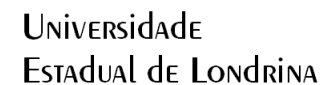


IV Seminario: La biorremediación aplicada a los suelos tropicales

*Hongos formadores de micorrizas.
Uso en biorremediación.*



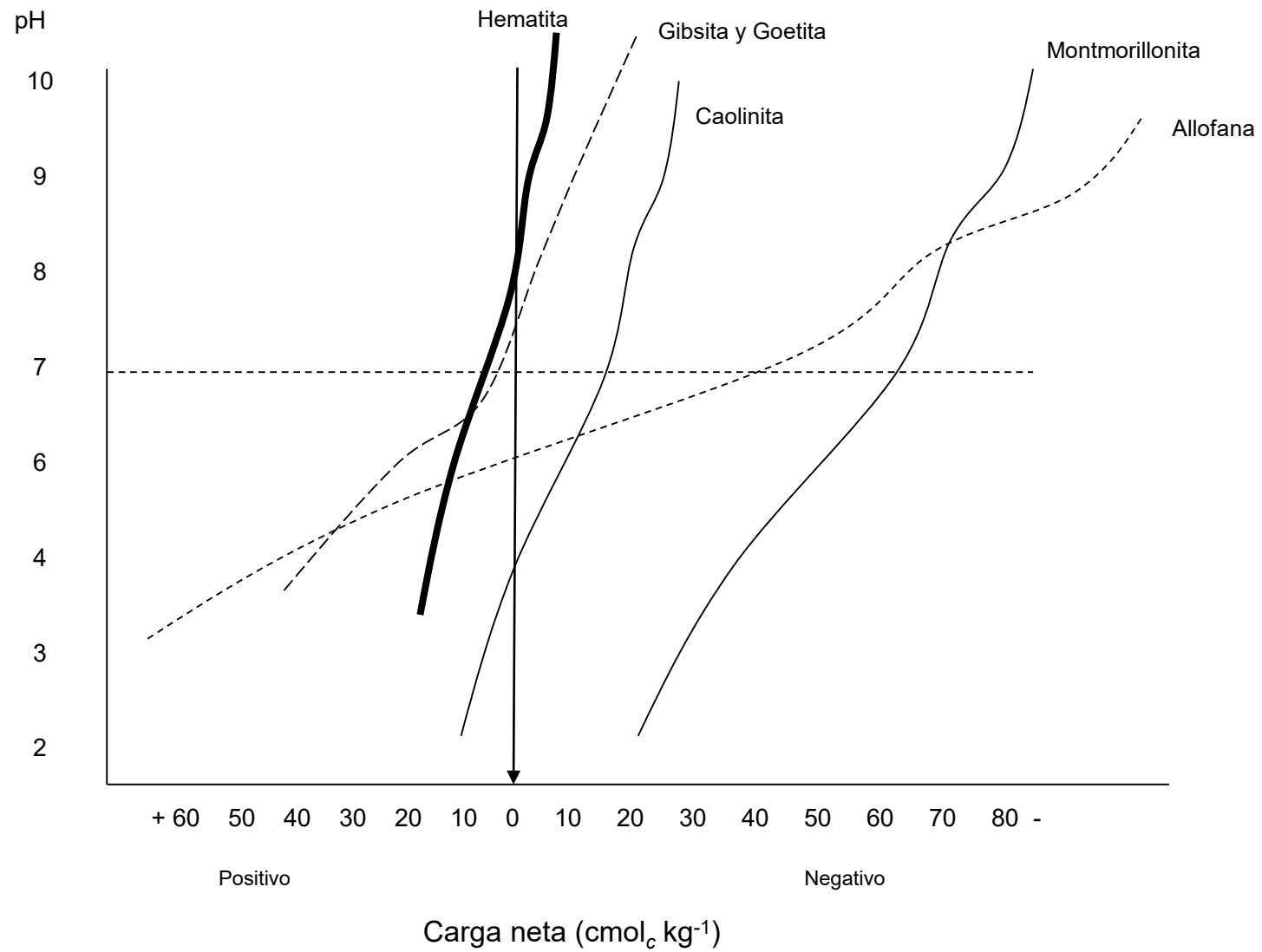
Las propiedades del suelo son el resultado de procesos naturales complejos que tardan cientos de años en desarrollarse.



Procesos de alteración y translocaciones.

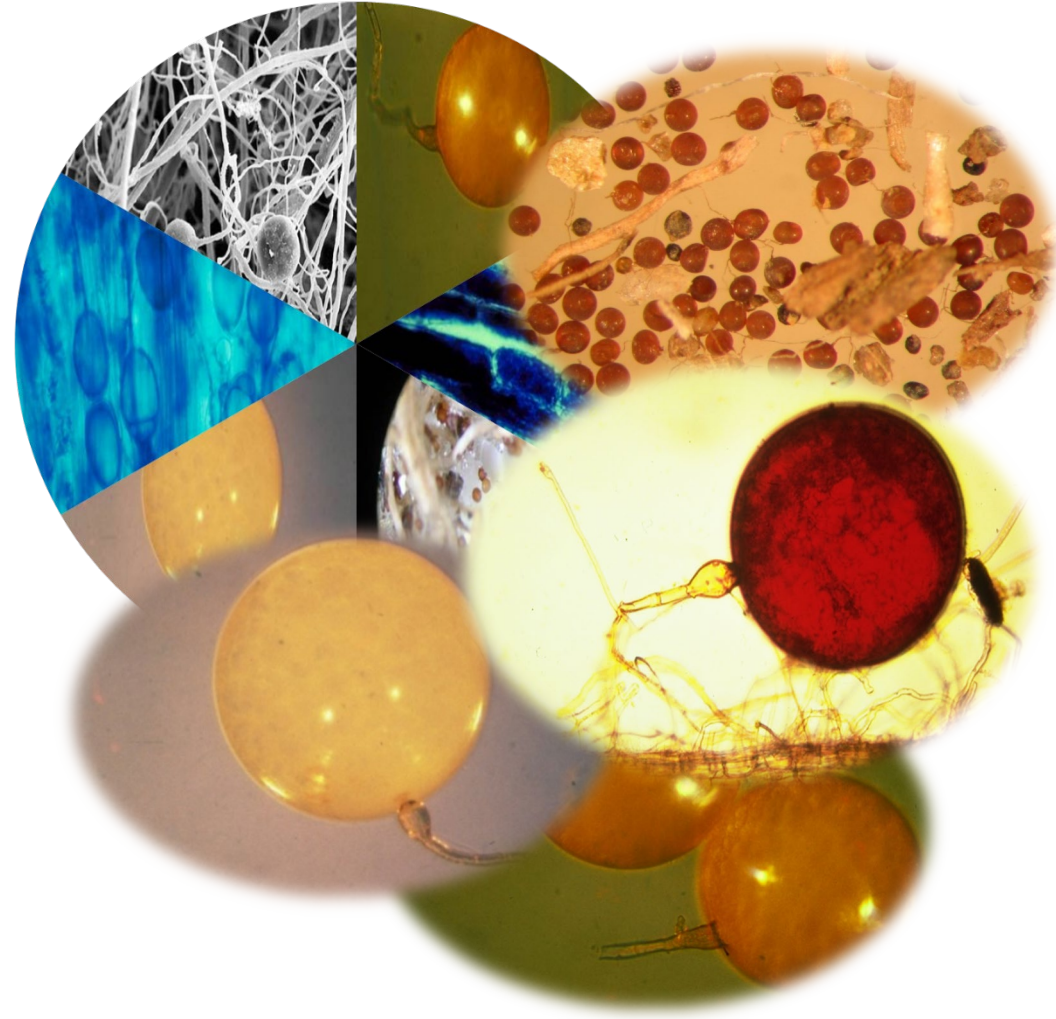
Enriquecimiento de compuestos muy estables, sesquióxidos y de filosilicatos más estables, con una razón Si/Al baja (caolinita).



