



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

Gestión del monte: servicios ambientales y bioeconomía

26 - 30 junio 2017 | Plasencia  
Cáceres, Extremadura

## Bosques al límite: enfrentándose a lo peor para sobrevivir.

Emilia Gutiérrez Merino

Dept de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals  
Facultat de Biologia



Plasencia, 26 junio 2017



# Guión

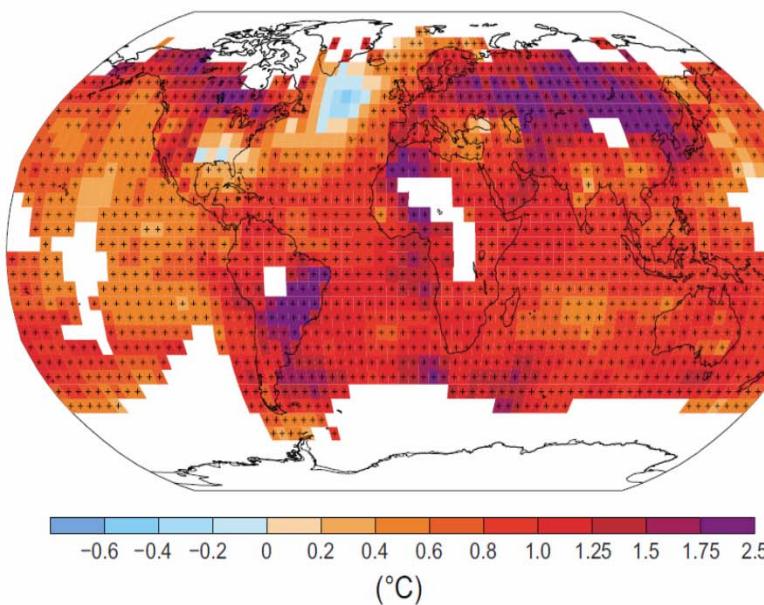
- Introducción
  - ✓ Un clima cada vez más cálido y más seco
  - ✓ Respuestas de los árboles
- Ajustes del sistema hidráulico
- El crecimiento de los árboles
  - ✓ El agua del suelo se agota antes. Mayor sensibilidad al clima
- El legado de las sequías extremas
  - ✓ El colapso el sistema conductor y/o la falta de carbohidratos
  - ✓ La recuperación de los efectos de las sequías
- Rasgos funcionales, combinaciones y compensaciones
  - ✓ Importancia de la densidad de la madera
  - ✓ Tendencias de la densidad de la madera
  - ✓ Efectos del CO<sub>2</sub> sobre los materiales. La lignina
- Importancia de las características de la madera en la historia de vida de los árboles.
  - ✓ Interrelaciones entre rasgos de la historia de vida
  - ✓ Crecimiento y supervivencia
  - ✓ Compensaciones (“trade-offs”) entre crecimiento + mantenimiento, reproducción y defensas constitutivas
- Conclusiones

# Introducción

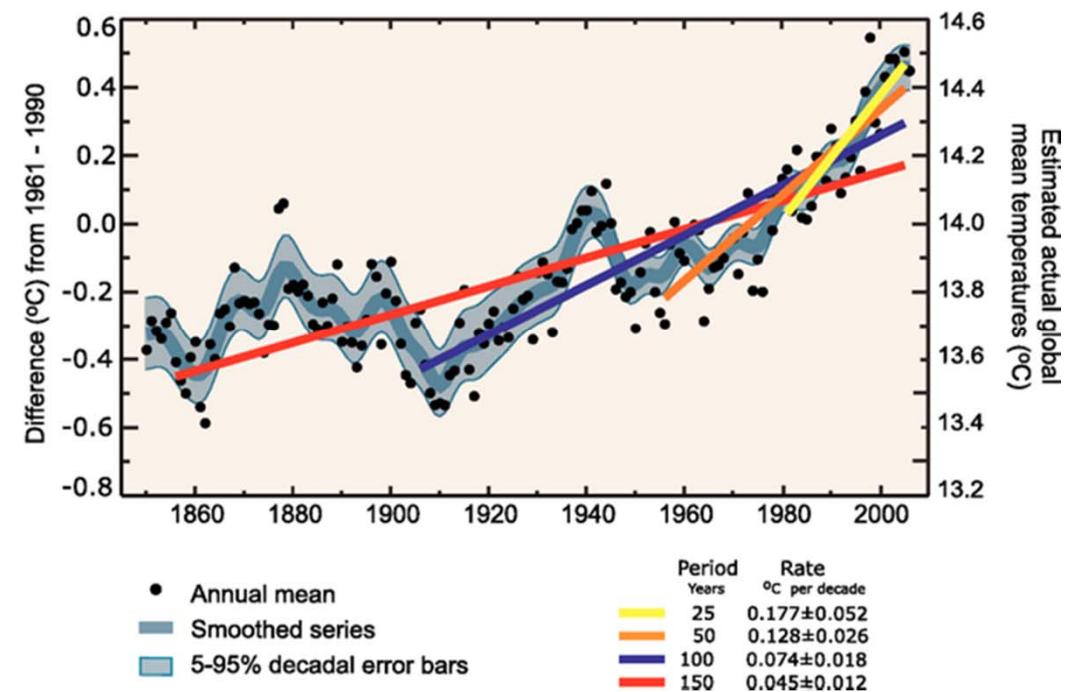
## Calentamiento global

is the most important challenge that we have globally (IPCC 2013 Assessment report WG1)

Observed change in surface temperature 1901–2012



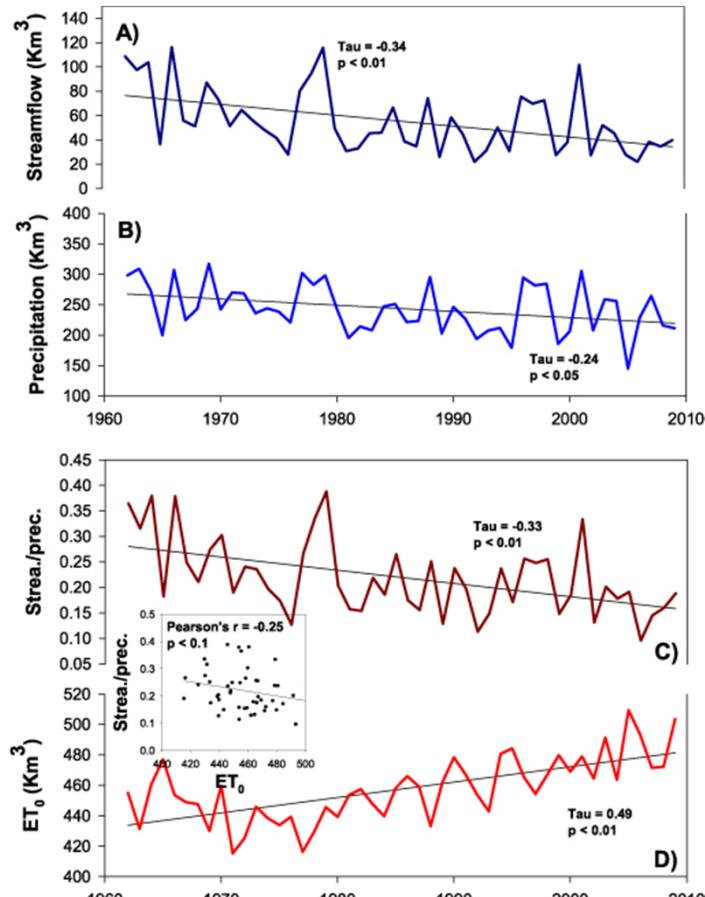
IPCC (2013) Figure SPM.1 <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>



[http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg1/en/figure-ts-6.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/figure-ts-6.html)

# Introducción

Un clima cada vez más cálido y más seco



(Vicente-Serrano et al. 2014)

(Brunet et al. 2007)

## PERIODO 1973-2005

- $\Delta T_{\text{Manual}} = + 1,536^\circ\text{C}$
- $\Delta T_{\text{Mpri}} = + 2,464^\circ\text{C}$
- $\Delta T_{\text{Mver}} = + 2,144^\circ\text{C}$

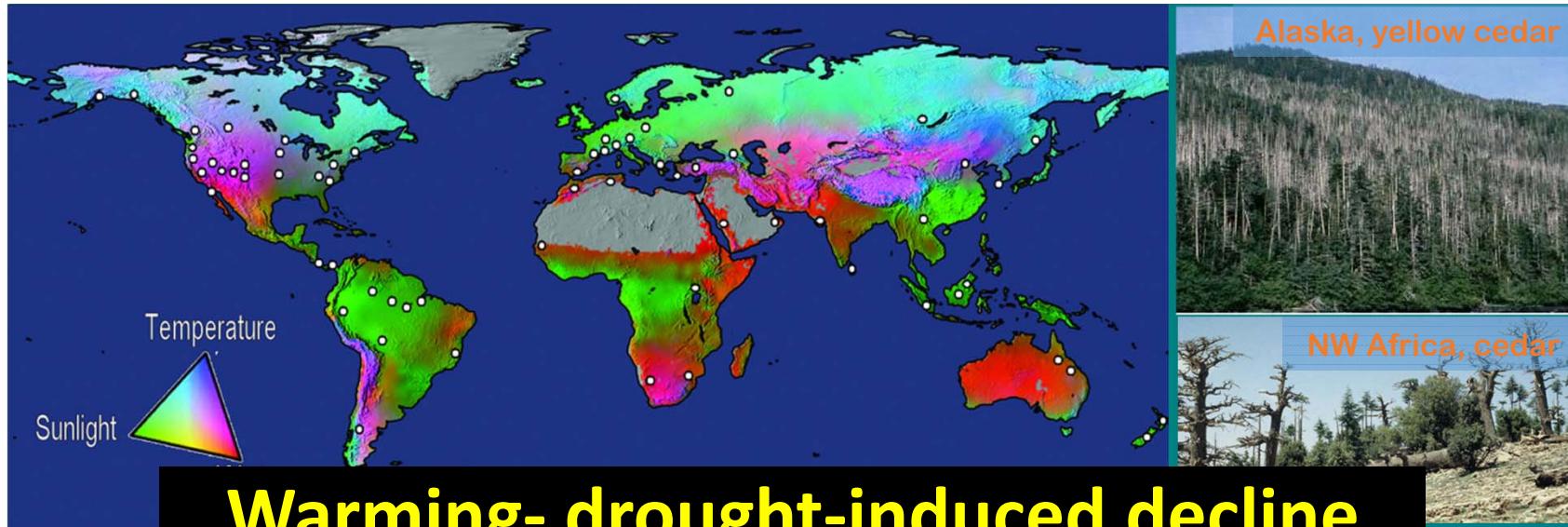
## PERIODO 1961-2011

- $\Delta \text{PREC} = - 15,6\% \text{ al año}$
- $\text{ETP}$  anual = + 7,3% al año
- $\text{ETP}$  ver = + 10,4%

# Introducción

## Respuestas de los árboles

- Persistencia en el área mediante una rápida respuesta plástica (aclimatación) que puede favorecer o no la adaptación.
- Migración a nuevos sitios
- Muerte y extinción local



