

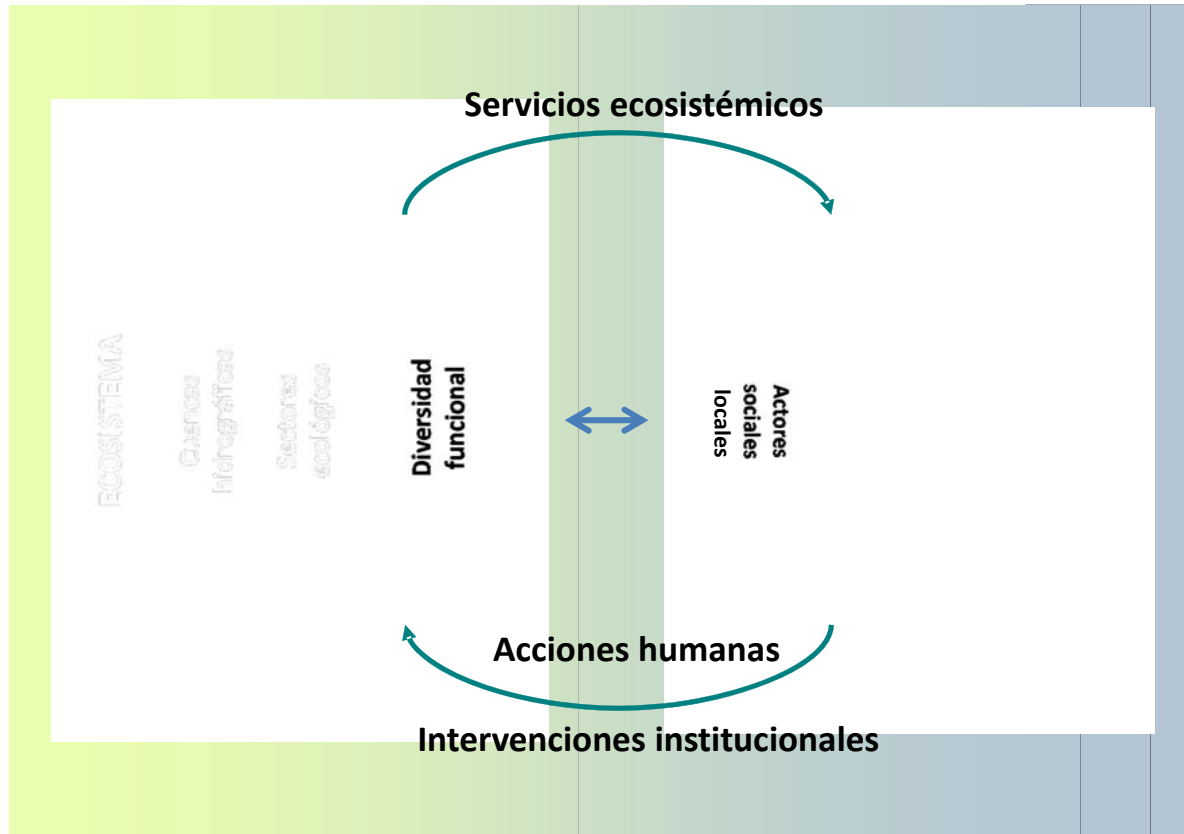


**La demanda hídrica de los ecosistemas:  
¿Cuánto agua consumen y por qué es  
importante estimarla?**

**Bárbara Willaarts, Investigadora Postdoc  
Observatorio del Agua-Fundación Botín & CEIGRAM**

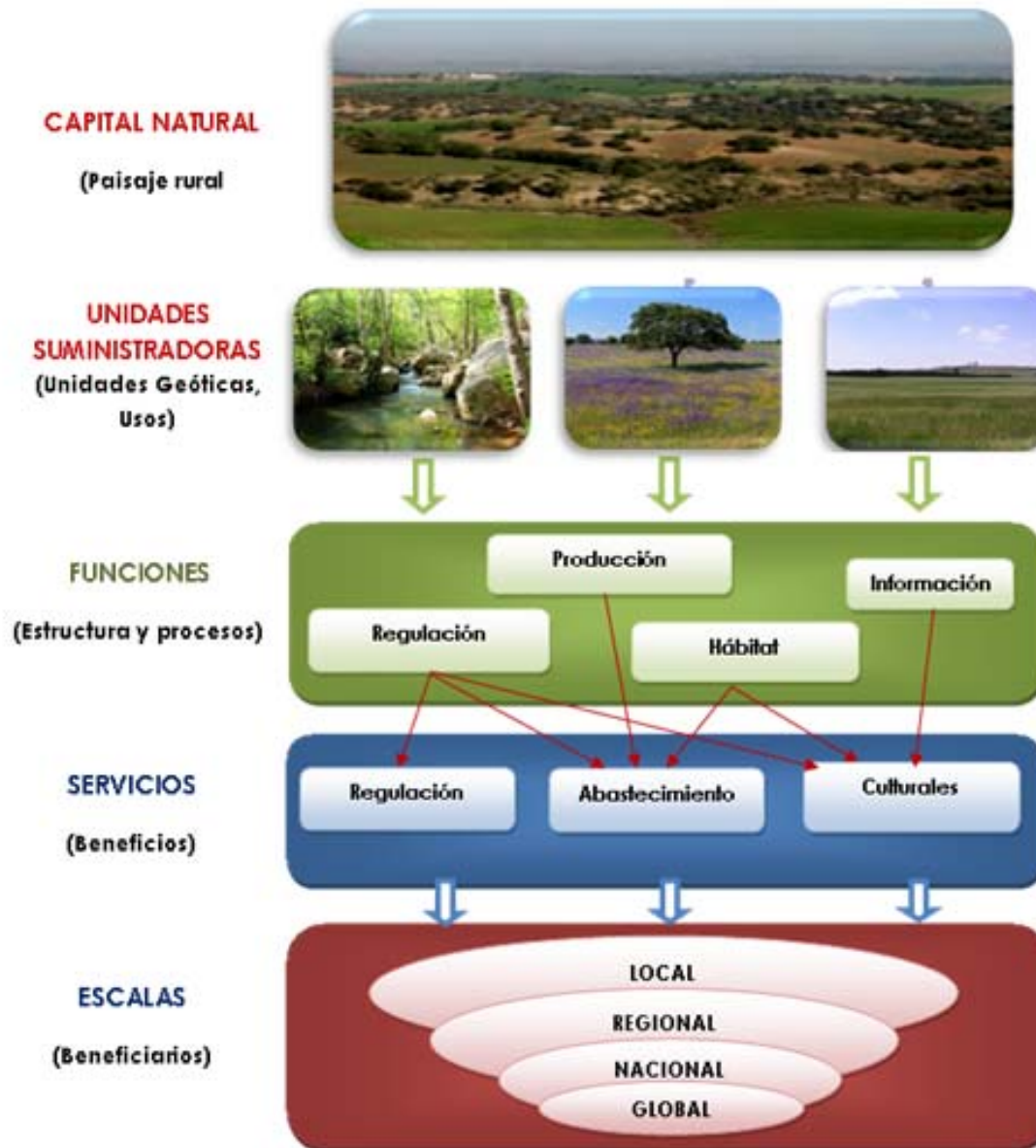
- ¿Por qué es importante conocer las necesidades hídricas de los ecosistemas?
- ¿Qué implicaciones tiene para la gestión del agua?
- Metodologías de cálculo
- Resultados de los trabajos elaborados en España
- Conclusiones

