



# 10º Congreso Nacional del Medio Ambiente (Conama 10)

SD-35. Biomasa y gestión forestal. Organizada por Ence

**Producción de biomasa: evaluación de la capacidad productiva en suelos forestales**

Raúl Tapias. Universidad de Huelva



Jueves, 25 de noviembre de 2010

# Producción de biomasa: evaluación de la capacidad productiva en suelos forestales.



Universidad  
de Huelva

- Universidad de Huelva,
- Departamento de Ciencias Agroforestales.
  - Raúl Tapias
  - [rtapias@uhu.es](mailto:rtapias@uhu.es)

# Producción de biomasa: Evaluación de la capacidad productiva índice

- Introducción:
  - La biomasa en el contexto de las Energías renovables
  - Fuentes de Biomasa
- Evaluación de la capacidad productiva de los suelos forestales:
  - Caracterización de los suelos forestales de la provincia de Huelva
  - Modelos de estimación de la producción de madera de especies forestales en función de parámetros de estación
  - Adaptación a la sequía y consumo de agua
  - Experiencias de cultivos energéticos de la Universidad de Huelva

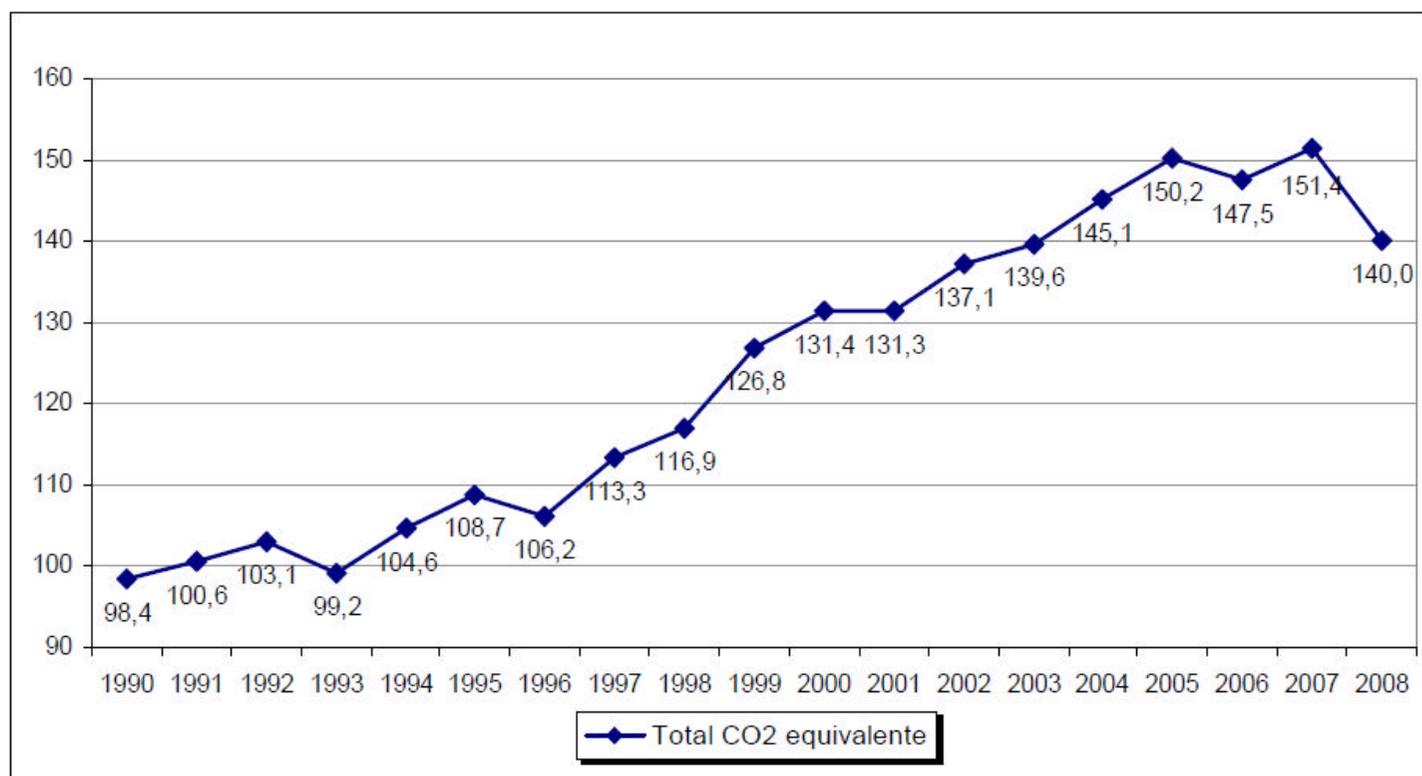


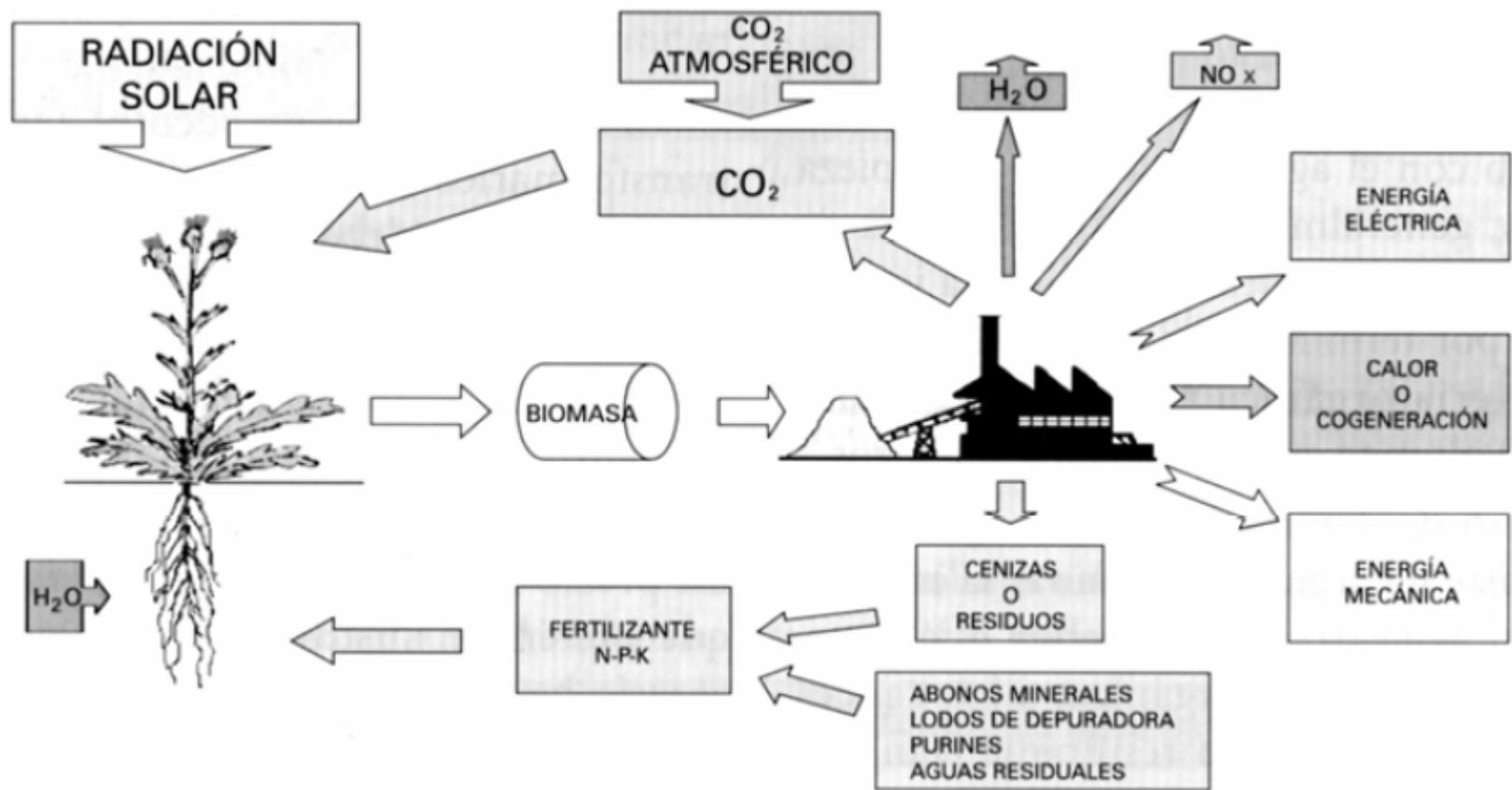
# Introducción: La biomasa en el contexto de las Energías renovables

- Ventajas
  - Menor impacto sobre el medio ambiente: menores emisiones de CO<sub>2</sub> (el procesado de la energía es el principal causante de las emisiones 78,5%)
  - Es un recurso propio
  - Fomenta el desarrollo de la economía del país
  - Permite diversificar las fuentes de energía: mejora el balance comercial y garantiza el suministro.

**Figura 1.1.- Inventario de Gases de Efecto Invernadero de España**  
**Emisiones. Síntesis de resultados de la Edición 1990-2008**

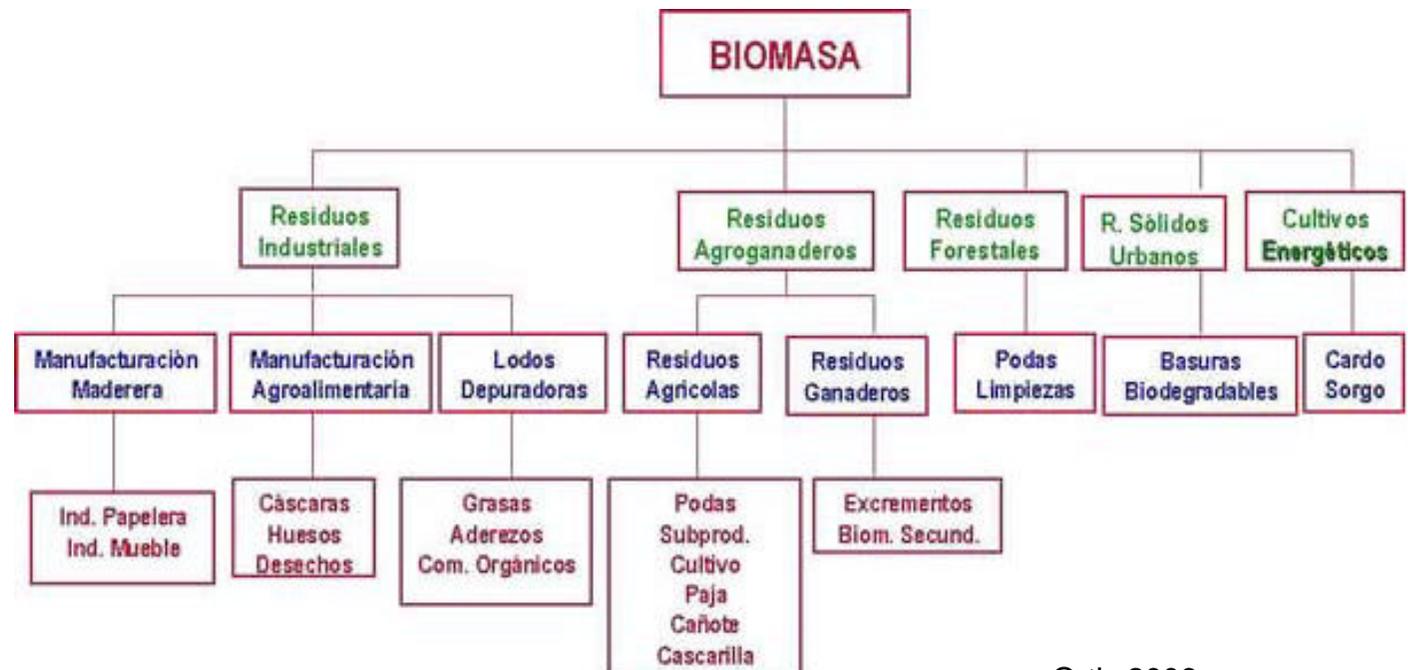
Evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub>-eq





Fuente: L Ortiz 2006

- Fuentes de biomasa según actividad:
  - Forestal
  - Agrícola
  - Industrial
- Fuentes de biomasa según sistema de producción:
  - Residuo
  - Cultivo



1 Kg de biomasa da 3500 Kcal; 1 L gasolina da 10000 Kcal

# Residuos forestales

- Aprovechamiento de tocones (20% de la biomasa total)
- Aprovechamiento de restos de cosecha de madera (raberón 5% y ramas 15%)
- Recolección de residuos de prácticas de selvícolas
- Se estima unas existencias de 121106 m<sup>3</sup> de los que anualmente se podrían obtener 6.000 m<sup>3</sup> (Ortiz, 2006)
- Matorral procedente de desbroces: Datos muy dispersos
  - 20 T/ha (Ortiz)
  - 3,2 T/ha (Sánchez y colaboradores)
  - Para el entorno de Andalucía y Sierra Morena los valores encontrados oscilan entre 4 y 29 Toneladas de materia seca por hectárea (Navarro y Blanco 2005)
  - Sierra de Huelva entre 1,2 y 20 TMS/ha



# Residuos de industrias forestales

- Industria del aserrado: por 1 m<sup>3</sup> de rollo se obtienen
  - 0,21 m<sup>3</sup> de corteza (80Kg)
  - 0,20 m<sup>3</sup> de costeros
  - 0.044m<sup>3</sup> (44kg) de retestados
  - 0.035m<sup>3</sup> (35kg) de serrines
  - 0.6m<sup>3</sup> de madera aserrada

160 kg
- Industria de segunda transformación: carpintería. embalajes. ->uso local
  - carpintería se estiman 41 t de residuos por puesto de trabajo
  - fabricación de muebles 3 t/puesto de trabajo,
  - tablero aglomerado se desperdicia el 8% (en peso),
  - de las chapas de madera el 25% (en volumen)
  - de la madera maciza el 60% (en volumen).
  - fabricación de embalajes, el aprovechamiento de la madera en rollo alcanza un 33 %.