## Warming- drought-induced decline

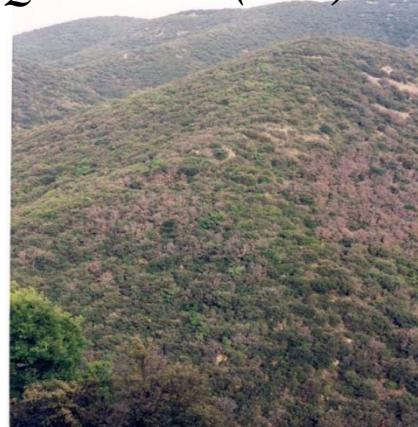


# Introducción

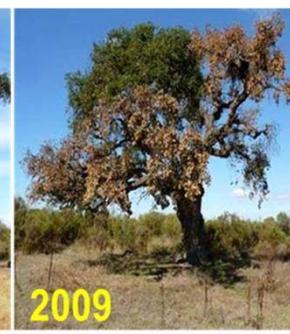
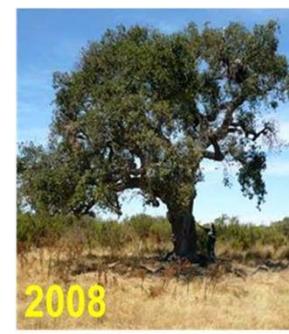
## Mortalidad desencadenada por sequías extremas



*Quercus ilex* (1994)



Muntanyes de Prades  
oct-2014



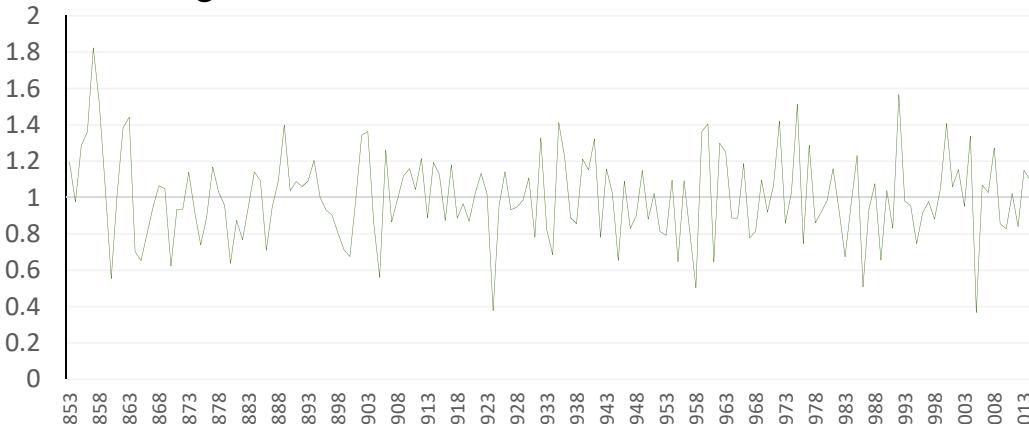
# Introducción

## Mayor sensibilidad al clima

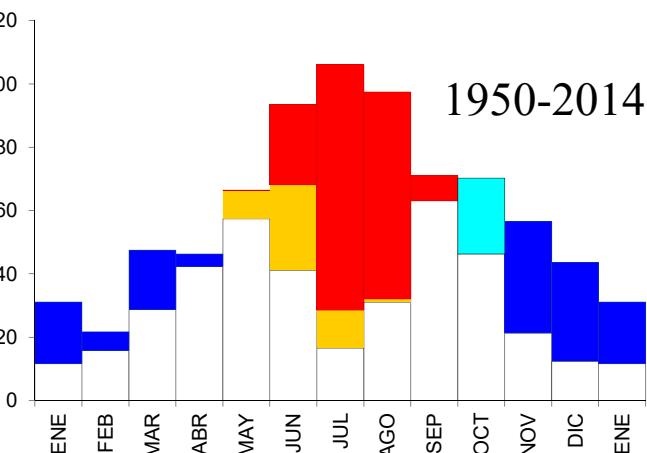
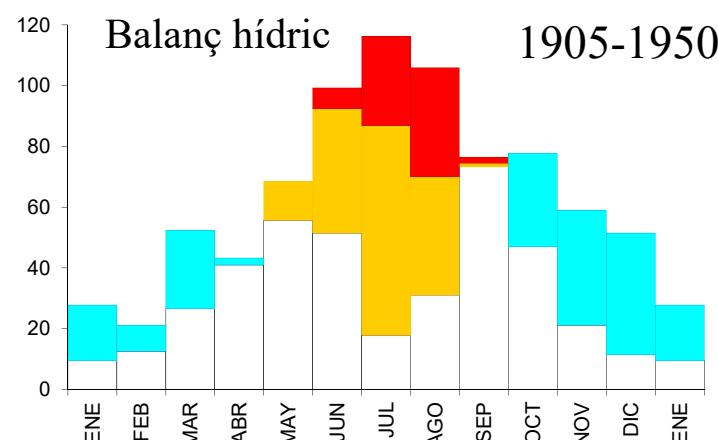
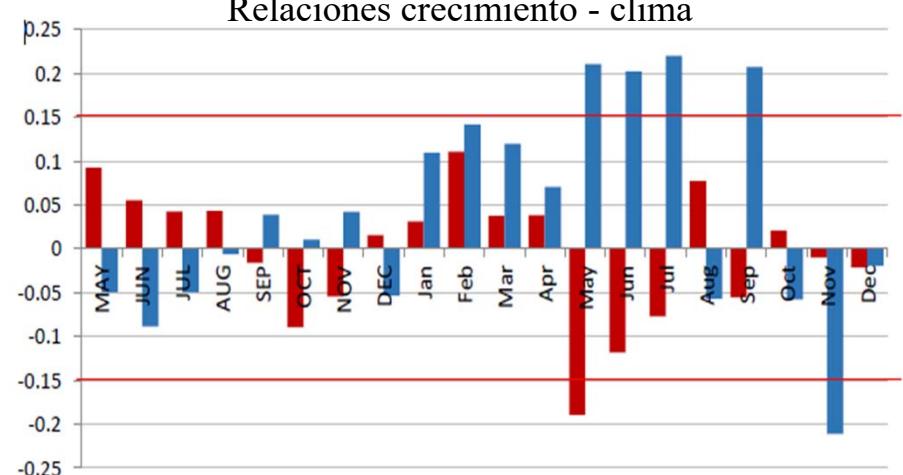
El agua del suelo se agota antes!

*Pinus sylvestris* (Montanyes de Prades, Tarragona)

Cronología de índices de crecimiento



Relaciones crecimiento - clima



# Ajustes del sistema hidráulico

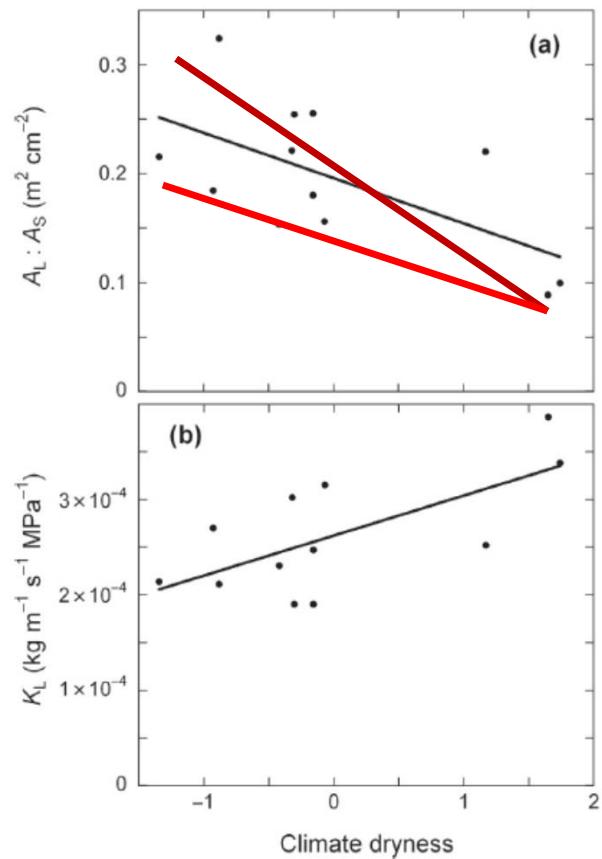


Fig. 2 Relationship between climate dryness (first axis of principal components analysis (PCA) in the Supporting Information, Fig. S1) and (a) leaf-to-sapwood area ratio ( $A_L : A_S$ ), and (b) leaf-specific hydraulic conductivity ( $K_L$ ) in Scots pine. Both regressions are significant ( $P < 0.05$ ).

## área foliar / área conductora

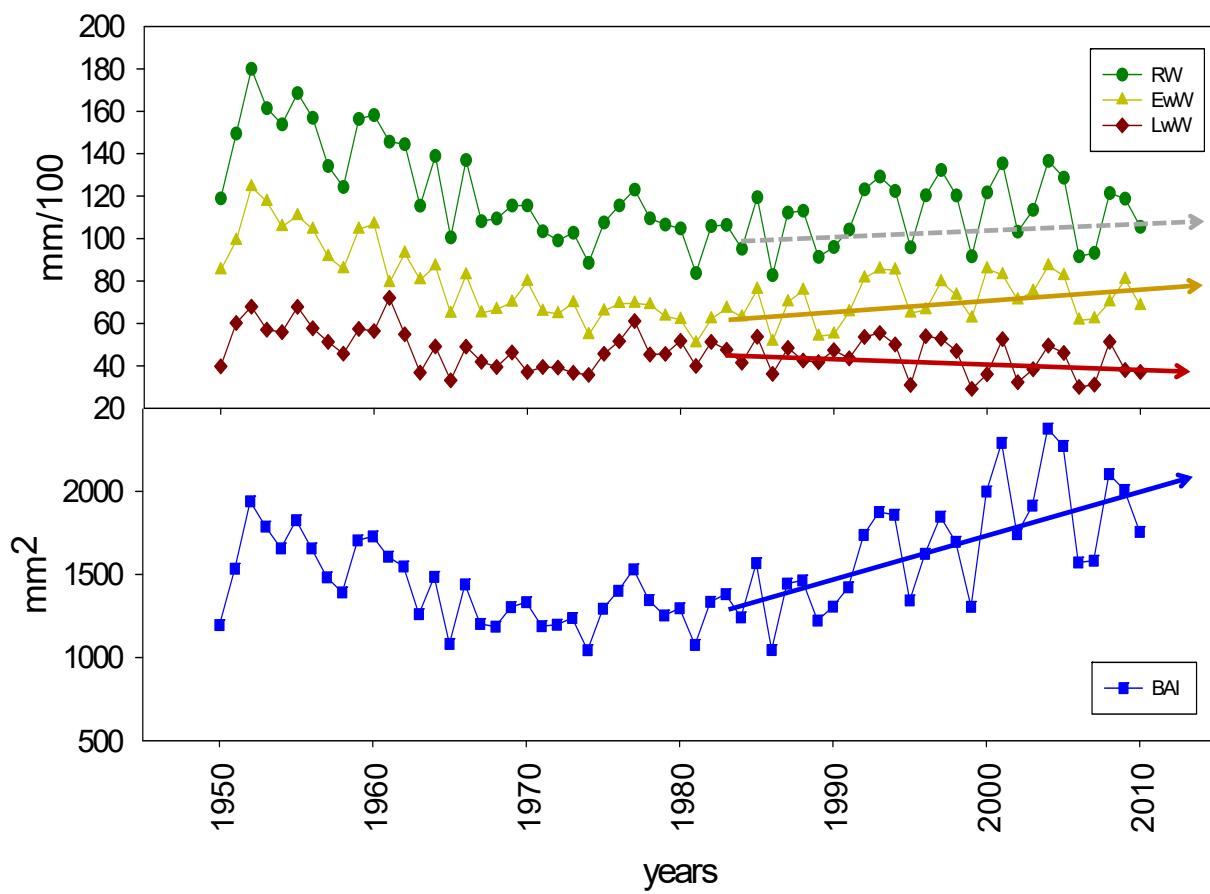
Los árboles de los sitios secos, tienen un área foliar menor por unidad de albura que los árboles de los sitios húmedos.

