

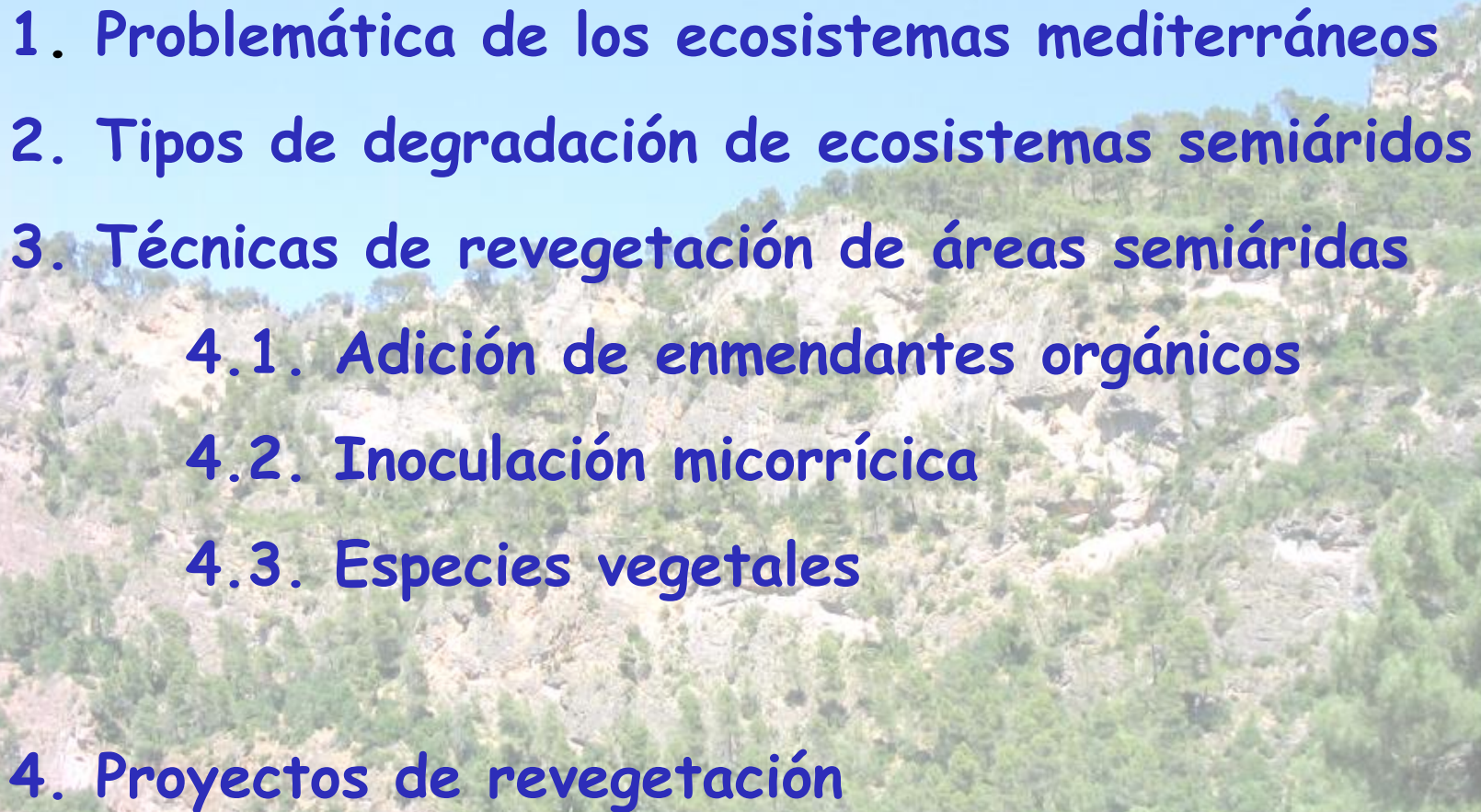
TÉCNICAS DE REVEGETACIÓN DE ÁREAS SEMIÁRIDAS MEDITERRÁNEAS: USO DE ESPECIES ARBUSTIVAS AUTÓCTONAS, ENMENDANTES ORGÁNICOS Y BIOLÓGICOS

Fuensanta Caravaca Ballester

Departamento de Conservación de Suelo y Agua y
Manejo de Residuos Orgánicos.

Grupo de Sostenibilidad de Sistemas Suelo-Plantas

INTRODUCCIÓN

1. Problemática de los ecosistemas mediterráneos
 2. Tipos de degradación de ecosistemas semiáridos
 3. Técnicas de revegetación de áreas semiáridas
 - 4.1. Adición de enmendantes orgánicos
 - 4.2. Inoculación micorrícica
 - 4.3. Especies vegetales
 4. Proyectos de revegetación
- 

Problemática de los ecosistemas mediterráneos

Degradación
cubierta vegetal



Acción antrópica:

Deforestación, prácticas agrícolas inadecuadas, incendios, pastoreo intensivo,...

Clima semiárido

Clima semiárido

↑ Temperaturas

↓ Precipitaciones

↑ Evapotranspiración



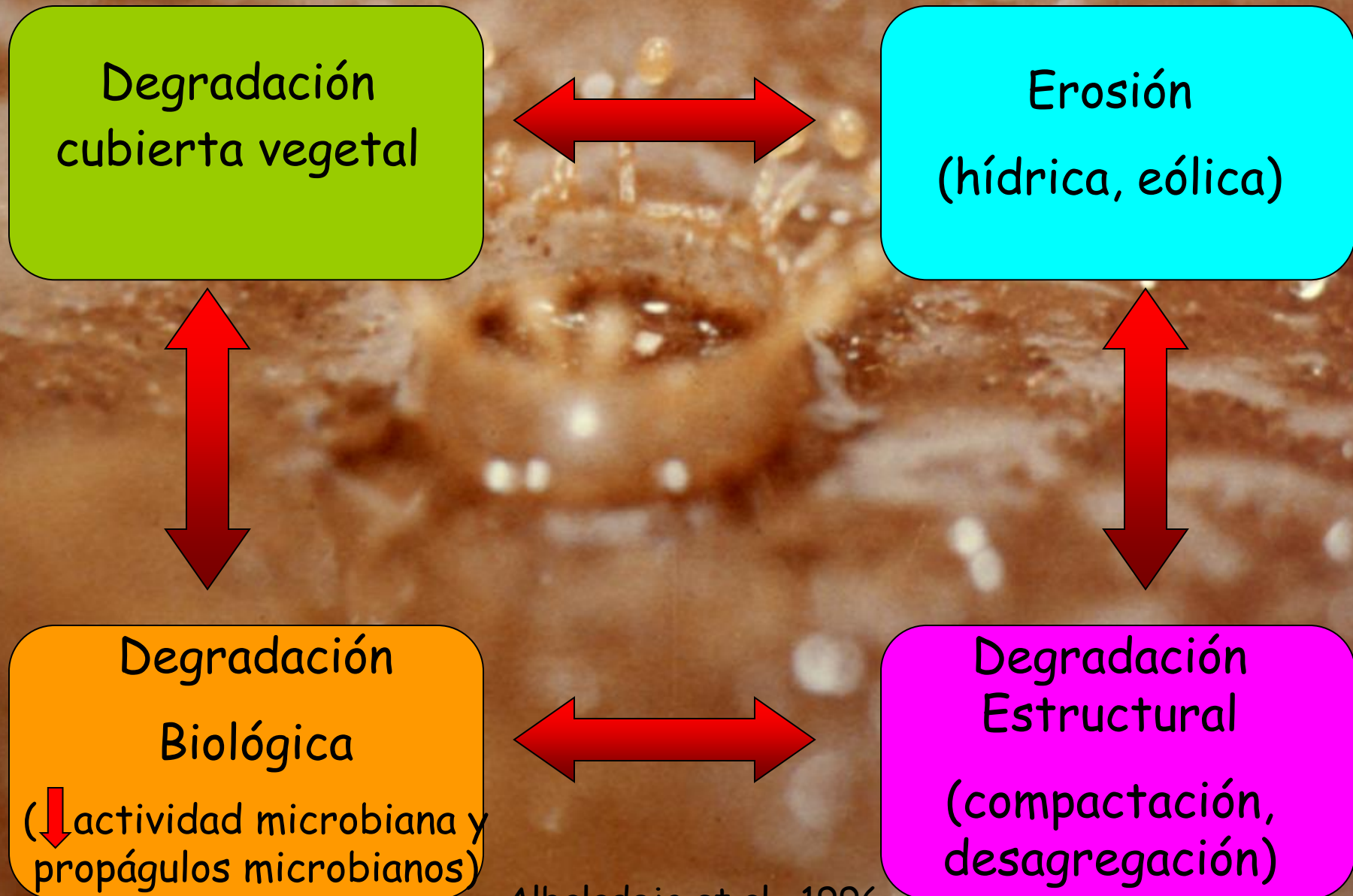
Revegetación natural

Degradación Suelo



Degradación Cubierta Vegetal

Tipos de degradación en ecosistemas semiáridos



Albaladejo et al., 1996

Degradación Estructural en Suelos Naturales

Características de suelos degradados:

Poca cohesión, escaso contenido de materia orgánica, falta de estructura, compactación, baja permeabilidad, alto contenido de sales, etc.