# Residuos de Agrícolas

- Leñosos
  - Poda de cítricos y frutales de hueso: 2-3 kg/año y pie
  - Olivar : 8 kg/año y pie (3 tm/ha; 1,4 millones de t/año)
  - Viñedo: 0,5 kg/año y pie (0,7 millones de t/año)
- Industriales
  - Girasol, algodón, caña de azúcar ( 1 millones de t/año)
- No Leñosos
  - La paja supone entre 1,2 y 2,7 veces el peso de grano



# Cultivos energéticos

- Según la fuente de hidratos de carbono

Oleaginosos	Alcoholigenos	Lignocelulósicos
? Colza ? Girasol ? Palma Oleaginosa ? Cardo ? Mostaza de Abisinia ? Soja ? Jatropha ? Cártamo ? .....	? Caña de azúcar ? Remolacha ? Alcachofa de Jerusalén ? Trigo ? Cebada ? Maíz ? Higo Chumbo ? Sorgo dulce ? .....	? Eucalipto ? Chopo ? Paulownia ? Caña común ? Cardo ? Sorgo para fibra ? Caña de centeno ? Myscanthum ? Olmo ? Sauce ? Leucaena ? Alfalfa ? .....

# Evaluación de la capacidad productiva

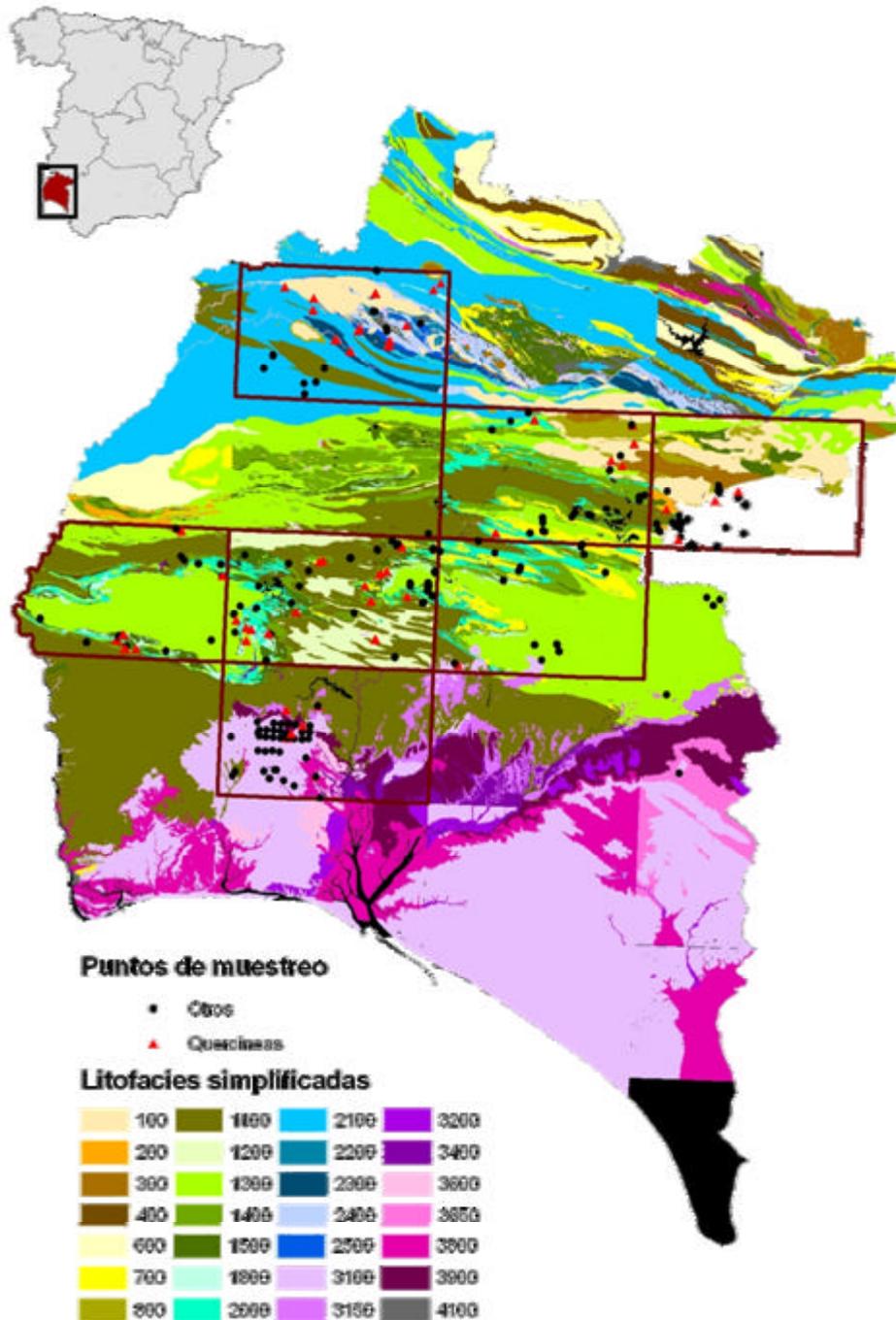
- Caracterización de los suelos forestales de la provincia de Huelva
- Modelos de estimación de la producción de madera de especies forestales en función de parámetros de estación
- Adaptación a la sequía y consumo de agua
- Producción de diferentes especies en cultivos energéticos

# restales

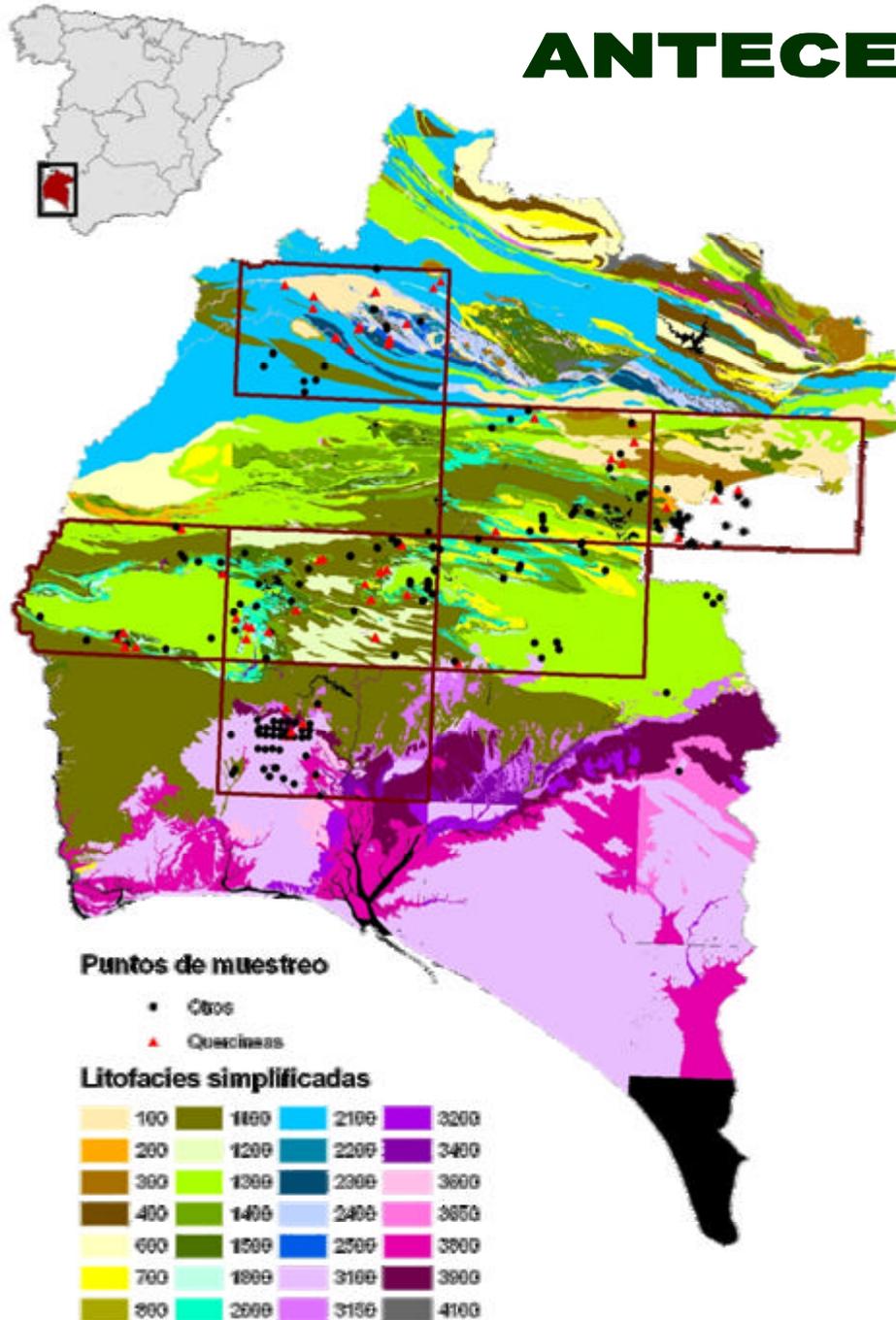
Septiembre de 1999 → Convenio Específico Grupo ENCE - Universidad de Huelva: 'Caracterización de los suelos forestales de la provincia de Huelva'

Mayo de 2005 → 2ª Fase

Junio de 2010 → 3ª Fase



# ANTECEDENTES



Proyecto: Caracterización de suelos forestales de la provincia de Huelva  
1999 - 2009



7 sectores de referencia  
Muestreos según grupos de litofacias (LtS)



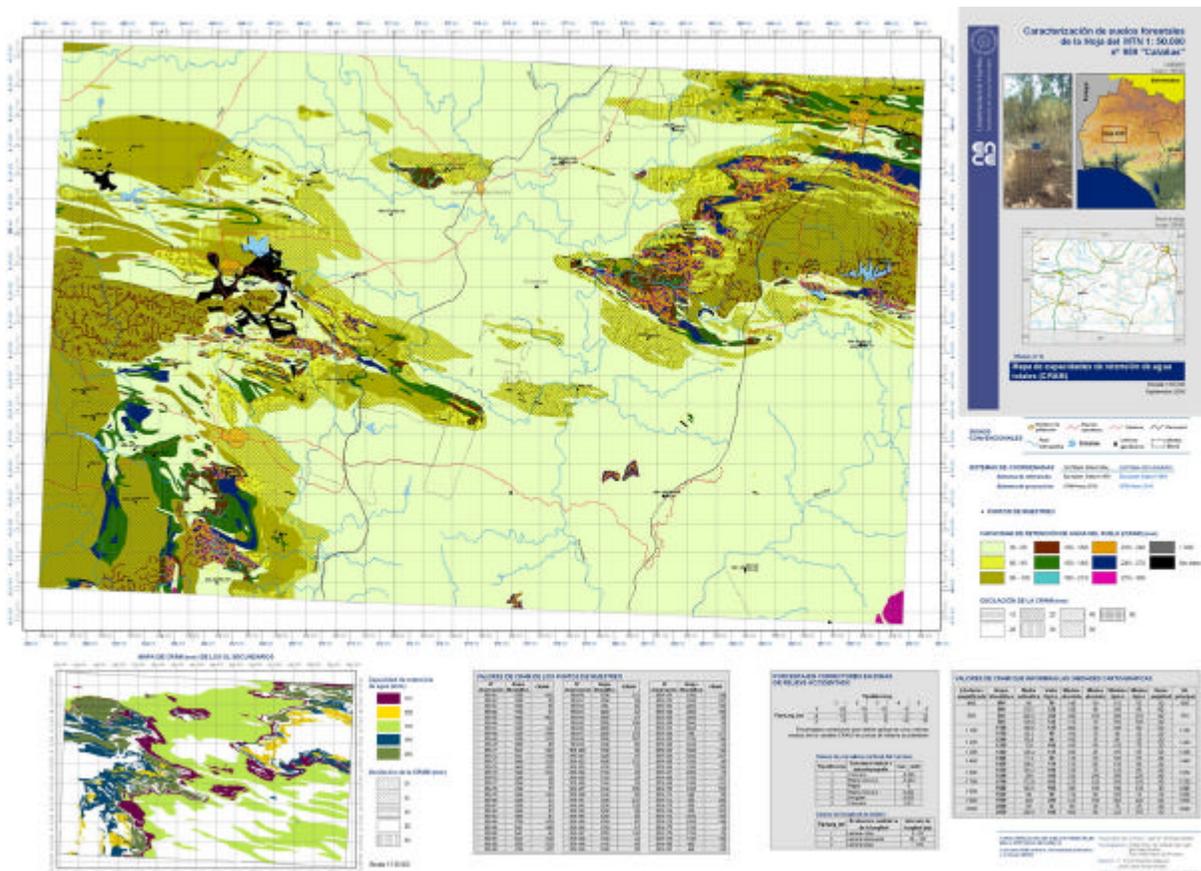
Proyecto: Caracterización de suelos forestales de la provincia de Huelva  
1999 - 2009