# Nexo entre el sistema social y ecológico

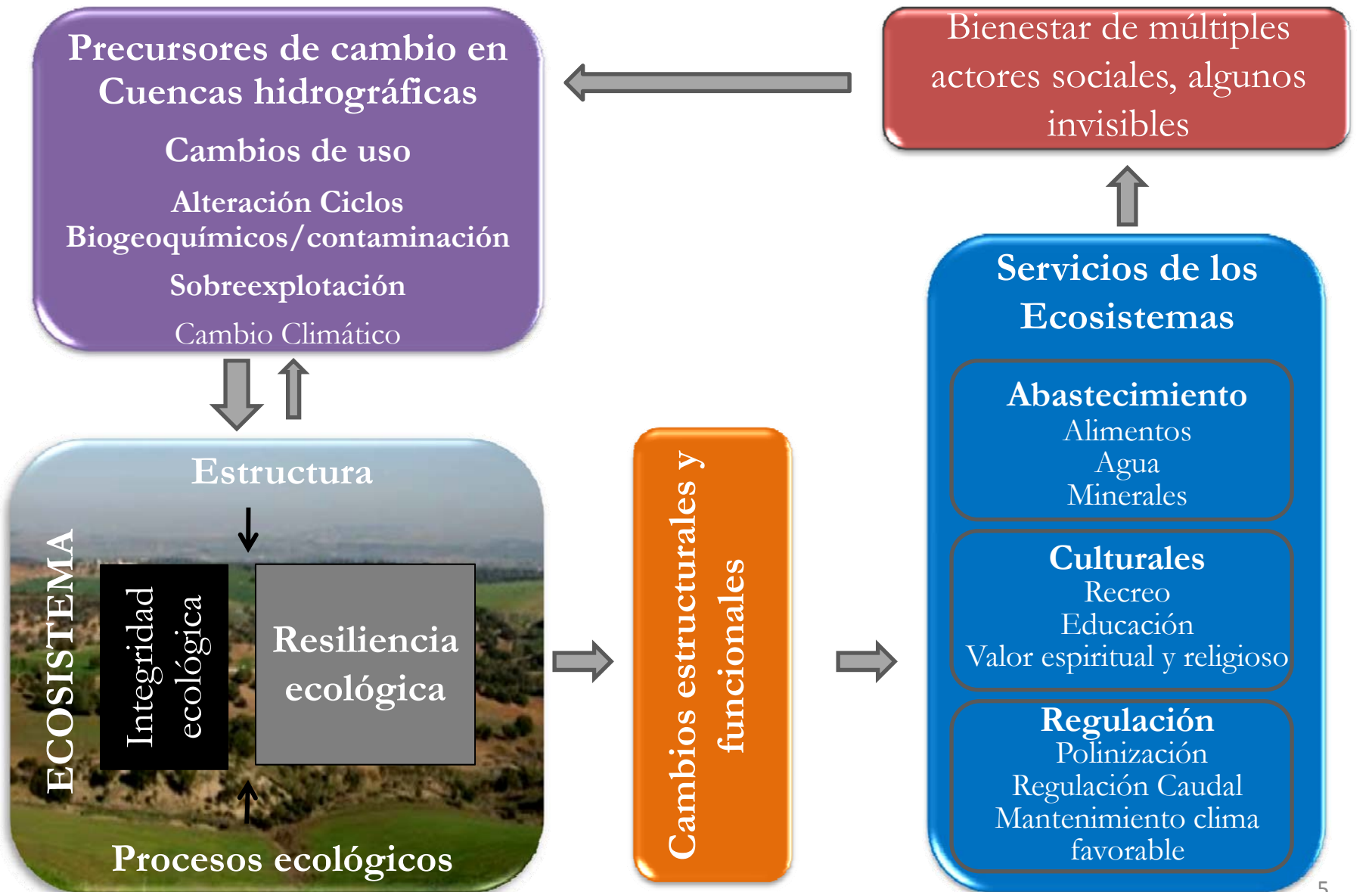


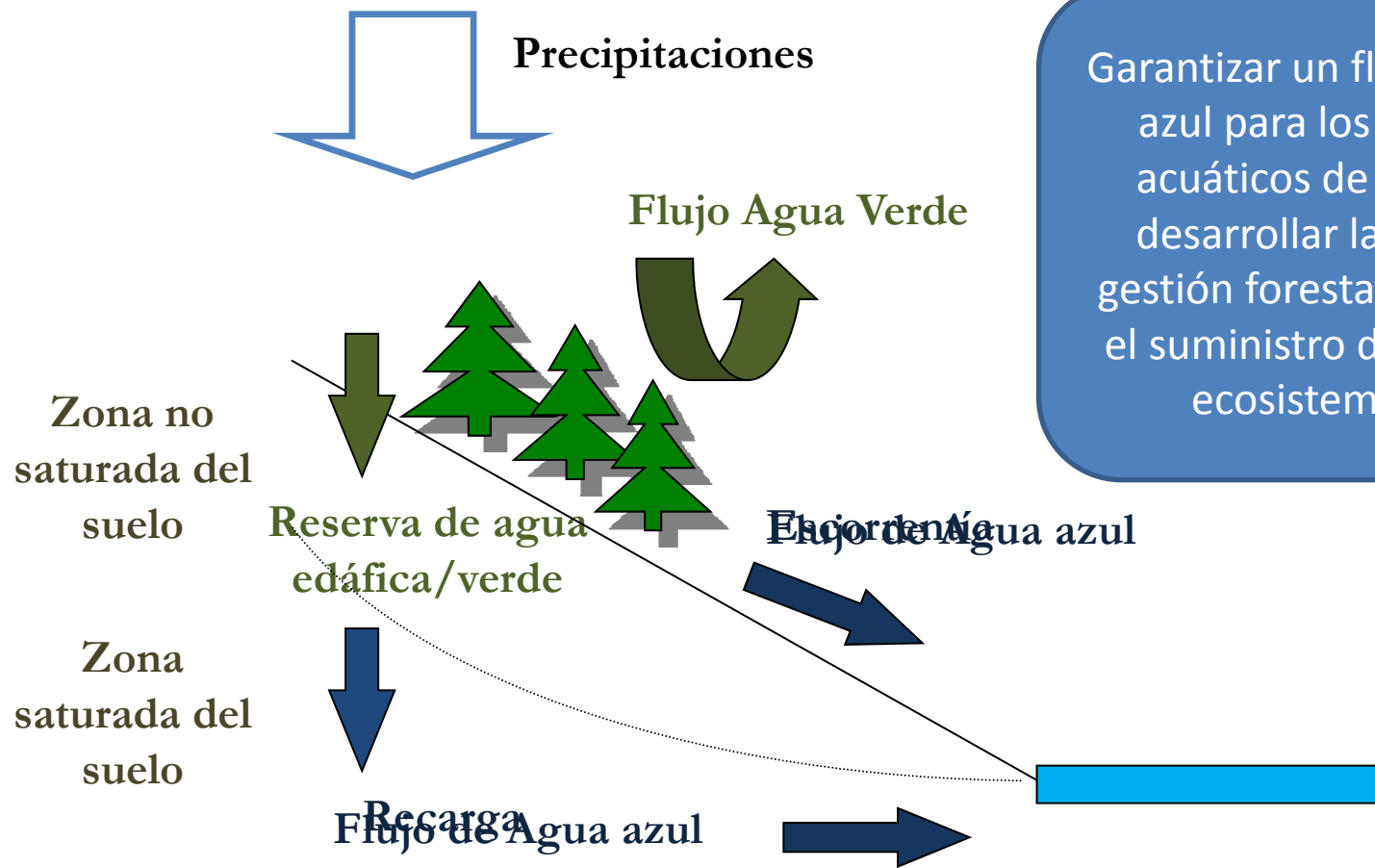
**Los sistemas sociales y ecológicos son  
interdependientes**

# Los ecosistemas: suministradores de bienestar a múltiples escalas



# Drivers del cambio en el bienestar