Micorrizas: "Hongo-Raíz"

Asociación Mutualista o Simbiosis

Micelio de un Hongo y la Raíz

Universalidad

90 % plantas establecen micorrizas

Presencia en casi todos los hábitats naturales

Planta recibe:

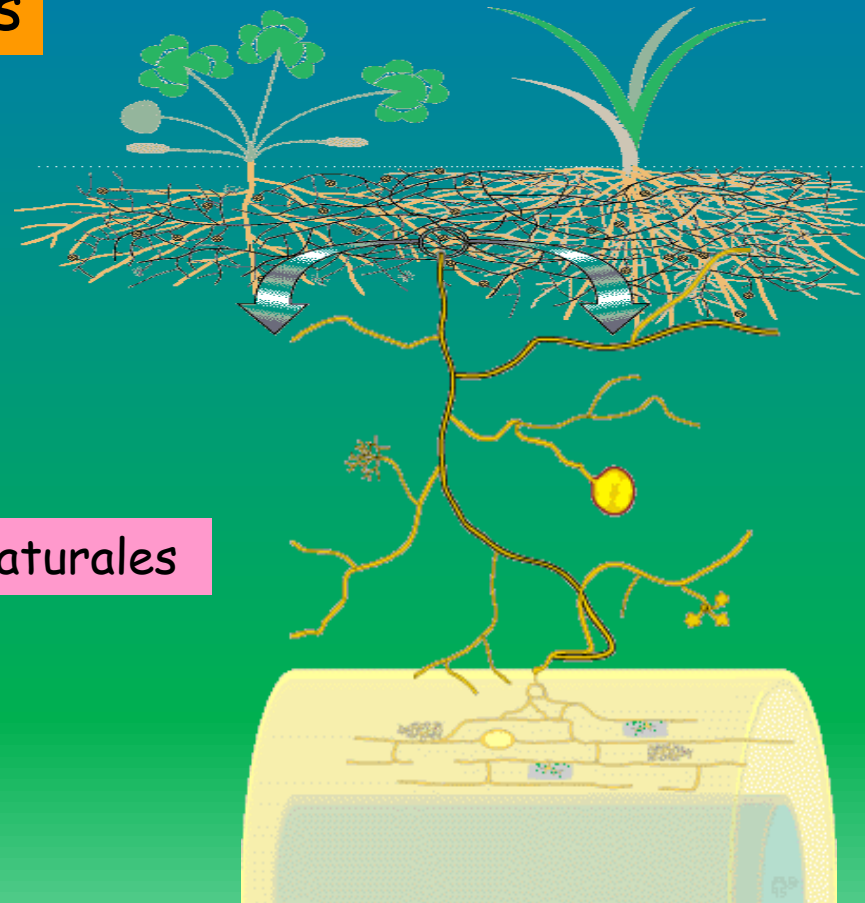
Nutrientes

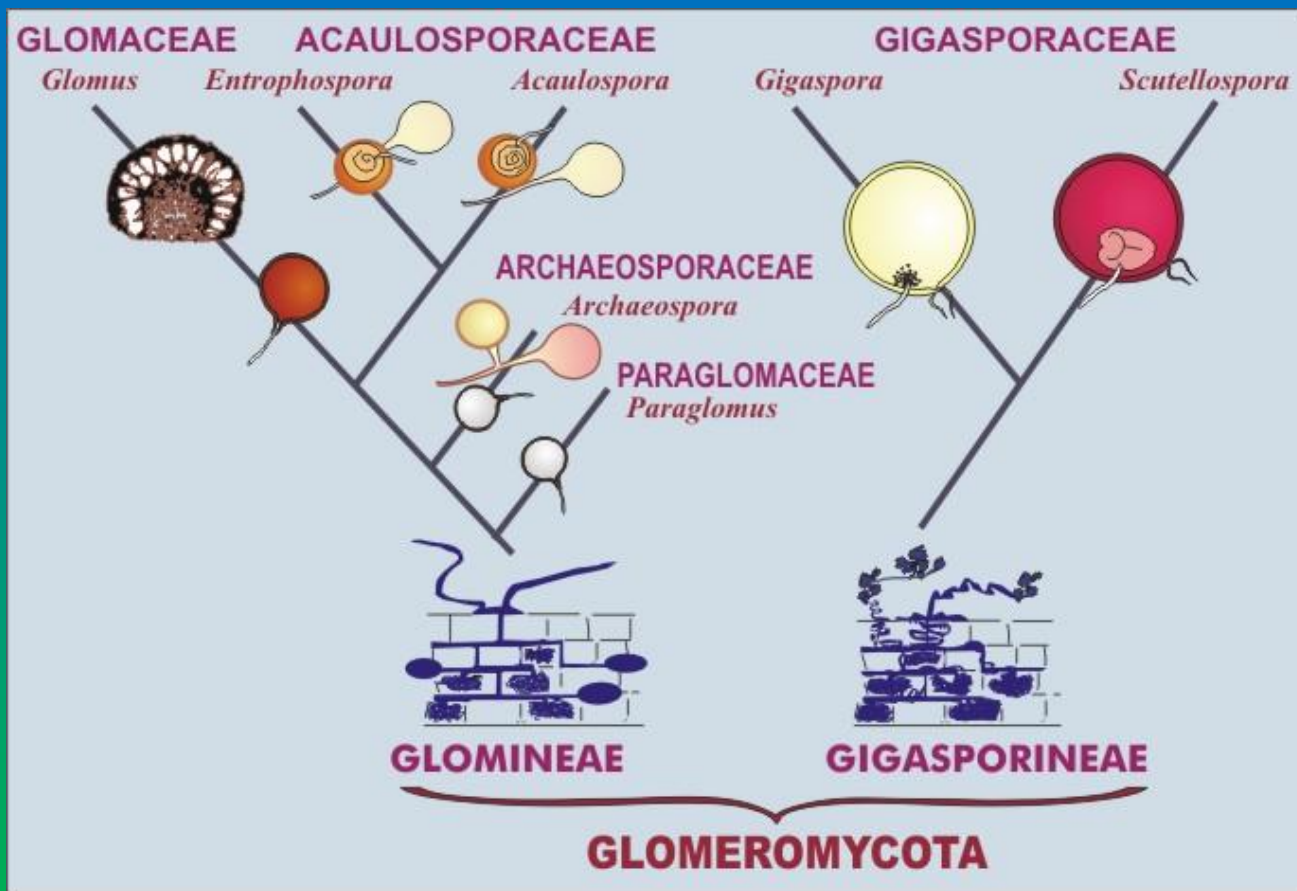
Agua

Hongo obtiene:

Fuentes de C de la fotosíntesis

Nicho ecológico





Phylum: *Glomeromycota*

Taxonomía



Clase: *Glomeromycetes*

Órdenes: *Glomerales*

Diversisporales

Paraglomerales

Archaeosporales



Micorrizas arbusculares

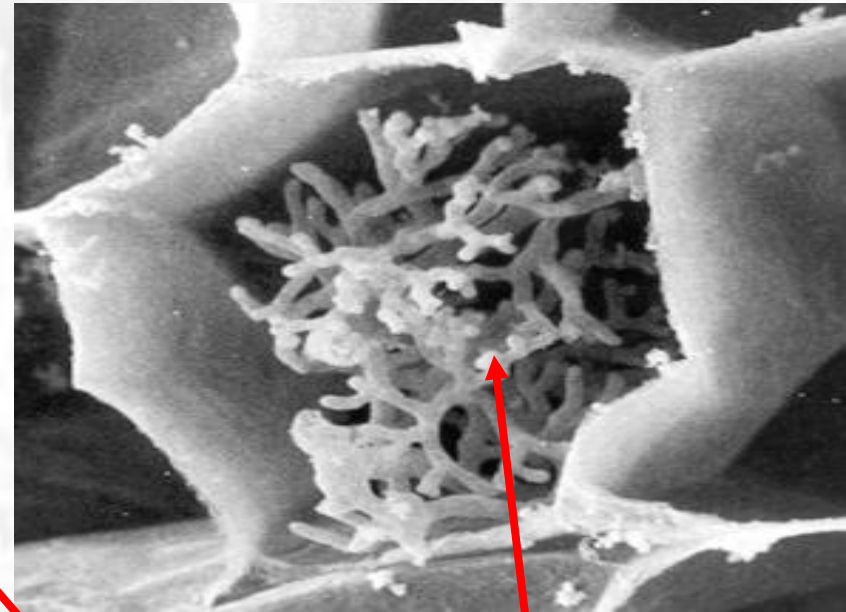
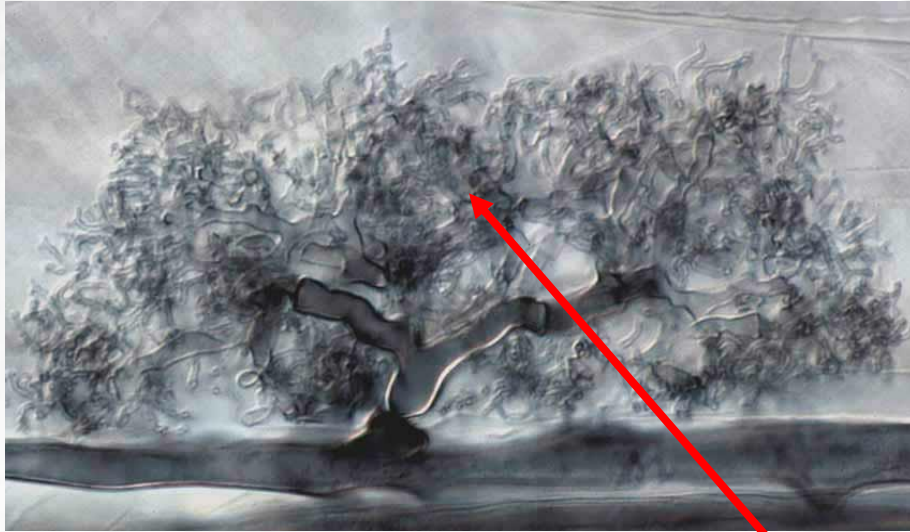


Arbúsculos

Raíz sin cambios morfológicos

Infección cortex radical

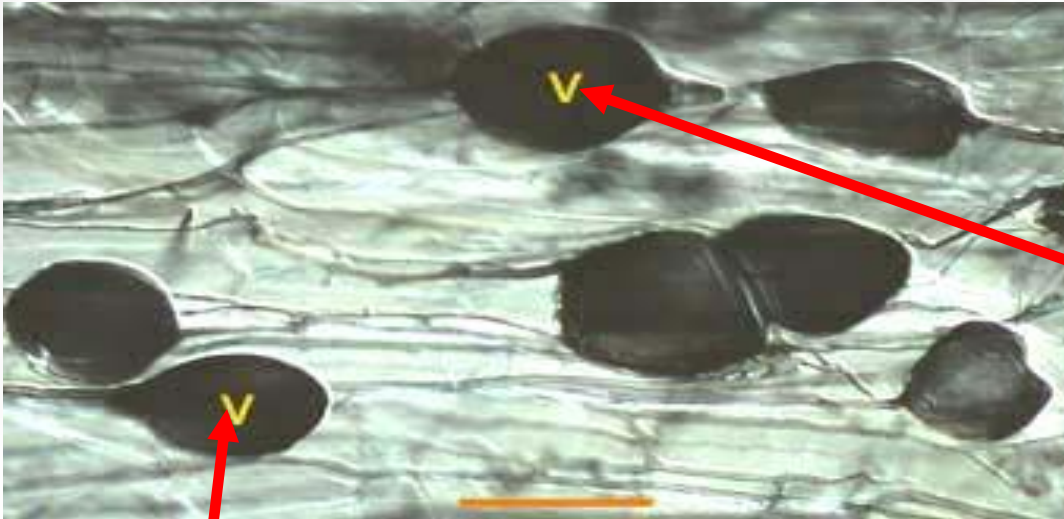
Estructuras fúngicas
(vesículas y arbúsculos)



Zona de intercambio

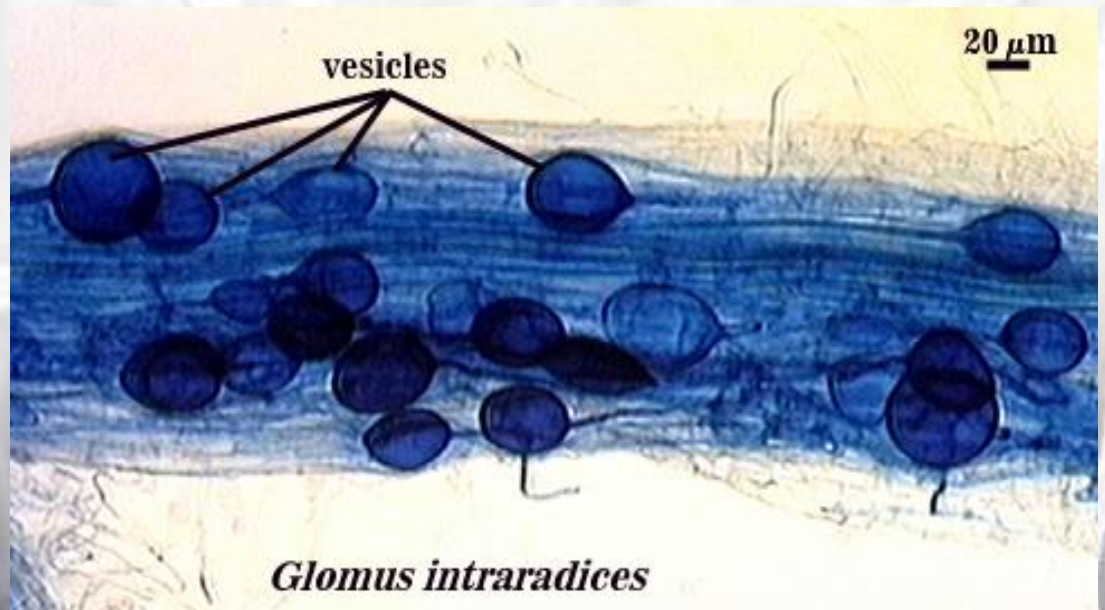
División sucesiva de hifas

☀ Vesículas



Almacenaje productos lipídicos

Función de Propágulo Infeccioso



Glomus intraradices

Efectos de las micorrizas en los sistemas suelo-planta

- Incremento de absorción y asimilación de P, N y otros nutrientes
- Aumento de la producción de biomasa aérea y radical
- Incrementan la tasa fotosintética
- Incrementan la resistencia a plagas y estrés ambiental
- Estimulan la actividad de sustancias reguladoras de crecimiento
- Aumentan la actividad microbiológica del suelo
- Mejora de la agregación del suelo

Allen, 1989; Augé, 2001

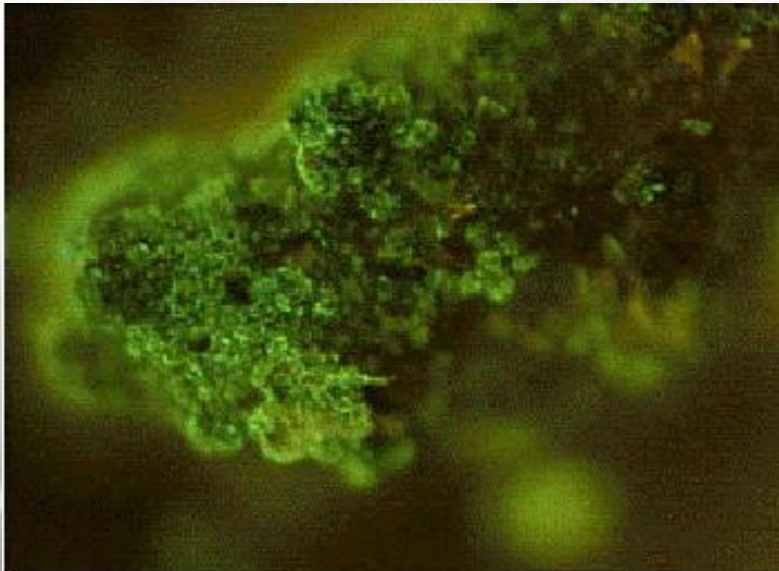
Contribución de Hongos MA en la Agregación del Suelo



1. Acción Mecánica del Micelio Fúngico Externo:

-unión de partículas primarias y microagregados

Tisdall y Oades 1979; Miller y Jastrow 1990, 1992



2. Estabilización por cementación:

-Glomalina

-Mucílagos y Polisacáridos

Wright y Upadhyaya, 1996.