La sequía causa pérdida de área foliar, “vaciado” de las copas.

Los pinos desfoliados tienen un mayor flujo de savia por unidad de área foliar durante la primavera, pero son más sensibles a la sequía de verano.

# Ajustes del sistema hidráulico

## Madera temprana vs. Madera tardía



*Abies alba* (Montseny, Barcelona)

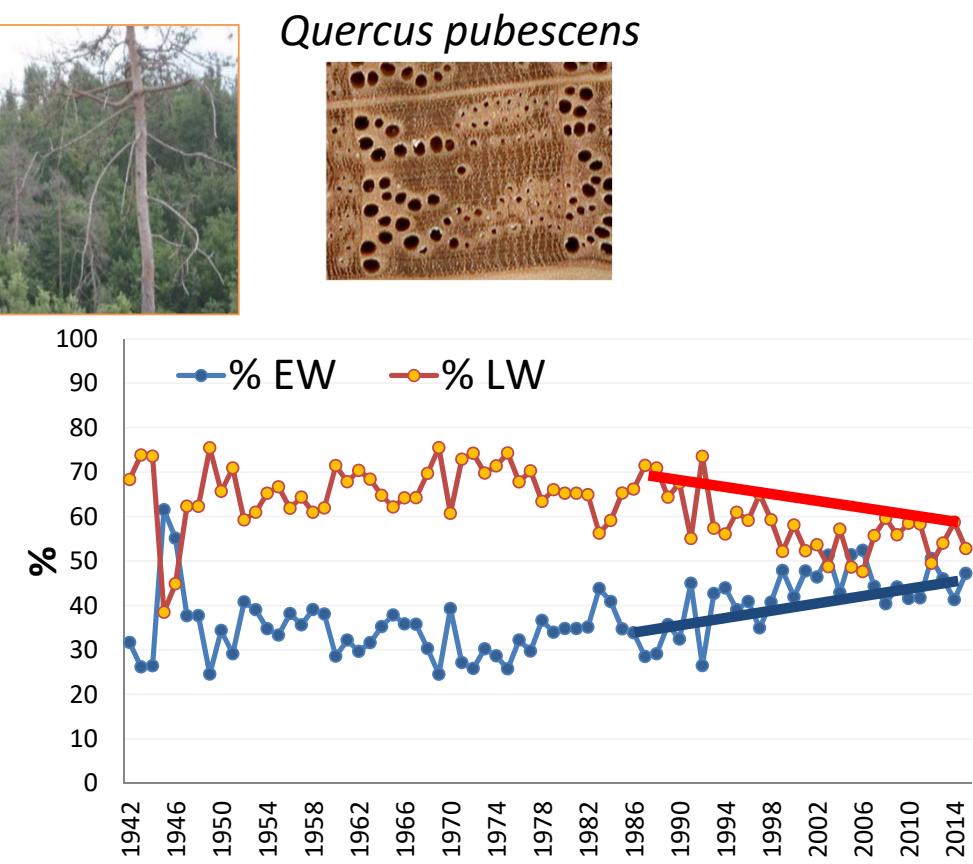
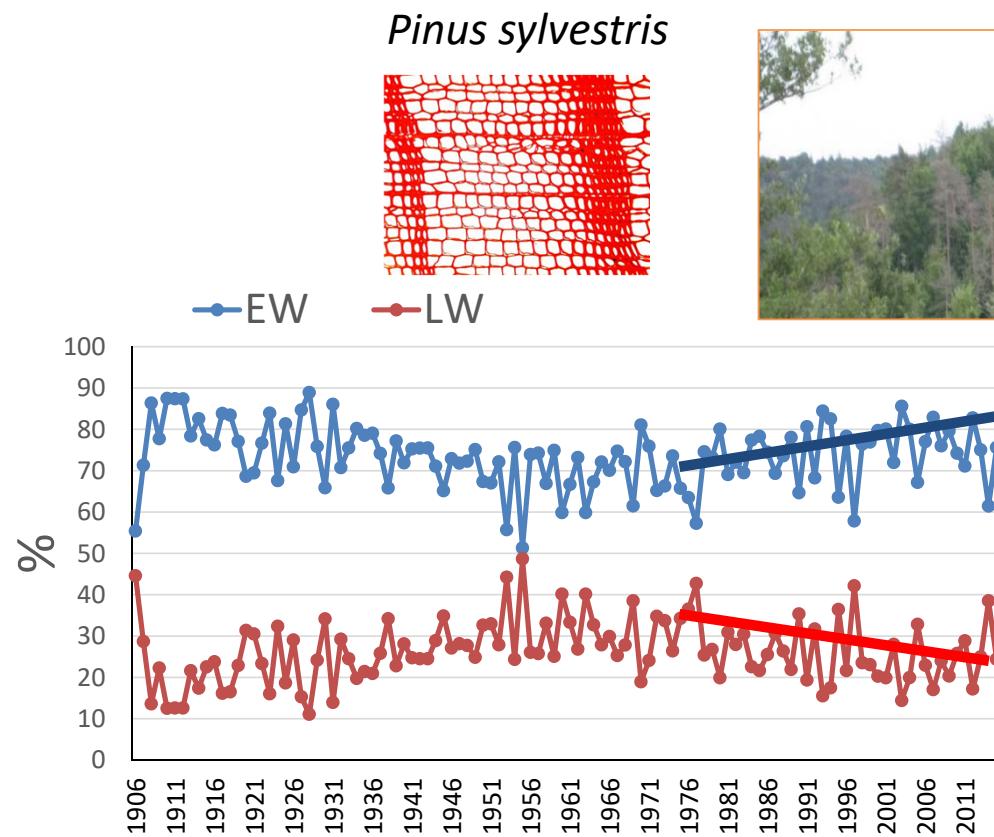


- Grosor de los anillos (RW) [mm/yr]
- Madera temprana (EwW) [mm/yr]
- Madera tardía (LwW) [mm/yr]
- Área basal (BAI) [mm<sup>2</sup>/yr]

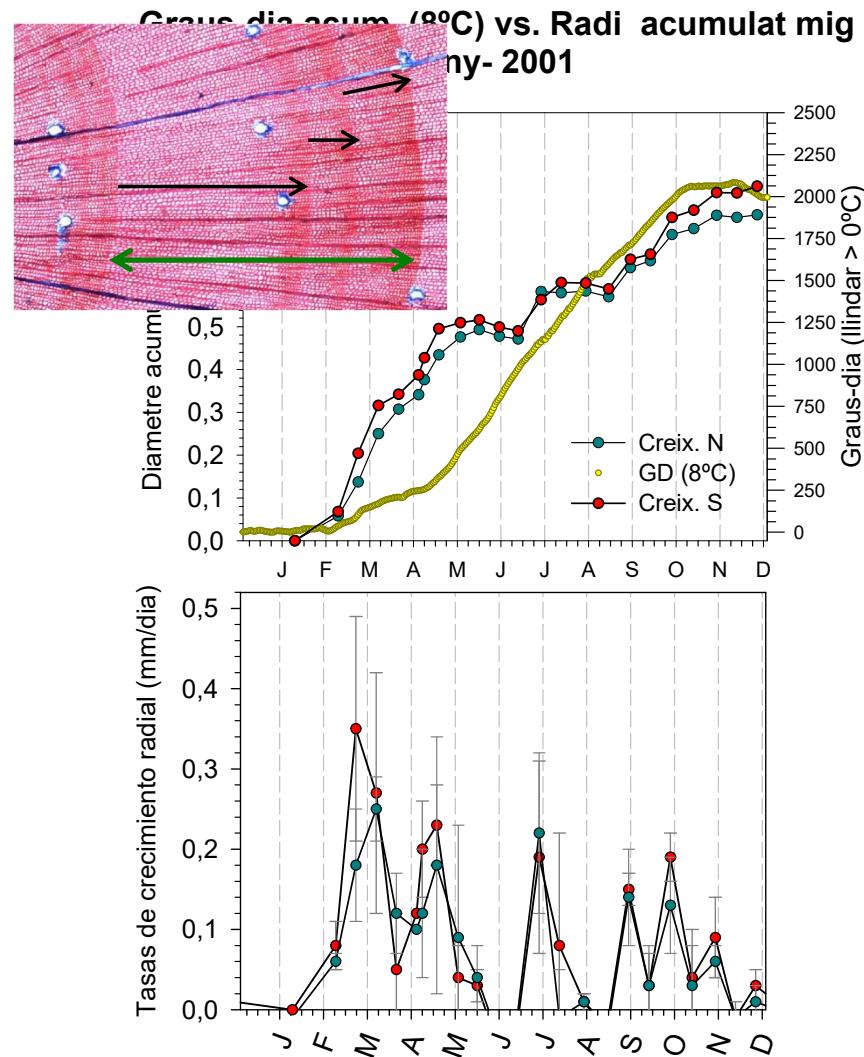
1976-2010	RW	EwW	LwW	BAI
Slope a:	0,042	0,378	-0,336	23,835
Intercept b:	113,94	63,167	50,769	1178,1
r :	0,028	0,384	-0,413	0,704
p(uncorrel)	0,871	0,023	0,014	0,000

# Ajustes del sistema hidráulico

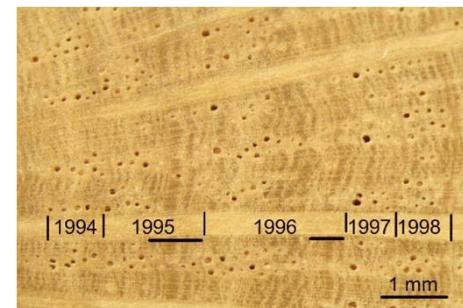
## PROPORCIÓN madera TEMPRANA (EW) y TARDÍA (LW)



