TEMA 5 – ASPECTOS NUTRICIONALES Y RELACIÓN DE LOS HONGOS CON OTROS ORGANISMOS II

CLASIFICACIÓN NUTRICIONAL

Los hongos se agrupan según la fuente de su alimento:

- **Saprófitos** → obtienen materia orgánica de restos muertos o exudados.
- **Simbióticos** → viven asociados a organismos vivos:
  - **Parásitos**, si perjudican al huésped.
  - **Mutualistas**, si ambos se benefician (caso de las micorrizas).

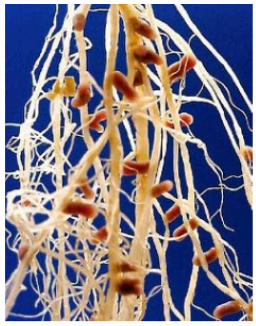
Esta relación de cooperación equilibrada se considera un **"comercio justo"** entre especies.

TIPOS DE SIMBIOSIS MUTUALISTAS

Las asociaciones mutualistas se dividen en:

1. Procariotas

- **Rhizobium** (bacterias del género que fija N_2 en leguminosas).
- **Frankia** (actinomiceto simbionte de alisos).
- **Nostoc** (cianobacteria simbiótica en líquenes y plantas).



Rhizobium



Frankia



Nostoc







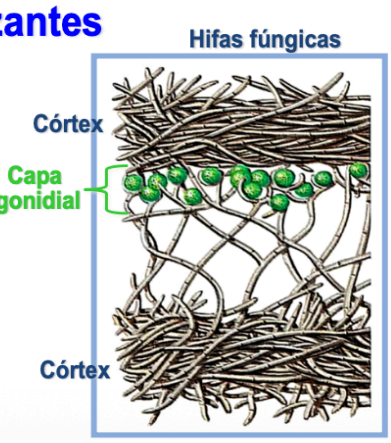
2. Eucariotas

- **Líquenes:** unión entre un hongo (micobionte) y un alga o cianobacteria (fotobionte).
- **Hongos endófitos:** viven dentro de las plantas sin dañarlas, mejorando su resistencia.
- **Hongos–insectos:** como los del género *Termitomyces* en termiteros africanos.
- **Hongos micorrícicos:** asociados a las raíces de las plantas, base de este tema.

EJEMPLOS VISUALES

- Los **líquenes** presentan una estructura organizada: una **capa gonidial** de algas fotosintéticas dentro de una red de hifas fúngicas.





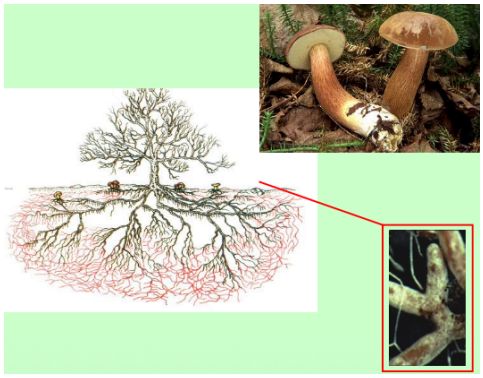


- Los **hongos endófitos** pueden producir alcaloides tóxicos que protegen a la planta huésped.

- Las **hormigas y termitas** cultivan hongos (*Termitomyces*) en cámaras internas, alimentándose de ellos.




Corte transversal de un termitero



- Los **hongos micorrícicos** conectan el micelio con las raíces, estableciendo un intercambio continuo de agua, sales minerales y azúcares.

BIOLOGÍA DE LA RIZOSFERA

La **rizosfera** es la zona del suelo influenciada por las raíces y su microbiota.
Contiene:

- **Microorganismos:** bacterias, hongos, algas, virus.
- **Microfauna:** nematodos, protozoos, artrópodos.

Importancia:

- La fertilidad del suelo depende de la **actividad microbiana**.
- En los 20 cm superficiales de una hectárea fértil hay **5 toneladas de bacterias y hongos**.
- Las raíces secretan exudados que atraen microorganismos beneficiosos, incluyendo **bacterias PGPR** ("*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*") y **hongos micorrícicos**, formando la llamada **micorrizosfera**.

LOS HONGOS MICORRÍCICOS

Son asociaciones entre el micelio fúngico y las raíces de una planta que producen modificaciones anatómicas conocidas como **micorrizas**.

Etimología: del griego *mykes* (hongo) y *rhiza* (raíz).

Características:

- Beneficio mutuo: el hongo obtiene carbono de la planta y le aporta nutrientes minerales (P, N, K, Zn, Cu).
- Relación **obligatoria y equilibrada**, sin activación de defensas.
- Están presentes en **más del 90% de las plantas** naturales.
- Son esenciales en **ecosistemas pobres o degradados** y en **reforestaciones**.

HISTORIA Y DEFINICIÓN

- El término **"micorriza"** fue acuñado por el biólogo y micólogo alemán. **A.B. Frank (1885)**.
- El concepto de **simbiosis** por el botánico, microbiólogo y micólogo alemán **Heinrich Anton de Bary (1887)**.
- Los primeros estudios anatómicos se realizaron por **Melin (1922)** y **Rayner (1927)**.

Desde 1950 se amplía su investigación hacia la **nutrición vegetal, la ecología y la biología molecular**.

Definición moderna:

Una micorriza es una **relación mutualista obligada** entre un hongo y la raíz de una planta, donde ambos se benefician intercambiando nutrientes.

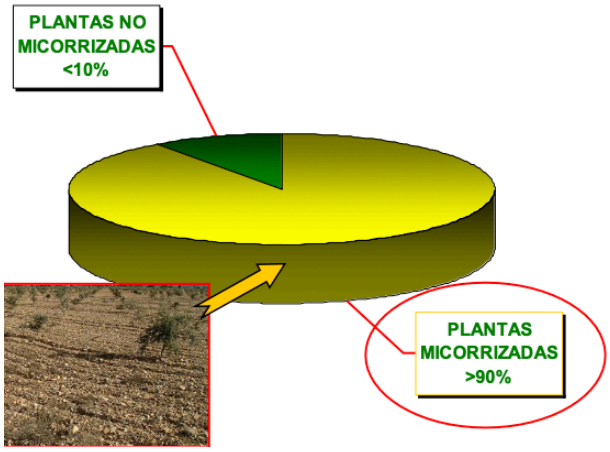
DIFUSIÓN EN EL REINO VEGETAL

Más del **90% de las plantas** son micorrizadas:

- **70%** obligadas.
- **12%** facultativas.
- **18%** no micorrícicas
  - (familias como *Brassicaceae*, *Chenopodiaceae*, *Amaranthaceae*).

→ Aparecen en todos los grupos de plantas terrestres, desde **briófitos** y **pteridófitos** hasta **gimnospermas y angiospermas**.

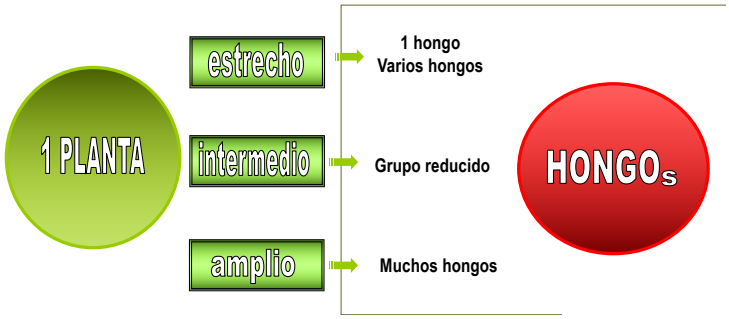
→ Incluso se han hallado micorrizas en **la Antártida** (*Glomus antarcticum*).

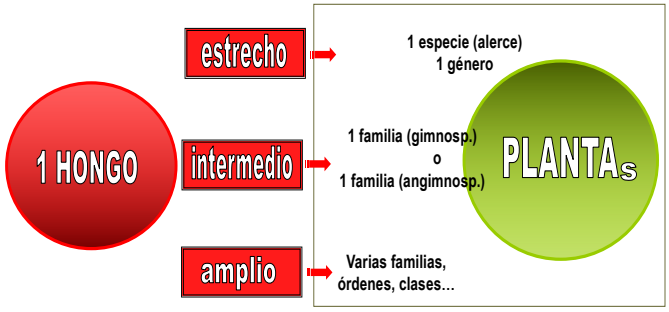


COMPATIBILIDAD Y BENEFICIOS

Cada micorriza depende de la **compatibilidad entre hongo y planta**, que puede ser:

- **Estrecha:** un hongo con una sola especie.
- **Amplia:** un hongo con varias familias vegetales.





→ **Beneficios ecológicos:**

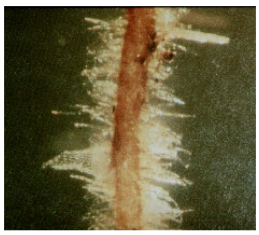
- Mayor superficie radicular
- Aumento de la rizosfera
- Movilización de nutrientes minerales
- Aumento de biomasa aérea y radical
- Aumento de la capacidad de absorción de agua
- Producción de fitohormonas
- Protección frente a patógenos del suelo
- Mejora estructural del suelo
- Reducción de efectos tóxicos

TIPOS DE MICORRIZAS

Existen varios tipos según la estructura de la raíz y el tipo de hifas.

Tipo principal	Características	Ejemplos de plantas
Ectomicorrizas (ECM)	Forman un **manto externo de hifas** y penetran **entre** las células corticales (red de Hartig).	Pinos, encinas, hayas, abedules, sauces.
Endomicorrizas (VAM o AM)	No forman manto; las hifas penetran **dentro** de las células corticales formando **arbúsculos** y **vesículas**.	Gramíneas, leguminosas, la mayoría de angiospermas.
Ectendomicorrizas	Mixtas; presentan rasgos de los dos tipos anteriores.	*Arbutus*, *Monotropa*, *Pyrola*.
Ericoides	En *Ericaceae* (brezos).	Plantas de suelos ácidos.
Orquideoides	En orquídeas; esenciales para la germinación de sus semillas.	*Orchis*, *Phalaenopsis*.
Monotropoides	En plantas sin clorofila; se alimentan indirectamente de árboles vecinos.	*Monotropa*, *Pterospora*.

Diapositivas 49–63 – ECTOMICORRIZAS







Participan **Ascomycota y Basidiomycota** (*Tuber*, *Boletus*, *Lactarius*, *Amanita*, *Pisolithus*).

Forman estructuras típicas como el **manto micelial** y la **red de Hartig**.

En el bosque, cada raíz micorrizada muestra formas muy variables (dicotómicas, coraloides, tuberculoides).

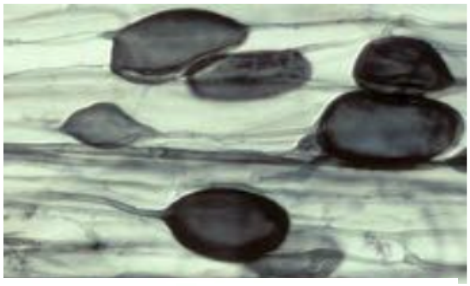
Ejemplo clásico: *Pisolithus tinctorius* con *Quercus ilex*.

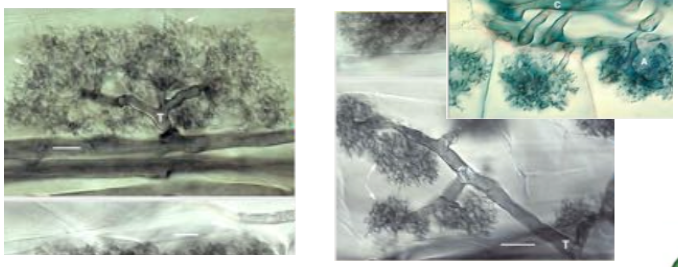
ENDOMICORRIZAS

Hongos antiguos (sin fase sexual conocida), del grupo **Glomeromycota** (*Glomus, Gigaspora, Scutellospora*).

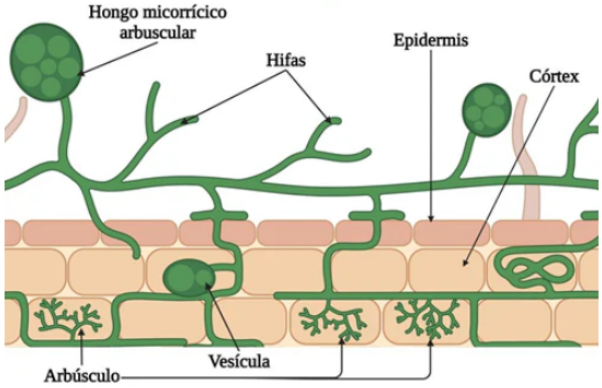
Forman estructuras como:

- **Arbúsculos:** ramificaciones intracelulares efímeras donde ocurre el intercambio.
- **Vesículas:** reservas nutritivas en raíces viejas.





Arbúsculos



- **Hifas intrarradicales e intercelulares.**

Sus esporas (20–1000 µm) son visibles al microscopio y se aíslan del suelo por **tamizado**.

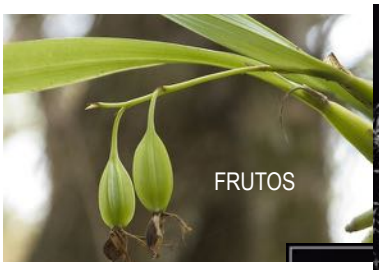
MICORRIZAS ORQUIDEOIDES

Las **orquídeas** (unas 15.000 especies) dependen totalmente del hongo para germinar, ya que sus semillas carecen de **endospermo**.

El hongo (p. ej. *Rhizoctonia*, *Ceratobasidium*, *Tulasnella*) aporta los nutrientes necesarios al embrión (protocormo).

Esta simbiosis es **obligada** y puede mantenerse durante toda la vida de la planta.