GLOMALINA

(Descubierta por Wright et al. 1996)

- Abundante (2-15 mg g⁻¹ suelo), alta estabilidad térmica y resistencia a la proteólisis. Biomolécula muy estable (6-42 años)
- Glicoproteína de naturaleza hidrofóbica (se acumula en hifas, raíces y suelo)-protector frente sequía
- Agente cementante a largo plazo en la estabilización de agregados
- Contribuye a los pools de C y N suelo
- Agente quelatante de metales, especialmente hierro y zinc

Rillig et al. 1999; Miller y Jastrow 2000.

Contribución de Hongos MA en la Agregación del Suelo

3. Fuente vital de Carbono Orgánico

-Reactivación de la Microflora



↑↑ productos de origen microbiano (acción cementante)

REFORESTACIÓN CON ESPECIES AUTÓCTONAS

TÉCNICAS DE REVEGETACIÓN BASADAS EN:

- MEJORA DE LA CALIDAD DEL SUELO
- INCREMENTO DE LA RESISTENCIA DE LAS PLANTAS

ADICIÓN DE ENMENDANTES ORGÁNICOS

Tipos de residuos orgánicos

- estiércoles
- residuos de cosechas
- RESIDUOS URBANOS



Funciones de la materia orgánica:

- Formación y estabilidad de agregados
- Capacidad de retención hídrica
- Intercambio iónico
- Aporte de nutrientes
- Acción biológica



INOCULACIÓN MICORRÍCICA

- ➔ Inoculación MA → ↑ Potenciar componente micorrícico del suelo
- ➔ Selección hongos MA eficientes → ≠ Niveles compatibilidad planta-MA
- ➔ Efectividad inoculación MA → Balance factores ecofisiológicos planta-suelo

➤ ¿Qué hongos son más efectivos: autóctonos o de colección?

➔ Ventajas HMA nativos

Genéticamente y fisiológicamente adaptados

Contribuidores biodiversidad plantas
Y productividad ecosistemas



- **REVEGETACIÓN CON ARBUSTIVAS**

-Arbustos autóctonos de la Cuenca Mediterránea: restaurar la biodiversidad y prevenir la erosión y desertificación.

-Adaptadas a los ambientes semiáridos: mayor tolerancia a condiciones de estrés (principalmente hídrico) y suelos degradados

-Enraízan profundamente



Olea europaea subsp. *sylvestris*
Acebuche



Pistacia lentiscus L.
Lentisco



Foto: Luis Galán

Rhamnus lycioides L.
Espino



Juniperus oxycedrus Sibth. & Sm.,
Enebro rojo o de la miera



Retama sphaerocarpa L.
Retama



Dorycnium pentaphyllum L.
Bocha blanca





Cistus albidus
jara blanca



Quercus coccifera
Coscoja, carrasca



CEBAS

Optimización de diversas técnicas (producción de plantas, micorrización y preparación del suelo) para su aplicación en programas de revegetación de zonas semiáridas con especies arbustivas autóctonas



EEZ

1FD97-0507-CO2

(1999-2002)



MURCIA

SIERRA DEL PICARCHO, CIEZA (MURCIA)

P media anual: 289.8 mm

T^a media anual: 15.8 °C

ETP media anual: 827.4 mm

DEF media anual: 537.6 mm



Diseño y Factores experimentales:

➡ 4 experimentos independientes para cada especie

- *Olea europaea* subsp. *sylvestris* (acebuche)
- *Pistacia lentiscus* L. (lentisco)
- *Retama sphaerocarpa* (L.) Boissier (retama)
- *Rhamnus lycioides* L. (espino)

➡ Diseño en bloques con 2 factores distribuidos al azar

Factor 1: Adición o no de un compost de residuo sólido urbano al suelo.

Factor 2: Micorrización o no de plantas en vivero con el hongo *Glomus intraradices*.

Diseño y Factores experimentales:

- ➡ 4 experimentos independientes para cada especie
- ➡ Diseño en bloques con 1 factor distribuido al azar:
- ➡ 3 tratamientos:

Plántulas no inoculadas



C, control

Plántulas inoculadas con *G. claroideum*



G

Plántulas inoculadas con la mezcla
de endófitos nativos:

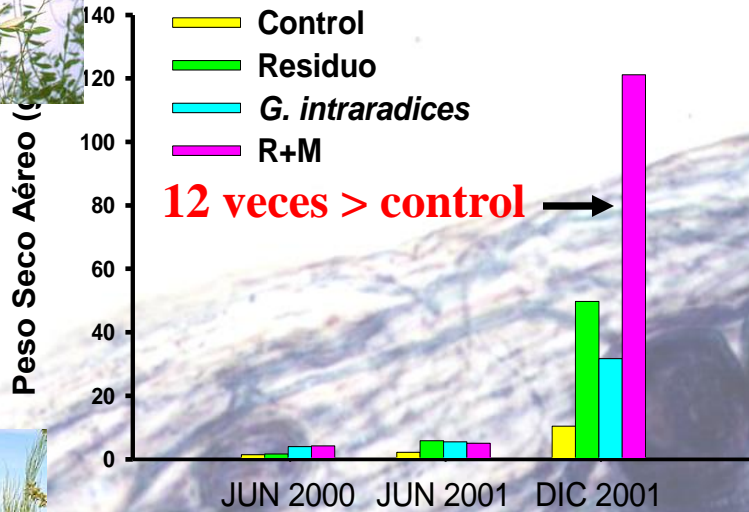


M

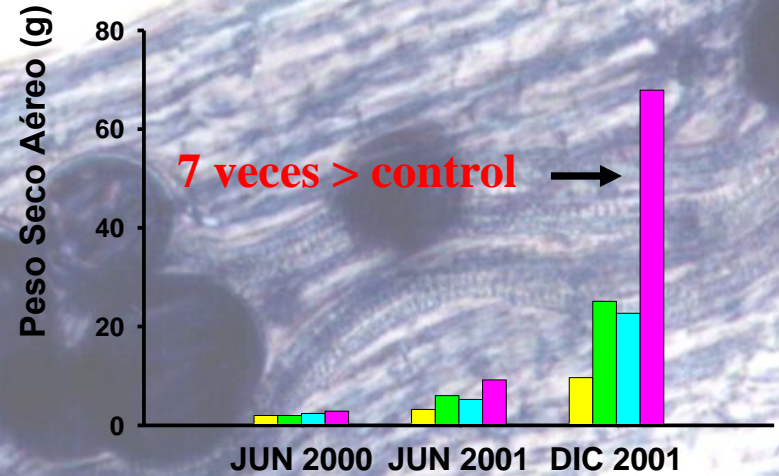
Glomus geosporum (EEZ 31), *G. albidum* (EEZ 39), *G. microaggregatum* (EEZ 40), *G. constrictum* (EEZ 42), *G. mosseae* (EEZ 43), *G. coronatum* (EEZ 44), *G. intraradices* (EEZ 45) y *Glomus* sp. (EEZ 46)



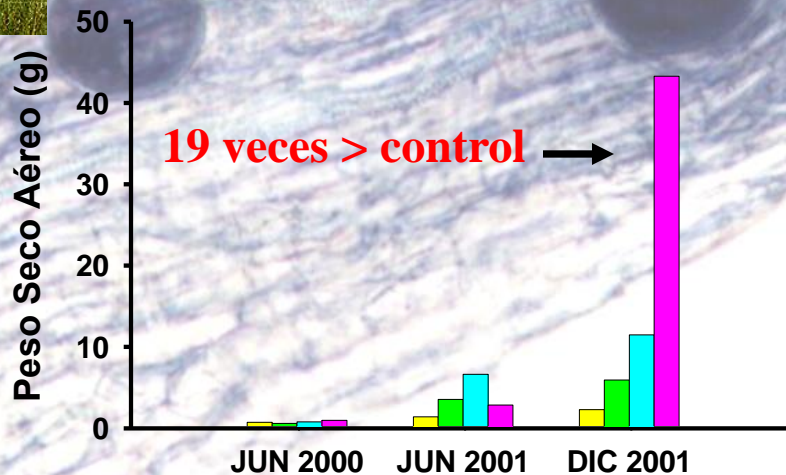
Olea europaea subsp. sylvestris



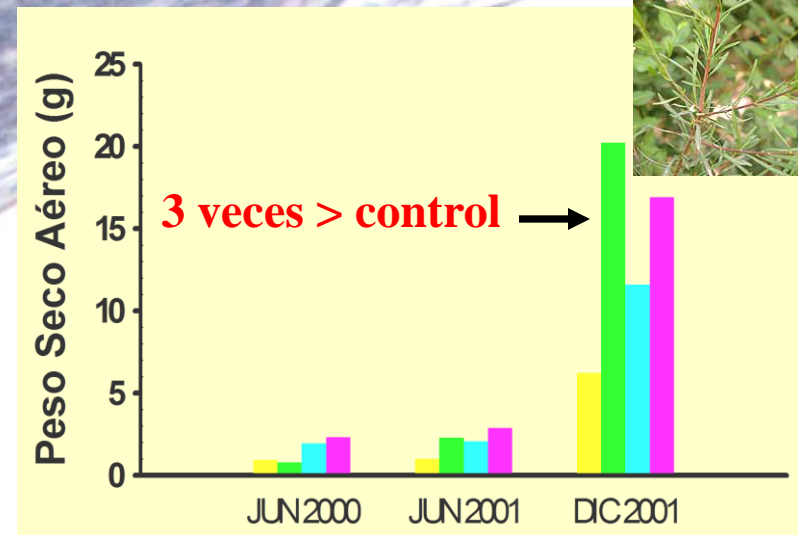
Pistacia lentiscus L.



