

XVII Reunión de la Sociedad de Botánica de Chile

Simposio I: “Los vegetales inferiores y su aplicación en el campo silvoagrícola y acuícola”

**“IMPORTANCIA Y POTENCIAL
DE LA BIODIVERSIDAD FÚNGICA
EN I&D EN EL SECTOR
AGROFORESTAL”**

Dr. Norberto Garrido / Empresa “Viveros Quinenco”

Dr. (c) Rómulo Oses P. / Departamento de Botánica, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción.

Talca, Enero, 2006

INDICE

- ANTEDECENTES GENERALES
- BIODIVERSIDAD FÚNGICA
- POTENCIAL DE LA BIODIVERSIDAD FÚNGICA
- BIOTECNOLOGIA EN HONGOS I+D
- PERSPECTIVAS

FUNDAMENTOS

Estructura

- Eucariótico
- Pleomórfico
 - dimórfico (*Penicillium marnifei*, *Histoplasma sp.*)
 - polimórfico (*Puccinia graminis*)

- Pared celular
quitina y β -glucanos



- Reproducción

Sexual (teleomorfo, hongos meiospóricos)

Asexual (somático, anamorfos, hongo mitospóricos)

Tabla comparativa

Character	Straminipila	Fungi	Protozoa
Nutrition	Autotrophic (photosynthetic and absorptive)	Heterotrophic (absorptive/osmotrophic)	Heterotrophic (phagotrophic) or autotrophic (photosynthetic)
Cell wall	Often cellulose; chitin and β -glucans absent	Chitin and β -glucans	Absent when trophic; various when present
Mitochondrial cristae	Tubular	Flattened	Tubular
Flagellar mastigonemes	Tubular	Absent	Not tubular

Características generales

- **Cuerpos filamentosos delimitados por paredes celulares $\Rightarrow$ hifas**
- **Sésiles (excepto Chytridiomycota)**
- **Heterotróficos (sin clorofila)**
- **Nutrición:** - digestión enzimática extracelular
- absorción de nutrientes
- **Temperatura (rango de 10 a 50°C)**
- **pH (rango de 3 a 10)**
- **Ambiente: oscuridad, con humedad y materia orgánica**

Biodiversidad fúngica

- Diversidad biológica o biodiversidad significa la variabilidad entre los organismos vivos de todas las fuentes incluyendo, *inter alia*, terrestre, marino y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos a los cuales ellos forman parte; esto incluye la diversidad dentro de una especie y entre las especies y la diversidad de ecosistemas

Convention on biological diversity, United Nations Conference on Environment and Development, Rio de Janeiro, 1992

Distribución

- Diferentes hongos, tienen diferentes habitats, substrates y requerimientos de hospedero

Factores

- **Substratos orgánicos / tipos de suelo**
- **Humedad / patrones de lluvias**
- **Temperatura**
- **Composición de la comunidad de plantas**
- **Presencia de hospedero**

Distribución de hongos

- Debido a la modalidad de nutrición, pueden utilizar la mayoría una diversidad ilimitada de micronichos nutricionales
- *Trichomaris sp.* (caparazón de crustáceos)
- *Anthracobia sp.* (cenizas)
- *Ascobolus sp.* (coprófilo)
- *Xeromyces sp.* (osmofílico)
- *Neocallimastix frontalis* (anaeróbico, saprófito del rumen de herbívoros)

El conocimiento de la distribución abundancia de las especies de hongos conocidas es pobre

