Tema 2: NUTRICIÓN EN PLANTAS

🌱 **ÍNDICE TEMÁTICO: Nutrición en Plantas**

1. **Concepto de nutrición autótrofa**
2. **Elementos minerales y suelo como fuente de nutrientes**
3. **Fotosíntesis y metabolismo energético**
4. **Simbiosis y asociaciones nutricionales especiales**
   - Micorriza
   - Líquenes
   - Bacterias fijadoras de nitrógeno
5. **Parasitismo en plantas**
   - Hemiparásitas y holoparásitas
6. **Plantas carnívoras (insectívoras)**
   - Tipos de trampas: adhesivas, prensoras, deslizantes, suctoras

---

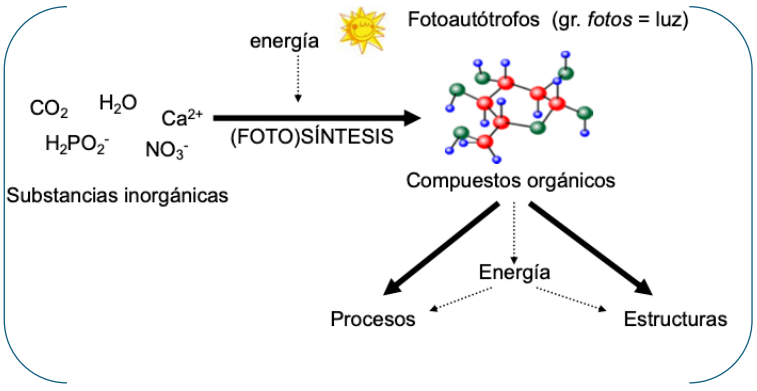
🌿 1. CONCEPTO DE NUTRICIÓN AUTÓTROFA

🔷 Autótrofos vs. Heterótrofos

- El término **autótrofo** (del griego *autós* = por sí mismo, *trofos* = alimentarse) se refiere a los **organismos capaces de fabricar su propio alimento** a partir de sustancias inorgánicas sencillas.
- Por el contrario, los **heterótrofos** obtienen materia orgánica **a partir de otros organismos**, vivos o muertos.

En el caso de las plantas, hablamos de **fotoautótrofos**, ya que:

- Usan **luz solar** como fuente de energía (fotosíntesis).
- Utilizan **CO_2**, **agua** y sales minerales (como nitratos, fosfatos, calcio…) para **fabricar compuestos orgánicos** (azúcares).



⚙️ Componentes y procesos implicados

Materias primas:

- **CO_2** (dióxido de carbono)
- **H_2O** (agua)
- **$H_2PO_4^-$**, **NO_3^-**, **Ca^{2+}**, etc. (iones minerales)

Producto orgánico final:

- **Azúcares** (glucosa, sacarosa…) → Fuente de energía y base estructural

Energía necesaria:

- **Luz solar**, captada mediante **pigmentos fotosintéticos** en los cloroplastos

🧪 Nutrientes esenciales y su absorción

En la tabla de la derecha abajo se presentan los elementos esenciales para las plantas, diferenciando entre:

TIPO	ELEMENTOS	FORMA DE ABSORCIÓN	PROPORCIÓN EN PLANTA
Macronutrientes	C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S	CO_2, H_2O, NO_3^-, etc.	Mayor cantidad
Micronutrientes	Fe, Mn, Cu, Zn, B, Cl, Mo, Ni	Iones diversos	Cantidades muy bajas

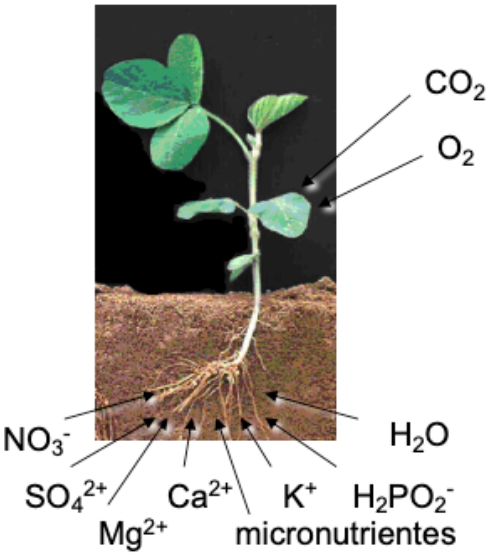
→ Estos son los nombre de cada elemento **Macronutriente**:

- **C:** Carbono
- **H:** Hidrógeno
- **O:** Oxígeno
- **N:** Nitrógeno
- **P:** Fósforo
- **K:** Potasio
- **Ca:** Calcio
- **Mg:** Magnesio
- **S:** Azufre

→ Estos son los nombre de cada elemento **Micronutriente**:

- **Fe:** Hierro
- **Mn:** Manganeso
- **Cu:** Cobre
- **Zn:** Zinc
- **B:** Boro
- **Cl:** Cloro
- **Mo:** Molibdeno
- **Ni:** Níquel

ELEMENTO	FORMA PRINCIPAL EN QUE EL ELEMENTO ES ABSORBIDO	CONCENTRACIÓN USUAL EN PLANTAS SANAS (% DEL PESO EN SECO)
Macronutrientes		
Carbono	CO_2	~44 %
Oxígeno	H_2O u O_2	~44 %
Hidrógeno	H_2O	~6 %
Nitrógeno	NO_3^- o NH_4^+	1-4 %
Potasio	K^+	0,5-6 %
Calcio	Ca^{2+}	0,2-3,5 %
Fósforo	$H_2PO_2^-$ o HPO_4^{2-}	0,1-0,8 %
Magnesio	Mg^{2+}	0,1-0,8 %
Azufre	SO_4^{2-}	0,05-1 %
Micronutrientes		
Hierro	Fe^{2+} o Fe^{3+}	25-300 ppm
Cloro	Cl^-	100-10.000 ppm
Cobre	Cu^{2+}	4-30 ppm
Manganeso	Mn^{2+}	15-800 ppm
Zinc	Zn^{2+}	15-100 ppm
Molibdeno	MoO_4^{2-}	0,1-5,9 ppm
Boro	BO_3^- o $B_4O_7^{2-}$	5-75 ppm



Cada nutriente se absorbe **en forma iónica específica**. Por ejemplo:

- El **nitrógeno** se absorbe como **NO_3^-**
- El **fósforo** como **$H_2PO_4^-$**
- El **calcio** como **Ca^{2+}**

Todos estos elementos se obtienen tanto del aire (CO_2, O_2) como del suelo.

2. ELEMENTOS MINERALES Y EL SUELO COMO FUENTE DE NUTRIENTES

2.1. Macronutrientes y micronutrientes

Ya hemos visto por la tabla anterior que las plantas absorben los nutrientes **en forma inorgánica** (iones disueltos en agua) a través de las raíces. Vamos a verlo un poco más en detalle:

→ **Macronutrientes (necesarios en grandes cantidades):**

- **C** (CO_2 del aire): ~44% del peso seco
- **O** (H_2O y O_2): ~44%
- **H** (H_2O): ~6%
- **N**, **K**, **Ca**, **Mg**, **S**, **P** (del suelo): en cantidades variables

→ **Micronutrientes (necesarios en trazas):**

- **Fe**, **Mn**, **Zn**, **Cu**, **B**, **Cl**, **Mo**, **Ni**
- Aunque están en **muy baja concentración**, son **imprescindibles** para enzimas y funciones metabólicas específicas.

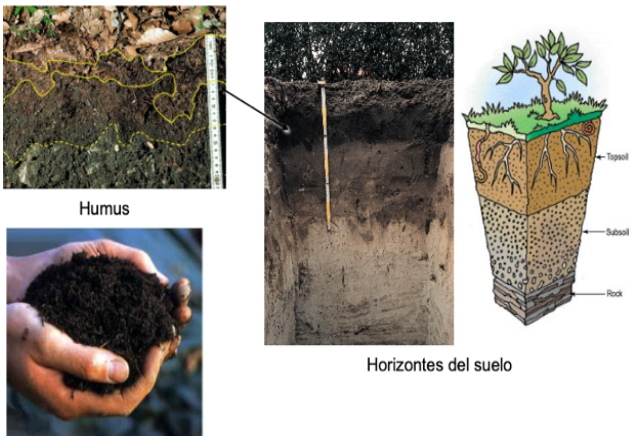
2.2. El suelo como medio nutritivo

El suelo es una mezcla compleja de:

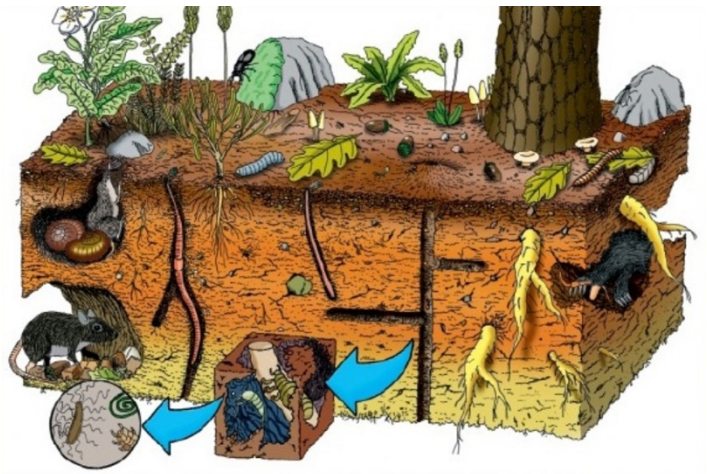
- **Partículas minerales** (arena, limo, arcilla)
- **Materia orgánica** en descomposición (**humus**)
- **Agua** y **aire**
- Una **rica comunidad biológica** (bacterias, hongos, lombrices…)

En esta imagen se muestran:

- Las **capas u horizontes del suelo**:
  - **Horizonte O (orgánico)**: rico en humus
  - **Horizonte A (superficial)**: mezcla de materia orgánica y mineral
  - **Horizonte B**: acumulación de minerales lixiviados
  - **Horizonte C**: roca madre alterada
  - **Roca madre** (no alterada)



Horizontes del suelo



En esta otra imagen vemos en detalle:

El ecosistema subterráneo: raíces, micorrizas, lombrices, insectos, hongos, bacterias…

- La vida del suelo es clave en:
  - Transformación de nutrientes
  - Aireación y drenaje
  - Retención de agua y minerales

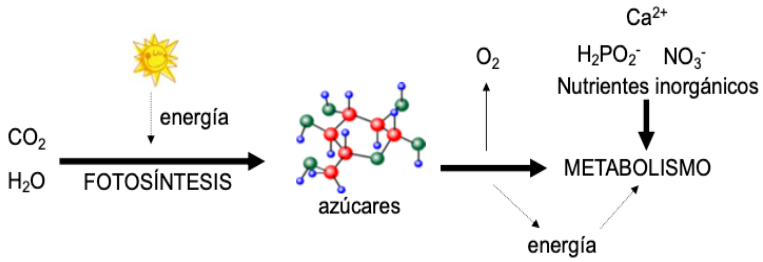
☀️ 3. FOTOSÍNTESIS Y METABOLISMO ENERGÉTICO

🔷 3.1. Resumen del proceso fotosintético

La fotosíntesis en plantas es el **proceso central** de la nutrición autótrofa, llamado así al sistema capaz de elaborar su propia materia orgánica a partir de sustancias inorgánicas:

Materias primas:

- **CO_2** (del aire)
- **H_2O** (del suelo)
- **Luz solar**



Productos:

- **Azúcares** (glucosa, sacarosa)
- **O_2** (como desecho útil para el ecosistema)

Energía:

- Se almacena en los **enlaces químicos** de los azúcares generados.

Pigmentos fotosintéticos:

- **Clorofilas** (verdes): principales responsables de la captación de luz.
- **Carotenoides** (naranjas, amarillos): protegen del exceso de luz.
- **Ficobilinas** (en algas rojas y cianobacterias): captan luz en otras longitudes de onda.

💡 No toda la energía lumínica es utilizada para la fotosíntesis, parte de esa energía se disipa como **calor** o **fluorescencia**. Esto corresponde al **espectro electromagnético**, el **rango visible** y la manera en cómo la luz interactúa con una hoja verde.

