



LA ECOFISIOLOGÍA: una herramienta útil para el estudio de la Salud de los Bosques

**J.J. Peguero-Pina¹, D. Sancho-Knapik²,
D. Villarroya², F. Morales³, E. Gil-Pelegri²**

¹Universitat de les Illes Balears, jjpeguero@aragon.es

²CITA de Aragón; ³EEAD (CSIC), Univ. Navarra



Unidad de Recursos Forestales



Ecología Forestal



Estudio del funcionamiento de las masas forestales autóctonas con objeto de definir protocolos de conservación

Estudio de distintos procesos de
DECAIMIENTO FORESTAL



ECOFISIOLOGÍA



Explicación de mecanismos

¿Causas?



**SIGNIFICADO ÚLTIMO DEL
PAISAJE FORESTAL**

DECAIMIENTO FORESTAL en la Península Ibérica

Especies que ocupan áreas bajo condiciones ecológicas muy distintas de las típicas de la especie.

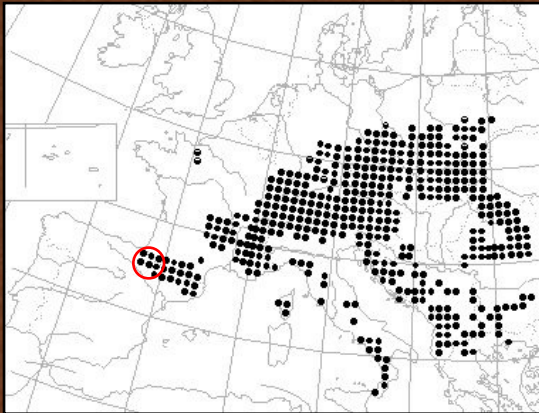
Especies representantes "genuinas" de la flora leñosa mediterránea, con gran resistencia al déficit hídrico.

- *Abies alba* Mill.
- *Pinus sylvestris* L.

- *Quercus* L.



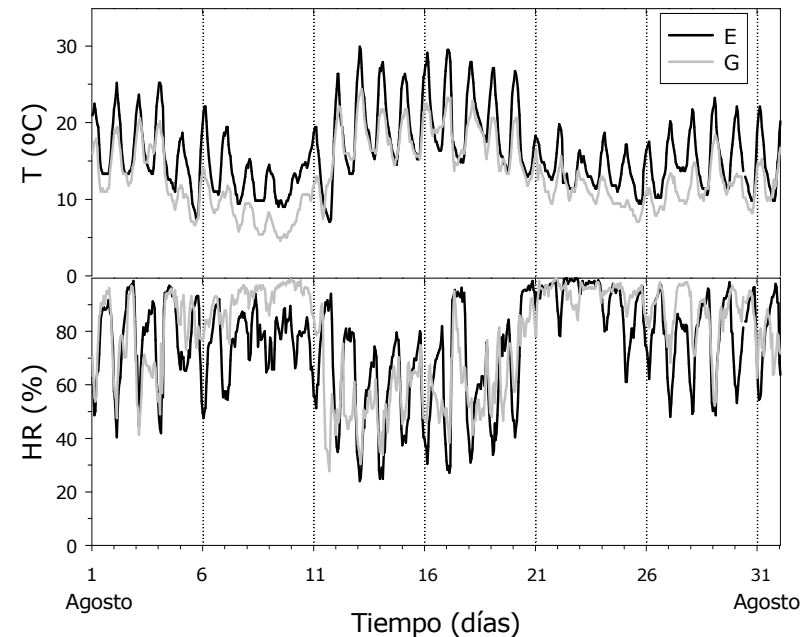
El decaimiento de *Abies alba* Mill. en el Pirineo aragonés desde un punto de vista fisiológico



- *Abies alba* Mill. alcanza en la Península Ibérica el límite suroccidental de distribución de la especie.
- En el Pirineo español se encuentran algunas poblaciones de *A. alba* en localizaciones marginales que serán más susceptibles a cambios en el clima.

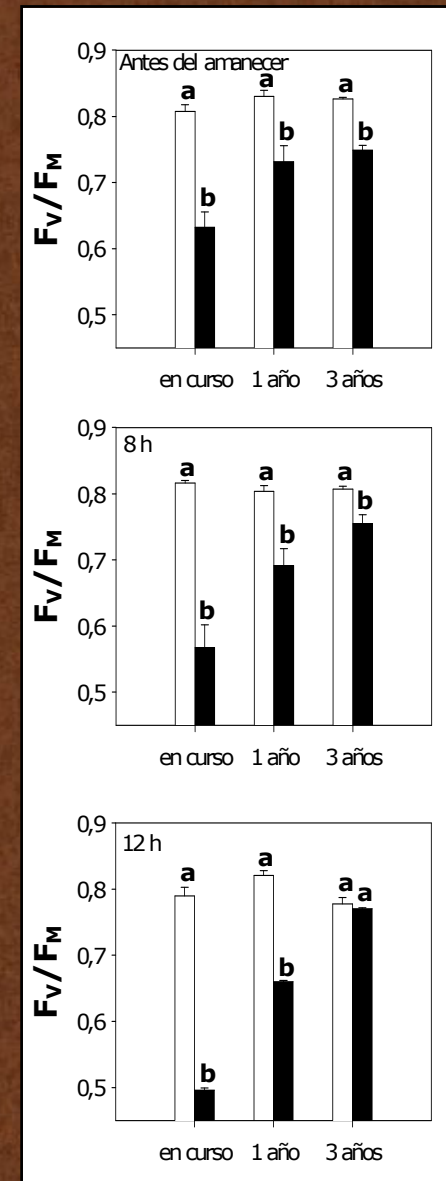
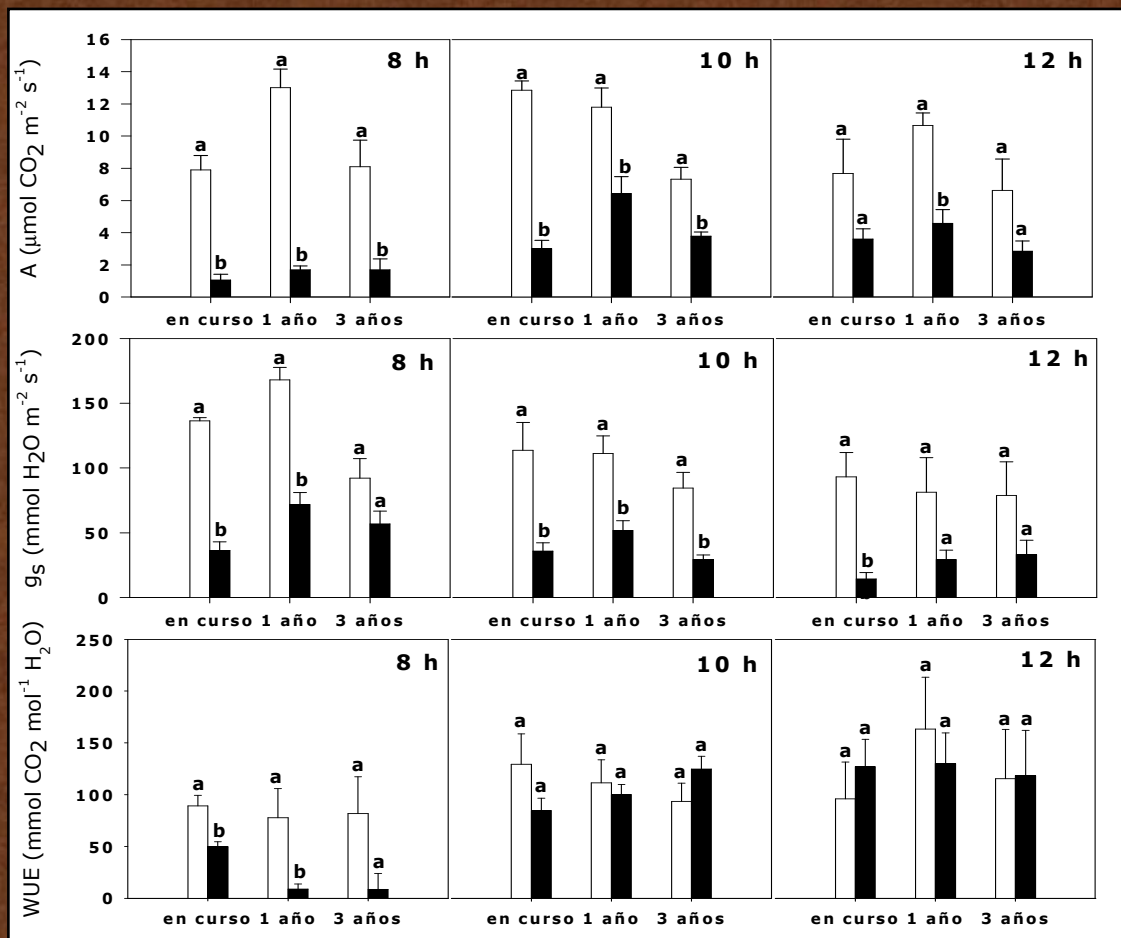
• **Gamueta:** representante genuina de las poblaciones de abeto blanco bajo condiciones atlánticas, más mésicas.