humano





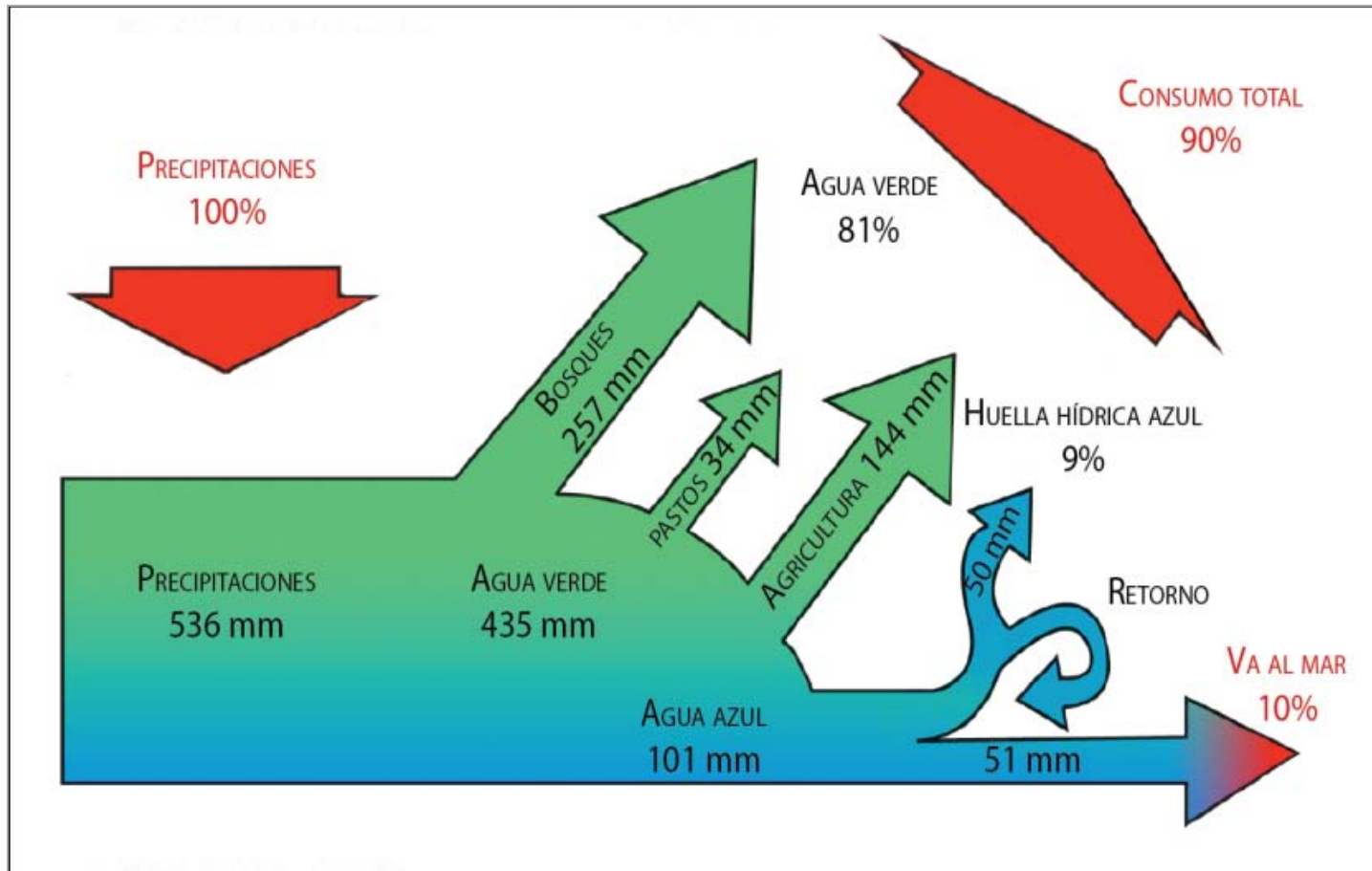
Garantizar un flujo de agua azul para los sistemas acuáticos de calidad y desarrollar labores de gestión forestal optimizan el suministro de servicios ecosistemáticos

$$\text{Precipitaciones} = \text{Flujo de Agua Verde} + \text{Flujo de Agua Azul}$$

