



# NUEVAS TECNOLOGÍAS APLICADAS EN LA RESTAURACIÓN DE EXPLORACIONES MINERAS

(2ª EDICIÓN)

Curso Online del (24 al 27 de noviembre de 2020)



# Ecotecnologías para el establecimiento de plantaciones. Bases y aplicaciones

Juan A Oliet Palá  
Noviembre 2020

Universidad Politécnica de Madrid



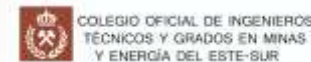
Socios Life Tecmine



Patrocinan



Colaboran

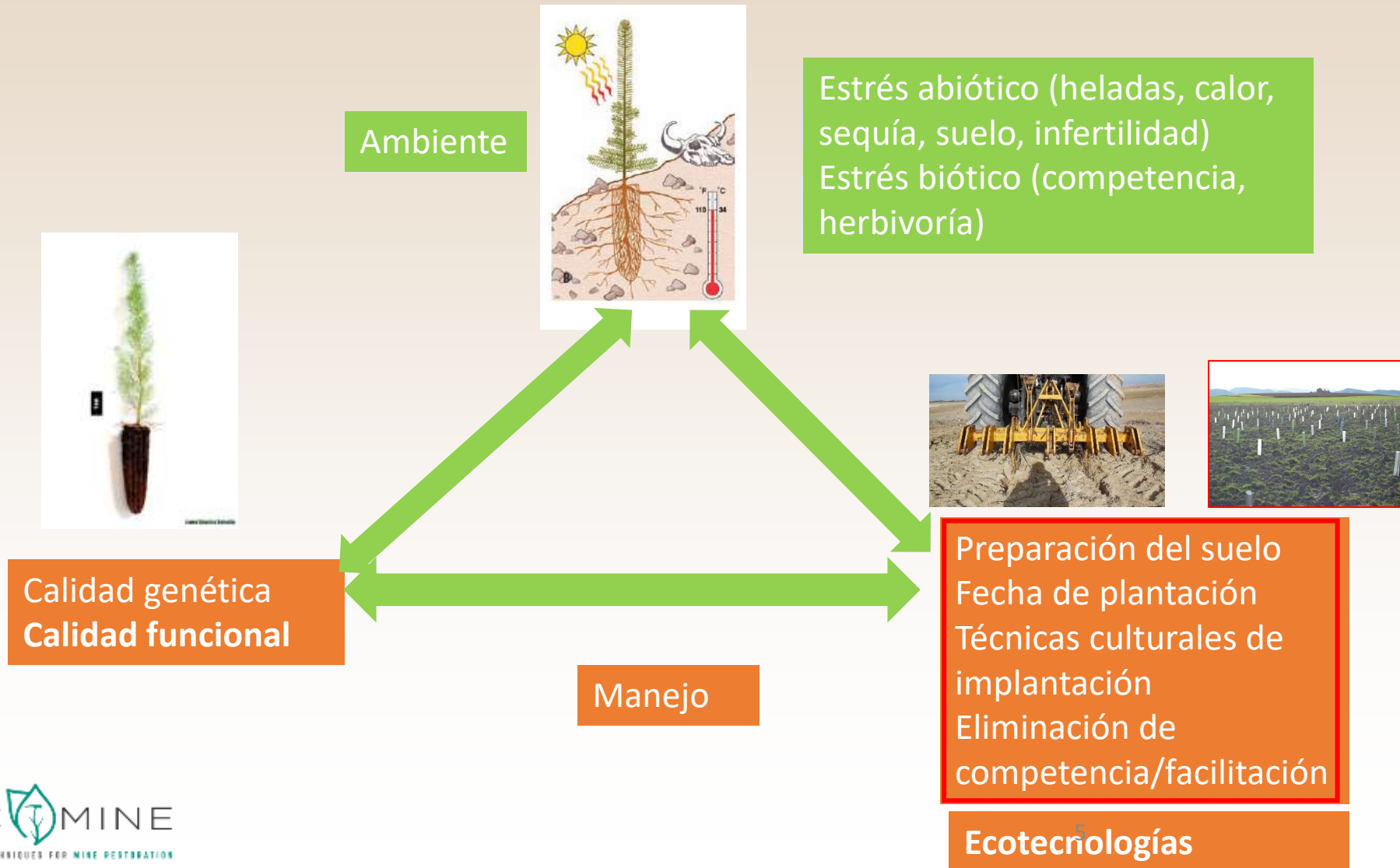


# Contenido

- I. Introducción: triángulo de la plantación
- II. Bases ecofisiológicas del arraigo y del establecimiento de leñosas en plantación.
- III. Actuaciones para la mejora del arraigo y del establecimiento

# Introducción

El éxito de un proyecto de plantación depende de múltiples factores de manejo y ambientales, así como de sus interacciones: triángulo de plantación

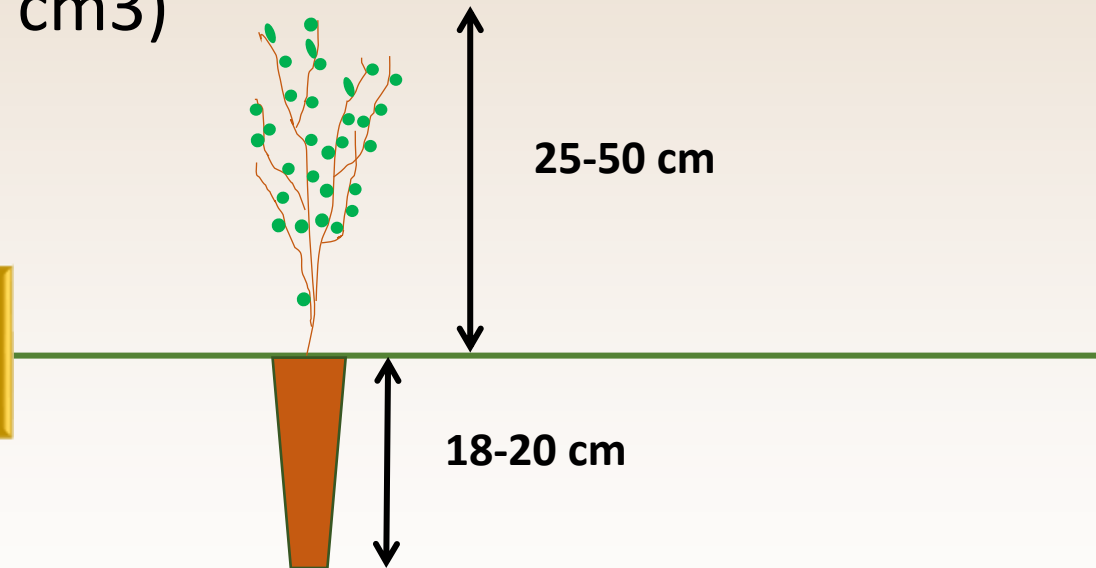


## Plantación

### Planta forestal/planta para restauración:

- 👉 1-3 savias
- 👉 25-50 cm altura
- 👉 En envase forestal (<650 cm<sup>3</sup>)

Máxima eficiencia a la implantación  
(supervivencia)

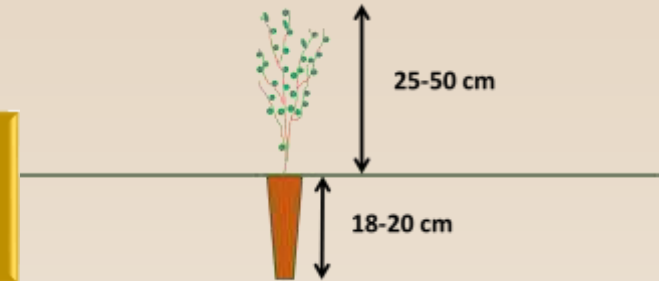


# Plantación

Planta forestal/planta para restauración:

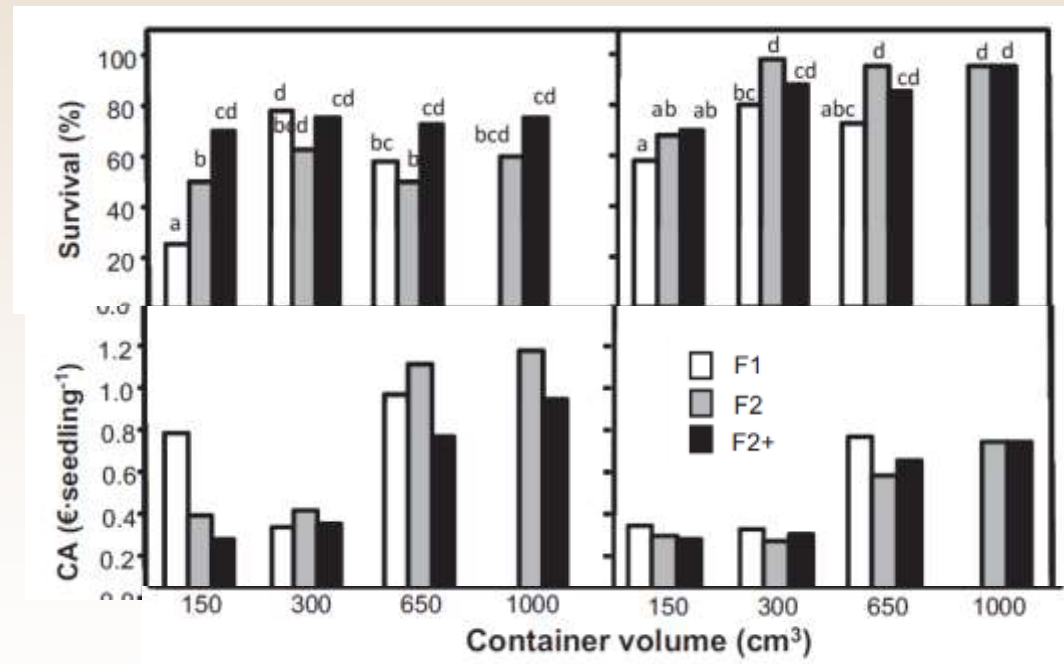
- 1-3 savias
- 25-50 cm altura
- En envase forestal (<650 cm<sup>3</sup>)

Máxima eficiencia a la implantación  
(supervivencia)



Semiárido

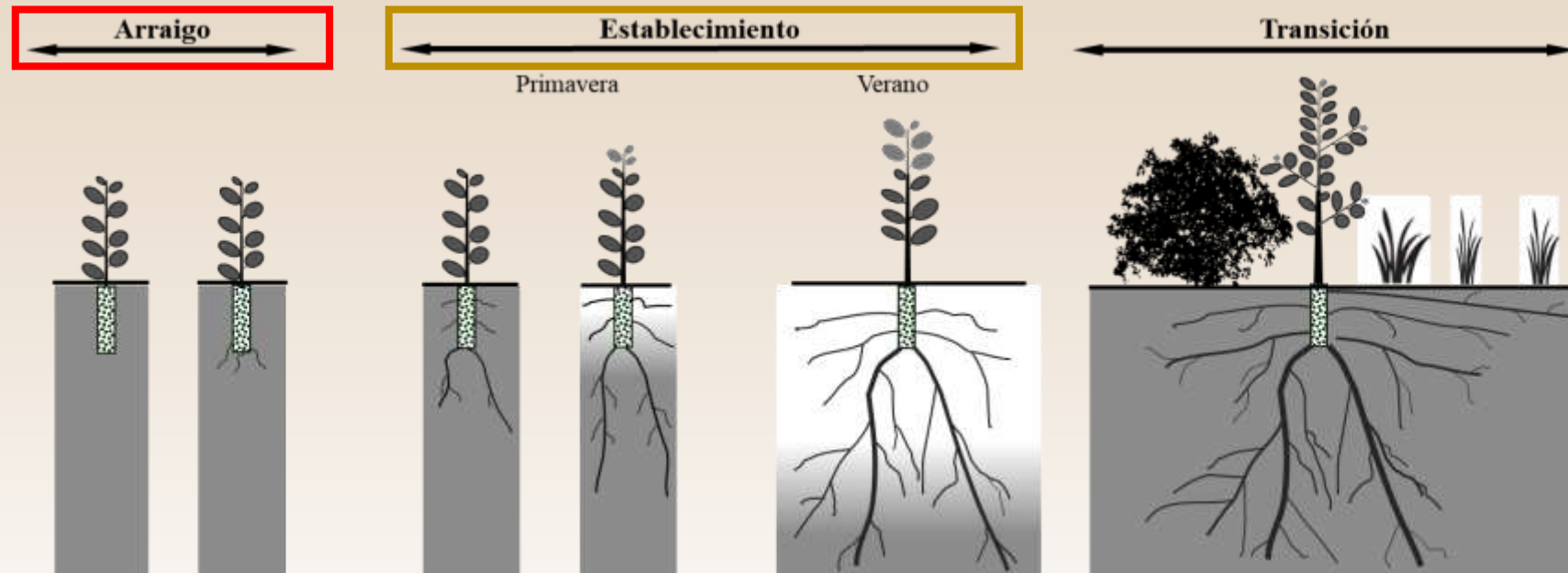
Seco



Puértolas et al 2012



## Las fases del repoblado: desde la plantación hasta la autonomía

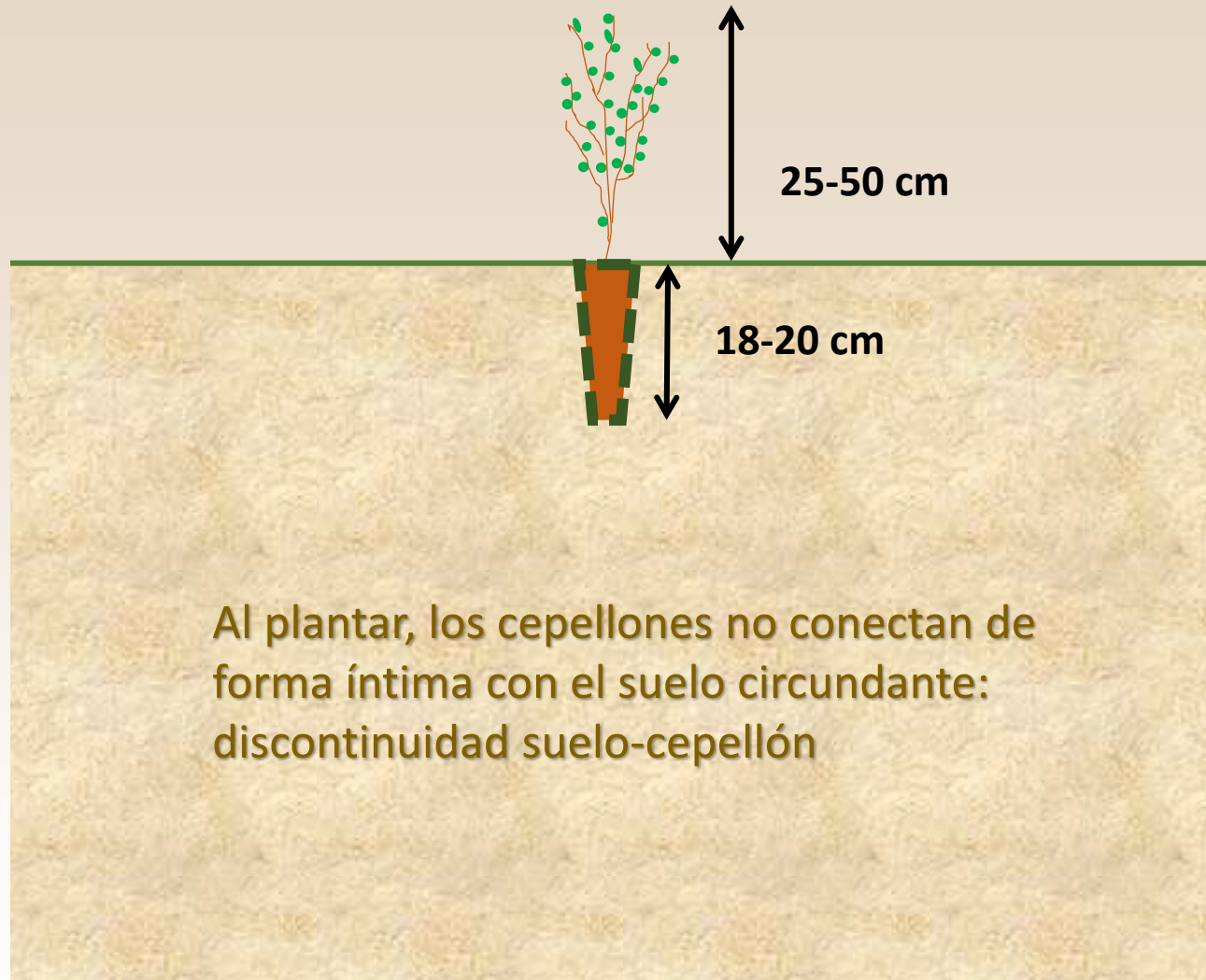


(Villar y Oliet. En prensa)

