



La propagación del alcornoque y la seca


José Antonio Manzanera, E.T.S.I. Montes, UPM,  
[joseantonio.manzanera@upm.es](mailto:joseantonio.manzanera@upm.es)

Arancha Gómez Garay (Presidenta de la Asociación Española de Sanidad Vegetal)

Beatriz Pintos, UCM

Maite Solís, UCM

José Antonio Saiz de Omeñaca, UPM.



Síntomas de la seca:

- Hojas Puntisecas, color tabaco, tamaño reducido, defoliación por acortamiento de la vida útil, y mayor sensibilidad a defolios
- A veces: podredumbres radicales, chancros rezumantes o carbonosos, agrietamientos en corteza y xilema y proliferación de brotes epicórmicos












Universidad Politécnica de Madrid  
 E.T.S. de Ingenieros de Montes  
 Research Group for Sustainable Management

## Posibles causas de la seca:

- Debilitamiento del árbol:
- Sequía + calor: Especialmente, alternancia de sequías con encharcamiento (ambiente favorable a la propagación de fitóftora)
- Malas prácticas culturales: Repoblaciones realizadas sin estudio previo del suelo y otros factores ecológicos
- carga cinegética o ganadera excesiva
- deposiciones ácidas
  - raña de Navahermosa (Toledo).  
plantación artificial en zona marginal, demasiado fría en invierno,
  - suelo inadecuado (no ácido).
  - agente ejecutor: chancros basales (fitóftora).




Universidad Politécnica de Madrid  
 E.T.S. de Ingenieros de Montes  
 Research Group for Sustainable Management

## Patógenos relacionados

- *Phytophthora cinnamoni*
- *Botryosphaeria sp.* (causantes de chancros en tronco y ramas)
- bacteria *Brenneria quercina* (responsable de los chancros rezumantes)
- *Biscogniauxia mediterranea* (*Hypoxylon*, carbón del alcornoque).



## Posibles soluciones:

- lucha contra la contaminación y el cambio climático
- selvicultura preventiva
- control de enfermedades infecciosas
- mejora genética y propagación de las resistencias a condiciones adversas.



## ALTERNATIVAS



SELECCIÓN DE RESISTENTES

ADOPCIÓN DE RESISTENCIA

CONSERVACIÓN DE RECURSOS









Universidad Politécnica de Madrid  
 E.T.S. de Ingenieros de Montes  
 Research Group for Sustainable Management

## SELECCIÓN DE RESISTENTES

- Los tests *in vitro* de tolerancia/resistencia son requisitos previos para las pruebas de campo
- A partir de individuos con aparente tolerancia en zonas afectadas:
- **Propagación**







Universidad Politécnica de Madrid  
 E.T.S. de Ingenieros de Montes  
 Research Group for Sustainable Management

## Selección de alcornoques:

- 10 árboles por procedencia
- calidad del corcho (calibre idóneo para tapón)
- Producción de fruto




 **POLITÉCNICA**  
"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid  
E.T.S. de Ingenieros de Montes  
Research Group for Sustainable Management



## ADOPCIÓN DE RESISTENCIA

- Modificación genética
- Nuevas técnicas biotecnológicas
- **Modificación, Regeneración y propagación.**



 **POLITÉCNICA**  
"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid  
E.T.S. de Ingenieros de Montes  
Research Group for Sustainable Management



## CONSERVACIÓN DE RECURSOS

- Conservación *ex situ*
- plantas para la conservación a largo plazo y para facilitar el acceso de los fitomejoradores
- **Conservación y propagación.**








## La propagación del alcornoque

- **Problemas de regeneración:**
  - retroceso del alcornocal:
  - 16% en nº de pies
  - más acusado (26%) en las clases de 5 a 25 cm Dn
  - disminución del regenerado