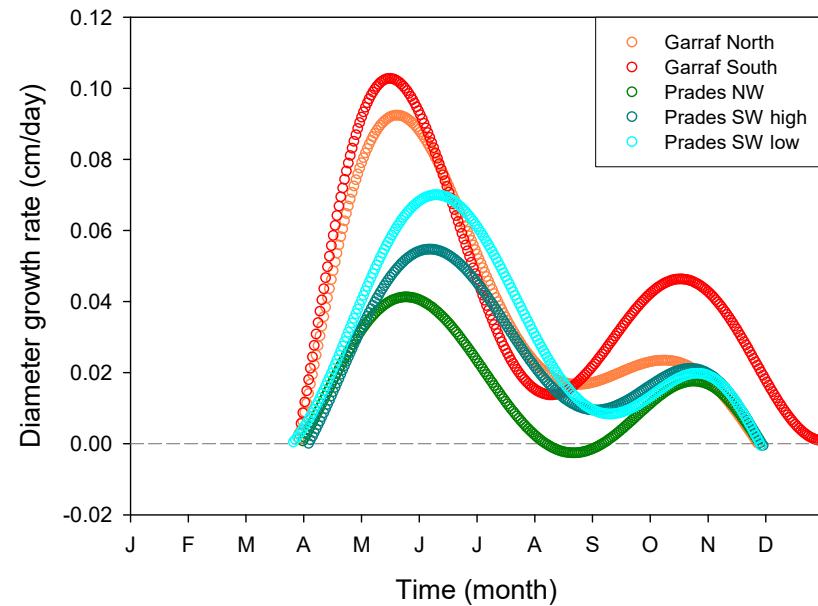
# Ajustes del sistema hidráulico



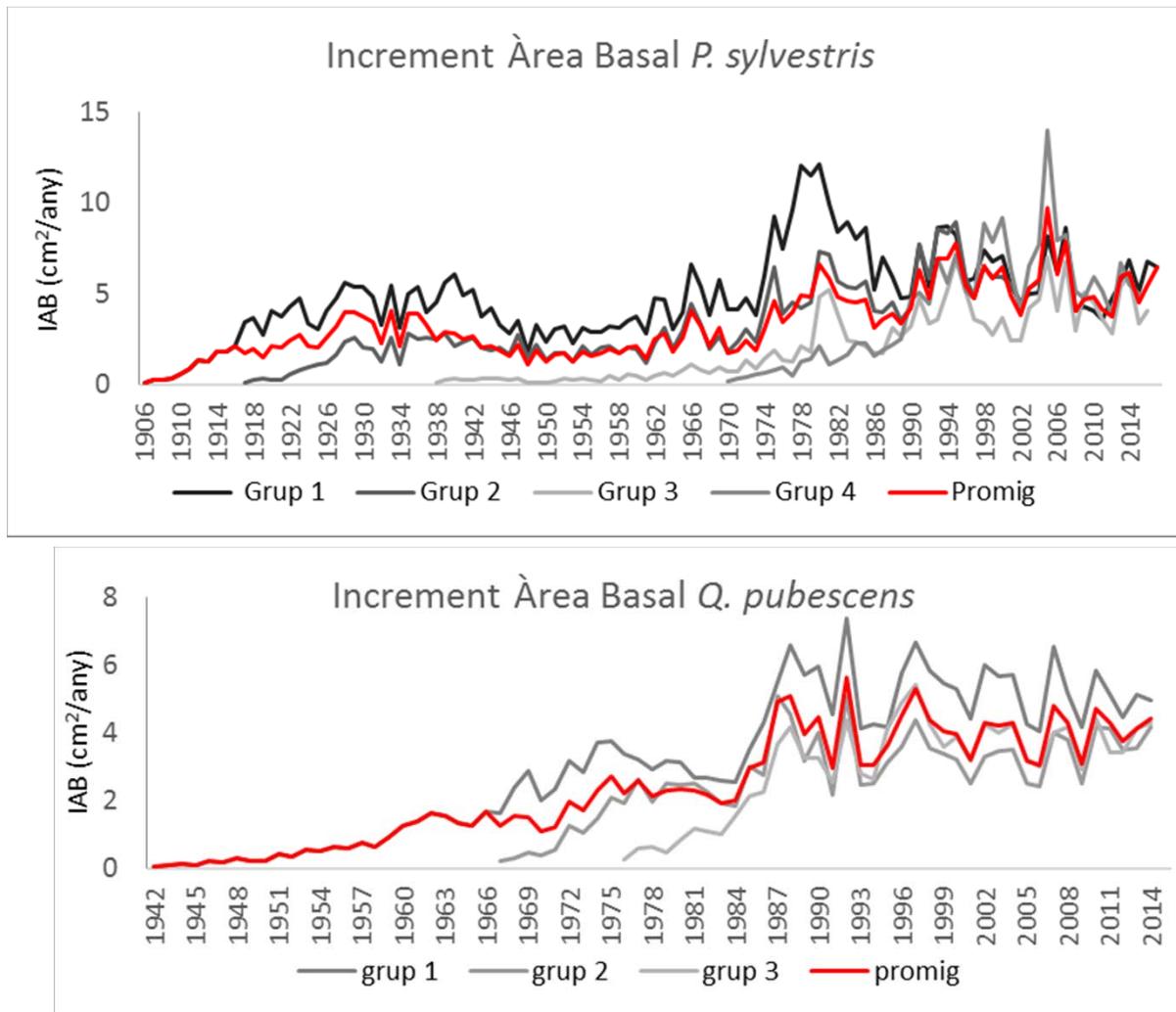
## Plasticidad fenológica



Mean stem(diameter) growth pattern  
*Quercus ilex*



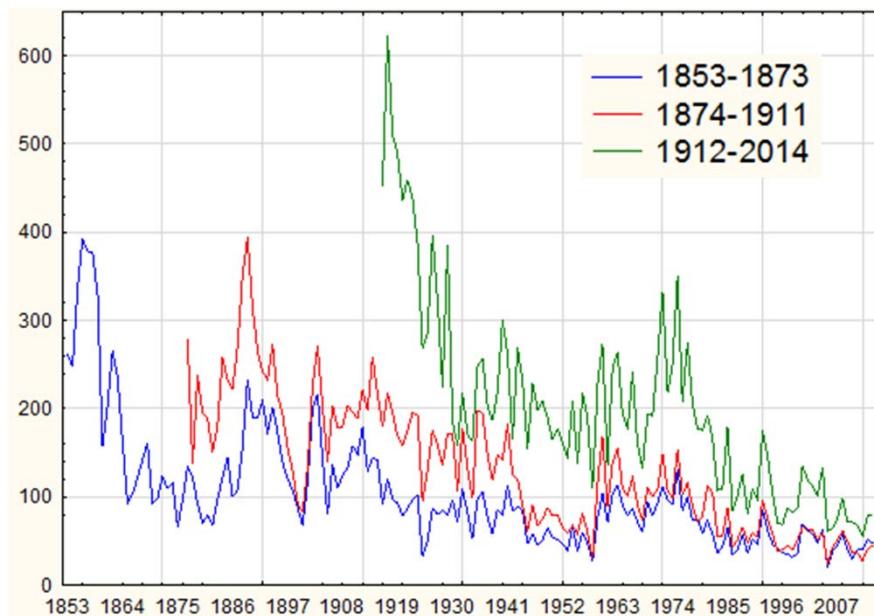
# El crecimiento de los árboles



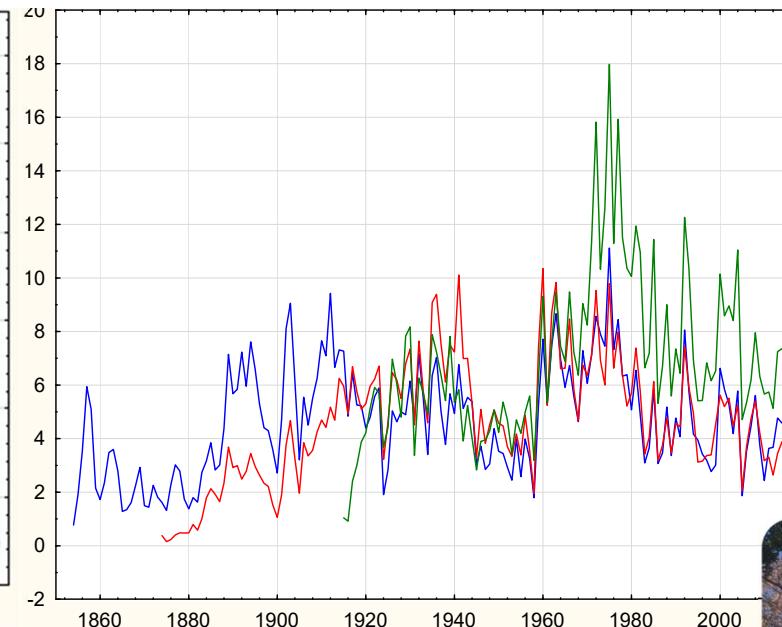
Bosque mixto de *Pinus sylvestris* y *Quercus pubescens*.  
Comarca de Osona (Barcelona) - Prepirineo

# El crecimiento de los árboles

GROSOR DE LOS ANILLOS (0,01 mm)



ÁREA BASAL (cm<sup>2</sup>)



## TITLLAR

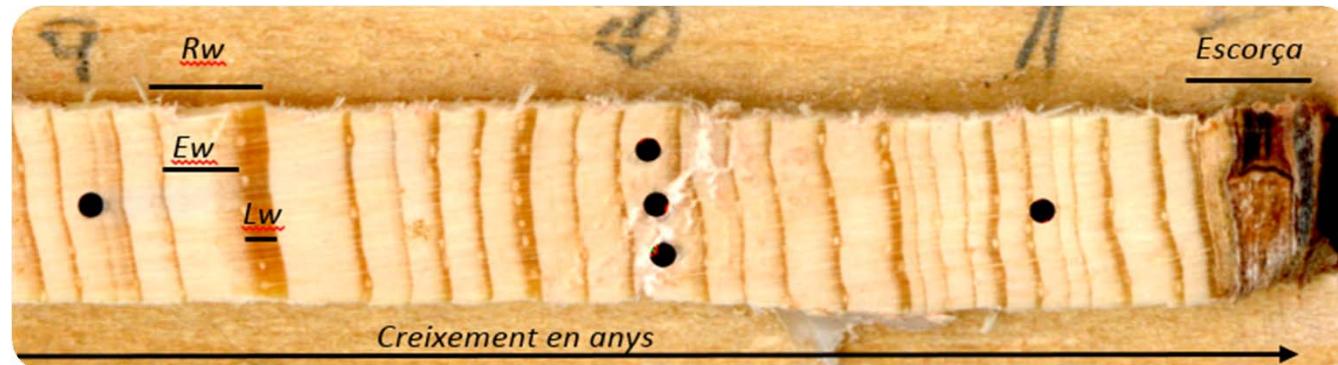
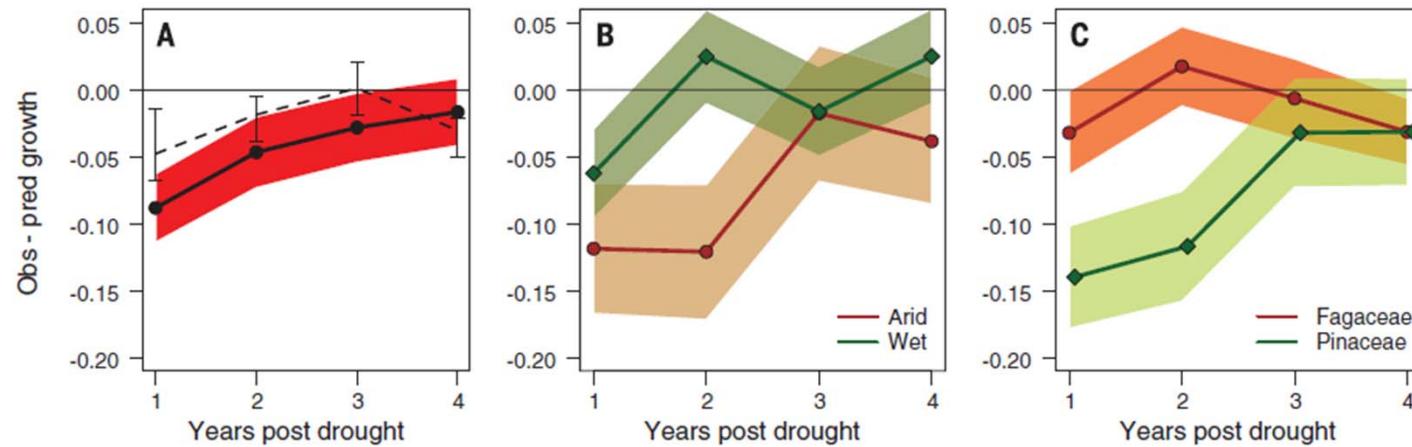
Nº SERIES / ÁRBOLES	68 / 34
SERIE MAESTRA LONGITUD	1853-2014
MÁXIMA (AÑOS)	162
INTERCORRELACIÓN	0.664
MSx	0.360
LONGITUD MEDIA (AÑOS)	103.3