Establecimiento en ámbitos mediterráneos: el verano es la fase crítica  
La autonomía se alcanza cuando la planta no requiere cuidados intencionados

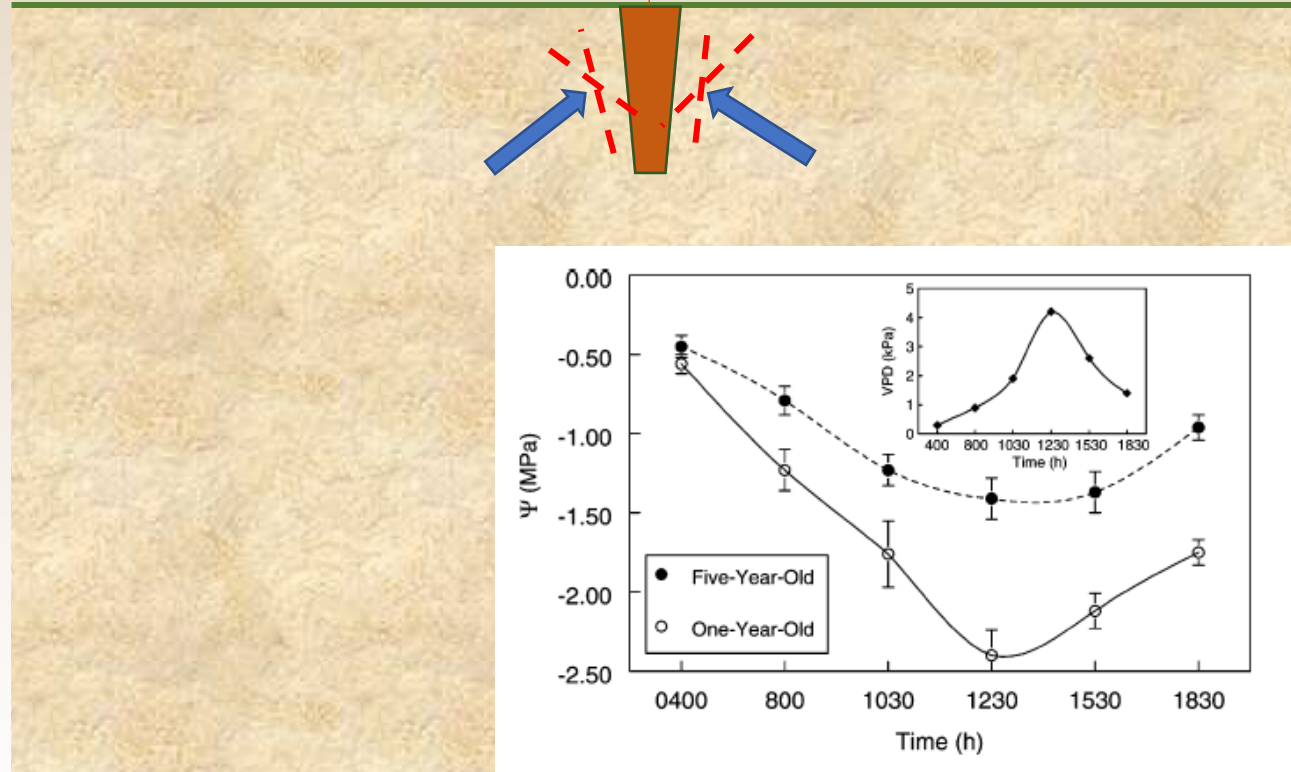


# Arraigo y establecimiento





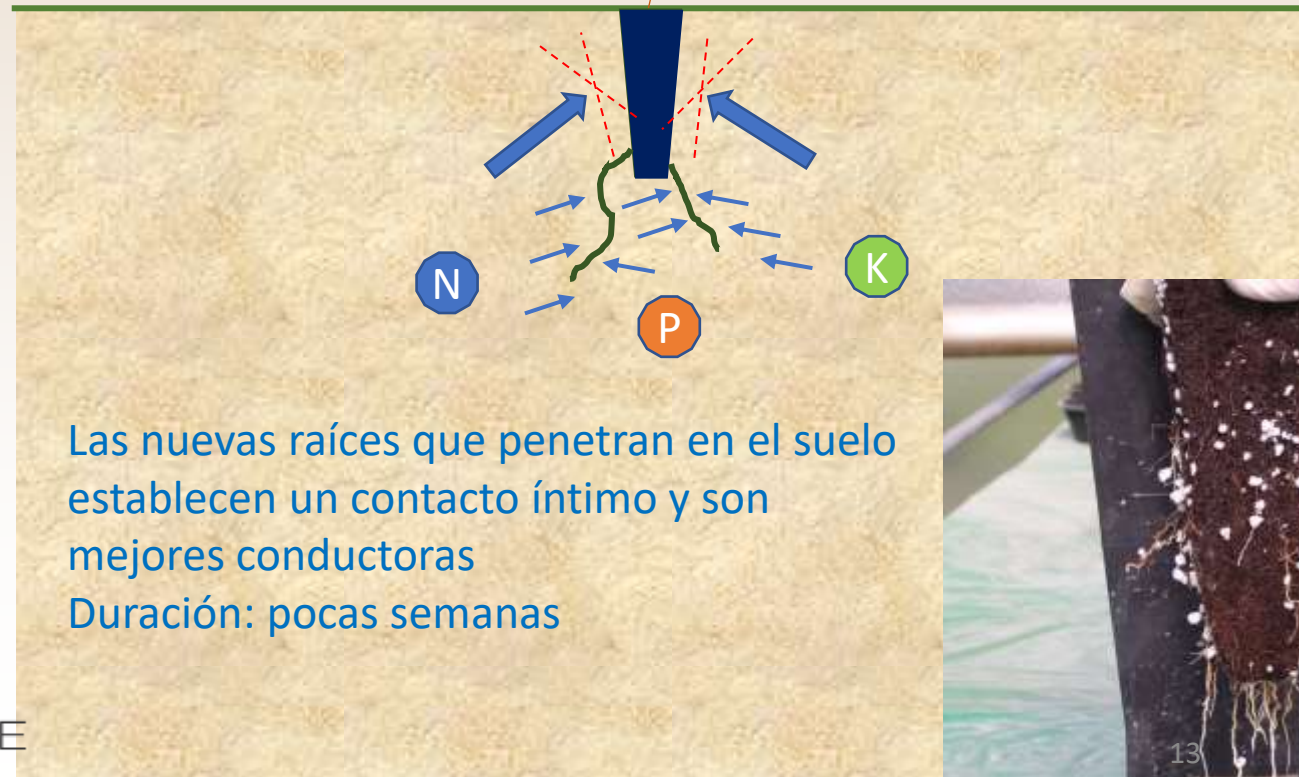
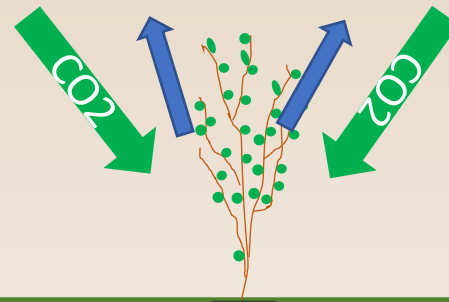
Las plantas pueden sufrir estrés hídrico: **shock postrasplante**



(Grossnickle, 2005)

# Arraigo y establecimiento

**Arraigo:** reinicio del crecimiento radical, que “conecta” la planta al suelo, la equilibra hídricamente y permite absorber nutrientes

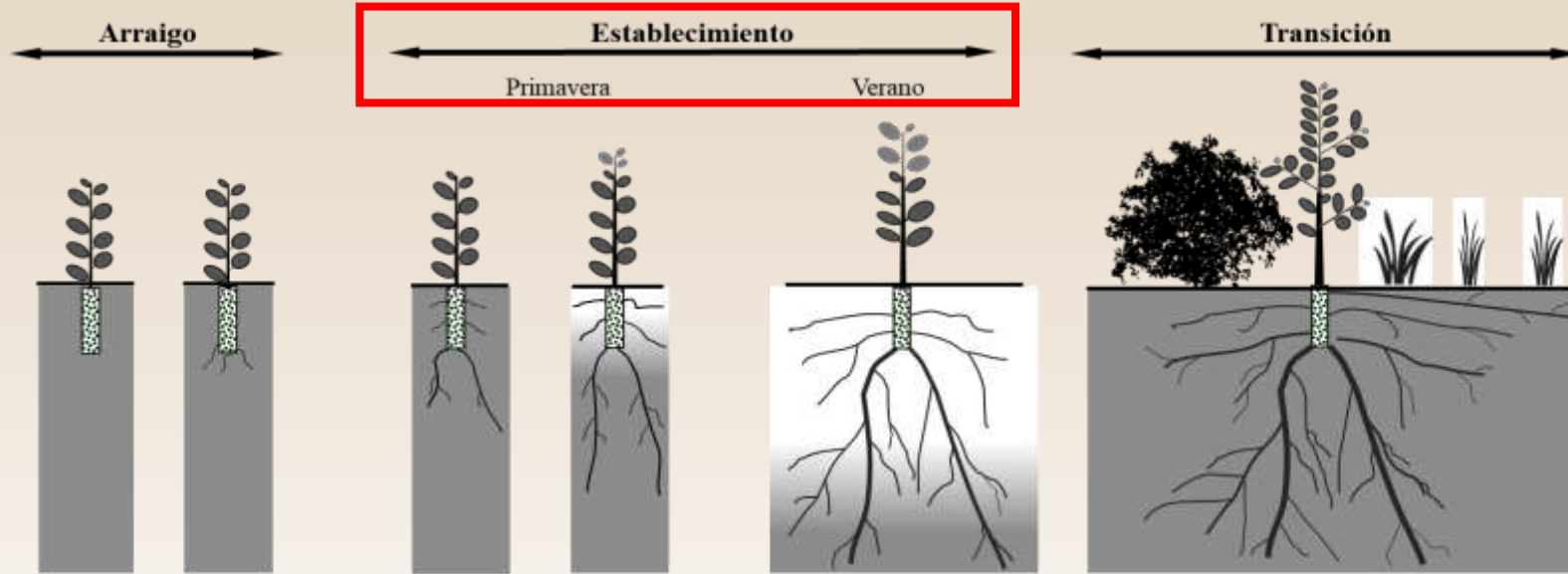


Las nuevas raíces que penetran en el suelo establecen un contacto íntimo y son mejores conductoras  
Duración: pocas semanas

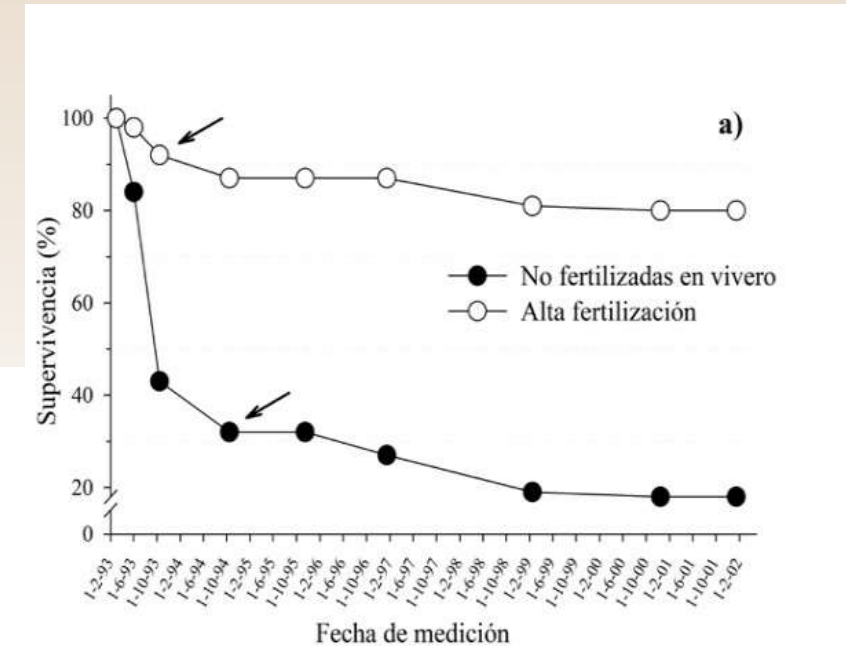


# Arraigo y establecimiento

El establecimiento de una plantación se alcanza cuando la mortalidad se estabiliza

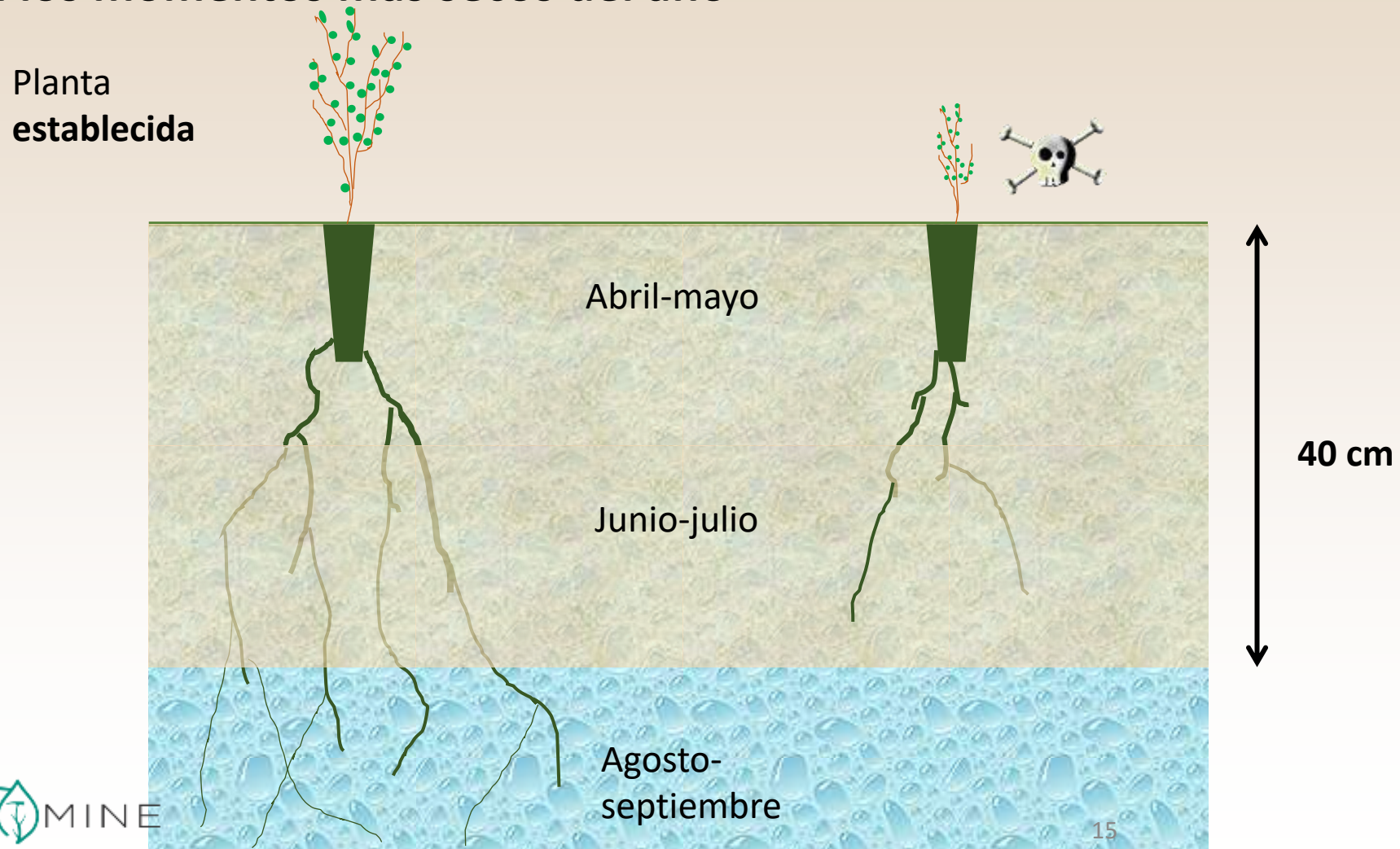


Responde a la acción de factores abióticos propios de diferentes sistemas: en el mediterráneo, el principal factor es la sequía estival