• **Paco Ezpela:** población bajo unas condiciones sub-mediterráneas con mayor xericidad, en una localización marginal, con evidentes signos de decaimiento.





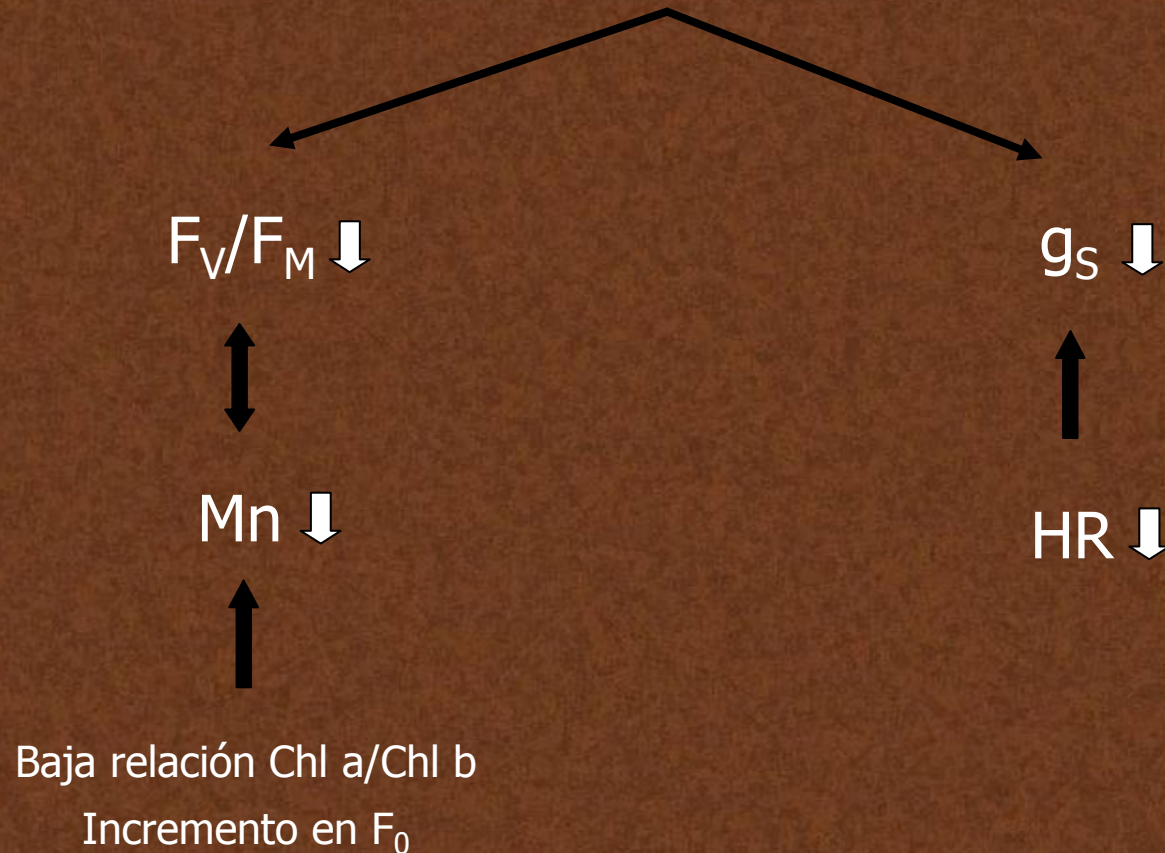
El decaimiento de *Abies alba* Mill. en el Pirineo aragonés desde un punto de vista fisiológico





El decaimiento de *Abies alba* Mill. en el Pirineo aragonés desde un punto de vista fisiológico

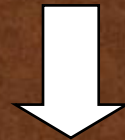
Las acículas de 0 y 1 año de la población en decaimiento presentaban valores de fotosíntesis neta extremadamente bajos





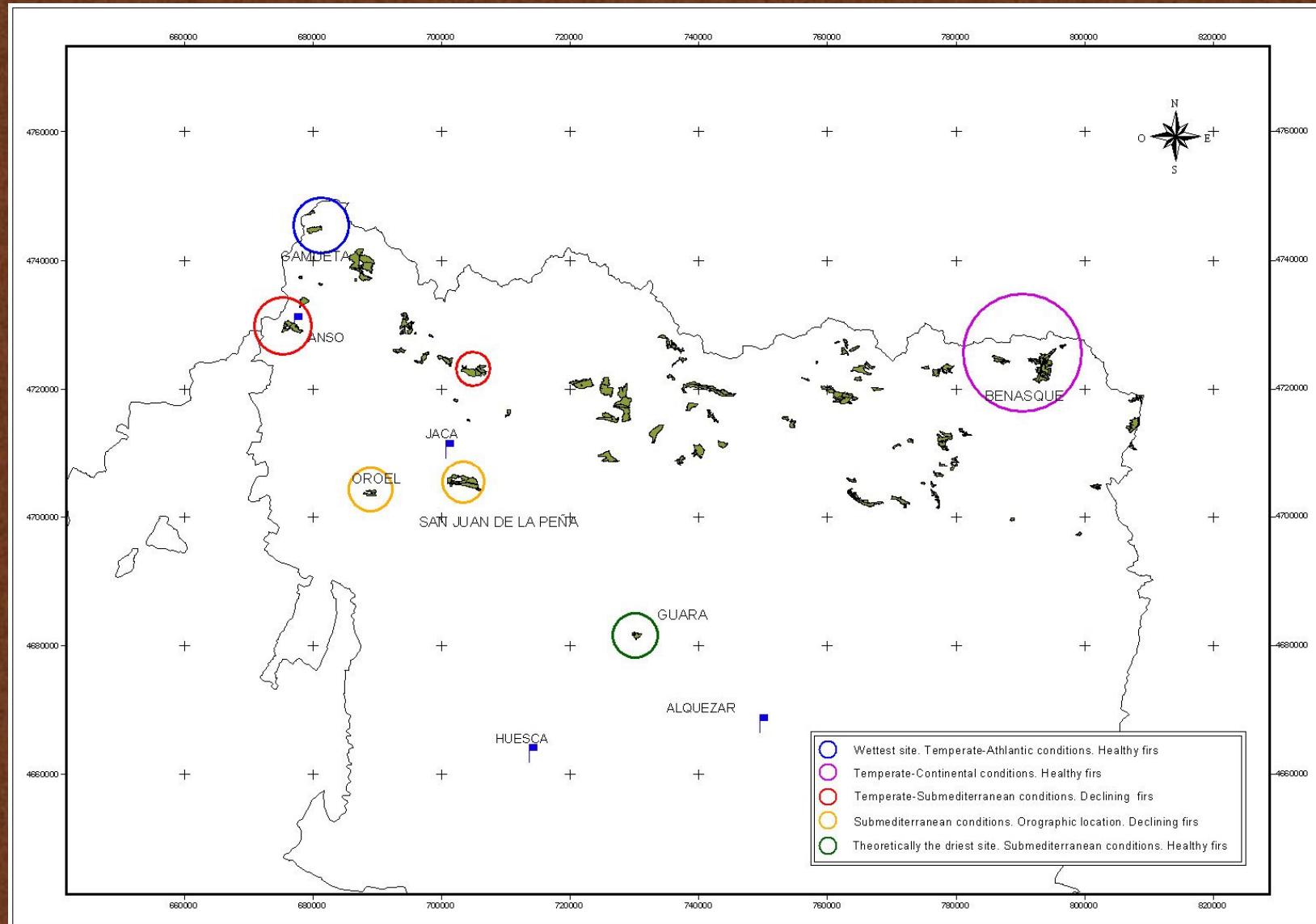
El decaimiento de *Abies alba* Mill. en el Pirineo aragonés desde un punto de vista fisiológico

El clima podría influir en el desarrollo de las poblaciones marginales de *A. alba* bajo una clara influencia mediterránea, respecto a poblaciones con una mayor influencia atlántica y unas condiciones más méxicas.

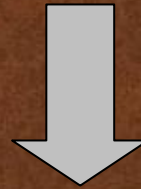


Un futurible aumento de la temperatura y de la frecuencia de sequías intensas en los Pirineos podrían causar una acusada **pérdida de productividad** en aquellas poblaciones de *A. alba* localizadas cerca del límite ecológico de la especie.

Estudio de poblaciones de *Abies alba* en el Pirineo aragonés bajo condiciones climáticas contrastadas

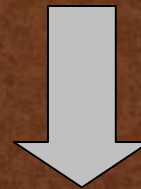


Estudio de poblaciones de *Abies alba* en el Pirineo aragonés bajo condiciones climáticas contrastadas



OBJETIVO

Caracterización **GENÉTICA** y **FISIOLÓGICA** de cada una de estas poblaciones en relación con una posible respuesta diferencial respecto al estrés hídrico.



Abordar una de las consecuencias quizá más probables y más inmediatas del Cambio Climático en este territorio: la posible extinción de ciertas especies de alta importancia paisajística, como *Abies alba*, como consecuencia de este proceso.



El decaimiento de *Pinus sylvestris* L. en el Sistema Ibérico de la provincia de Teruel



- *Pinus sylvestris* L. alcanza en la Península Ibérica su límite meridional de distribución.
- Las poblaciones de *P. sylvestris* del Sistema Ibérico viven bajo unas condiciones climáticas típicas de los pisos montanos secos del área mediterránea, con un nivel de sequía mayor que el existente en zonas alpinas.

- Al final del invierno de 2002 se vieron afectadas unas 14000 ha: (i) amarillamiento y posterior atabacamiento de las acículas y (ii) defoliación intensa de la copa.

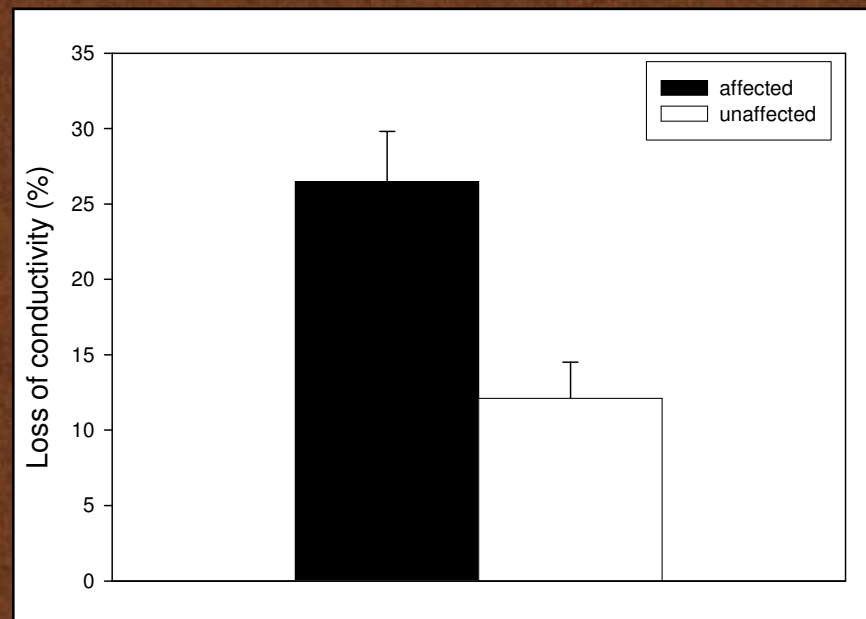
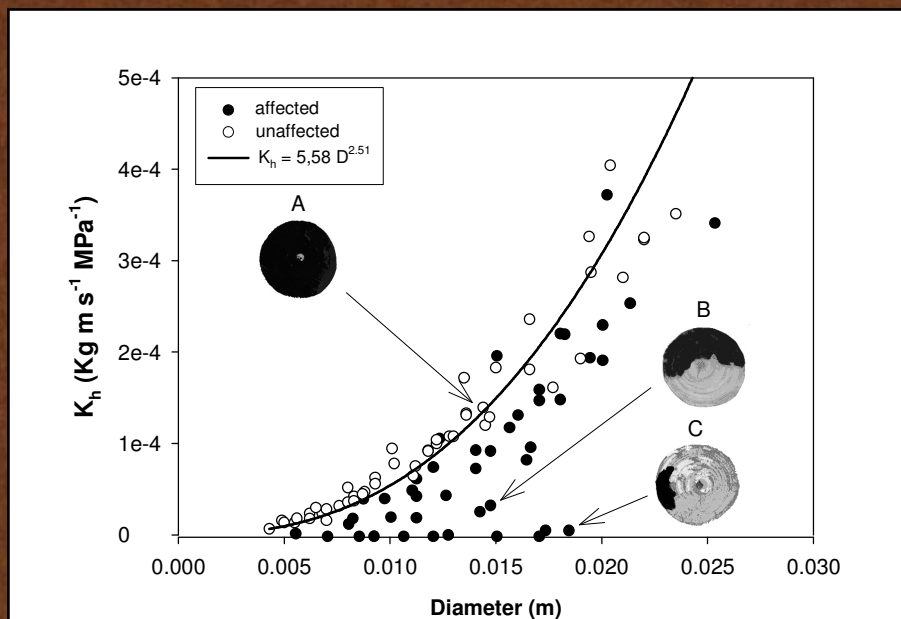
- Se encontraron evidencias de la existencia de un estrés crónico por la combinación de suelos degradados y condiciones climáticas desfavorables para esta especie (periodo vegetativo muy limitado).





El decaimiento de *Pinus sylvestris* L. en el Sistema Ibérico de la provincia de Teruel

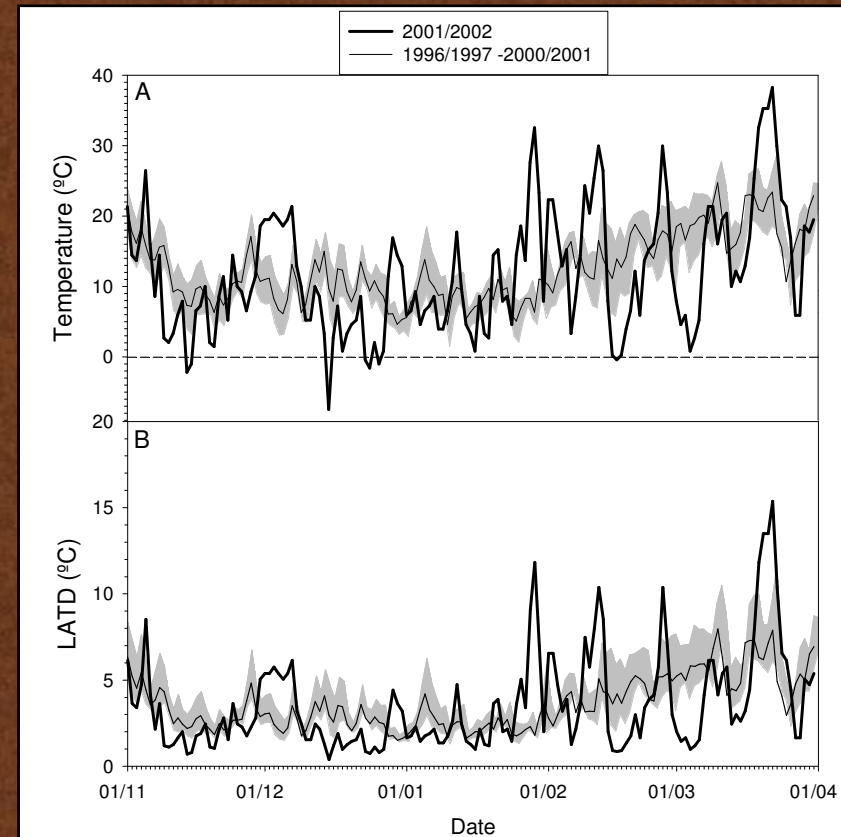
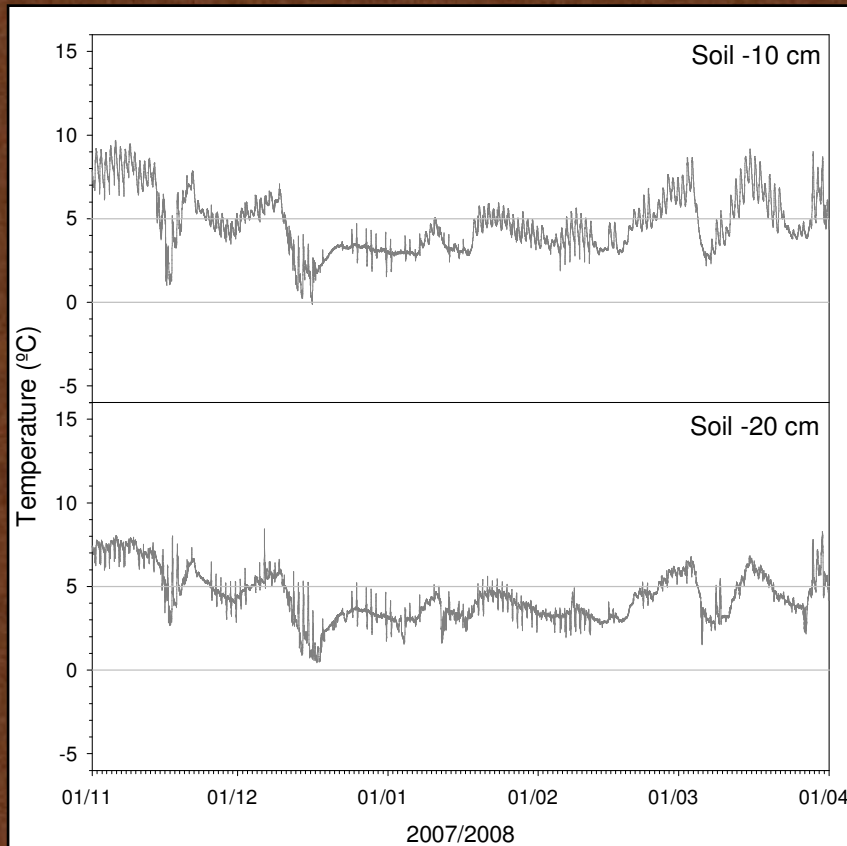
Los ejemplares afectados presentaban un descenso significativo en la capacidad conductora de su xilema, en relación con los ejemplares que no presentaban síntomas.





El decaimiento de *Pinus sylvestris* L. en el Sistema Ibérico de la provincia de Teruel

Se demostró la existencia de una conexión entre las condiciones microclimáticas existentes en los ejemplares afectados durante el invierno de 2001/2002 y el riesgo de embolia del xilema.





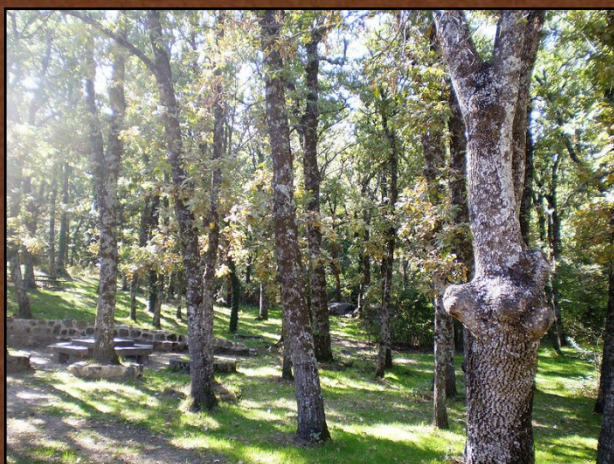
Vínculos funcionales entre el decaimiento y el abandono de los montes bajos de *Quercus pyrenaica* Willd.



Seca de *Quercus* L.



¿Vínculo funcional?



Abandono del monte bajo
"REVIEJADO"



Vínculos funcionales entre el decaimiento y el abandono de los montes bajos de *Quercus pyrenaica* Willd.

El “reviejado” desde una perspectiva funcional



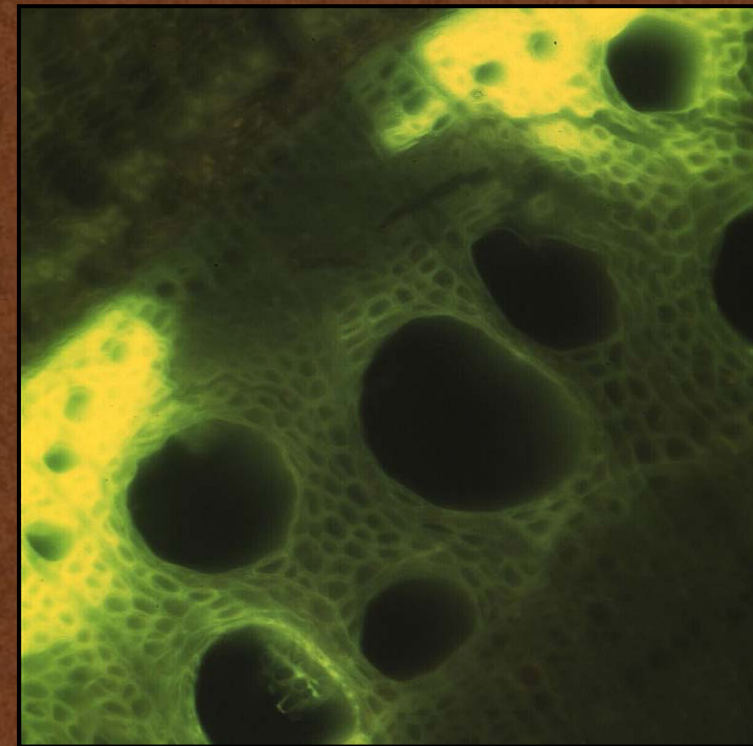
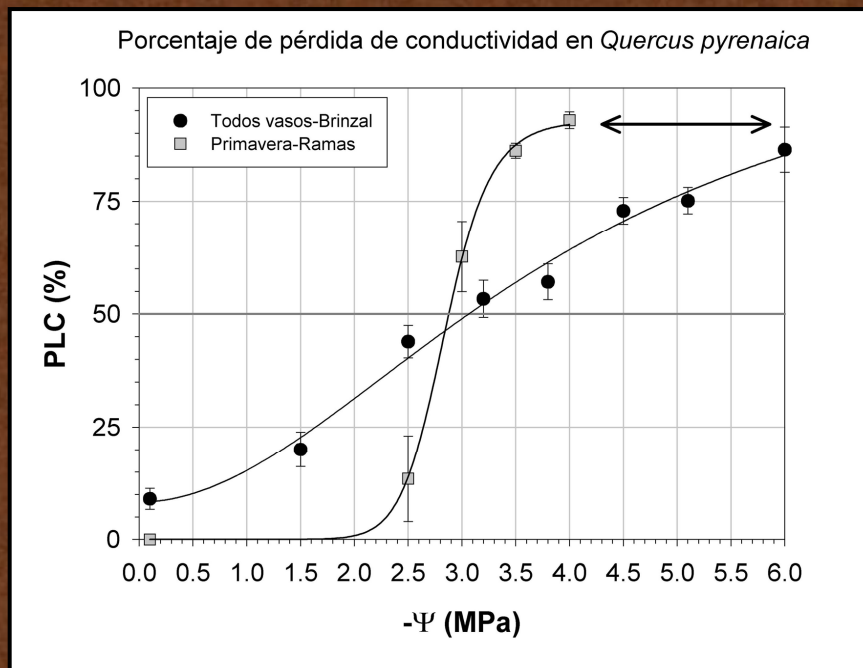
Estudios dendrocronológicos revelan una tendencia clara al desarrollo de anillos conformados exclusivamente por madera de primavera , con escasa o nula formación de madera de verano.





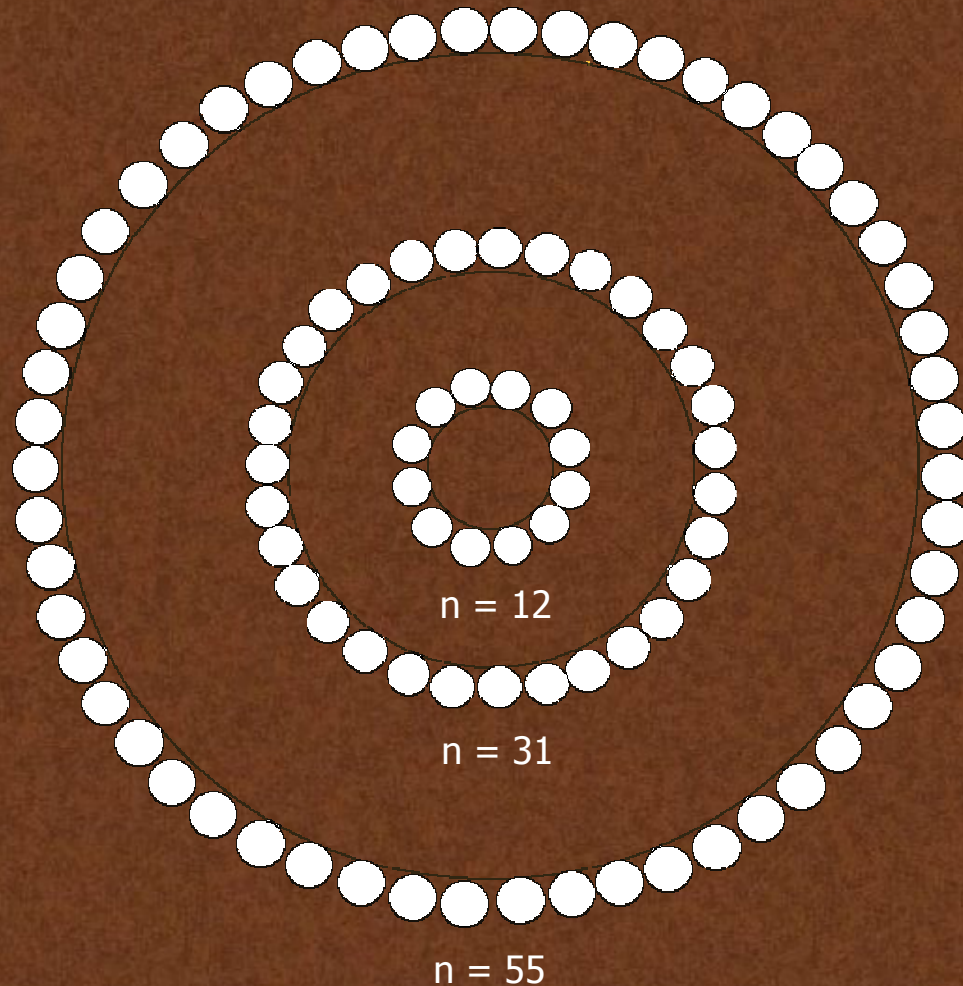
Vínculos funcionales entre el decaimiento y el abandono de los montes bajos de *Quercus pyrenaica* Willd.

Los vasos de mayor diámetro (madera de primavera) son más vulnerables a la embolia por tensión hídrica





Vínculos funcionales entre el decaimiento y el abandono de los montes bajos de *Quercus pyrenaica* Willd.



Los vasos de primavera se disponen en formación apretada rodeando los límites de la madera del año anterior.

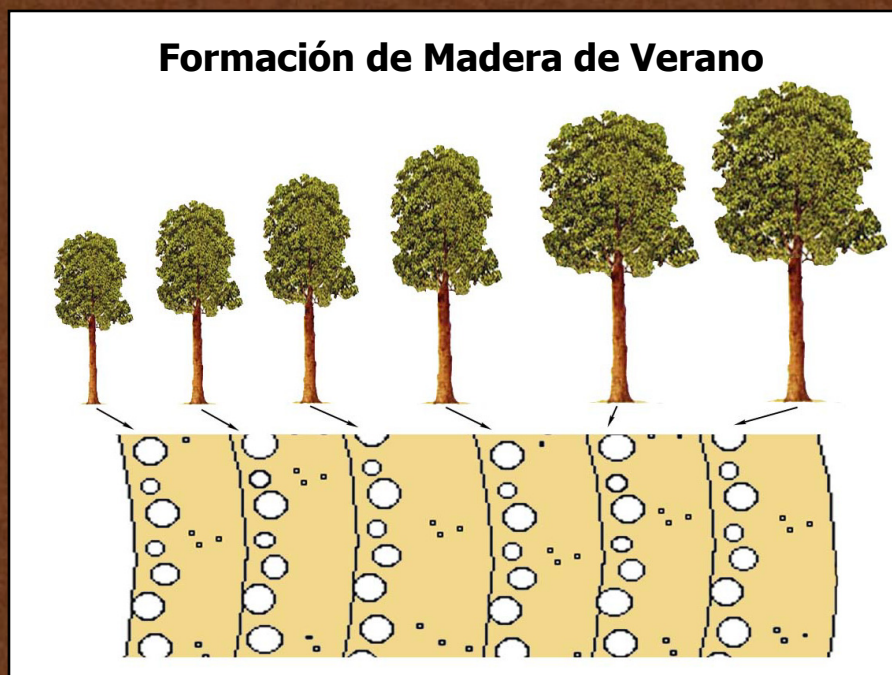
Su aspecto de "collar de perlas" sugiere la casi nula intercalación de elementos estructurales.

Por lo tanto, se establece una elevada dependencia entre la capacidad conductora del anillo en formación con el crecimiento del anillo precedente.



Vínculos funcionales entre el decaimiento y el abandono de los montes bajos de *Quercus pyrenaica* Willd.

La capacidad conductora de un anillo en *Quercus pyrenaica* es dependiente del perímetro del año anterior, que está determinado por la producción de madera de verano.

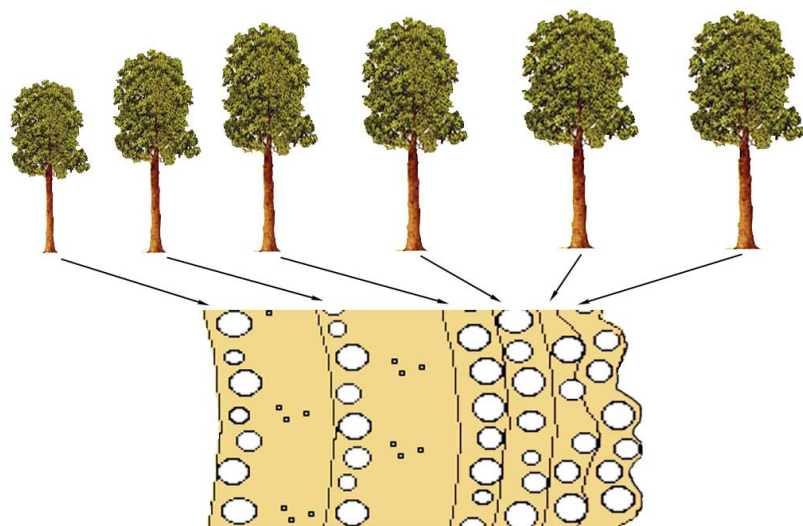


- La formación de esta madera, de elevado coste de producción por la abundancia de fibras, es reflejo del vigor del árbol.
- Este efecto sugiere que la capacidad conductora de un anillo ciclopóreo está vinculada a la dinámica de desarrollo del árbol.



Vínculos funcionales entre el decaimiento y el abandono de los montes bajos de *Quercus pyrenaica* Willd.

Reviejado



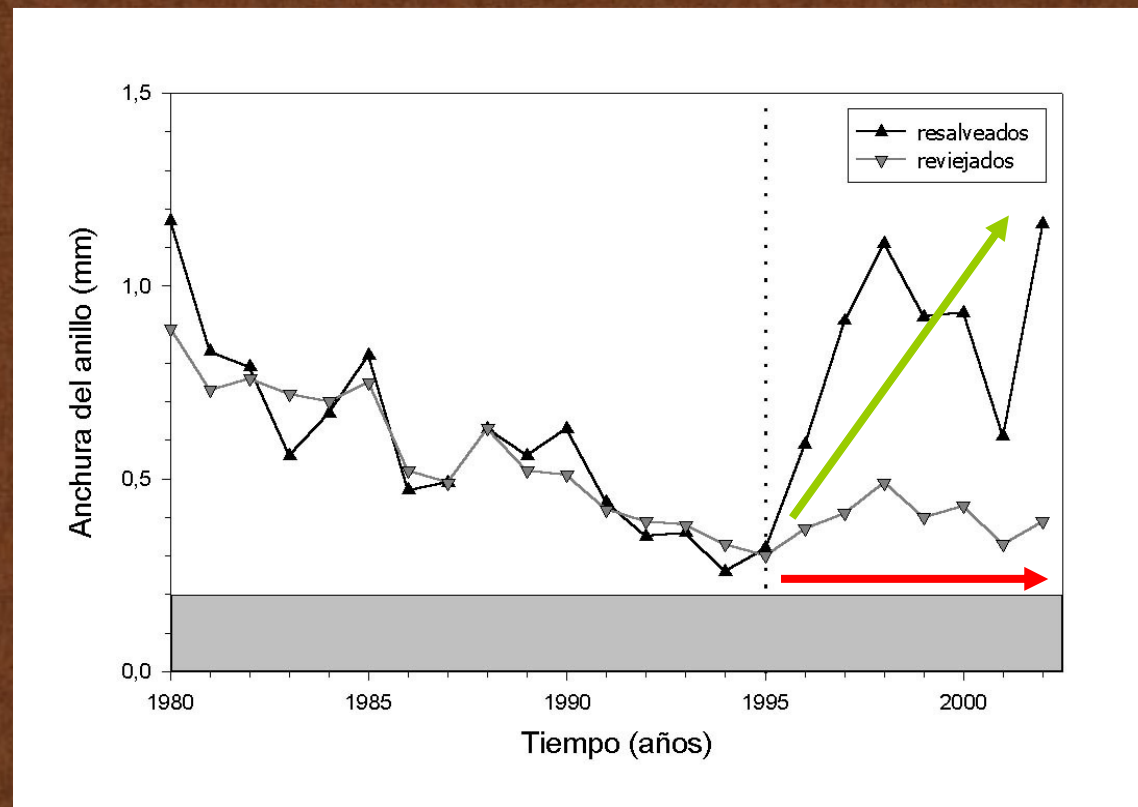
- La disminución del incremento en la superficie conductora debido a la interrupción de la producción de la madera de verano puede deberse a episodios climáticos desfavorables, pudiendo volverse crónico debido a la edad del árbol, lo que impide el crecimiento del árbol.

La pérdida de madera de verano podría ser el origen del puntisechado de los montes bajos sobrepasados de turno de especies con xilema ciclospóreo, como es el caso de *Q. pyrenaica*.



Vínculos funcionales entre el decaimiento y el abandono de los montes bajos de *Quercus pyrenaica* Willd.

CANCELACIÓN DEL REVIEJADO A TRAVÉS DEL RESALVEO: aumento del crecimiento secundario de los brotes, reactivación de su capacidad hidráulica y, en consecuencia, aumento de la capacidad para producir superficie fotosintética.





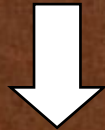
PROCESOS CADA VEZ MÁS FRECUENTES DE
DECAIMIENTO MASIVO DEL ARBOLADO
POR EFECTOS DEL **CAMBIO GLOBAL**



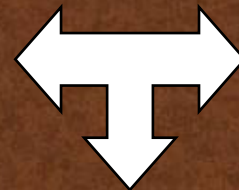
El desarrollo de nuevas herramientas metodológicas que permitan diagnosticar el funcionamiento de las plantas bajo condiciones de **ESTRÉS** puede contribuir a aumentar nuestra capacidad de investigación

LA FLUORESCENCIA DE CLOROFILA EN EL CLORÉNQUIMA CORTICAL COMO UN INDICADOR DE DAÑO POR HELADA

F_v/F_M



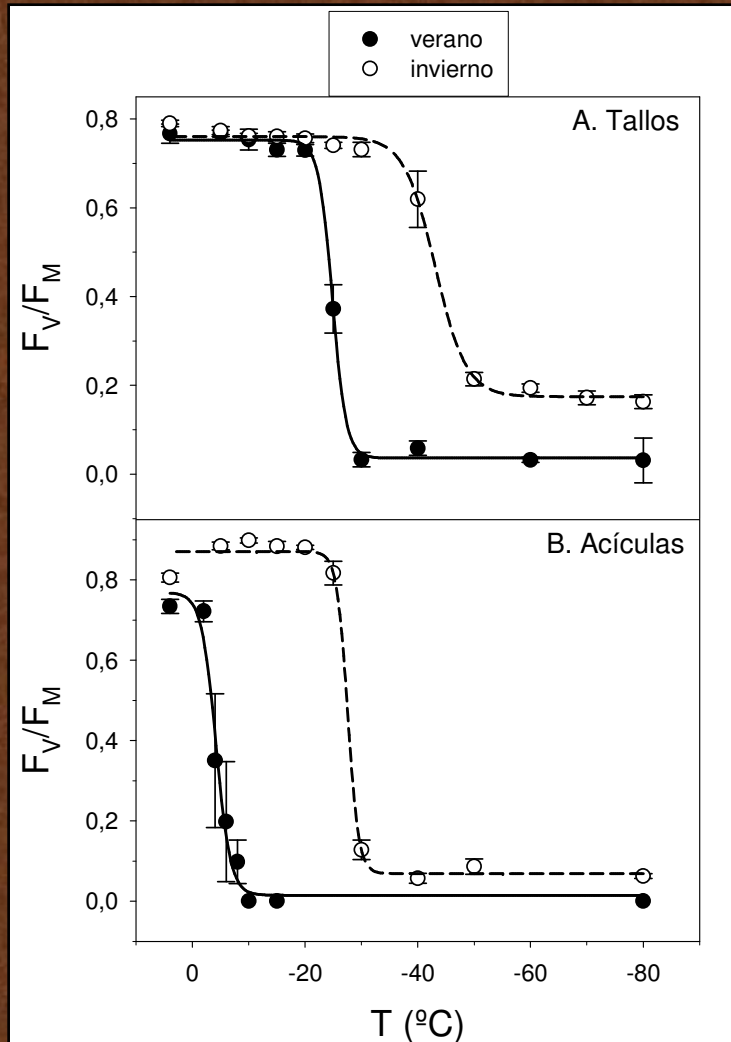
Indicador de estrés por helada en varios tejidos que contienen clorofila



Evidencias de actividad fotosintética en el clorénquima cortical del tallo

¿Sería posible utilizar la fluorescencia de clorofila como indicador de daño por helada en los tejidos internos del tallo?

LA FLUORESCENCIA DE CLOROFILA EN EL CLORÉNQUIMA CORTICAL COMO UN INDICADOR DE DAÑO POR HELADA



Tolerancia a temperaturas de congelación (°C)				
Técnica	Tallos		Acículas	
	Verano	Invierno	Verano	Invierno
F_v/F_m	-24,8	-43,9	-4,1	-27,5
EL	-28,8	-45,8	-5,2	-25,5
VS	-26,5	-	-8,2	-25,2
NDVI	-24,6	-43,8	-	-

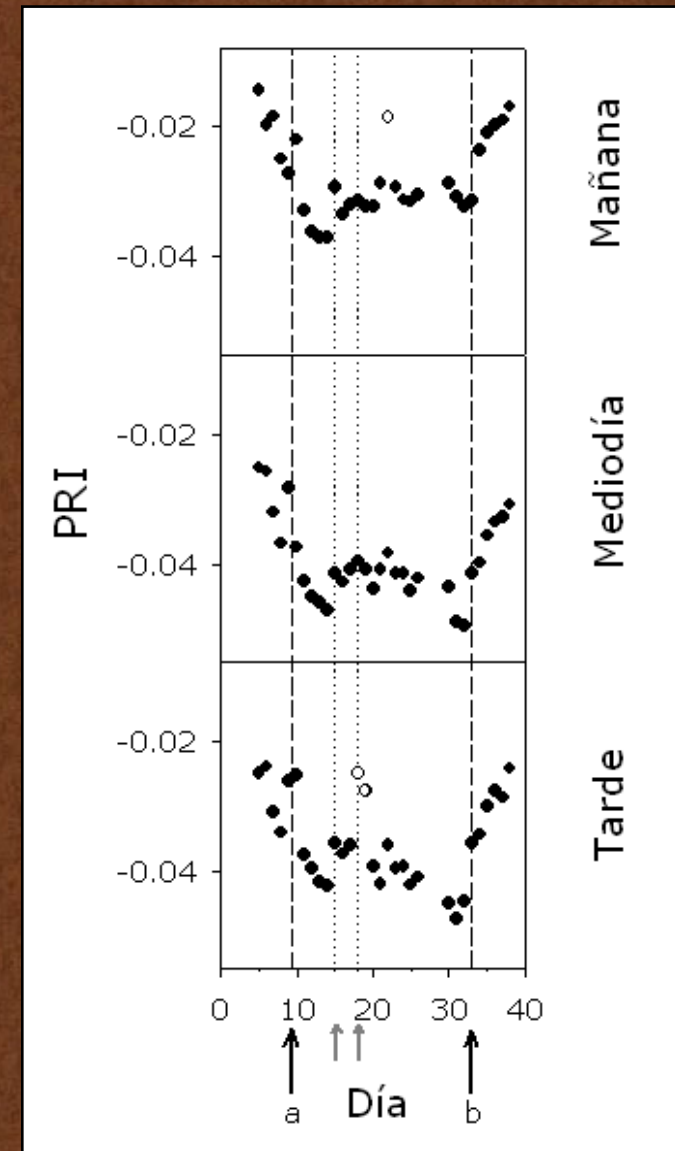
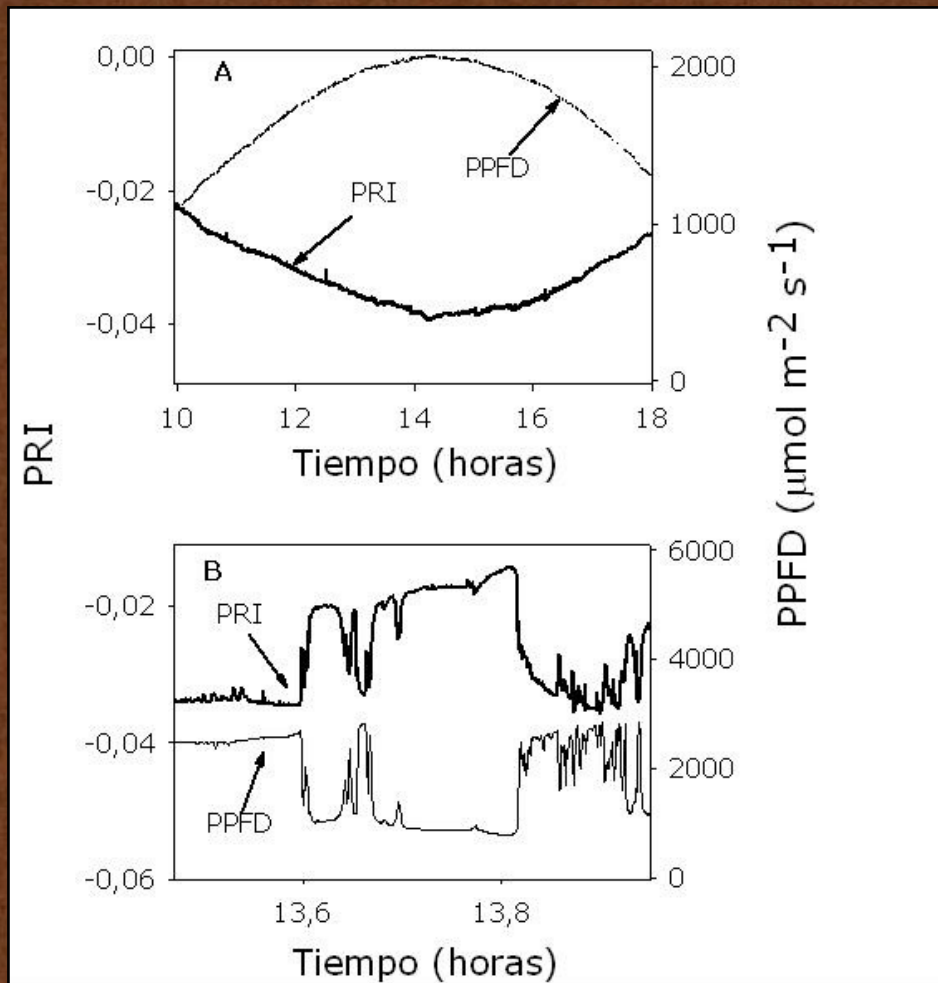
La medida de F_v/F_m en el clorénquima cortical es un excelente indicador no destructivo e inequívoco de la vitalidad del *cambium* bajo temperaturas de congelación en especies leñosas que posean este tejido fotosintético.

EL ÍNDICE DE REFLECTANCIA FISIOLÓGICO (PRI) COMO UN INDICADOR NO DESTRUCTIVO DE ESTRÉS HÍDRICO

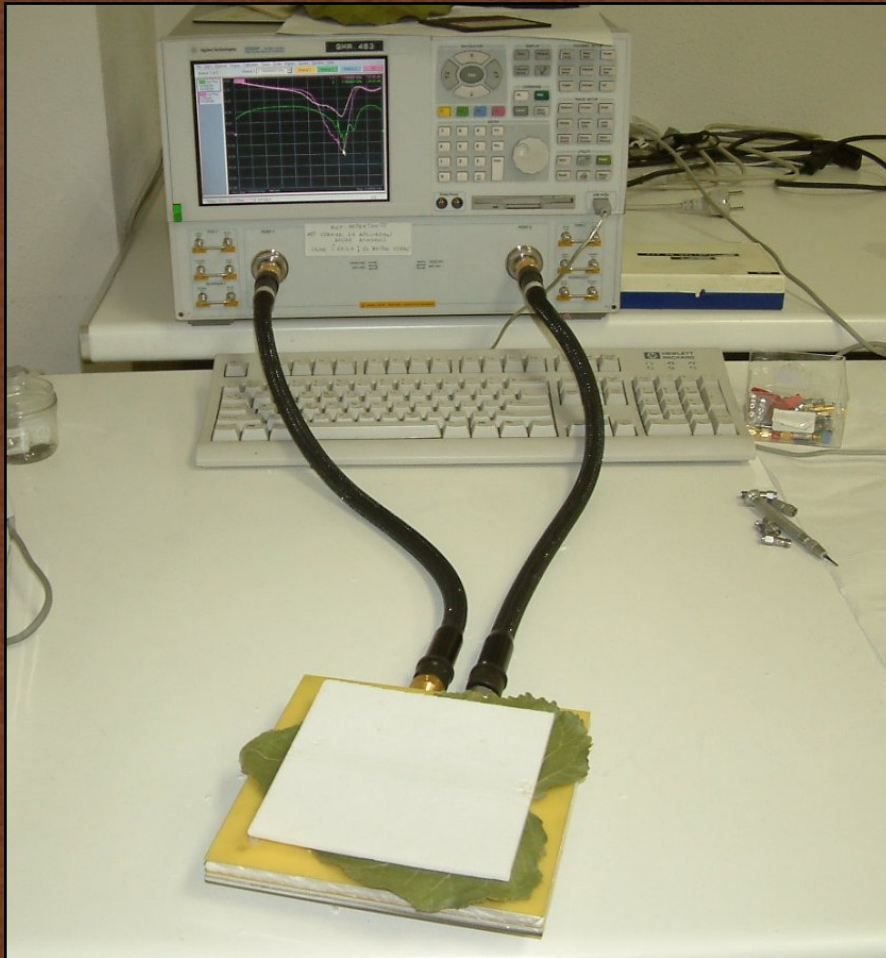
- Los cambios dinámicos de los procesos fotosintéticos pueden ser detectados a distancia mediante medidas pasivas de la reflectancia de la vegetación en la ventana del verde del espectro (530-535 nm).
- La medida en continuo del PRI proporciona una medida rápida y no destructiva del estado fisiológico de la hoja, pudiendo ser usado para la detección del estrés hídrico en un amplio rango de especies.



EL ÍNDICE DE REFLECTANCIA FISIOLÓGICO (PRI) COMO UN INDICADOR NO DESTRUCTIVO DE ESTRÉS HÍDRICO



LA BANDA-L DE LAS MICROONDAS PERMITE ESTIMAR DE MANERA PRECISA LOS CAMBIOS EN EL RWC DE LAS HOJAS

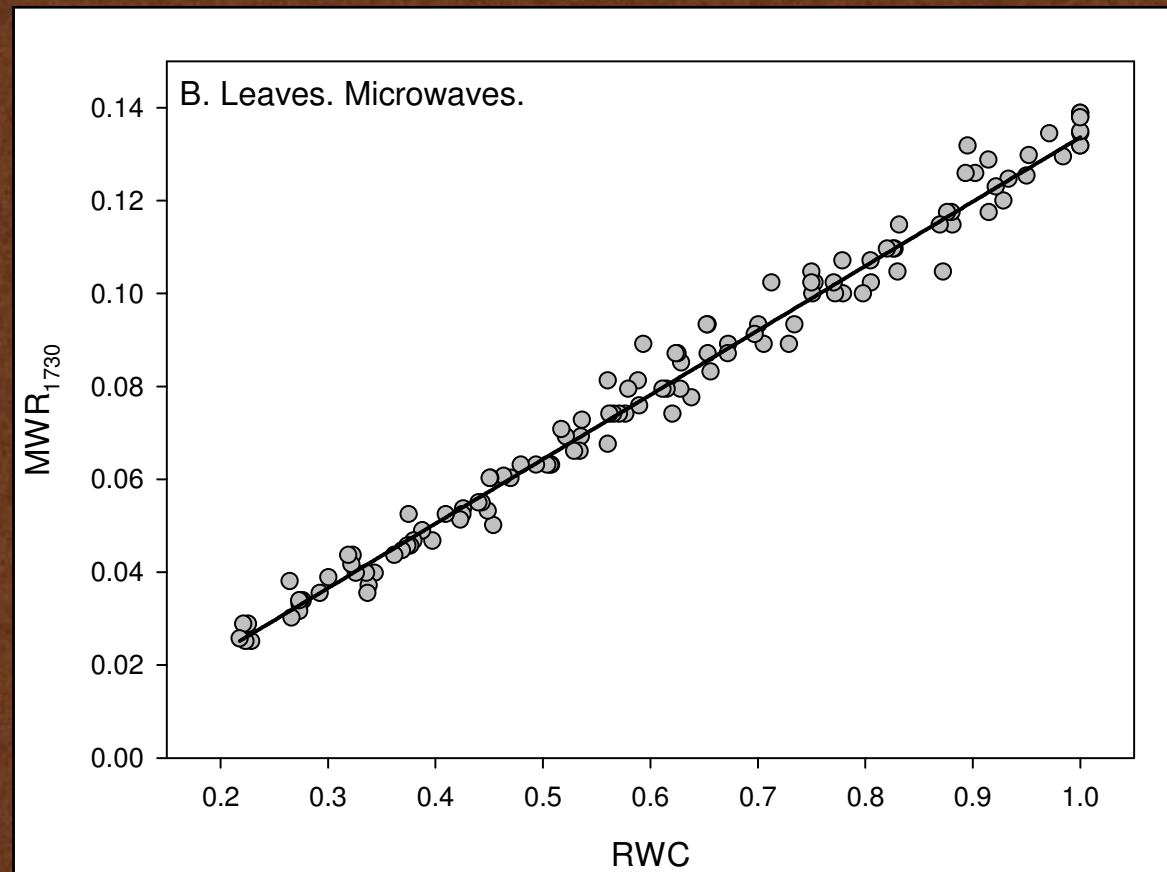


La técnica se basa en el empleo de un sistema simple, portátil y de bajo coste basado en una antena de telefonía móvil.



Desarrollo de un aparato portátil comercial para la medida en campo del estado hídrico del vegetal

LA BANDA-L DE LAS MICROONDAS PERMITE ESTIMAR DE MANERA PRECISA LOS CAMBIOS EN EL RWC DE LAS HOJAS



Cambios en la Reflectividad a 1730 MHz (L-band)

LOS ULTRASONIDOS PERMITEN ESTUDIAR SIN CONTACTO LOS CAMBIOS EN EL ESTADO HÍDRICO FOLIAR

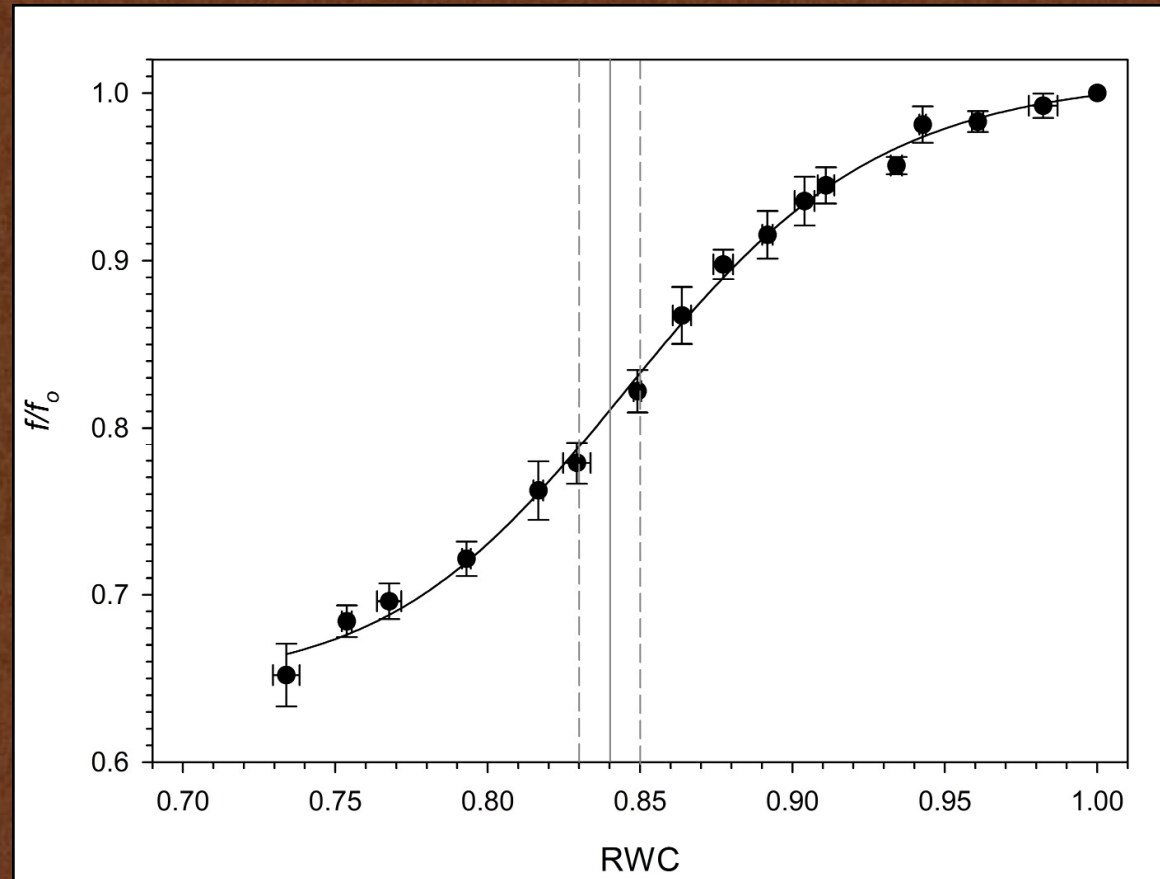


Los ultrasonidos se transmiten a través de la superficie foliar provocando una resonancia en las hojas, cuya frecuencia depende del grado de hidratación.

La señal obtenida es recibida por un transductor después de haber sido propagada por el aire.

- Técnica no destructiva
- Sin contacto con la muestra
- Menor consumo de tiempo que las curvas P-V

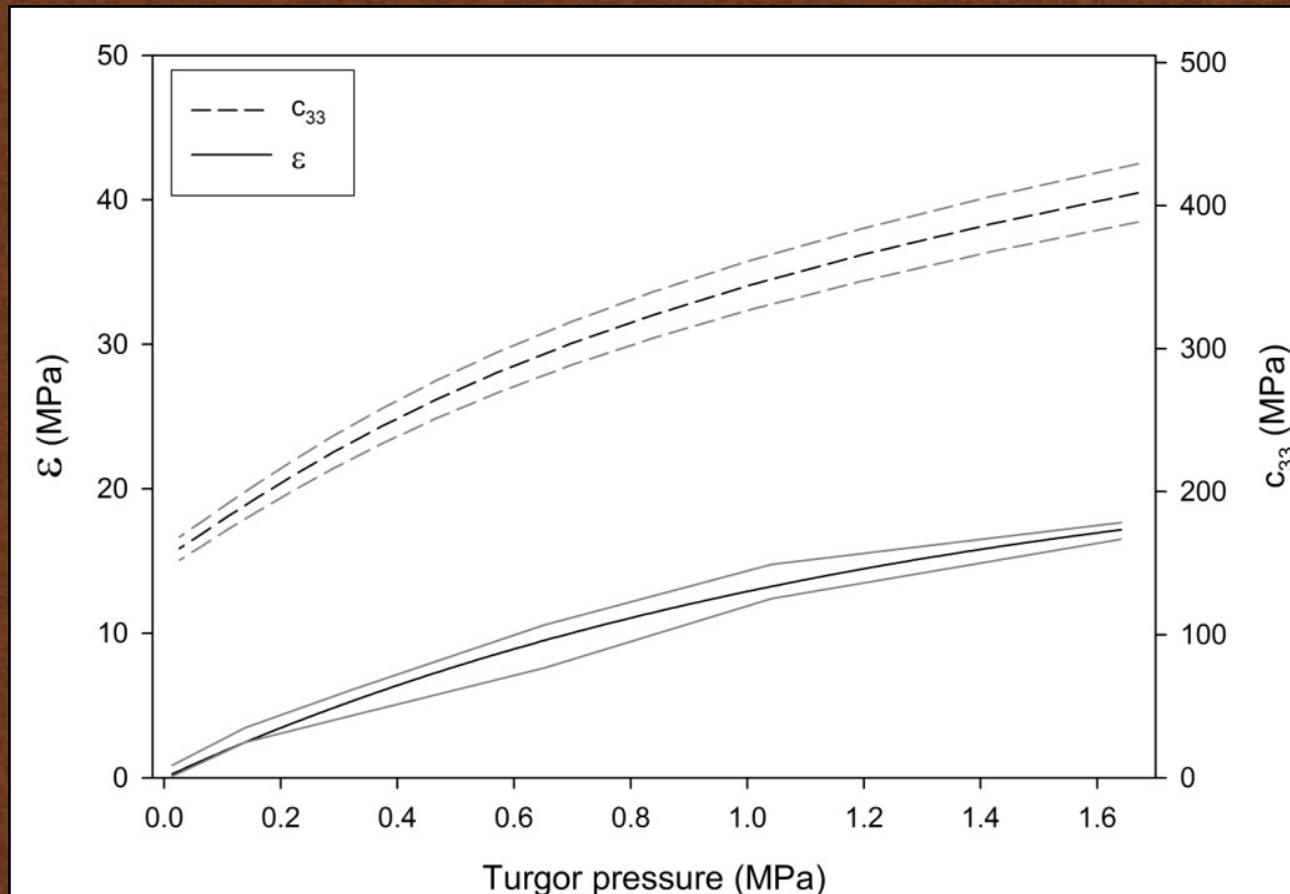
LOS ULTRASONIDOS PERMITEN ESTUDIAR SIN CONTACTO LOS CAMBIOS EN EL ESTADO HÍDRICO FOLIAR



Los cambios en la frecuencia de resonancia asociados a cambios en el RWC permiten determinar de manera precisa el PUNTO DE PÉRDIDA DE TURGENCIA de la hoja

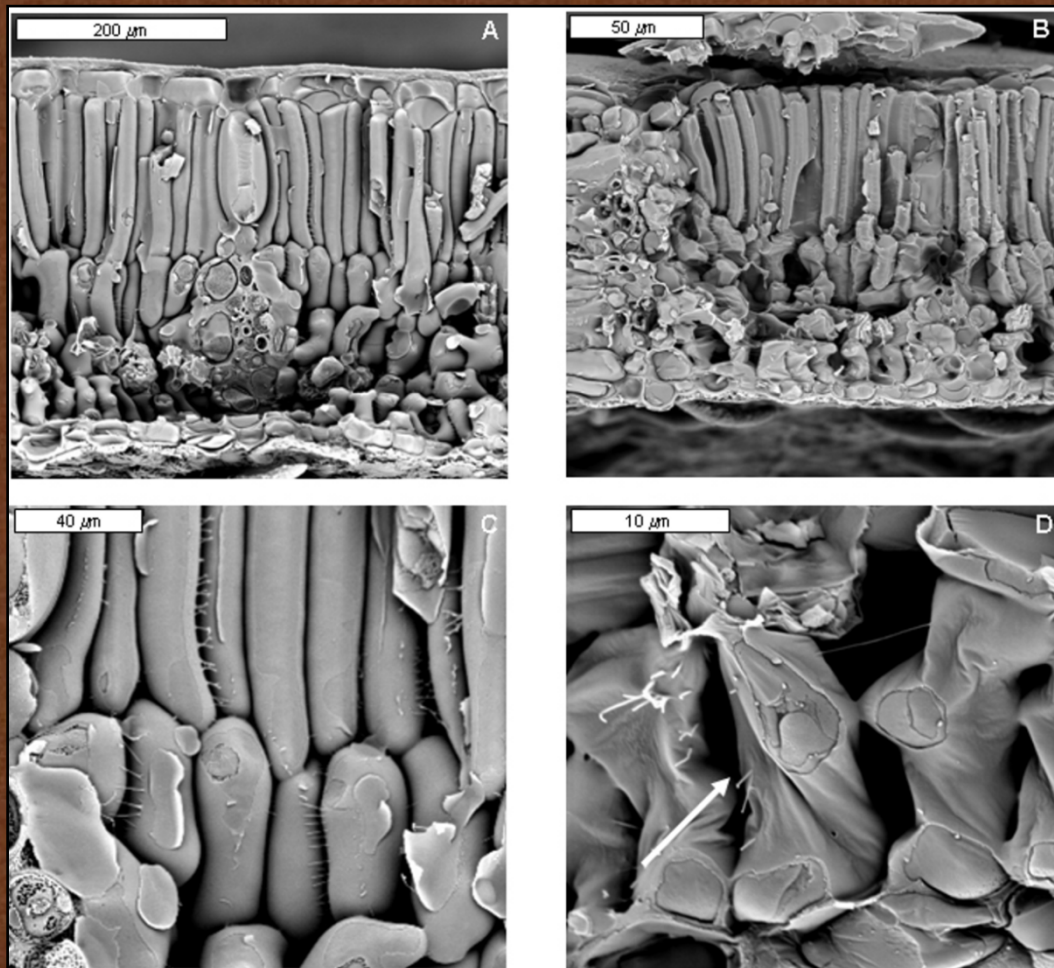
LOS ULTRASONIDOS PERMITEN ESTUDIAR SIN CONTACTO LOS CAMBIOS EN EL ESTADO HÍDRICO FOLIAR

1ª FASE: Descenso en el módulo de elasticidad de pared celular (ϵ)



LOS ULTRASONIDOS PERMITEN ESTUDIAR SIN CONTACTO LOS CAMBIOS EN EL ESTADO HÍDRICO FOLIAR

2ª FASE: Cambios estructurales en el
mesófilo asociados a estrés hídrico





MUCHAS GRACIAS