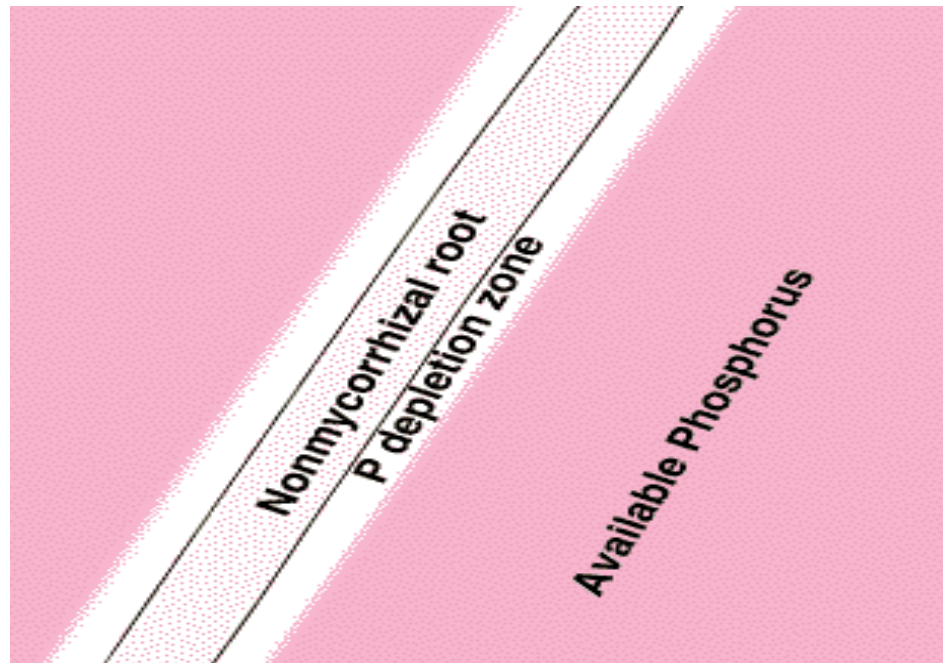


Hongos Formadores de Mycorrhiza

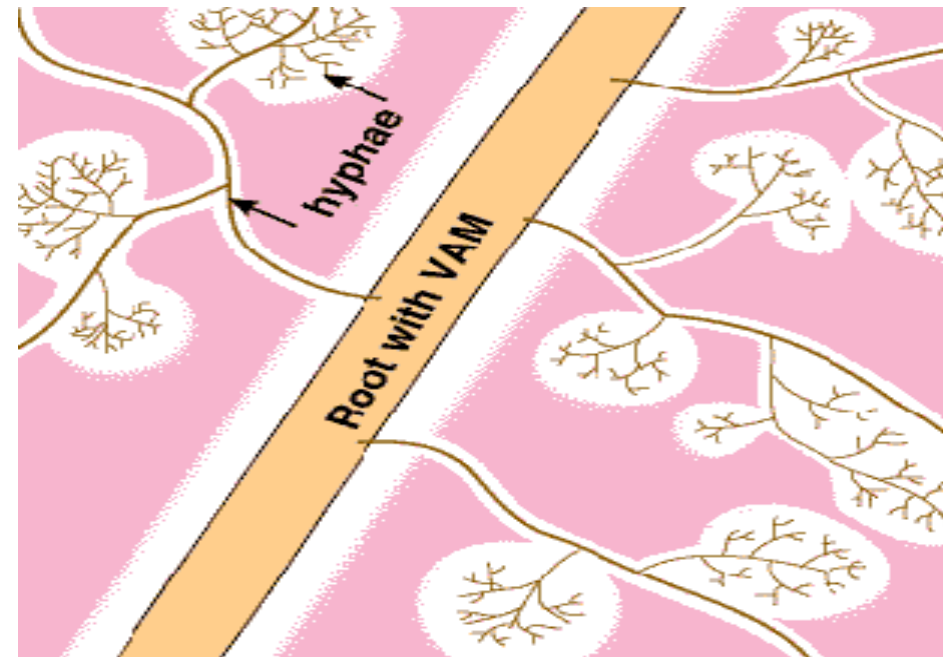
Mycoremediación es una estrategia donde se emplea un hongo para degradar o secuestrar contaminantes