Retama sphaerocarpa (L.) Boissier



Rhamnus lycioides L.



A: *Olea europaea*
B: *Pistacia lentiscus*
C: *Rhamnus lycioides*
D: *Retama sphaerocarpa*

C: Plantas no inoculadas.
M: Plantas inoculadas con
mezcla de hongos nativos.
G: Plantas inoculadas con
G. claroideum.



PROPÁGULOS INFECTIVOS: NMP



SUELO RIZOSFÉRICO

SUELO ADYACENTE

C

M

G

C

M

G

Olea europaea

1.39±0.04

1.97±0.15

4.75±0.19

0.12±0.03

0.87±0.07

0.85±0.02

Pistacia lentiscus

0.43±0.07

3.43±0.07

1.89±0.05

0.14±0.01

0.87±0.04

0.62±0.02

Retama sphaerocarpa

0.15±0.06

2.52±0.22

3.58±0.23

0.05±0.04

1.18±0.08

1.77±0.10

Rhamnus lyciodes

0.09±0.06

3.35±0.12

1.90±0.07

0.05±0.03

0.61±0.05

0.66±0.06

C: Control

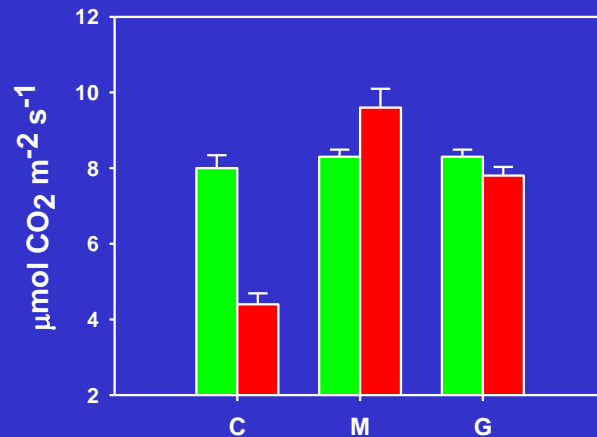
M: mezcla de hongos MA nativos

G: *G. claroideum*

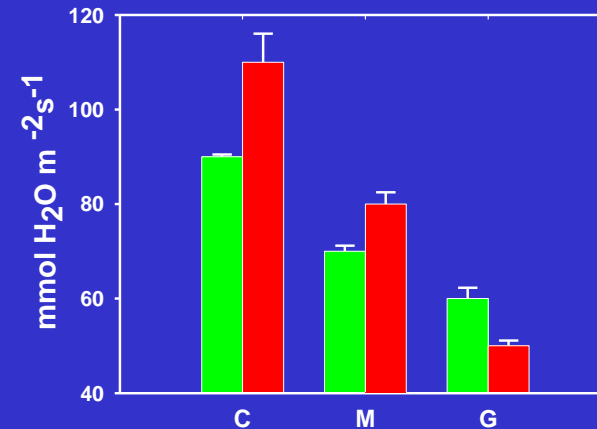


Ensayo de estrés hídrico en condiciones de vivero

A: Tasa fotosintética



gs: Conductancia estomática



C: control

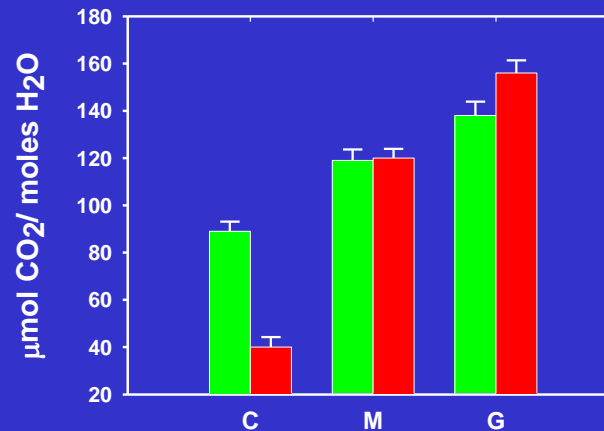
M: mezcla de hongos
MA nativos

G: *Glomus claroideum*

■ Sin estrés
■ Estresadas



A/gs: Uso eficiente del agua



Olea europaea

ISÓTOPOS ESTABLES DE C Y N EN CONDICIONES DE CAMPO



	$\delta^{13}\text{C}$			$\delta^{15}\text{N}$		
	C	M	G	C	M	G
<i>Olea europaea</i>	-29.3a	-28.5b	-29.2a	2.10a	3.26b	2.76ab
<i>Pistacia lentiscus</i>	-29.9a	-29.1b	-29.3ab	2.17a	3.31b	2.80ab
<i>Retama sphaerocarpa</i>	-31.6a	-31.5a	-31.1a	-0.19a	0.79b	0.24ab
<i>Rhamnus lyciodes</i>	-29.1a	-29.6a	-29.3a	-0.42a	0.19a	0.09a

C: Control

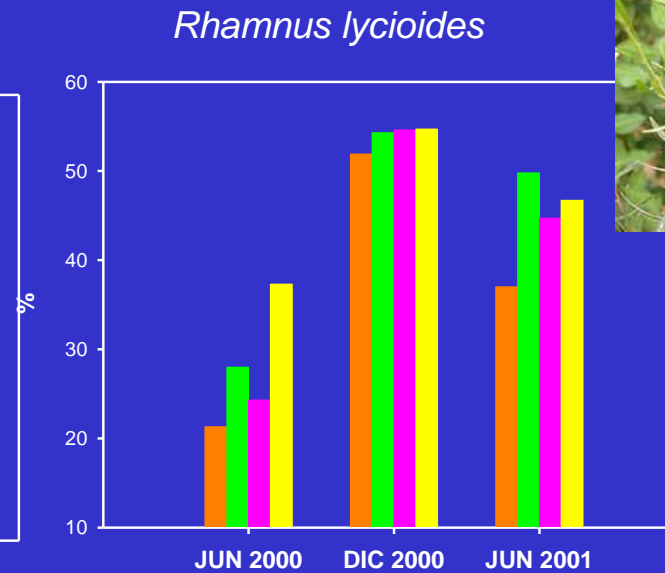
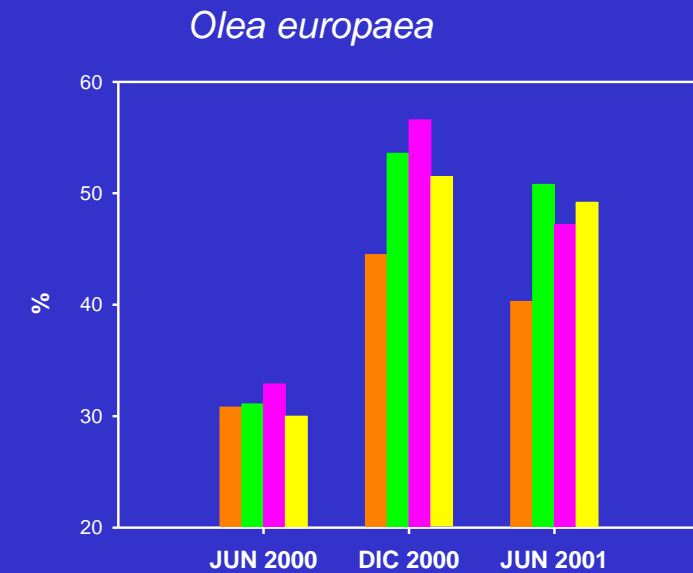
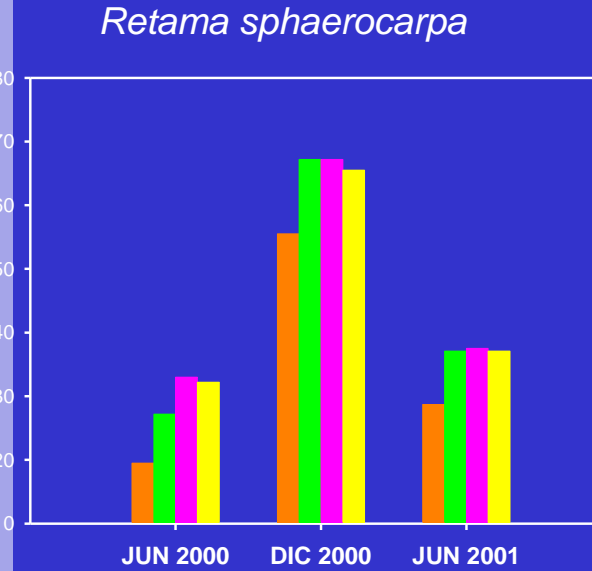
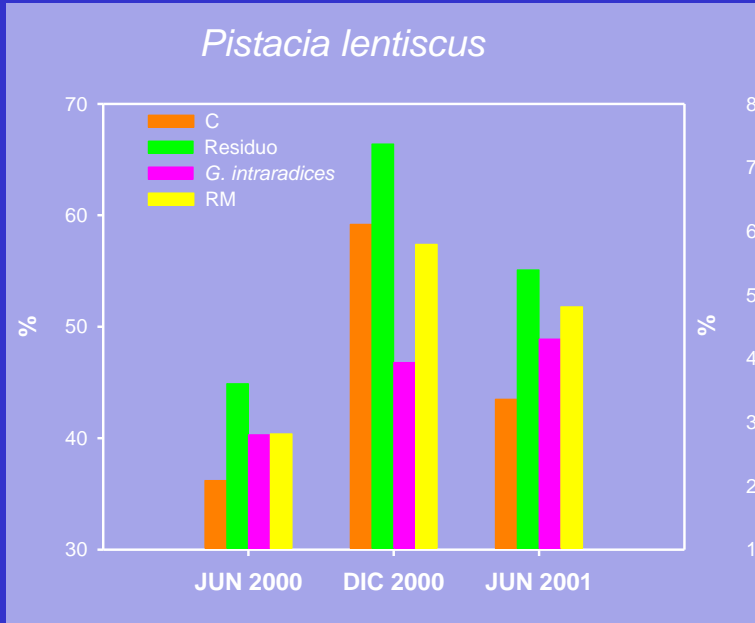
M: mezcla de hongos MA nativos