Veamos cómo es eso:

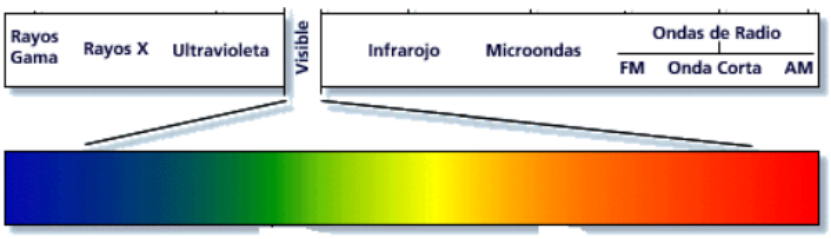
✅ **Una parte se absorbe eficazmente por los pigmentos (como la clorofila)**

- Especialmente en longitudes de onda **azul** y **roja** (eso lo vemos en la banda visible de la imagen).
- Esta energía absorbida **se convierte en energía química** (glucosa) mediante la fotosíntesis.

❌ **Otra parte de la energía se pierde, y aquí viene se produce algo fantástico:**

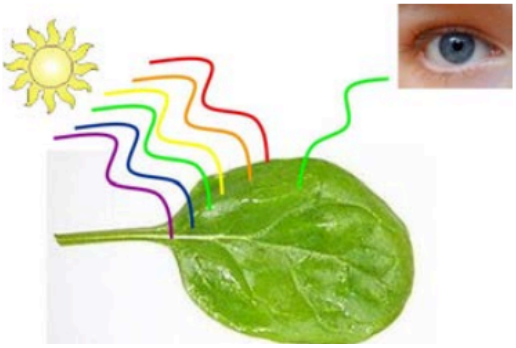
a) Como calor

- Parte de la energía absorbida **no se convierte en glucosa**, sino que se **libera como calor** para evitar daños por sobreexcitación.
- Esto ayuda a **proteger a la planta** frente al exceso de luz (como una válvula de seguridad).

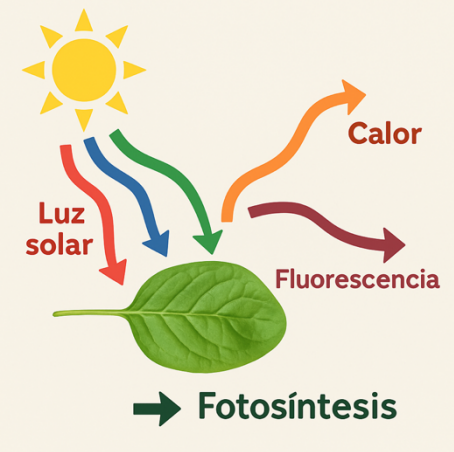


b) Como fluorescencia

- Una pequeña fracción de energía es **reemitida en forma de luz de menor energía** (mayor longitud de onda, por ejemplo, rojo).



- Esta emisión se llama **fluorescencia clorofílica**, y aunque es débil, **puede medirse** y se usa en estudios para ver el estado de salud de las plantas.



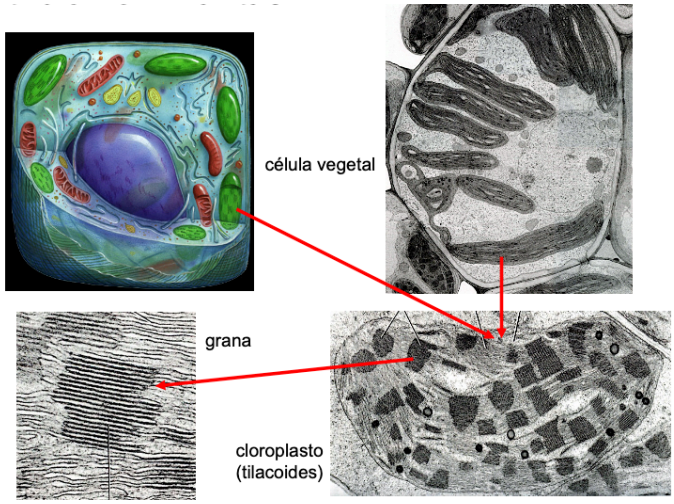
📊 **¿De qué manera lo vemos representado en la imagen?**

- El espectro visible va del **violeta (más energético)** al **rojo (menos energético)**.
- Las flechas de colores que van **del sol a la hoja** muestran que la luz llega en distintos colores (distintas energías).
- La **flecha que va al ojo** representa el **color reflejado**, normalmente el **verde**, porque la clorofila **no lo absorbe** y por eso lo vemos.

🌿 3.2. Estructura implicada: el cloroplasto

El **cloroplasto** es el orgánulo especializado en realizar la fotosíntesis.

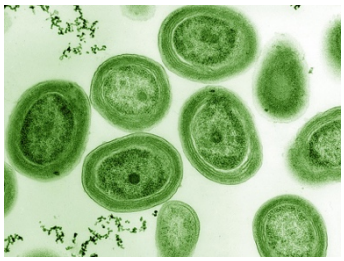
- Está dentro de la **célula vegetal**.
- Contiene:
  - **Tilacoides**: sacos membranosos apilados en **grana**.
  - En ellos se encuentran los pigmentos.
  - En la **fase luminosa** se genera energía en forma de moléculas ATP (adenosín trifosfato) y NADPH (nicotinamida adenina dinucleótido fosfato).
  - En la **fase oscura** (ciclo de Calvin), se fija el CO_2 y se produce glucosa.

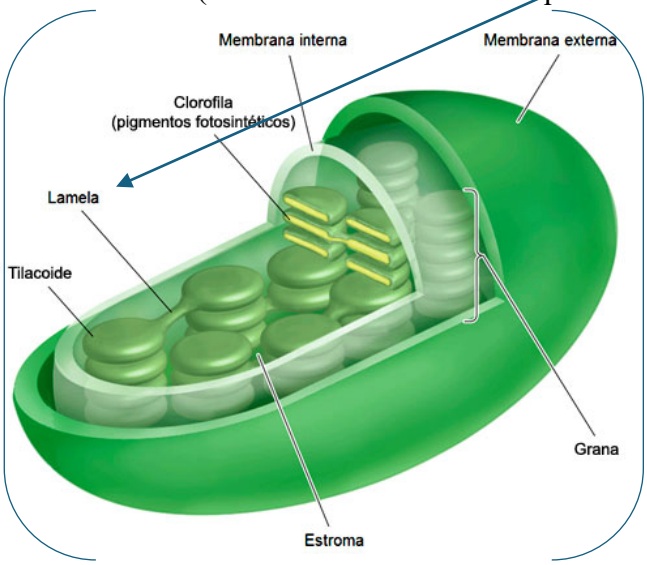


🔬 3.3. Variaciones y casos especiales

Además de los cloroplastos, hay otras estructuras fotosintéticas:

- **Cianobacterias**: son procariotas, pero también fotosintéticas. No tienen cloroplastos, pero poseen **lamelas fotosintéticas internas** (estructuras membranosas que se encuentran dentro de los cloroplastos de las células vegetales).





- **Cromoplastos**: son los orgánulos presentes en células vegetales que almacenan pigmentos responsables de los colores amarillo, naranja y rojo en flores, raíces y frutos. Almacenan pigmentos no verdes (carotenos, xantofilas), que no realizan fotosíntesis pero participan en atraer polinizadores o dispersores.

🤝 4. SIMBIOSIS Y ASOCIACIONES NUTRICIONALES ESPECIALES

🍄 4.1. MICORRIZAS

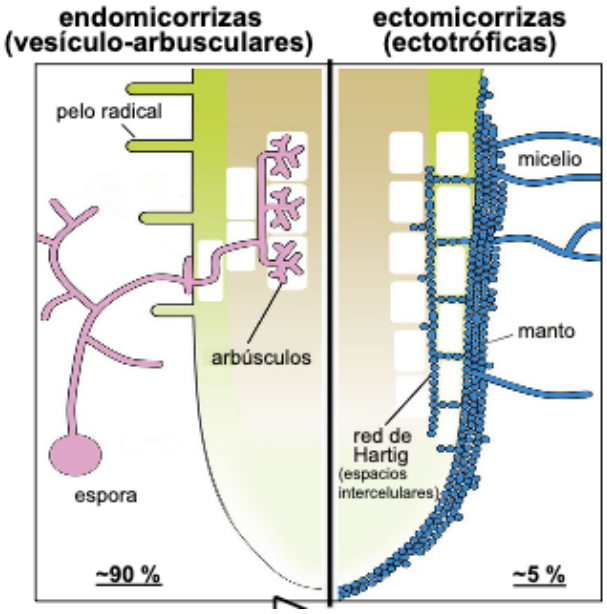
¿Qué son?

