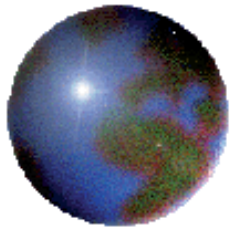




## "Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación de los bosques y la biodiversidad de España frente al Cambio Climático"

Estado del conocimiento, transferencia y líneas de actuación.

CENEAM, Valsain (Segovia), 28 y 29 de mayo de 2013



### *Práctica, desde la Teoría:*

**Ensayos de manejo adaptativo de Pinsapares, desde la identificación de mecanismos ecológicos subyacentes al decaimiento observado.**



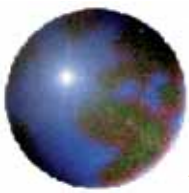
UNIÓN EUROPEA  
Fondo Europeo de Desarrollo Regional

**José A. CARREIRA**

(M.C. Blanes, R. García-Ruiz, V. Lechuga, J. Liétor, J.C. Linares, J.A. Merino, M.T. Salido, J.I. Seco, C. Serichol, P. Torres, B. Viñegla)

**Grupo Ecología Forestal y del Suelo (PAI RNM-296), Universidad de Jaén**  
**Grupo Estructura/Función Ecosistemas Mediterráneos (RNM313), Universidad Pablo de Olavide, Sevilla**





# 1) ¿... es REPRESENTATIVO?

**MODELOS EXPERIMENTALES:** En todos los ámbitos de la Ciencia, se emplean ciertos objetos de estudio "modelo":

**Abies pinsapo**  
Relict Species (local)

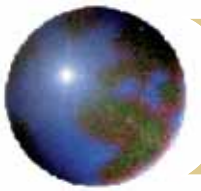
*Pinus sylvestris*  
(Pinaceae)

*P. sylvestris*  
subsp. *nevadensis*  
(relict populations S. Spain)

**BOSQUES ENDÉMICOS DE CONÍFERAS DE MONTAÑA CIRCUM-MEDITERRÁENOS**

*Cedrus atlantica*  
Endemic Sp. (regional)

*P. nigra* & *P. sylvestris*  
Relict Populations



# 1) ¿... es *REPRESENTATIVO*?

## ❖ RELICTOS CLIMÁTICOS:

- ❖ Especies azonales: no representativas del contexto espacial actual → Inferencia Cambios Climáticos pasados.
- ❖ Respuestas poblacionales al cambio climático:  
~~migración~~, adaptación, ~~extinción~~.
- ❖ Cambio de enfoque en el interés por los relictos climáticos (especies → poblaciones): Modelos instructivos y laboratorios naturales para investigar,
  - ❖ Respuestas tempranas a cambios climáticos actuales.
  - ❖ Mecanismos de adaptación al CC.

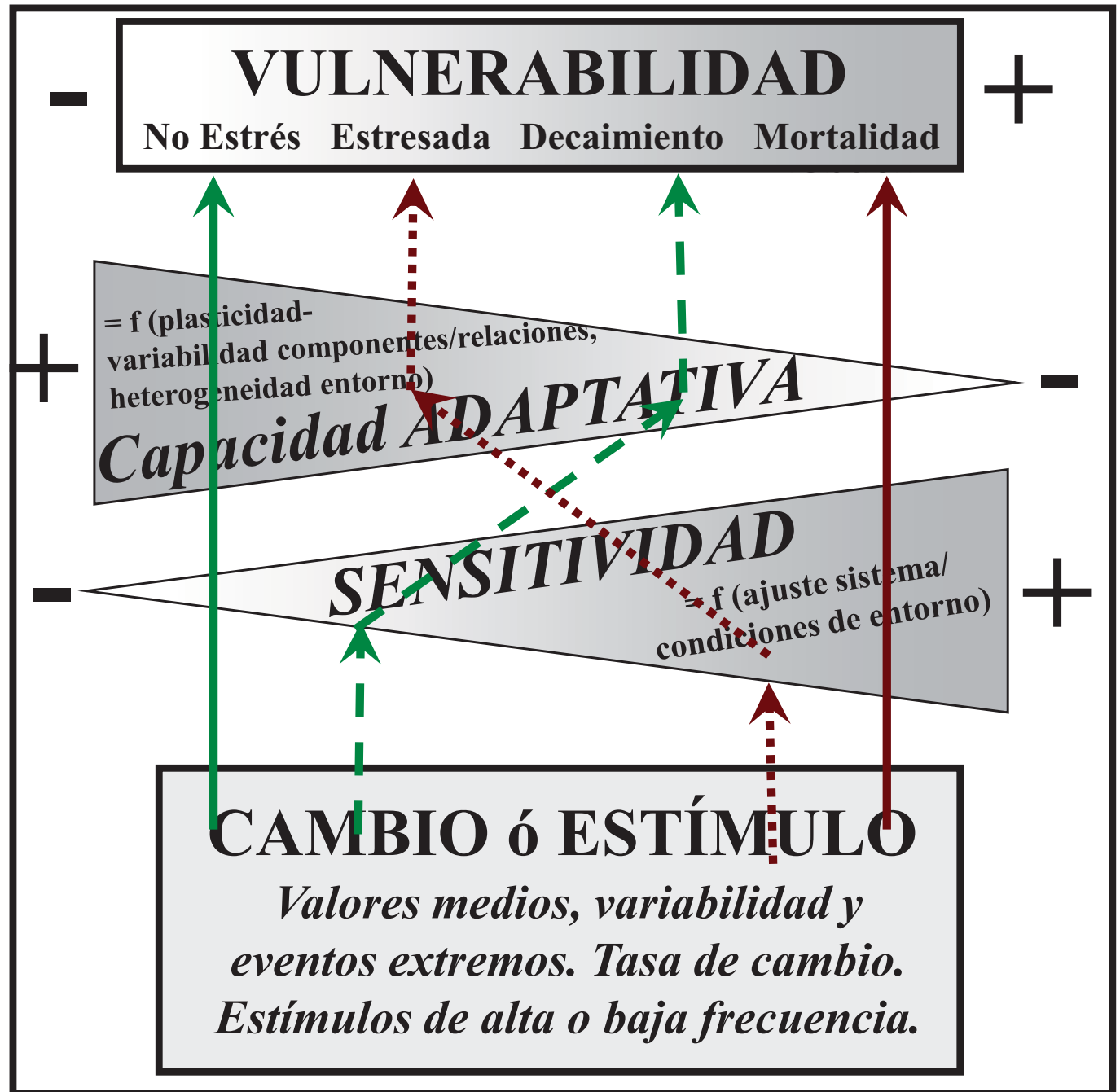


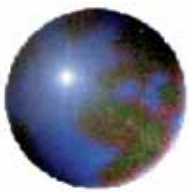


# 2) Modelo Conceptual Vulnerabilidad

Modelo conceptual (IPCC 2007):

**Vulnerabilidad al Cambio = f(Sensitividad y Capacidad Adaptativa).**





Los pinsapares en un escenario de Cambio Climático a escala global.

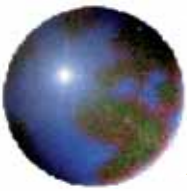
**2040-2050**



Proyección del  
área de  
distribución  
potencial

**Modelos de  
NICHOS  
CLIMÁTICOS**



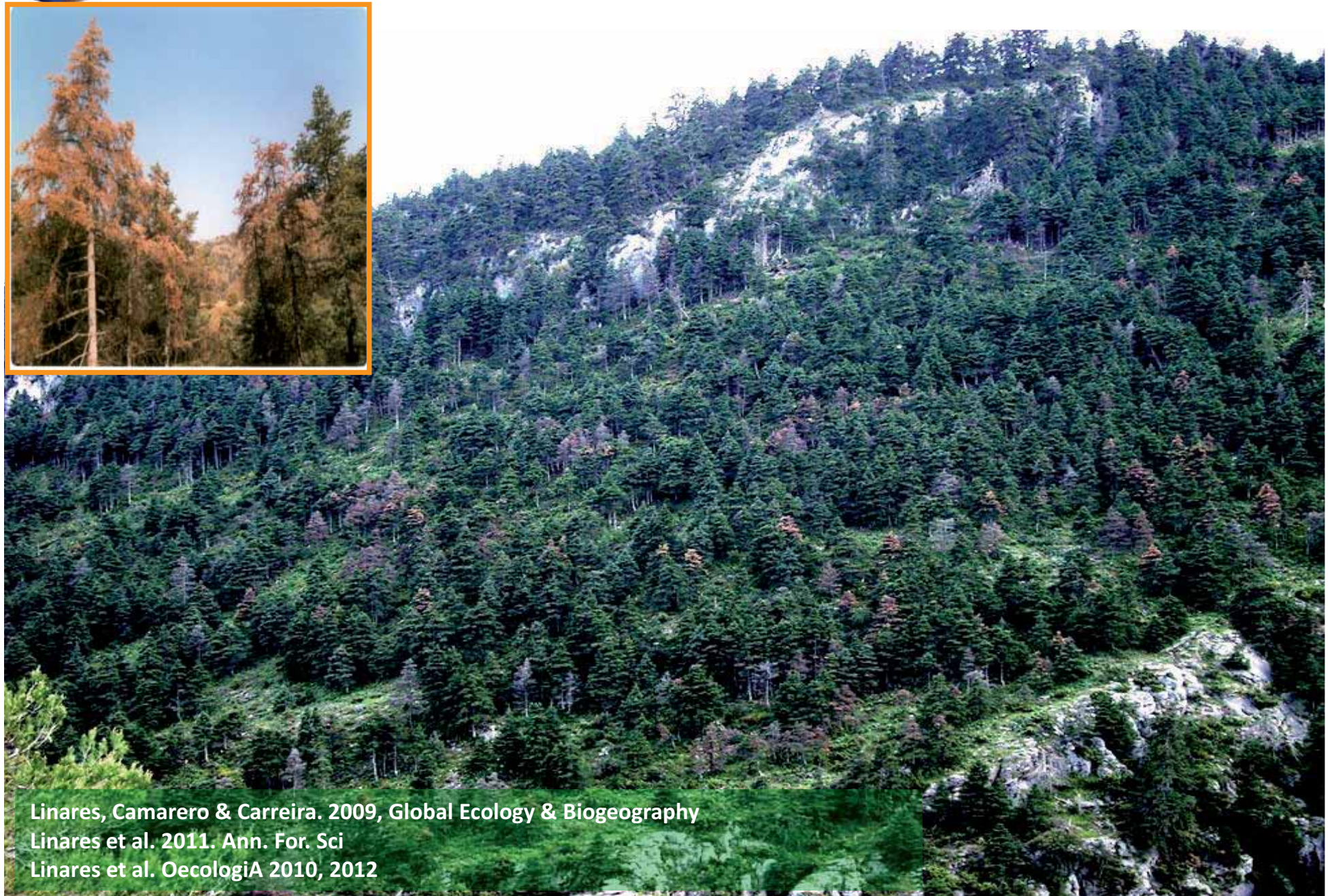


Linares, Camarero & Carreira. 2009, *Global Ecology & Biogeography*  
Linares, Carreira & Merino, 2012. *Tree Physiology*