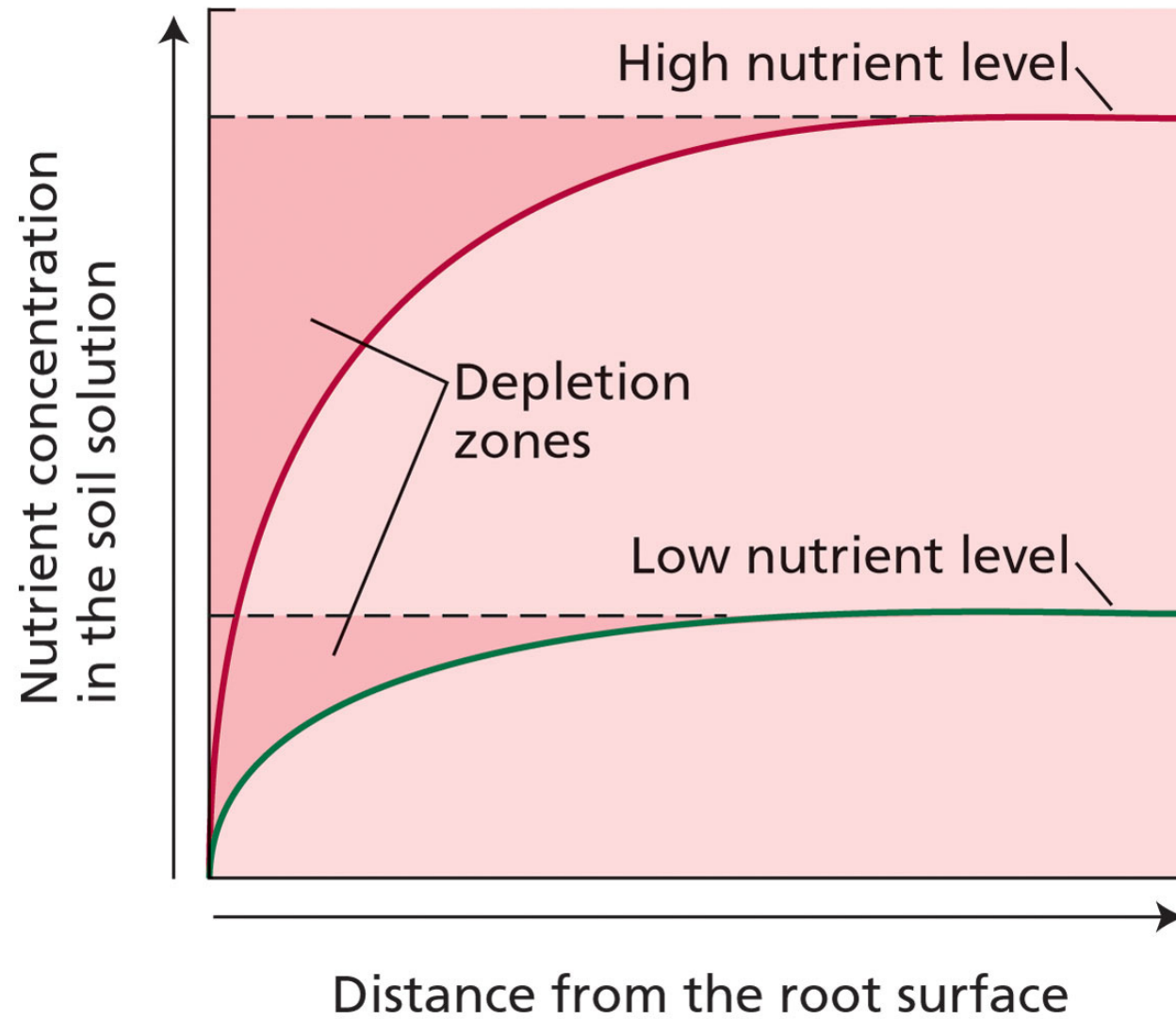


Not inoculated with mycorrhizae

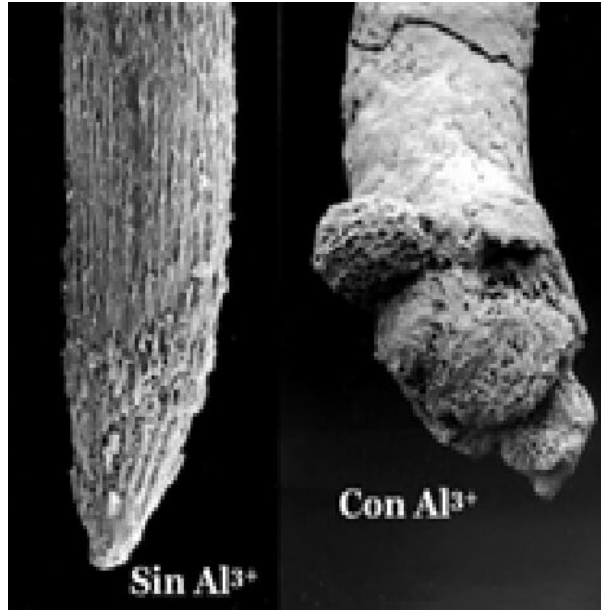
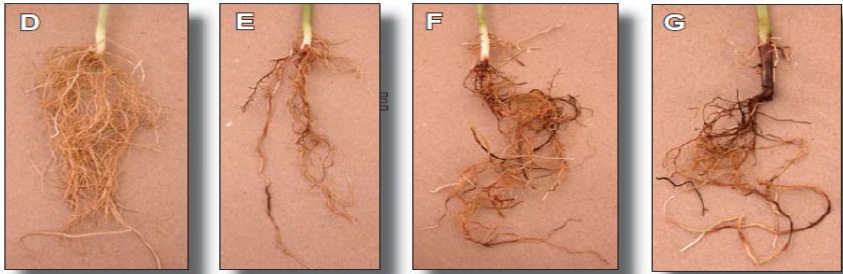
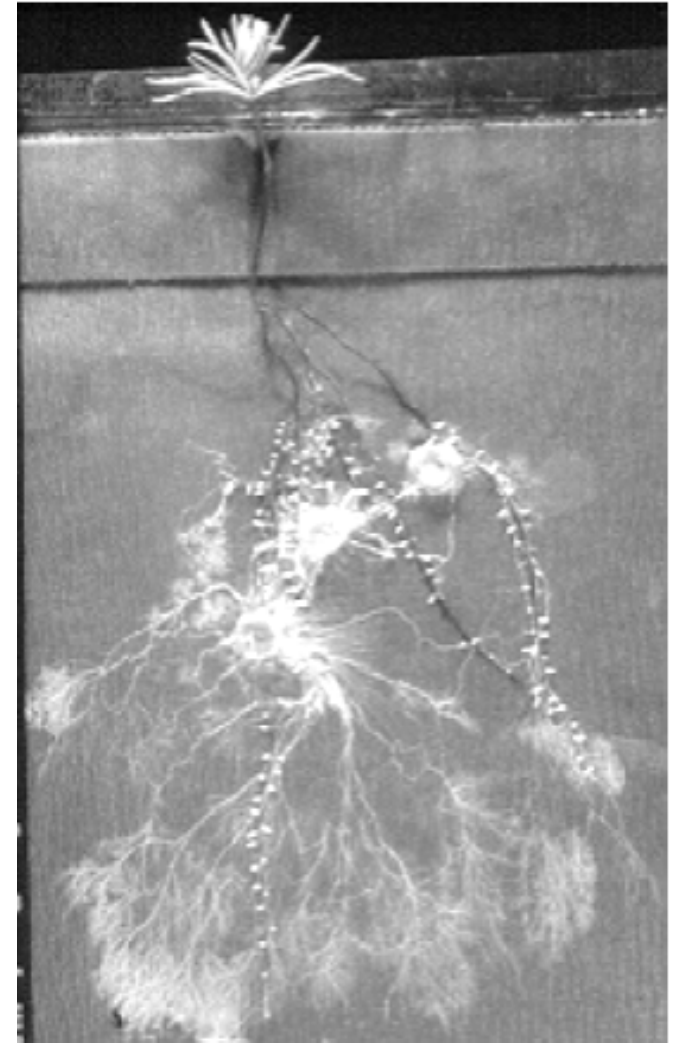
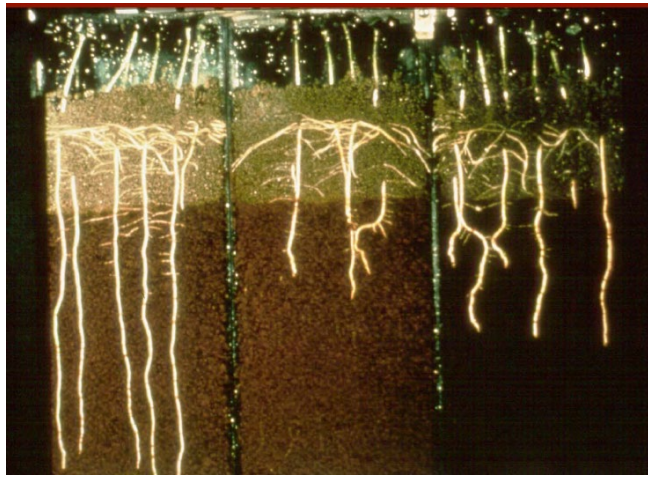
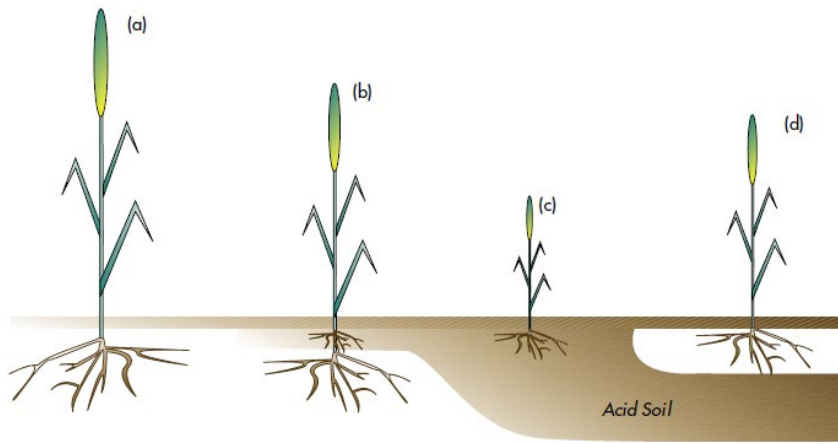