G: *G. claroideum*

Querejeta et al. 2003. Oecologia 135:510-515.



ESTABILIDAD AGREGADOS



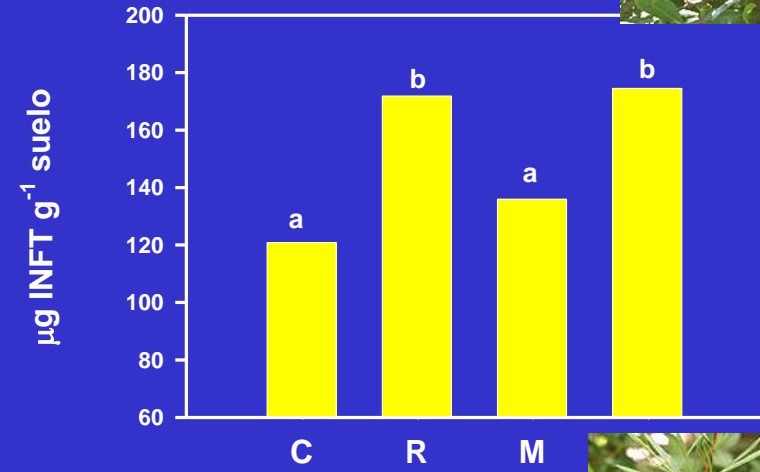
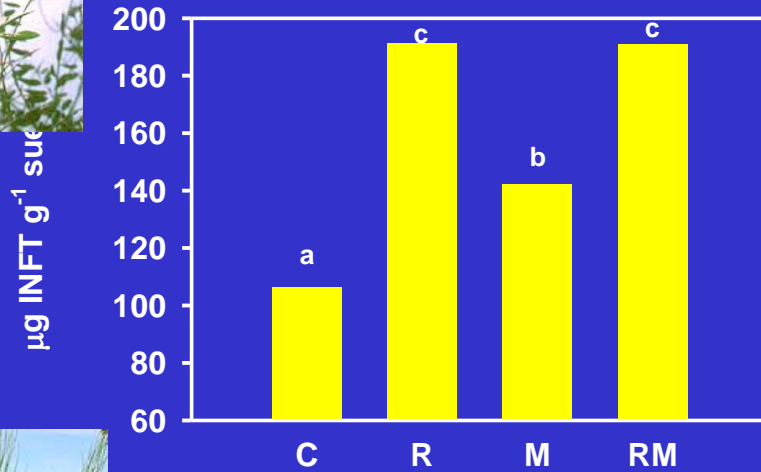
DESHIDROGENASA



Olea europaea subsp. *sylvestris*

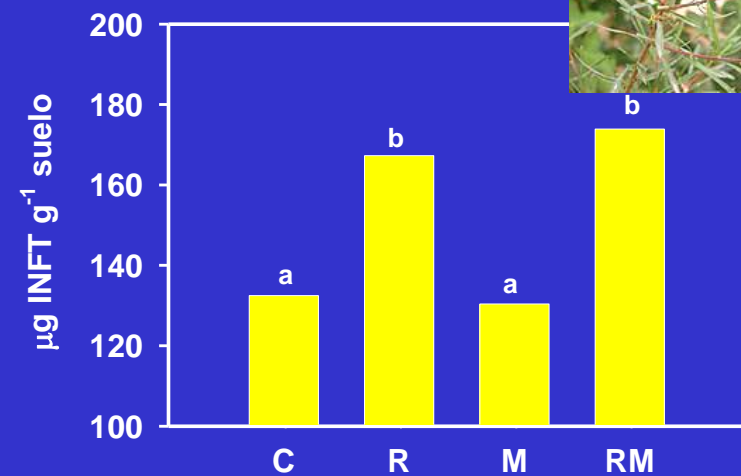
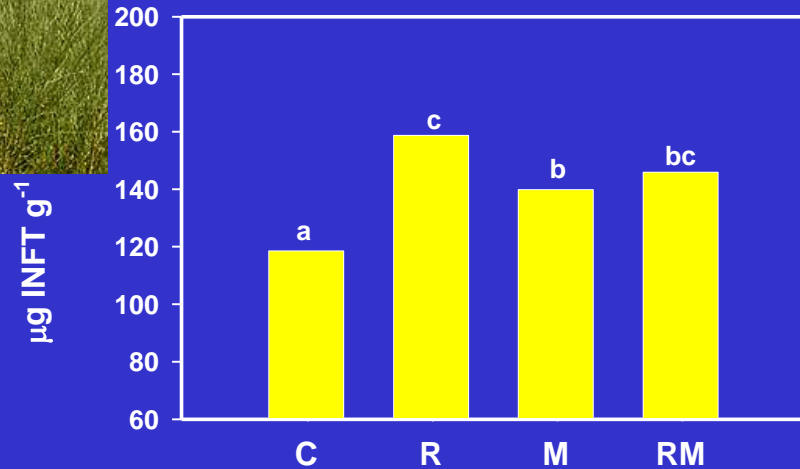


Pistacia lentiscus



Retama sphaerocarpa (L.) Bois.

Rhamnus lycioides



Soil Biol. Biochem. 34:1139-1145, 2002

Geoderma 108:113-144, 2002
2003

Biol. Fertil. Soils 36:170-175, 2002

Appl. Soil Ecol. 20:107-118, 2002

Arid Land Res. Manag. 17:103-111, 2003

Oecologia 135:510-515, 2003

Agr. Ecosyst. Environ. 97:95-105,
2003

Bior. Technol. 90:65-70, 2003

Physiol. Plant. 118:562-570, 2003

Appl. Soil Ecol. 22:103-111, 2003



**Repoblaciones de enriquecimiento para incrementar
la biodiversidad en masas de pino carrasco
establecidas: ensayo de técnicas y evaluación de
procesos asociados**

REN2000-1724-CO3

(2000-2003)