# Arraigo y establecimiento

**Establecimiento en el mediterráneo:** el crecimiento radical debe ser suficiente para conectar la planta con profundidades que contengan humedad **incluso en los momentos más secos del año**



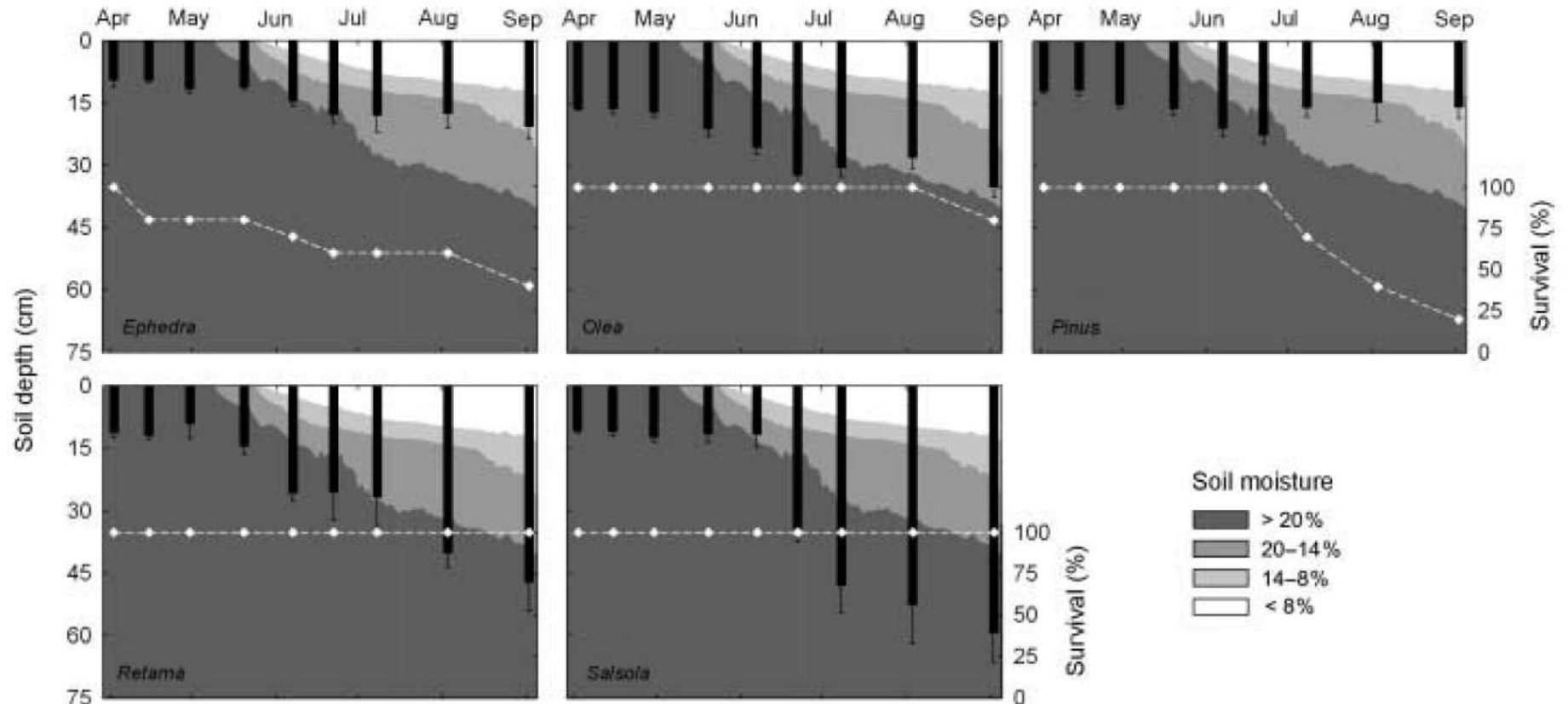
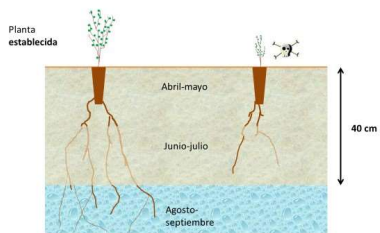
# Arraigo y establecimiento

Establecimiento en el mediterráneo: el crecimiento radical debe ser suficiente para conectar la planta con profundidades que contengan humedad **incluso en los momentos más secos del año**

La velocidad de enraizamiento: aspecto específico

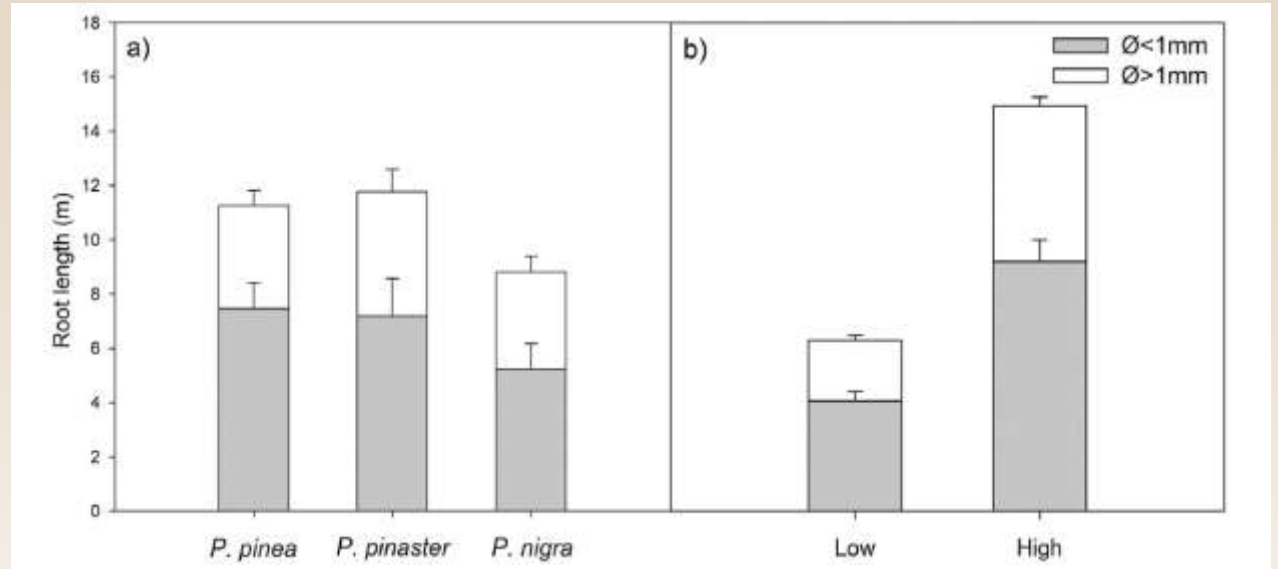
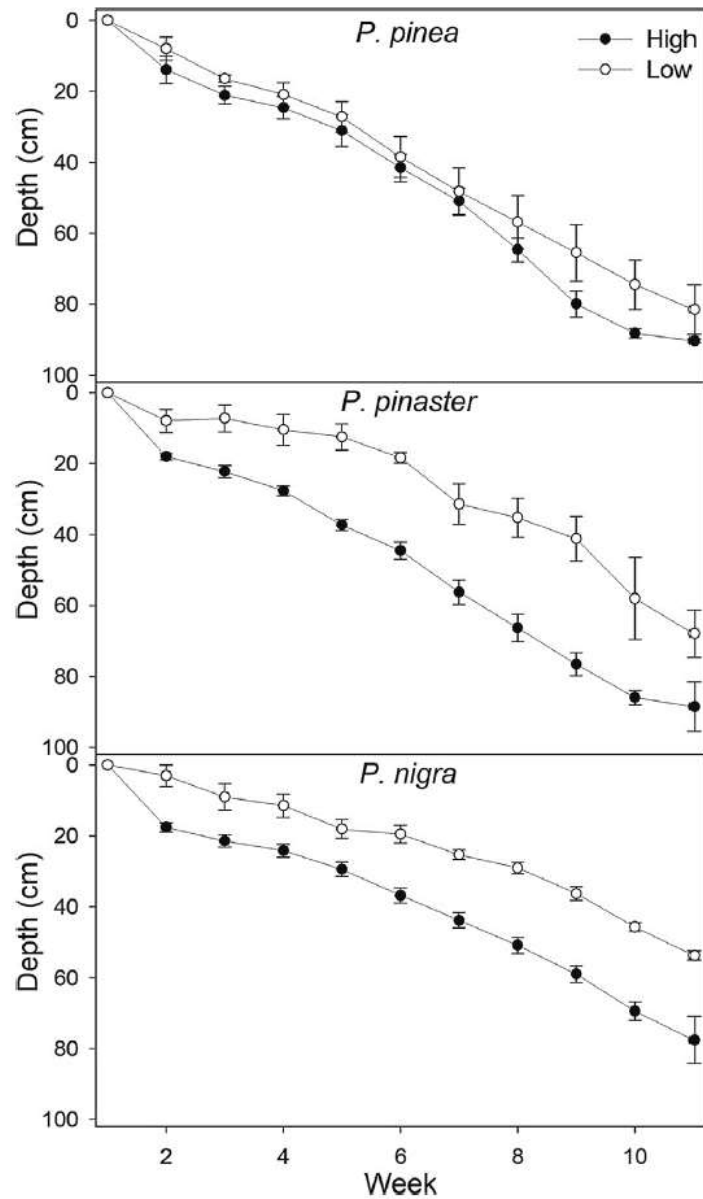
Establecimiento: el crecimiento radical en profundidad

El crecimiento radical debe ser suficiente para conectar la planta con profundidades que contengan humedad incluso en los momentos más secos del año

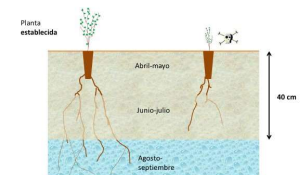


# Arraigo y establecimiento

El establecimiento responde a la velocidad de crecimiento radical: aspecto específico



Establecimiento: el crecimiento radical en profundidad  
El crecimiento radical debe ser suficiente para conectar la planta con profundidades que contengan humedad incluso en los momentos más secos del año

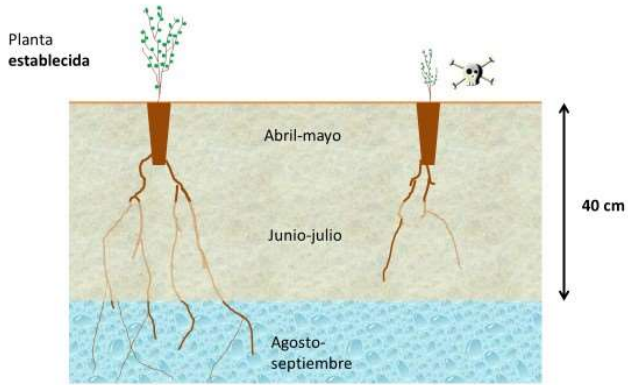




# Arraigo y establecimiento

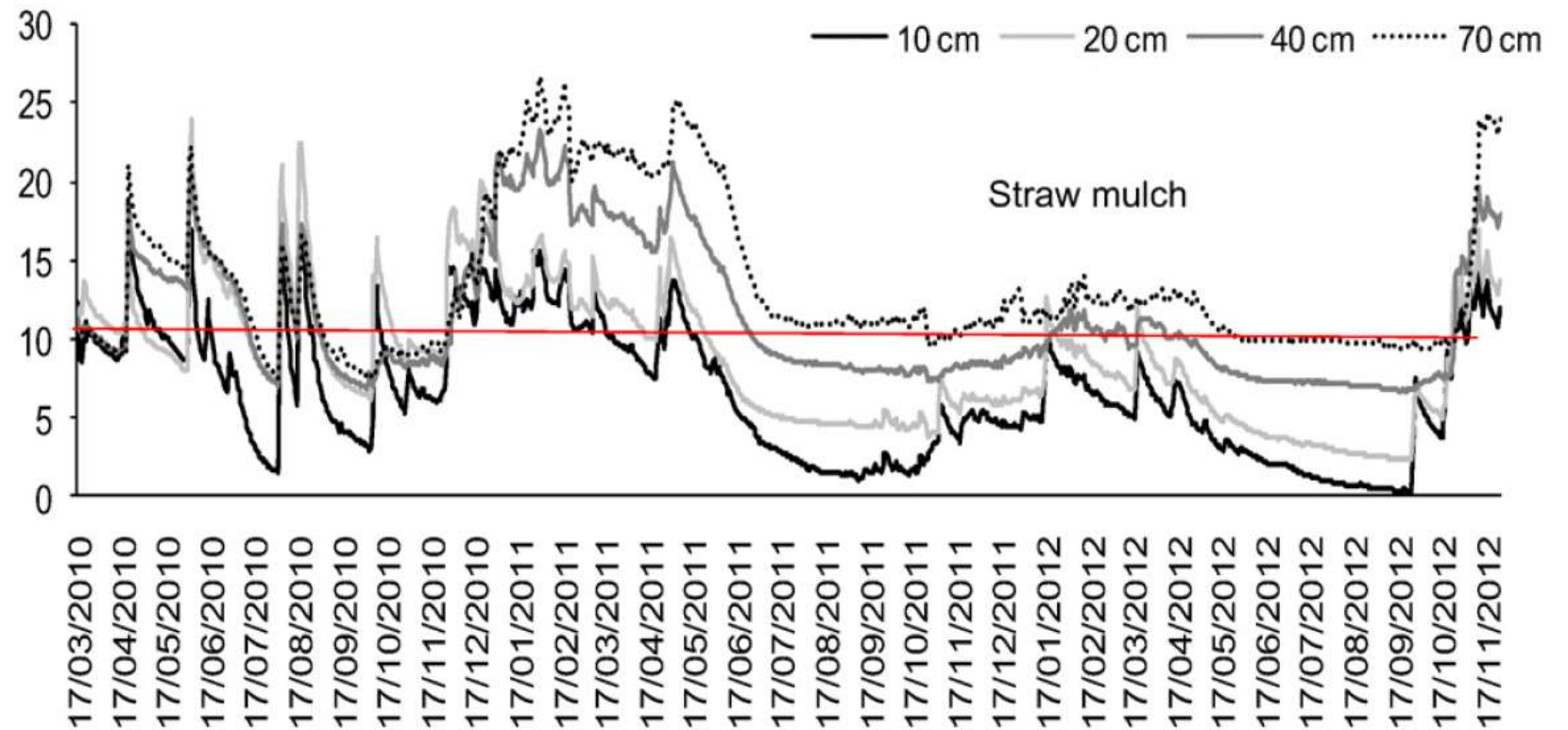
Establecimiento: el crecimiento radical en profundidad

El crecimiento radical debe ser suficiente para conectar la planta con profundidades que contengan humedad incluso en los momentos más secos del año