Inoculated with mycorrhizae

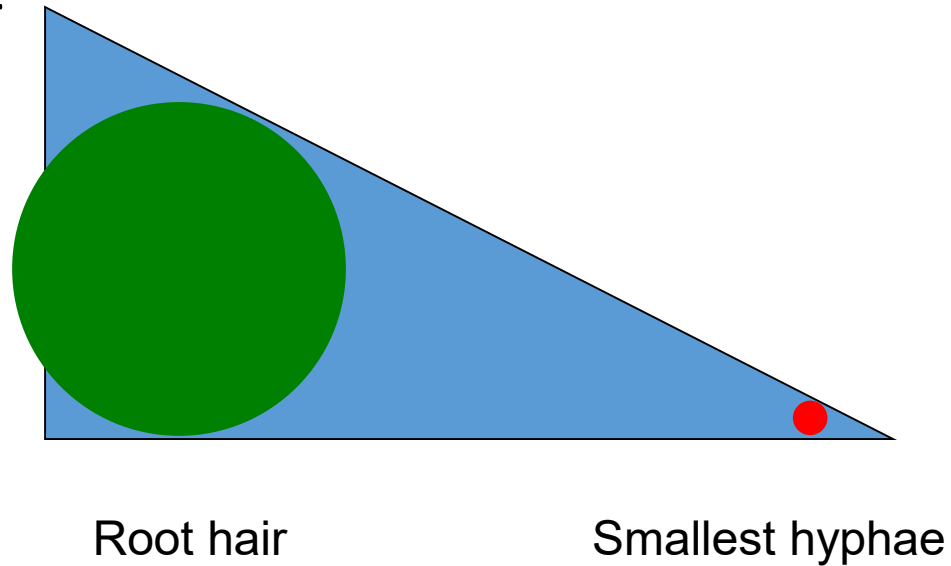


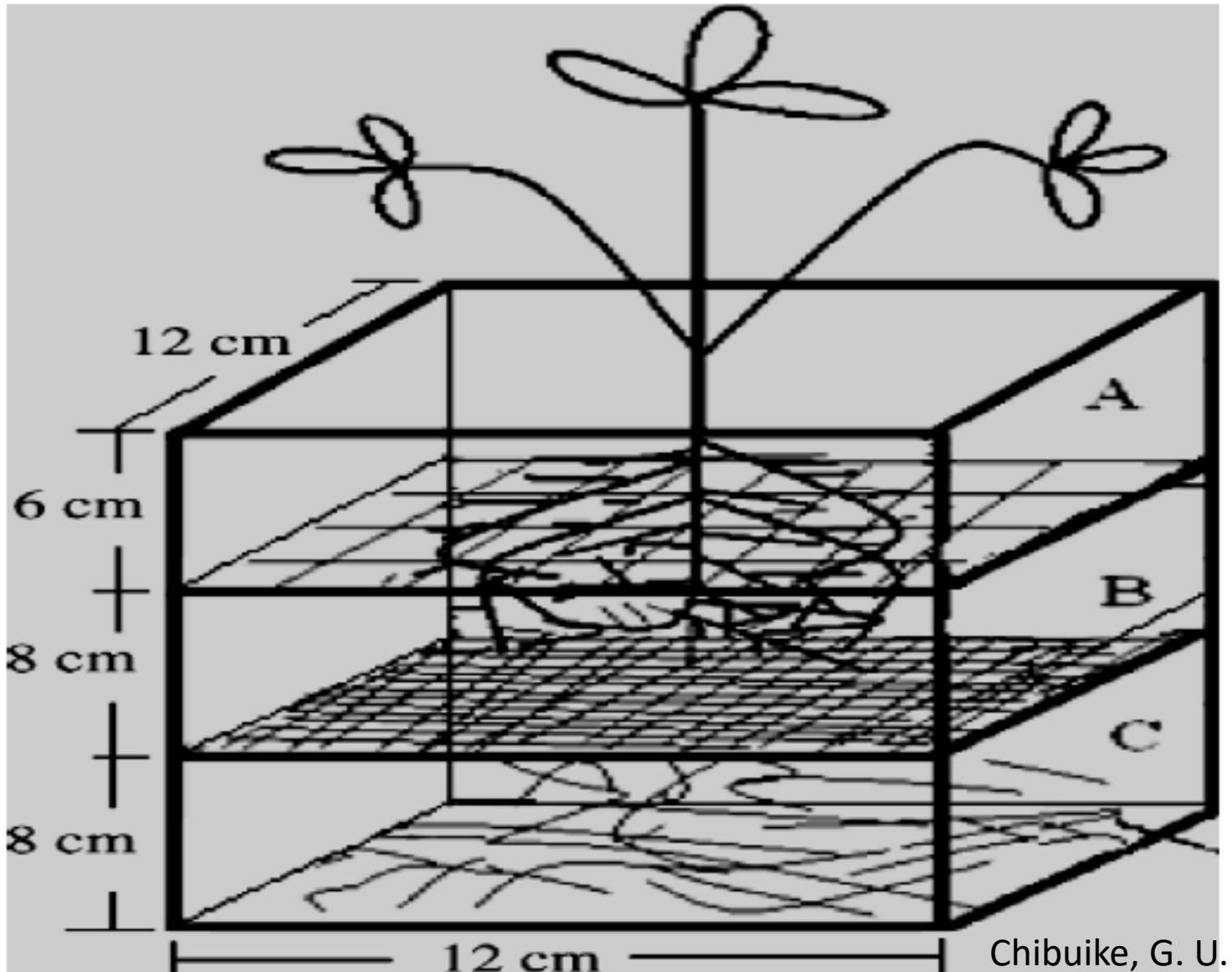
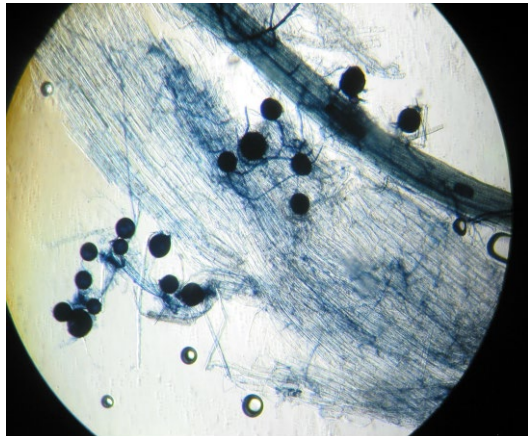
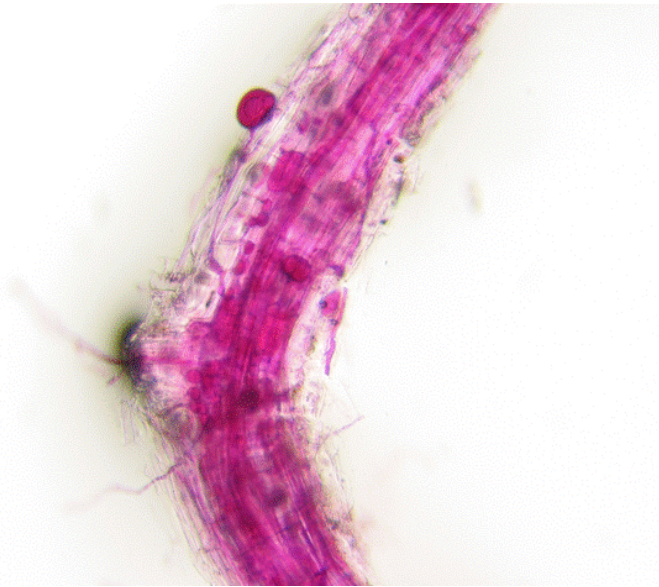


PLANT PHYSIOLOGY, Third Edition, Figure 5.9 © 2002 Sinauer Associates, Inc.



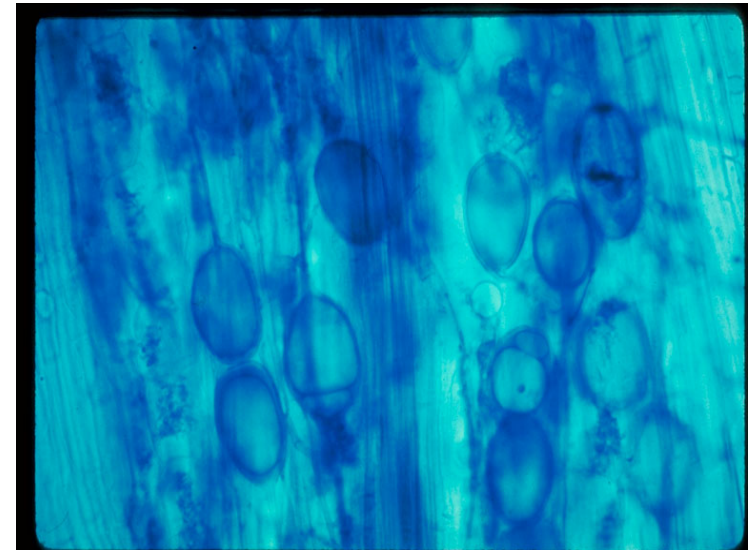
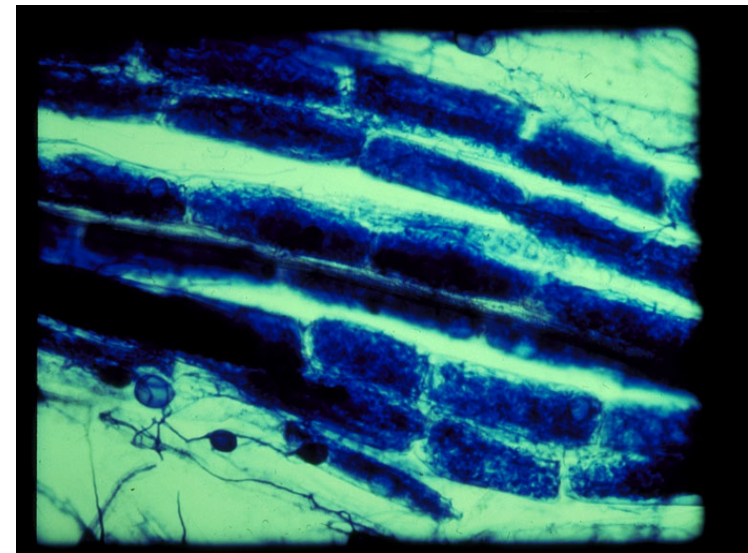
- ✓ Raíces no pueden entrar a microporos.
- ✓ A menor radio, el área de superficie
- ✓ Hifas 1/10 el diámetro del pelo absorbente
- ✓ Incrementan el Área de superficial de la raíz









Chibuike, G. U. 2013

- Arbusculos
 - Lugar de intercambio
 - Característica Diagnostica de AM
- Vesículas
 - Ausente en dos géneros AMF
 - Estructuras de Almacenamiento
 - Sirve como estructura reproductiva
 - Característica Diagnostica AM



Evolución paralela en respuesta a cambios en el medio ambiente y gradualmente se hizo interdependiente. La mayoría de las plantas actuales tienen una simbiosis mutualista con hongos micorrícicos

ERA	MYR	PERIOD	EVOLUTION OF MYCORRHIZAE WITH PLANTS	
CENOZOIC	2	Quaternary	Age of angiosperms	
	66	Tertiary		
MESOZOIC	140	Cretaceous	Age of gymnosperms	Early flowering plants
	210	Jurassic		
		Triassic		
PALEOZOIC	250	Permian	Age of ferns	
	290	Carboniferous		
	356	Devonian		
	410			
		Silurian	Age of algae	Seedless vascular plants
	440	Ordovician		Origin of land plants
	510			
	590	Cambrian		