Aspectos importante sobre la biodiversidad de hongos

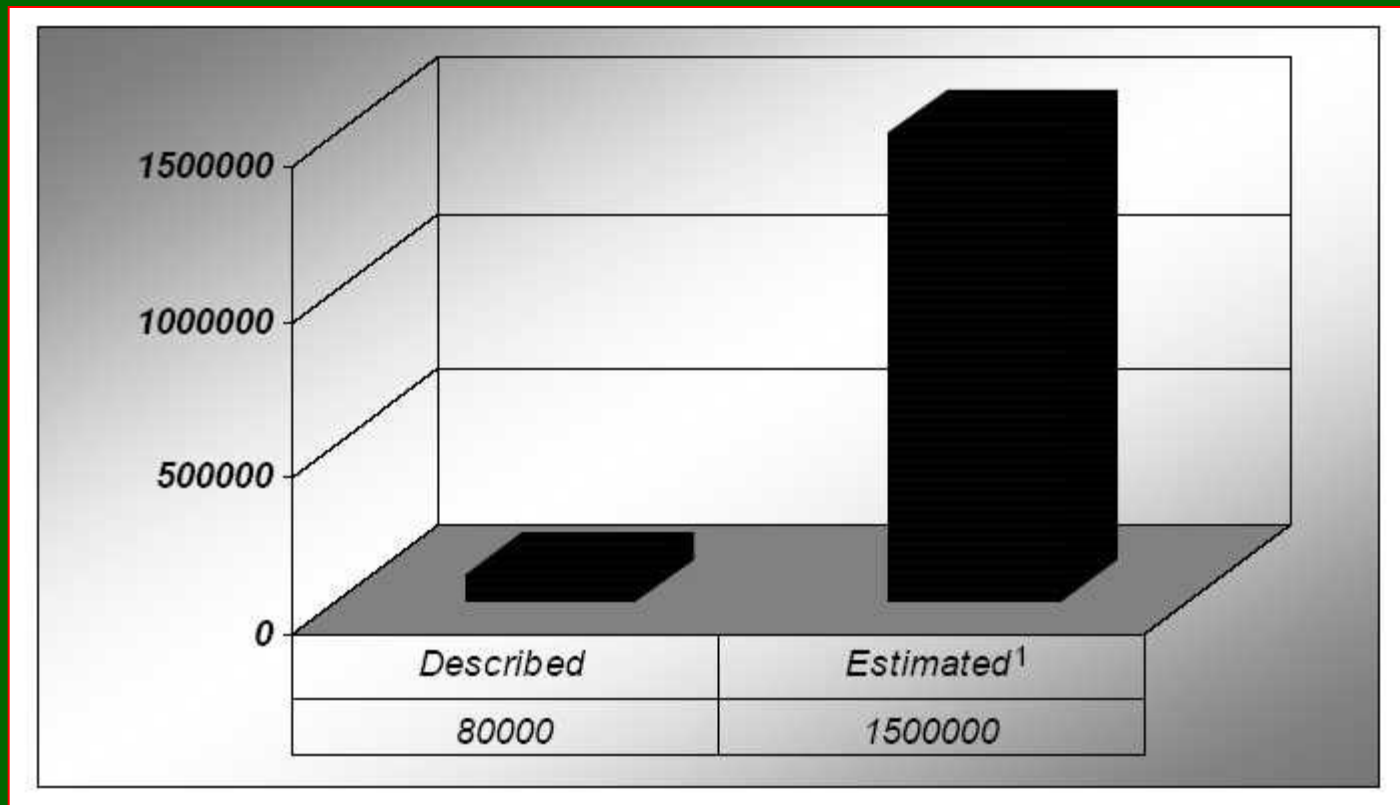
- Monitoreo de línea base de los cambios en *abundancia de especies* en un sitio determinado en respuesta a *perturbaciones ambientales* naturales o inducidas por el hombre
- Debido a la destrucción de ecosistemas numerosas especies fúngicas nunca serán descritas.

¿Qué falta?

- Conocimiento sobre diversidad,
- rol en la naturaleza y
- utilidad potencial

Estadísticas

- Los hongos son los uno de los grupos de organismos más diversos sobre la tierra



Hawksworth, D.L., 1991 The magnitude of fungal diversity: the 1.5 million species estimate revisited. Mycological Research

¿Dónde están las especies de hongos no descritas?

- Hongos en bosques tropicales

- Hongos en hospederos poco estudiados
- Hongos en nichos ecológicos especiales
- Mycorrizas
- Hongos de pudrición de madera

- Hongos en habitats no explorados

- Hongos hipogeos
- Líquenes
- Hongos asociados a insectos
- Plantas poco estudiados
- Hongos no patogénicos

- Especies de hongos pérdidas u ocultas

Aproximadamente 20.000 especies ya colectadas a través de todo el mundo esperan por una descripción formal

Hawksworth and Rossman 1997. Where are all the undescribed fungi? Phytopathology 87:888-891.

Valor económico de los hongos

* Usos medicinales

- Antibióticos (Penicilina; *Penicillium chrysogenum*)
- Inmunosupresores como ciclosporinas (*Tolypocladium nivenum*)
- Lovastatina reductor de colesterol (*Monascus ruber*, *Aspergillus terreus*)
- Drogas antifúngicas/agentes tipo griseofulvin (*Penicillium griseofulvum*)

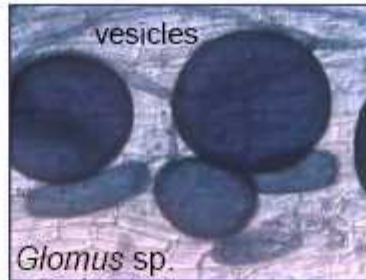
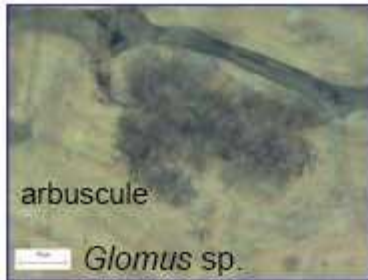
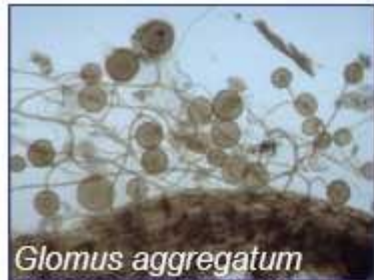
* Reciclaje de materia orgánica por hongos saprófitos

* Hongos micorrízicos

Asociado con raíces del 90% de todas las plantas vasculares como las micorrizas arbusculares en cultivos (*Glomus* sp., *Gigaspora* sp.) y ectomicorrizas en la mayoría de las plantas leñosas (*Lactarius* sp., *Laccaria* sp.)

