

**MATERIAL FORESTAL DE REPRODUCCIÓN  
UTILIZADO EN LA REFORESTACIÓN DE  
TIERRAS AGRARIAS**

**MANUEL FERNÁNDEZ MARTÍNEZ**

**Departamento de Ciencias Agroforestales (Universidad de Huelva)**

## NORMATIVA VIGENTE

- **DIRECTIVAS CEE (66/404 y 71/161/CEE):**
  - **Normas de Calidad de MFR Comercializado en la UE**
- **Estatal O.M. 3079 y 3080 de 21 - I - 89:**
  - 3079: referente al **contenido genético (Región de Procedencia)**
  - 3080: **calidad exterior** (> 95 % de calidad cabal y comercial)
    - **Criterios cualitativos (conformación y estado sanitario)**
    - **Criterios cuantitativos (edades y dimensiones)**
- **Estatal R.D. 1356/1998 de 26 - VI - 98:**
  - Adecuación a **especies y climatología mediterráneas**
  - Incorpora **material identificado** al controlado y seleccionado

## EL CONTROL

### RECEPCIÓN DE LAS PLANTAS

- Documento de Acompañamiento:
  - **Pasaporte fitosanitario (O.M. 17 - V - 93)**
  - **Tempo máximo de transporte y almacenaje (aviveramiento)**
  - **Manejo de la planta en vivero, transporte y monte**
- Control de adecuación genética (**Certificación del MFR**)
- Control de calidad exterior
- Generación de un Documento de Control

MÉTODO DE CONTROL: **muestreo estandarizado**

# LA CALIDAD DEL MATERIAL FORESTAL DE REPRODUCCIÓN

## ÍNDICE

- **INTRODUCCIÓN**
- **CONCEPTO DE CALIDAD DE PLANTA**
- **¿POR QUÉ EVALUAR LA CALIDAD DE LA PLANTA?**
- **ENSAYOS Y PARÁMETROS QUE SE UTILIZAN**
  - **Atributos de ESTADO: genéticos, morfológicos y fisiológicos**
  - **Atributos de RESPUESTA: fisiológicos**

# INTRODUCCIÓN 1/2

- ANTECEDENTES

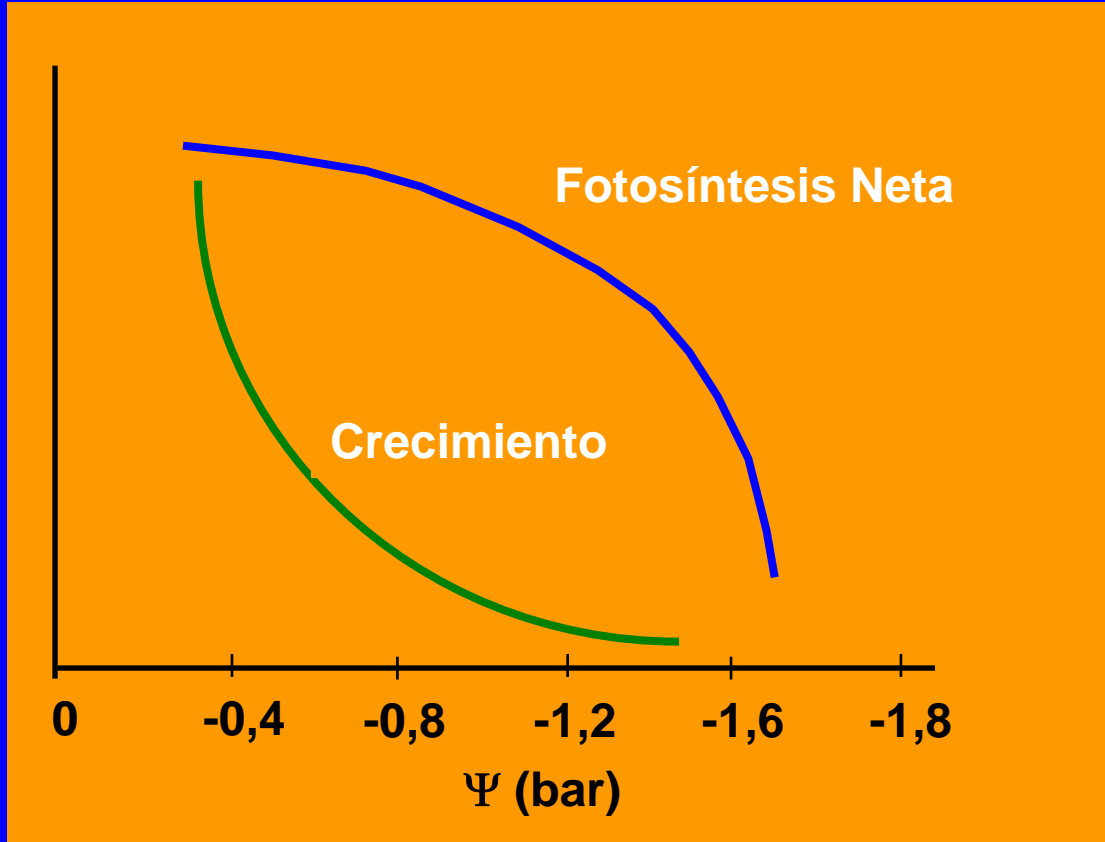
- Inicialmente sólo parámetros morfológicos (¿año?)
- Comenzó **hace unos 50 años** para parámetros fisiológicos
- Actualmente generalizado: **U.K., Canadá, Suecia, USA**

- CAUSAS

- Uso de elevado número de especies
- Amplio rango de condiciones climáticas
- Elevados costes de establecimiento
- Frecuencia de marras sin saber determinar las causas
- Movilidad de las plantas entre regiones
- Relación entre % marras y prácticas culturales en vivero

# INTRODUCCIÓN 2/2

- **REPASO DE CONCEPTOS BÁSICOS**
  - **Crecimiento**
  - **Fotosíntesis y Respiración**
  - **Transpiración**
  - **Nutrición: deficiencia, concentración crítica**
  - **Estado hídrico:  $\Psi = \Psi_s + \Psi_p$**
  - **Resistencia (Tolerancia, Evitación)**
  - **Aclimatación (Endurecimiento)**
  - **Fluorescencia de la clorofila**
  - **Prácticas culturales viverísticas**