7 sectores de referencia  
Muestreos según grupos de litofacies (LtS)



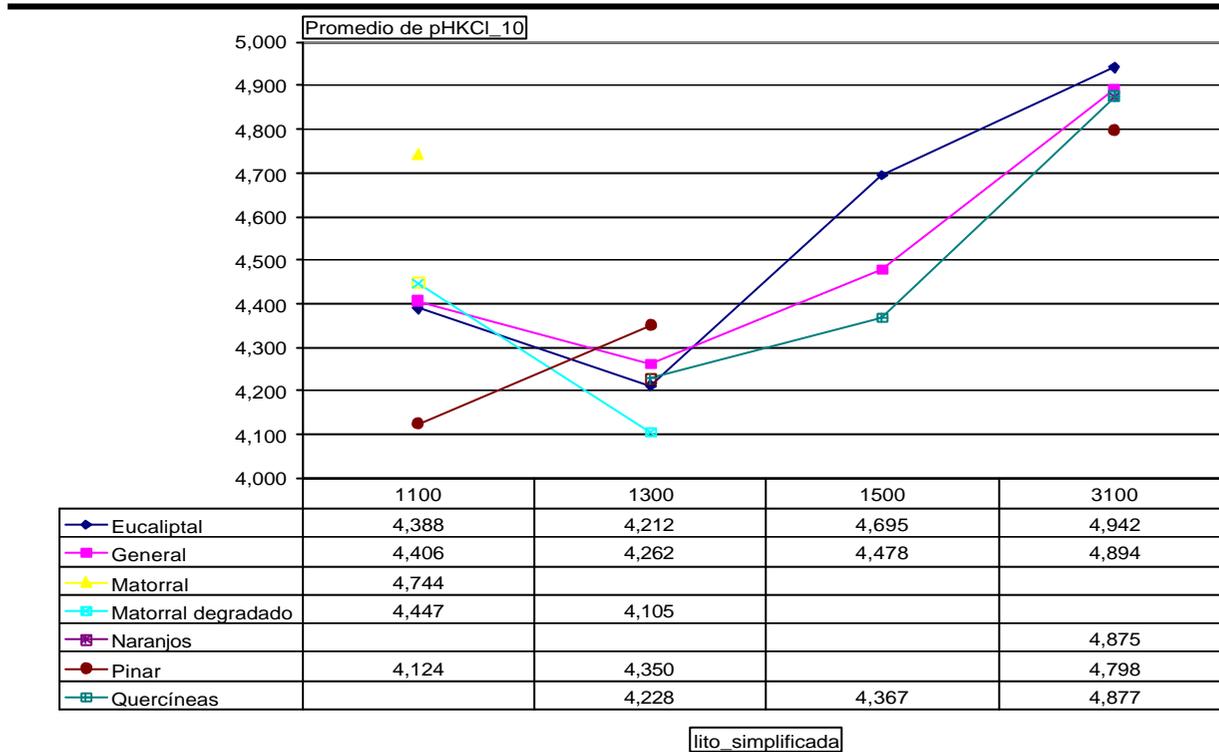
360 perfiles completos de suelo



## RESULTADOS

- Estudio de las propiedades de los suelos y su cartografía aproximada.
- Análisis exploratorio de las relaciones del suelo y el clima con las producciones de *Eucalyptus globulus* (principal especie productora de madera en la provincia de Huelva)
- Relaciones entre las especies y la conservación de los suelos

# ANTECEDENTES



## RESULTADOS

- Estudio de las propiedades de los suelos y su cartografía aproximada.
- Análisis exploratorio de las relaciones del suelo y el clima con las producciones de *Eucalyptus globulus* (principal especie productora de madera en la provincia de Huelva)
- Relaciones entre las especies y la conservación de los suelos

***MODELOS DE ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN  
DE MADERA DE ESPECIES FORESTALES EN  
FUNCIÓN DE PARÁMETROS DE ESTACIÓN  
DENTRO DE LA PROVINCIA DE HUELVA***

**CONVENIO ESPECÍFICO ENTRE EL GRUPO ENCE Y  
LA UNIVERSIDAD DE HUELVA**

# OBJETIVOS

Obtención de modelos de producción para plantaciones forestales de turno corto en la provincia de Huelva, sobre la base de las variables ecológicas, principalmente el clima y el suelo.

Dos niveles de detalle:

PRIMER NIVEL (detalle intermedio)

SEGUNDO NIVEL (detallado)

# OBJETIVOS

Obtención de modelos de producción para plantaciones forestales de turno corto en la provincia de Huelva, sobre la base de las variables ecológicas, principalmente el clima y el suelo.

Dos niveles de detalle:

PRIMER NIVEL (detalle intermedio)

Se recogen datos de producciones de madera, clima, suelo y otras variables de una red de parcelas, para analizar relaciones entre la productividad y las variaciones espaciales de la estación (roca, relieve, clima).



Estimación de la producción de madera de especies forestales en función de parámetros de estación (Juan Domino Santos y colaboradores 2010)

# OBJETIVOS

Obtención de modelos de producción para plantaciones forestales de turno corto en la provincia de Huelva, sobre la base de las variables ecológicas, principalmente el clima y el suelo.

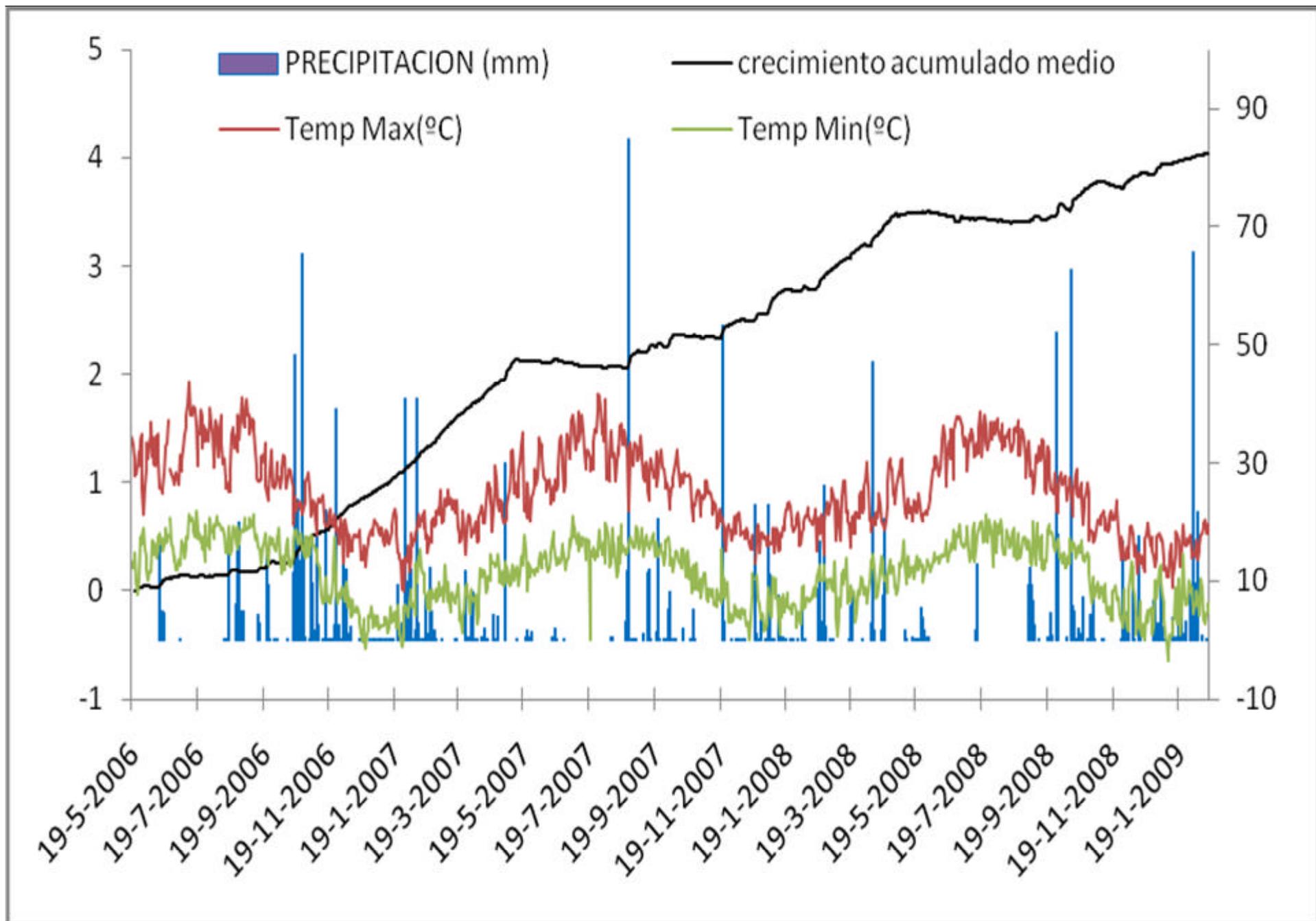
Dos niveles de detalle:

## SEGUNDO NIVEL (detallado)

Dispositivo experimental en un número reducido de parcelas, que incorporan dendrómetros de precisión y dispositivos de medición de variables de clima, suelo y planta, con el fin de medir con precisión las respuestas de los árboles a las variaciones ambientales.



Estimación de la producción de madera de especies forestales en función de parámetros de estación (Juan Domino Santos y colaboradores 2010)



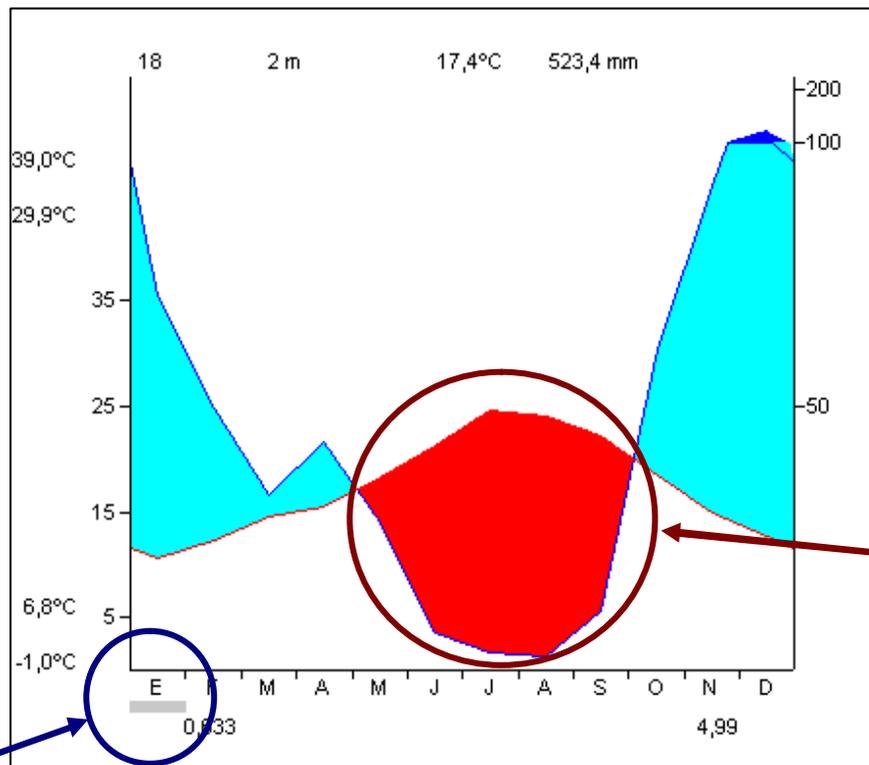
# Adaptación a la sequía y necesidades hídricas de *Eucalyptus globulus* Labill. en Huelva

Financiado por Ministerio de Educación y Ciencia (AGL2002-02757, AGL2006-07886/FOR) y el Grupo Empresarial ENCE



# CLIMA MEDITERRÁNEO

Ejemplo de climodiagrama para una estación de Huelva de cota baja y cerca de la costa



De 3 a 5 meses sin precipitaciones (sequía).

Umbral térmico sobre -5 °C.

Época estival: altas temperaturas, baja humedad edáfica y ambiente.