MICORRIZAS MONOTROPOIDES

Son **plantas sin clorofila**, como *Monotropa uniflora* o *Pterospora*, que obtienen carbono de árboles cercanos a través del hongo intermediario (*Russula* u otros Basidiomicetos).

La asociación es tripartita: **árbol – hongo – planta aclorofílica**.

CONCLUSIONES Y BENEFICIOS

Las micorrizas:

- Incrementan la biomasa vegetal y la fertilidad del suelo.
- Aumento de la rizosfera
- Movilización de nutrientes
- Aumento de biomasa aérea y radical
- Aumento de la capacidad de absorción de agua
- Producción de fitohormonas
- Protección frente a patógenos
- Mejora estructural del suelo
- Reducción de efectos tóxicos
- Permiten la supervivencia en suelos pobres.
- Protegen frente a sequías, patógenos y metales pesados.
- Son esenciales en la sucesión ecológica y en la repoblación forestal.

APLICACIONES PRÁCTICAS

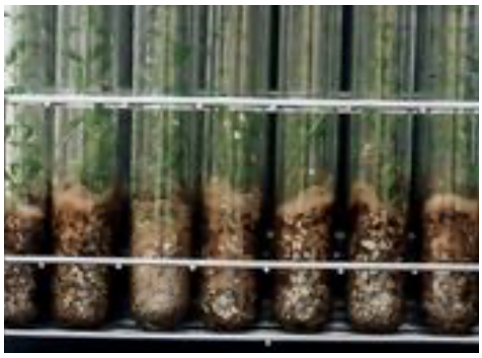
El conocimiento micorrícico tiene grandes aplicaciones:

1. **Cultivo in vitro:**
    - De especies simbióticas como *Tuber melanosporum* (trufa negra).
    - Conservación genética en **bancos de germoplasma**.
2. **Síntesis experimental:**
    - En laboratorio o vivero se inoculan raíces de plántulas con hongos específicos.
    - En viveros forestales se emplean *Pisolithus tinctorius*, *Rhizopogon*, *Glomus* spp.





3. **Aplicaciones agrícolas y ecológicas:**
    - Fertilizantes biológicos (*Glomygel*, *Geomygel*).
    - Restauración de suelos degradados.
    - Producción de plantas truferas o micorrizadas con hongos comestibles (trufas, boletos, níscalos, etc.).



CUADRO COMPARATIVO DE TIPOS DE MICORRIZAS

TIPO DE MICORRIZA	ESTRUCTURA	HONGOS ASOCIADOS	PLANTAS HUÉSPED
Ectomicorrizas	Manto miceliar externo. Red de Hartig entre células corticales. No penetran el interior celular.	Basidiomicetos (Boletus, Amanita, Lactarius, Russula, Suillus, Cortinarius). Ascomicetos (Tuber, Terfezia).	Árboles y arbustos leñosos: Pinus, Quercus, Fagus, Betula, Picea, Abies.
Endomicorrizas (arbusculares)	Sin manto externo. Hifas penetran en células corticales. Formación de arbúsculos y vesículas.	Glomeromycota (Glomus, Gigaspora, Acaulospora, Scutellospora).	Mayoría de plantas vasculares: gramíneas, leguminosas, cultivos agrícolas.
Orquideoides	Hifas intracelulares formando pelotones. Simbiosis obligatoria en germinación.	Basidiomicetos (Rhizoctonia s.l., Ceratobasidium, Tulasnella, Sebacina).	Orquídeas: Orchis, Ophrys, Dactylorhiza, Phalaenopsis.
Ericoides	Hifas finas en células epidérmicas. Sin manto externo.	Ascomicetos (Hymenoscyphus, Oidiodendron).	Ericaceae: Erica, Calluna, Vaccinium, Rhododendron.
Monotropoides	Estructura ectomicorrícica. Red de Hartig. Relación tripartita árbol–hongo–planta.	Basidiomicetos ectomicorrícicos (Russula, Tricholoma, Lactarius).	Plantas aclorofílicas: Monotropa, Pterospora, Sarcodes.
Arbutoides	Manto miceliar externo con penetración intracelular limitada.	Basidiomicetos (Lactarius, Russula, Thelephora).	Ericaceae leñosas: Arbutus unedo, Arctostaphylos.

IDEAS CLAVE PARA ENTENDER EL CUADRO

- **Ectomicorrizas** → típicas de **bosques templados y mediterráneos**, esenciales en árboles.
- **Endomicorrizas (AM)** → las **más extendidas** en la biosfera (≈90 % de las plantas).
- **Orquideoides** → **obligatorias** para la germinación de las orquídeas.
- **Ericoides** → especialización extrema para **suelos ácidos y pobres**.
- **Monotropoides** → plantas **parásitas indirectas** del sistema micorrícico.
- **Arbutoides** → formas **intermedias**, muy interesantes desde el punto de vista evolutivo.