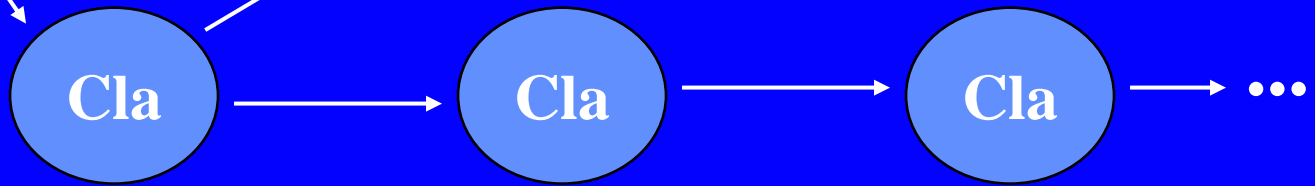


[Volver](#)

**Fotón**

**Fluorescencia de la clorofila**

**Fotosíntesis**



**Calor**

Volver

# CONCEPTO

- **CALIDAD:** Características de un producto que le confieren su aptitud para satisfacer unas necesidades (ISO 9000)
- **PLANTA DE VIVERO DE CALIDAD:** El grado con que cumple los objetivos de su utilización con el mínimo costo. La calidad se corresponde con los fines (IUFRO)
- **CASO DE PLANTA FORESTAL:** Capacidad de alcanzar unas expectativas de supervivencia y crecimiento en una estación particular

# ¿POR QUÉ EVALUAR?

- **VIVERISTA**

- Producción de plantas que cumplan la normativa
- Modificación de prácticas de cultivo: época, periodicidad, etc.
- Criterio de selección para la venta

- **REPOBLADOR**

- Definir el tipo de planta
- Manipulación adecuada: transporte, manejo, plantación, etc.
- Definir el momento de la plantación
- Determinar las causas de las marras
- Maximizar el éxito de la plantación

# ENSAYOS Y PARÁMETROS

## ATRIBUTOS DE ESTADO

- Morfología
- Dormición de yemas
- Estado hídrico
- Nutrientes minerales
- Reservas energéticas
- Micorrización
- Enzimas, Reguladores del crecimiento, etc.

## ATRIBUTOS DE RESPUESTA

- Crecimiento de raíces
- Resistencia al frío
- Vigor (estrés hídrico)
- Resistencia a altas T<sup>as</sup>
- etc.

## CALIDAD DE PLANTA

- Supervivencia
- Crecimiento

## REQUISITOS DE UN BUEN TEST

1/2

- **RÁPIDO: evita cambios fisiológicos**
- **SENCILLO de aplicar y de interpretar**
- **BARATO y ACCESIBLE**
- **FIABLE**
- **Preferentemente NO DESTRUCTIVO**
- **CUANTITATIVO**
- **CAPACIDAD PREDICTIVA**

## CRITERIOS PARA LA ELECCIÓN DE LOS ATRIBUTOS

---

- **Combinar varios atributos (morfológicos + fisiológicos)**
- **Cumplir los objetivos del Control de Calidad**
- **Poder controlar el proceso productivo**
- **Adecuarse a las necesidades del repoblador**

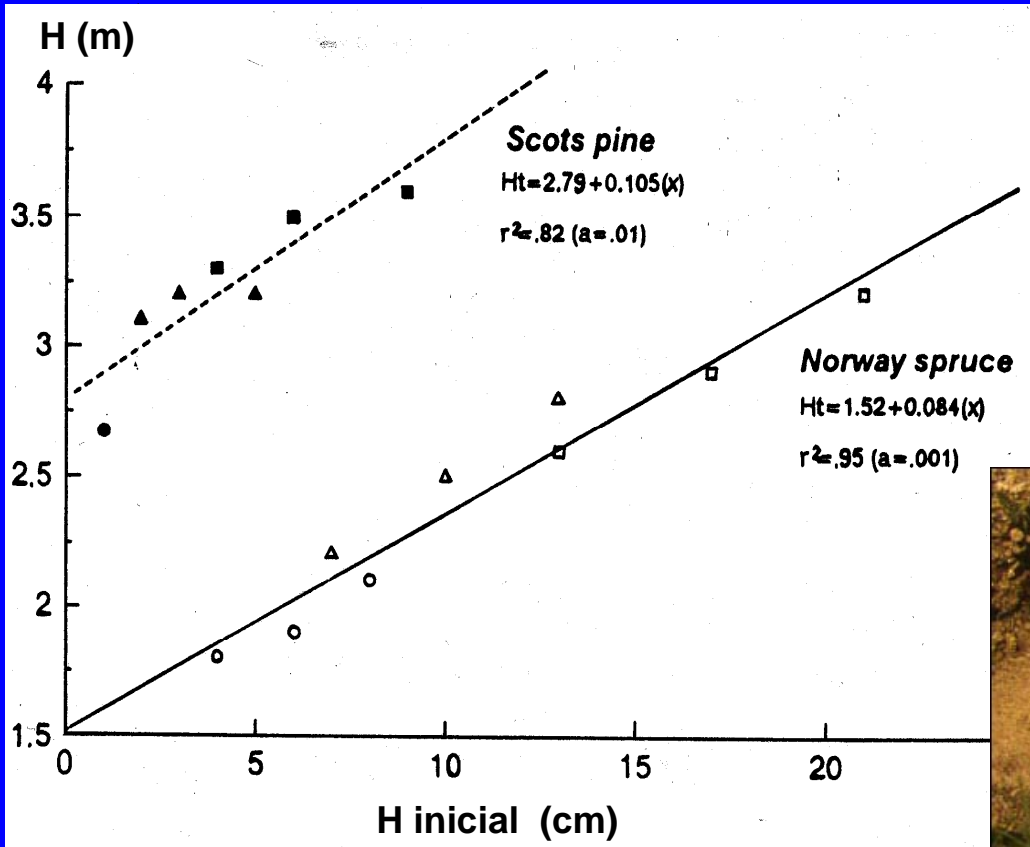
# ATRIBUTOS DE ESTADO

## PARÁMETROS MORFOLÓGICOS 1/8

- **ALTURA: H (cm)**
  - Desde la superficie del suelo hasta la base de la yema apical
  - Fácil de medir pero poco informativa por sí sola
  - Área fotosintetizante y transpirante (aprox.)
  - Ignora arquitectura del tallo
  - Modificable: **fertilización, riego, repicado, luz**
  - Predicción: **Supervivencia (baja)**  
**Crecimiento (media)**
  - Rango de valores: **Bajo (zonas áridas)**  
**Alto (competencia herbácea, erosión)**