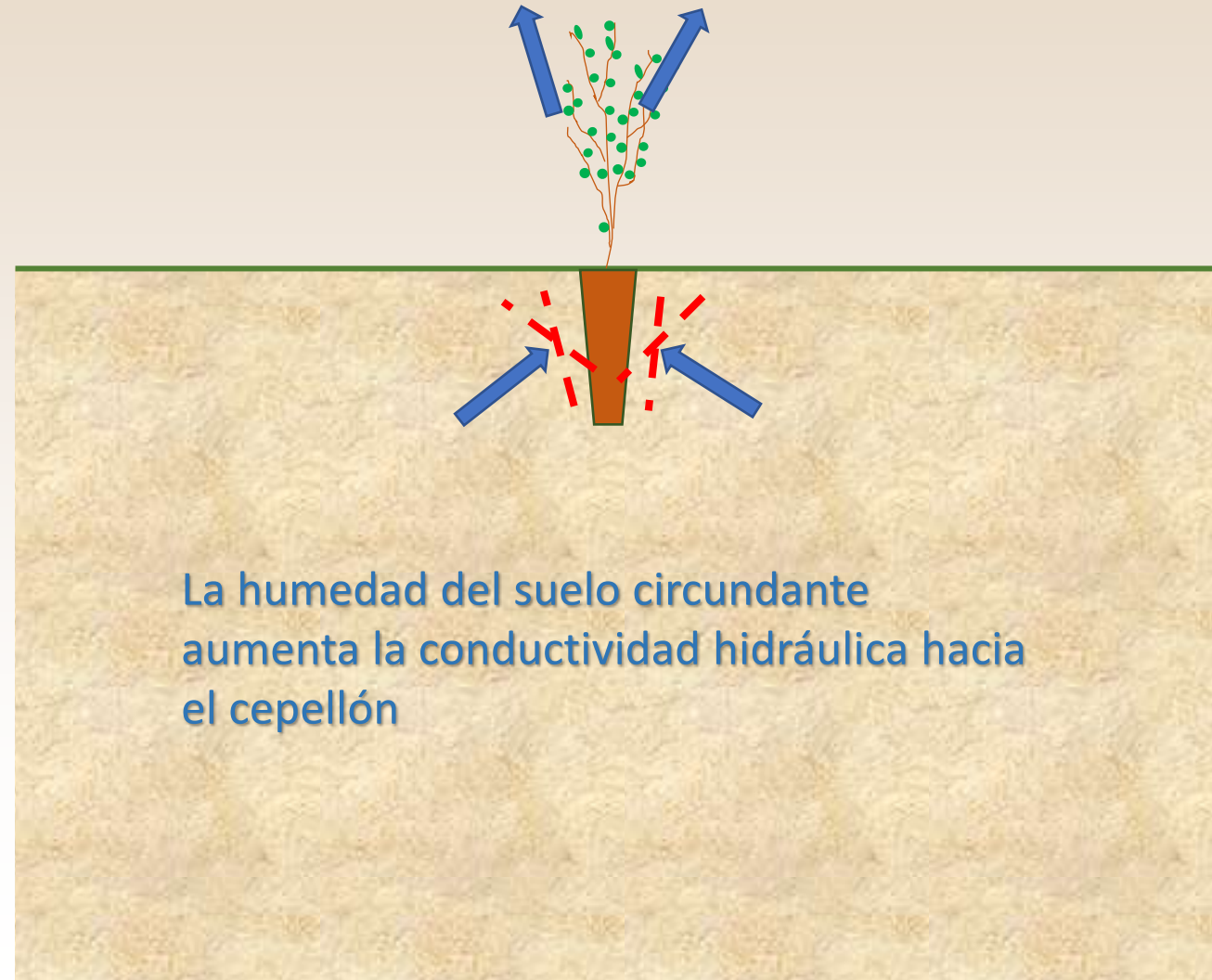
## Profundidad de la reserva del suelo: >40 cm

Punto de marchitez →



## ¿Cómo reducir el shock postrasplante durante el arraigo?

- 1) Hidratar bien los cepellones al plantar
- 2) Realizar la plantación en momento de tempero adecuado/Riego de instalación
- 3) Efectuar bien la plantación: reducir la discontinuidad suelo-cepellón
- 4) Otras técnicas: hidrogeles



# Plantación y arraigo

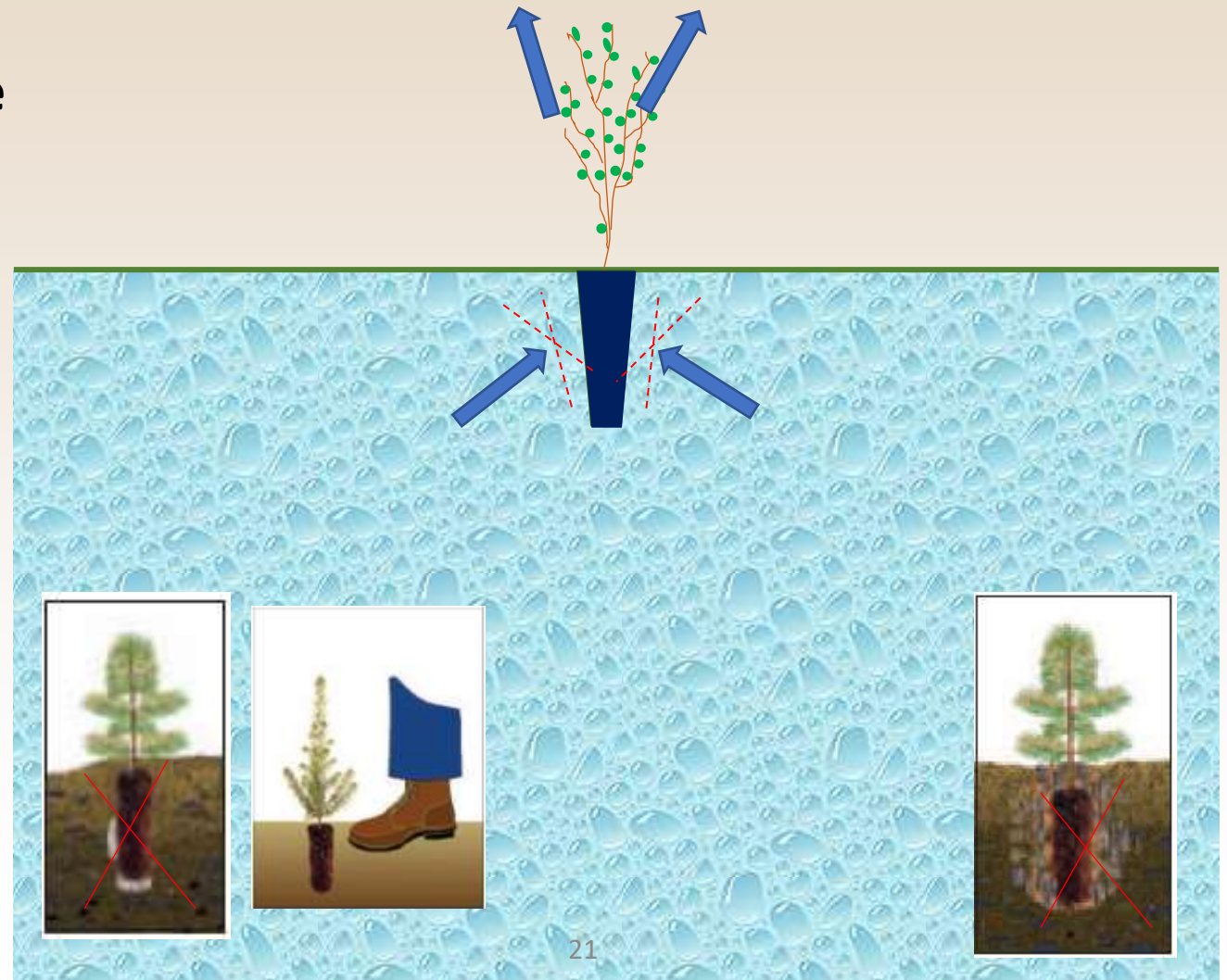
¿Cómo reducir el shock postrasplante durante el arraigo?

- 1) Hidratar bien los cepellones al plantar
- 2) **Realizar la plantación en momento de tempero adecuado/Riego de instalación**
- 3) Efectuar bien la plantación: reducir la discontinuidad suelo-cepellón
- 4) **Otras técnicas: hidrogeles**



¿Cómo reducir el shock postrasplante durante el arraigo?

- 1) Hidratar bien los cepellones al plantar
- 2) **Realizar la plantación en momento de tempero adecuado/Riego de instalación**
- 3) Efectuar bien la plantación: reducir la discontinuidad suelo-cepellón
- 4) **Otras técnicas: hidrogeles**

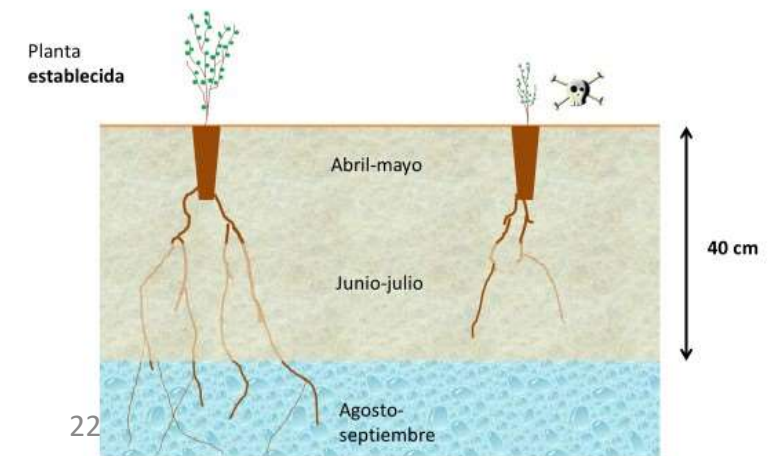


## ¿Cómo conseguir el éxito del establecimiento?

- I. Empleando planta de calidad: plantas grandes y bien fertilizadas
- II. Reduciendo las condiciones de estrés biótico y abiótico
- III. Mejorando las condiciones edáficas y de penetración para las raíces

### Establecimiento: el crecimiento radical en profundidad

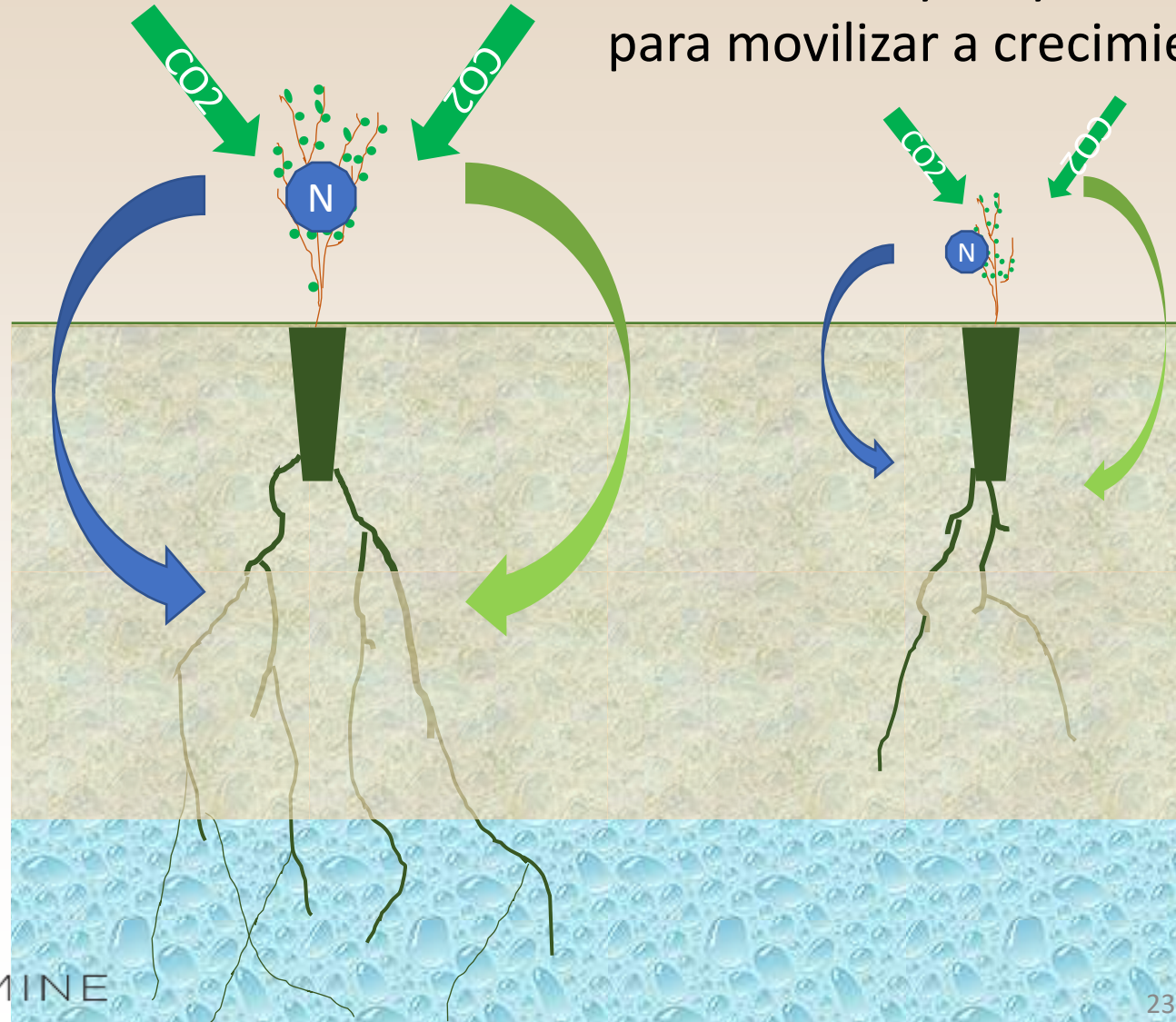
El crecimiento radical debe ser suficiente para conectar la planta con profundidades que contengan humedad **incluso en los momentos más secos del año**



# Plantación y establecimiento

## Empleando planta **de calidad**

Las plantas grandes y bien fertilizadas en vivero (N) tienen mayor capacidad fotosintética y mayor cantidad de reservas para movilizar a crecimiento radical

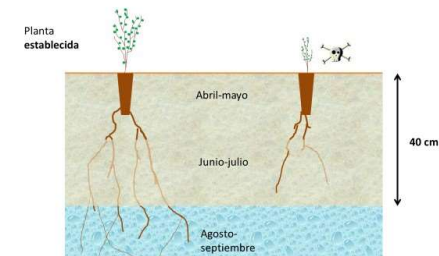


# Plantación y establecimiento

Reduciendo las condiciones de estrés biótico y abiótico: **tubos protectores**



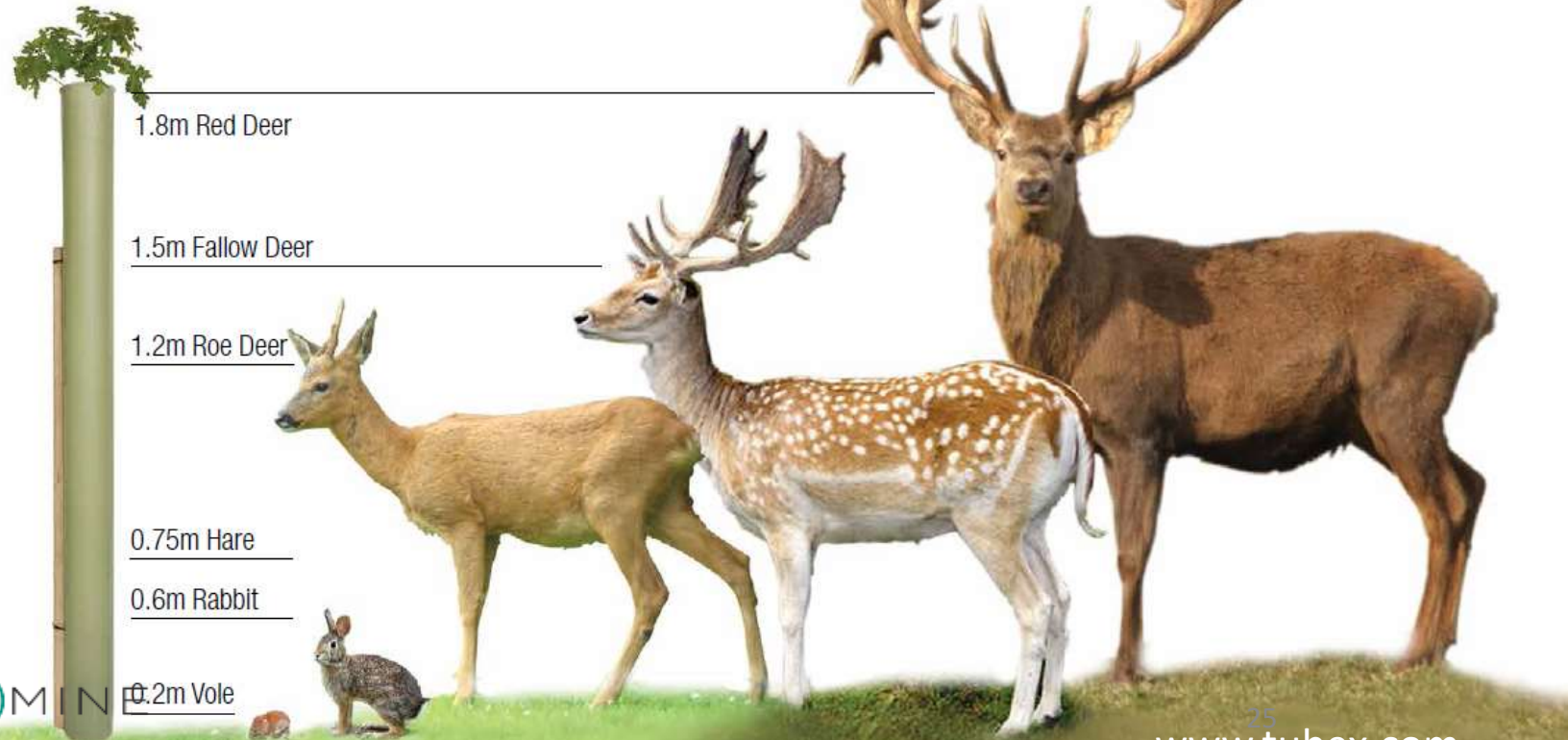
**Establecimiento: el crecimiento radical en profundidad**  
El crecimiento radical debe ser suficiente para conectar la planta con profundidades que contengan humedad **Incluso en los momentos más secos del año**