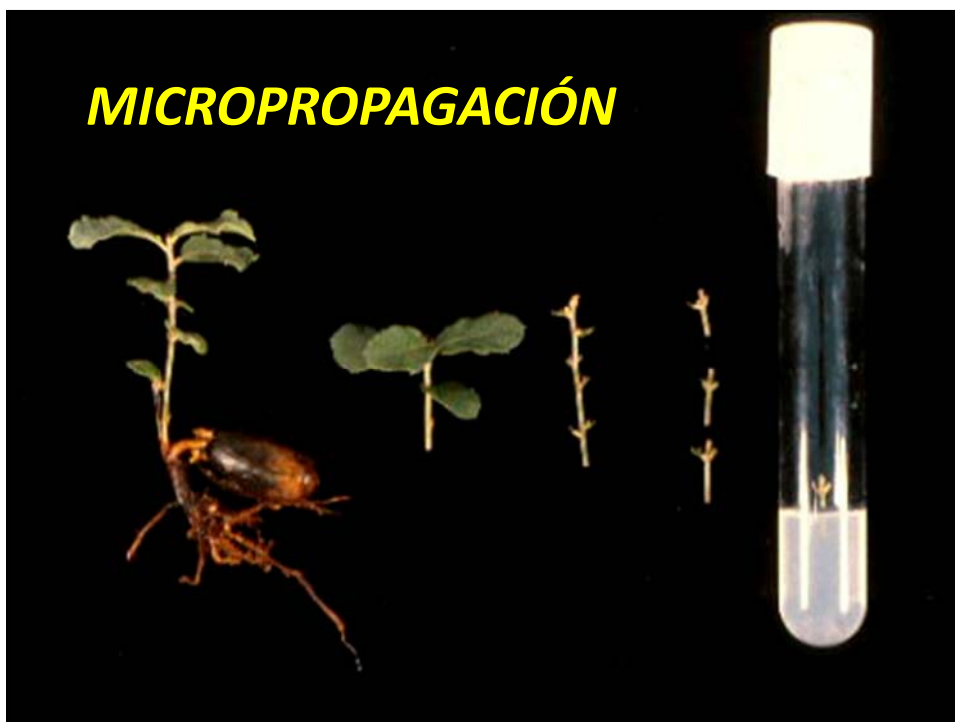
## Problemas en su propagación:

- 1º) Semillas recalcitrantes
- 2º) Tardía entrada en la madurez sexual
- 3º) Especie vecera
- 4º) Difícil propagación vegetativa por estaquillado
- 5º) Dificultad práctica de obtener líneas puras.



## Técnicas de propagación del alcornoque

- Por semilla
- Vegetativa: injerto y acodo (poco viable)
- Biotecnológica:
  - Micropropagación
  - Embriogénesis somática
  - Embriogénesis haploide
  - Transformación genética



 **POLITÉCNICA**  
"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

 **FoReS Lab**

 **SEVAE**

Universidad Politécnica de Madrid  
**E.T.S. de Ingenieros de Montes**  
Research Group for Sustainable Management



## Micropropagación del alcornoque

**ORIGEN ADULTO**      **MULTIPLICACIÓN DE YEMAS**      **ENRAIZAMIENTO**



 **POLITÉCNICA**  
"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

 **FoReS Lab**

 **SEVAE**

Universidad Politécnica de Madrid  
**E.T.S. de Ingenieros de Montes**  
Research Group for Sustainable Management



## ACLIMATACIÓN







## INDUCCIÓN DE EMBRIOGÉNESIS SOMÁTICA

- Recolección y preparación del material

ÁRBOLES SELECCIONADOS	RECOLECCIÓN DE BELLOTAS	ASEPSIA
		




## INDUCCIÓN DE EMBRIOGÉNESIS SOMÁTICA

INDUCCIÓN DE EMBRIONES	PROLIFERACIÓN EN MEDIO BASAL
	



## MADURACIÓN DE EMBRIONES SOMÁTICOS


→

## Germinación:



Semanas	Treatment 1 (Red Triangles)	Treatment 2 (Green Squares)	Treatment 3 (Blue Diamonds)
1	40	40	32
2	55	68	35
3	80	70	50
4	88	78	52
5	90	78	55
6	100	80	55





CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL



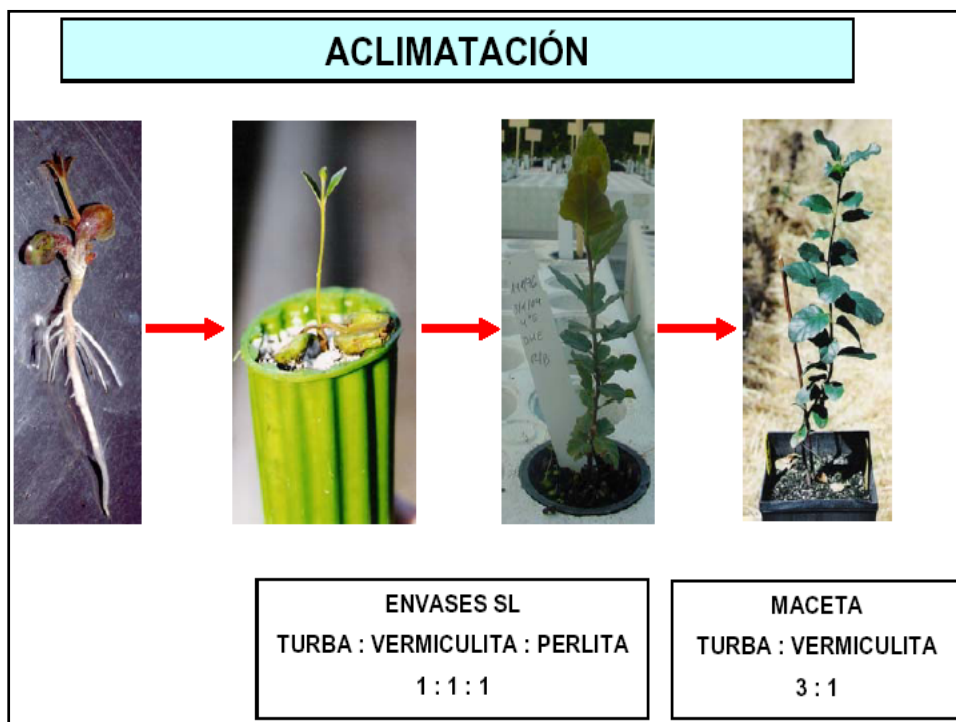

Univ. E.T.S. de Ing. Agrón. y Forestal

Research Group

## Semillas artificiales de embriones somáticos



- Encapsulación de embriones maduros en semillas artificiales
- La regeneración de plantas a partir de la germinación de embriones somáticos aumenta la descendencia de los árboles seleccionados
- La encapsulación permite mayor facilidad de manejo y conservación
- Abre la posibilidad de futuras aplicaciones técnicas.










CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL  
 Universidad Politécnica de Madrid  
 E.T.S. de Ingenieros de Montes  
 Research Group for Sustainable Management

## EMBRIOGÉNESIS EN ANTERAS:

- Razones para su utilización:
  1. Los métodos clásicos de mejora vegetal se basan en hibridación y selección
  2. Esto es impracticable en alcornoque, por ciclo vital largo, vecería, etc.
  3. La embriogénesis en anteras permite obtener líneas puras en un solo paso






CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL  
 Universidad Politécnica de Madrid  
 E.T.S. de Ingenieros de Montes  
 Research Group for Sustainable Management