- Garantizar un caudal suficiente y de calidad en los ríos sirve para mucho más que “conservar patos aguas abajo”. Mantener ríos sanos es contribuir al suministro de múltiples servicios ecosistémicos que benefician a muchos usuarios (Ej. rafting en el río Gállegos)
- La no gestión de los sistemas forestales tiene impactos tan o más importantes que el cambio climático sobre la disponibilidad de agua en los ríos y acuíferos (Ej. en la cuenca del Ebro el abandono forestal ha reducido aportaciones hasta en un 30%)



# Una aproximación integral a la gestión del agua: Provisión y usos del agua en la Cuenca del Guadalquivir

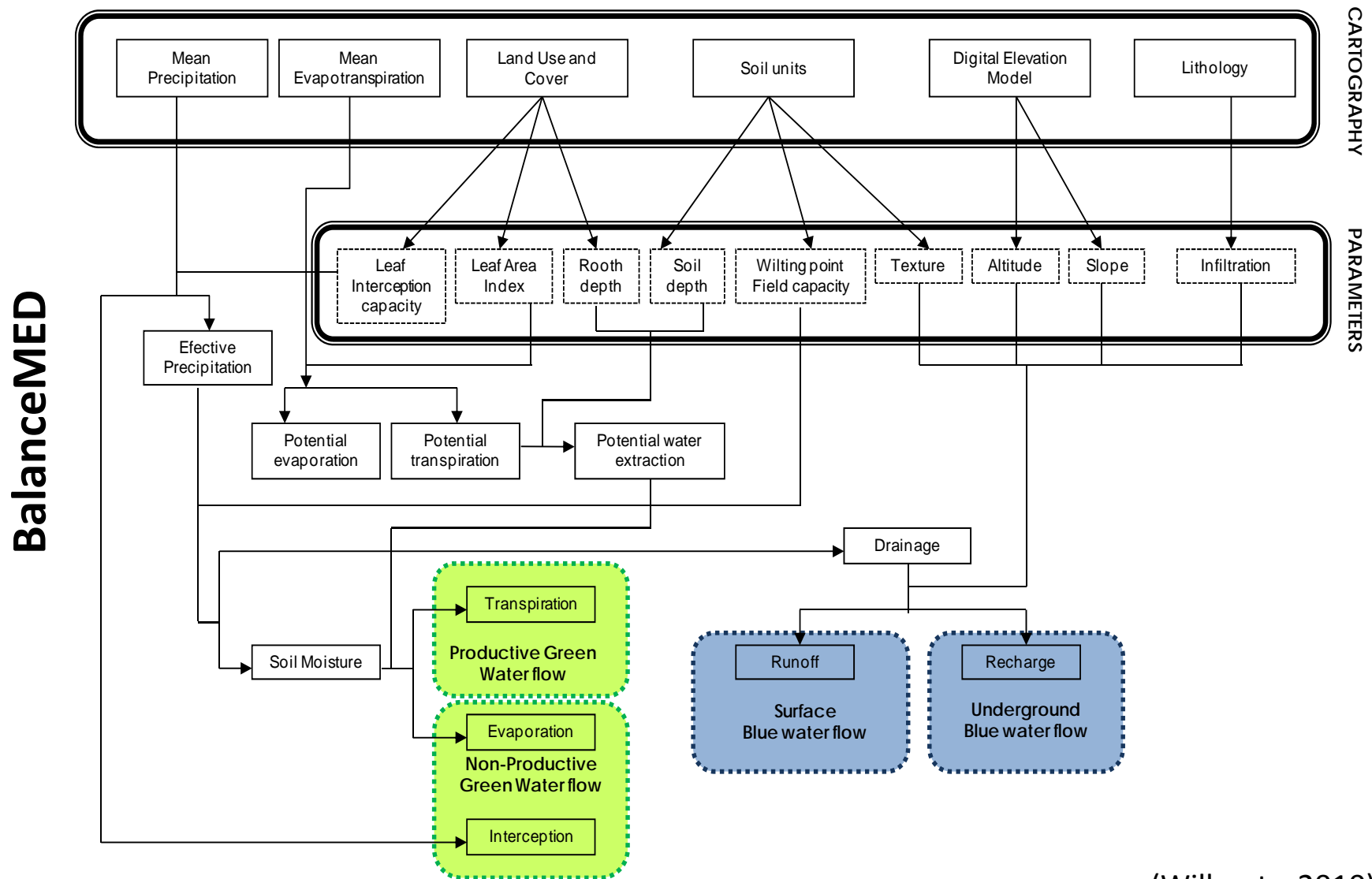


Por los ríos tan sólo circula el 9% de las precipitaciones. Los sistemas forestales consumen la mayor fracción, el 47%. Los bosques y pastos representan los “usuarios” más importantes de una cuenca, de ahí que la gestión forestal sea un elemento clave en la planificación hidrológica