* Hongos comestibles

“mushrooms”, cultivados o de campo (*Boletus edulis*, *Morchella* sp., *Tuber* sp., *Lentinula edodes*, *Agaricus bisporus*)



- **Producción de alimentos en la agricultura y en la industria del procesamiento de alimentos**
(*Candida krusei*, *Geotrichum sp.*, *Penicillium camemberti*, *Saccharomyces cerevisiae*).
- **Uso como biocontrol de insectos, nemátodos, hongos patógenos y weeds**
(*Ampelomyces quisqualis*, *Cordyceps sinensi*, *Nematophthora ginophyla*, *Verticilium chlamydosporium*, *Phlebia gigantea*, *Trichoderma sp.*, *Fusarium sp.*)
- **Uso en ecología como bioindicadores de cambios vegetacionales y atmosféricos (líquenes).**
- **Fuente de enzimas de importancia comercial y productos naturales**
(*Trichoderma reesei*, *Aspergillus sp.*, *Mucor sp.*, *Rhizopus sp.*)
- **Fuente de colorantes naturales**
 - **Macromycetes** (*Boletus spp.*, *Cortinarius spp.*, *Hygrocybe spp.*)
 - **Líquenes** (*Roccela spp.*, *Ochrolechia tartarea*, *Parmelia saxatilis*)

- **Causa de micosis animales y en humanos**

Candida albicans, Histoplasma capsulatum, Rhizopus arrhizus, Microsporium canis, Penicillium marneffe.

- **Esporas fúngicas causantes de respuestas alérgicas**

Alternaria sp., Aspergillus sp., Cladosporium sp., Penicillium sp., Candida albicans

- **Hongos patógenos de plantas**

Phytophthora sp, Puccinia sp., Fusarium sp., ± 80% enfermedades de origen fúngico

- **Hongos descomponedores de alimentos**

Aspergillus sp., Fusarium sp., Penicillium sp., Rhizopus sp.

- **Hongos productores de micotoxinas**

Ochratoxinas — *Aspergillus ochraceous, Penicillium viridicatum* (on cereal grain)

Aflatoxinas – *Aspergillus flavus , A. parasiticus* (sobre maní y granos)

Arabesque™ BioFumigant

Muscodor albus,
a new fungal species

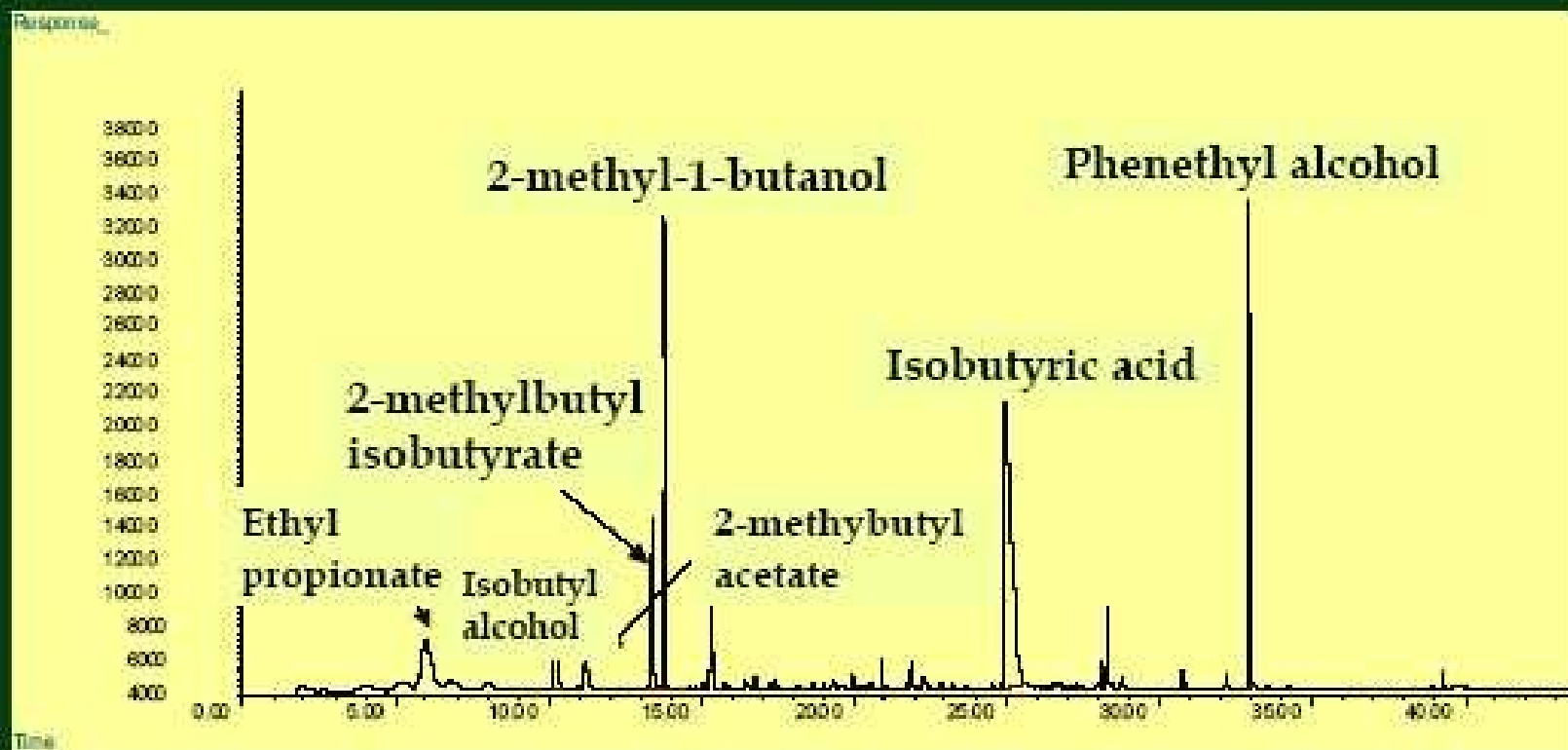
**Fungus isolated from
cinnamon tree bark,
Honduras**