## EMBRIOGÉNESIS EN ANTERAS: DESARROLLO DEL POLEN

### RUTA GAMETOFÍTICA



### RUTA ESPOROFÍTICA

POLITÉCNICA Ingeniamos el futuro

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

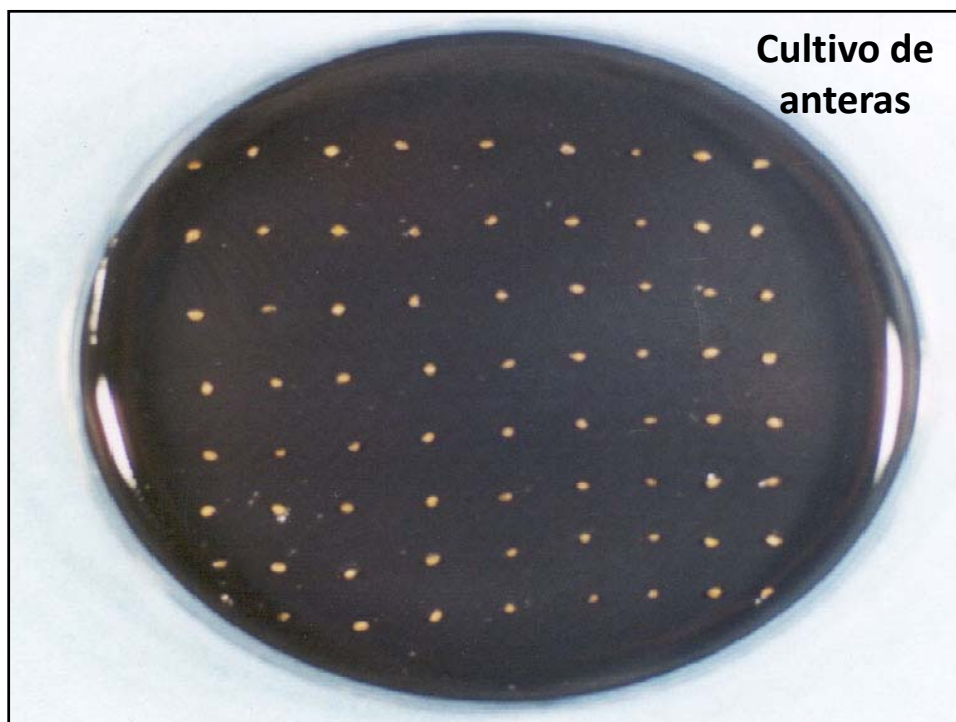
FoReStLab

SEVAIT

Universidad Politécnica de Madrid  
E.T.S. de Ingenieros de Montes  
Research Group for Sustainable Management

### Recolección de amentos y extracción de las anteras

The figure illustrates the process of anther collection and extraction. It includes a large photograph of a pine branch with developing cones, a grid of five panels (a-e) showing the progression of cone growth, and five panels showing the dissection of anthers. Below these are five panels of fluorescence microscopy images of anthers, with scale bars of 10µm.













Universidad Politécnica de Madrid  
 E.T.S. de Ingenieros de Montes  
 Research Group for Sustainable Management

## VERIFICACIÓN DEL NIVEL DE PLOIDÍA Y ESTRUCTURA GENÉTICA DE LOS EMBRIONES:

- **Número de cromosomas:**

**Control:**

Control:	Embrión de antera (haploide)
<p>raíz de bellota (diploide, 2n)</p> <p><b>24 cromosomas</b></p> 	<p><b>12 cromosomas</b></p> 







Universidad Politécnica de Madrid  
 E.T.S. de Ingenieros de Montes  
 Research Group for Sustainable Management

## Origen celular: La microspora vacuolada

Fase sensible a la inducción de embriogénesis

- ✓ Elevada proporción de microsporas vacuoladas en el interior de la antera embriogénica.
- ✓ Alta proporción de este estadio de desarrollo en las anteras antes del inicio del cultivo.









Universidad Politécnica de Madrid  
 E.T.S. de Ingenieros de Montes  
 Research Group for Sustainable Management

## microsporas embriogénicas







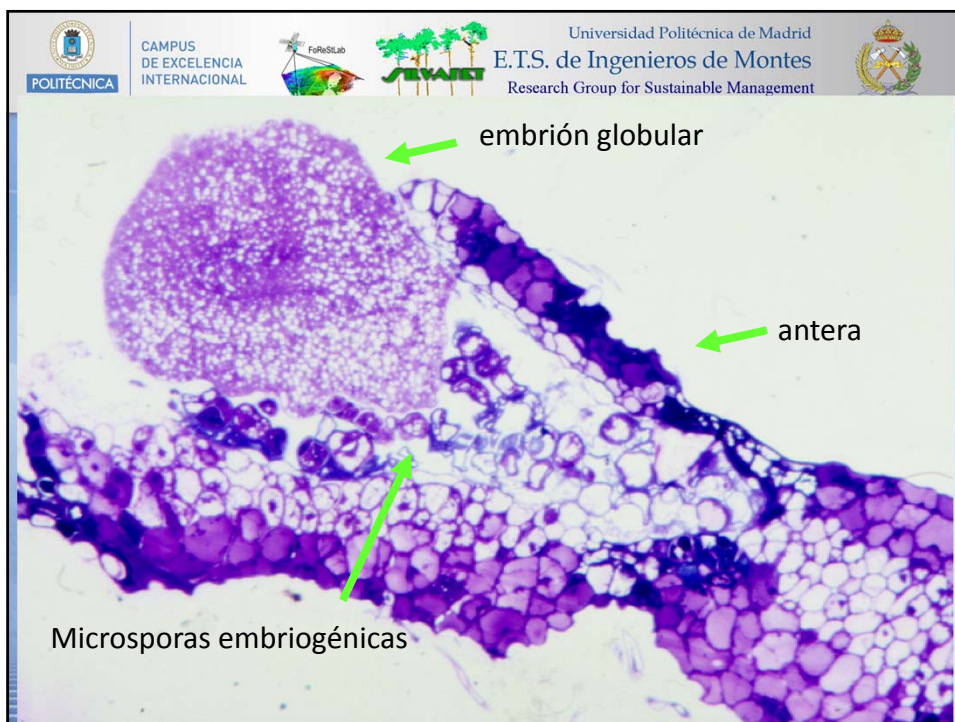
Universidad Politécnica de Madrid  
 E.T.S. de Ingenieros de Montes  
 Research Group for Sustainable Management