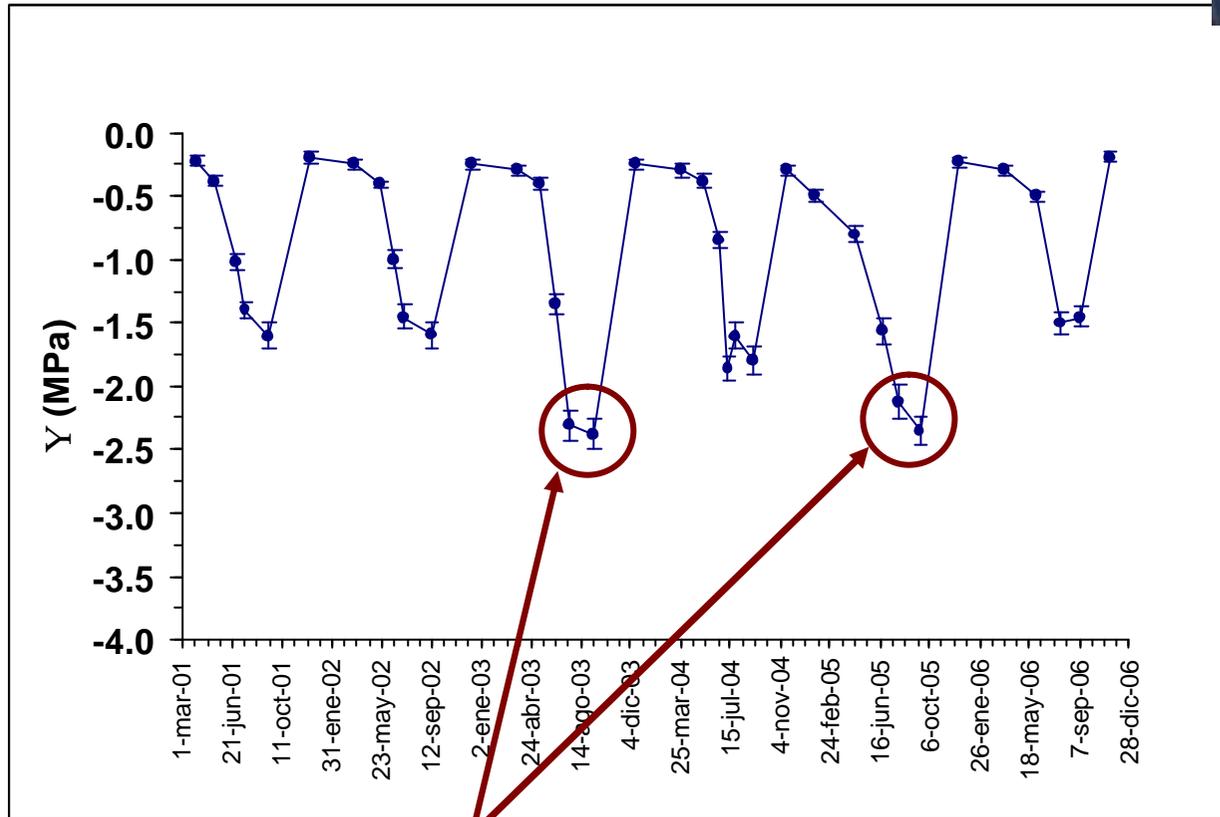
Mantener un buen estado hídrico es esencial para el crecimiento, el vigor y el estado fitosanitario de las plantas.

### **Cómo soportar los períodos de sequía (estrés hídrico)**

- Estrategias de **conservación** de su estado hídrico:
  - Evitar pérdidas excesivas de agua: p.ej. cierre estomático, epidermis foliares poco permeables, hojas gruesas.
  - Mantener el funcionamiento del sistema hidráulico: absorción y transporte eficientes.
- Estrategias de **tolerancia** de cierta deshidratación:
  - Ajuste osmótico:  $\Psi = \Psi_p + \Psi_\pi$
  - Ajuste elástico: modificar  $\epsilon_{\text{máx}}$  hacia mayor elasticidad.
- **Distribución** diferencial del agua: p.ej. entre floema y peridermis dentro de la corteza.

## ESTADO HÍDRICO

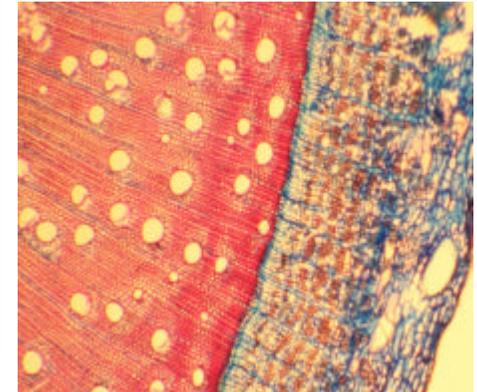
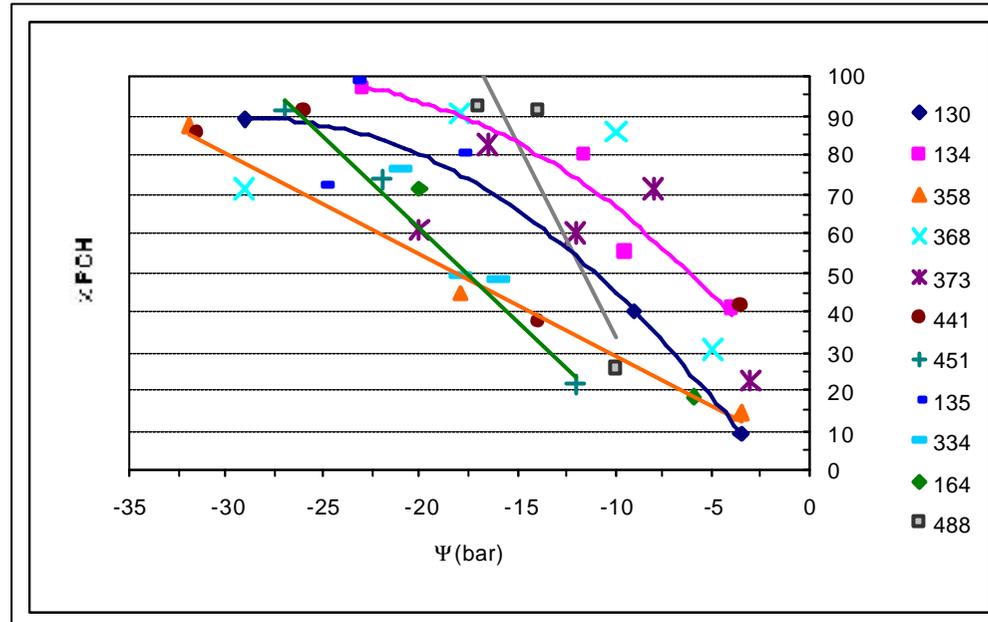
Evolución interanual del potencial hídrico xilemático ( $\Psi$ )



**Umbral crítico de estado hídrico entre -2,0 y -2,5 MPa según el clon**

-Diferencias entre clones en la vulnerabilidad a la cavitación.

-Aumento brusco de PCH entre -10 y -18 bar, según clon.



### Características de los vasos conductores del xilema

Clon	$D_{\text{menor}}$ (mm)	$D_{\text{mayor}}$ (mm)	$A_v$ (mm <sup>2</sup> )	$d_v$ (nº/mm <sup>2</sup> )	$A_{\text{cond}}$ (%)
1	30,1 ± 0,8 b	36,7 ± 0,8 b	867,6 ± 0,5 b	134,3 ± 10,2 b	11,7 ± 0,9 b
2	<b>25,8 ± 0,7 a</b>	<b>33,1 ± 0,9 a</b>	<b>670,1 ± 0,5 a</b>	<b>179,7 ± 15,2 c</b>	<b>12,1 ± 1,0 b</b>
3	27,8 ± 0,9 ab	35,5 ± 1,2 ab	776,9 ± 0,8 ab	115,2 ± 2,6 a	9,0 ± 0,2 a
4	28,2 ± 0,9 ab	34,6 ± 0,8 ab	766,3 ± 0,6 ab	135,9 ± 8,6 b	10,4 ± 0,6 ab
Total	28,0 ± 0,4	35,0 ± 0,5	769,7 ± 0,2	142,0 ± 11,0	10,8 ± 0,6
Sig.	0,002	0,047	0,024	0,006	0,031

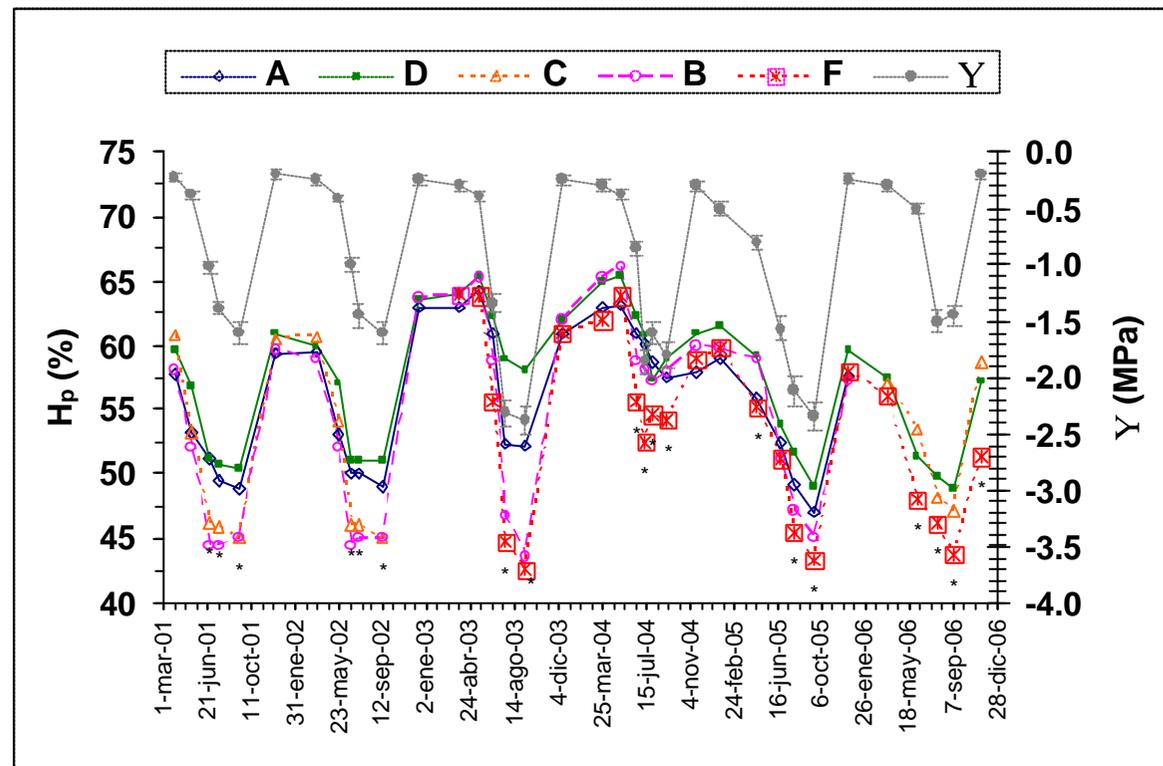
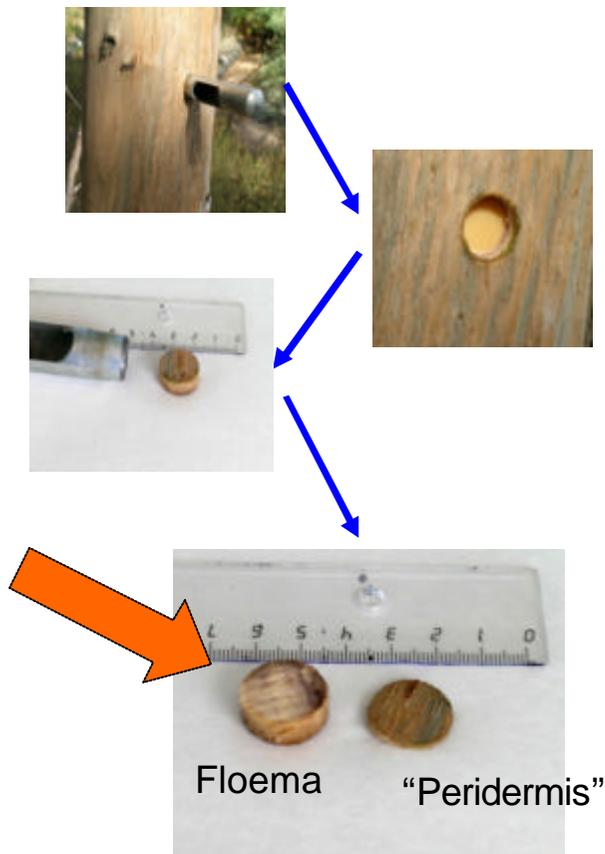
## ESTADO HÍDRICO

El potencial hídrico ( $\Psi$ ) se correlaciona con el contenido de humedad en el floema ( $H_f$ ), con la humedad edáfica ( $H_s$ ) y con la conductancia estomática ( $g_s$ ), pero no con la humedad de la peridermis ( $H_p$ ).