# ATRIBUTOS DE ESTADO

## PARÁMETROS MORFOLÓGICOS 2/8



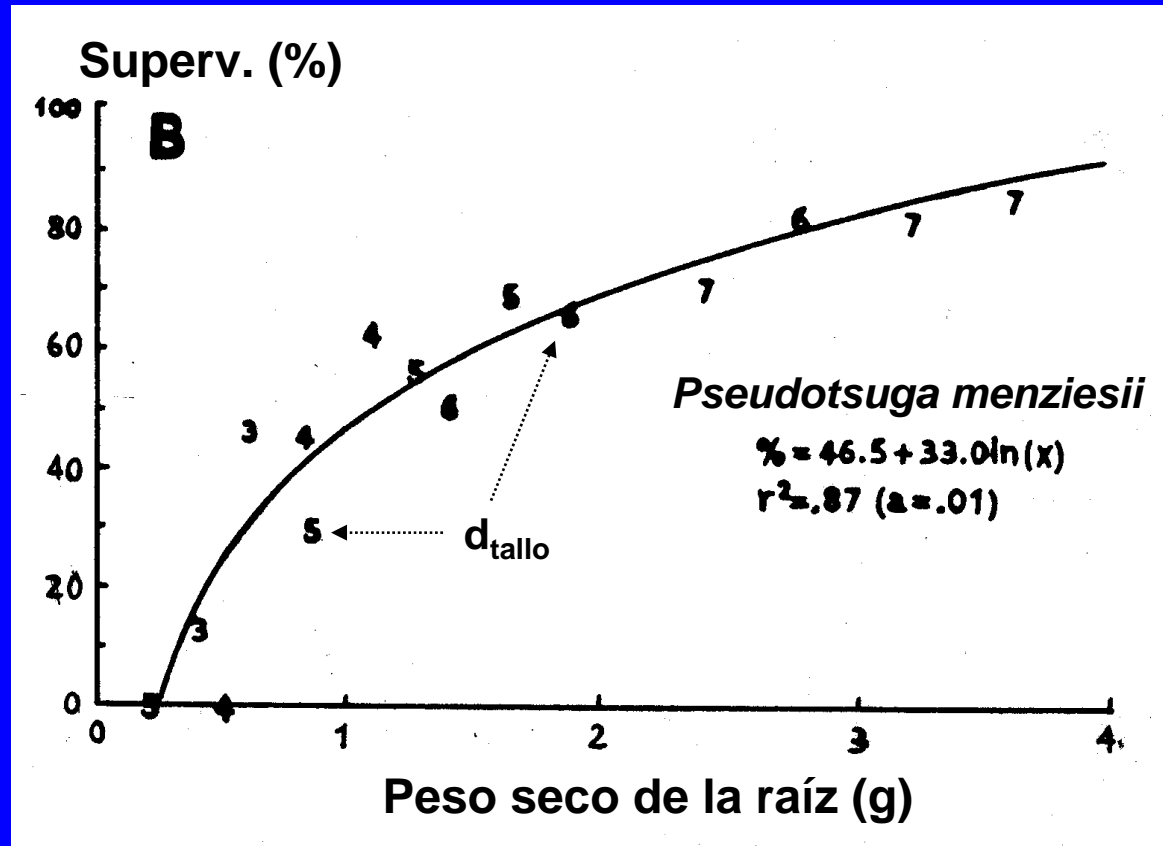
# ATRIBUTOS DE ESTADO

## PARÁMETROS MORFOLÓGICOS 3/8

- **DIÁMETRO DEL CUELLO:  $d$  (mm)**
  - Normalmente a ras del suelo
  - Fácil de medir
  - Resistencia mecánica
  - Transporte de agua (aprox.)
  - Tamaño de la raíz
  - Modificable: **densidad cultivo, repicado**
  - Predicción: **Supervivencia y crecimiento (alta)**
  - Valores: **por encima de un mínimo**

# ATRIBUTOS DE ESTADO

## PARÁMETROS MORFOLÓGICOS 4/8



# ATRIBUTOS DE ESTADO

## PARÁMETROS MORFOLÓGICOS 5/8

### • ÍNDICES MORFOLÓGICOS

- Esbeltez (Eb) =  $H / d$
- Relación Parte aérea / Raíz en peso (Pa/Rz)
  - Parte transpirante / absorbente (aprox.)
  - Necesidad de laboratorio básico
  - Predicción: Supervivencia (alta)