**Stops and kills a range of
molds, bacteria, insects,
nematodes**

**Produces a mixture of >20
volatile (gaseous)
compounds**

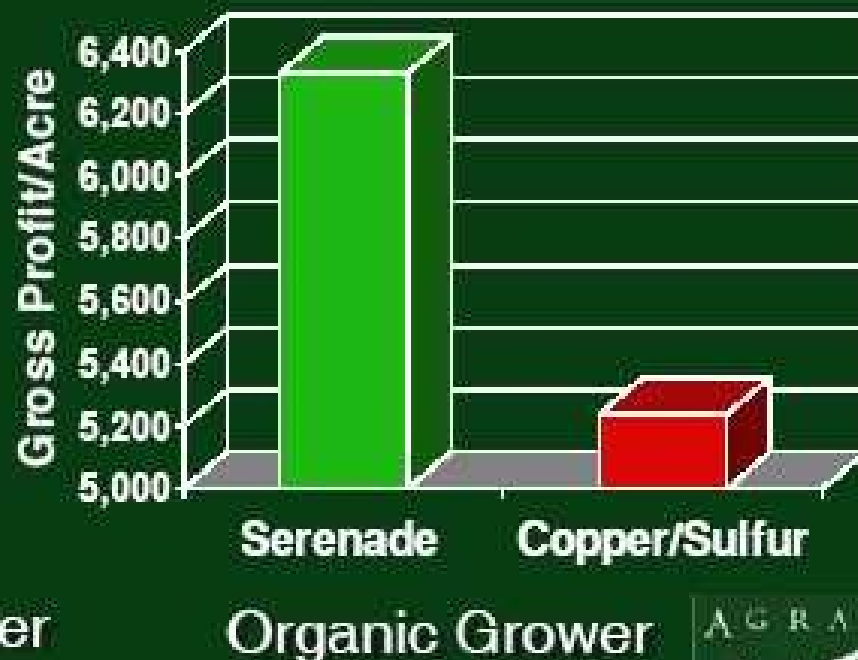
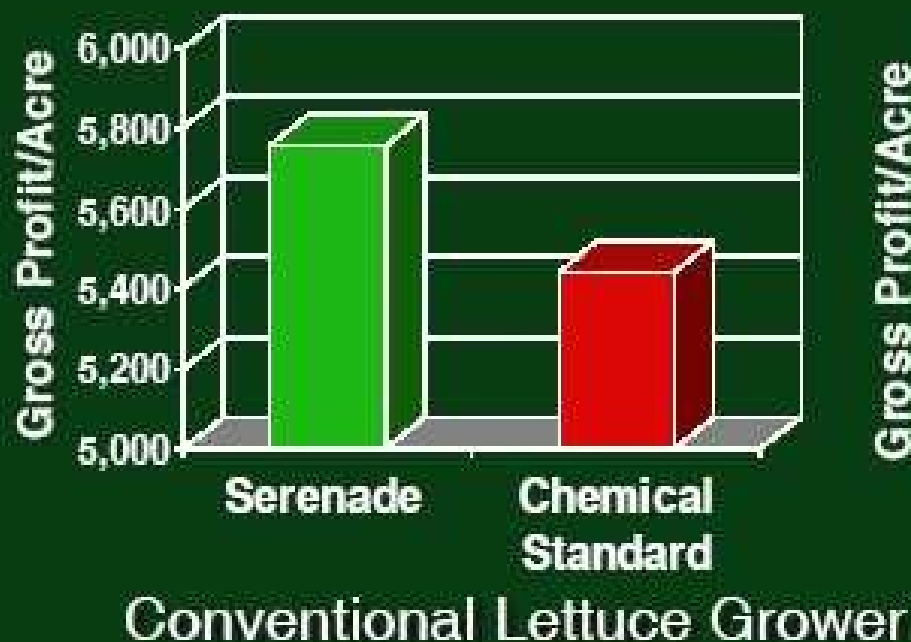