# Tubos protectores

- Objetivo original: reducción del daño por herbivoría

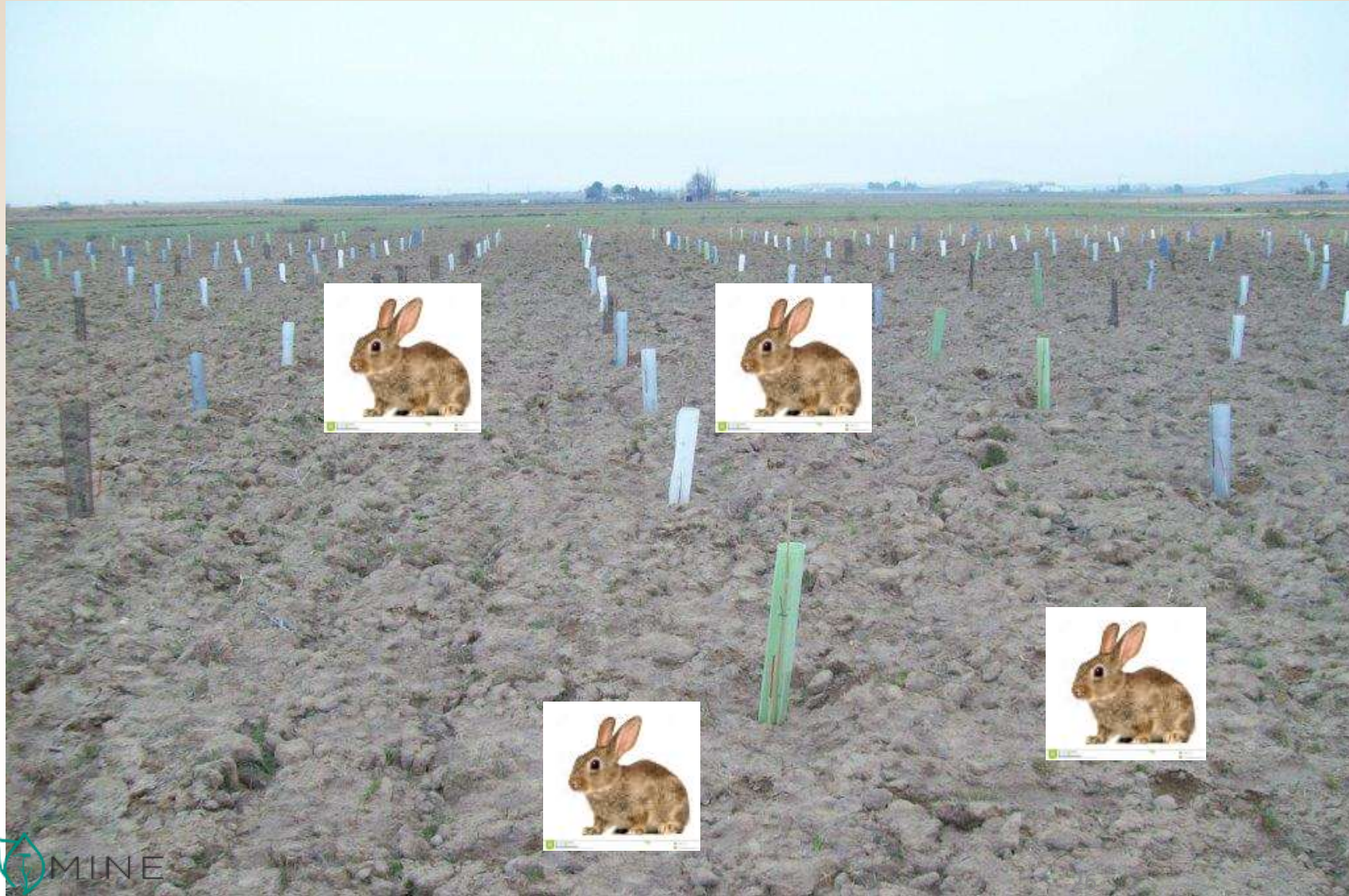
## Size Guide





# Plantación y establecimiento

Los tubos protectores son **ineludibles** en la mayoría de las situaciones de plantación



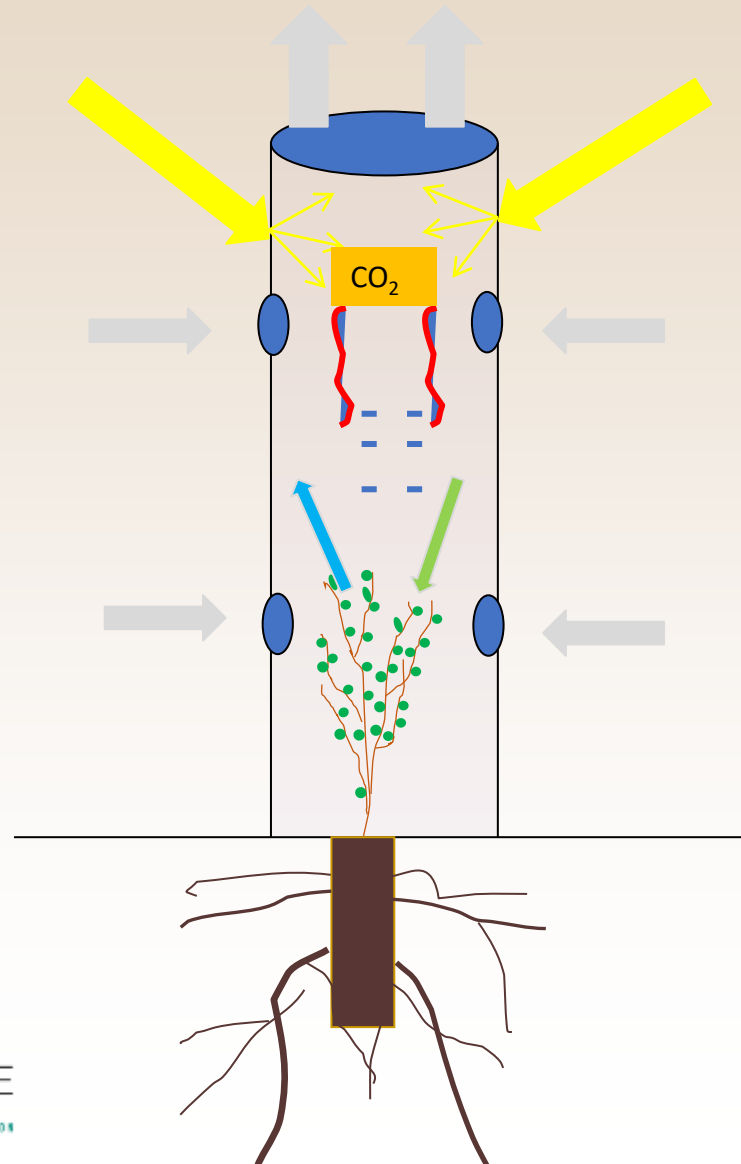
# Plantación y establecimiento

Los tubos protectores son **ineludibles** en la mayoría de las situaciones de plantación



# Plantación y establecimiento

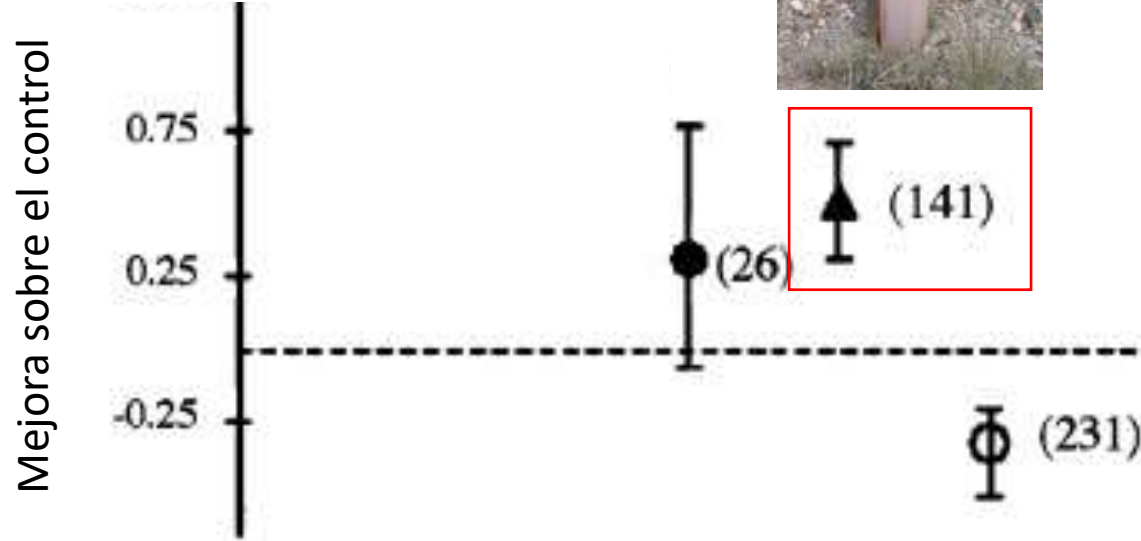
## No sólo barrera física: el sistema ecofisiológico planta-tubo protector



- El tubo protector modifica las condiciones ambientales alrededor de la planta
- La planta responde y altera también el microclima (T, CO<sub>2</sub>, HR)

## Tubos protectores. Evidencias experimentales: metanálisis en el semiárido

Metanálisis: resultados de 1207 estudios de caso en 14 países (Piñeiro et al 2013)

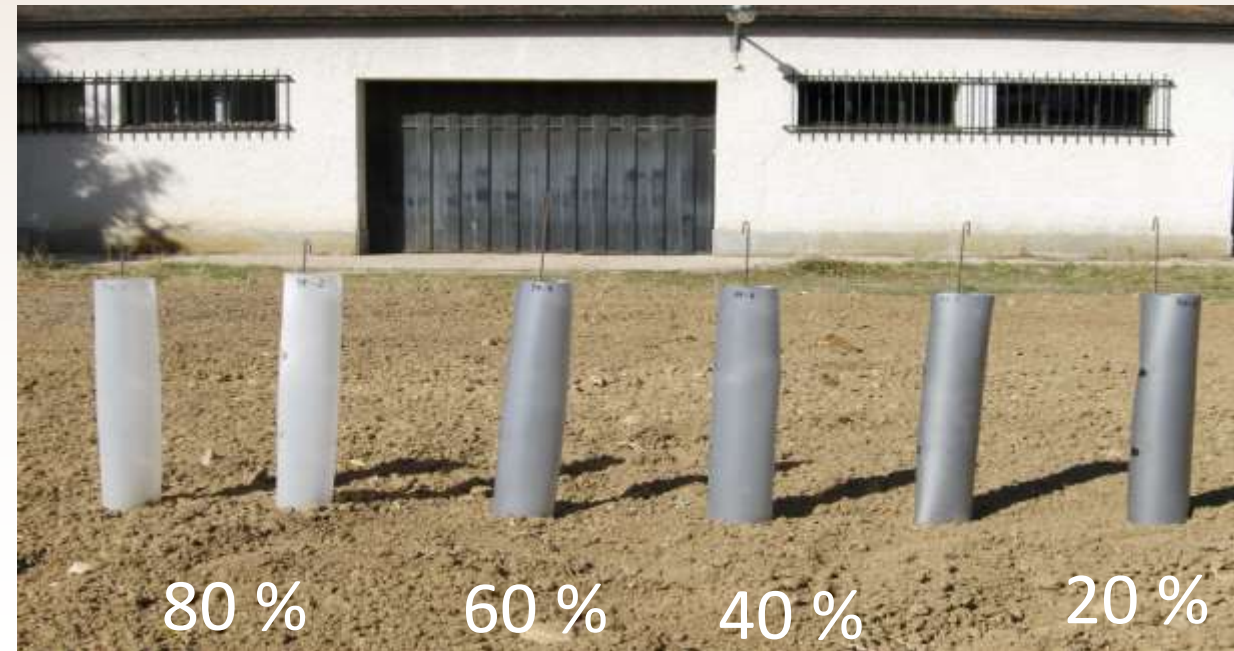


**¡Los tubos protectores mejoran la supervivencia en zonas semiáridas!**

▲ Treeshelters  
○ Organic amendments

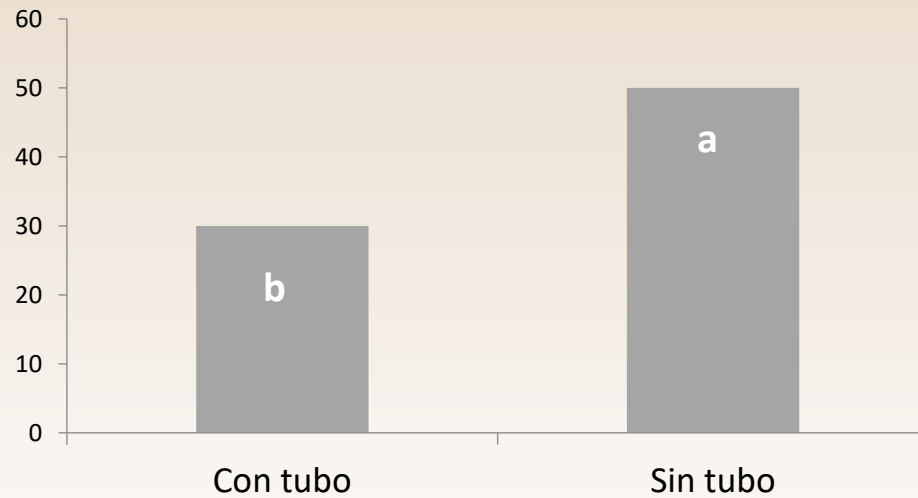
Los tubos no sólo protegen frente a agentes bióticos (herbivoría), sino también abióticos

- ❑ Los tubos protectores **moderan** los efectos adversos del estrés abiótico en el mediterráneo durante el arraigo y establecimiento (metanálisis)
  - i. El efecto es específico
  - ii. El efecto depende de las condiciones estacionales
  - iii. La transmisividad puede regular la intensidad de la moderación