*Pinus sylvestris*

(Montanyes de Prades, Tarragona)

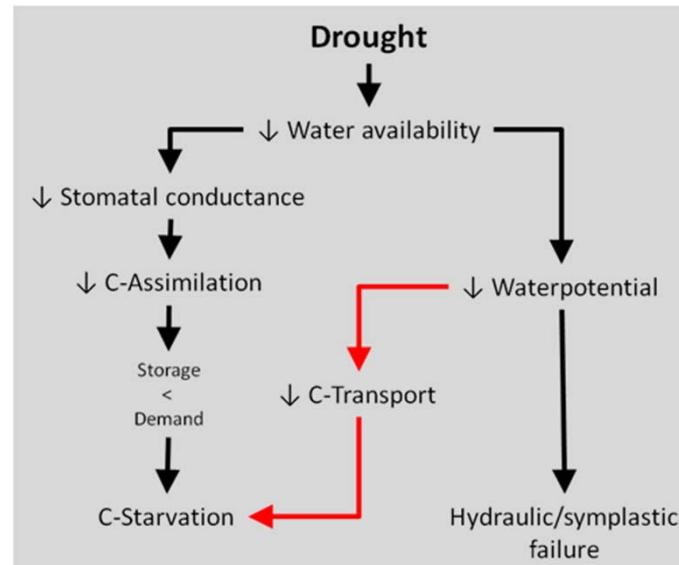
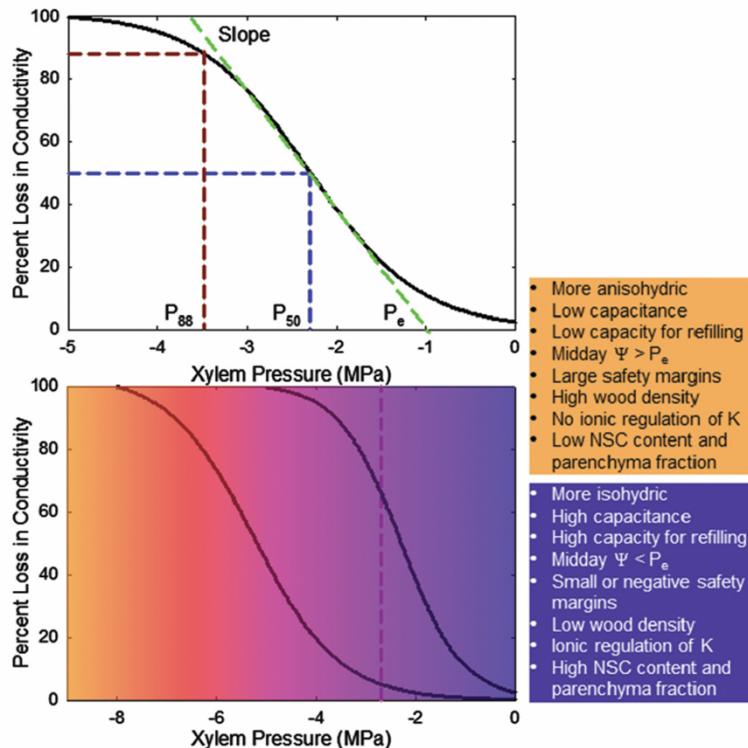


# El legado de las sequías extremas



Disminución del grosor del anillo debido a la disminución del área foliar y de carbohidratos

## El colapso el sistema conductor y/o la falta de carbohidratos

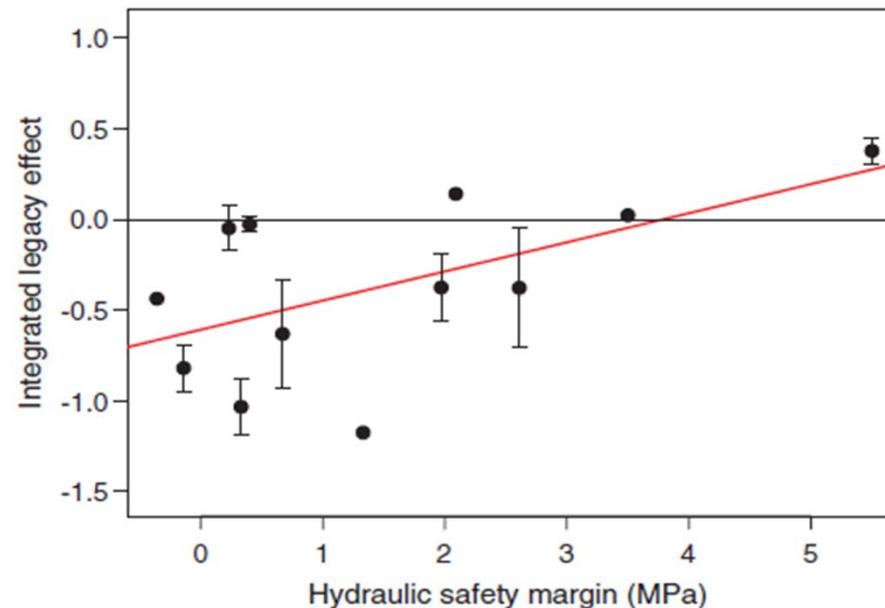
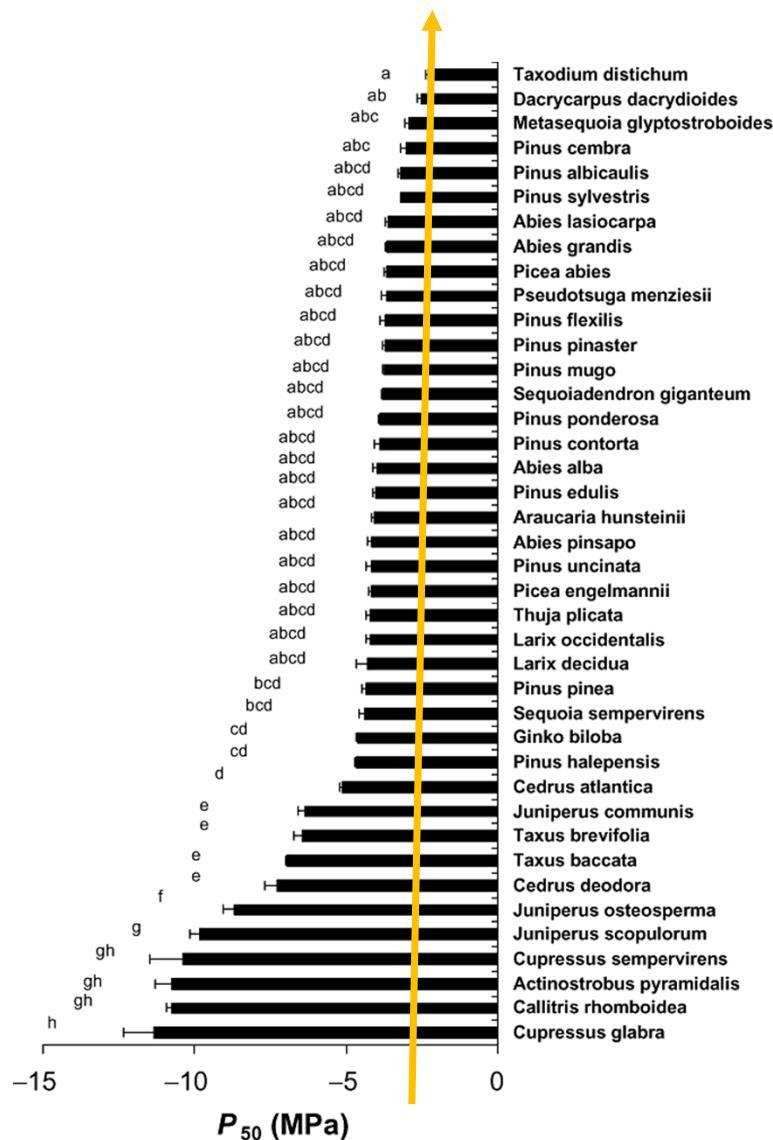


respuestas fisiológicas:

- ahorro de agua, hasta donde se puede
- protección del sistema conductor

Algunos estudios han mostrado que en especies, como la encina (*Quercus ilex*) o el pino albar (*Pinus sylvestris*), los efectos de la sequía podrían causar la fallida hidráulica producida por niveles elevados de embolismo (Martínez-Vilalta et al., 2002b; Martínez-Vilalta & Piñol, 2002).

# La recuperación de los efectos de las sequías

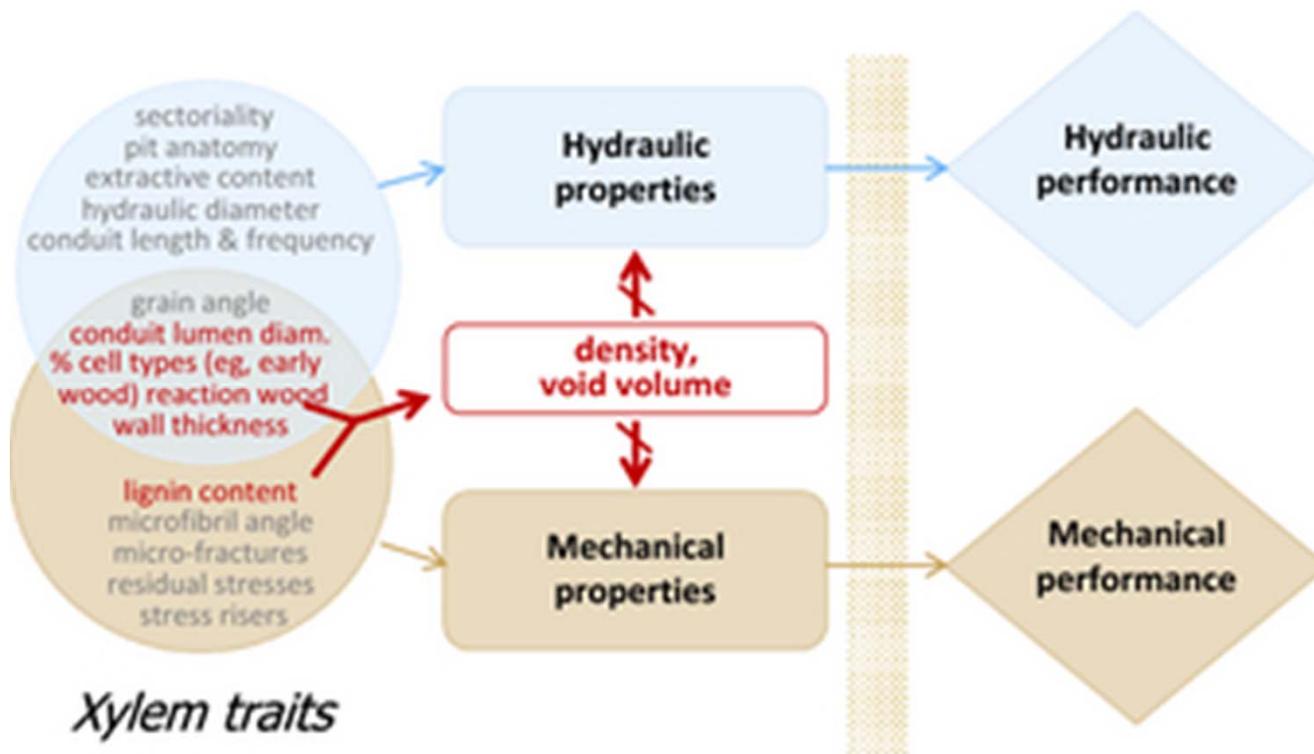


Las especies más propensas al fallo hidráulico son las que peor se recuperan

Xylem pressure inducing 50% loss in conductance ( $P_{50}$ ) measured in 40 conifer species using the Cavitron technique ( $n = 5$  per species).

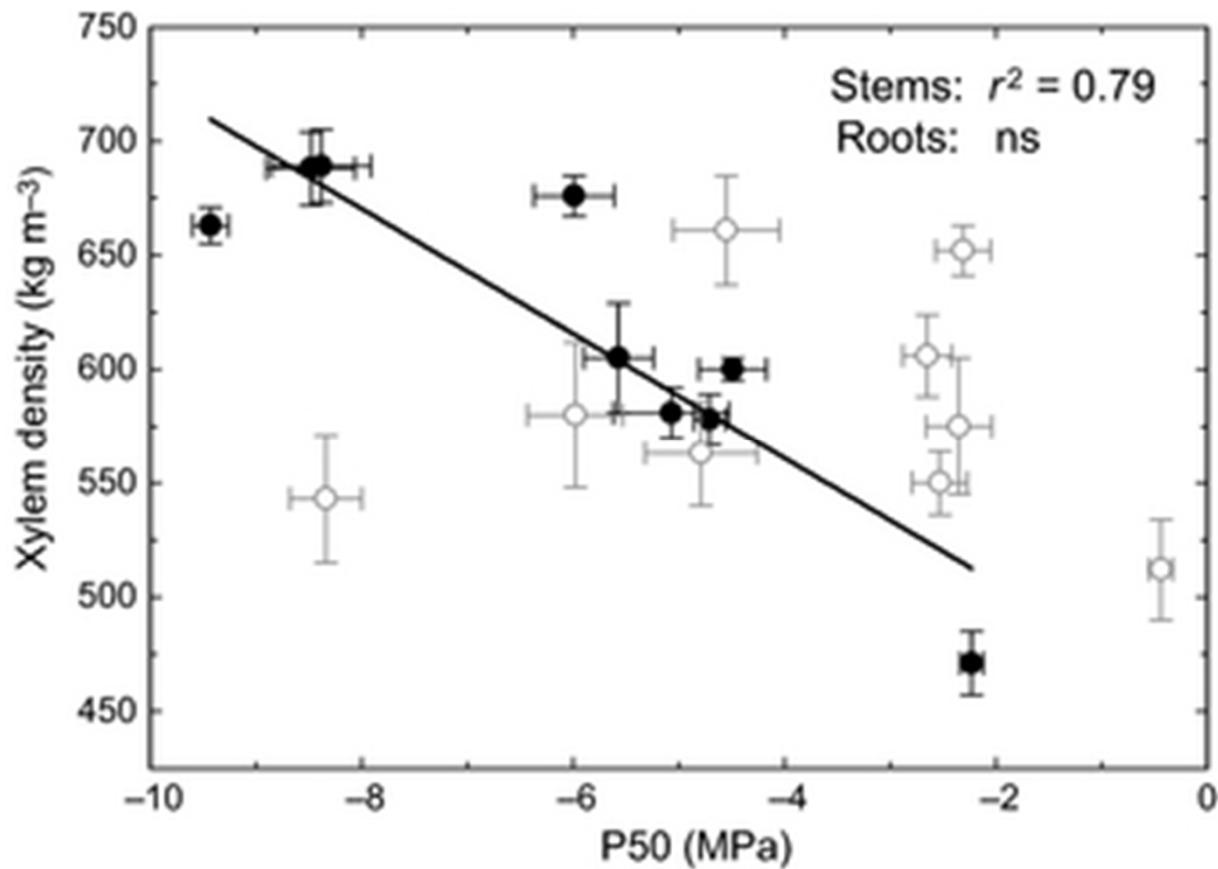
Delzon et al. (2010) <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-3040.2010.02208.x/full>

# Rasgos funcionales, combinaciones y compensaciones (*trade-offs*)



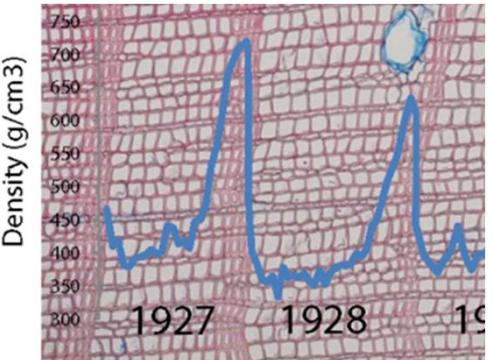
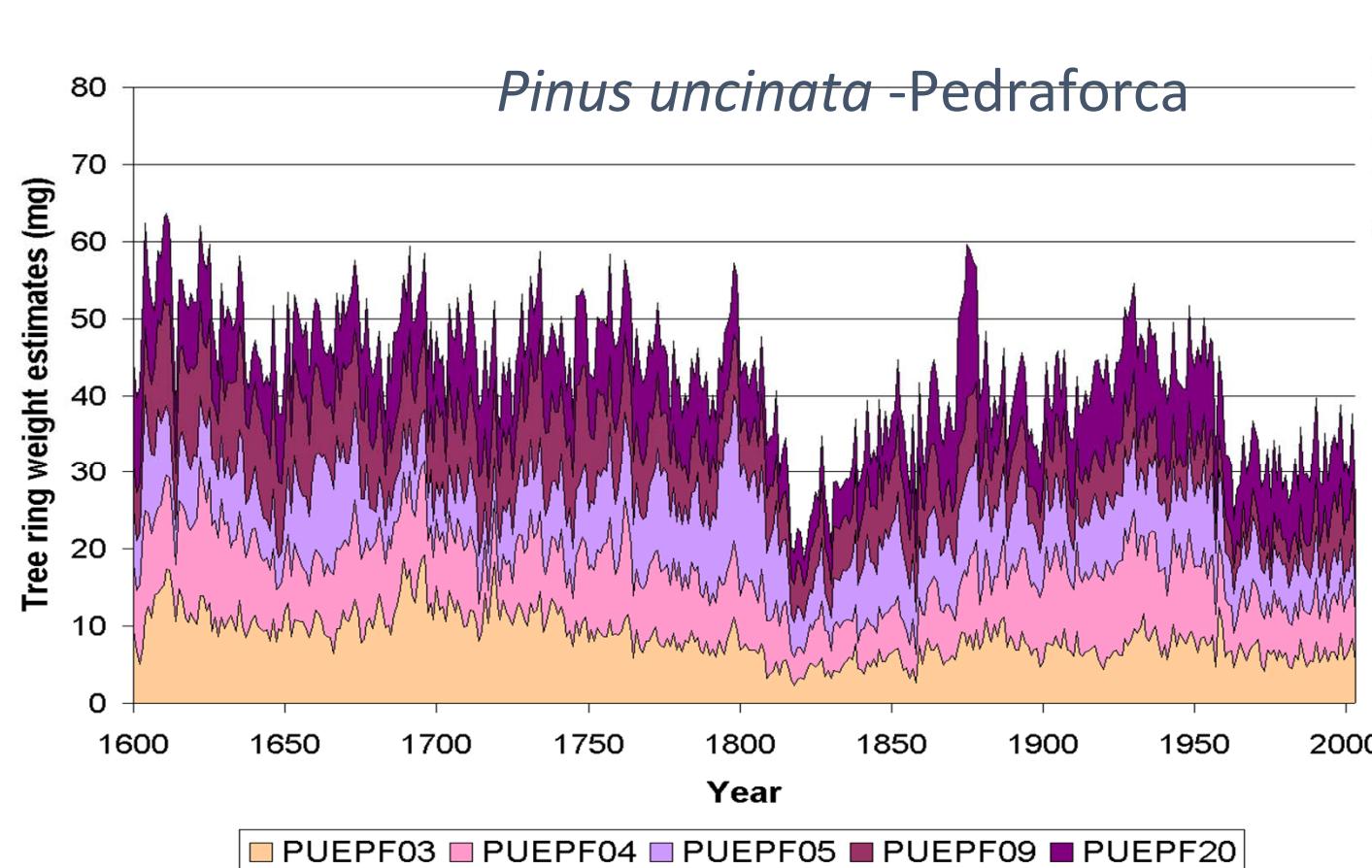
Traits, properties, and performance: how woody plants combine hydraulic and mechanical functions in a cell, tissue, or whole plant  
 New Phytologist Volume 204, Issue 4, pages 747-764, 23 SEP 2014 DOI: 10.1111/nph.13035  
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/nph.13035/full#nph13035-fig-0002>

# Importancia de la densidad de la madera



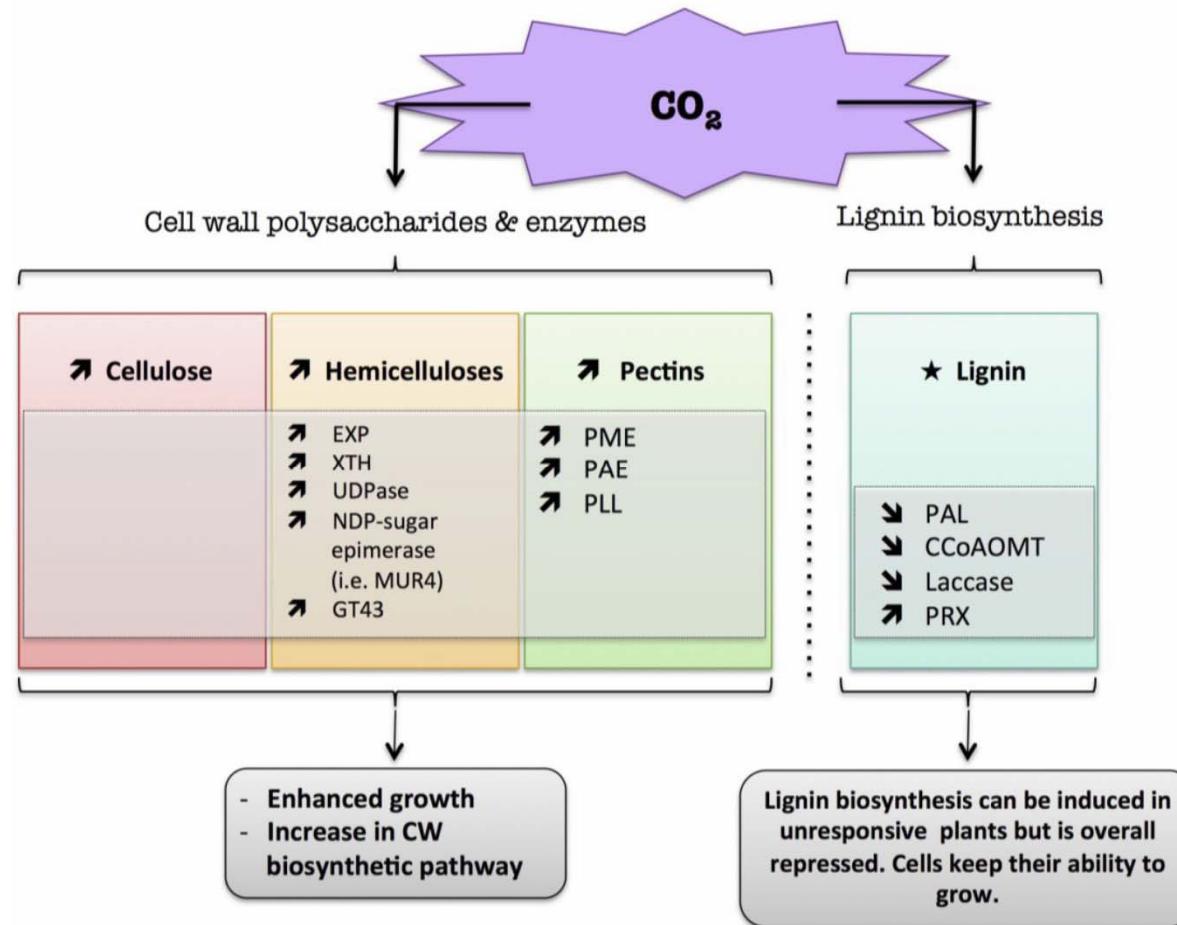
La densidad del xilema es un buen predictor de la resistencia al embolismo de los troncos (círculos cerrados) pero no de las raíces (círculos abiertos)

# Tendencias de la densidad de la madera

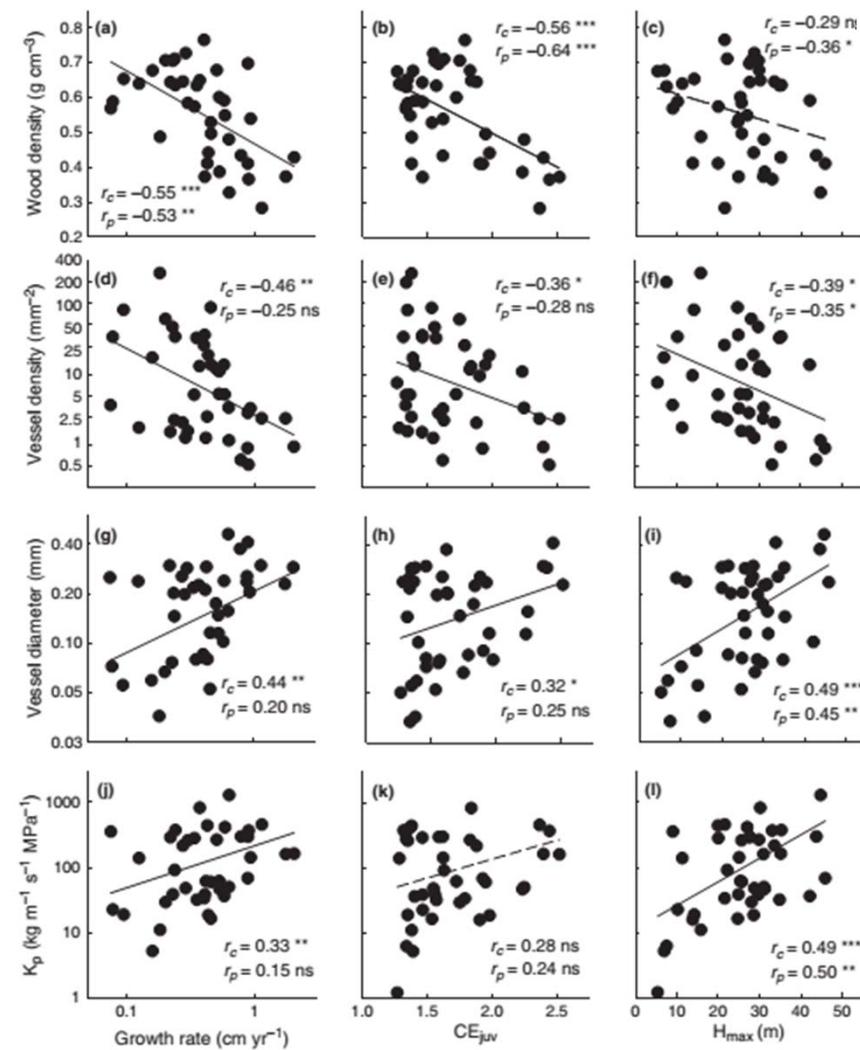
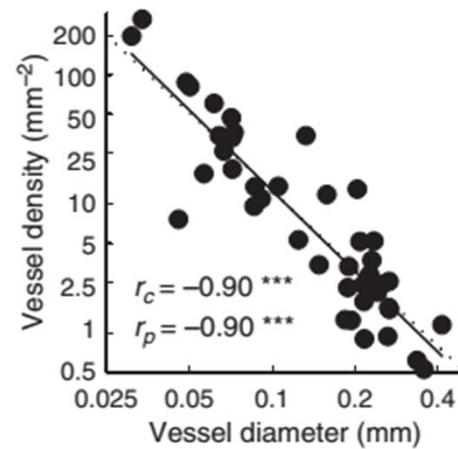


La resistencia a la cavitación inducida por el estrés hídrico es un indicador importante de la tolerancia a la sequía en especies leñosas y se sabe que está íntimamente ligada a la anatomía del xilema.

# Efectos del CO<sub>2</sub> sobre los materiales. La lignina



# Importancia de las características de la madera en la historia de vida de los árboles



Poorter et al (2010) New Phytologist

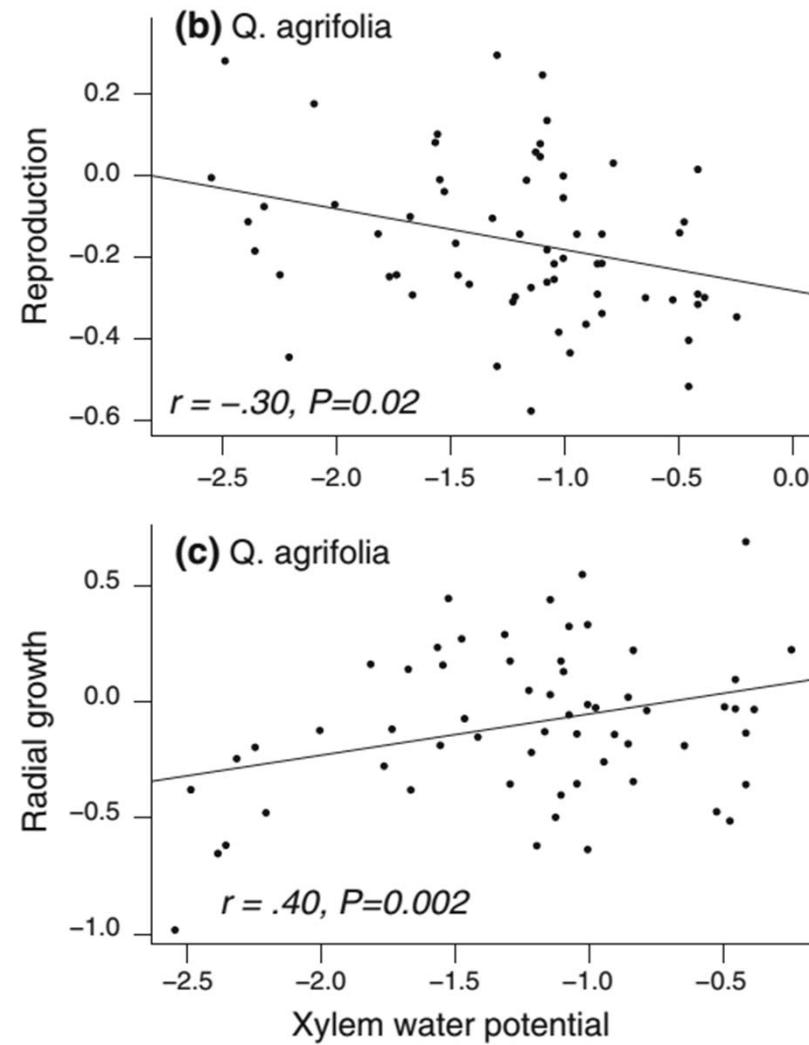
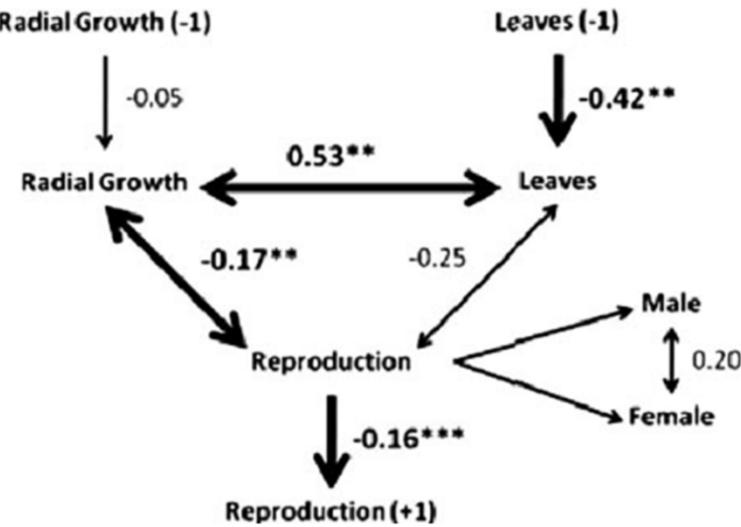
Volume 185, Issue 2, pages 481-492, 19 NOV 2009 DOI: 10.1111/j.1469-8137.2009.03092.x

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8137.2009.03092.x/full#f6>

# Interrelaciones entre rasgos de la historia de vida

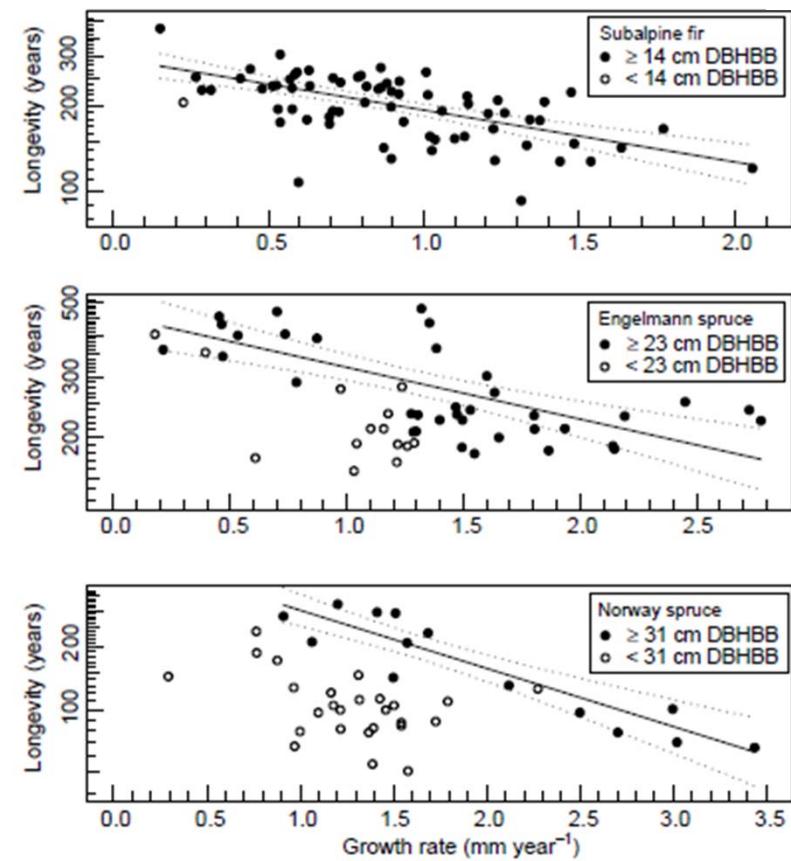
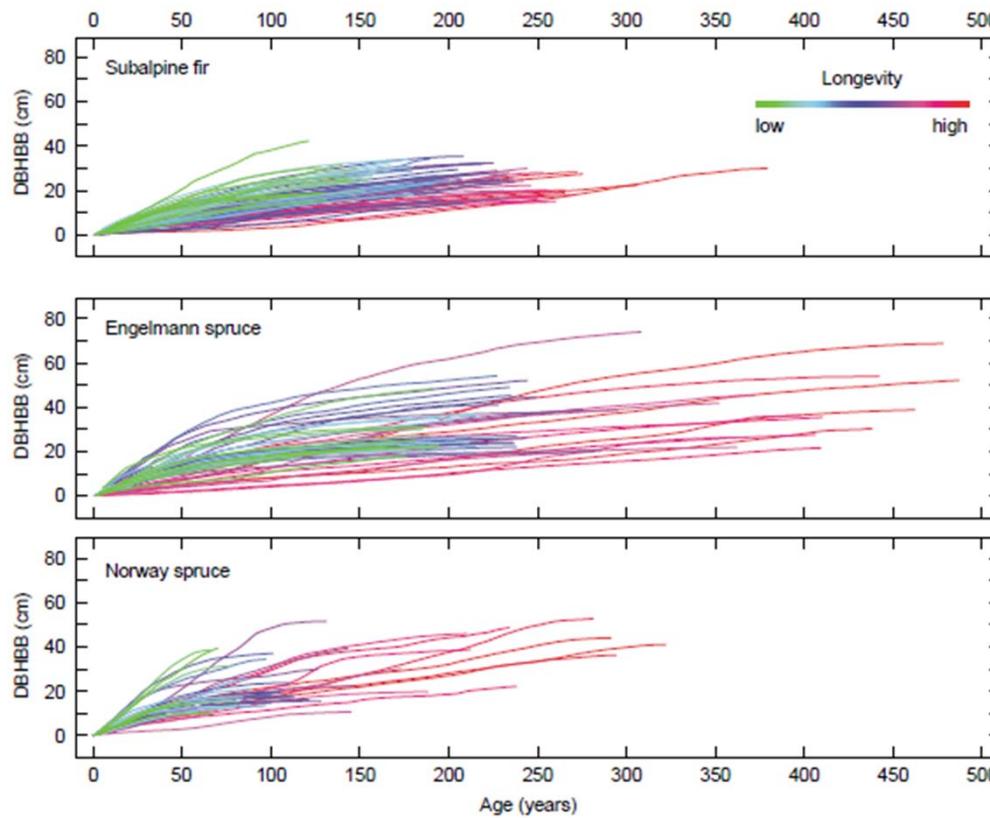
Robles de California