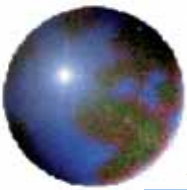


### 3) *Decaimiento en Pinsapares:*

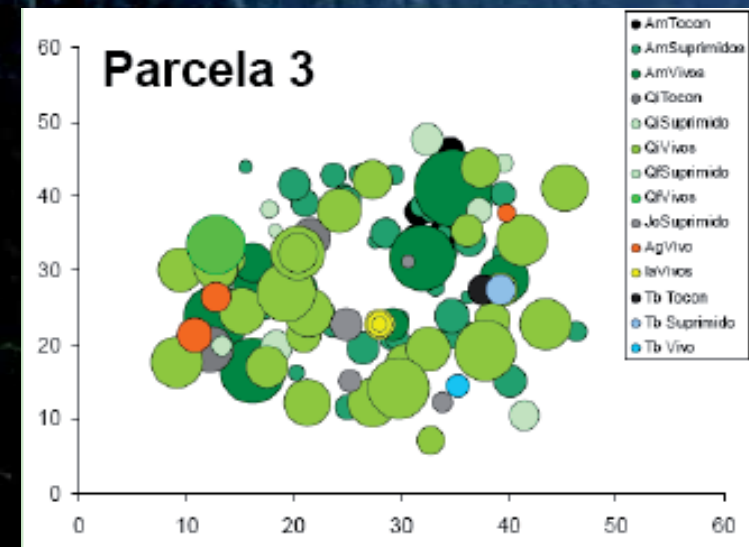
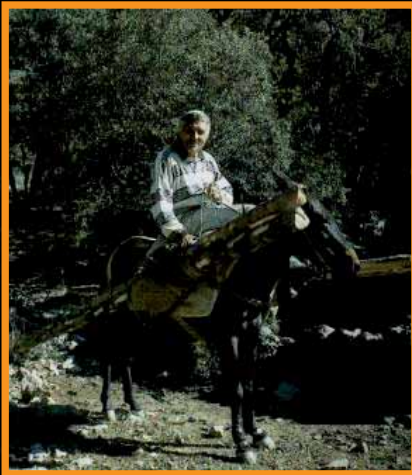
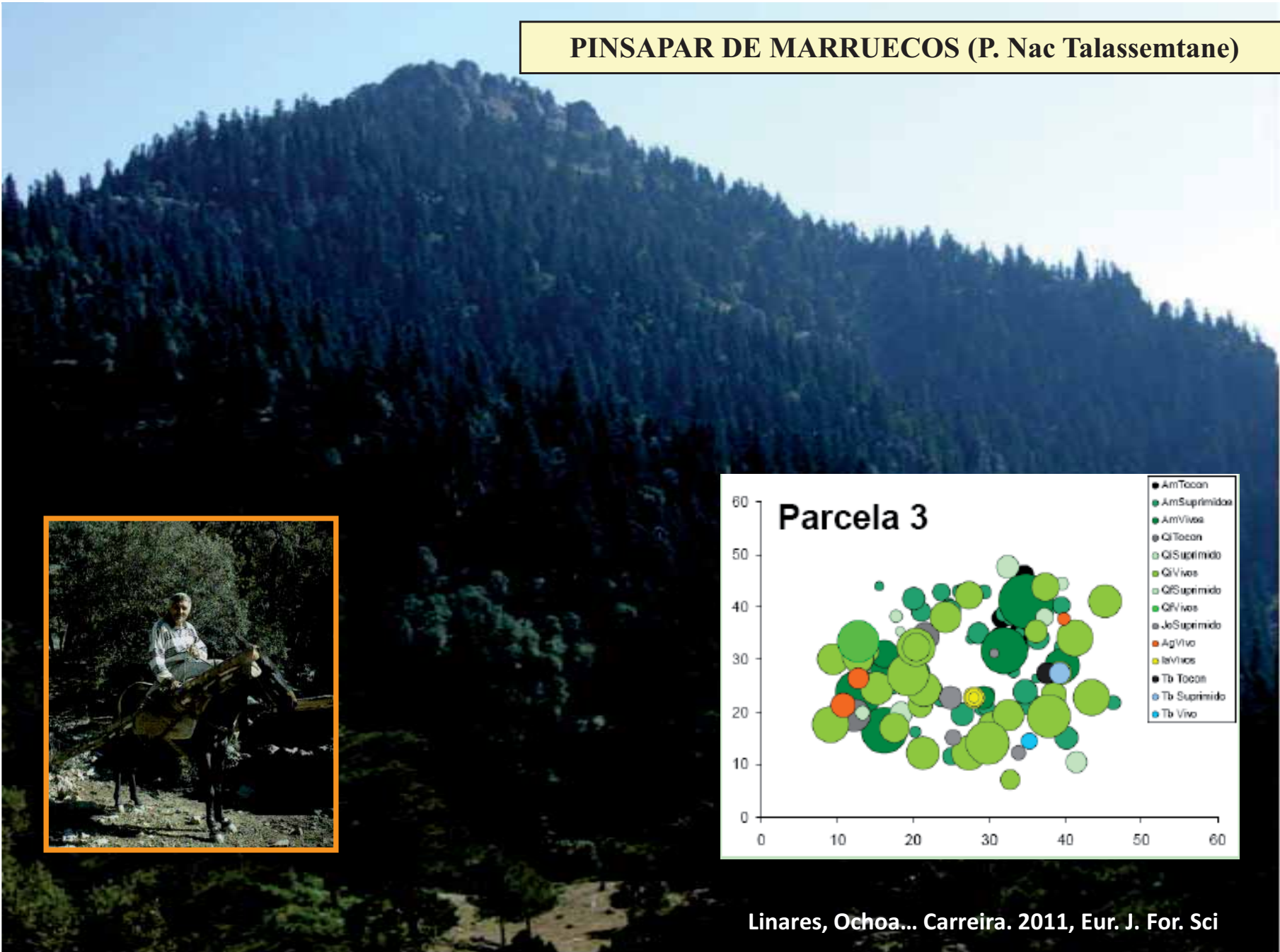


Linares, Camarero & Carreira. 2009, *Global Ecology & Biogeography*  
Linares et al. 2011. *Ann. For. Sci*  
Linares et al. *Oecologia* 2010, 2012

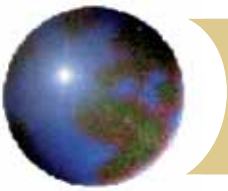




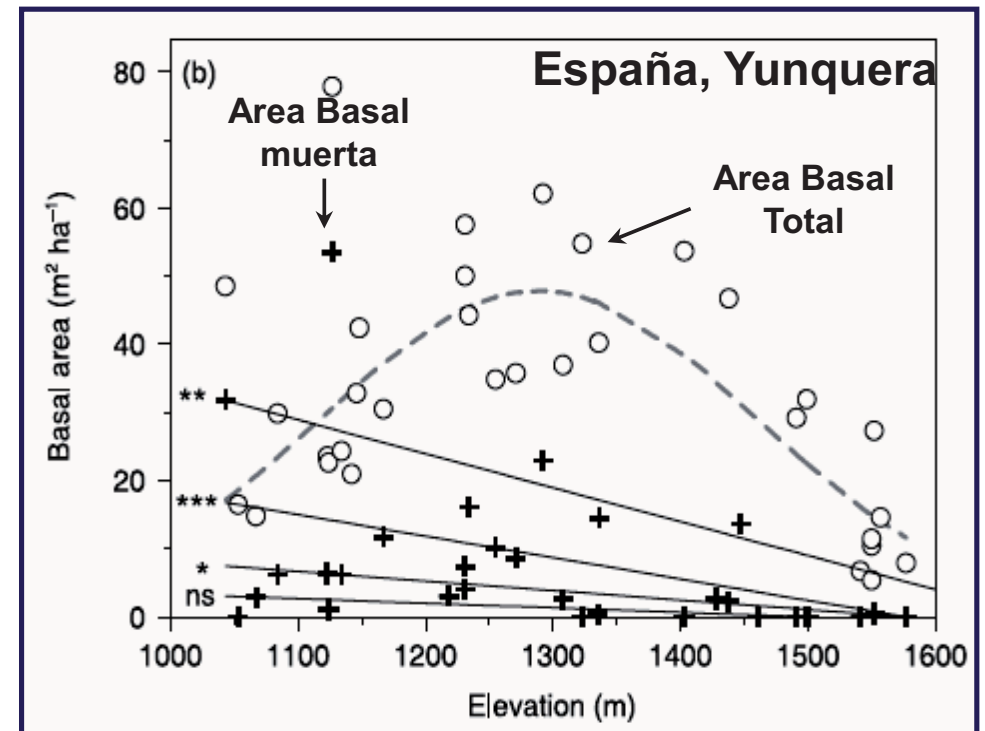
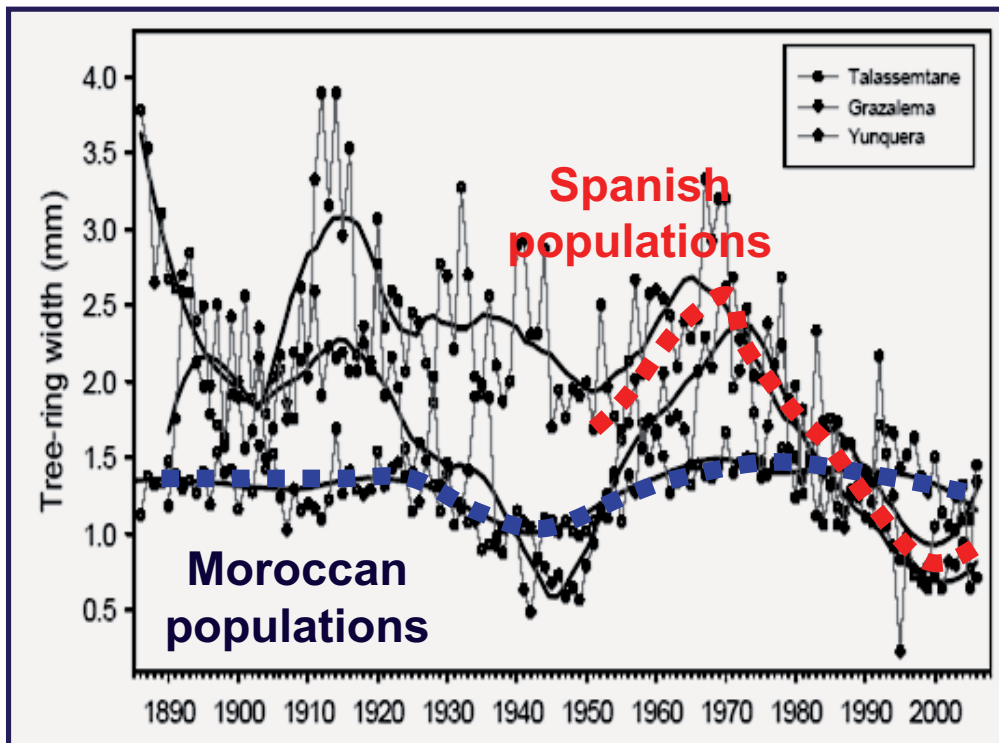
## PINSAPAR DE MARRUECOS (P. Nac Talassemtane)