Ectomycorrhizal association

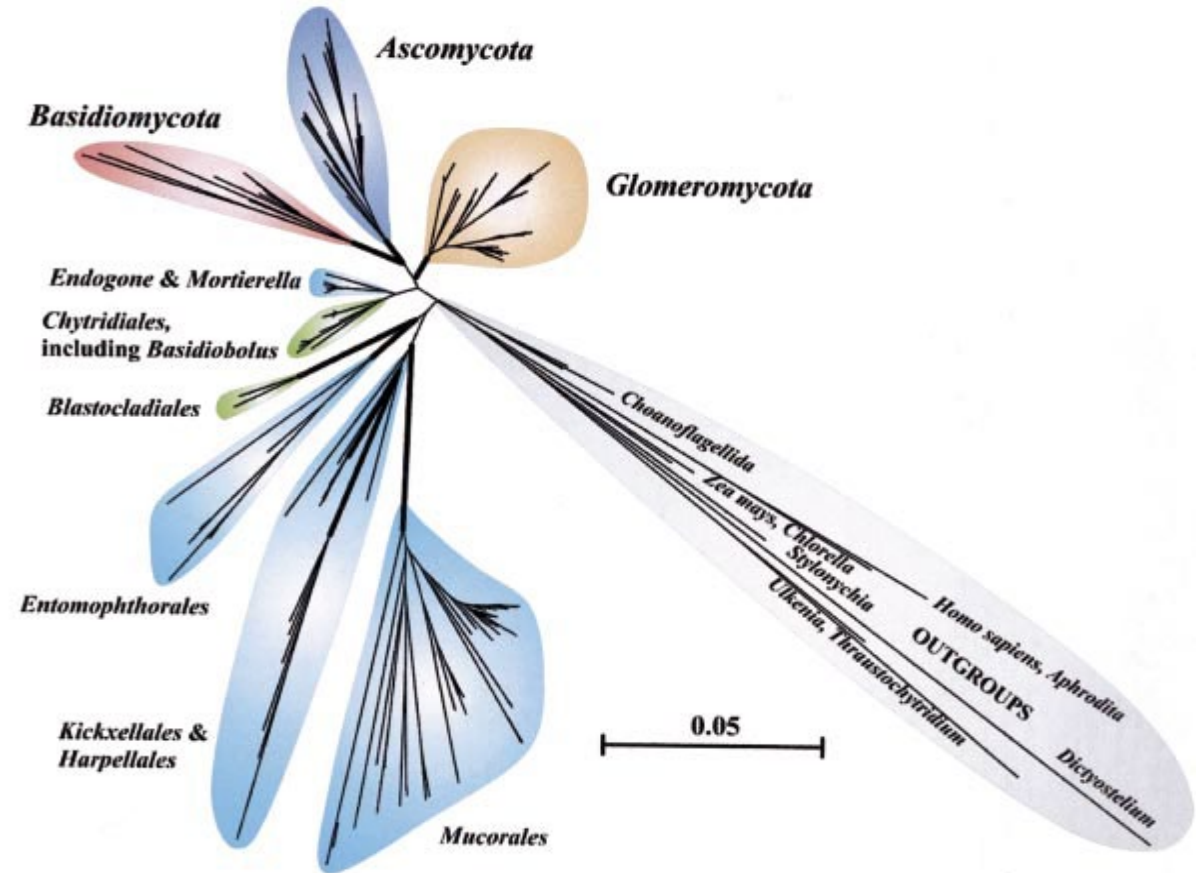
Prominant endomycorrhizal association

Endomycorrhiza like association

Plantas Hospedantes de Hongos AM

- Phylum: Glomeromycota
- 160 species

- La mayoría de especies de plantas
- Rara o ausente en < 10% de plantas



Arthur SCHUÛLER, Daniel SCHWARZOTT and Christopher WALKER. Mycol. Res. 105 (12) : 1413±1421 (December 2001).

La simbiosis micorrízica: factor crucial que determinan la salud de plantas y suelo.

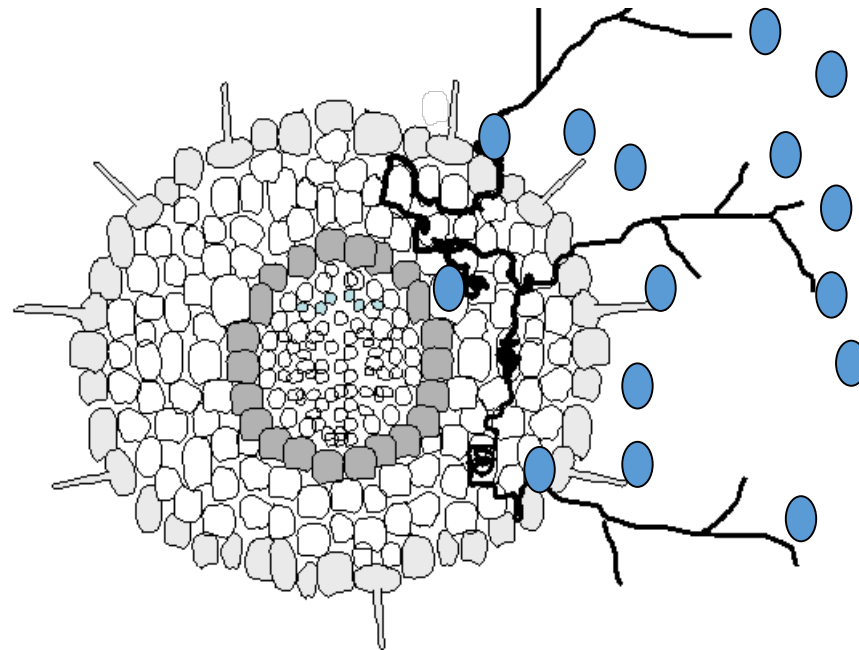
Biotecnología micorrízica: en la restauración y revegetalización es crucial, para mejorar el suelo.

Prácticas agricultura ?



Mecanismos para mejorar la absorción iónica

- Mayor volumen de suelo explorado
 - Hifa de HMA mas fina y mas extensa que los pelos absorbentes. Mayor área superficial
 - Puede explorar aéreas no accesibles a la raíz
- Mayor afinidad de hifa
- Induce elongación y bifurcación de la raíz



Captura de nutrientes

- Raíces hasta 2 mm
- Hifas micorrizales hasta 12 cm



Tolerancia de la raíz a patógenos/parásitos



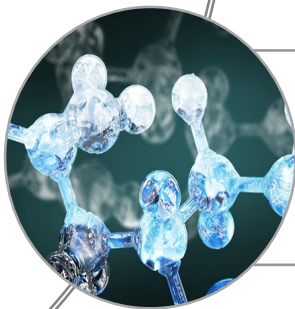
Tolerancia a factores abióticos adversos

- Stress de agua

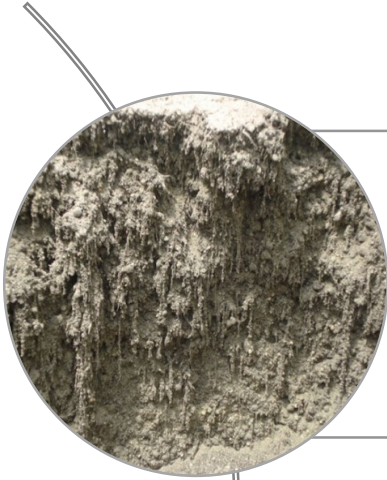
- **Toxicidad a metales pesados**

- Salinidad

- Toxicidad a aluminio

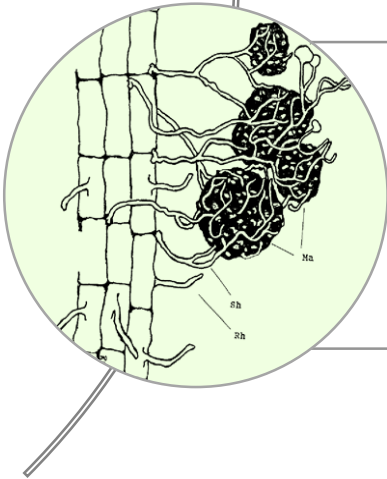


Sustancias de crecimiento al hospedero



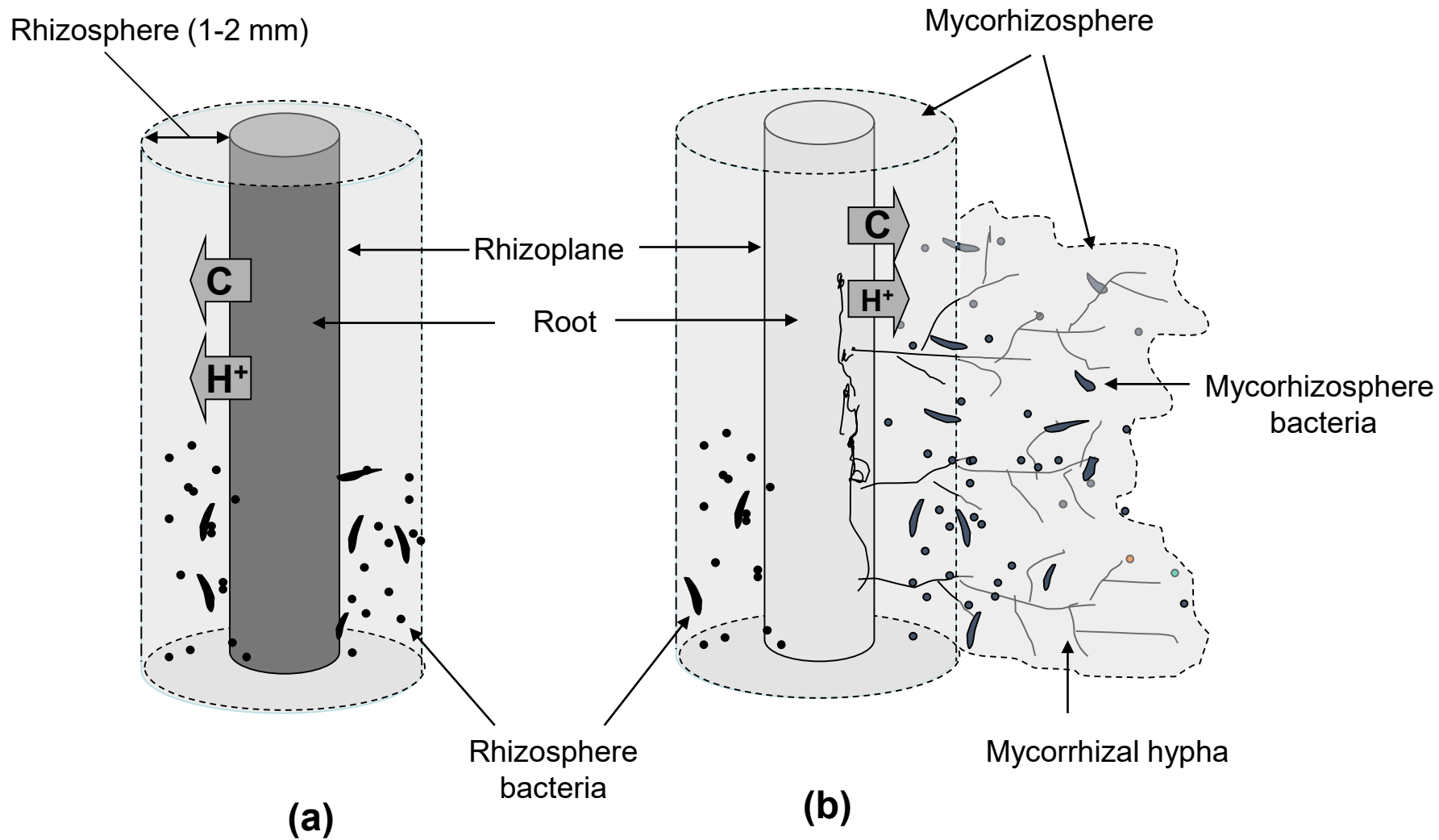
Micro hábitat favorables para los microorganismos