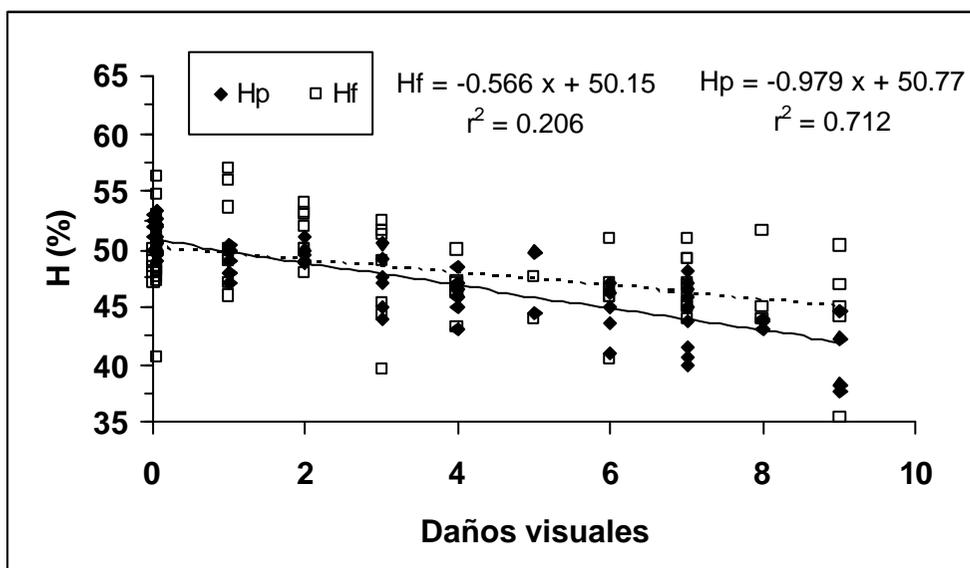
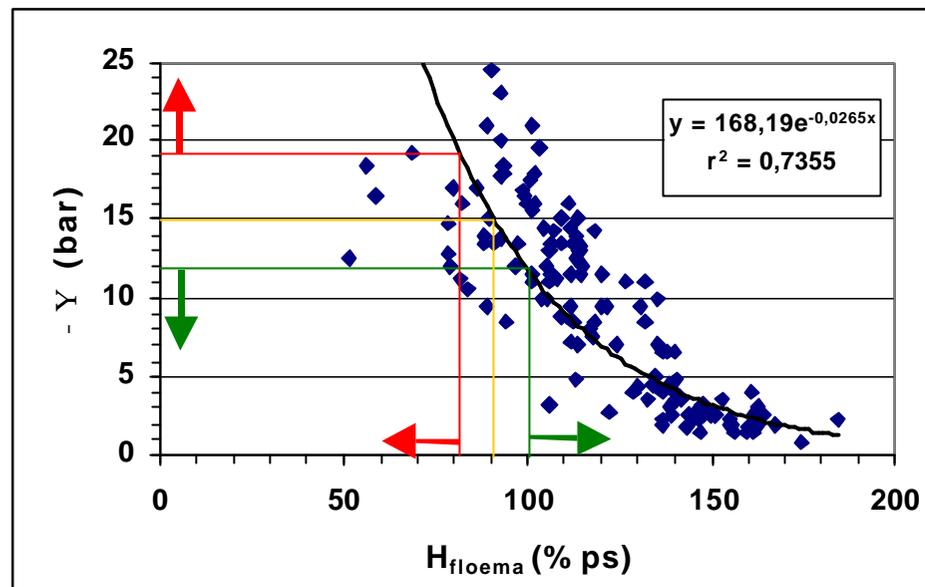
## ESTADO HÍDRICO Y SELECCIÓN CLONAL

Evolución interanual de la **humedad en la peridermis** ( $H_p$ ) y del potencial hídrico xilemático ( $\Psi$ ). A igualdad de potencial hídrico, los clones tipo A y D mantienen valores más alto de  $H_p$  que los del tipo B, C y F en épocas de sequía. Estos últimos más **vulnerables a ataques por *Phoracantha* spp.**



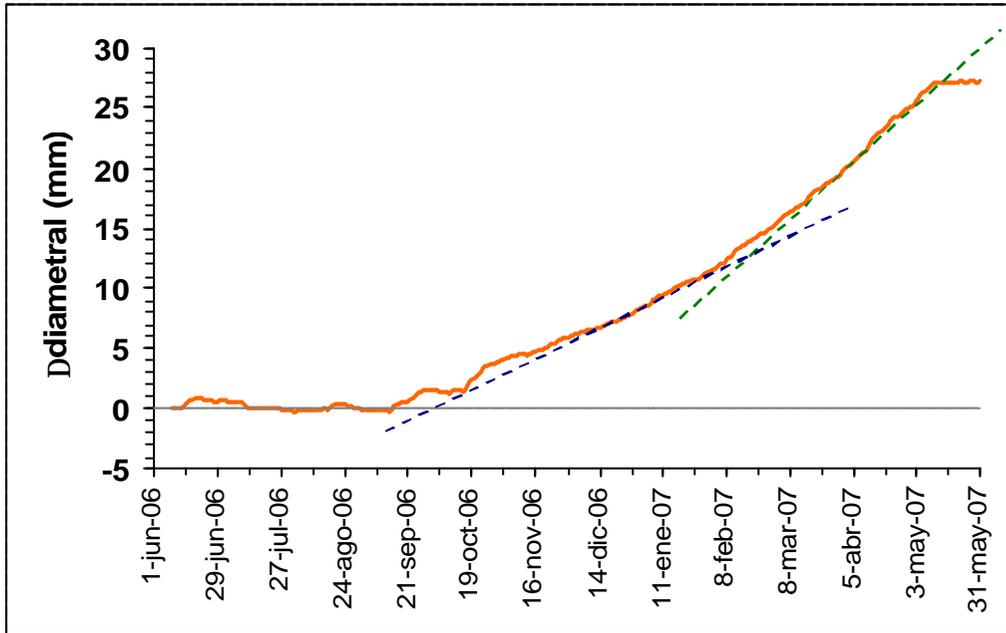
**Umbrales críticos de Humedad en corteza:**

- Humedad<sub>PF</sub> < 45 %: grave peligro de muerte (estrés severo).
- Humedad<sub>PF</sub> > 50 %: árbol fuera de peligro (estrés moderado a bajo).
- 45 % < Humedad<sub>PF</sub> < 50 %: región crítica, diferencias entre clones.

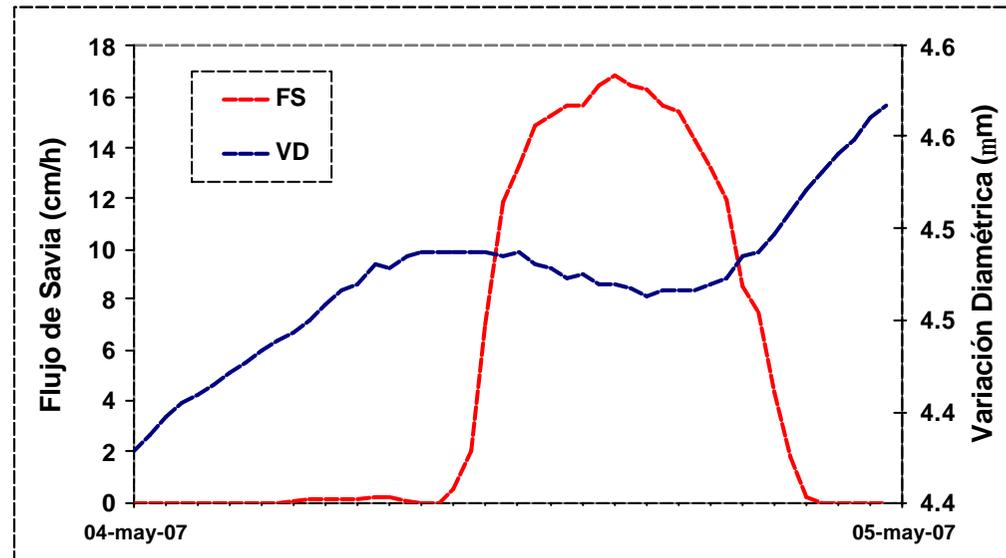


**Relación entre el grado de ataque por *Phoracantha* spp. y el contenido de humedad en floema y “peridermis”.**

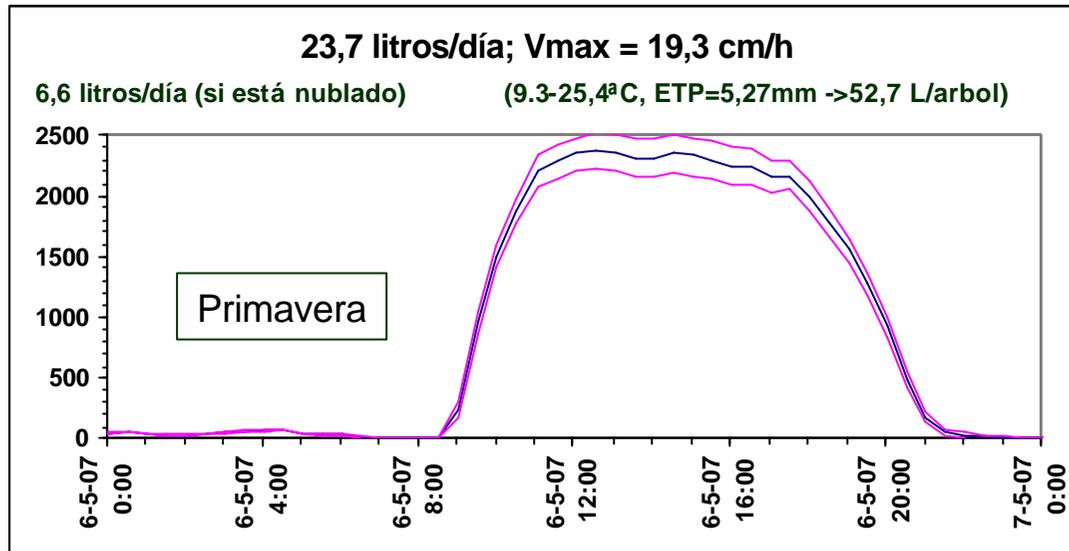
## Crecimiento y consumo de agua



- Seguimiento a escala estacional.
- Diferencias entre clones en los ritmos de crecimiento otoñales y primaverales.

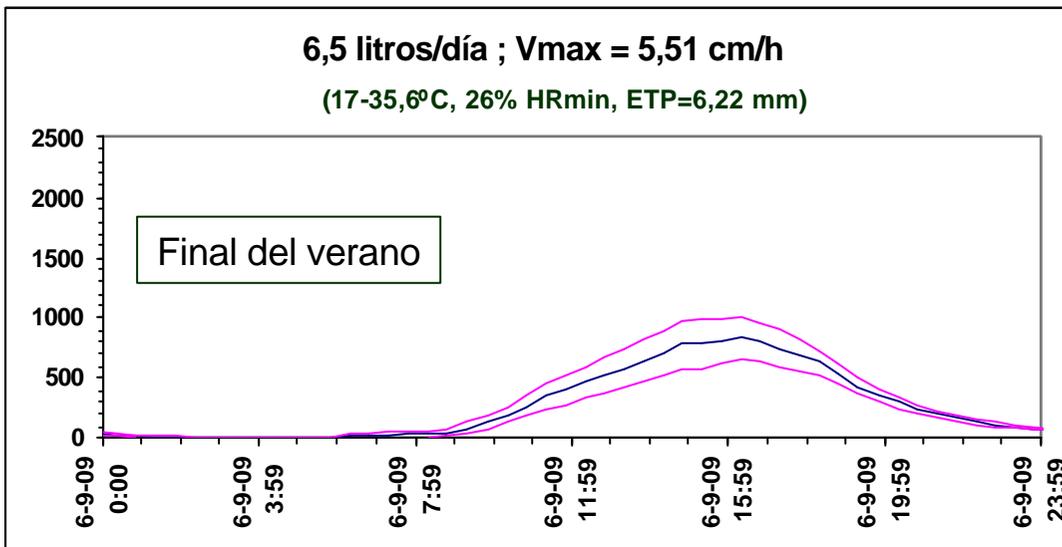


- Seguimiento a escala diaria.
- Relación entre crecimiento y uso del agua.



El flujo de savia (consumo de agua) depende de:

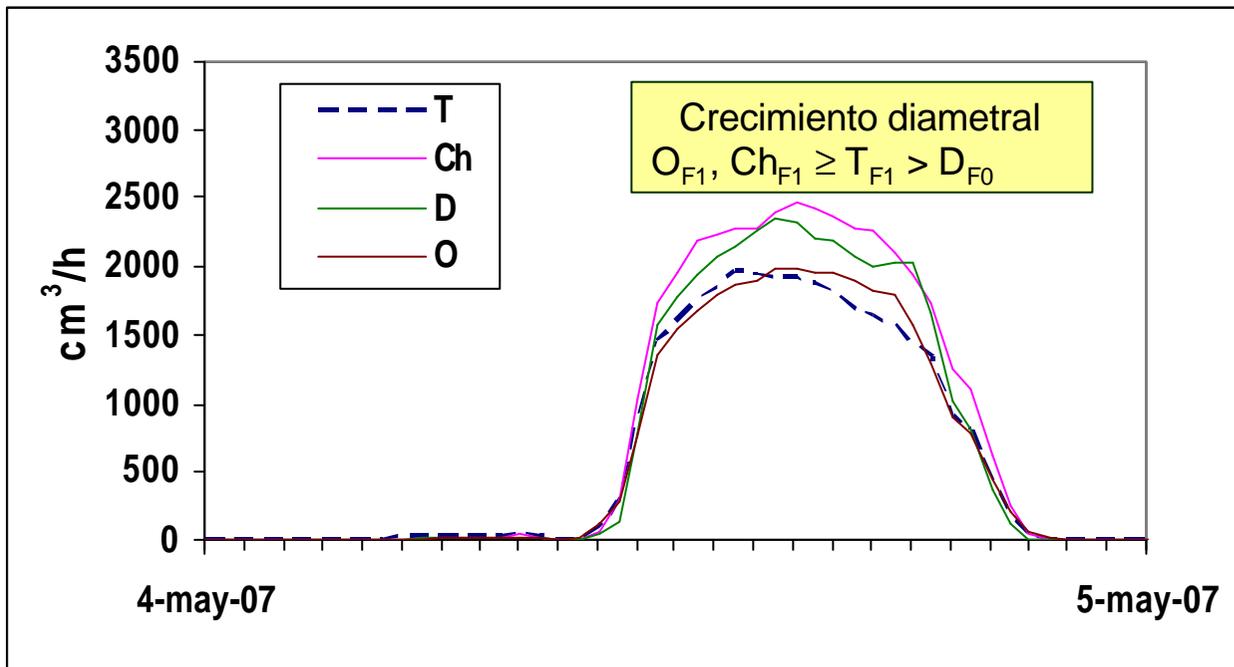
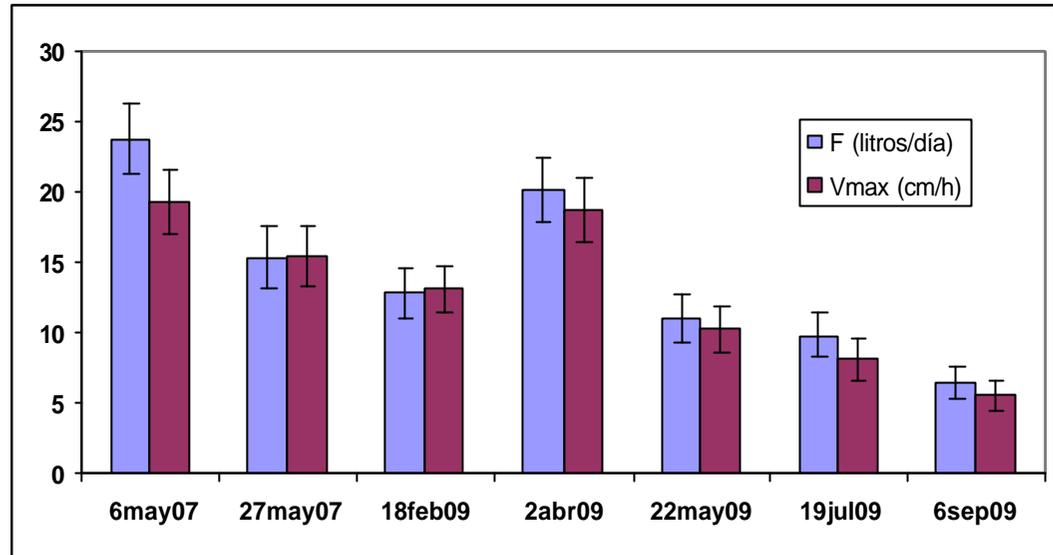
- La demanda evaporativa.
- Disponibilidad de agua en el suelo.
- Superficie foliar.
- etc.