## Secuencia del inicio de la embriogénesis de microspora en alcornoque

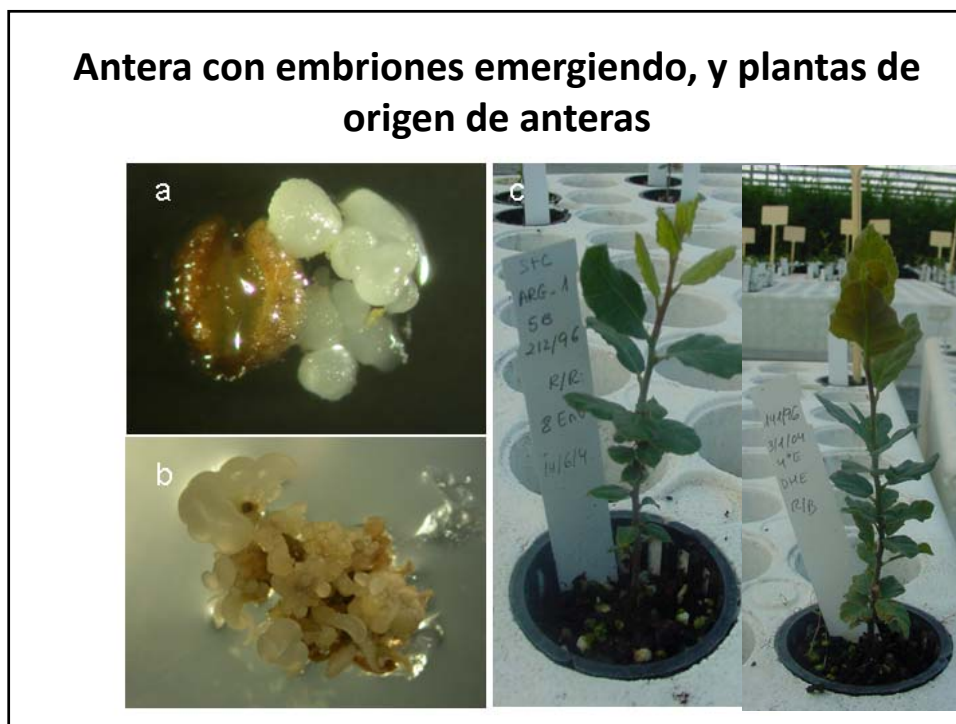
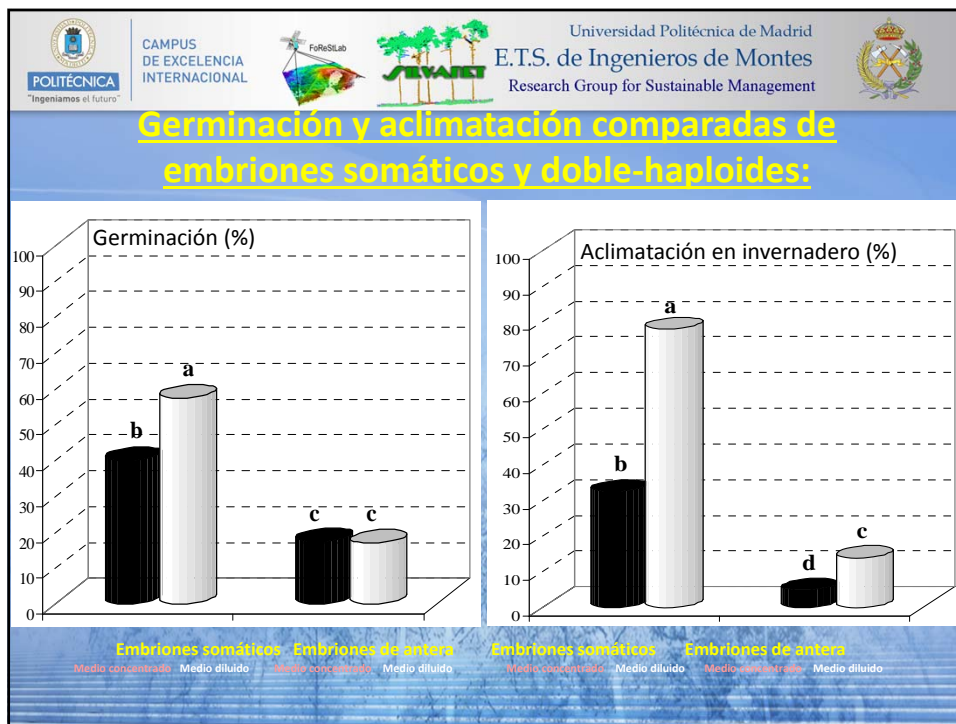
- Fases desde la microspora (uninucleada) hasta embriones con 2 núcleos, 4, 8, etc.