- Fijadores de nitrógeno (asimbióticos y simbióticos)
- Solubilizadores de fósforo
- Antagonistas de fitopatógenos



Agregados estables al agua

- Enmarañamiento de la hifa
- Agentes cementantes Glomalina



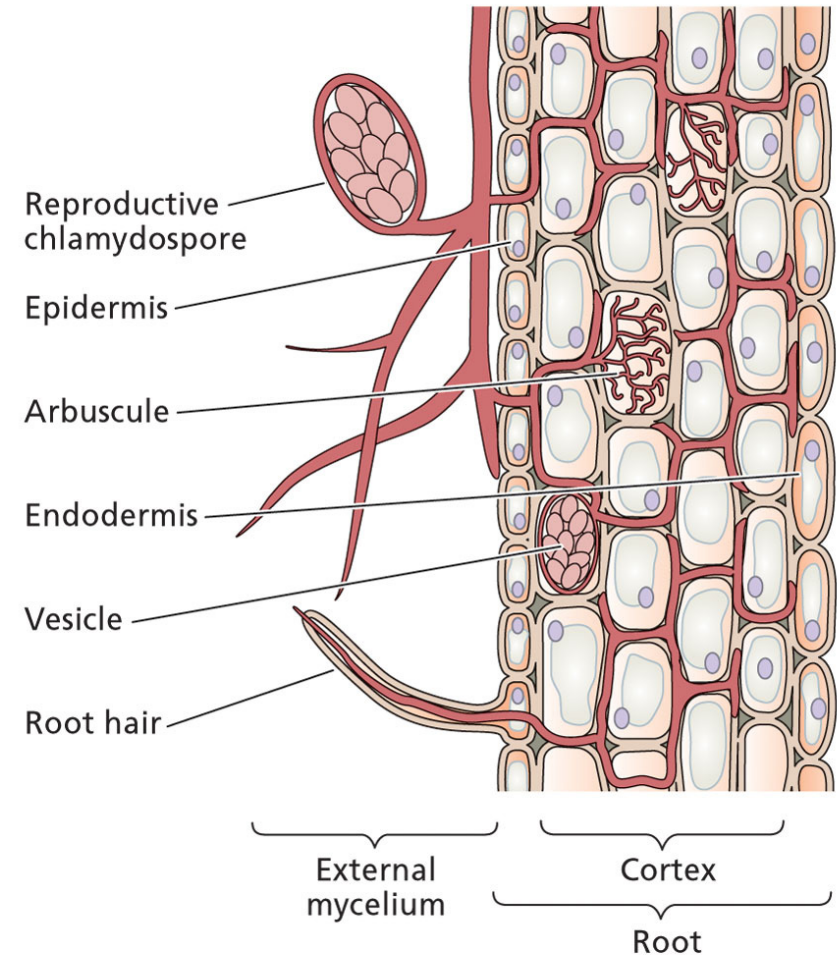
N.W Osorio 2012

Remediación - HFM.

- ✓ Elimina contaminantes
- ✓ Mejora la estructura
- ✓ Mejora absorción iónica
- ✓ Fundamental en procesos de revegetalización.

Eficiencia - influenciada:

- ✓ Especie y adaptación de los hongos
- ✓ Tipo de plantas colonizadas
- ✓ Concentración del contaminante.
- ✓ Interacción con otros microorganismos



PLANT PHYSIOLOGY, Third Edition, Figure 5.11 © 2002 Sinauer Associates, Inc.

(Adapted from C Gutjahr and M Parniske, Annual Review of Cell and Developmental Biology, Vol.29, pp.593–617, 2013.)

Table 1. MAR of inorganic pollutants in soils.

Pollutant	Mechanism	Reference
As	Phytoextraction, Phytostabilization	Trotta et al., 2006; Dong et al., 2008; Leung et al., 2010; Orłowska et al., 2012
Cd	Phytostabilization	Janouskova et al., 2006
Cu	Phytostabilization	Cheng et al., 2007; Wang et al., 2007
Pb	Phytostabilization	Chen et al., 2005
U	Phytostabilization	Chen et al., 2008
Zn	Phytoextraction	Marques et al., 2006
As and U	Phytoextraction	Chen et al., 2006
¹³⁷ Cs and ⁹⁰ Sr	Phytoextraction	Entry et al., 1999
Cu and Cd	Phytoextraction	Liao et al., 2003
Zn, Cd and Pb	Phytoextraction	Vogel-Mikus et al., 2005

Chibuike, G. U. 2013



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

Table 2. MAR of organic pollutants in soils.

Pollutant	Mechanism	Reference
Atrazine	Phytoextraction and Biodegradation	Huang et al., 2007
DDT	Phytoextraction and Biodegradation	Wu et al., 2008
<i>p, p'</i> - DDE	Phytoextraction	White et al., 2006
Fluorene and Phenanthrene	Phytostabilization and Biodegradation	Gao et al., 2010
Phenanthrene and Pyrene	Phytostabilization and Biodegradation	Gao et al., 2011
Anthracene, Chrysene, Dibenz(a,h)anthracene	Biodegradation	Joner et al., 2001
Anthracene, Phenanthrene, Fluoranthene, Chrysene, Benzo[a]anthracene, Benzo[k]fluoranthene, Dibenz[a,h]anthracene, Benzo[g,h,i]perylene	Phytoextraction and Biodegradation	Binet et al., 2000

Chibuiké, G. U. 2013



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

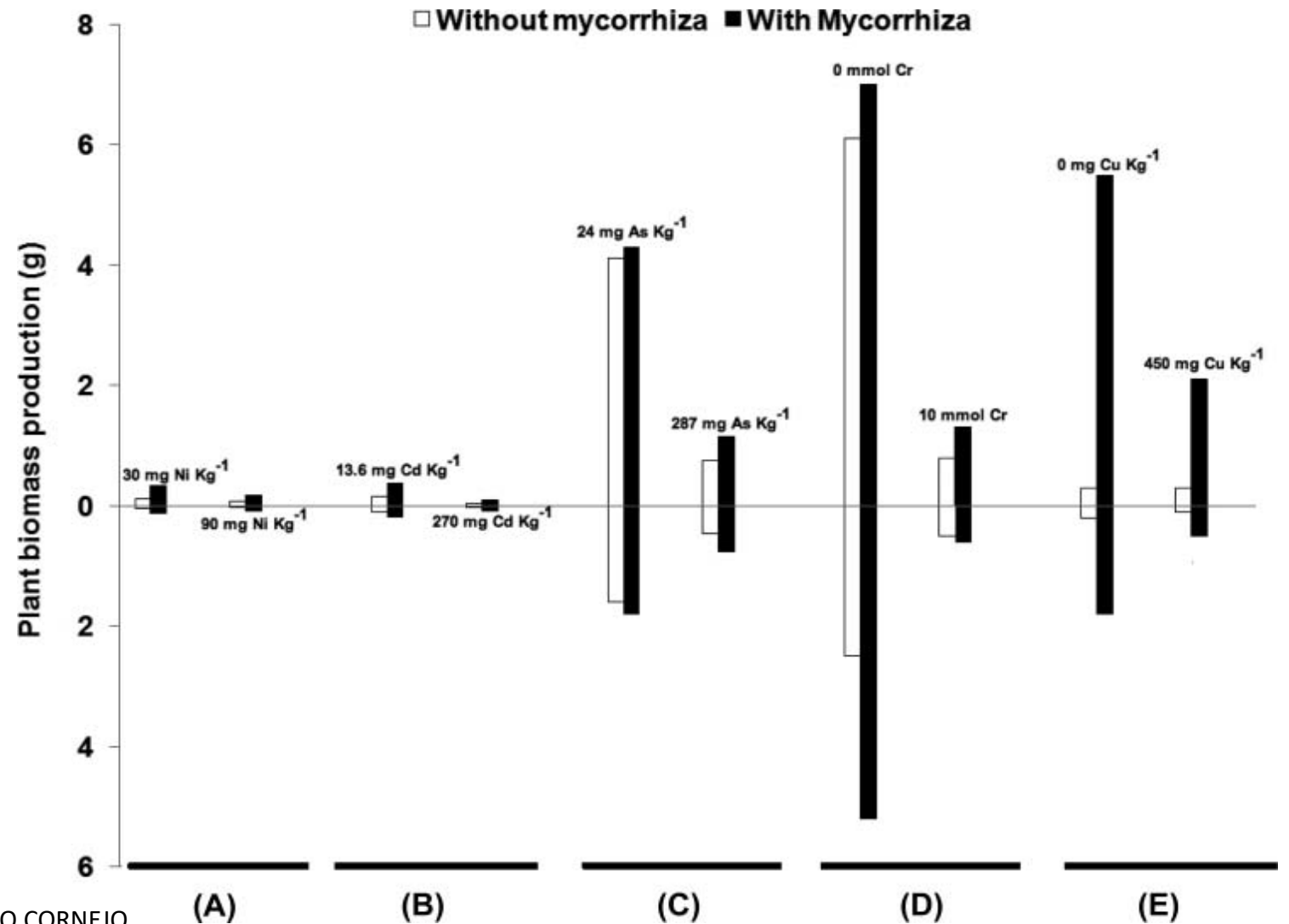
Table 3. Soil remediation via interaction between mycorrhiza and other soil organisms.