**Flujo de savia:**

- Variación a lo largo del año.
- Variación clonal.

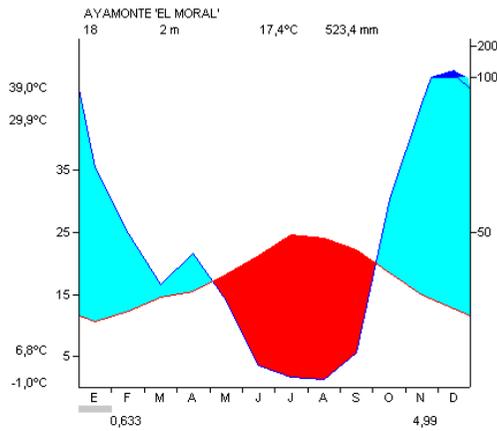
Suponiendo una plantación de 1020 pies/ha, diámetro medio de 15 cm, consumirían entre 5000 y 35000 litros/ha/día, dependiendo de la época del año (David et al. 1997. Oecol. 110: 153-159).



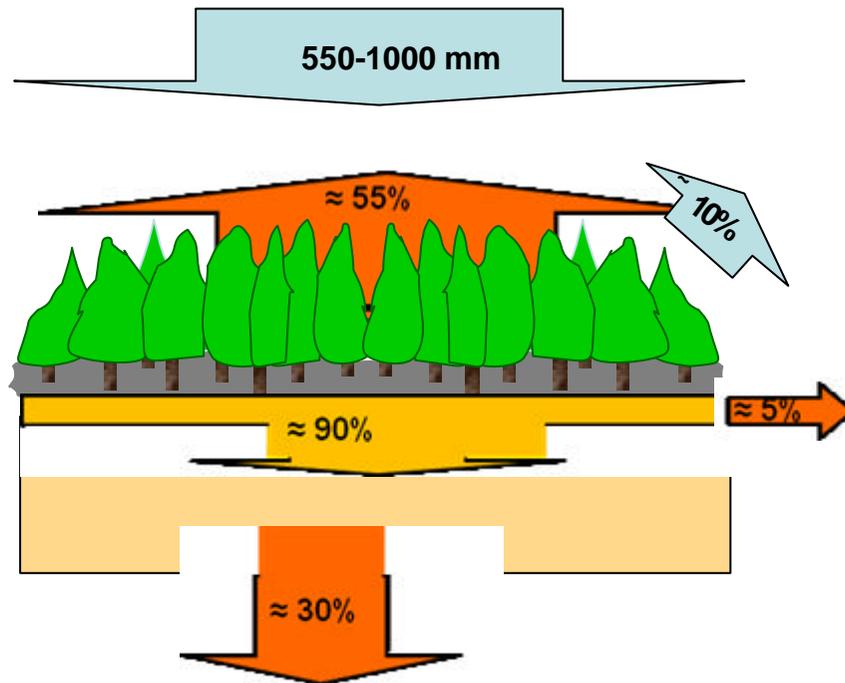
## Comparativa entre especies

Species	Age of the trees in the experimental site (years)	Range of stem diameter (m) <sup>a</sup>	Range of maximum sap velocity (m h <sup>-1</sup> ) <sup>b</sup>	Maximum depth of conducting xylem (mm) <sup>c</sup>
<i>Cupressus sempervirens</i>	15	0.12–0.13	0.19–0.30	37.4
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	10	0.15–0.19	0.30–0.58	52.5
<i>Quercus calliprinos</i>	20	0.14–0.19	0.36–0.64	48.0
<i>Quercus ithaburensis</i>	15	0.22–0.32	0.31–0.91	36.7
<i>Quercus rotundifolia</i>	~100	0.45	0.33–1.08	65.9
<i>Pinus halepensis</i> (sub-humid)	15	0.16–0.27	0.28–0.63	39.8
<i>Pinus halepensis</i> (semi-arid)	19	0.14–0.15	0.22–0.68	52.7
<i>Malus domestica</i>	9–11	0.13–0.17	0.22–0.78	54.1
<i>Citrus sinensis</i>	8	0.10–0.13	0.25–0.45	46.3
<i>Persea americana</i>	16	0.24–0.28	0.22–0.54	53.9

(Cohen et al. 2008. Plant Soil 305: 49-59)



# Balance hidrológico en *Eucalipus*



Precipitación bruta

Intercepción – Evaporación

Transpiración

Precipitación neta

Escurrimiento

Percolación

Fuente: Tesón y Frangi, en elab., modif. INTA-LISEA

# CONCLUSIONES

- La especie presenta suficiente variabilidad y plasticidad a la aclimatación al estrés hídrico como para manifestar diferencias clonales en las estrategias de resistencia a sequía: **posibilidad de mejora**.
- Un solo carácter no garantiza la selección, debiendo considerar **varios caracteres** morfo-fisiológicos.
- H-peridermis puede jugar un papel importante como estrategia de resistencia al ataque por *Phoracantha* spp. El umbral de **50 % Hp** no debería ser rebajado como medida de seguridad.
- Un árbol medio suele consumir entre **5 y 30 litros de agua** al día, dependiendo de las condiciones ambientales y la superficie foliar transpirante.

# Experiencias en cultivos energéticos de la UHU

- Leguminosas leñosas de rápido crecimiento y uso múltiple
- Producción de Paulonia y cultivos herbáceos perennes
- Producción de diferentes especies (eucaliptos, leguminosas y paulonias )  
en parcelas del grupo ENCE



Financiado por la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía, el Ministerio de Educación y Ciencia y el Grupo Empresarial ENCE



# Especies arbóreas para producción de biomasa

- *Robinia pseudoacacia* (Robinia o acacia de flor blanca)
- *Ailanthus altissima* (Ailanto o árbol del cielo o de los dioses)
- *Fraxinus* spp. (Fresnos)
- *Acacia* spp.
- *Alnus* spp. (Alisos)
- *Casuarina* spp.
- *Paulownia* spp.
- *Leucaena leucocephala* (Leucanea, acacia forrajera)
- *Gmelina arborea* (Melina)
- *Platanus* spp. (Plátanos de sombra)
- *Prosopis* spp. (Algarrobos)
- *Tectona* spp. (Teca)
- *Ulmus pumila* (Olmo siberiano)
- *Bambusa* spp. (Bambúes)
- *Yushane* spp. (Bambúes)

***Salix, Populus y Eucalyptus***

- **leguminosas leñosas de rápido crecimiento**

- El ensayo consistió en la producción de plantas, a partir de semillas, de *leguminosas leñosas*
- Las plantas se produjeron en vivero, en envases de 300 cm<sup>3</sup> ,
- Se inocularon con bacterias del género *Rhizobium*
- a los tres meses de edad, se trasplantaron a las parcelas de cultivo, situadas en el campo de prácticas de la Escuela Politécnica Superior, en La Rábida (Huelva).
- El diseño experimental consistió en dos ensayos (parcelas), cada una de ellas formada por 4 bloques completos y 16 plantas/bloque/variedad, dispuestas en dos filas de 8 plantas.
- El marco de plantación fue de 0,6x1,8 m<sup>2</sup>. (10.000 plantas/ha)
- Para la estimación de la biomasa, se realizaron tres tipos de aprovechamiento (nº de cortas), todos ellos en época invernal (mes de febrero), obteniéndose datos del crecimiento a un año de edad desde la siembra (1), a dos años de edad desde la siembra (2) y a un año de edad tras rebrotar después de haberlas cortado cuando tenían un año (1+1).
- Este último tratamiento está precedido de una selección de brotes en el mes de julio en la que se dejan 3 brotes/planta.



Producción de cultivos energéticos (Fernández , Tapias y colaboradores 2002-2010)



Producción de cultivos energéticos (Fernández , Tapias y colaboradores 2002-2010)



Producción de cultivos energéticos (Fernández , Tapias y colaboradores 2002-2010)

Especies	Procedencias	proveedores
<i>Leucaena diversifolia</i>	Hawai	Agroforester
<i>Leucaena collinsii</i>	Honduras	SETRO
<i>Leucaena salvadorensis</i>	Honduras	SETRO (semillas tropicales S. L.)
<i>Leucaena leucocephala</i>	India	Montaraz
	Honduras	SETRO
	K363	Agroforester
<i>Chamaecitysus proliferus</i> var. <i>palmensis</i>	Huelva	Universidad de Huelva
	La Palma	Universidad de La Laguna
	New Zeland	New Zealand Tree Seed
	Australia	Buy in Australia
<i>Prosopis alba</i>	Argentina	Universidad de Santiago del Estero
<i>Prosopis julyflora</i>	Desconocido	Montaraz
<i>Retama monosperma</i>	Huelva	Universidad de Huelva
<i>Sesbania sesban</i>	Hawai	Agroforester.

Tabla 1. Especies, procedencias y proveedores de las semillas de las leguminosas leñosas de rápido crecimiento utilizadas en el estudio por su afinidad edafoclimática con el lugar de plantación

Tabla 3. Biomasa seca producida por las distintas especies según la forma de aprovechamiento, (1: un año después de la siembra, 2: dos años después de la siembra, 1+1: rebrote de un año tras haber sido cortado el primer año; 3 corta a los tres años; 1+1+1 cortas anuales). Letras diferentes en cada columna indican diferencias estadísticamente significativas entre las medias. WDW: Biomasa seca leñosa, TDW: Biomasa seca total.

Species	Primer año		Segundo año				Tercer año					
	1*		2*		1+1*		3		1+1+1		2+1	
	WDW	TDW	WDW	TDW	WDW	TDW	WDW	TDW	WDW	TDW	WDW	TDW
<i>L. diversifolia</i>	4.83± 0.94 b	7.45± 1.46 b	28.25± 5.33 c	43.58± 8.22 d	28.32± 10.12 c	43.69± 15.61 c	35.18± 7.74 c	50.48± 8.64 c	28.09± 7.27 c	49.21± 8.35 c	16,17± 9.01 cd	31,12± 12.21 cd
<i>L. collinsii</i>	3.02± 0.70 ab	3.09± 1.43 ab	11.10± 4.79 b	11.35± 4.90 b	9.22± 4.58 b	9.44± 4.69 b	19.59± 7.74 b	19.84± 7.84 b	10.2± 4.13 b	10.63± 4.20 b	5,53± 2.32 b	5,74± 2.35 b
<i>L. leucocephala</i>	8.73± 1.04 c	12.87± 1.50 c	18.01± 4.62 bc	26.64± 6.88 c	35.01± 5.52 c	51.95± 8.75 c	25.62± 0.18 b	34.42± 2.1 b	31.94± 4.54 c	47.35± 5.23 c	21,13± 4.26 d	36,42± 5.26 d
<i>Ch. proliferus</i>	1.38± 0.36 ab	2.20± 0.60 a	32.12± 5.30 d	42.23± 9.03 d	1.17± 0.57 a	1.51± 0.74 a	64.27± 13.56 e	71.93± 14.54 e	2.43± 1.85 a	2.99± 1.90 a	6,21± 2.65 b	6,4± 5.67 b
<i>P. alba</i>	1.53± 0.29 ab	1.55± 0.30 a	22.92± 5.69 c	25.64± 7.91 c	7.55± 2.75 b	8.34± 3.19 b	49.95± 5.35 d	53.21± 5.68 d	11.78± 2.05 b	13.53± 2.13 d	14,22± 1.90 c	17,25± 2.03 c
<i>P. juliflora</i>	0.35± 0.09 a	0.35± 0.09 a	1.11± 1.00 a	1.11± 1.00 a	1.08± 0.35 a	1.08± 0.35 a	3.21± 2.06 a	3.21± 2.06 a	1.59± 1.7 a	1.59± 1.70 a	1,53± 0.11 a	1,53± 0.11 a
<i>R. monosperma</i>	0.31± 0.08 a	0.32± 0.08 a	8.34± 4.37 b	8.40± 4.40 b	0.95± 0.36 a	0.96± 0.37 a	24.41± 16.54 bc	24.72± 18.09 bc	1.70± 0.87 a	1.74± 0.87 a	11,19± 5.45 c	11,23± 5.47 c
<i>S. sesban</i>	3.32± 2.16 ab	4.86± 3.37 ab	34.07± 4.62	38.45± 5.32	14.82± 6.49	17.21± 6.54	---	---	---	---	---	---

\*For the treatments 1 and 1+1 the production refers to t/ha/year, while for treatment 2 the production showed is that accumulated in two years.