(c) *Q. agrifolia*



Brian C. Barringer

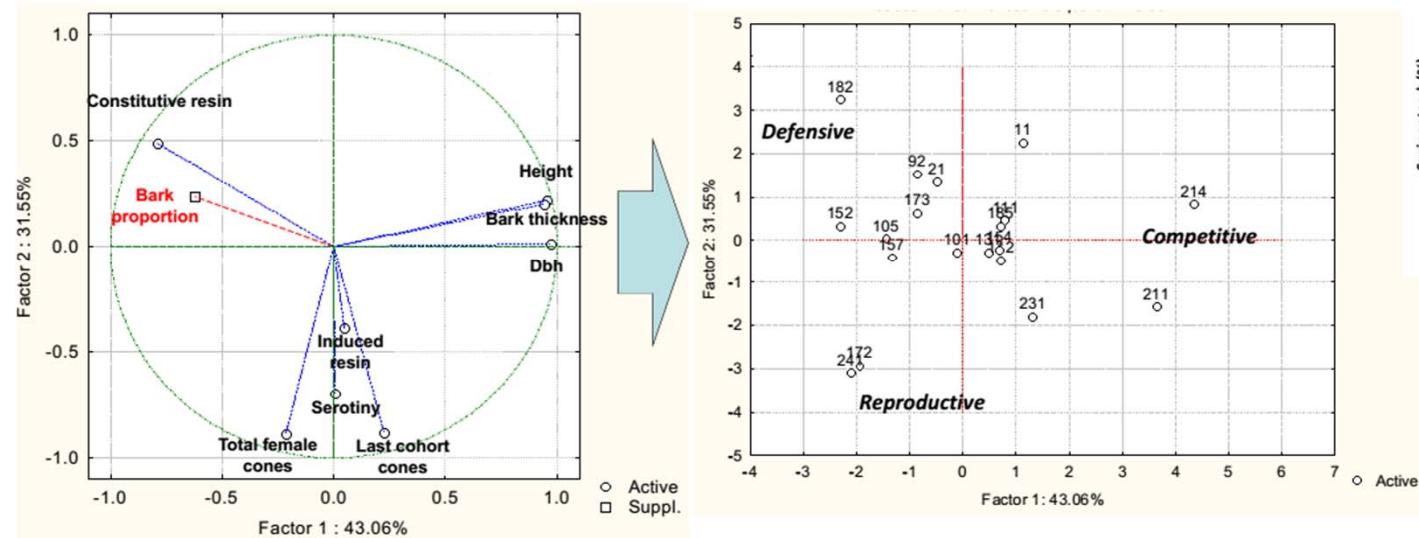
# Crecimiento y supervivencia



Bigler & Veblen (2009) Increased early growth rates decrease longevities of conifers in subalpine forests. *Oikos*

# Compensaciones (trade-offs) entre crecimiento + mantenimiento, reproducción y defensas constitutivas

*Pinus halepensis* Experimentos de trasplante



Las dos poblaciones griegas presentan las tasas más altas de crecimiento a expensas de reducir en reproducción y defensa.

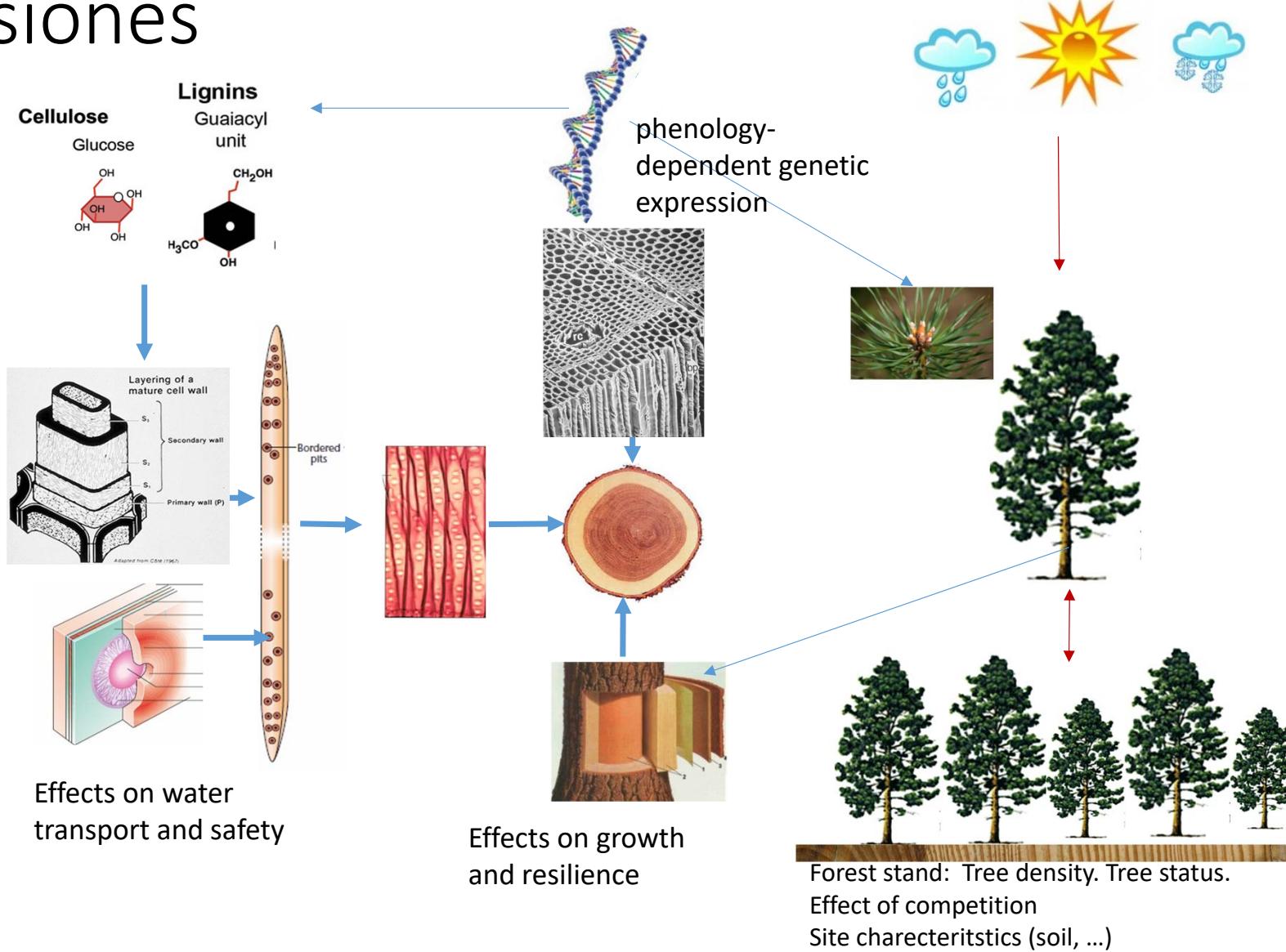
Jose Climent<sup>1,4</sup>

# Conclusiones

- Gran plasticidad en la respuesta al cambio climático
- Aumento del grosor de la madera TEMPRANA (del núm. de vasos y su área en *Quercus crispula*\* ) en las últimas décadas.
- Disminución del grosor de la madera TARDÍA debido al aumento sostenido de las temperaturas y al inicio más temprano de la primavera.
- Los cambios observados representan una **ACLIMATACIÓN**.
- Consecuencias genéticas y evolutivas de los árboles en los límites de su área de distribución sur (muchas especies forestales en España).
- Análisis de las compensaciones (trade-offs) a todas las escalas para determinar las restricciones ecológicas sobre las que puede actuar la evolución.
- Mortalidad, migración (refugios), contracción de las áreas de distribución
- Selección de genotipos y "migración asistida"

\*Nabeshima et al. (2015) Trees

# Conclusiones



# Resumen

El cambio climático constituye el desafío ambiental más importante para el funcionamiento de los bosques, en particular en las regiones con un gran déficit hídrico como la mediterránea donde, además, se estima que las temperaturas medias anuales a finales del presente siglo sean 2-6°C más altas que en la actualidad. El calentamiento y el aumento de CO<sub>2</sub> atmosférico están modificando el calendario fenológico, la adquisición y la asignación de recursos de los árboles de manera que las características de la historia de vida quedan afectadas.

Frente a esta situación, la gestión forestal se hace más complicada y los desafíos de la comunidad científica para predecir el área de distribución de los bosques son grandes. Estas dificultades se deben en gran medida a que la respuesta de los árboles a las condiciones ambientales es muy plástica y están involucrados muchos factores y procesos que interactúan entre sí y con características de los árboles (tamaño, edad, estatus competitivo) lo que también hace difícil poner de manifiesto los mecanismos subyacentes de la respuesta y adaptación de los árboles.

La dendroecología apoyada en la fisiología nos permite abordar con éxito algunas cuestiones clave relacionadas con características ecofisiológicas, el crecimiento y la supervivencia de los árboles.

¡GRACIAS POR VUESTRA ATENCIÓN!



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

Gestión del monte: servicios ambientales y bioeconomía



26 - 30 junio 2017 || Plasencia  
Cáceres, Extremadura



[www.congresoforestal.es](http://www.congresoforestal.es)

**Contacto**

(Dept de Biología Evolutiva, Ecología i Ciències Ambientals  
Facultat de Biologia  
Universitat de Barcelona  
Av Diagonal 643. E-08028 Barcelona  
[emgutierrez@ub.edu](mailto:emgutierrez@ub.edu)