Organism	Pollutant	Mechanism	Reference
<i>Acinetobacter sp.</i>	Phenanthrene and Pyrene	Biodegradation and Phytoextraction	Yu et al., 2011
<i>Bacillus subtilis</i>	Phenanthrene	Biodegradation and Phytoextraction	Xiao et al., 2012
Earthworm	Cd	Phytoextraction	Yu et al., 2005
Earthworm and <i>Rhizobium</i>	Pb/Zn mine tailings	Phytostabilization	Ma et al., 2006
<i>Fusarium concolor</i> and <i>Trichoderma koningii</i>	Cd and Pb	Phytoextraction	Arriagada et al., 2004, 2005, 2007
<i>Sphingomonas paucimobilis</i> and <i>Cunninghamella echinulata</i>	Crude oil	Biodegradation	Alarcón et al., 2008

Chibuike, G. U. 2013

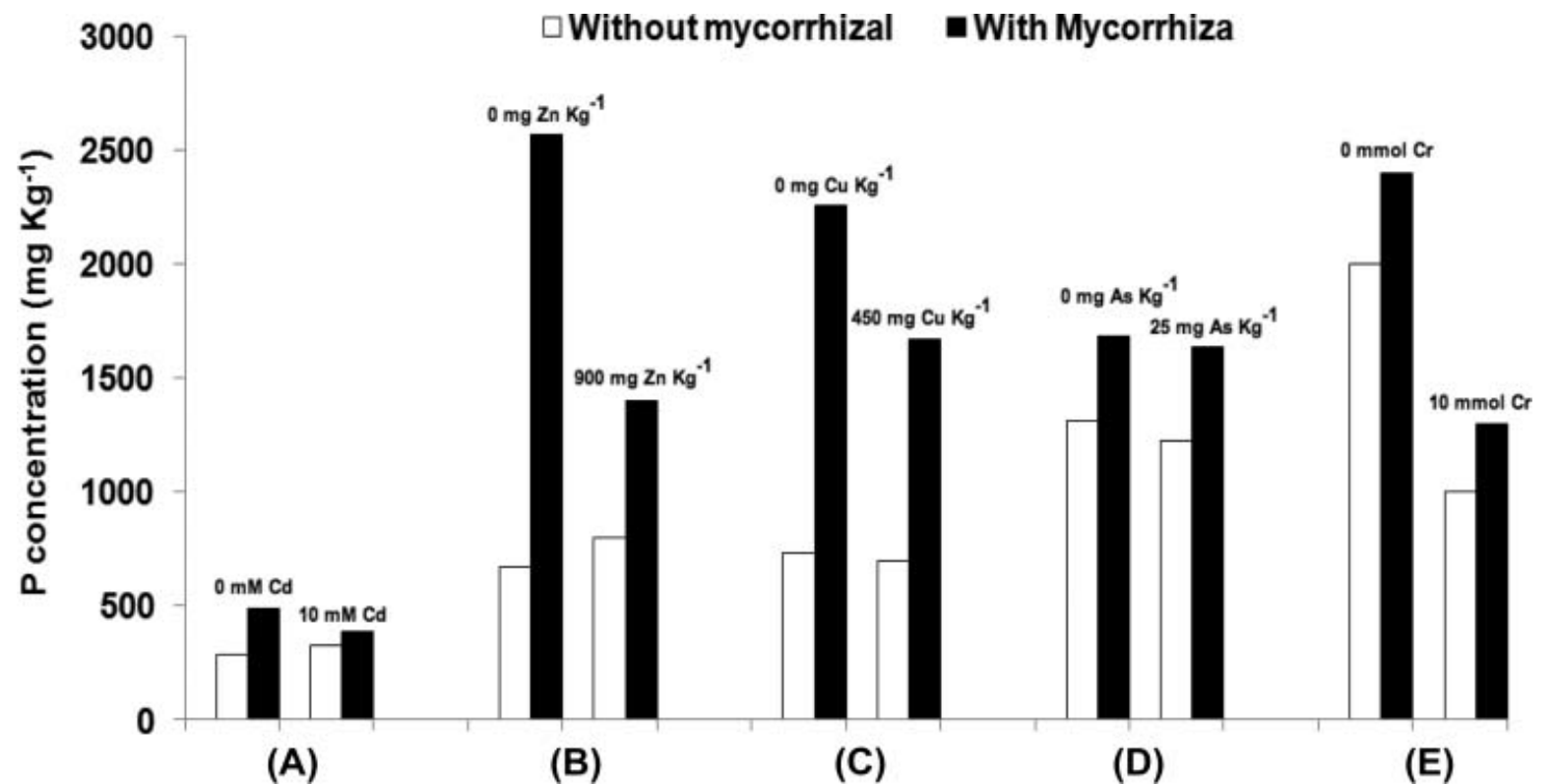
Efectividad de MA en producción de biomasa vegetal (aérea y raíces) en suelos contaminados con metales. (A) *Trifolium repens* en suelo contaminado con **Ni** (Vivas et al., 2006), (B) *Trifolium repens* en suelo contaminado con **Cd** (Vivas et al., 2003), (C) plantas de *Zea mays* en suelo contaminado con **As** (Bai et al., 2008), (D) *Helianthus annuus* en suelo contaminado con **Cr** (Davies et al., 2001) y (E) plantas de *Coffea Arabica* en suelo contaminado con **Cu** (Andrade et al., 2010).

SEBASTIAN MEIER, FERNANDO BORIE, NANTHI BOLAN, and PABLO CORNEJO
 Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 42:741–775, 2012