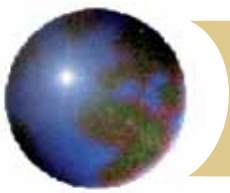
- Las poblaciones de Marruecos (donde persisten usos de baja intensidad) **muestran crecimiento sostenido.**
- Las poblaciones andaluzas generalmente muestran **decaimiento del crecimiento en últimas décadas.**
  - Sin embargo,  $\uparrow$  mortalidad a baja altitud es un proceso dependiente de la estructura del dosel forestal.



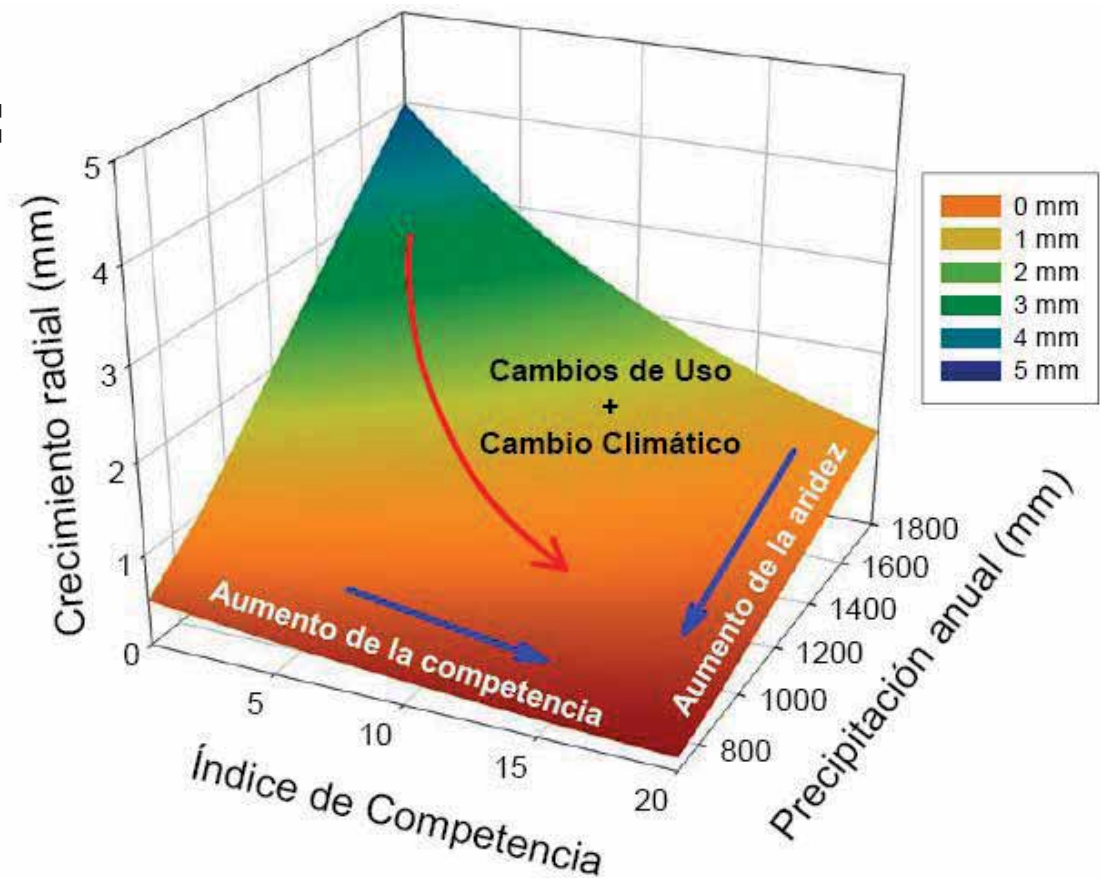


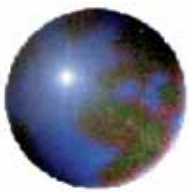






- ✦ Si la estructura del dosel, por su efecto sobre la competencia, modula la respuesta del crecimiento al clima...
- ✦ ...Modificando la estructura se puede reducir la vulnerabilidad del pinsapar al cambio climático.
- ✦ **MANEJO ADAPTATIVO:  
ENSAYO DE  
ENTRESACA  
PARA LA  
DIVERSIFICACIÓN  
ESTRUCTURAL**

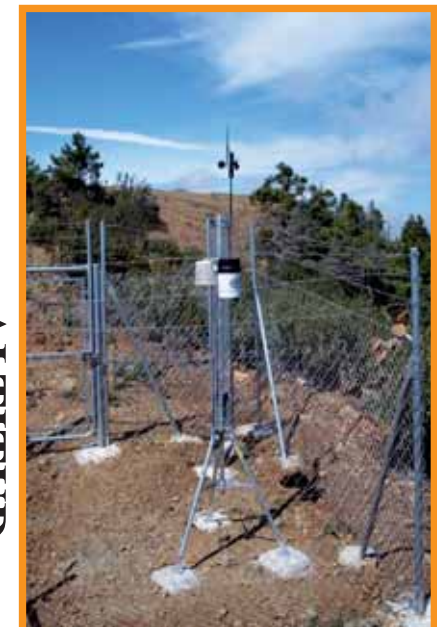
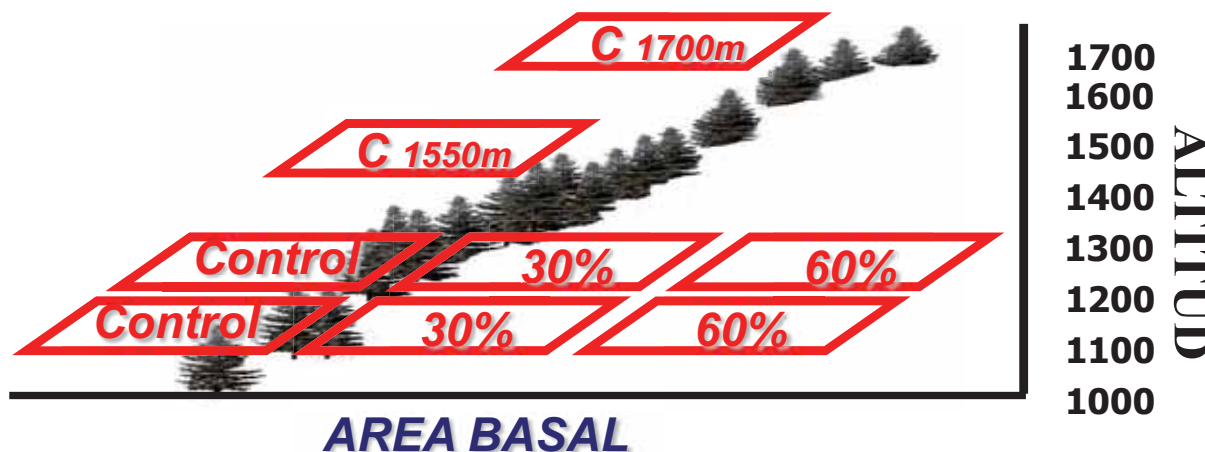
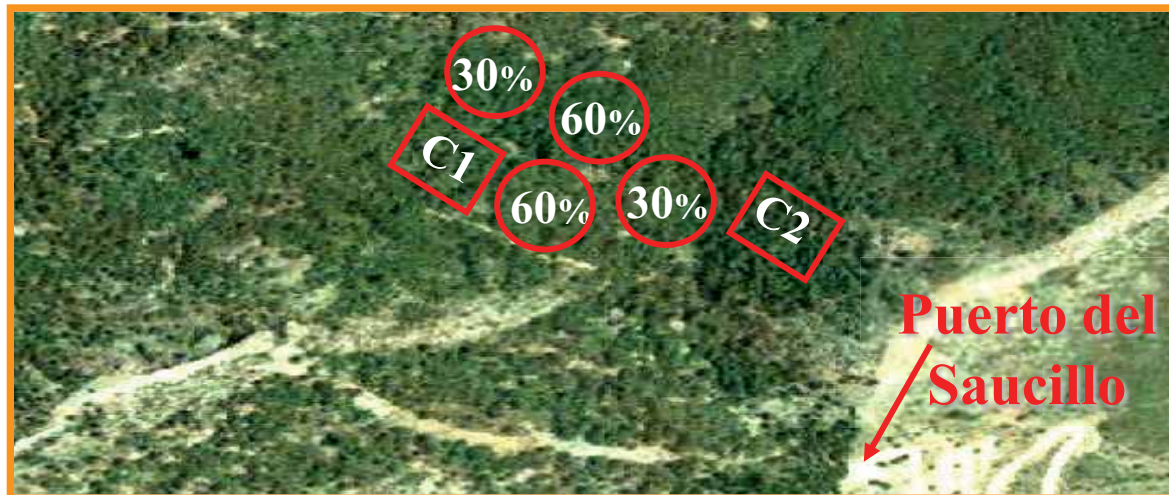




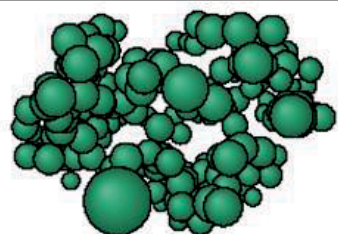
# Opciones de Manejo Adaptativo:

## Aclareos de diversificación estructural

- ✦ **Tratamientos:** 1) Control ( $\approx 40\text{m}^2/\text{ha}$ ), aclareo de 30 y 60% del Área Basal.
- ✦ **Criterios adicionales:** 2) Maximizar rango y equitatividad clases de tamaño  
3)  $\uparrow$  heterogeneidad espacial vertical y horizontal.