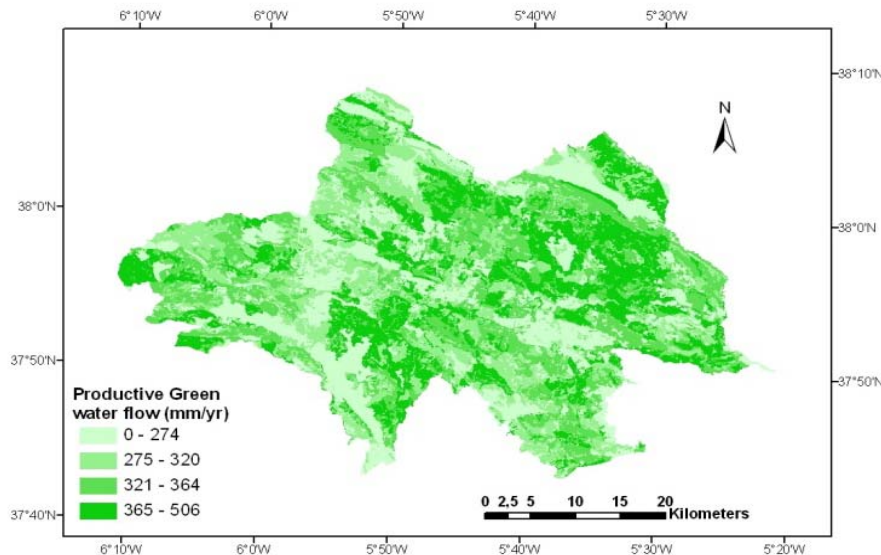
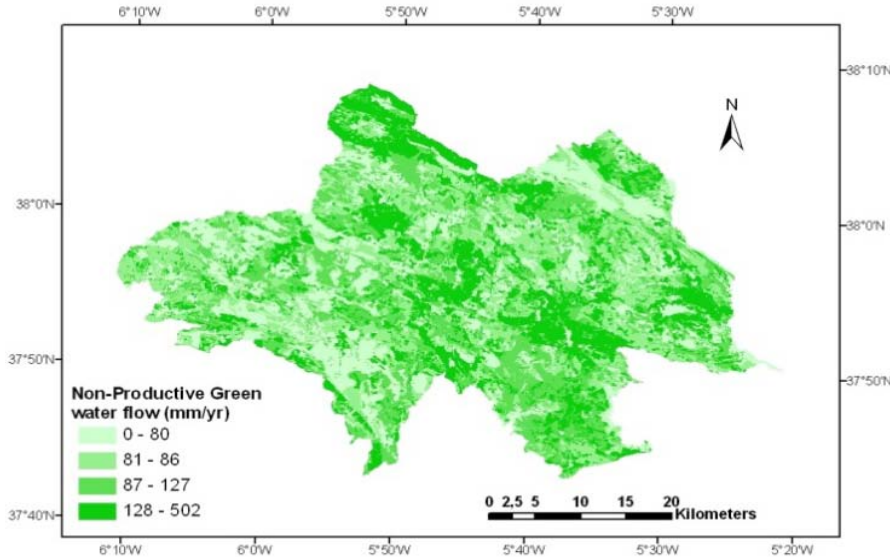
- La determinación de la demanda evapotranspirativa de bosques y pastos no ha tenido el mismo interés que en el sector agrícola porque se desconocía su importancia/valor
- El interés surge ahora porque diversos estudios eco-hidrológicos han puesto de manifiesto que los cambios en las cubiertas forestales alteran los balances hídricos de las cuencas sustancialmente
- No existe un método único y universal para el cálculo de la demanda hídrica de los sistemas forestales, depende de la escala de análisis. Opciones: estudios experimentales, modelos eco-hidrológicos, ecuaciones semi-empíricas, etc.

# Ejemplo: Análisis regional empleando modelo eco-hidrológico

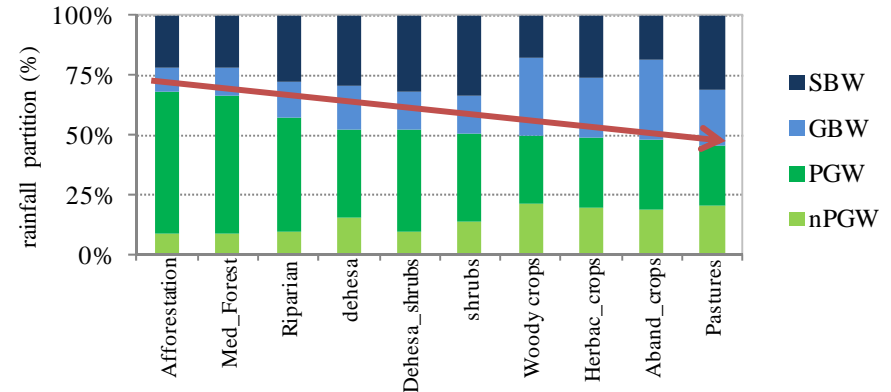


(Willaarts, 2010)

# Huella hídrica Monte Mediterráneo



## El caso de P.N Sierra Norte de Sevilla



Los bosques de encinas y alcornoque *transpiran* casi un 25% más agua que los pastos mediterráneos

Las dehesas generan un 15% más de aportaciones a los ríos que el bosque mediterráneo

(Willaarts, 2010)

# HH forestal: Ecuaciones semi-empíricas

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

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

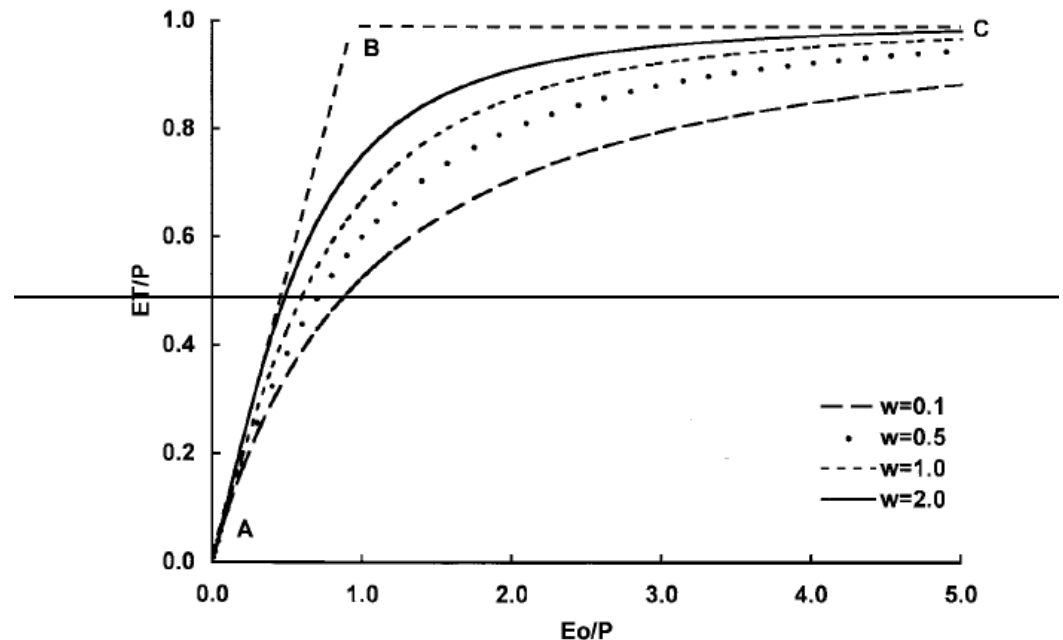
En zonas húmedas:

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

Zhang et al (1999) estableció que:

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

$w$  es un coeficiente de disponibilidad de agua

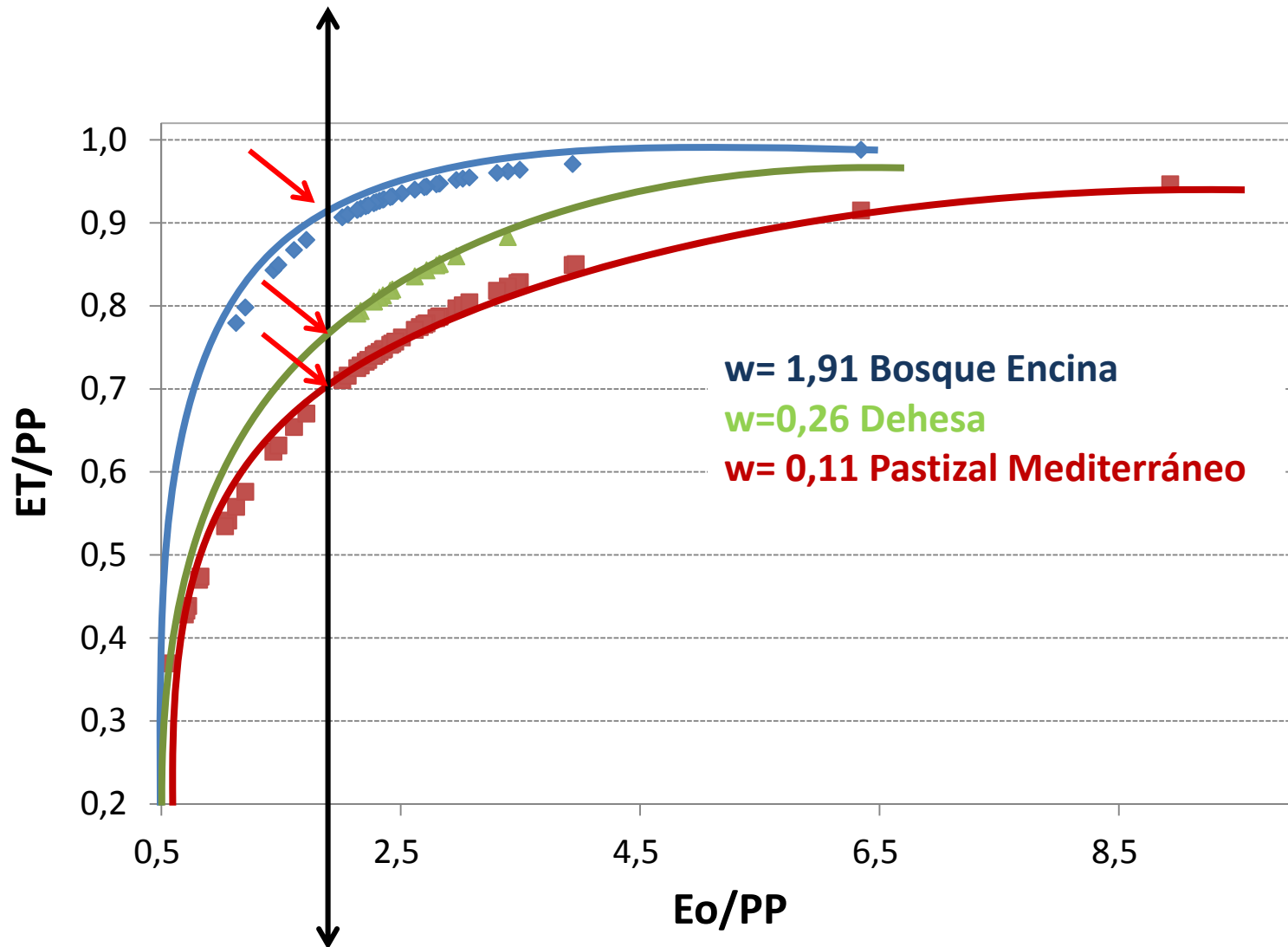


# Cálculo del coeficiente de disponibilidad de agua

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)

Especies Forestales	n
<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 en sistemas forestales españoles