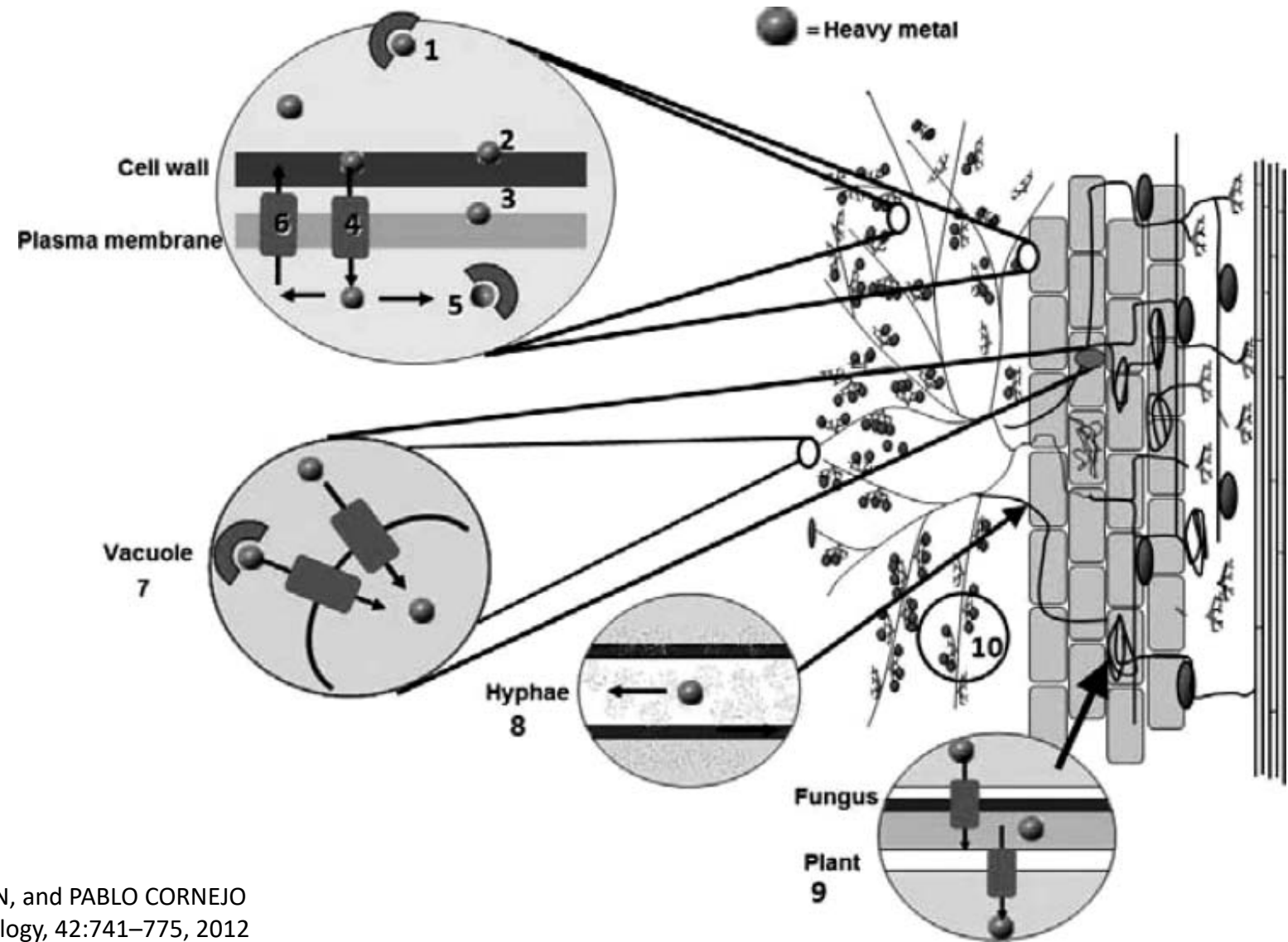
Eficacia de MA absorción de P en suelos contaminados con metales.

(A) *Aster tripolium* bajo suelo contaminado con **Cd** (Carvalho et al., 2006), (B) *Coffea Arabica* en suelo contaminado con **Zn** (Andrade et al., 2010); (C) *Coffea Arabica* en suelos contaminados con **Cu** (Andrade et al., 2010), (D) plantas de *Pteris Vittata* que crecen en suelos contaminados con **As** (Trotta et al., 2006), y (E) *Helianthus annuus* que crecen en **Cr** suelo contaminado (Davies et al., 2001).

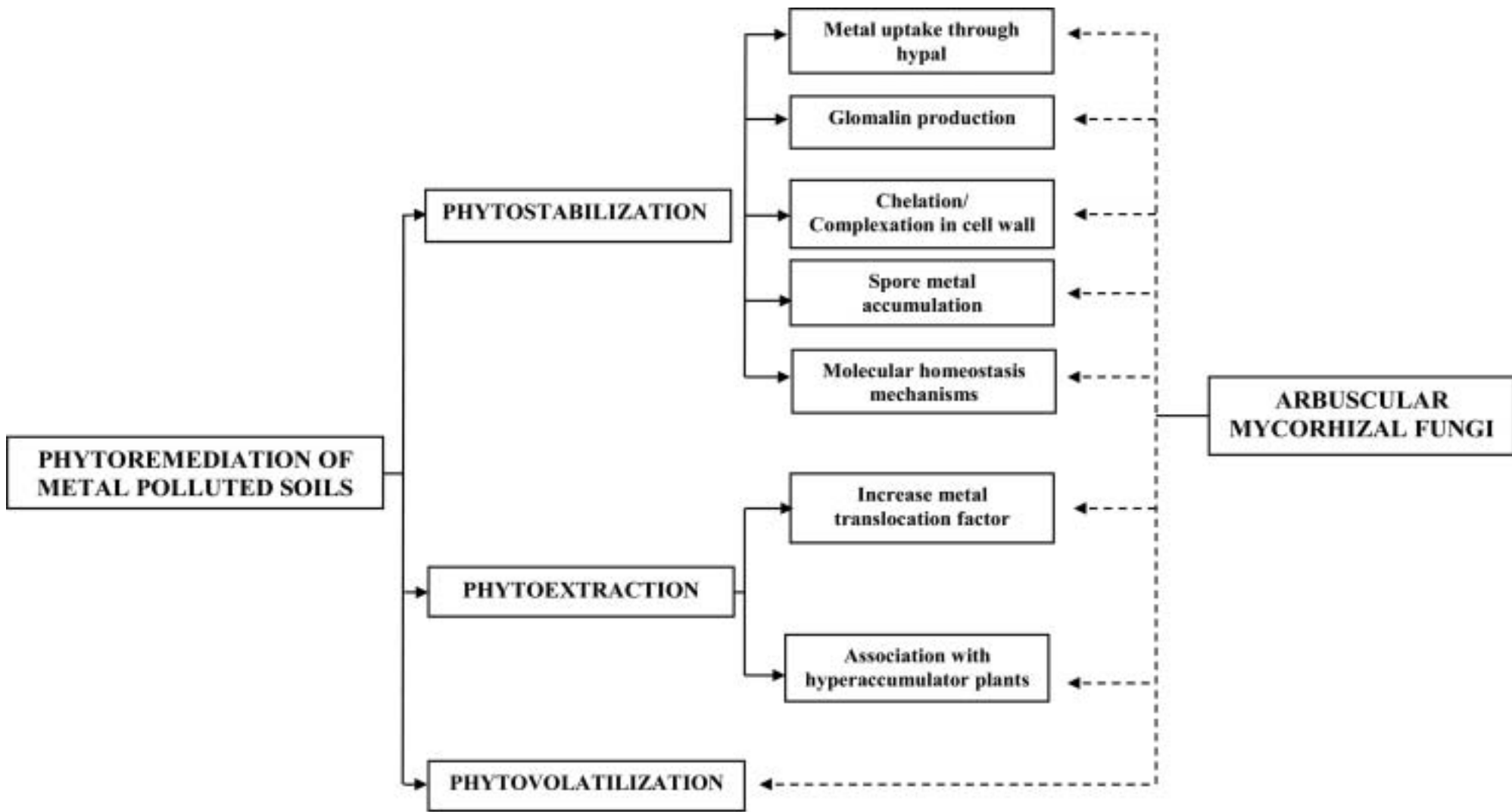


SEBASTIAN MEIER, FERNANDO BORIE, NANTHI BOLAN, and PABLO CORNEJO
Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 42:741–775, 2012

Mecanismos por los cuales HFM mejoran, resisten o toleran la toxicidad de las plantas por metales. Modificado de Göhre y Paszkowski (2006).



SEBASTIAN MEIER, FERNANDO BORIE, NANTHI BOLAN, and PABLO CORNEJO
 Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 42:741–775, 2012



1

SEBASTIAN MEIER, FERNANDO BORIE, NANTHI BOLAN, and PABLO CORNEJO
 Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 42:741–775, 2012

Ventajas Remediación – HFM

1. Mejora vegetación.
2. Proceso natural
3. Remediación *in situ*.
4. Remediar amplia gama de contaminantes
5. Se logra la remediación completa del suelo
6. Económico y fácil de lograr
7. Se puede combinar con otras técnicas de remediación

Chibuike, G. U. 2013



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

Desventajas Remediación – HFM

1. Es un método relativamente lento.
2. Algunas especies de hongos micorrícicos son específicos al contaminantes.
3. La eficiencia depende del tipo de planta utilizada.

Chibuike, G. U. 2013



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

NECESIDADES DE INVESTIGACIÓN

1. Algunos casos, no se logró la remediación efectiva (Joner et al., 2006).
2. Centrado en Edomicorrizas. Las ECM no han manifestado el resultado esperado (Joner et al., 2006).
3. El efecto mejora por las interacciones entre organismos del suelo.
4. Los estudios sobre tratamiento de suelos contaminados son escasos en la literatura.

Remediación – HFM

Desintoxica eficazmente
contaminantes orgánicos
e inorgánicos.

Propician un método
adecuado para la limpieza
de suelos.



https://www.google.com/search?q=metales+pesados+en+el+suelo&sxsrf=ACYBGNQY_Byc_7AljscmESNjwETL8DjHlg:1569715952012&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiX4N7N3_TkAhWKg-AKHck_AkkQ_AUIEigB&biw=1511&bih=694#imgrc=RjmIXLyNOC2OxM:

Gracias



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
COLEGIO MAYOR
DE ANTIOQUIA



Institución Universitaria

SOBIOTECH



Tecnológico
de Antioquia
Institución Universitaria



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA