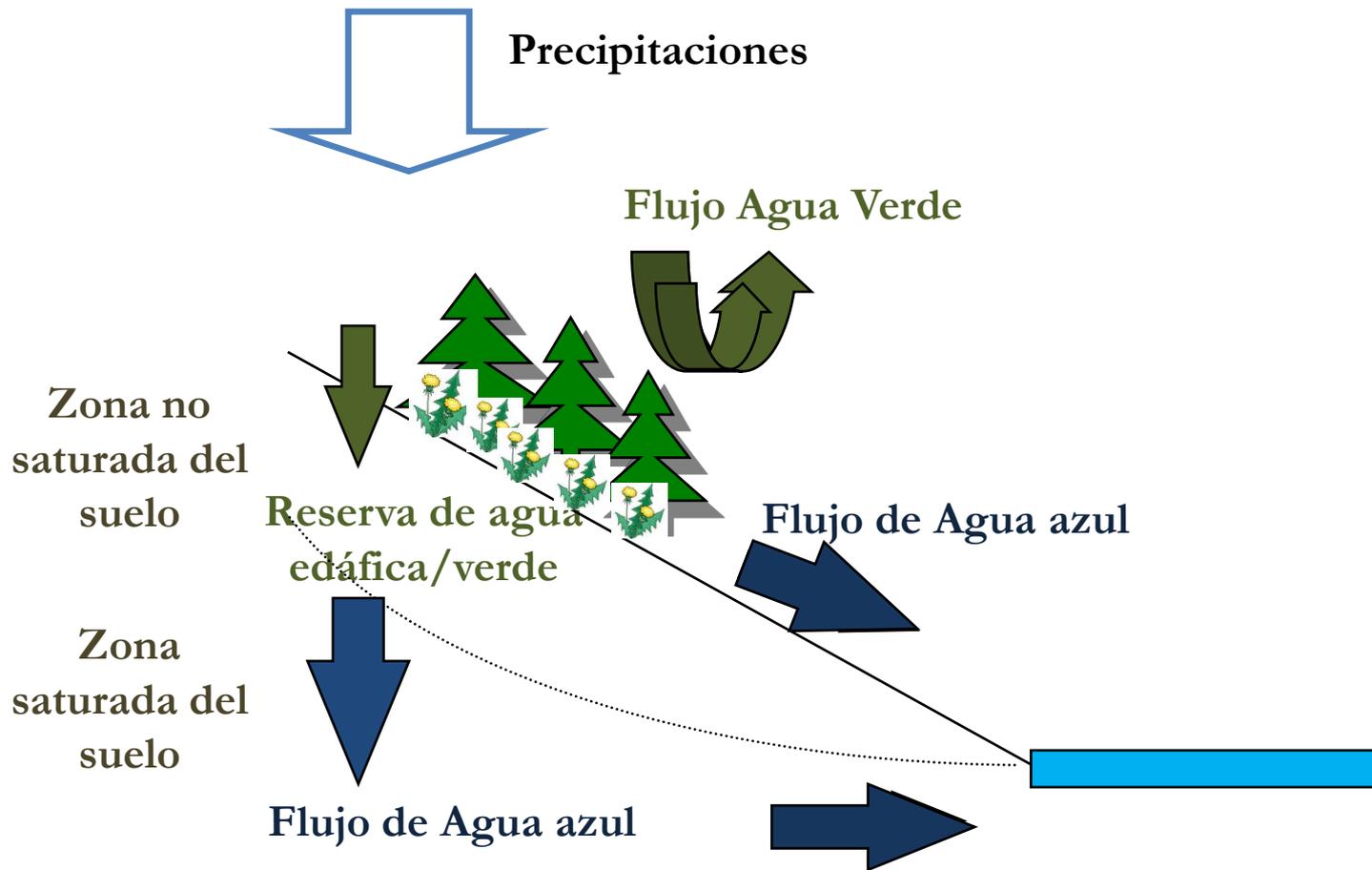
**Cambios de uso del suelo y variación de la  
demanda hídrica de los sistemas forestales  
en España entre 1980 y 2006: Implicaciones  
para la planificación hidrológica**

**Bárbara Willaarts  
Observatorio del Agua-Fundación Botín**

1. ¿Por qué es importante cuantificar la demanda hídrica de los sistemas forestales?
2. Cambios en la superficie forestal en España entre 1980-2006
3. Implicaciones hidrológicas ligadas a los cambios de uso
4. Conclusiones