GC trace of volatile natural products produced by *Muscodor albus*



The Value Proposition

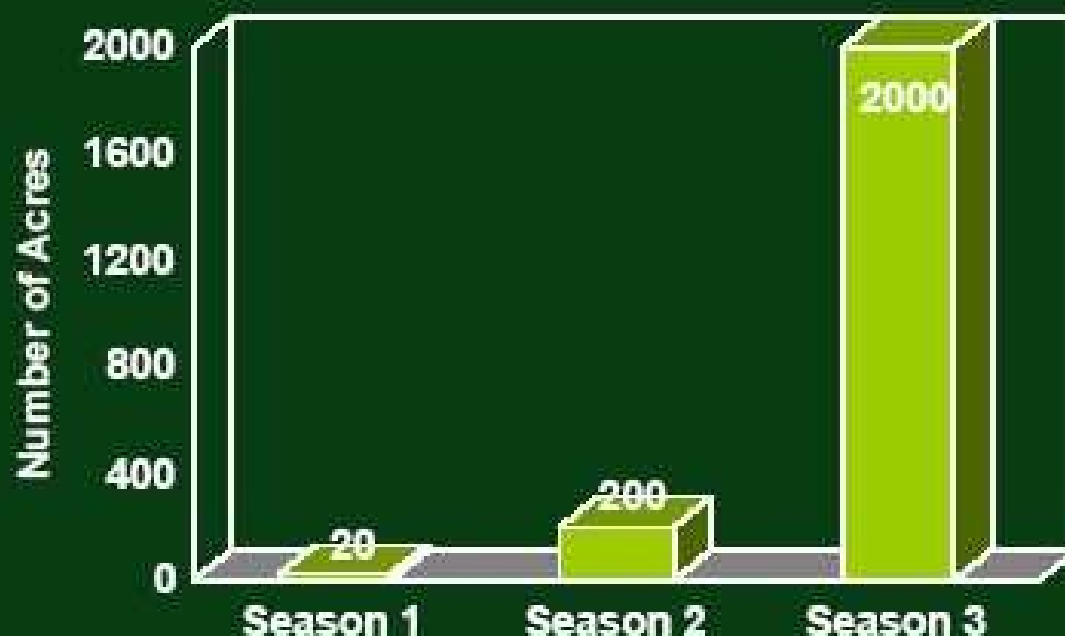
- Growers can increase profits while increasing food and worker safety, reducing environmental impact, with protection right up until harvest



Criteria for Successful Product Adoption

- Number 1 - Does it work? (as well or better than existing chemical pesticides)
- Number 2 - What does it cost?
- Number 3 - What other benefits are there? Is it safer?

Typical
Farmer
Adoption
Curve



Biopesticides will play a role in the Future of California Agriculture

- **Consumers and global trade are driving agriculture to more benign products**
- **Adoption may be faster outside the US**
- **There are many more new biopesticide AIs waiting approval than traditional products**
- **There is a gap between land grant university research and on-farm usage [researchers test stand-alone; farmers use tank mixes and rotational programs]**
- **On-farm demos with emphasis on IPM programs can bridge the gap**
- **Farmers need more information about these new products**



Control of Tomato and Pepper Soil Diseases

- L: Soil mixed with *M. albus* and *Rhizoctonia*
- R: Soil mixed with *Rhizoctonia* only
- 40 days after transplanting





Micorrizas

- Asociaciones simbióticas entre raíces de plantas y hongos del suelo; altamente evolucionadas, de carácter mutualista. La asociación micorrícica se efectúa entre hongos de la clase Basidiomycetes, Ascomycetes y Zygomycetes y la mayoría de las plantas vasculares (Harley & Smith 1983, Kendrick 1992, Brundrett 1991).
- En la literatura, el término simbiosis es frecuentemente usado para describir esta relación mutualista altamente interdependiente donde la planta hospedera recibe nutrientes minerales mientras que el hongo obtiene compuestos carbonados derivados de la fotosíntesis (Harley & Smith 1983).

¿Cómo las asociaciones micorrícicas ayudan a las plantas a crecer?

- La manipulación de las asociaciones micorrícicas es el foco de las iniciativas de investigación dirigidas a incrementar la productividad en plantaciones agro-forestales o en el establecimiento de plantas en la recuperación de ecosistemas después de disturbios.
- Utilización de su potencial en la agricultura y horticultura.
- Sin embargo, es posible señalar que no existe un conocimiento suficiente de las asociaciones micorrícicas en ambientes naturales, perturbados o en ecosistemas manejados en orden a evaluar su potencial uso.

¿Por qué son importantes las micorrizas?

- Incremento del suplemento nutricional a partir de la extensión del volumen del suelo accesible a la planta
- Incremento del suplemento nutricional a partir de la adquisición de formas de nutrientes que no están disponibles para las plantas normalmente.
- Algunas ECM y hongos ericoides tienen la capacidad de romper compuestos fenólicos que interfieren con la captación de nutrientes (Bending & Read 1997).
- La colonización de las raíces por ECM y VAM puede proveer protección frente a hongos parasíticos y nemátodos (Duchesne et al. 1989, Grandmaison et al. 1993, Newsham et al. 1995, Little & Maun 1996, Cordier et al. 1998, Morin et al. 1999).
- Beneficios no-nutricionales para plantas debido a cambios en las relaciones de agua, niveles de fitohormonas, asimilación de carbono, etc., han sido reportado pero resultan difícil de interpretar (Brundrett 1991, Smith & Read 1997).
- Aumento del rendimiento, acumulación de nutrientes y/o éxito reproductivo (Lewis & Koide 1990, Stanley et al. 1993).
- Promueve cambios en la arquitectura de raíces, tejidos vasculares, etc. (Daniels Hetrick et al. 1988, Miller et al. 1997).
- Suppression of competing non-host plants, by mycorrhizal fungi has been observed (Allen et al. 1989).
- Transferencia de carbono a través del micelio de ECM y conectividad entre diferentes tipos de especies de plantas
- (Simard et al. 1997). Esto puede reducir la competencia entre plantas y contribuir para estabilizar y diversidad de ecosistemas.
- La red de hifas árboles dominantes son capaces de soportar y ayudar a plántulas en el establecimiento o contribuir al crecimiento de plantas bajo sombra (Hogberg et al. 1999, Horton et al. 1999).
- Transferencia de nutrientes desde plantas muertas a plantas vivas (Eason et al. 1991).

Micorrizas en el ecosistema

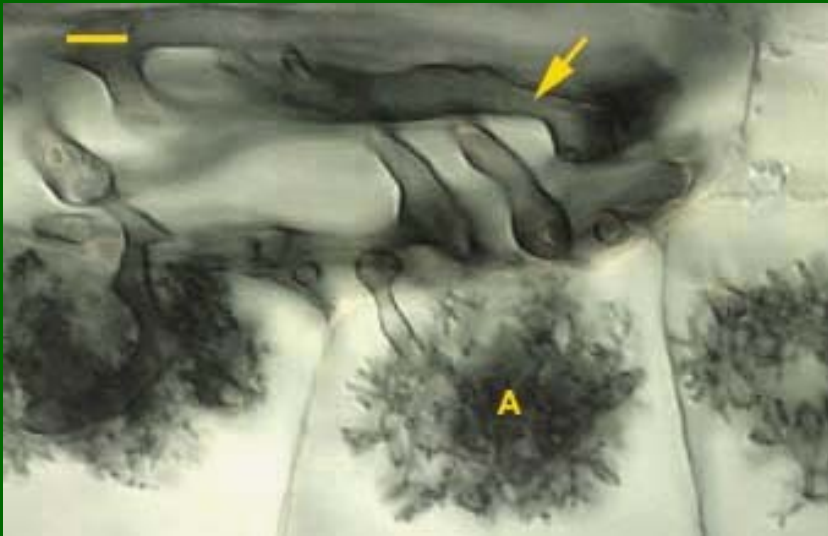
- Ciclaje de nutrientes: las hifas ayudan a prevenir las pérdidas del sistema sobretodo cuando las raíces están inactivas.
- Sistema de transporte de sustancias desde las plantas (alocación) a otros organismos involucrados en el ciclaje de nutrientes y cooperando con la los miembros de otros miembros descomponedores de la cadena trófica.
- Las hifas del suelo pueden tener un importante función en el ciclaje de nutrientes a partir de los hongos saprofiticos (Lindahl et al. 1999).
- Esporocarpos epigeos e hipogeos de ECM y VAM son una importante fuente alimenticia para mamíferos placentados y marsupiales (Claridge & May 1994, McGee & Baczocha 1994, Janos et al. 1995, Mcilwee & Johnson 1998).
- Las raíces micorrizadas y los cuerpos fructíferos son importantes fuentes de alimento y de habitats para invertebrados (Fogel & Peck 1975, Rabatin & Stinner 1989, Lawrence & Milner 1996).
- Las hifas de hongos micorrícicos son importantes fuentes de alimento para invertebrados del suelo (Setala 1995, Ingham & Massicotte 1994).
- Las micorrizas influncian las poblaciones microbianas y exudados en la micorrizosfera e hifosfera (Ames et al. 1984, Bansal & Mukerji 1994, Olsson et al. 1996, Andrade et al. 1998).
- Las hifas de hongos VAM contribuyen a la estructura del suelo. Su rol en la agregación mecánica ha sido cuestionada (Degens et al. 1994), pero secreciones como glomalin pueden ser más importantes (Wright & Upadhyaya 1998). Los mantos de hifas producidos por ECM alteran considerablemente la estructura del suelo (Griffiths et al. 1992).
- Hongos micorrícicos contribuyen al almacenamiento de fuentes de carbono en el suelo alterando la calidad y cantidad de materia orgánica en el suelo (Ryglewicz & Andersen 1994).

Importancia para el ser humano

- Hongos ECM son económicamente y nutricionalmente importantes como fuentes de alimentos (Arora 1991, Kalotas 1996).
- Los hongos comestibles también han sido utilizados como medicina y colorantes naturales (Arora 1991, Morgan 1995).
- Los hongos tienen un valor estético y es una importante parte de la cultura, la gente y el símbolo de la naturaleza para mucha gente (Findlay 1982, Morgan 1995).
- La diversidad de hongos es un bio-indicador de la calidad ambiental.
- Los hongos adaptados a condiciones de suelo local son requeridos para la agricultura, horticultura y forestería.

Tipos de asociación micorrícica

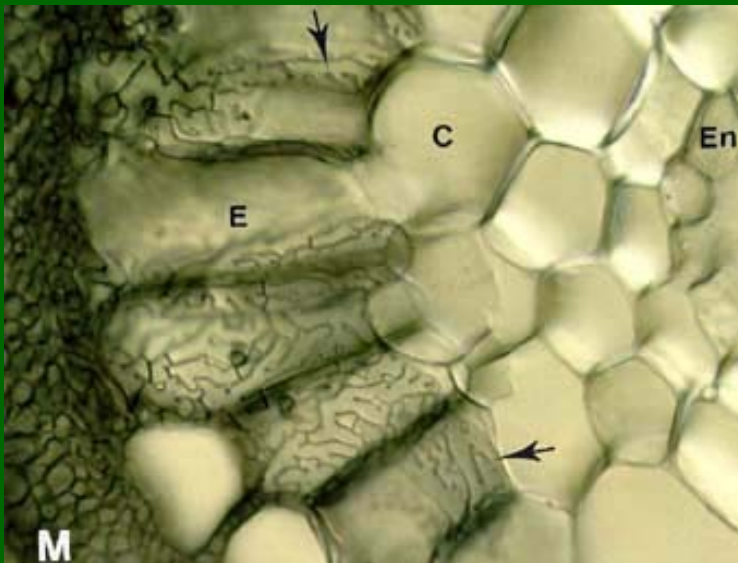
1. Ectomicorrizas (ECM)
2. Vesiculo-arbuscular (VAM) o arbusculares (AM)
3. Ectendo-, arbutoide- y micorrizas monotropoide son similares a las ectomicorrizas
4. Micorrizas de orquídeas
5. Micorrizas ericoides



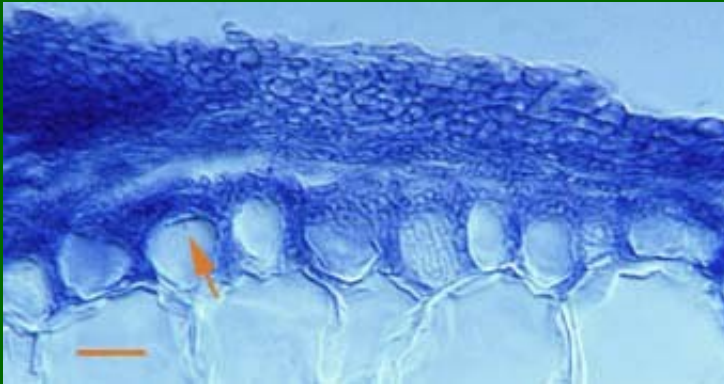
Endomicorriza

Vesiculo-arbuscular (VAM)

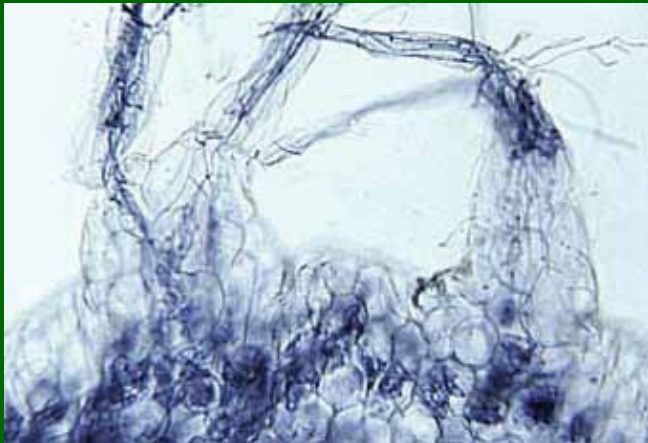
o arbuscular (AM)