### • Índice de Calidad de Dickson

$$ICD = PS_{total} / (Eb + Pa/Rz)$$

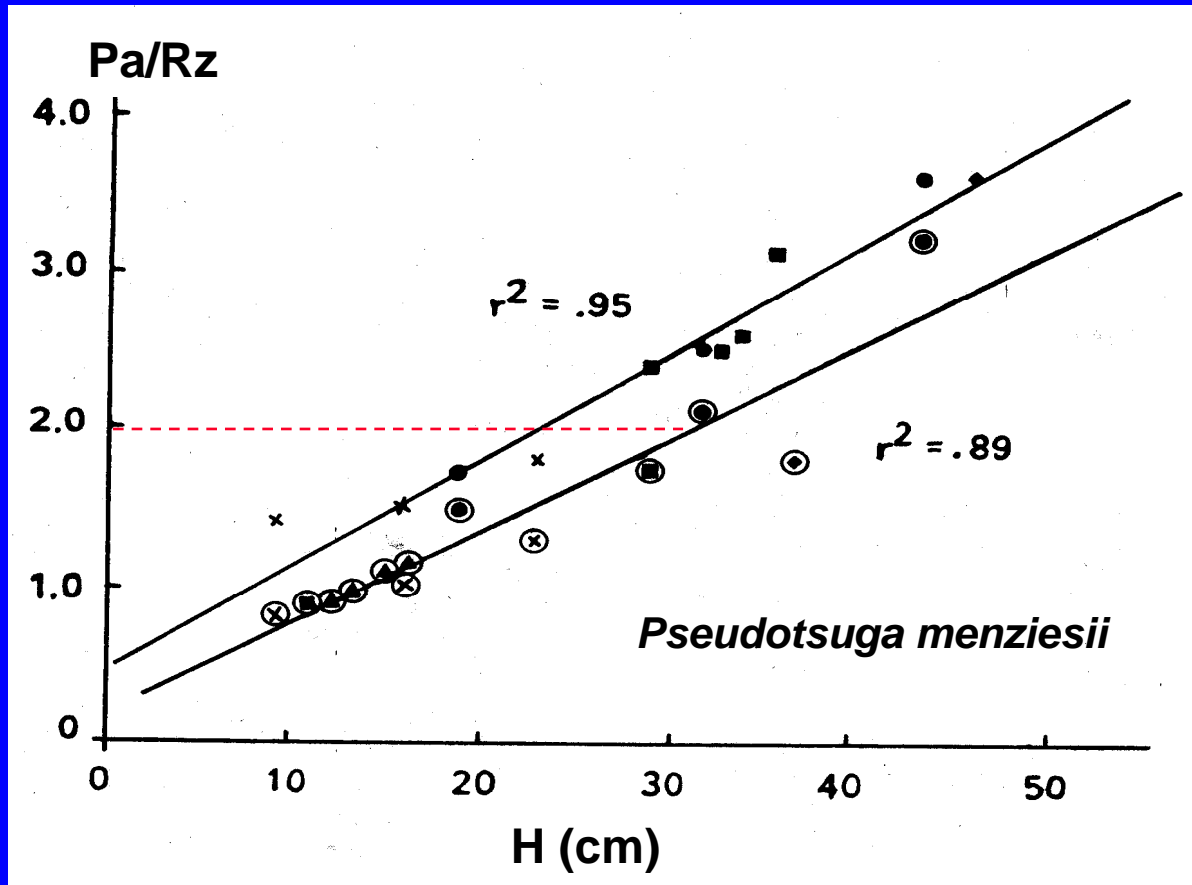
### • Índice de Schmidt-Vogt

$$d = a H + b$$

# ATRIBUTOS DE ESTADO

## PARÁMETROS MORFOLÓGICOS

6/8



# ATRIBUTOS DE ESTADO

## PARÁMETROS MORFOLÓGICOS 7/8

ESPECIE	Nº SAVIAS	H (cm)	Índice de Schmidt-Vogt
<i>Abies alba</i>	2	15	$d = 0,125 H + 2$
<i>Fagus sylvatica</i>	1	20	$d = 0,075 H + 2$
<i>Pinus nigra</i>	1	10	$d = 0,1 H + 2$
<i>Pinus sylvestris</i>	1	10	$d = 0,1 H + 2$
<i>Pinus sylvestris</i>	2	15	$d = 0,1 H + 2$

H = altura. d = diámetro (mm)

# ATRIBUTOS DE ESTADO

## PARÁMETROS MORFOLÓGICOS 8/8

- OTROS PARÁMETROS

- De la Parte aérea

- N° de ramificaciones laterales
    - Tamaño y densidad de hojas
    - Tamaño de la yema terminal
    - N° de primordios

- De la raíz

- N° de raíces laterales
    - Fibrosidad del sistema radical
    - Micorrización



# ATRIBUTOS DE ESTADO

## PARÁMETROS FISIOLÓGICOS 1/10

- **DORMICIÓN DE LAS YEMAS (Fenología)**
  - Climas con estaciones marcadas (**ciclo de dormición**)
  - Dormición impuesta (**quiescencia**) y profunda (**reposo**)
  - Requerimientos de bajas y altas temperaturas
  - Definición:
    - **Un tejido está predispuesto a crecer pero no lo hace**
    - **Cuando la actividad mitótica es cero**
    - **Cuando la resistencia al estrés es máxima**
  - Métodos de medición: **Apertura de yemas, Índice mitótico**

# ATRIBUTOS DE ESTADO

## PARÁMETROS FISOLÓGICOS 2/10

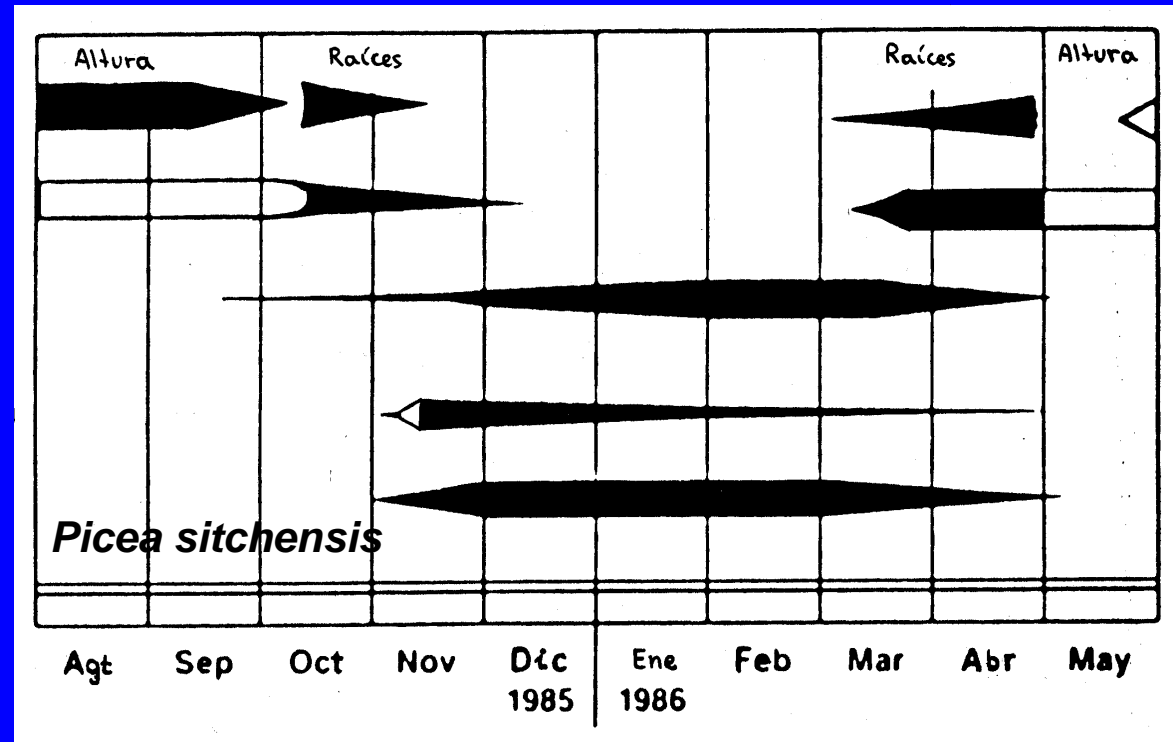
Crecimiento

I. Mitótico

PRR

Apert. Yemas

Resist. Frío



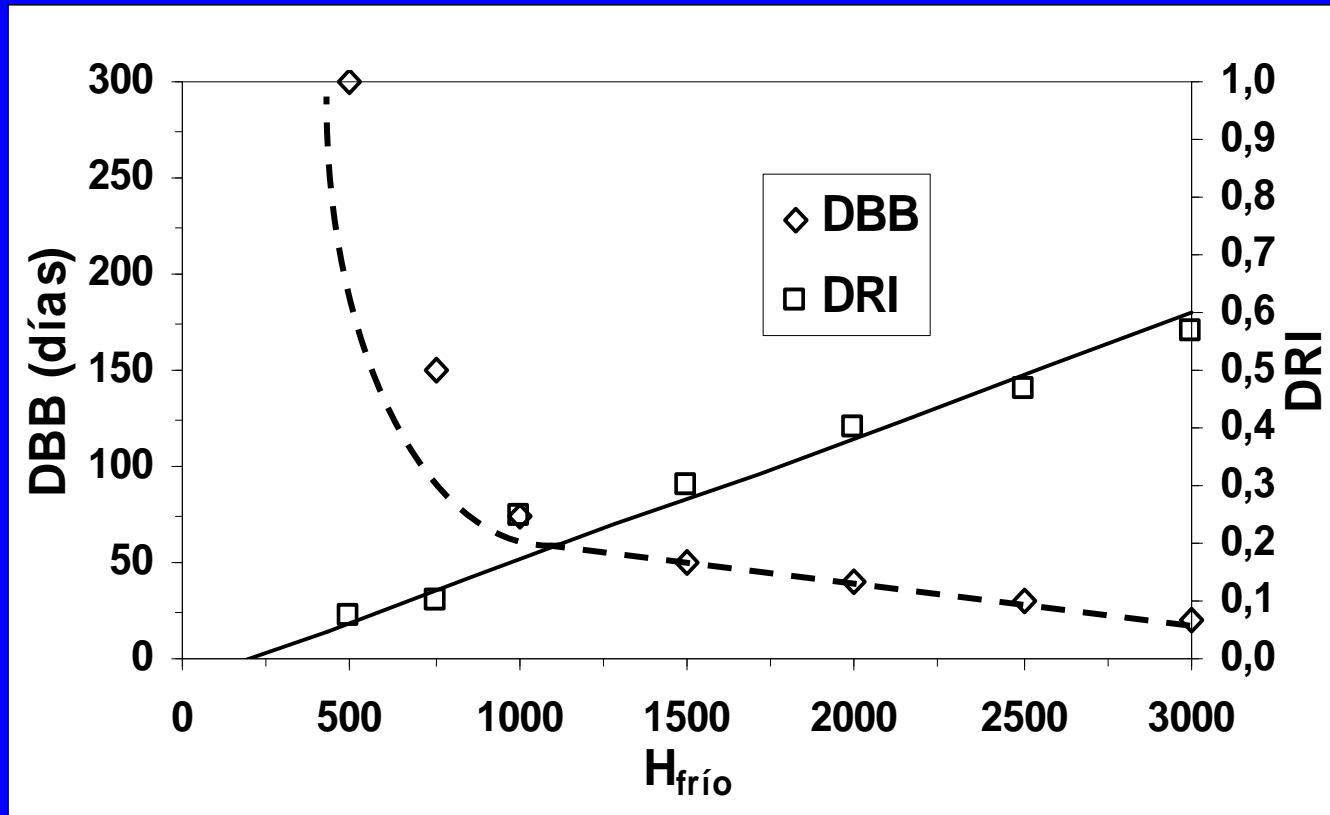
# ATRIBUTOS DE ESTADO

## PARÁMETROS FISIOLÓGICOS 3/10

- Dormición de yemas: ENSAYO DE APERTURA
  - Intensidad de dormición en sentido clásico
  - Relacionado con horas acumuladas de frío ( $H_{\text{frío}}$ )
  - Se mide: **Nº medio de días para que se abran las yemas (DBB)**  
problema: **fluctuaciones de temperatura**
  - Índice de Pérdida de la Dormición:  **$DRI = DBB_{\text{mín.}} / DBB$**   
ventajas: **Relación de DRI y  $H_{\text{frío}} = \text{cte.}$  entre años**  
**Estima resistencia a estrés**
  - $H_{\text{frío}}$  : **0-5 °C** (Templado-frío) ó **< 10 °C** (climas cálidos)
  - Se precisa cámara de cultivo. Es lento

# ATRIBUTOS DE ESTADO

## PARÁMETROS FISOLÓGICOS 4/10



# ATRIBUTOS DE ESTADO

## PARÁMETROS FISIOLÓGICOS 5/10

- Dormición de yemas: ÍNDICE MITÓTICO (IM)
  - Cuantificación: **observación directa al microscopio**
  - $IM = N^{\circ} \text{ células en división} / N^{\circ} \text{ células contadas}$
  - Ventajas: **Rápidez**
    - Medida directa de un proceso fisiológico**
  - Desventaja: **Alcanza valor cero al entrar en reposo y permanece así hasta el comienzo de la primavera (tallo)**
    - Las raíces se mantienen en estado de quiescencia**
- Requiere laboratorio normal y un Técnico

# ATRIBUTOS DE ESTADO

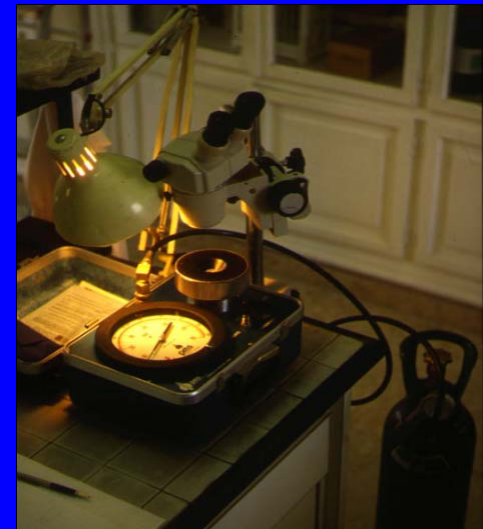
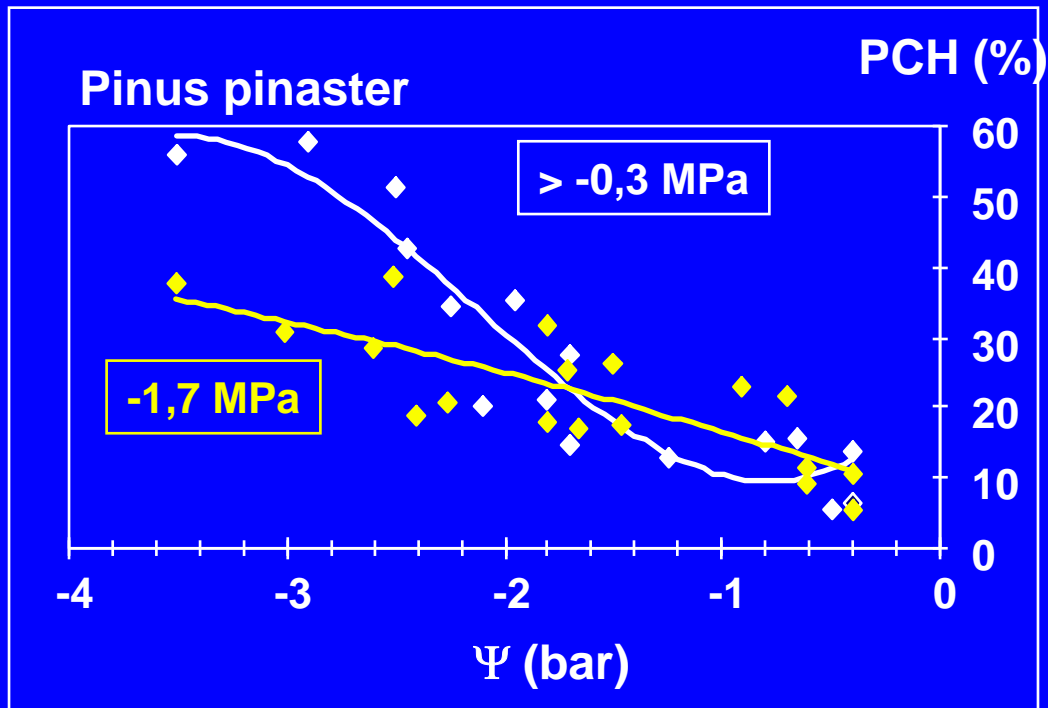
## PARÁMETROS FISIOLÓGICOS 6/10

### • ESTADO HÍDRICO

- Afecta sensiblemente los procesos fisiológicos
- Medición: **Contenido hídrico y/o potencial hídrico**
- Fase de cultivo: **evitar estrés hídrico ( $> -1,0$  MPa)**
- Fase aclimatación: **estrés moderado ( $-0,8$  a  $-1,5$  MPa)**
  - **Ajuste osmótico**
  - **Conservación de la conductancia hidráulica**
- Estrés post-transplante
- Test ( $\Delta\Psi < -1,5$  MPa) a 15 días. Precisa un técnico especializado  
Predicción: **Supervivencia (alta), climas secos**

# ATRIBUTOS DE ESTADO

## PARÁMETROS FISIOLÓGICOS 7/10



# ATRIBUTOS DE ESTADO

## PARÁMETROS FISIOLÓGICOS 8/10

### • NUTRICIÓN MINERAL

- Afecta sensiblemente los procesos fisiológicos
- Fase de cultivo: **ajustar al crecimiento; 100 ppm N (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)**
- Fase endurecimiento:
  - **Contenidos óptimos (carga exponencial de nutrientes)**
  - **Ajuste osmótico (K); 50 ppm N (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)**
- Precisa técnico y laboratorio especializados
- Valores: **superar un mínimo, sin síntomas de deficiencia**
- Predicción: **Supervivencia (media)**  
**Crecimiento (alta)**

# ATRIBUTOS DE ESTADO

## PARÁMETROS FISIOLÓGICOS 9/10

ELEMENTO	UDS.	Contenido óptimo
N	%	1,4 - 2,2
P	%	0,2 - 0,4
K	%	0,5 - 1,5
Ca	%	0,2 - 0,5
Mg	%	0,1 - 0,3
S	%	0,2 - 0,3
Fe	ppm	60 - 200
Mn	ppm	100 - 250
Zn	ppm	30 - 150
Cu	ppm	4 - 20
Mo	ppm	0,3 - 5,0
B	ppm	20 - 100
Cl	ppm	30 - 100

Acículas de coníferas

# ATRIBUTOS DE ESTADO

## PARÁMETROS FISIOLÓGICOS 10/10

- **CONTENIDO EN CARBOHIDRATOS**

- Material de reserva (aporte de energía)
- Necesarios hasta recuperar la fotosíntesis (post-transplante)
- Prácticas de cultivo (fase aclimatación):
  - **Reducir el crecimiento más que la fotosíntesis**
  - **Ajuste osmótico (AzS)**
- Técnico y laboratorio especializados
- Valores: **superar un mínimo**



## ACTIVIDAD Y REGENERACIÓN RADICAL

- Integrador del estado sanitario de la planta
- Actividad: **dos picos anuales (primavera y verano-otoño)**
- Potencial de Regeneración de Raíces (PRR)
  - **Correlación (-) con la actividad radical**
  - **Correlación (+) con la dormición del tallo (resistencia al estrés)**
  - **Indicativo del buen funcionamiento de la planta**
- Otros métodos: **CCR (con cepellón), PCC (condiciones limitantes)**
- Necesita cámara de cultivo. Lento (> 2 semanas)
- Predicción: **superar valor mínimo (según especie y método)**

# ATRIBUTOS DE RESPUESTA 2/9

ICR	Nº raíces nuevas >1 cm
0	0
1	algunas <1cm
2	1 – 3
3	4 – 10
4	11 – 30
5	31 – 100
6	101 – 300
7	> 300

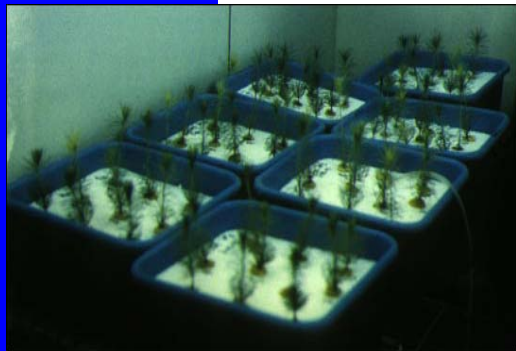
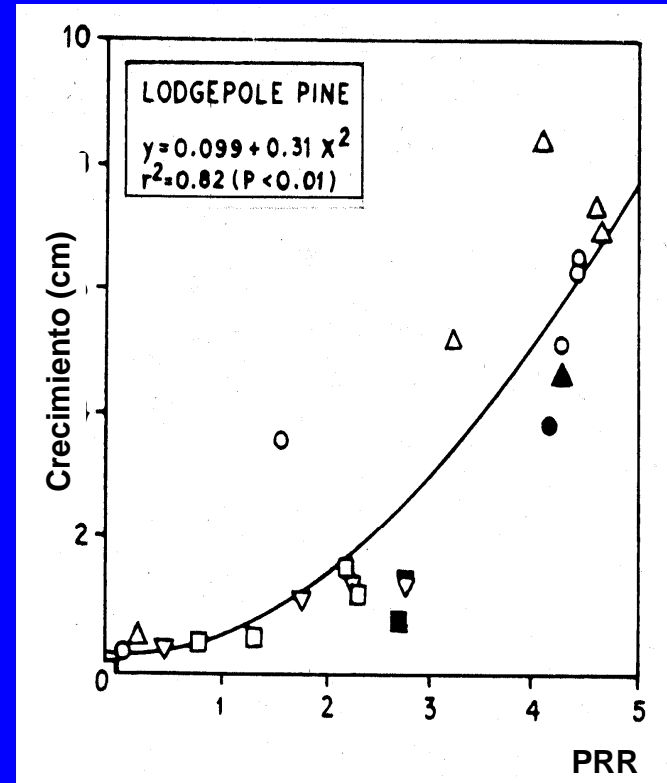
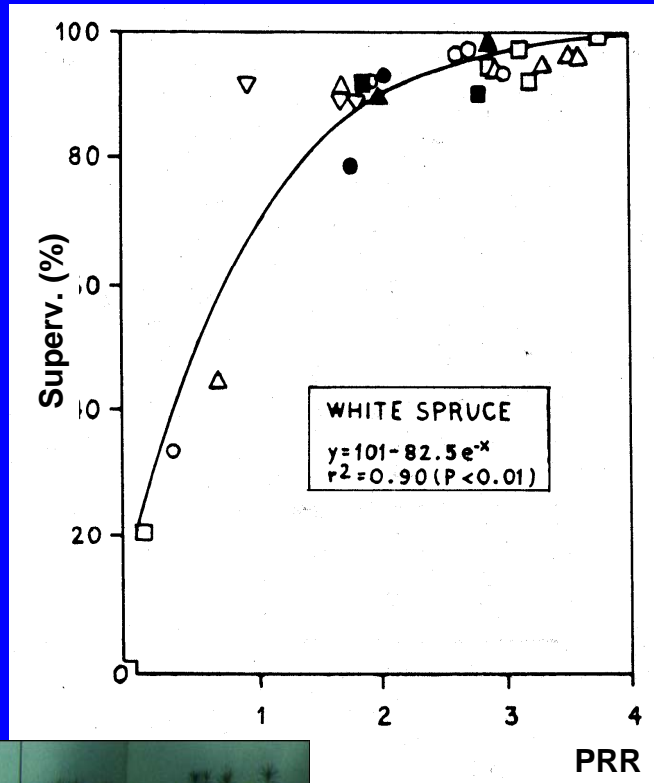
## Capacidad de predicción

Condiciones de campo

	PRR	
	Bajo	Alto
Duras	-	?
Suaves	?	+

# ATRIBUTOS DE RESPUESTA

3/9

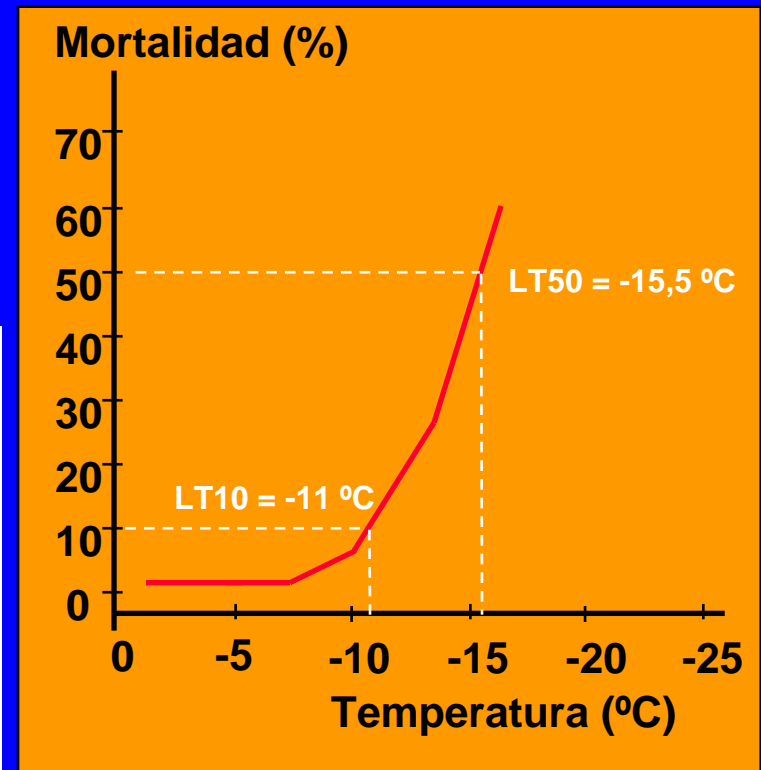
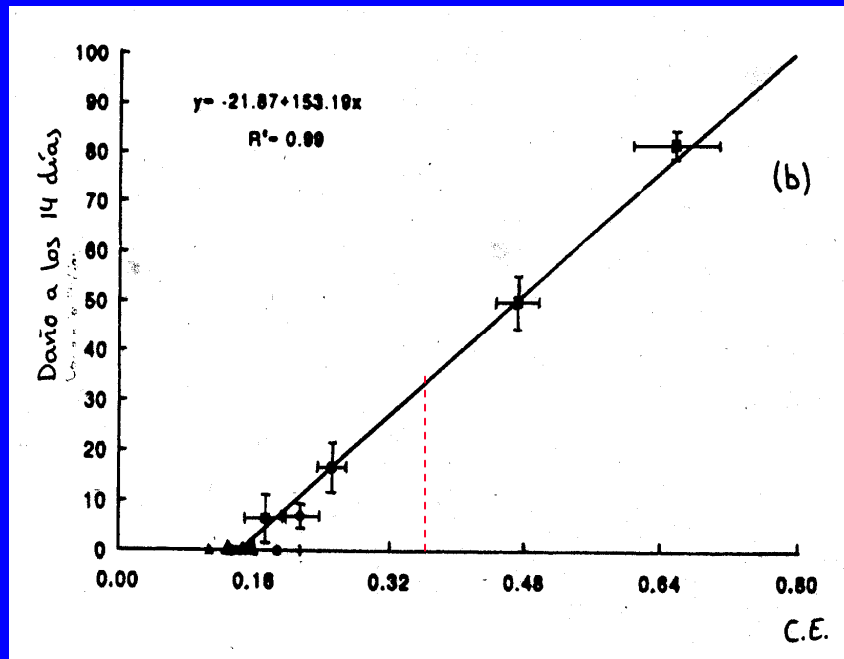


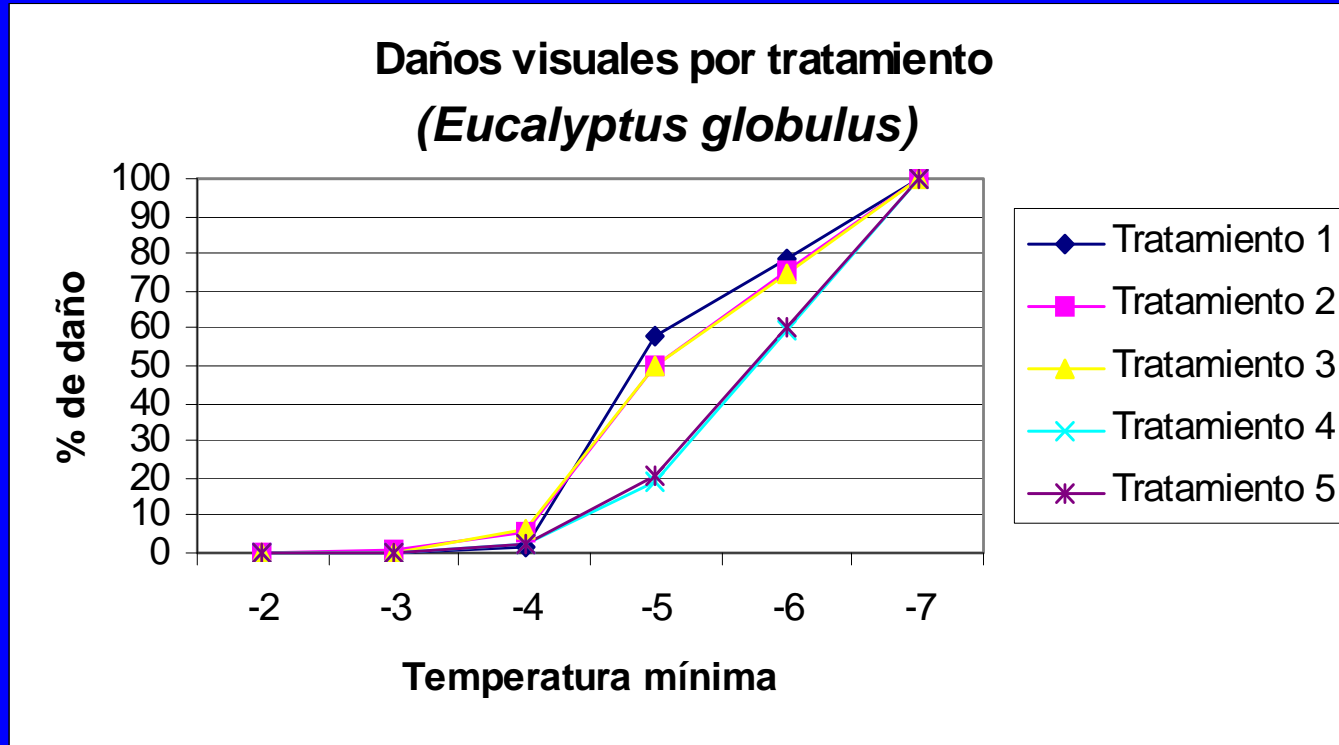
## RESISTENCIA AL FRÍO

- Temperatura mínima que no causa daños (**también LT50, LT10**)
- Es un proceso natural de adaptación al clima (**fenología**)
- Prácticas de cultivo para aumentarla (aclimatación):
  - Cultivo al aire libre (**bajas temperaturas**)
  - Acortamiento del fotoperíodo o reducir el riego
- Tests: De planta completa (**lento; o muy rápido Fv/Fm**)  
Índice de daño (**rápido**)
- Necesario un laboratorio especializado
- Predicción: **Muy alta para Supervivencia**

# ATRIBUTOS DE RESPUESTA

5/9





Trat. 1: 1 - 0,25 - 0,5

Trat. 2: 1 - 0,29 - 0,86

Trat. 3: 1 - 1 - 1,42

Trat. 4: 1 - 12,9 - 8,6

Trat. 5: 1 - 6,45 - 4,3

**TEST DE ESTRÉS HÍDRICO**



**TEST DE FRÍO EN PLANTA COMPLETA**

*P. halepensis*: Respuesta en campo



Favorable



Desfavorable

Test de estrés hídrico

## OTROS ENSAYOS

- Test de VIGOR DE LA OSU
  - **Exposición de las raíces a atmósfera seca**
  - **Plantar o contabilizar daños a los dos meses**
  - **Fiable pero muy lento**
- **Parámetros de intercambio gaseoso: de utilidad limitada**
- **Fluorescencia de la clorofila: mejor combinado con otro test**
- **Emisión de hidrocarburos volátiles: poco fiable**
- **Marcadores genéticos y moleculares**