## ACLIMATACIÓN:

### Plantas de embriogénesis somática

– Plantas de dos savias      Plantas de tres savias





## Instalación de la parcela experimental con plantas procedentes de árboles seleccionados en Extremadura en 2005









**POLITÉCNICA**  
"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL





Universidad Politécnica de Madrid  
**E.T.S. de Ingenieros de Montes**  
Research Group for Sustainable Management



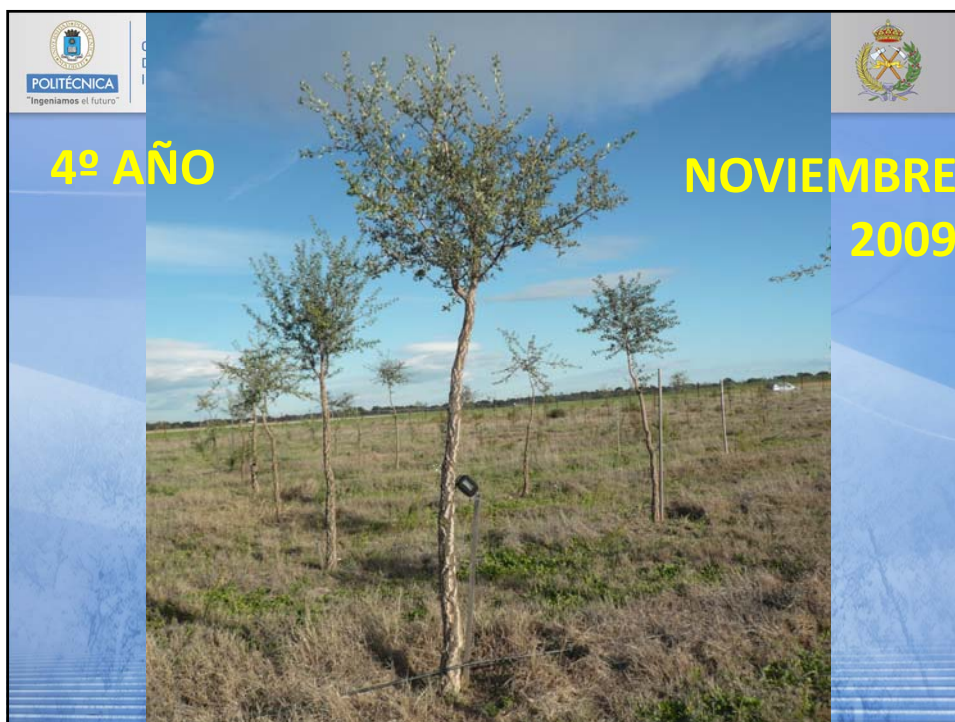
## Seguimiento de la parcela


Plantación inicial: 507 alcornoques  
Marras: 73 plantas (14,4%)

ÁRBOL	ALTURA (cm)
A1	29,3
A2	10,8
A3	21,2
A4	33,4
A5	30,2
A6	48,9
A7	33,6
A8	37,3
A9	50,4
<b>MEDIA</b>	<b>32,8</b>









**POLITÉCNICA**  
Ingeniamos el futuro

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL

FoReStLab

SEVAIST

Universidad Politécnica de Madrid  
E.T.S. de Ingenieros de Montes  
Research Group for Sustainable Management

## CONCLUSIONES

- 1.- Se ha logrado la propagación de plantas a partir de alcornoques seleccionados
- 2.- El proceso de propagación de las plantas se ha basado en la embriogénesis (de origen somático y de microspora)
- 3.- Se han obtenido plantas a partir de árboles seleccionados
- 4.- Se ha instalado una parcela experimental de 1 ha con plantas propagadas de alcornoques seleccionados: la metodología propuesta es viable para la restauración de dehesas de alcornocal