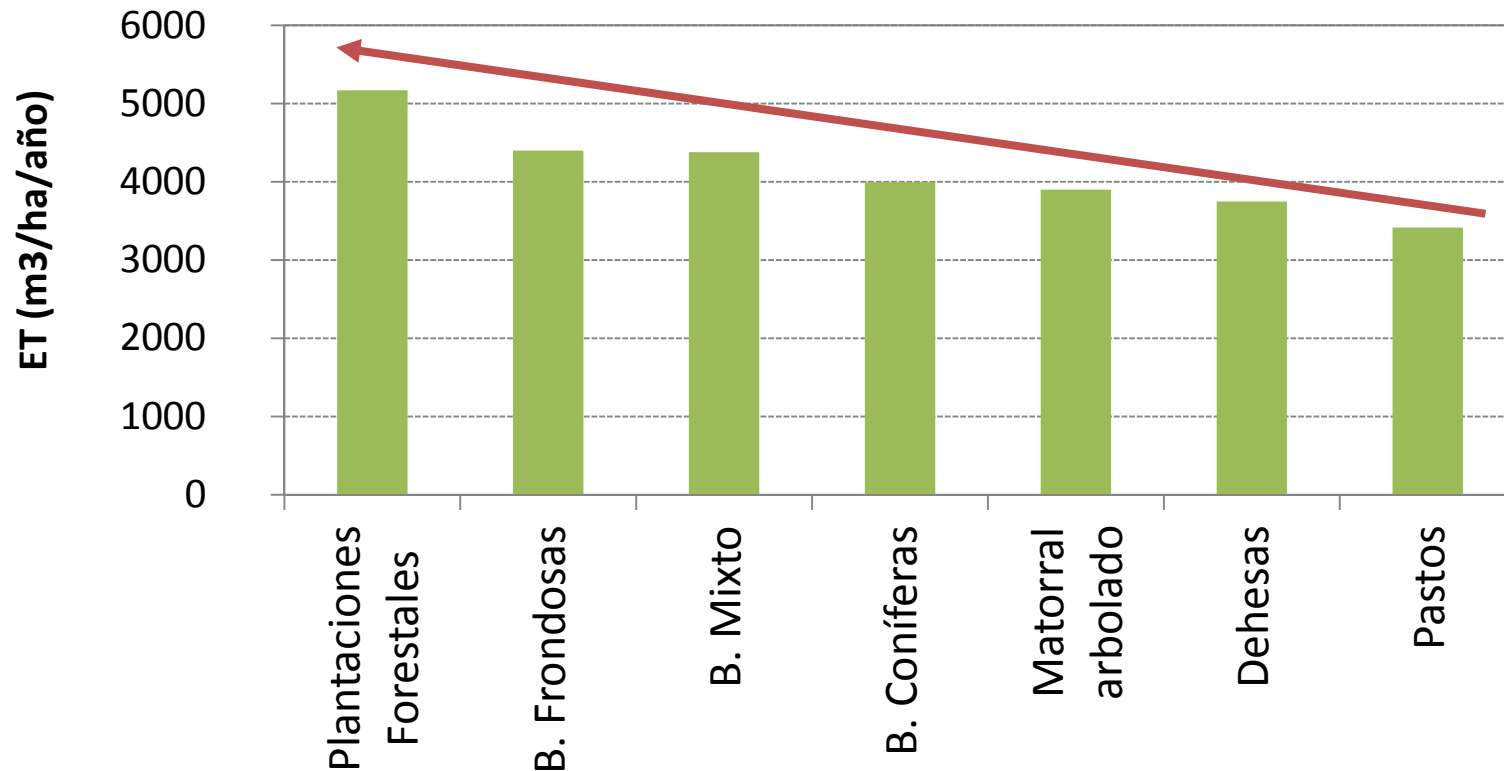
Índice de Aridez medio en España



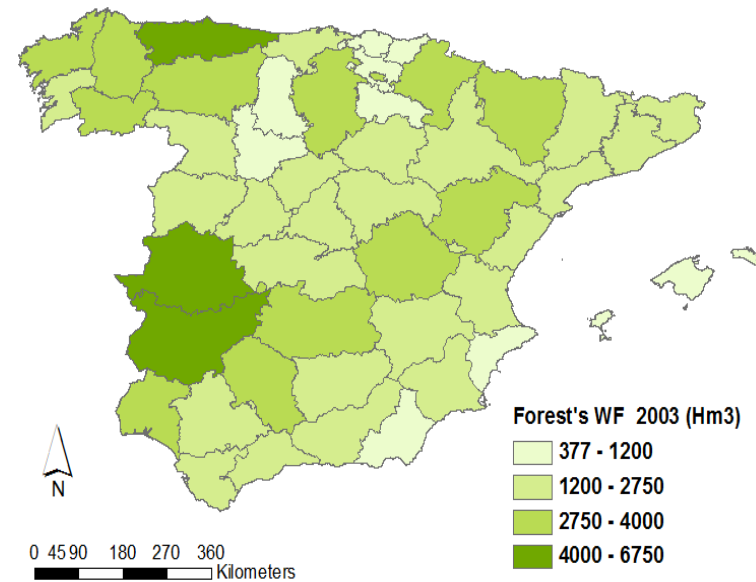
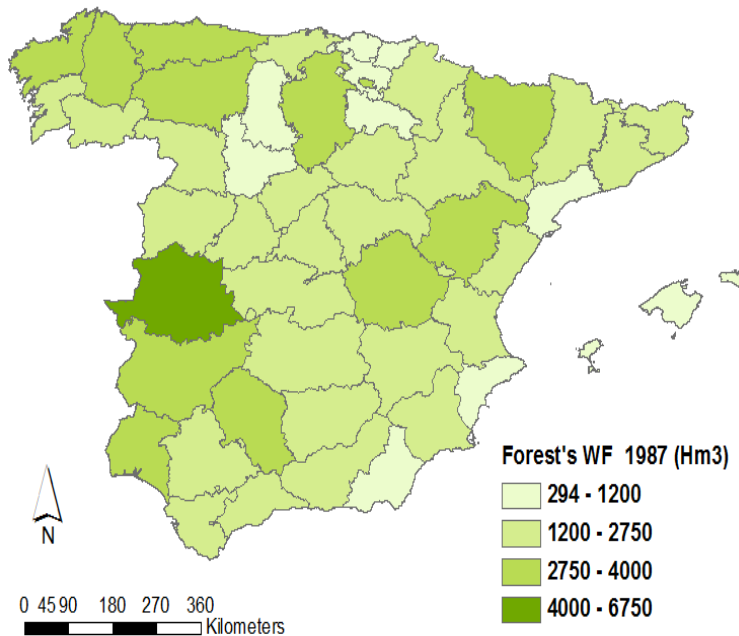
# Demanda hídrica en sistemas forestales españoles

Formación	Composición	Mill Ha	m3/Ha	DS	HH Forestal (Hm3/año)
BOSQUE CONÍFERAS	Pinus halepensis	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>27.938</b>
REPOBLACIONES	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>3.341</b>
BOSQUE FRONDOSAS	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>30.693</b>
DEHESAS	<b>Quercus ssp</b>	<b>2,4</b>	<b>3.747</b>	<b>502</b>	<b>9.354</b>
BOSQUE MIXTO	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>5.171</b>
MATORRAL	Matorrales con Arbolado	<b>1,3</b>	<b>3.899</b>	<b>858</b>	<b>4.985</b>
PASTOS	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**



# Evolución de la demanda hídrica Forestal en España entre 1987-2003



Evolución Superficie Forestal y Consumo España 1987-2003					
IFN	Area Forestal 1987 (MHa)	Area Forestal 2003 (MHa)	HH (m <sup>3</sup> /Ha)	HH forestal 1987 (Hm <sup>3</sup> )	HH Forestal 2003 (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**