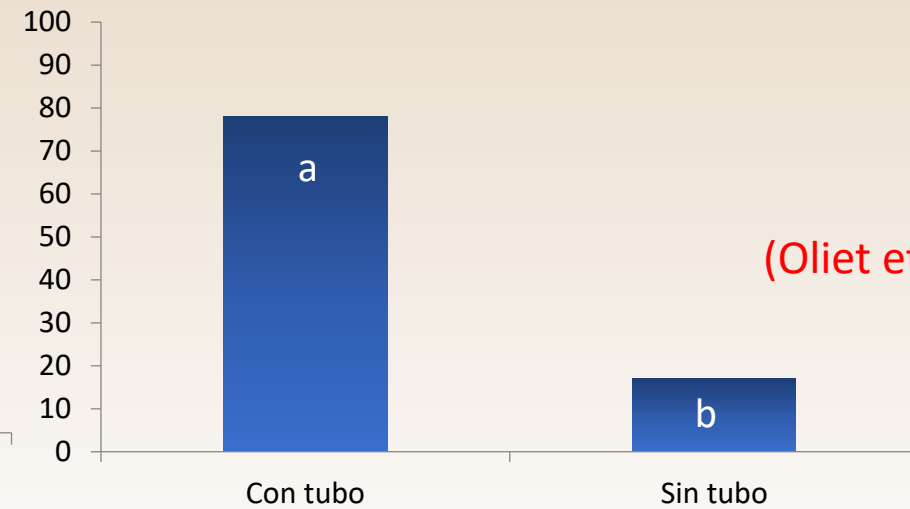


Efecto específico de los **tubos protectores** está asociado al temperamento

Supervivencia *Pinus halepensis*(%)



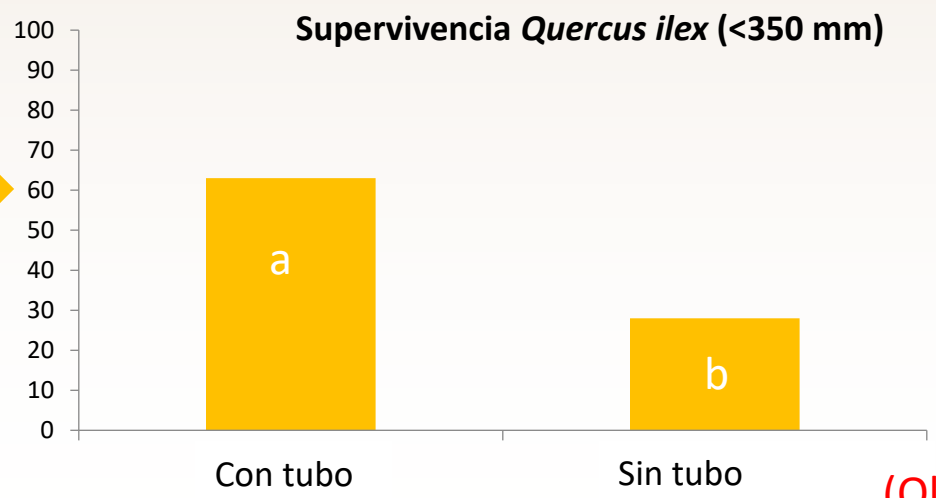
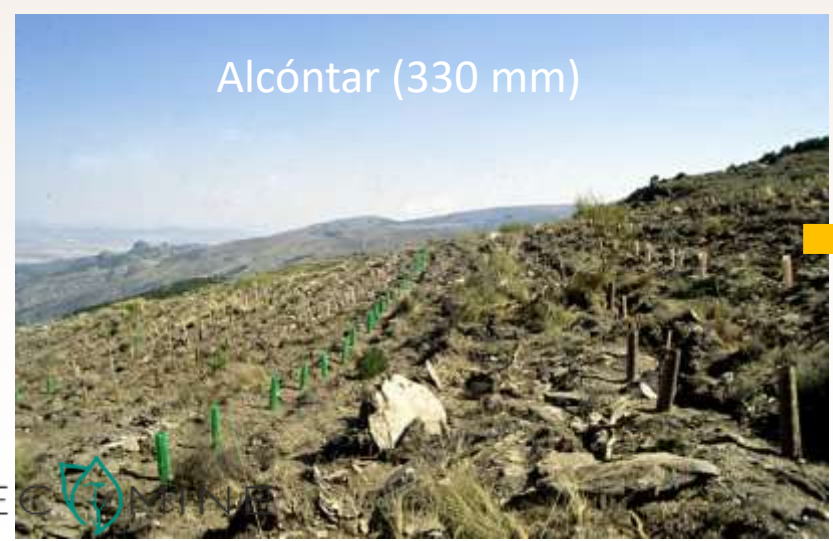
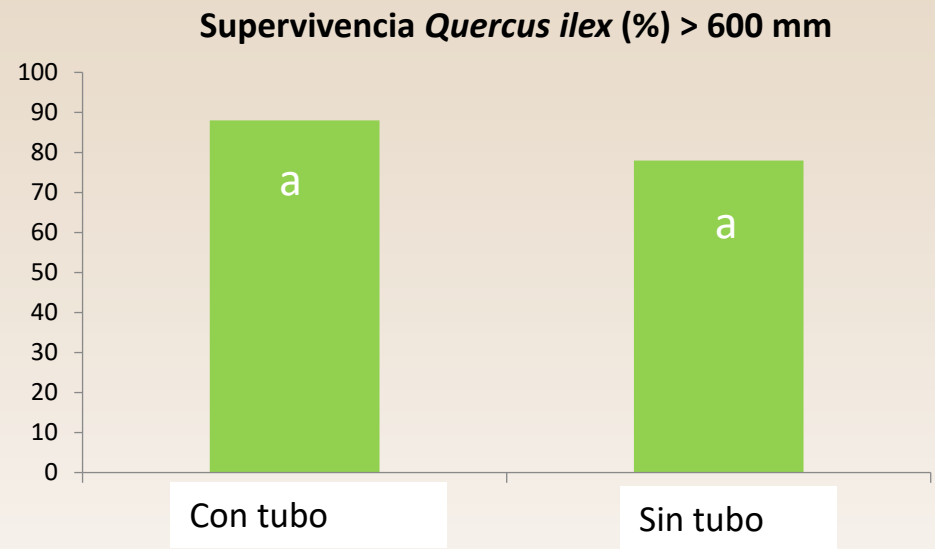
Supervivencia *Acer granatensis* (%)



Las especies tolerantes a la sombra se benefician de la moderación del estrés abiótico (radiación, movimiento del aire)

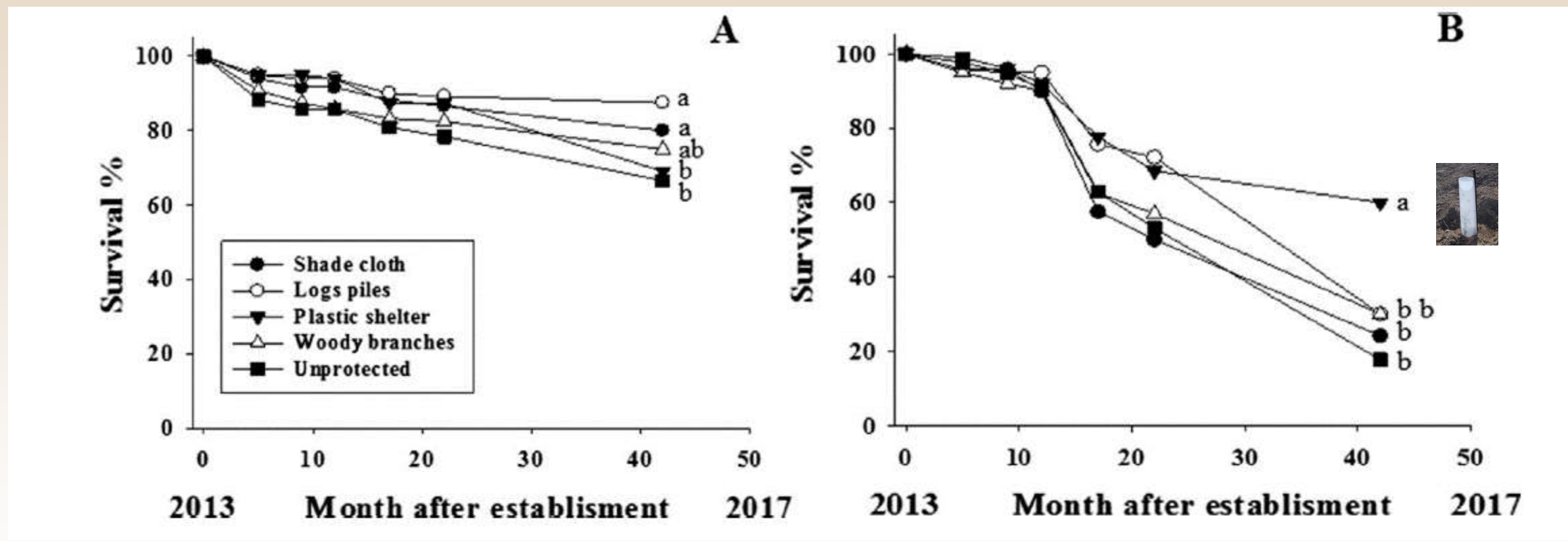
# Plantación y establecimiento

**El efecto del tubo protector depende de las condiciones estacionales:** las condiciones estresantes fortalecen el papel moderador del estrés de los tubos protectores



# Plantación y establecimiento

**El efecto del tubo protector depende de las condiciones estacionales: las condiciones estresantes fortalecen el papel moderador del estrés de los tubos protectores**



Suelo compactado

Suelo repuesto



¿Qué protector empleamos en zonas mediterráneas secas: malla o tubo?

Más barata  
Mantiene la temperatura ambiente



Más caro  
Altera el régimen de temperaturas: invernadero



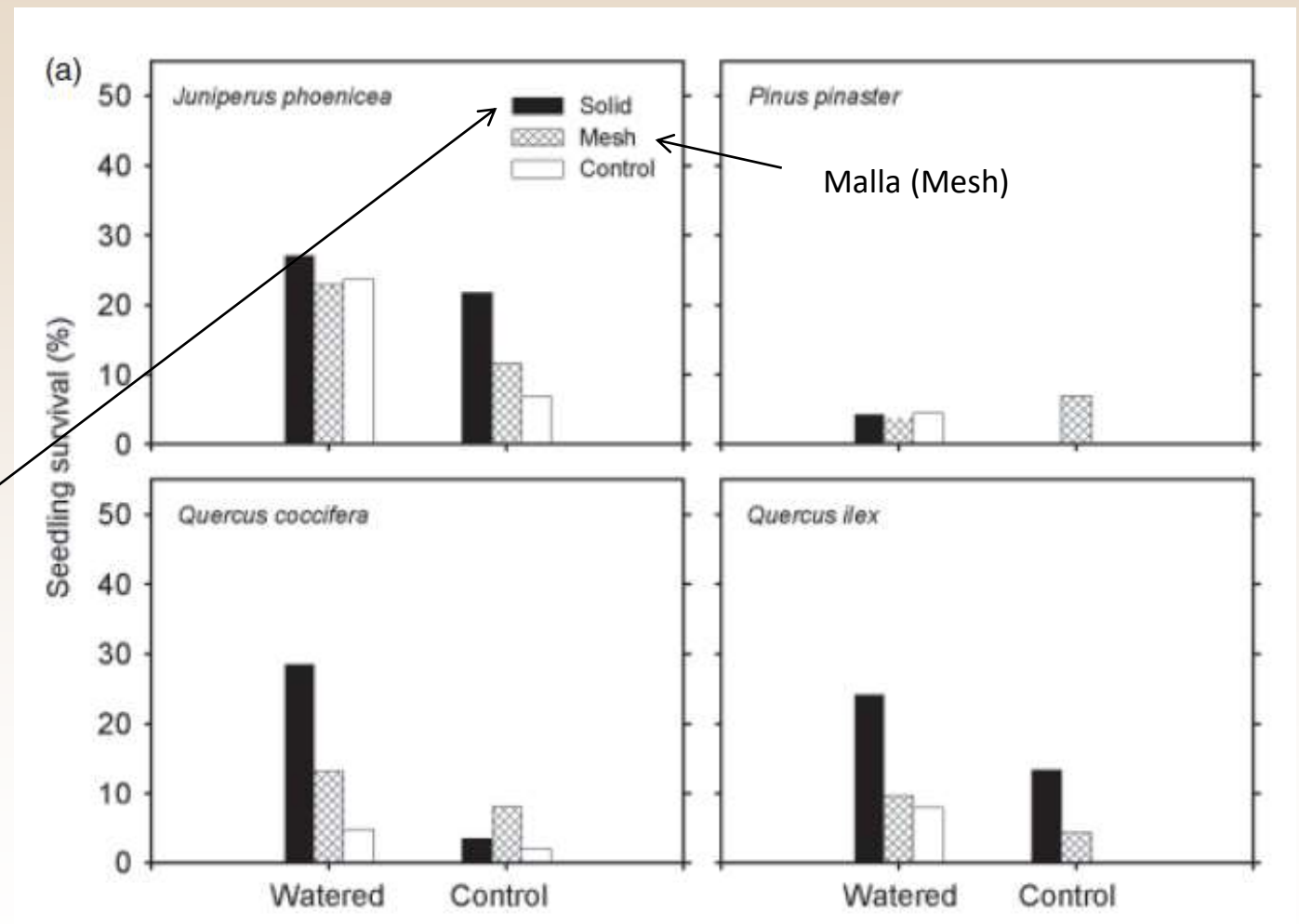
Mina de Riodeva



## ¿Tubos o mallas?: antecedentes

Las plantas protegidas en tubo sobreviven mejor en la mayoría de las situaciones

Tubo invernadero (Solid)



Riego de mantenimiento (Watered) y sin riego (Control).  
Padilla et al. 2011 Applied Veget Science 14: 31

## ¿Tubos o mallas?

Diseño factorial. Tres factores:

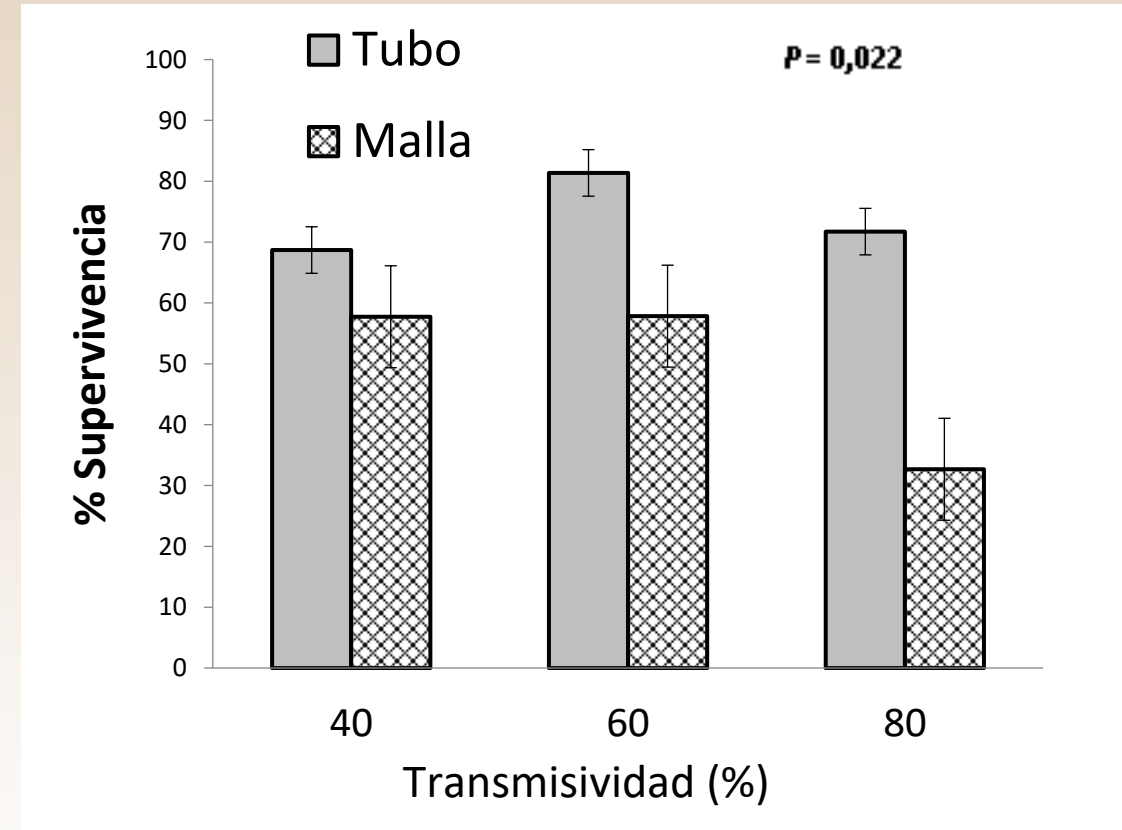
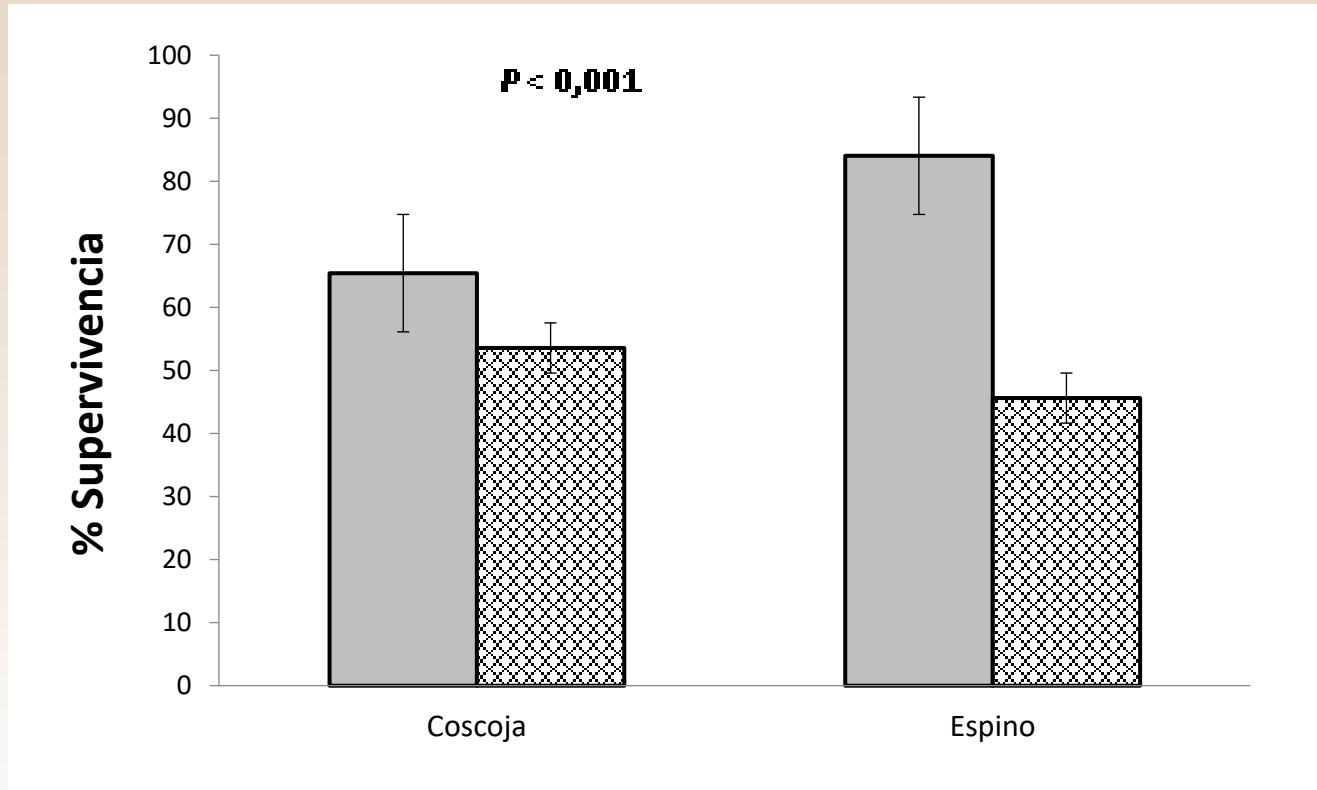
1. Especie: *Quercus coccifera* L. (coscoja) y *Rhamnus lycioides* L. (espino negro)
2. Tipo de protector: malla y tubo
3. Nivel de transmisividad de luz: 40, 60 y 80 % TGLV



Precipitación media 418 mm  
Régimen continental de temperatura  
Suelos básicos textura franca, presencia de yesos  
Preparación del terreno: subsolado



## Resultados del experimento



La supervivencia es mayor para las plantas protegidas en tubo, particularmente para:

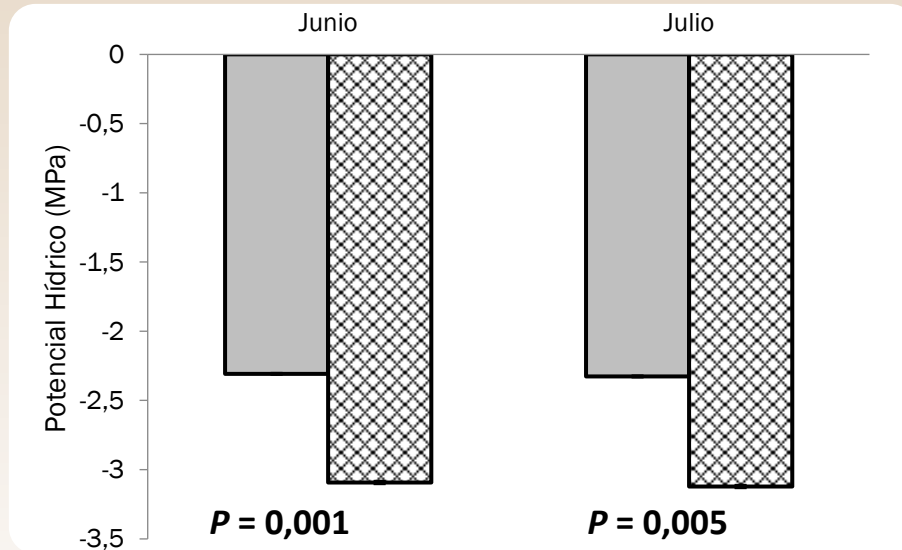
- La especie *Rhamnus lycioides* L.
- Niveles altos de transmisividad

La supervivencia óptima parece alcanzarse a una TGLV = 60 %

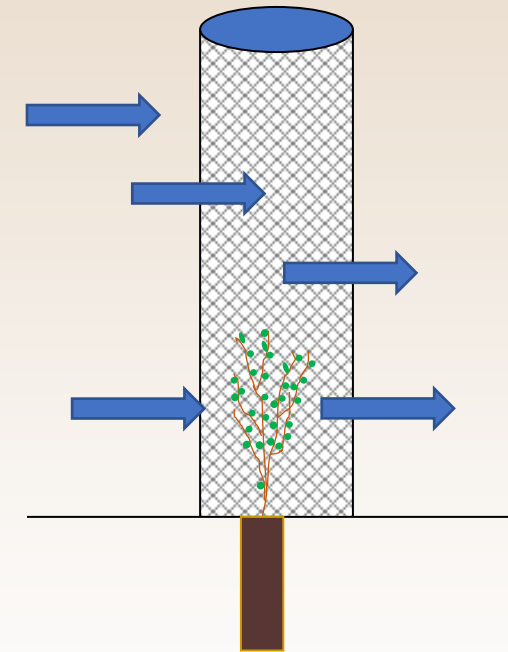


## Discusión

### Potencial hídrico



Mayor transpiración en mallas (aire circulando y reducción de la capa límite)

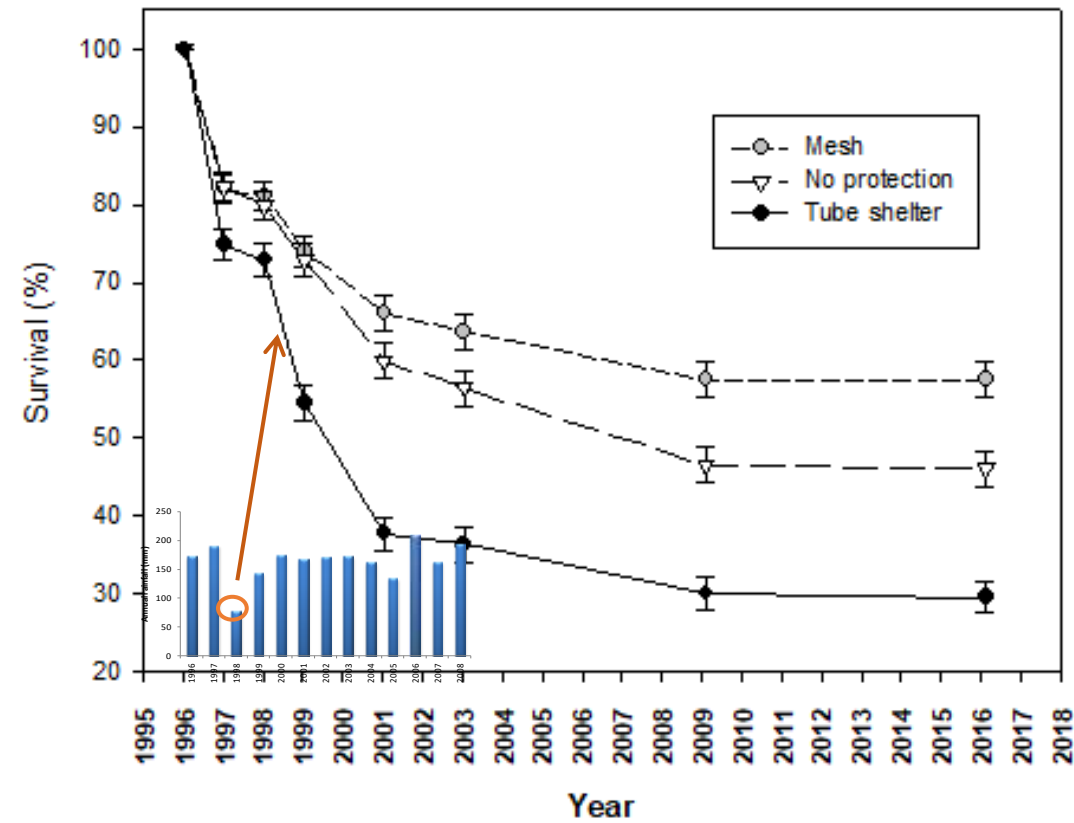


Los valores de potencial hídrico al alba en malla son muy bajos ( $> -3$  Mpa)

**Hipótesis:** en ambientes semiáridos la mayor demanda evaporativa creada por el movimiento del aire incrementa el estrés hídrico y reduce el crecimiento y las opciones de supervivencia **➔** **Recomendación:** uso de tubos



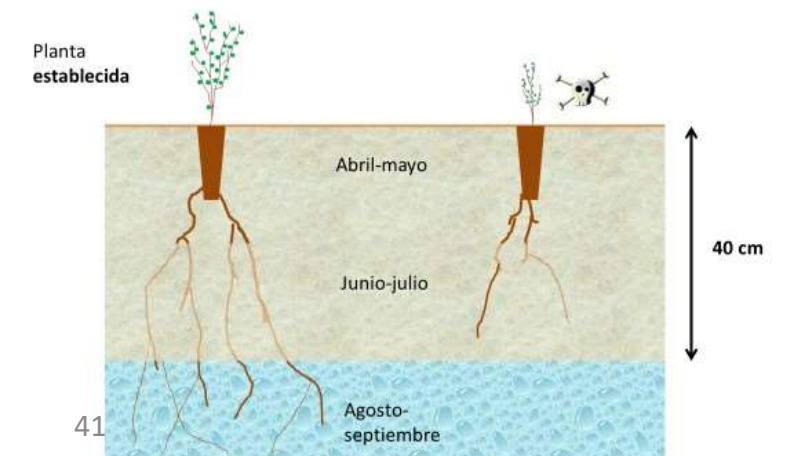
## Seguimiento a largo: efecto de tubos y mallas en *P. halepensis*



## ¿Cómo conseguir el éxito del establecimiento?

- I. Empleando planta de calidad: plantas grandes y bien fertilizadas
- II. Reduciendo las condiciones de estrés biótico y abiótico
- III. **Mejorando las condiciones edáficas y de penetración para las raíces**
  - I. Mejoradores
  - II. Preparación de suelo
  - III. Aporte de sustrato/remoción y reserva de suelo

**Establecimiento: el crecimiento radical en profundidad**  
El crecimiento radical debe ser suficiente para conectar la planta con profundidades que contengan humedad **incluso en los momentos más secos del año**

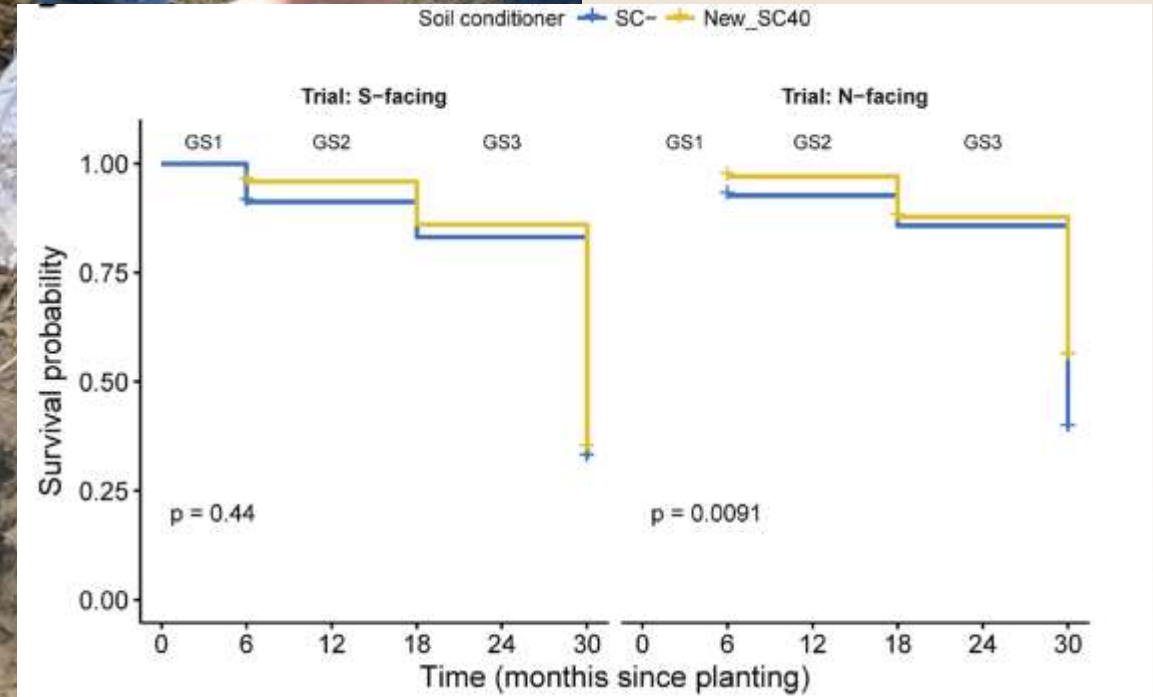
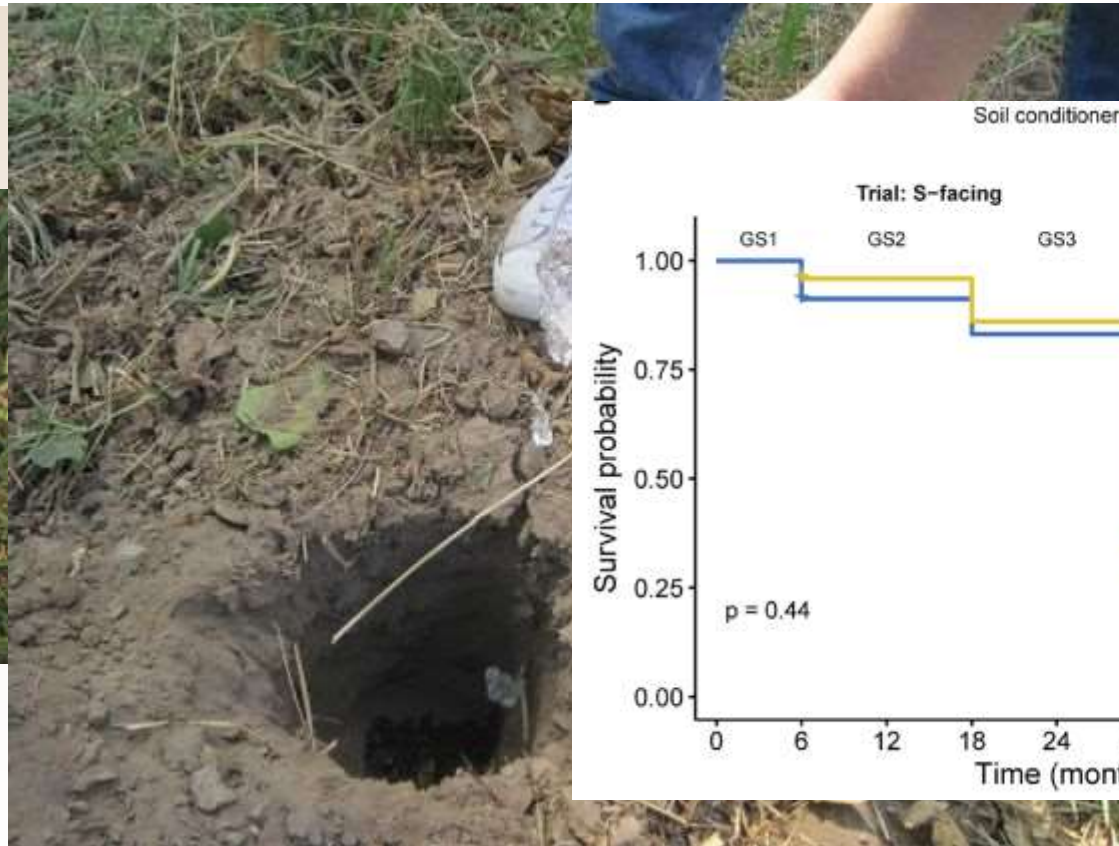




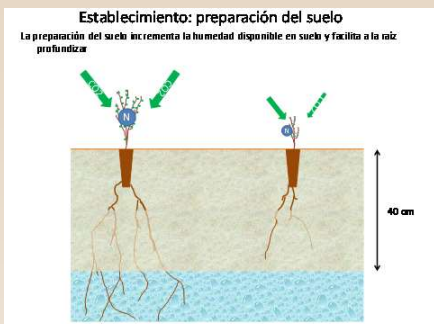
**Hidrogeles:** productos a base de polímeros altamente absorbentes de agua a los que se incorporan en ocasiones otros productos (micorrizas, fertilizantes, hormonas)=>**mejoradores/retenedores de humedad**



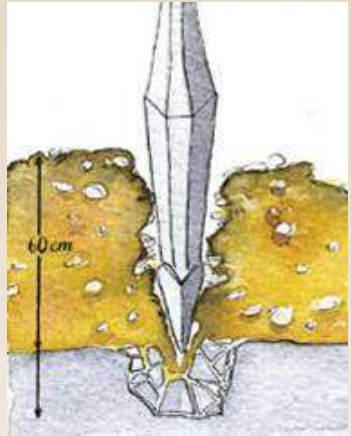
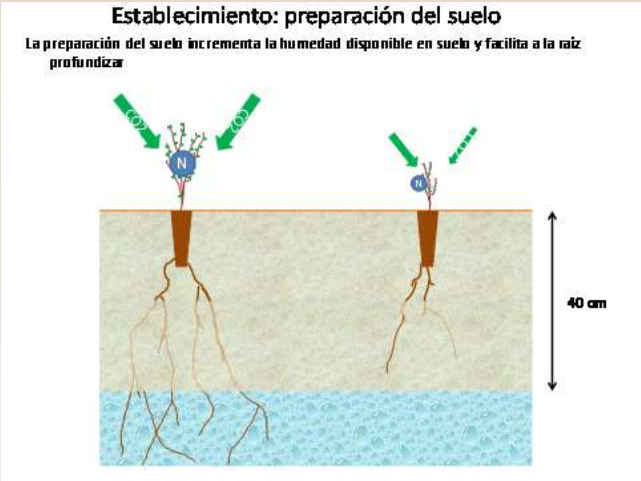
Establecimiento: el crecimiento radical en profundidad  
El crecimiento radical debe ser suficiente para conectar la planta con profundidades que contengan humedad incluso en los momentos más secos del año



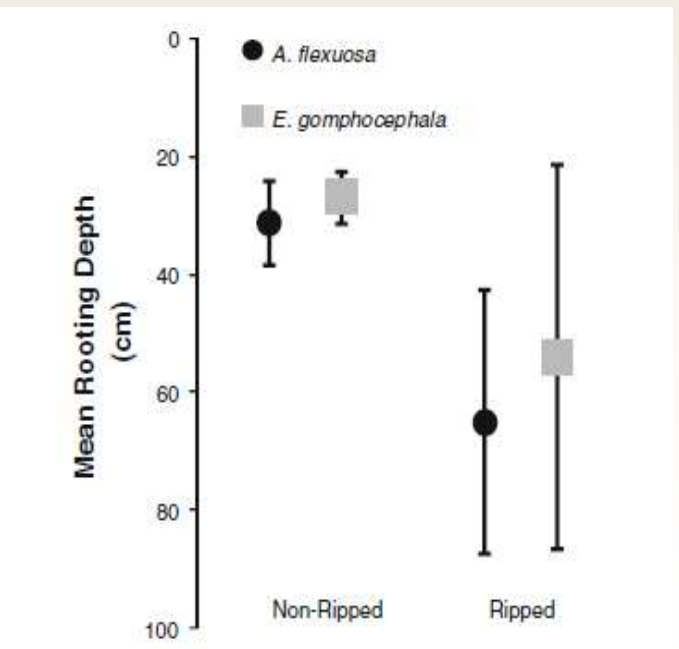
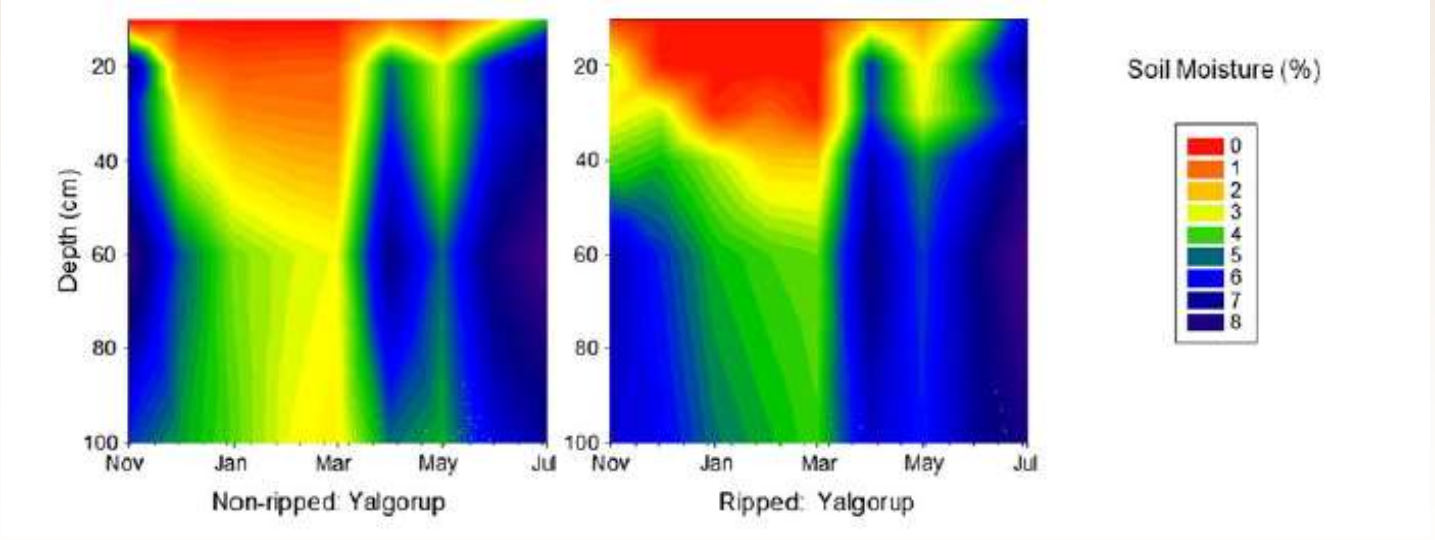
### Técnicas de preparación mecanizada lineal y puntual



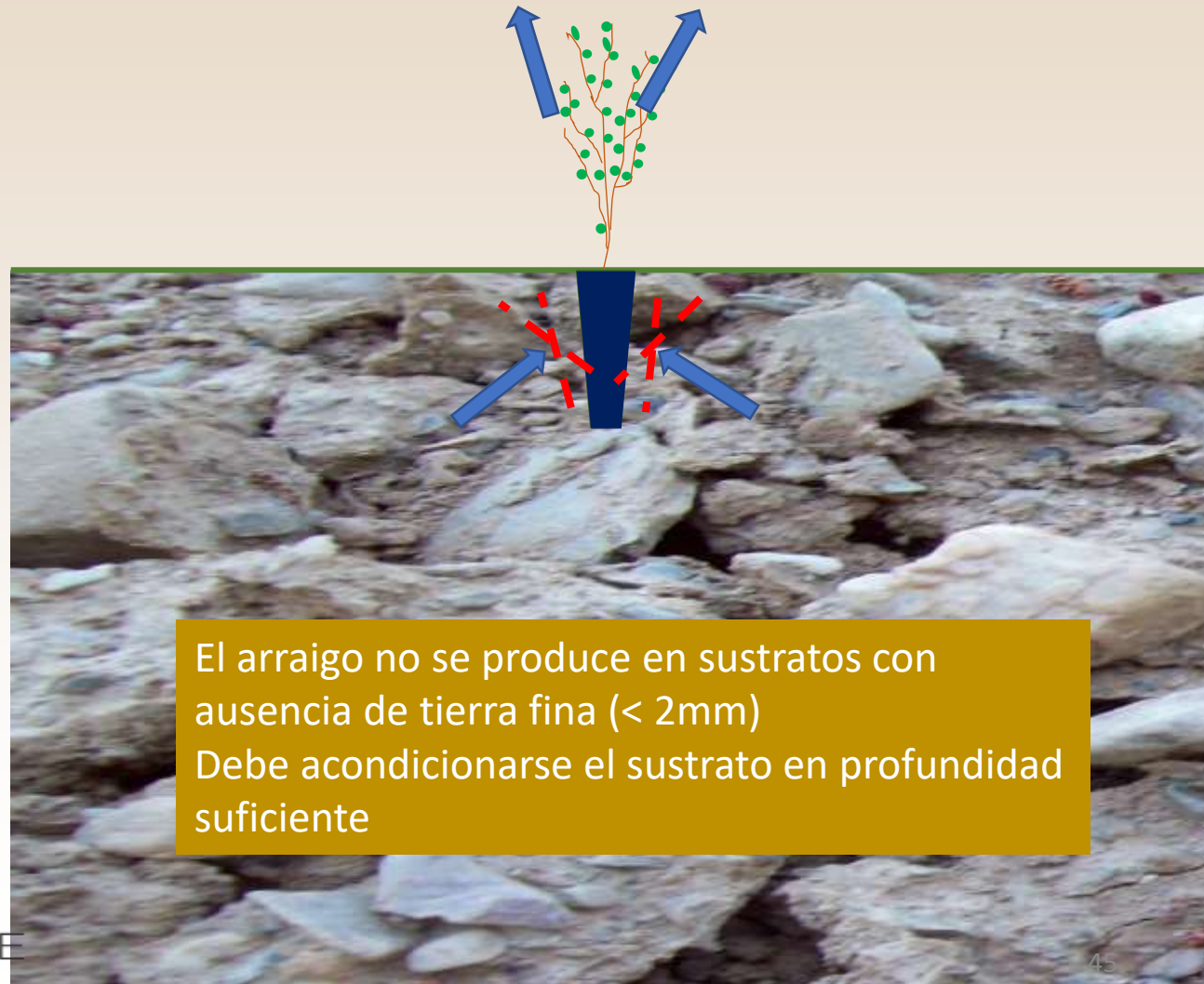
# Plantación y establecimiento



La **preparación del suelo** incrementa la humedad disponible en suelo y facilita la penetración de la raíz



## Preparación del suelo y arraigo: importancia del sustrato minero



# Plantación y establecimiento

El arraigo no se produce en sustratos con ausencia de tierra fina (< 2mm)  
Debe incorporarse sustrato en profundidad suficiente



# Recapitulación

- 🎯 En ámbito mediterráneo superar la sequía estival es la principal dificultad de las plantaciones
- 🎯 Plantar en época de tempero y cuidar la ejecución, así como regar facilita y acelera el arraigo
- 🎯 Emplear planta bien fertilizada, resistente y grande (dentro del rango de planta forestal) garantiza mejores resultados en arraigo y establecimiento
- 🎯 Las **ecotecnologías** ayudan a superar la fase de establecimiento:
  - 🎯 Los tubos protectores reducen el estrés biótico y abiótico
  - 🎯 La preparación del suelo en profundidad o la incorporación de sustrato sobre estériles es una labor imprescindible en el mediterráneo

# Referencias

- Coello J, Ameztegui A, Piqué M, Rovira P, Fuentes C. 2018. Innovative soil conditioners and groundcovers for forest restoration in semiarid conditions in northeast Spain. *Ecological Engineering* 118:52-65
- Grossnickle, S.C. 2005 Importance of root growth in overcoming planting stress *New Forests* 30:273–294. DOI 10.1007/s11056-004-8303-2
- Jiménez, M.N.; J.R. Pinto, M.A. Ripoll, A. Sánchez-Miranda, F.B. Navarro. 2017. Impact of straw and rock-fragment mulches on soil moisture and early growth of holm oaks in a semiarid area *Catena* 152: 198–206
- Oliet, J.; Navarro, R.; Contreras, O. 2003 Evaluación de la aplicación de mejoradores y tubos en repoblaciones forestales Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. 234 pp
- Oliet, J.A.; Blasco, R.; Valenzuela, P.; Melero, M. Puértolas, J. 2019. Should we use meshes or solid tube shelters when planting in Mediterranean semiarid environments? *New Forests*. 50: 267-282.
- Padilla, F.M.; Pugnaire, F.I. 2007 Rooting depth and soil moisture control Mediterranean woody seedling survival during drought. *Functional Ecology*, 21: 489-495
- Padilla, F.M., Miranda, J.D., Ortega, R., Hervás, M., Sánchez, J., Pugnaire, F.I. 2011. Does shelter enhance early seedling survival in dry environments? A test with eight Mediterranean species. *Applied Vegetation Science* 14: 31–39
- Piñeiro, J.; Maestre, F.T.; Bartolomé, L.; Valdecantos, A. 2013 Ecotechnology as a tool for restoring degraded drylands: a meta-analysis of field experiments *Ecological Engineering* 61 (2013) 133– 144
- Puértolas, J.; Jacobs, D.F.; Benito, L.F.; Peñuelas, J.L. 2012. Cost-benefit analysis of different container capacities and fertilization regimes in Pinus stock-type production for forest restoration in dry Mediterranean areas. *Ecological Engineering* 44:210-215
- Ruthrof, K.X.; Fontaine, J.B.; Buizer, M.; Matusik, G.; Mchenry, M.P.; Hardy, G.E.St.J. 2013 Linking restoration outcomes with mechanism: the role of site preparation, fertilisation and revegetation timing relative to soil density and water content *Plant Ecol.* 214: 987-998
- Toca, A.; Oliet, J.A.; Villar-Salvador, P.; Martínez-Catalán, R.A.; Jacobs, D.F. 2019. Ecologically distinct pine species show differential root development after outplanting in response to nursery nutrient cultivation. *Forest Ecology and Management* 451
- Valenzuela, P.; Arellano, E.; Burger, J.; Pérez, M.A. Oliet, J.A. 2018. Soil conditions and sheltering techniques improve active restoration of degraded *Nothofagus pumilio* forest in Southern Patagonia. *Forest Ecology and Management* 424: 28-34

# Ecotecnologías para el establecimiento de plantaciones. Bases y aplicaciones

## GRACIAS POR VUESTRA ATENCIÓN

Socios Life Tecmine



Patrocinan



Colaboran