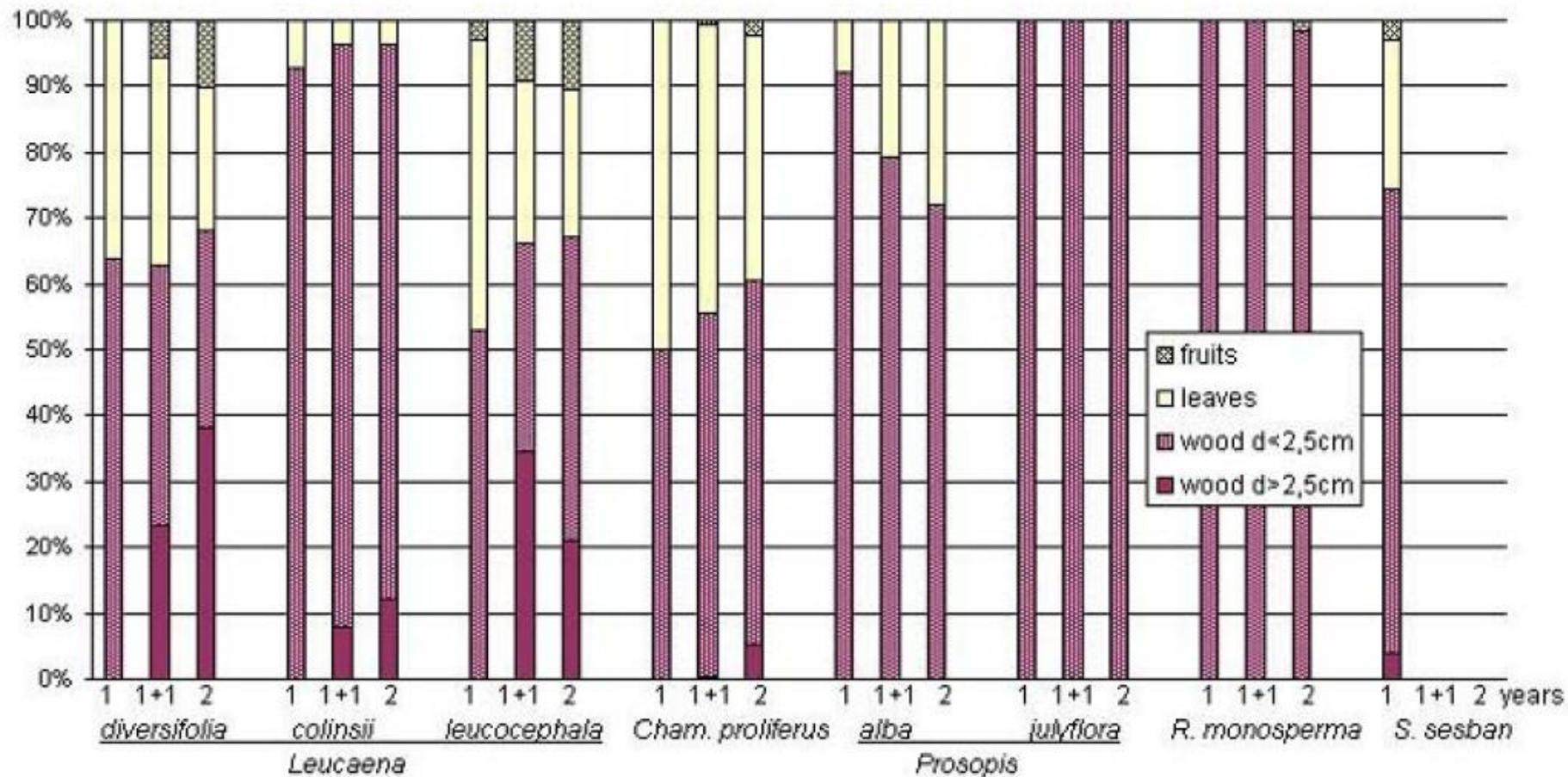


Figura 1. Distribución de la biomasa según la especie y el tipo de aprovechamiento (1: un año después de la siembra, 2: dos años después de la siembra, 1±1: rebrote de un año tras haber sido cortado el primer año).

# Producción de Paulownia y Arundo en las parcelas de la Rabida

Marco de plantación 2x2 -> 2500 plantas por hectárea.

Diseño del ensayo: una parcela experimental con 13 bloques (repeticiones) de una planta por variedad.

Plantado con abono localizado a 150 g/planta del 12:12:6

Las mejores producciones corresponden a P. fortunei, variedades Sutong 70 y C 001

/ Híbrido	Acrónimo	1 er año			2º año					
		D	H	WDW	NC			C		
		D	H	WDW	D	H	WDW	D	H	WDW
P- catalpifolia X Fortunei	CF 9504	13	182	1,21	28	360	9,02	40	389	11,31
P. tomentosa X Fortunei	TF 9502	13	160	0,83	30	354	8,57	31	297	5,10
<i>P. elongata</i>	C 125	12	178	1,14	34	388	11,21	36	347	8,08
<i>P. tomentosa</i>	Maoza 16	12	166	0,93	28	289	4,74	32	328	6,88
<i>P. fortunei</i>	Yuxuan 1	11	192	1,41	29	339	7,57	45	409	13,16
<i>P. fortunei</i>	Ja	14	212	1,89	41	442	16,44	38	389	11,34
<i>P. fortunei</i>	P. Tongxuan 1	13	270	3,88	36	398	12,11	44	427	14,85
<i>P. fortunei</i>	Sutong-70	13	220	2,12	34	443	16,62	58	412	13,37
<i>P. fortunei</i>	C 001	12	188	1,33	38	403	12,55	48	412	13,36
		<b>12</b>	<b>196</b>	<b>1,6</b>	<b>33</b>	<b>380</b>	<b>11,0</b>	<b>41</b>	<b>379</b>	<b>10,8</b>

Tabla 1. Diámetro (D en mm), altura (H en cm) y peso seco de la biomasa leñosa (WDW en toneladas por hectárea) de las nueve especies/variedades de Paulownia ensayadas según la edad. Al terminar el primer año se realizó una corta a ras del suelo en la mitad e las plantas que permite diferenciar dos situaciones en los siguientes años, plantas no cortadas (NC) y plantas cortadas



Producción de cultivos energéticos (Fernández , Tapias y colaboradores 2002-2010)

### **Arundo donax**

Se plantó una parcela de unos 64 m<sup>2</sup> con rizomas de plantas extraídos en los arroyos cercanos entre enero y marzo de 2002. En la parcela experimental se ensayaron dos especies (arundo y Phragmites australis) con dos repeticiones de cada uno. Se plantaron en surcos separados 70 cm con una densidad de plantación de 4 a 6 nudos por metro lineal en arundo y 15 a 17 en Phragmites. Que dio lugar a una densidad de 21 tallos por metro cuadrado en arundo.

Se realizó una fertilización de fondo con abono complejo 15-15-15 más y abonados de cobertura con urea, se regó por goteo y se eliminaron malas hierbas manualmente en tres ocasiones.

Al finalizar el primer año se cortó una de las parcelas de cada especie.

La producción de Arundo fue de 21,3 TmMS/ha el primer año y 30,4 tm/ha el segundo año (después de haber sido cortado). Sin la corta del primer año la biomasa de arundo fue de 31.4 Tm/ha el segundo año.

La proporción de hojas y tallos en Arundo fue de 65.3% tallos y el resto hojas

Variedad	1 er año			2º año					
				NC			C		
	D	H	WDW	D	H	WDW	D	H	WDW
Arundo	15	2.50	21.3±5.4	18	3.40	31.4±	25	3.65	30.44±0.6
Phramites	5	1.1	0.6	7	1.5	1.3	0.6	1.2	0.4

La proporción de hojas y tallos en Arundo fue de 65.3% tallos y el resto hojas

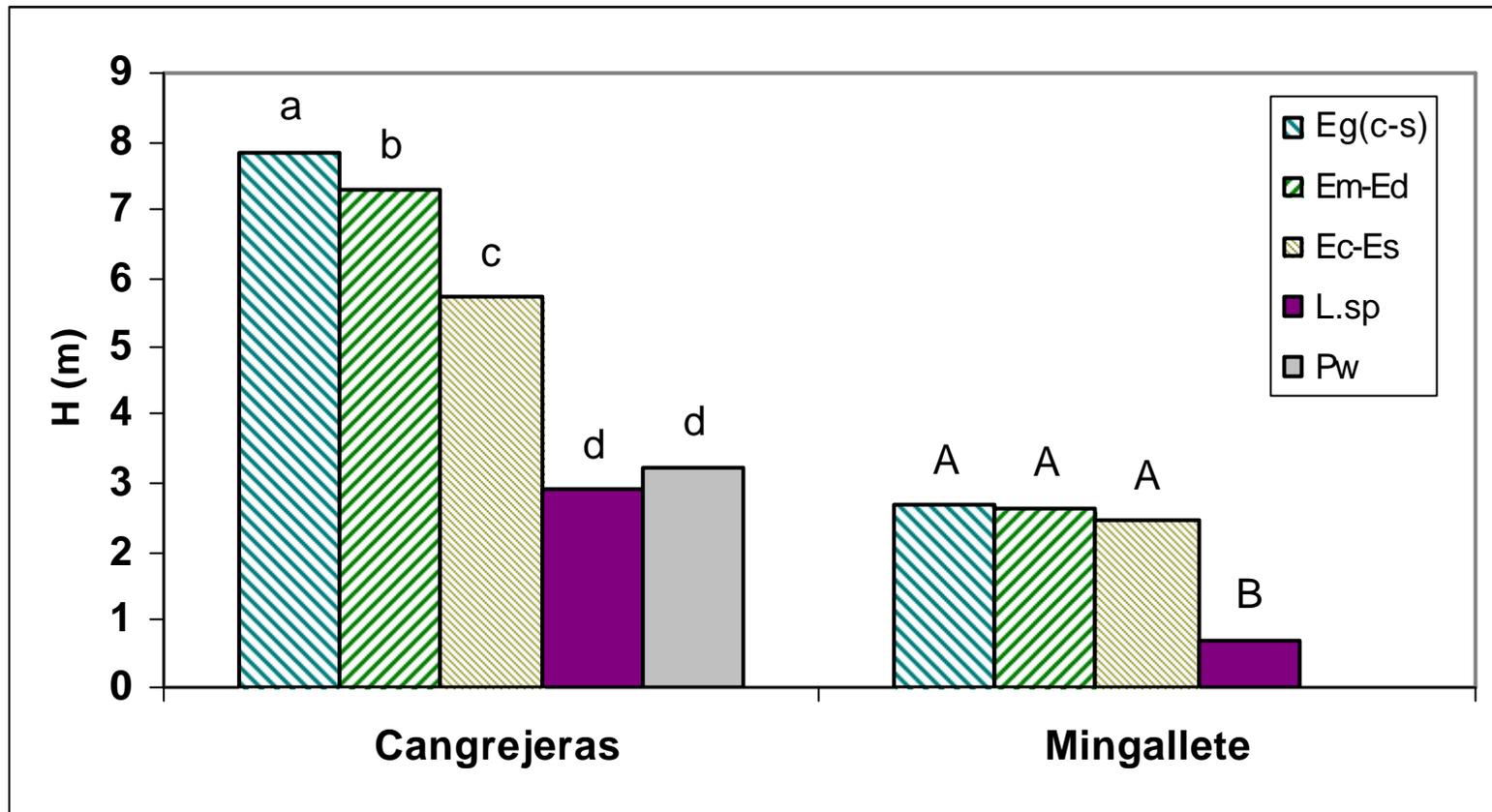
# Producción de diferentes especies en parcelas del grupo ENCE

- TRES parcelas: Cangrejeras (riego), Mingallete, Cantera.
- ONCE especies: E.sp. (6), L.sp. (4), P.sp. (1)
- Plantas de entre 1 y 2 años de edad al inicio.
- Cuatro fechas de medición: 20-mayo-09, 30-julio-09, 20-octubre-09 y 01-febrero-10.
- 5 ó 6 plantas por especie, bloque y fecha.
- Mediciones:  $D_{50}$ ,  $D_{1,30}$ , H, fenología, estado, mortalidad.
- Análisis de nutrientes en hojas en tres fechas: julio-09, noviembre-09 y febrero-10.