**+9.540 Hm<sup>3</sup>**

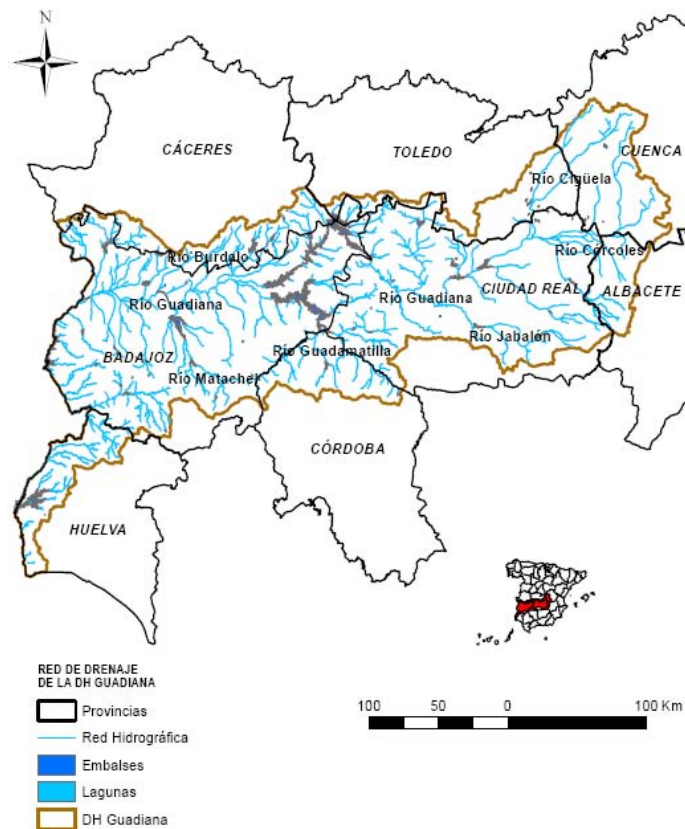
**+ 8 %**

# Evolucion de la demanda hidrica Forestal por CCAA

CCAA	$\Delta HH$ bosque (Hm <sup>3</sup> )	$\Delta HH$ Dehesa (Hm <sup>3</sup> )	$\Delta HH$ Matorral (Hm <sup>3</sup> )	$\Delta HH$ Pastos (Hm <sup>3</sup> )	$\Delta HH$ Total (Hm <sup>3</sup> )
Extremadura	2099	78	-74	-56	2047
Castilla y León	3896	387	-798	-1867	1618
Galicia	2660	0	-277	-1400	984
Castilla La Mancha	4126	36	-861	-2491	810
Andalucía	2871	-13	-110	-2070	678
Aragón	1692	0	-240	-784	668
Principado de Asturias	709	0	-143	66	632
Cataluña	1177	0	-81	-533	563
Navarra	542	0	-53	-127	361
País Vasco	203	0	0	115	319
Cantabria	374	0	-26	-62	287
Comunidad Valenciana	728	0	-236	-262	229
Comunidad de Madrid	332	-25	-19	-151	137
Canarias	69	0	4	40	113
Islas Baleares	205	0	62	-155	112
La Rioja	163	0	-13	-98	52
Región de Murcia	249	0	-148	-169	-68
<b>TOTAL</b>					<b>+9.541</b>

**El 47% del aumento del consumo hídrico forestal (HH forestal) se ha producido en cuencas áridas y semi-áridas (IA > 2,5)**

# Evolución de la HH forestal Iberica: el caso del Guadiana



El abandono del monte mediterráneo y los sistemas adehesados (principalmente en Badajoz y Cáceres) han contribuido significativamente a que la cuenca vea reducidas sus aportaciones anuales medias en un 9%. Estas reducciones son equivalentes a las esperadas en el peor escenario de CC (B2).

Provincia	% Área en Cuenca	HH Forestal 1987 (Hm3)	HH Forestal 2003 (Hm3)	Var 87-03 (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>% PP</b>				
(6863Hm3/año)		<b>68</b>	<b>77</b>	<b>+9</b>

1. Determinar las necesidades hídricas de los ecosistemas y los servicios que estos flujos de agua generan permite “visibilizar” el crisol de beneficios y usuarios del agua más allá de los que sientan en las mesas de negociación del agua.
2. Los bosques son los principales consumidores de agua en las cuencas. Por tanto, hacer explícito el nexo entre agua y territorio es crucial para mejorar la planificación hidrológica y avanzar hacia la gestión integral del agua.
3. 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.
4. El manejo forestal no sólo ayudaría a prevenir problemas colaterales (e.j riesgos de incendios, envejecimiento masas forestales) sino también a optimizar el uso del agua en las cuencas

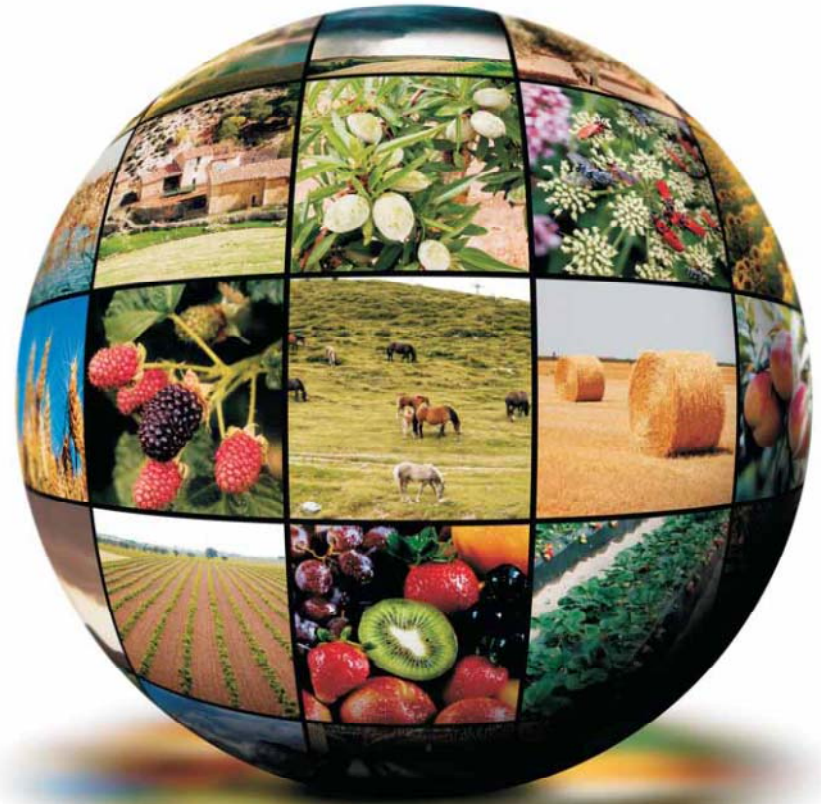


# Muchas Gracias

barbara.willaarts@upm.es

[www.fundacionbotin.org/agua.htm](http://www.fundacionbotin.org/agua.htm)

[www.ceigram.upm.es](http://www.ceigram.upm.es)



**OBSERVATORIO DEL AGUA**  
**WATER OBSERVATORY**