- Los usos forestales ocupan entorno al 50% territorio nacional. Captan una gran cantidad de PP y por ello juegan un papel fundamental en los balances de cuenca
- Las precipitaciones que reciben las invierten en mantener en generar diversos servicios ecosistémicos (ej. regulación meso-climática; control erosión, regulación caudal, madera, corcho,..)
- Aumento superficie forestal pueden tener importantes repercusiones hidrológicas: positivas (ej. ↑ regulación meso-climática) pero también negativas (ej. ↓ aportaciones)
- La DMA no ha tenido en cuenta este nexo entre agua y territorio

# Nexo entre agua y territorio



**Cambios en la cobertura de vegetación → modifican consumo de agua verde y de las aportaciones**

# Evidencias sobre los impactos que tienen el abandono rural en cuencas mediterráneas

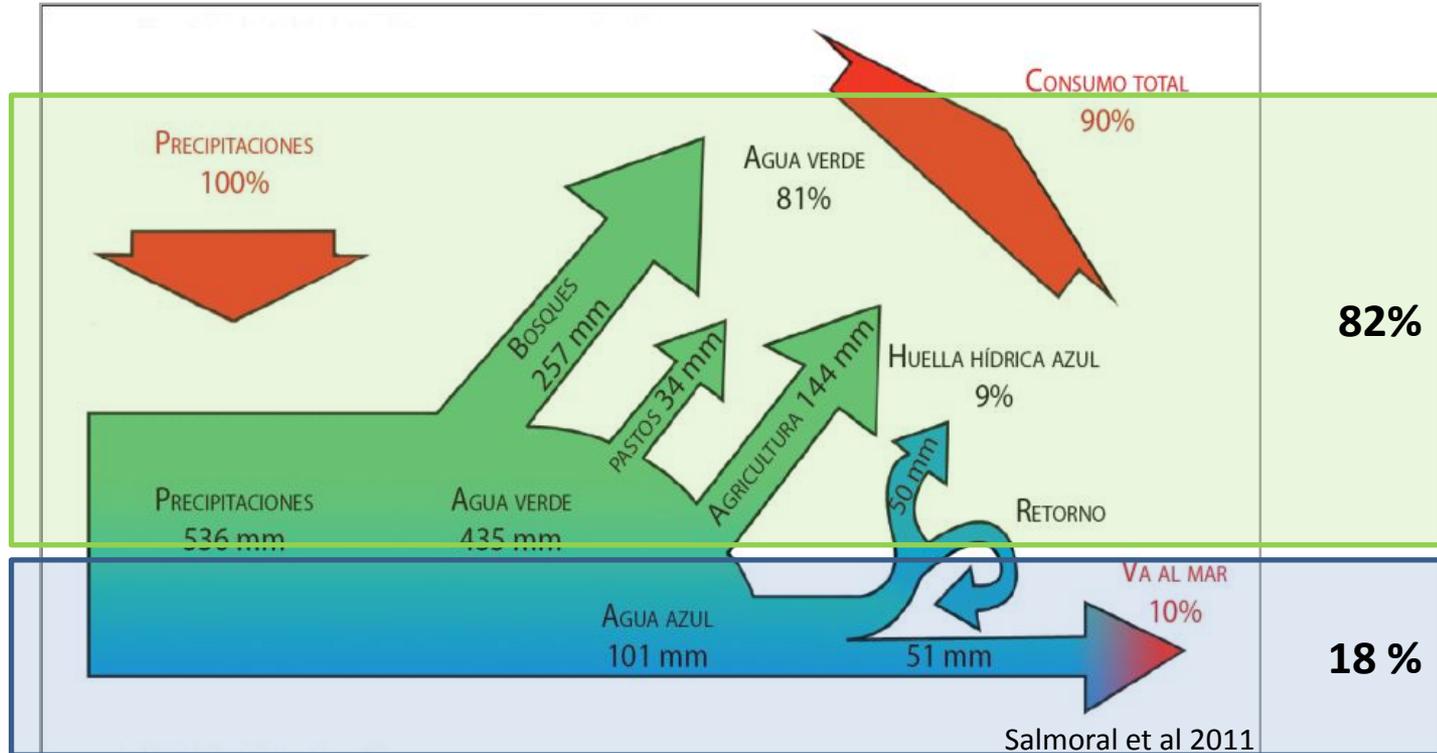
Estudio	Lugar	Tendencia territorial	↓ Aportaciones atribuidas al cambio de uso	Serie climática
Beguería et al 2003	Pirineo Central Cabecera del	1,2	30%	1940-2000
Gallart y Llorens 2004	Ebro	1,2	9%	1945-1995
Willaarts 2010	Sierra Morena (Viar, Huesna , Retortillo)	1	5-10%	1961-1990
Gallart et al 2011	Barcelona (Cardener, Llobregat y Ter)	2	11-18%	1940-2000

1: Matorralización 2: Reforestación o Regeneración natural del arbolado

Willaarts et al. En preparación

**Estas reducciones son  $\geq$  a las previstas por los modelos de CC**

## Balance hídrico de la oferta y demanda de agua en el Guadalquivir



- Los bosques y pastos son los 1º usuarios agua (54% PP)
- Ej: ↑ 5% demanda forestal = ↓ aportaciones 440 Hm<sup>3</sup>/año
- El 82% de PP que recibe la cuenca no se gestionan

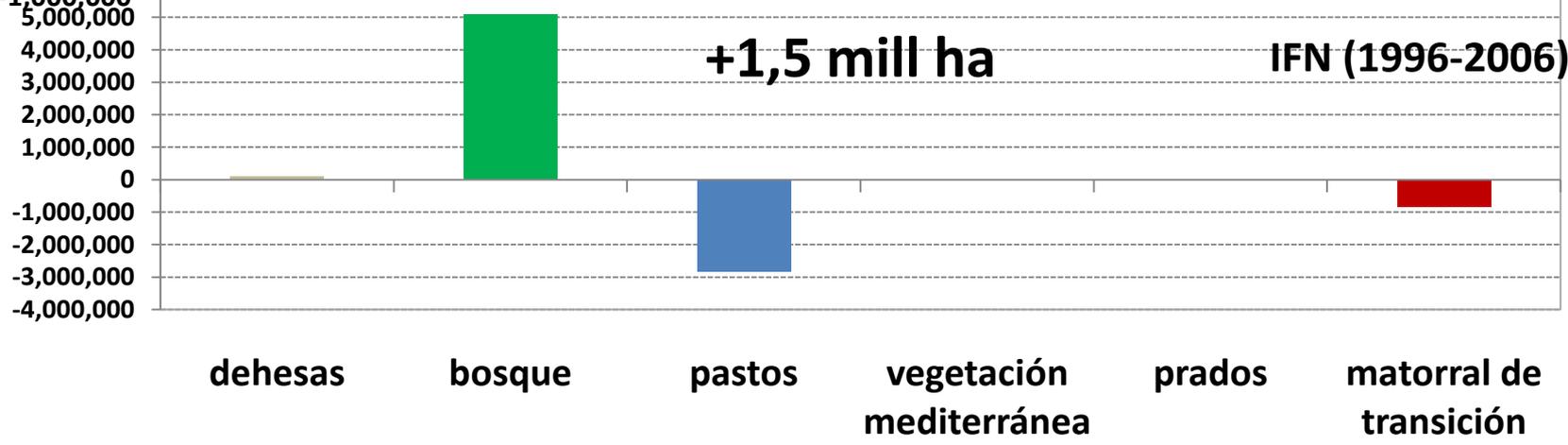
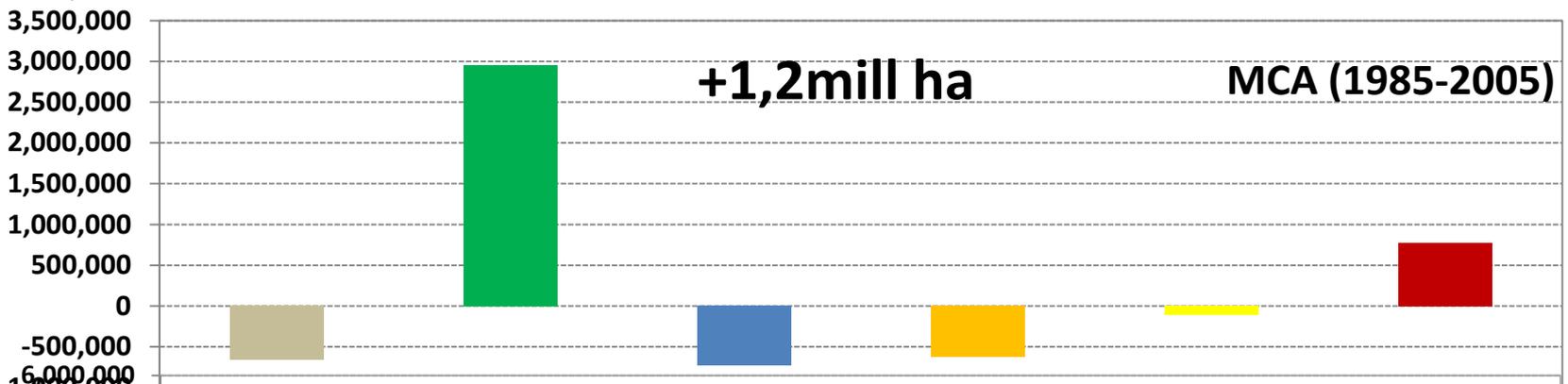


Teniendo en cuenta la importancia que tienen los bosques como usuarios del agua y dados los cambios territoriales ocurridos en las últimas décadas en España, el OA ha iniciado un estudio sobre las repercusiones que han tenido los cambios de uso ocurridos en términos de aportaciones para el conjunto territorial y en una 2º fase a nivel de cuenca.

## RETOS:

- 1º Cuantificar la demanda forestal y las posible reducción de aportaciones
- 2º Determinar cambios de las superficies forestales

# ¿Cómo han evolucionado las superficies forestales España entre 1980 y 2006?



# Estimación de la demanda hídrica forestal

En zonas áridas:

$$\frac{R_n}{P} \rightarrow \infty \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{ET}{P} \rightarrow 1 \\ \frac{R}{P} \rightarrow 0 \end{array} \right.$$

$w$  depende del tipo de especie forestal y de su capacidad para extraer agua del suelo

$$\frac{ET}{PP} = \left( \frac{1 + w \times \frac{E_0}{PP}}{\left(1 + w \times \frac{E_0}{PP}\right) + \left(\frac{PP}{E_0}\right)} \right)$$

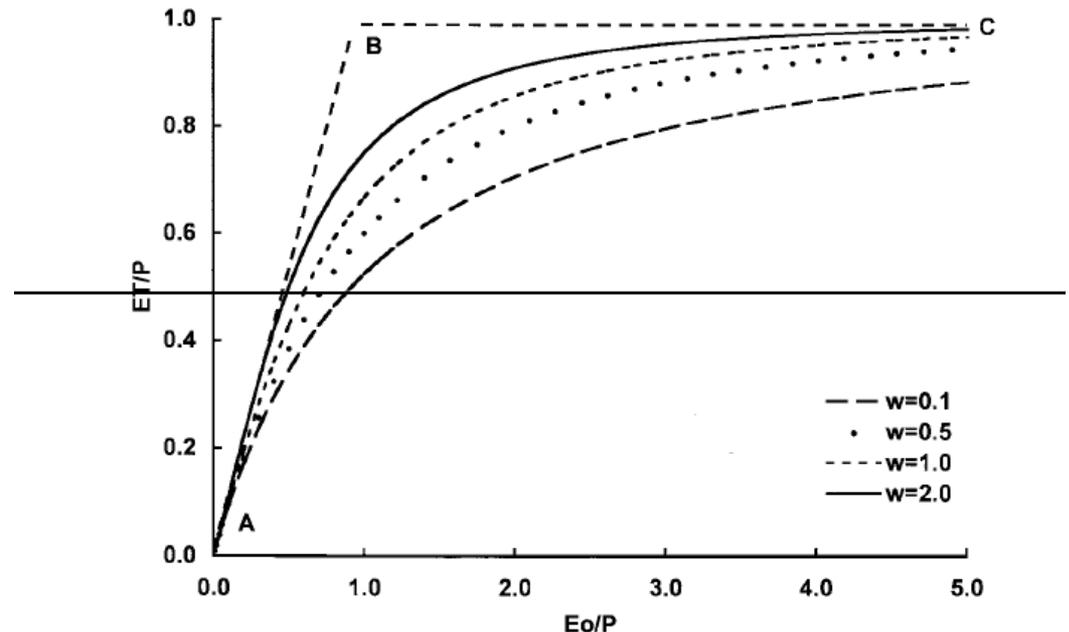
En zonas húmedas:

$$\frac{R_n}{P} \rightarrow 0 \quad ET \rightarrow R_n$$

Zhang et al (1999) estableció que:

$$\frac{ET}{PP} = \left( \frac{E_0}{PP}, w \right)$$

$w$  es un coeficiente de disponibilidad de agua

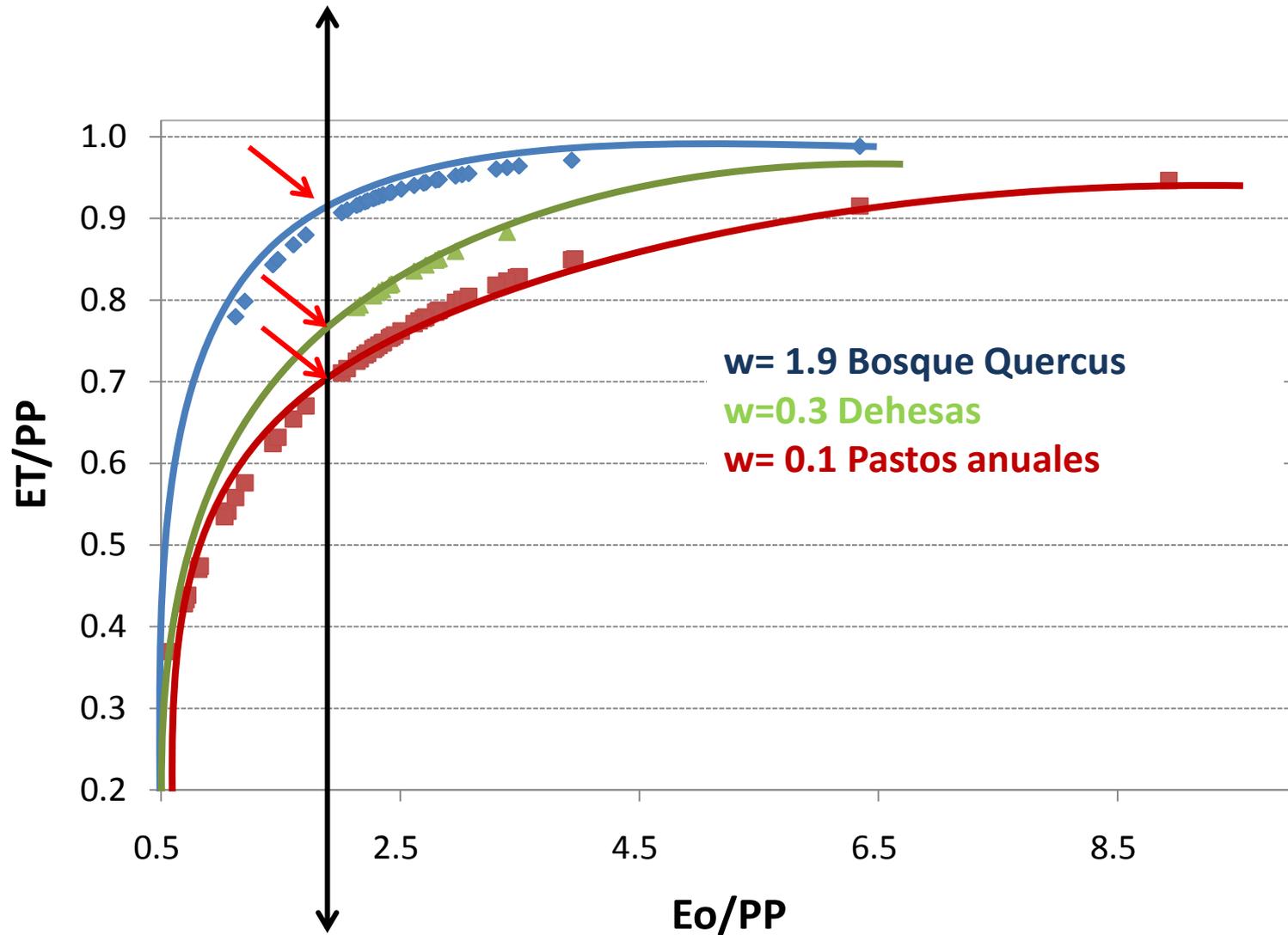


# Cálculo del coeficiente de disponibilidad de agua

Se recopilaron datos de ET y PP de 74 trabajos experimentales de la Península Ibérica. Estas especies forestales cubren el 96% del territorio nacional (3º IFN)

<b>Especies Forestales</b>	<b>n</b>
<i>Abies Alba</i>	16
Dehesa Matorral	2
Dehesa <i>Quercus</i>	2
Reforestaciones ( <i>Eucaliptos</i> y pinos)	5
<i>Fagus sylvatica</i>	3
<i>Pinus Halepensis</i>	2
<i>Pinus nigra</i>	1
<i>Pinus pinea</i>	2
<i>Pinus ssp</i>	3
<i>Pinus sylvestris</i>	2
<i>Q robur</i> / <i>Q. petraea</i>	1
<i>Q. pyrenaica</i> / <i>Q. pubescens</i>	2
<i>Q.coccifera</i> ; <i>P.Lentiscus</i> ; <i>E. multiflora</i> ; <i>S. tenacissima</i>	1
<i>Quercus ilex</i>	11
<i>Quercus robur</i>	3
<i>Quercus suber/ilex/faginea</i>	5
Matorral mediterráneo	6
Pastizales terofíticos	7
<b>TOTAL</b>	<b>74</b>

# Demanda hídrica sistemas forestales España



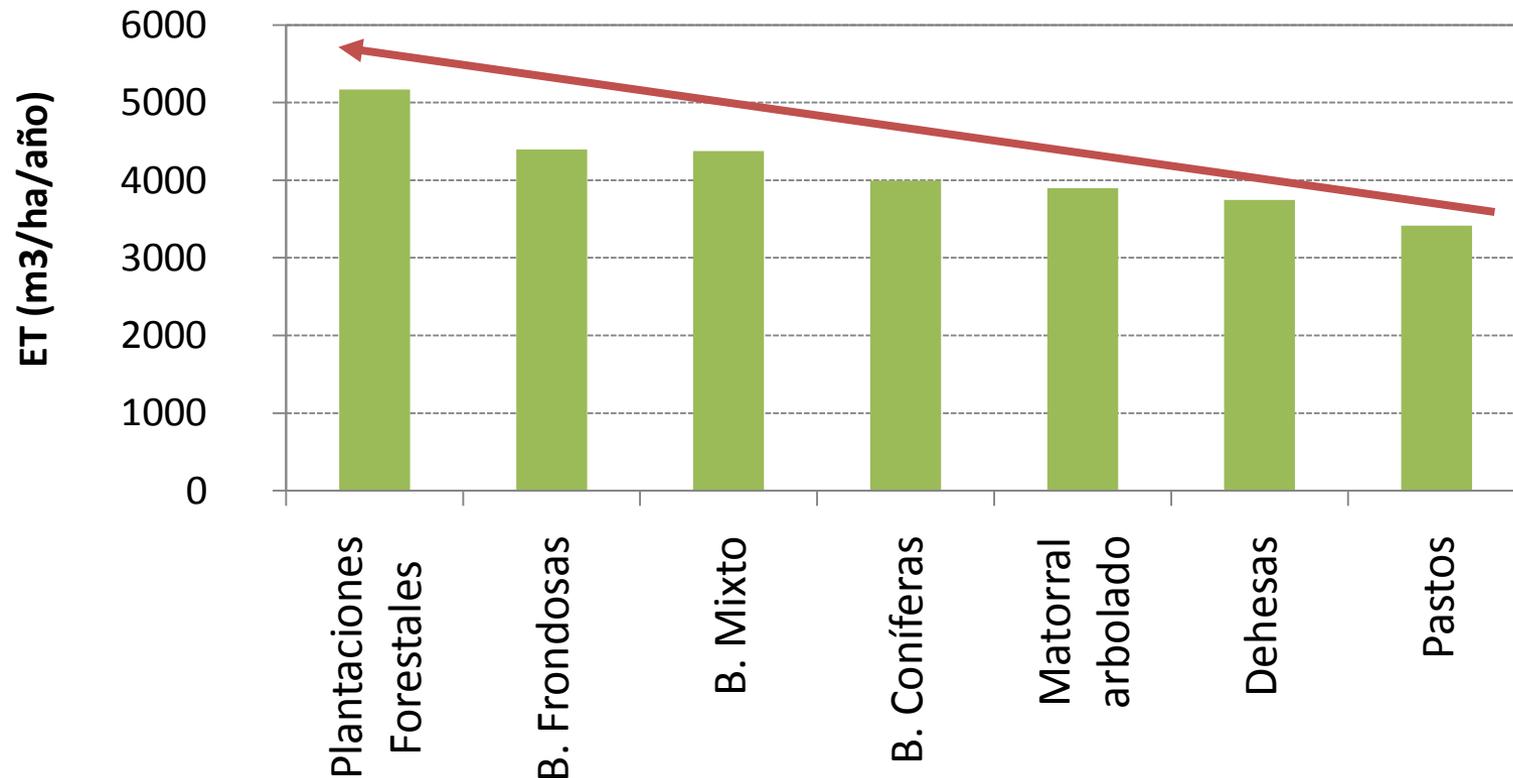
Índice de Aridez medio en España

Willaarts et al. 2012

# Demanda hídrica en sistemas forestales

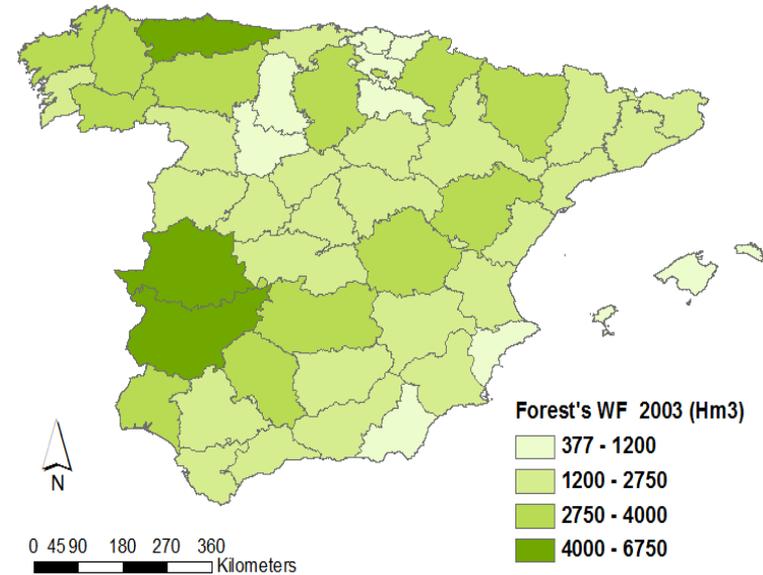
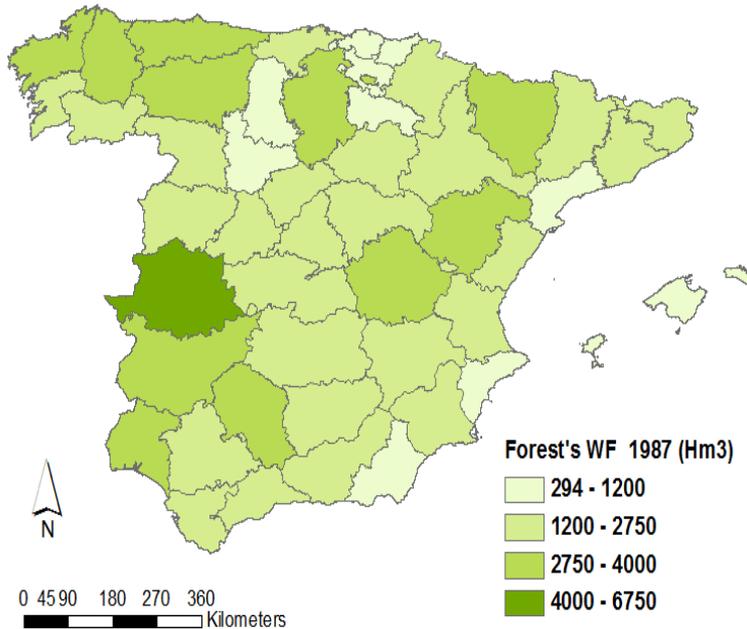
Formación	Composición	Mill Ha	m3/Ha	Desviación estandar	Demanda Forestal (Hm3/año)
<b>BOSQUE CONÍFERAS</b>	Pinus halepesis	1,9	3789	779	7.207
	Pinus pinaster	1,2	4103	996	5.415
	Pinus sylvestris	1,0	4136	967	4.097
	Pinus nigra	0,7	3815	844	2.562
	Pinus pinea	0,4	4116	669	1.512
	Pinus ssp	1,3	4155	1011	5.501
	Abies ssp y Juniperus ssp	0,4	4034	573	1.644
	<b>Sub-Total</b>		<b>6,7</b>	<b>3.996</b>	<b>875</b>
<b>REPOBLACIONES</b>	Pinus ssp	0,1	4112	1777	239
	Eucaliptus ssp	0,6	5264	1018	3.102
	<b>Sub-Total</b>		<b>0,6</b>	<b>5.168</b>	<b>1.081</b>
<b>BOSQUE FRONDOSAS</b>	Quercus ilex	2,6	4110	762	10.918
	Quercus pyrenaica	0,7	4335	1092	2.942
	Fagus sylvatica	0,4	5203	1195	2.488
	Quercus.suber	0,3	4992	284	1.453
	Quercus .robur	0,2	6220	869	1.162
	Quercus .faginea	0,2	4284	898	611
	Quercus ssp	1,2	4414	1135	5.462
	Otras frondosas	1,1	4331	1167	5.657
	<b>Sub-Total</b>		<b>6,6</b>	<b>4.398</b>	<b>943</b>
<b>DEHESAS</b>	<b>Quercus ssp</b>	<b>2,4</b>	<b>3.747</b>	<b>502</b>	<b>9.354</b>
<b>BOSQUE MIXTO</b>	Quercus y Pinus ssp	0,7	4053	1090	2.887
	Pinus y Frondosas	0,4	4948	1449	2.101
	Otras frondosas	0,0	4878	496	183
	<b>Sub-Total</b>		<b>1,1</b>	<b>4.377</b>	<b>1.185</b>
<b>MATORRAL</b>	Matorrales con Arbolado	<b>1,3</b>	<b>3.899</b>	<b>858</b>	<b>4.985</b>
<b>PASTOS</b>	Pastizales y Matorrales	<b>8,9</b>	<b>3.415</b>	<b>703</b>	<b>29.119</b>
<b>TOTAL</b>		<b>27,5</b>	<b>3.920</b>	<b>819</b>	<b>110.601</b>

A medida que aumenta la cobertura de vegetación leñosa, se incrementa el consumo medio de agua en los sistemas forestales



Willaarts et al 2012

# Evolución de la demanda hídrica según IFN 1996-2006



## Evolución Superficie Forestal y Consumo España

IFN	Area Forestal 1996 (MHa)	Area Forestal 2006 (MHa)	HH (m <sup>3</sup> /Ha)	HH forestal 1996 (Hm <sup>3</sup> )	HH Forestal 2006 (Hm <sup>3</sup> )
Bosque	9,8	14,9	4.423	45.047	67.144
Dehesa	2,3	2,4	3.751	8.892	9.354
Matorrales	2,1	1,3	3.934	7.999	4.985
Pastos	11,8	8,9	3.510	39.123	29.119
HH forestal	26	27,5		101.060	110.601

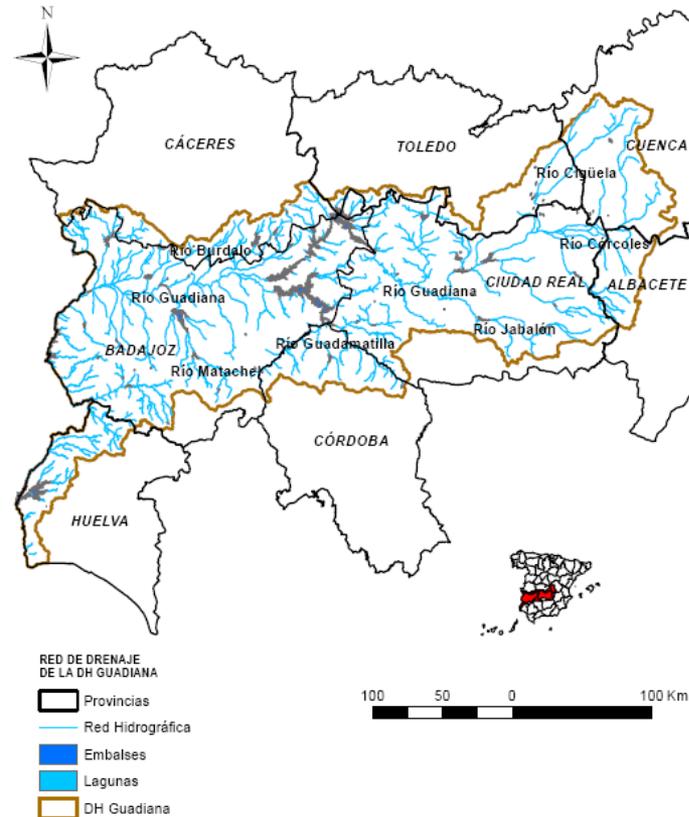
**Variación consumo**

**+9.500 Hm<sup>3</sup>**

**+ 8 %**

# Evolución de la HH forestal a nivel de cuenca: el caso del Guadiana

El abandono del monte mediterráneo y los sistemas adehesados han reducido las aportaciones anuales medias en un 11%. Estas reducciones son equivalentes a las esperadas en el peor escenario de CC (B1).



Provincia	% Área en Cuenca	HH Forestal 1996 (Hm3)	HH Forestal 2006 (Hm3)	Var 96-06 (Hm3)
Badajoz	94	514	622	727
Ciudad Real	16	2549	2815	45
Cáceres	15	815	1006	191
Albacete	14	310	316	6
Huelva	6	101	99	-4
Cuenca	5	175	175	-1
Córdoba	3	169	184	7
Toledo	3	37	47	9
<b>TOTAL</b>		<b>4672</b>	<b>5264</b>	<b>981</b>
<b>Variación consumo (%)</b>				<b>+11%</b>

# Relación entre reducción aportaciones-cambios superficies forestales

Demarcación	Aportación media periodo 1940/41-1995/96	Aportación media periodo 1996/97-2005/06	Reducción de aportaciones entre periodos	Incremento demanda hídrica forestal
Norte	43.494	38.573	-4.921	
Duero	13.861	11.729	-2.132	1.379
Tajo	10.533	9.012	-1.521	
Guadiana	5.464	4.391	-1.073	981
Guadalquivir	8.770	8.113	-657	
CM de Andalucía	2.446	2.101	-345	
Segura	817	505	-312	
Júcar	3.493	3.057	-436	
Ebro	17.189	13.555	-3.634	
CI de Cataluña	2.742	2.196	-546	
<b>Total</b>	<b>108.809</b>	<b>93.232</b>	<b>-15.577</b>	<b>9.500</b>
				<b>60%</b>

*Martín Barajas, 2007. Datos extraídos MARM*

1. Los bosques son los principales consumidores de agua en las cuencas. Determinar la demanda hídrica forestal y su variación es crucial para optimizar la oferta de agua y avanzar hacia IWRM
2. El abandono rural y la regeneración del monte (no siempre de la misma calidad ambiental que el original) tienen igual o mayores implicaciones que el cambio climático en la reducción de aportaciones.
3. 1º estimaciones atribuyen a los cambios uso forestal el 60% de las reducciones en aportaciones registradas
4. El manejo forestal ayuda a prevenir problemas colaterales (e.j riesgos de incendios, envejecimiento masas forestales) y optimizar el uso del agua