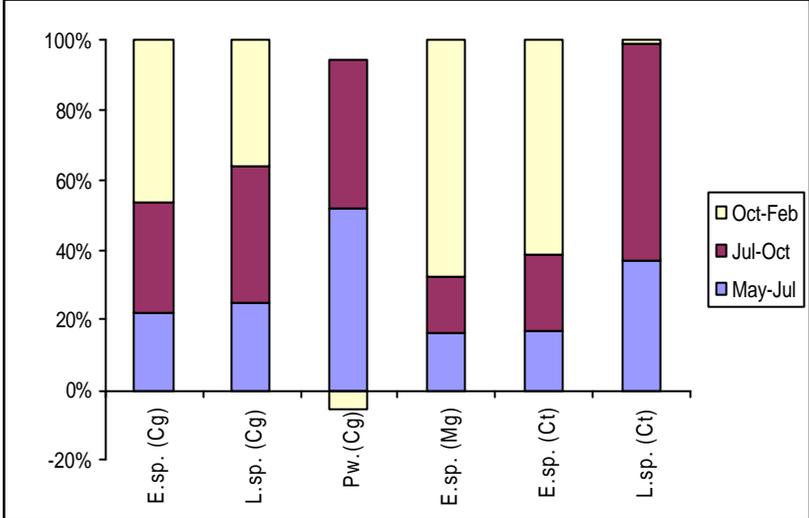
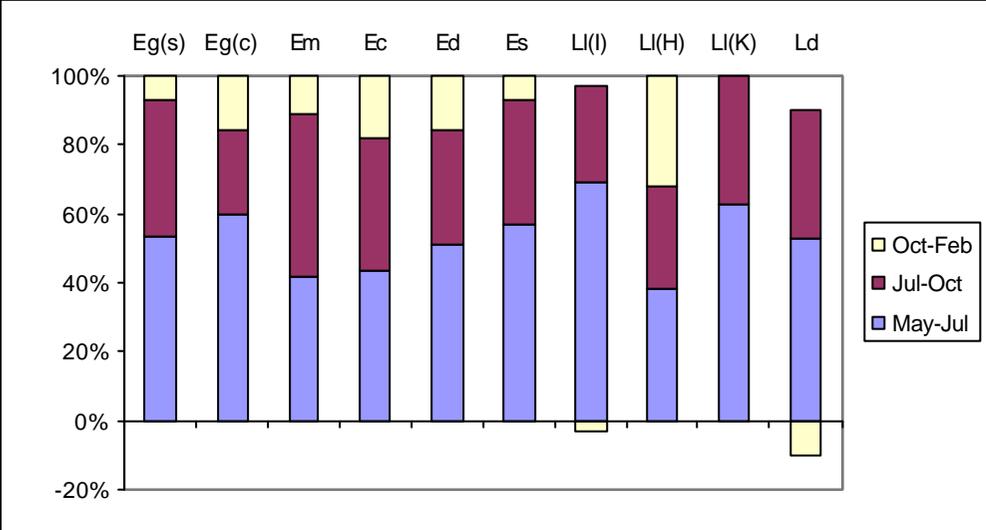


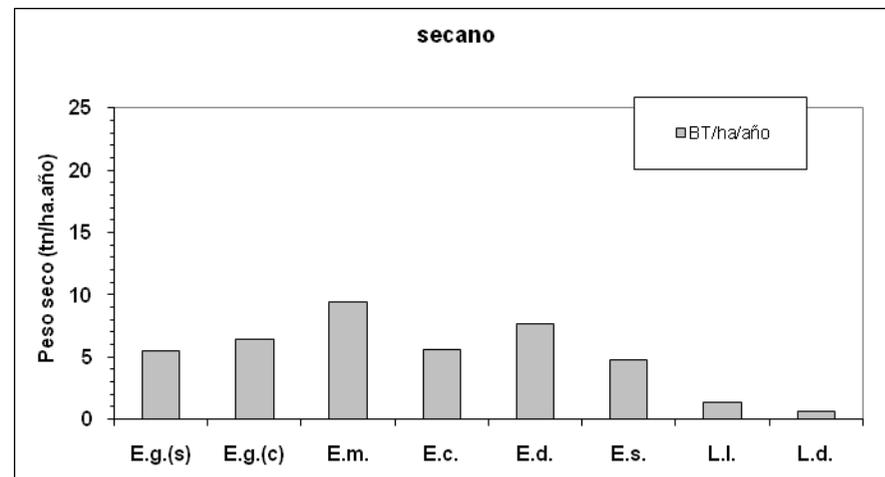
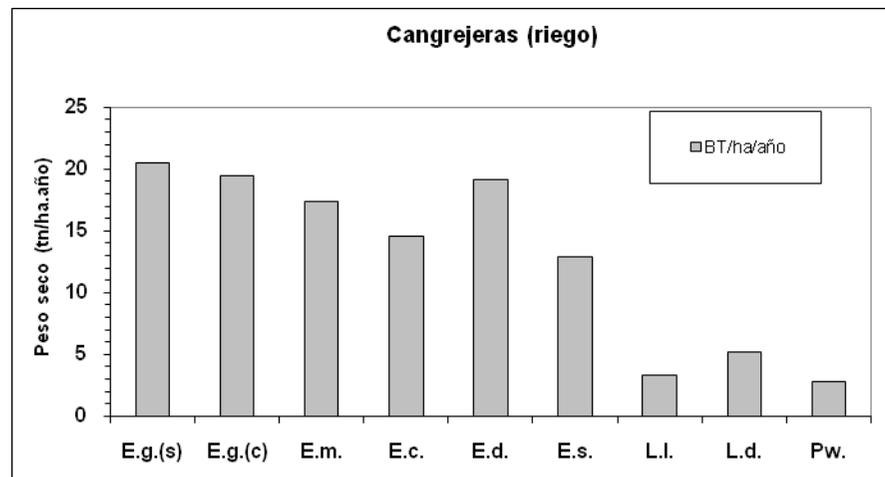
Producción de cultivos energéticos (Fernández , Tapias y colaboradores 2002-2010)

## Alturas por especie y parcela en Feb.-10



# Fenología del Crecimiento en altura y diámetro



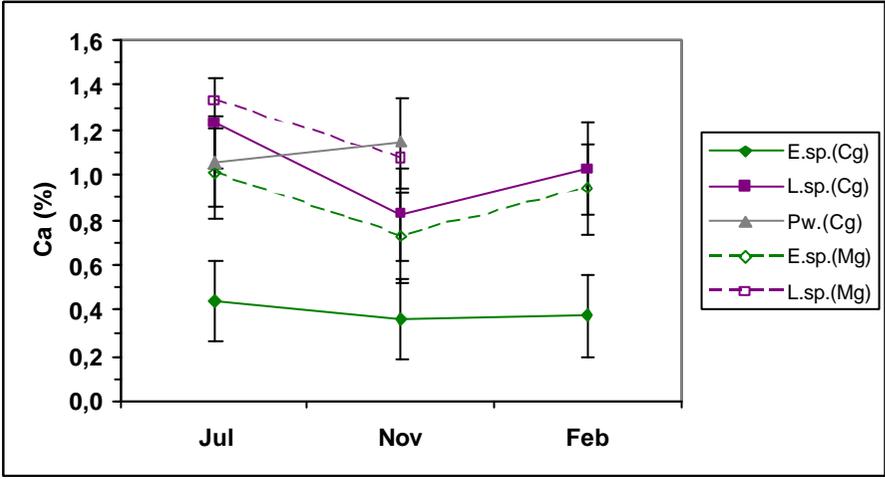
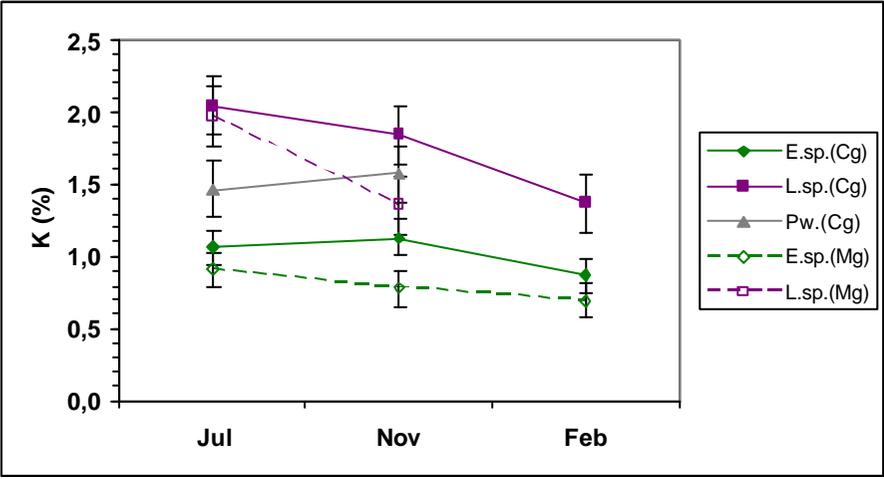
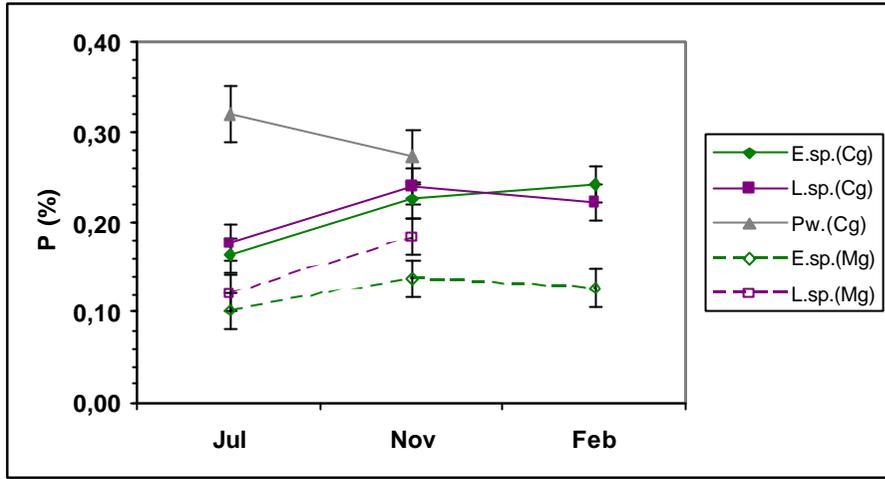
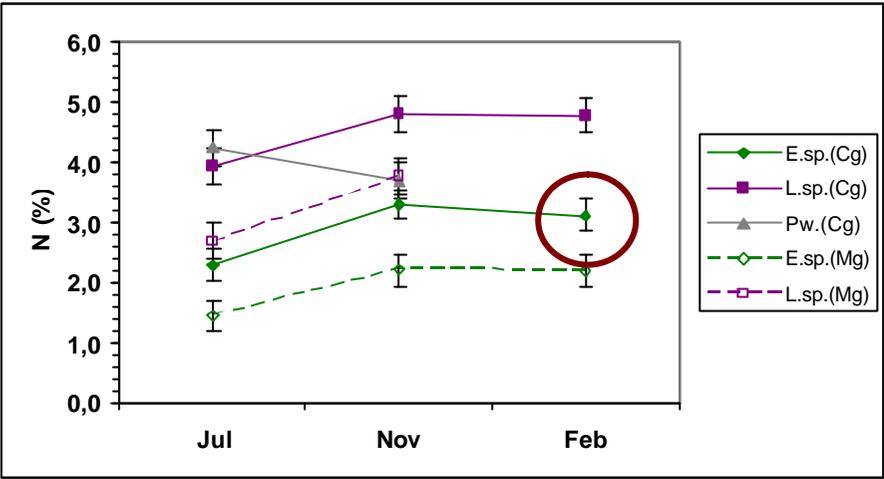


Densidad	Sitio	Zona	22				31			
			%Sup.	Pv (kg/árbol)	(kg/ha)	IVAB(kg/ha/año)	%Sup.	Pv (kg/árbol)	(kg/ha)	IVAB(kg/ha/año)
3.000	Mingallete	Secano Litoral	78,00%	11,29	26.425	14.414	80,70%	25,62	62.028	24.011
	Valdeosuro	Secano Arenas	92,59%	14,82	41.168	22.455	94,44%	17,41	49.340	19.099
			<i>Promedia:</i>			<b>18.434</b>			<i>Promedia:</i>	<b>21.555</b>
5.000	Mingallete	Secano Litoral	69,66%	8,68	30.220	16.484	76,04%	20,31	77.226	29.894
	Valdeosuro	Secano Arenas	86,76%	11,11	48.209	26.296	89,32%	11,23	50.137	19.408
			<i>Promedia:</i>			<b>21.390</b>			<i>Promedia:</i>	<b>24.651</b>
7.000	Mingallete	Secano Litoral	75,89%	7,60	40.357	22.013	74,60%	13,13	68.576	26.545
	Valdeosuro	Secano Arenas	91,00%	6,93	44.132	24.072	86,00%	8,34	50.191	19.429
			<i>Promedia:</i>			<b>23.042</b>			<i>Promedia:</i>	<b>22.987</b>

Rendimiento en peso seco: 10,5-12,3 tn/ha y año

Producción de cultivos energéticos (Fernández , Tapias y colaboradores 2002-2010)

# Nutrientes foliares



gracias por su atención