CEBAS



EEZ

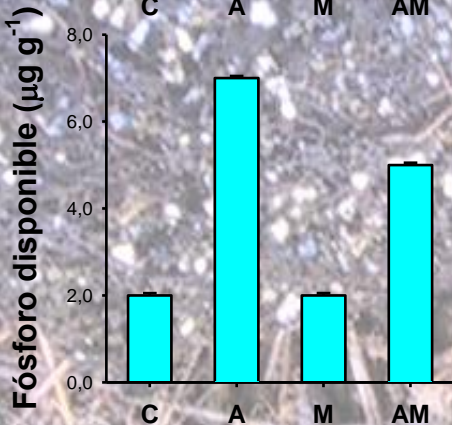
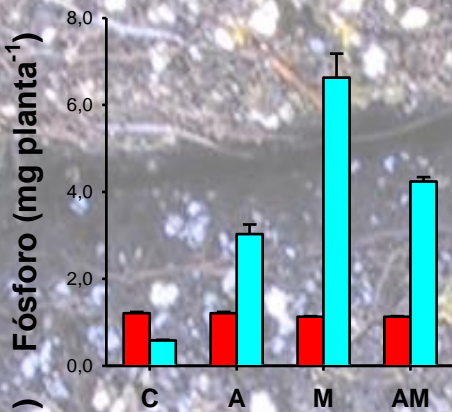
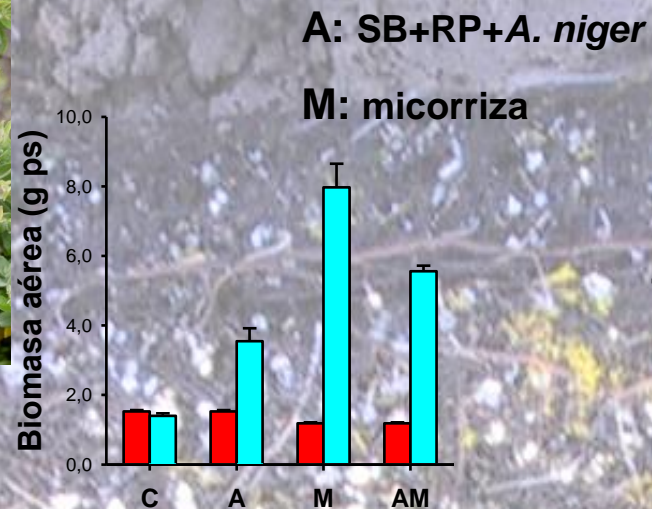
IRTA

OBJETIVOS

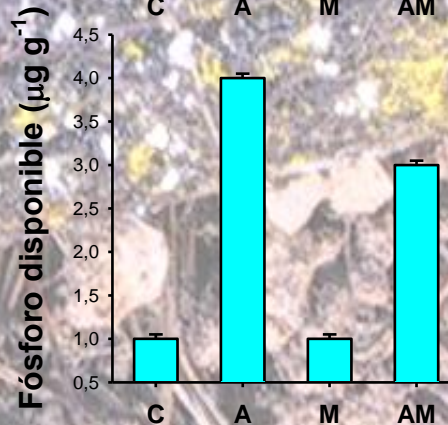
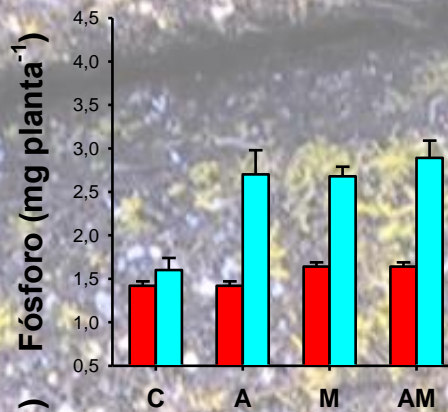
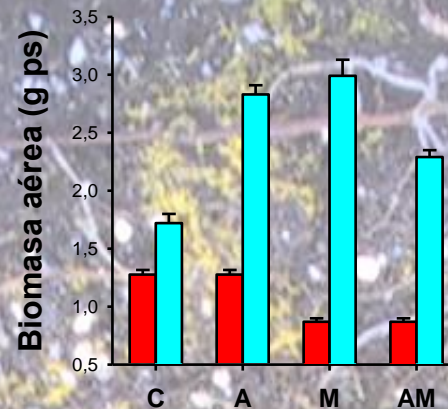
- ✓ Incrementar la diversidad biológica en masas de pino carrasco procedentes de repoblación, mediante el desarrollo de nuevas tecnologías para la implantación de la vegetación arbustiva.
- ✓ Profundizar en el conocimiento de la dinámica de los procesos asociados a la repoblación de enriquecimiento: procesos edáficos, ecofisiológicos y de competencia por los recursos entre la vegetación existente y la introducida.



C. albidus

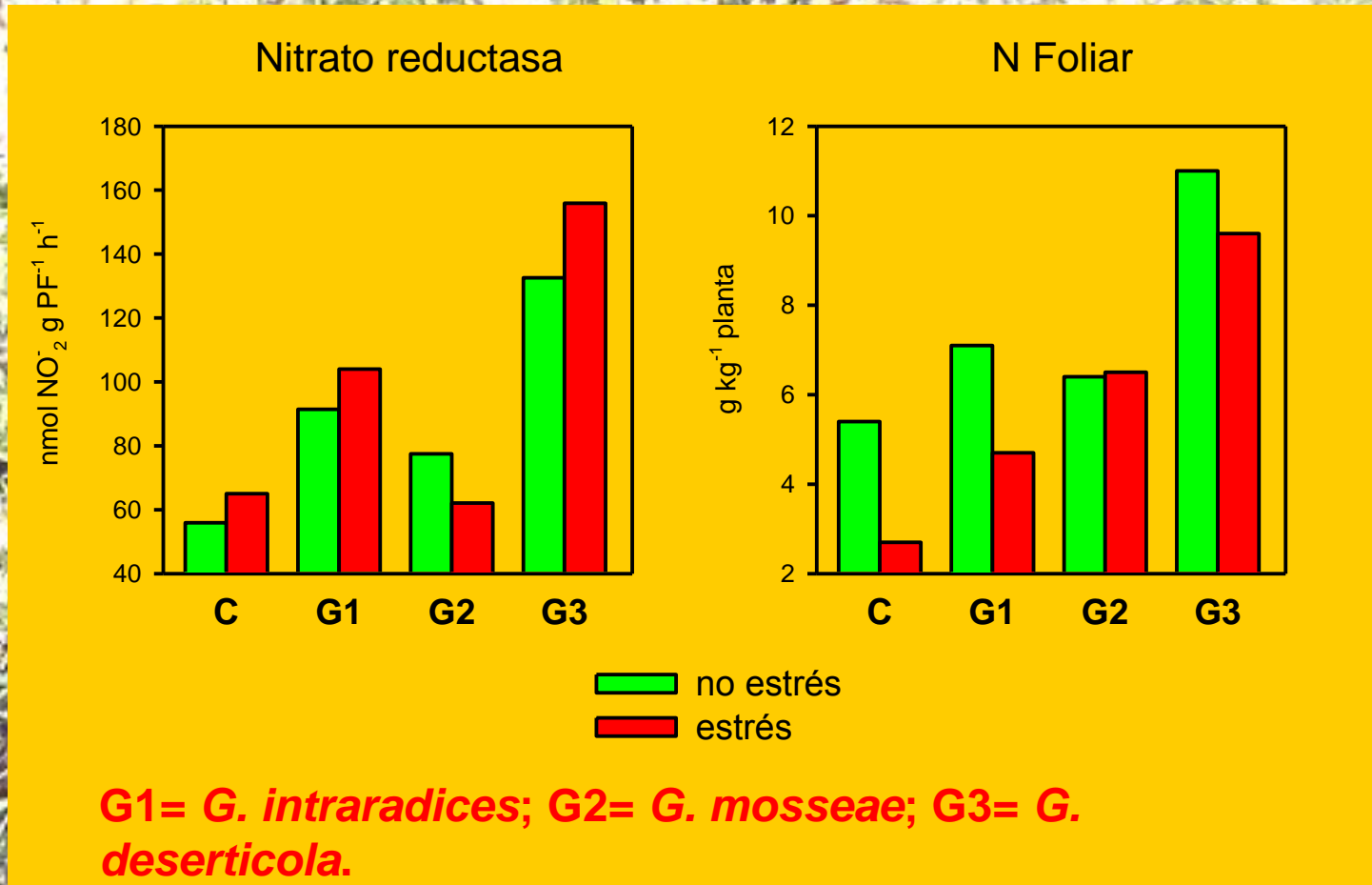


Q. coccifera

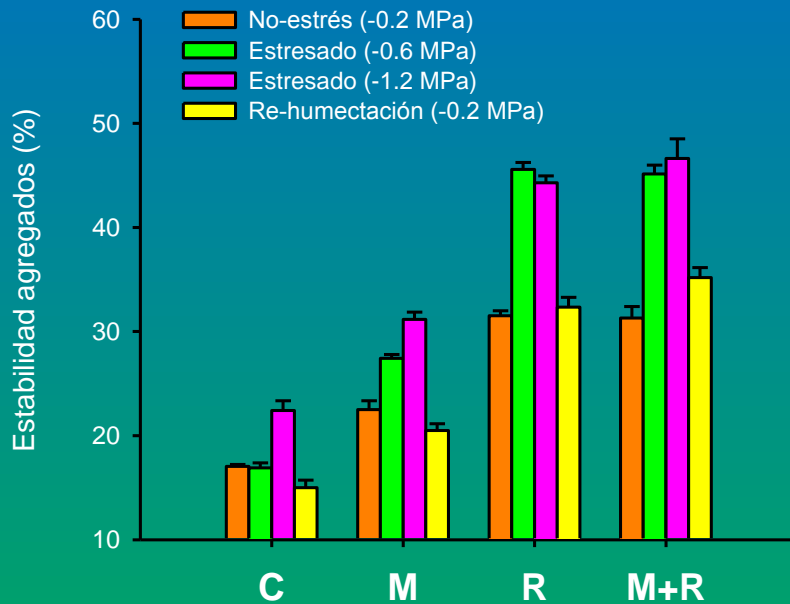


• NITRATO REDUCTASA EN PLANTAS MICORRIZADAS

Dorycnium pentaphyllum



CICLO DE SECADO-HUMECTACIÓN



No-estrés (-0.2 MPa)	Estresado (-0.6 MPa)	Estresado (-1.2 MPa)	Re-humectación (-0.2 MPa)
-------------------------	-------------------------	-------------------------	------------------------------