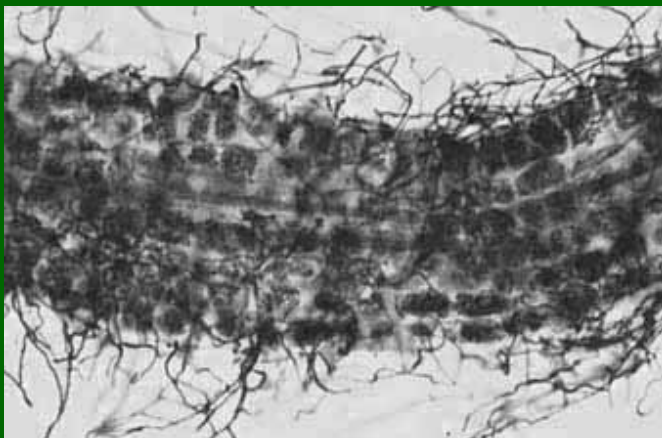
Ectomicorriza



**Ectendo-, arbutoide- y
micorrizas monotropoide**



Micorrizas de orquídeas



Micorrizas ericoides

ECTOMICORRIZAS



Suillus brevipes en
Pinus radiata



Amanita muscaria en
Pinus radiata ECM



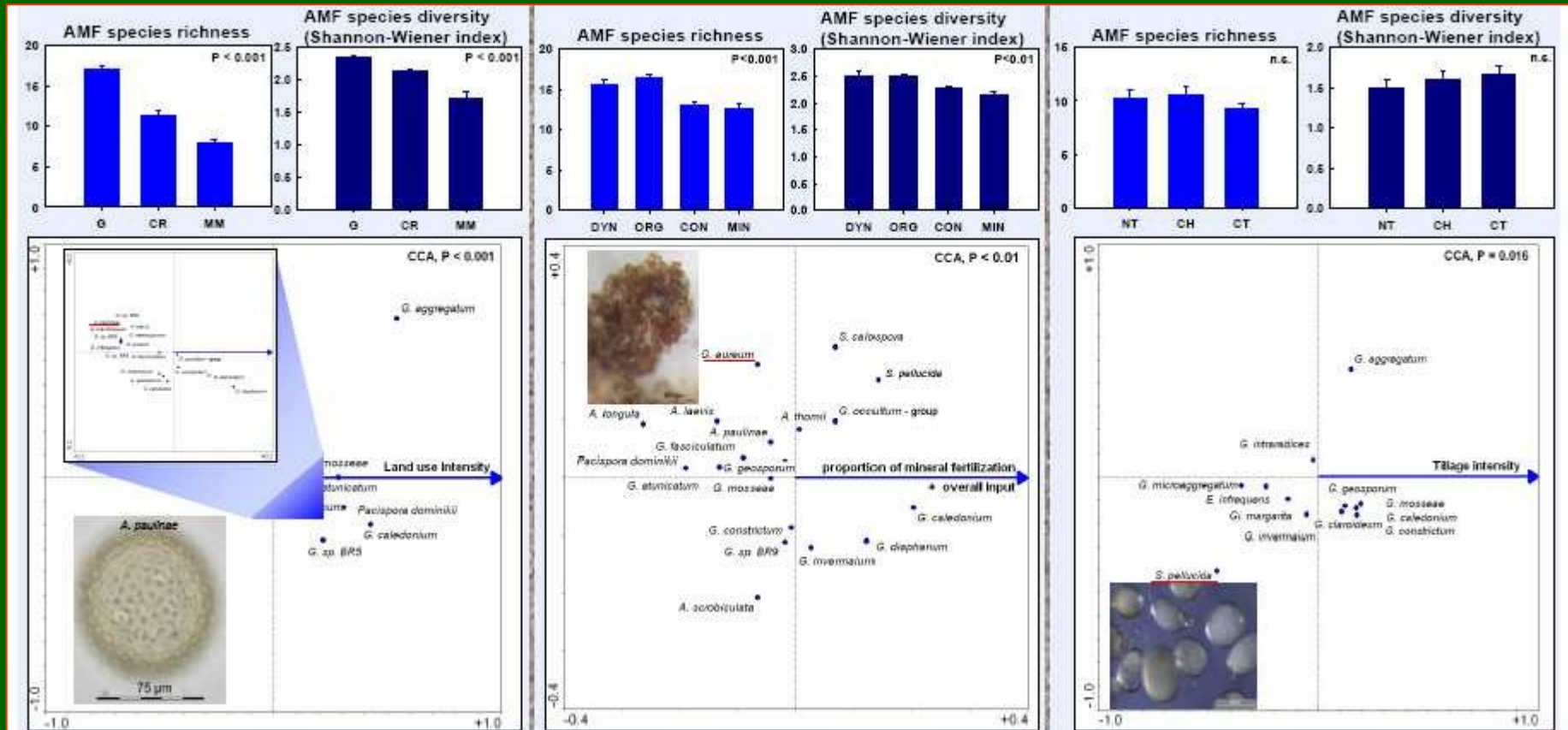
Astraeus pteridis y
Eucalyptus maculata

Manipulating soil biodiversity through agricultural practices: The example of arbuscular mycorrhizal fungi

Jan Jansa ¹, Fritz Oehl ², Andres Wiemken ², Emmanuel Frossard ¹

¹ Federal Institute of Technology (ETH) Zürich, Plant Sciences, Eschikon 33, CH – 8315 Lindau, Switzerland

² University of Basel, Institute of Botany, Hebelstrasse 1, CH – 4056 Basel, Switzerland



El aumento del uso del tipo de uso de la tierra y del uso de fertilizantes disminuyen la diversidad de la estructura de la comunidad de AMF (Jansa et al., 2004)

Micorrizas arbusculares

- **Reducción del uso de fertilizantes y pesticidas.**
- **Reducción de productos químicos dañinos**
- **Mejoramiento de enraizamiento y establecimiento de plantas**
- **Mejoramiento de la captura de iones poco solubles y móviles**
- **Mejoramiento del ciclaje de nutrientes**
- **Mejoramiento de la tolerancia de plantas a los estreses bióticos y abióticos**
- **Mejoramiento de la calidad en la estructura del suelo**
- **Promueve la diversidad de la comunidad de plantas**

**Ecological significance of arbuscular mycorrhiza biotechnology in
modern agricultural system**

Zhang et al., 2005