**PARCELA E4**

**REDUCCIÓN  
30% ÁREA BASAL**



**Área Basal:** 43,4 m<sup>2</sup>/ha

**Densidad:** 2199 ind/ha

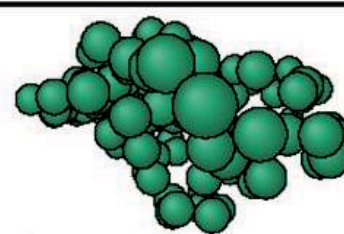
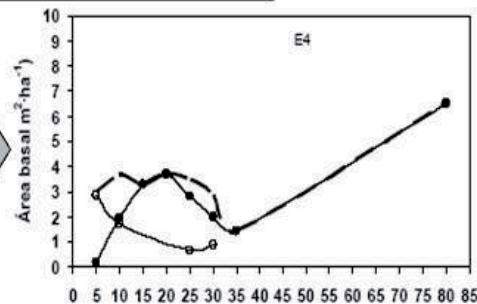
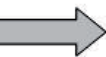
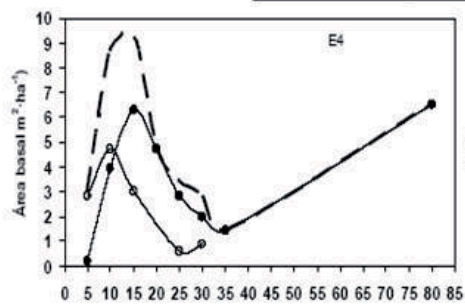
**Ø dbh medio:** 12 cm

28,2 m<sup>2</sup>/ha

1191 ind/ha

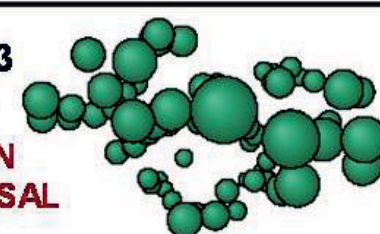
13 cm

○ Individuos Suprimidos ● Individuos Dominantes — Total



**PARCELA E3**

**REDUCCIÓN  
60% ÁREA BASAL**



**Área Basal:** 41,3 m<sup>2</sup>/ha

**Densidad:** 1456 ind/ha

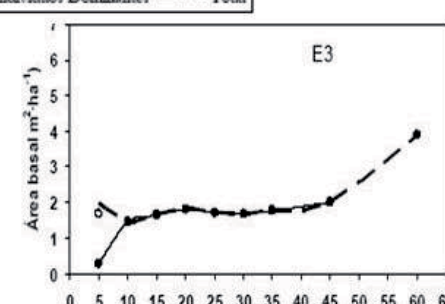
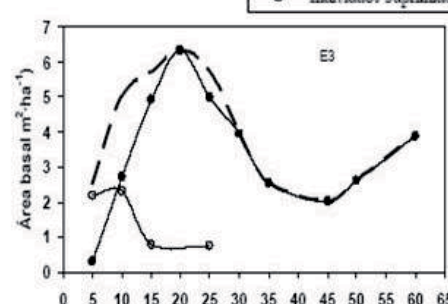
**Ø dbh medio:** 15 cm

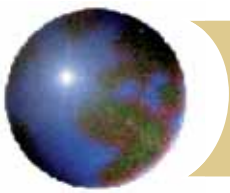
18,3 m<sup>2</sup>/ha

744 ind/ha

13 cm

○ Individuos Suprimidos ● Individuos Dominantes — Total



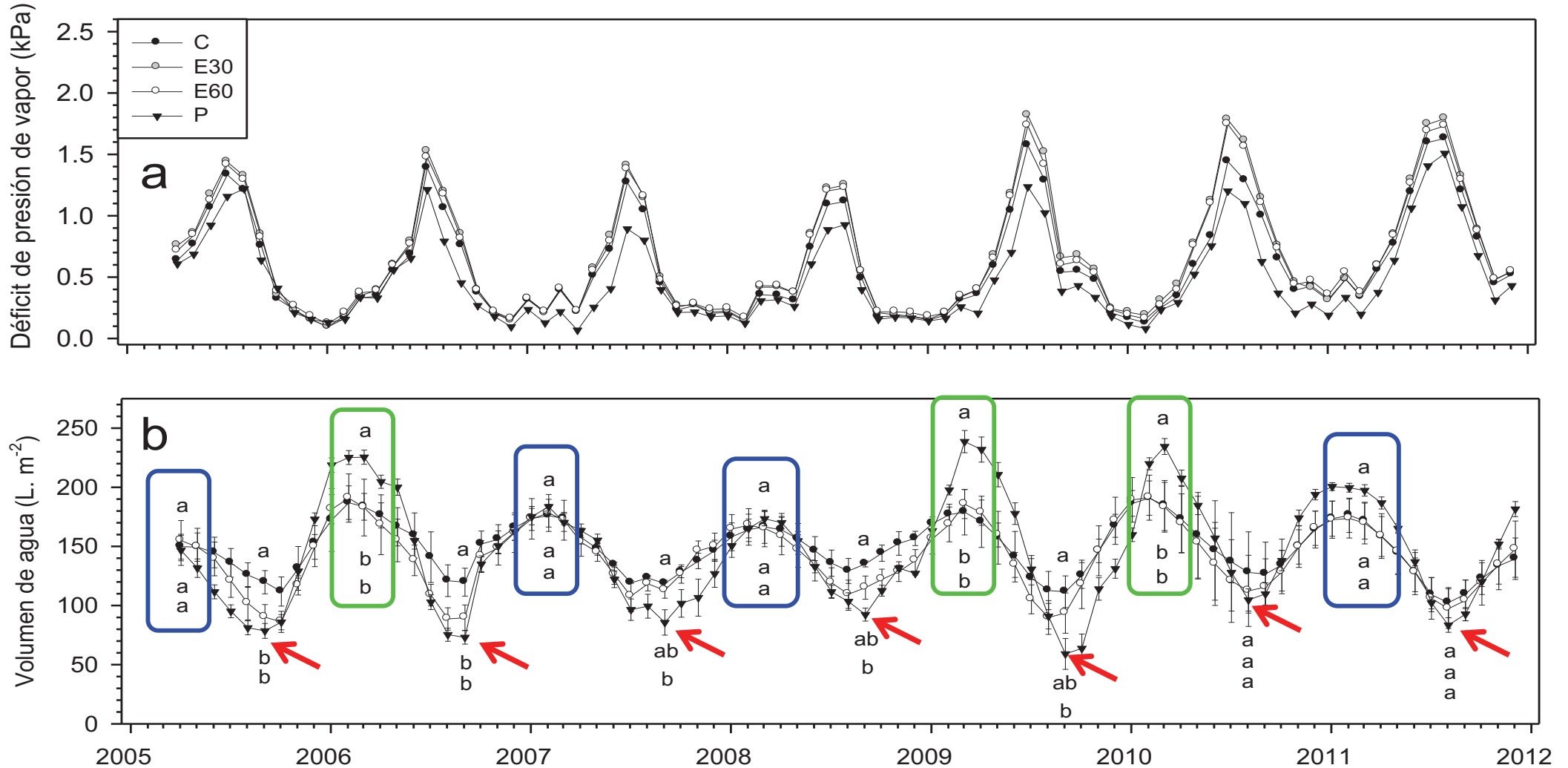


Monitorización condiciones climáticas, humedad del suelo

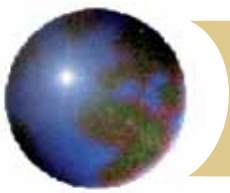
Déficit de presión de vapor

1200 m → **0.60 kPa**

1700m → **0.44 kPa**



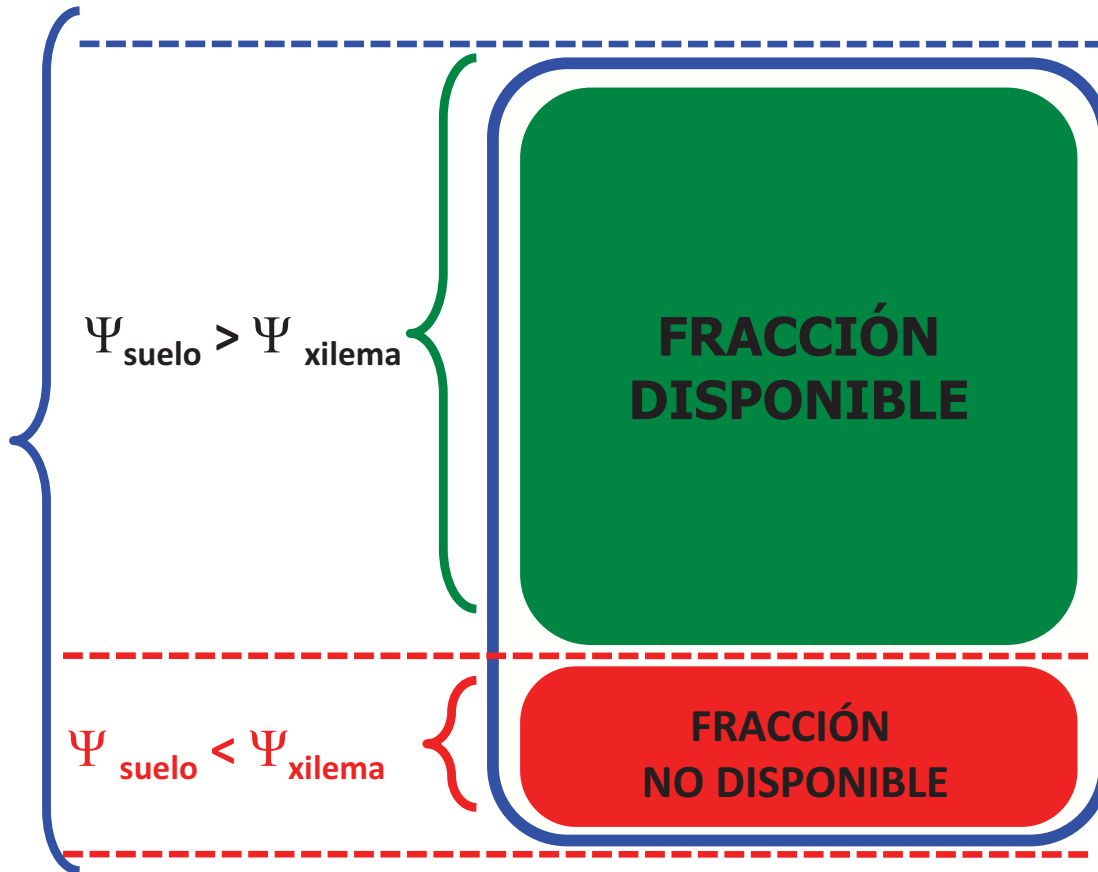




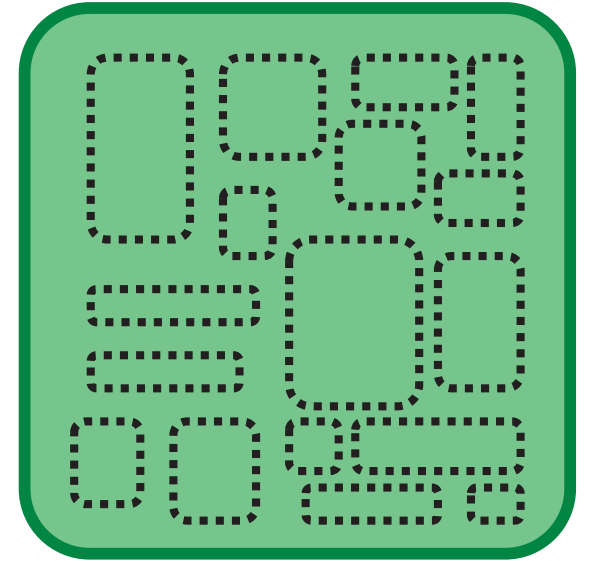
# Consumo de agua: Hipótesis inicial

$$E60 = C$$

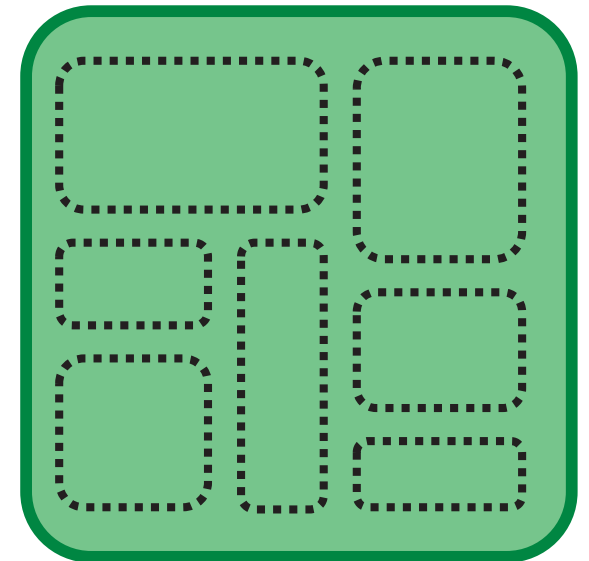
CANTIDAD TOTAL DE RECURSO

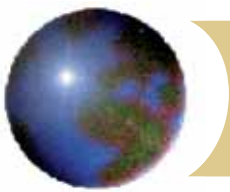


Control



Entresaca



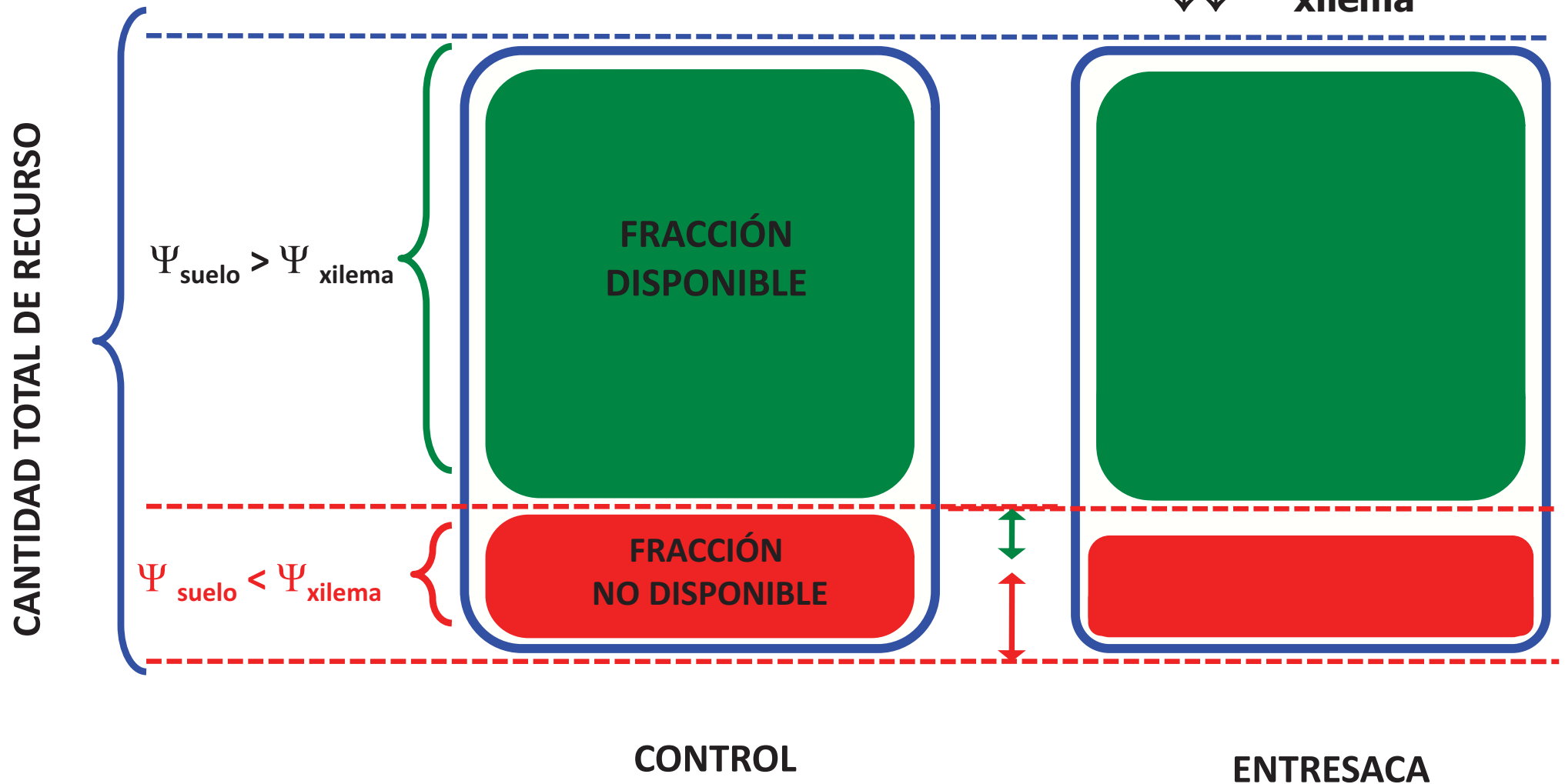


Consumo de agua: Resultados.

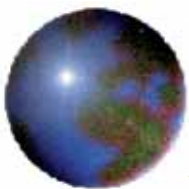
Efecto aclareo sobre consumo de agua a nivel de parcela: “Más que menos entre los que repartir”. Cambios en la capacidad de uso del recurso. ¿efectos sinérgicos del cambio del ambiente lumínico?!

$$E60 > C$$

↓↓  $\Psi_{\text{xilema}}$

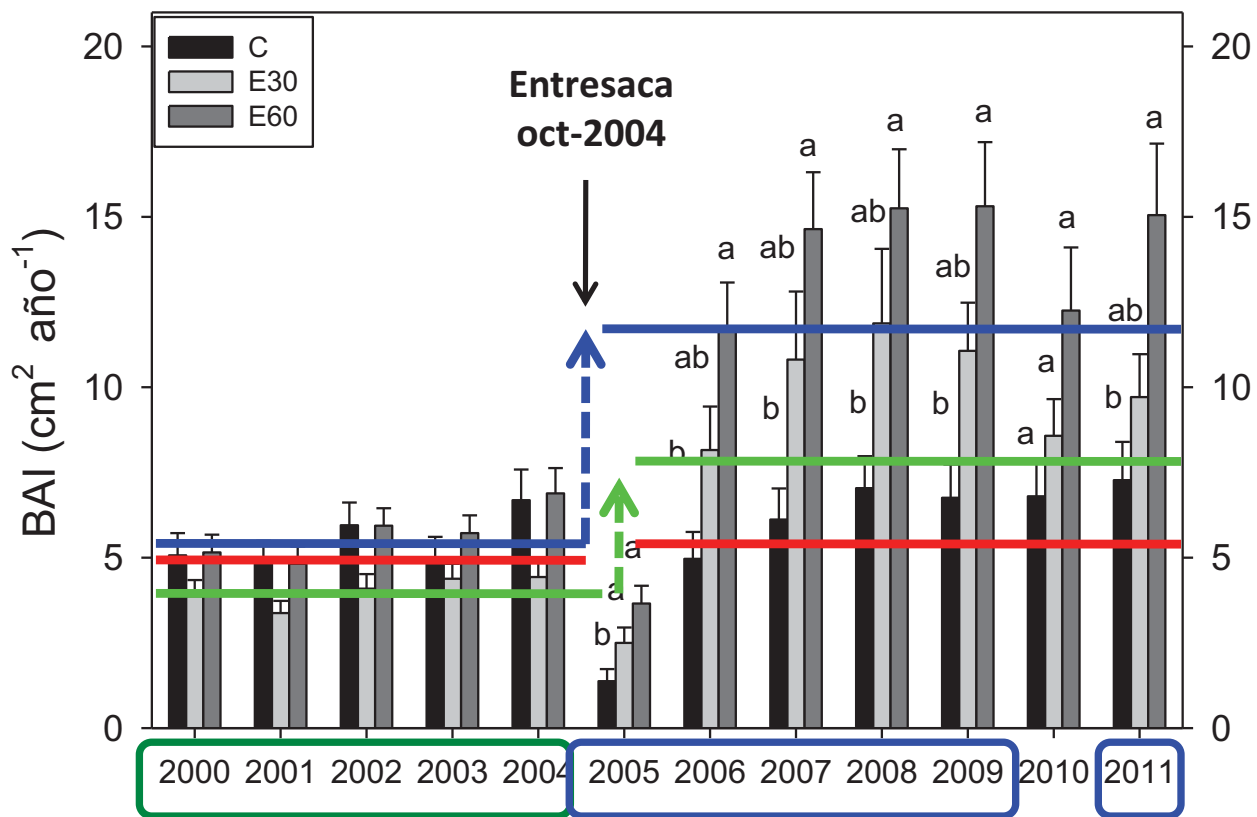






1200 msnm

### Efectos tratamientos: Incremento de Área Basal anual

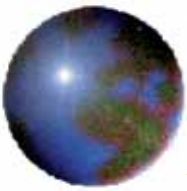


BAI medio  
Periodo  
2000-2004

C = E30 = E60

BAI medio  
Periodo  
2005-2011

E60 > C



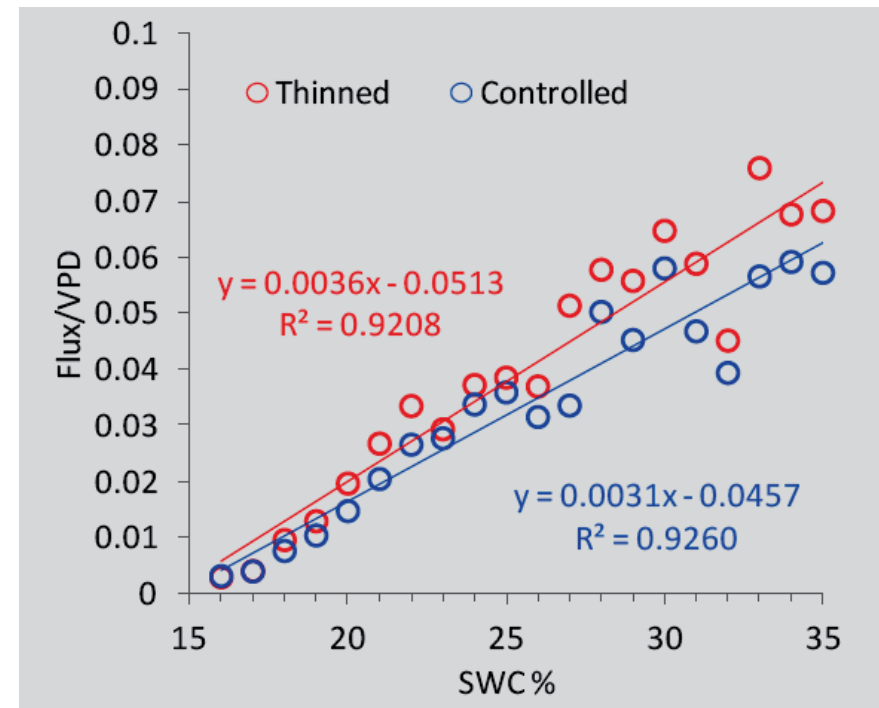
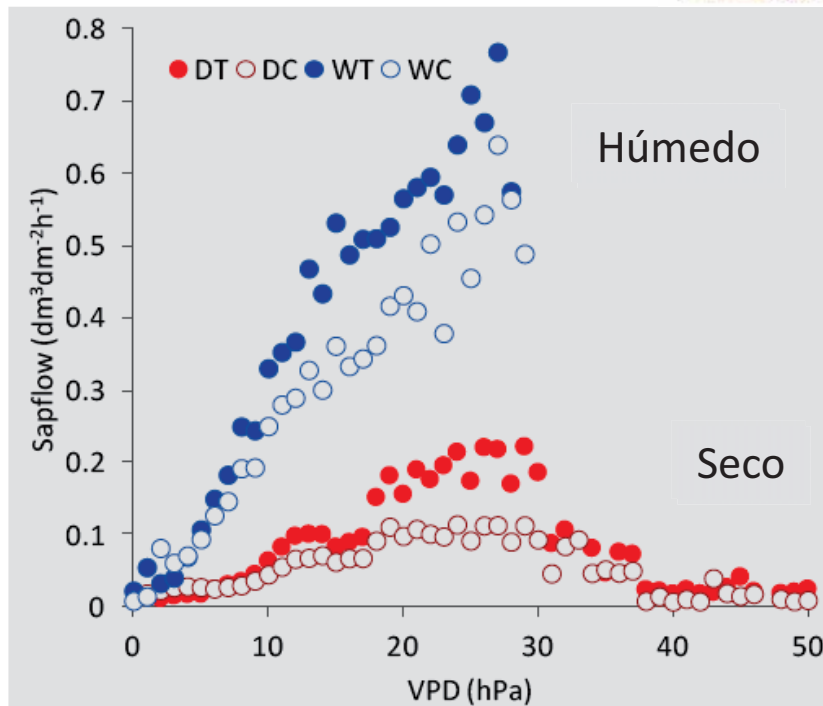
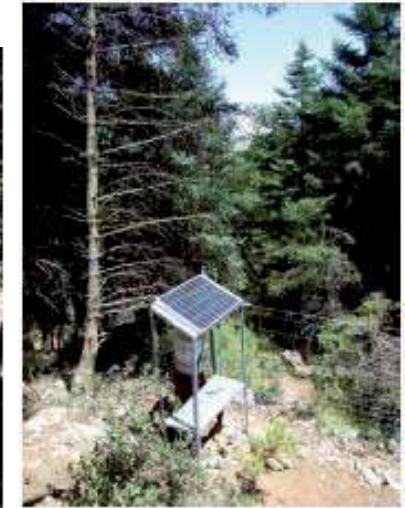
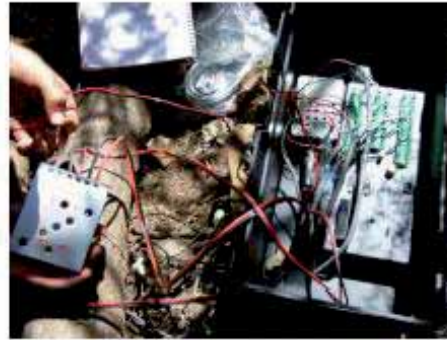
## Flujo de savia: Parcelas Aclaradas respecto Controles.

Primavera (periodo húmedo):

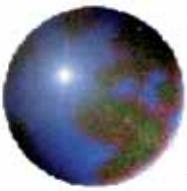
↑ 14%

Verano (periodo seco):

↑ 43%







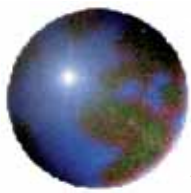
✦ **¿Cómo se explica ese efecto de incremento en la eficiencia de uso de agua? Papel interactivo del ambiente lumínico.**

✦ **EXPERIMENTO DE SOMBREO EN CAMPO (en curso)**

✦ **Transcriptómica: ¿modula el ambiente lumínico la expresión génica diferencial de genes de resistencia a la sequía**







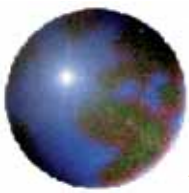
# *Caso 2. Alteración Global Ciclo N*

## *¿Repercusiones en los Pinsapares?*

- ✚ **Saturación de Nitrógeno:**  
una nueva versión de "lluvia  
ácida"

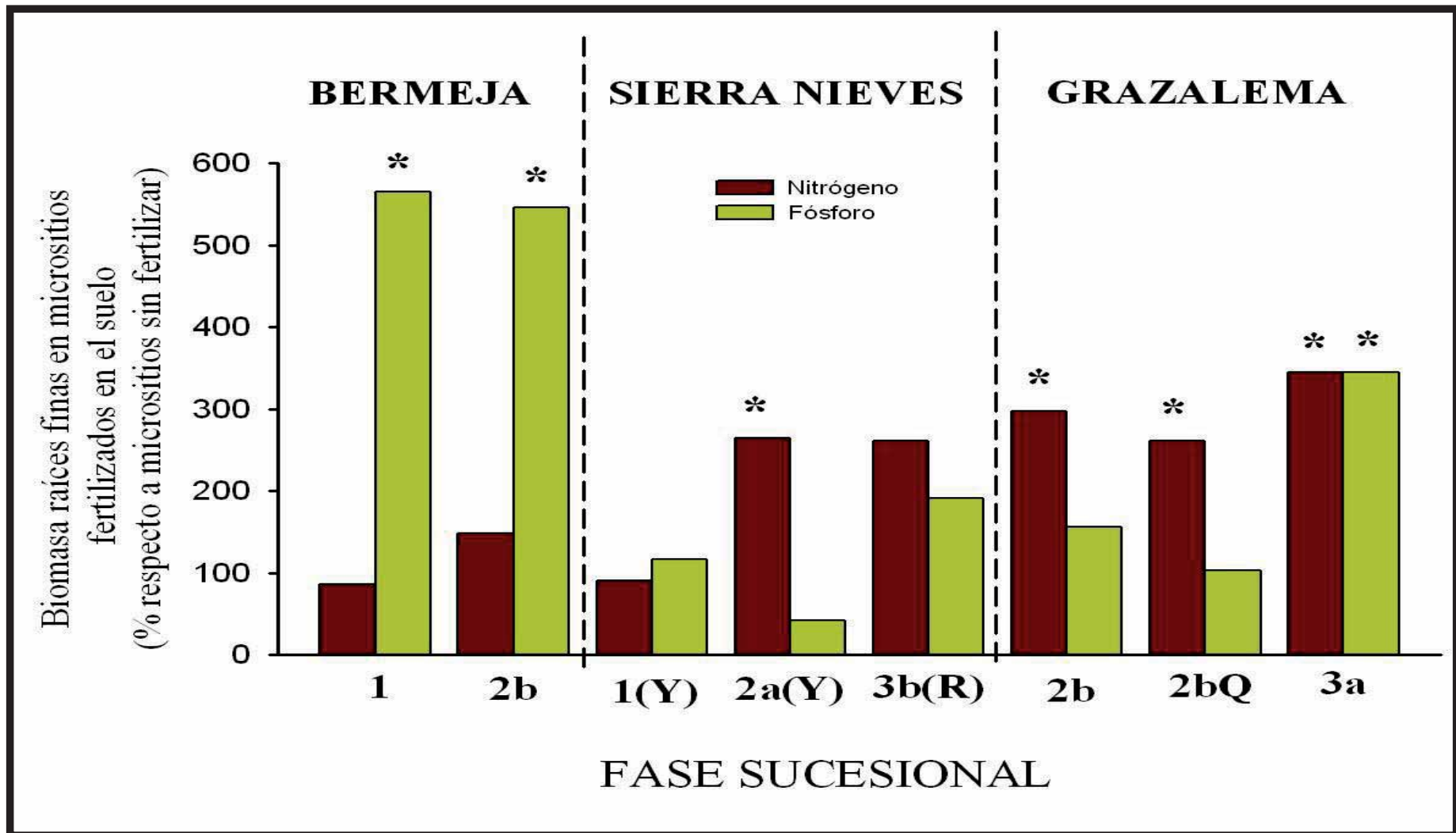


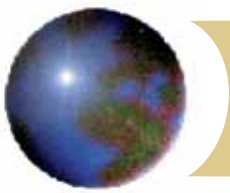




# Caso 2. Adapt. Cont. atmosférica

⊕ Saturación de N → Limitación por fósforo → Desbalance nutricional N/P

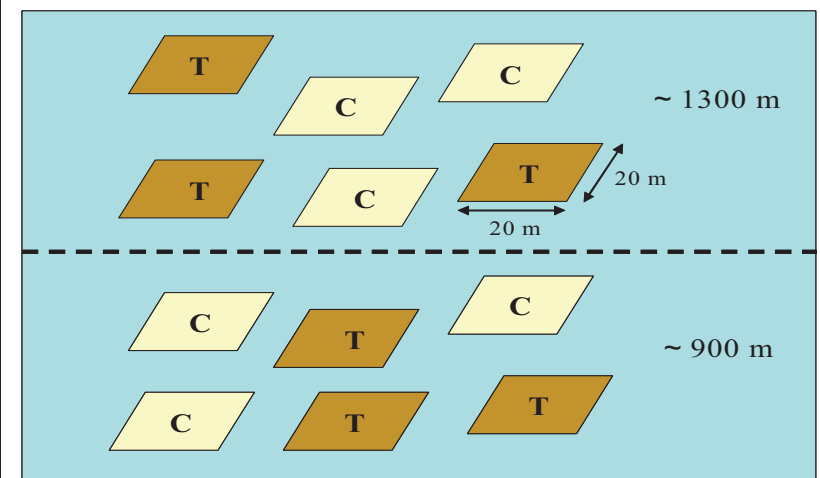
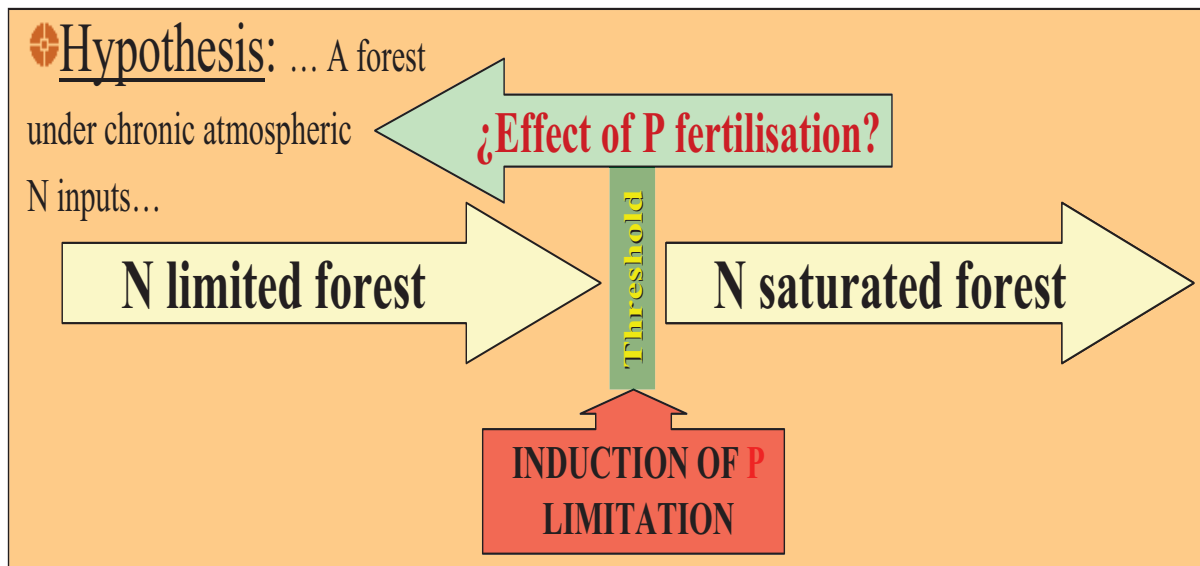




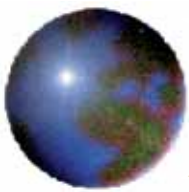
# Opciones de Manejo Saturación N

## ✦ Ensayo de Fertilización compensatoria con Fósforo

... aliviar limitación por P,  
(mejora balance nutricional árboles  
y capacidad retención N  
del ecosistemas.



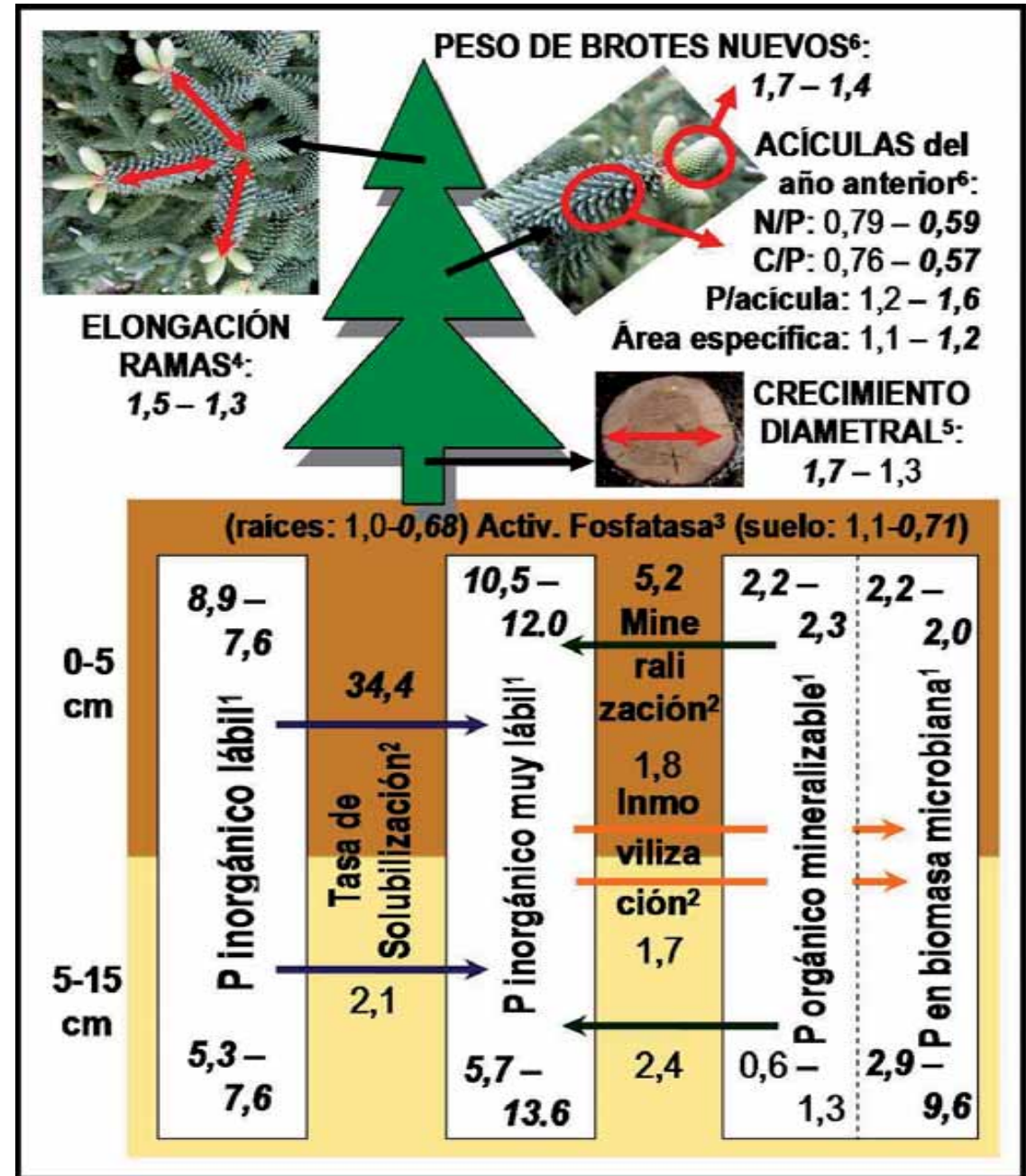


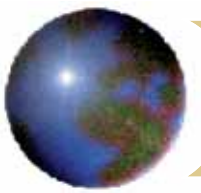


## 2) Caso 1. Cont. atmosférica

### Resultados del ensayo y protocolo de manejo.

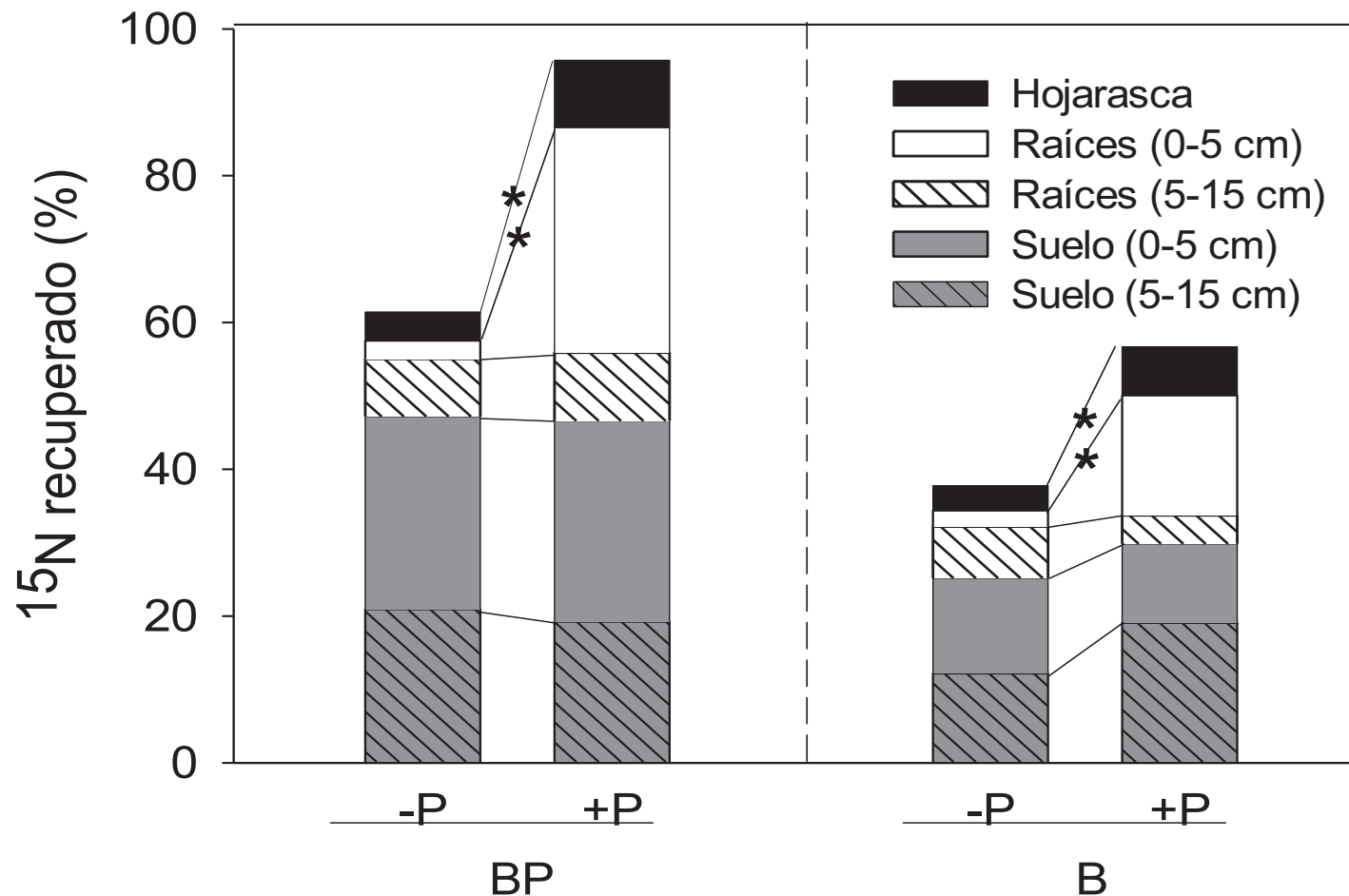
- Se incrementa el crecimiento de los árboles.
- Se equilibra el balance N/P y C/P en los tejidos.
- Se cuenta con un protocolo de intervención en caso de agravamiento de los síntomas.



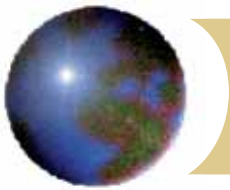


# Respuestas a la Fertilización

- Retención de Nitrógeno en el ecosistema: la fertilización con P recupera un carácter cerrado del ciclo del N (absorción por las raíces).







# MANAGEMENT OPTIONS

## Implementing Management Options:

### 3<sup>rd</sup> *Abies pinsapo* Conservation Action Plan (2008-2010):

■ An strategy focused on pro-active management:

- Extensión of the area of distribution of *A. pinsapo*:



– High sites: Facilitation of up-ward migration, focusing on favorable regeneration niches (i.e., afforestation within dwarf-*Juniperus* spots).

– Mid to low sites: taking advantage of *A. pinsapo* recruitment in the understory of pine afforestations and existing saplings banks. Thinning of pine trees to release *A. pinsapo* saplings.

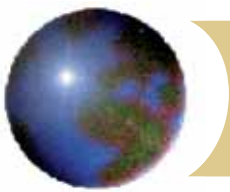


- Structural diversity enhancement of established populations:

– Selective thinning.

– Scattered *Quercus* species afforestation.





# Modelos espacialmente explícitos de capacidad adaptativa.

- Cáp. Adaptativa: Componentes
- Componentes: Determinantes
- Determinantes: Indicadores

¿Traducción al caso de ecosistemas Forestales?

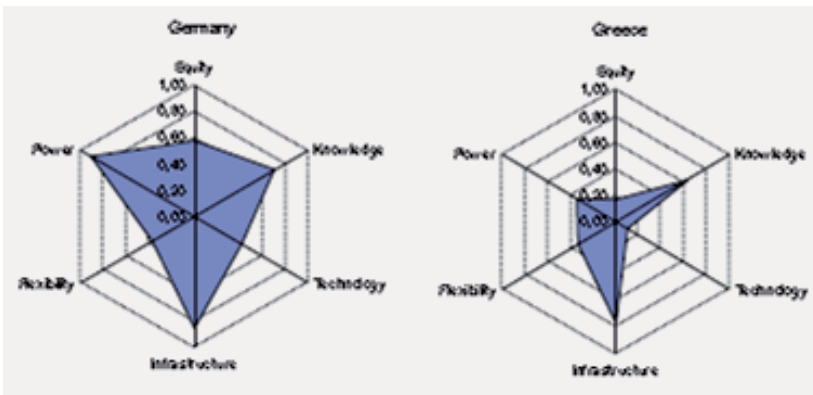
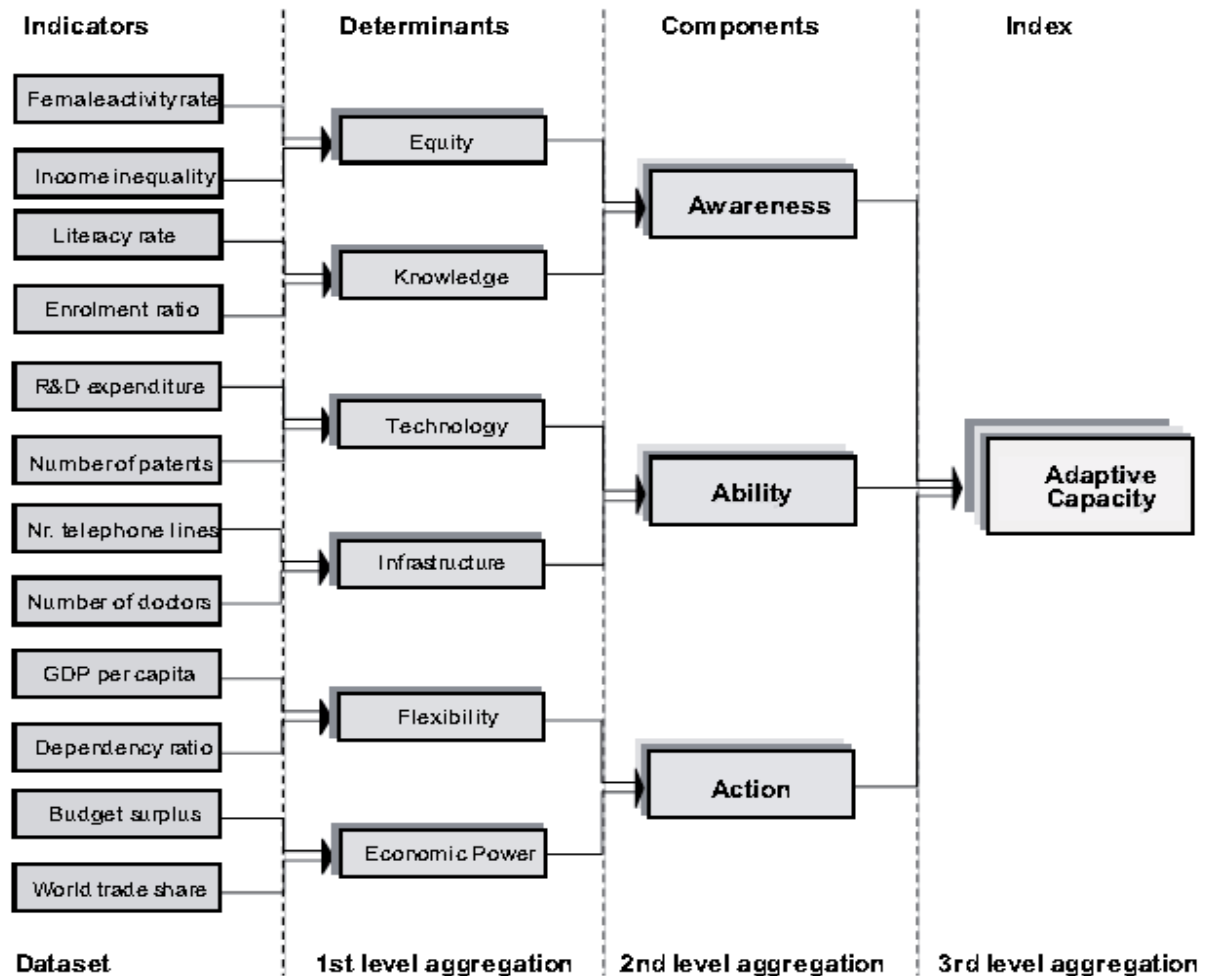
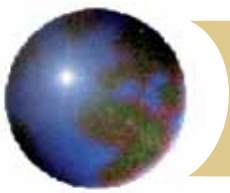


Fig. 2. Indicator framework used to develop the adaptive capacity model.





# ENABLING CONDITIONS

*Legislation demanded systematic knowledge to implement administrative tools.*

⊕ **1960s: Initial Conservation measures (forest leg.)**

⊕ **Legislation on Protected Nature Reserves, Parks... :**

⊕ 1977: UNESCO Biosphere Reserve "Sierra de Grazalema".

⊕ Natural Parks: S. de Grazalema (1984), S. de las Nieves, Reales de Sierra Bermeja (1989).

⊕ UE: Hábitat Directive UE 1992/43...

⊕ **Administrative tools required knowledge**

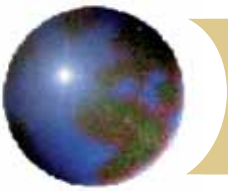
(Funding: Department for the Environment-Regional Gov.)

⊕ 1996: Joint Researchers & Stakeholders Workshop on "*Conservation & Management of Pinsapo-fir forests*".

⊕ 1997-99: 1<sup>st</sup> Multidisciplinary Research Project.

⊕ Since then, now implementing the 3rd Action Plan for in situ Preservation of Pinsapo fir-forests.





# 1. *Introducción. Funcionalismo, Gestión y Conservación.*

## ✚ Gestión convencional:

- ✚ **Visión estática** (asociaciones, teselas) **o dinamismo unidireccional** (climax): Modelos de estructura/patrones predeterminados.
- ✚ **Planificación rígida:** consecución del patrón preconcebido.
- ✚ **Manejo reactivo** (cuando aparece el problema) → Preservación de Patrones.

## ✚ Gestión Adaptativa:

- ✚ **Visión funcional** (sostenibilidad) **y dinámica cíclica.**
- ✚ **Planificación adaptativa:** retroalimentación/flexibilidad.
- ✚ **Manejo pro-activo** (“mundo cambiante”)





!Muchas gracias!