C hidrosoluble ($\mu\text{g g}^{-1}$)

C	151±1	161±1	169±5	154±1
M	158±2	158±4	171±2	128±2
R	197±10	231±8	230±6	177±2
M+R	231±2	237±3	234±5	148±4

Carbohidratos totales ($\mu\text{g g}^{-1}$)

C	1458±15	1924±57	2580±106	2397±78
M	1772±45	2205±85	2981±50	2247±102
R	2233±28	3205±30	3223±56	2677±115
M+R	2011±60	3740±26	3399±138	2327±39

Carbohidratos solubles ($\mu\text{g g}^{-1}$)

C	33±1	35±1	39±2	23±0
M	24±1	26±0	41±1	22±1
R	40±1	54±2	44±0	21±2
M+R	42±0	61±3	44±1	15±0

M: mezcla de hongos MA

R: compost RSU

Juniperus oxycedrus





CEBAS



EEZ

IRTA

Soil Use Manag. 19:277-283, 2003

Chemosphere 56:449-456, 2004

For. Ecol. Manag. 182:49-58, 2003

Microb. Ecol. 49:73-82, 2005

Land Degrad. Develop. 15:153-161, 2004

Soil Biol. Biochem. 37:227-233, 2005

Appl. Soil Ecol. 25:169-180, 2004

New Phytol. 169:379-387, 2005



CEBAS



EEZ

**Desarrollo de tecnologías para la
reforestación de zonas semiáridas y
degradadas: uso de micorrizas, enmiendas y
bacterias PGPR**

AGL2003-05619-CO2

(2003-2006)

OBJETIVOS

- Desarrollar tecnologías que faciliten la recuperación de la cubierta vegetal en zonas semiáridas sujetas a procesos erosivos, particularmente en zonas contaminadas por metales pesados, mediante el uso combinado de enmiendas orgánicas, micorrizas y bacterias promotoras del crecimiento.
- Profundizar en el conocimiento de algunos aspectos básicos del funcionamiento de los ecosistemas semiáridos mediterráneos: ciclos biogeoquímicos, actividad microbiana en las rizosferas, flujos de agua y nutrientes en sistemas simbióticos, etc.

47.62 μm

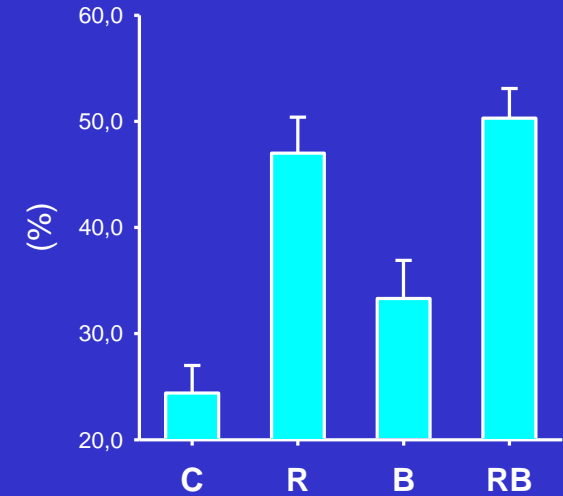
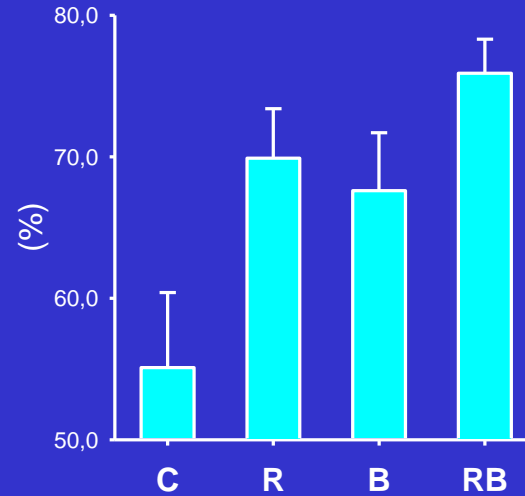
- MARISMA DE LO POYO**

Biomasa vegetal (g ps)	Colonización MA (%)	P Foliar (g kg ⁻¹ planta)	Zn Foliar (mg kg ⁻¹ planta)	Pb Foliar (mg kg ⁻¹ planta)	Zn DTPA (mg kg ⁻¹ suelo)	Pb DTPA (mg kg ⁻¹ suelo)
2069.8a	2.4a	7.78a	419.1b	248.5b	599.9c	864.9a
1609.1a	9.0b	7.87a	258.1b	138.4b	1082.8d	847.5a
5808.6b	21.7c	8.72ab	84.2a	25.8a	223.8b	894.5a
7541.1b	18.8c	12.02b	60.5a	16.4a	136.2a	770.6a

Arthrocnemum macrostachyum

Sarcocornia fruticosa

Estabilidad de agregados



	Suelo Ácido		Suelo Básico	
	C hidrosoluble ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Deshidrogenasa ($\mu\text{g INFT g}^{-1}$)	C hidrosoluble ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Deshidrogenasa ($\mu\text{g INFT g}^{-1}$)
Control	55±11	0.37±0.03	45±5	1.5±0.2
Residuo	105±18	4.62±0.59	69±4	17.5±0.9
<i>B. thuringiensis</i>	46±4	0.37±0.18	42±3	2.6±0.5
RB	101±11	4.48±0.40	79±3	16.1±0.7

Proyecto Séneca (PI-69/00815/FS/01) 2002-2004: "Uso combinado de micorrizas y adición de lodos de depuradora en repoblaciones de enriquecimiento con leguminosas arbustivas para recuperación de zonas semiáridas".



OBJETIVO GENERAL

❖ Optimizar el uso de lodos de depuradora como bioenmendantes, y la optimización de las técnicas de inoculación micorrícica en aplicaciones conjuntas con la enmienda orgánica para la implantación de especies leguminosas arbustivas en zonas degradadas.

ENSAYO EN CAMPO: INOCULACIÓN MICORRÍCICA Y LODO COMPOSTADO

	Actividad NR (nmol NO ₂ ⁻ g pf ⁻¹ h ⁻¹)		Actividad fosfatasa ácida (μmol PNP g ⁻¹ h ⁻¹)	
	No regada	Regada	No regada	Regada
C	31±1	49±2	18.6±0.5	18.4±0.4
L	36±2	58±5	19.4±0.1	19.9±0.4
G1	37±1	42±1	18.8±0.3	20.3±0.6
LG1	38±1	119±14	23.2±0.9	23.8±1.5
G2	68±2	65±6	18.8±0.6	19.1±1.2
LG2	61±1	136±7	18.2±0.4	18.2±0.4
G3	59±1	58±1	21.0±0.3	23.0±0.4
LG3	76±3	153±14	19.0±0.4	20.2±0.9



Retama sphaerocarpa

C: Control
 L: lodo compostado
 G1: *G. intraradices*
 G2: *G. mosseae*
 G3: *G. deserticola*

AGRADECIMIENTOS

ENTIDADES FINANCIADORAS

- Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología. CICYT
- Fundación Séneca de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia

GRUPO DE INVESTIGACIÓN

- Antonio Roldán Garrigós
- Dino Raúl Figueroa Guajardo
- MMar Alguacil García
- Manolo Campoy Cervellera
- Lucía Carrasco Blázquez
- Josef Kohler
- Gema Rodríguez Caballero
- Asunción Molina Carrillo

GRACIAS POR VUESTRA ATENCIÓN