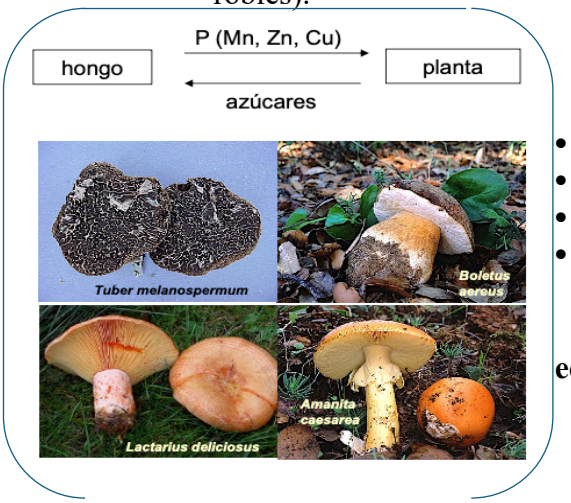
Las **micorrizas** son asociaciones simbióticas entre las raíces de plantas y **hongos del suelo**. A cambio de azúcares producidos por la planta, los hongos:

- **Absorben agua y minerales** (especialmente fósforo y micronutrientes como Mn, Zn, Cu).
- **Mejoran la exploración del suelo** gracias a su red de micelio.

Tipos de micorrizas

- **Endomicorrizas** (*vesículo-arbusculares*):
  - Los hongos penetran las células corticales de la raíz.
  - Forman **arbúsculos** (estructuras de intercambio).
  - Muy comunes (~90% de las plantas).
- **Ectomicorrizas**:
  - El hongo recubre la raíz externamente con un **manto micelial**.
  - Penetra entre células formando una **red de Hartig**.
  - Frecuentes en árboles (pinos, robles).





Ejemplos de hongos micorrícicos:

- *Tuber melanospermum* (trufa negra)
- *Boletus aereus*
- *Amanita caesarea*
- *Lactarius deliciosus*

💡 Las micorrizas pueden usarse en **agricultura ecológica** para mejorar la nutrición sin fertilizantes.

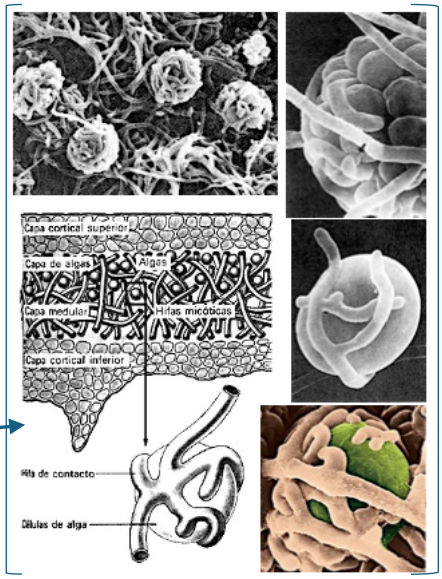
🌿 4.2. LÍQUENES

Los líquenes son **una simbiosis entre un hongo y un alga (o cianobacteria)**:

- El **hongo** proporciona protección, soporte y retención de agua.
- El **alga o cianobacteria** realiza la fotosíntesis.

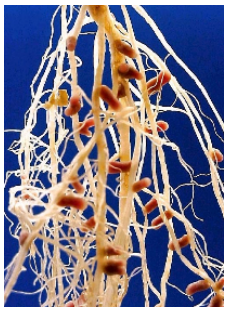
Los líquenes son **bioindicadores** de pureza del aire y pueden sobrevivir en ambientes extremos.

Aquí vemos la estructura interna de los líquenes: capas diferenciadas de hifas, algas y una corteza externa.



4.3. BACTERIAS FIJADORAS DE NITRÓGENO

Las plantas no pueden usar directamente el N_2 (nitrógeno) del aire. Algunas han desarrollado simbiosis con **bacterias fijadoras de nitrógeno** que convierten N_2 en formas asimilables (NH_4^+, NO_3^-).



Ejemplos:

- **Leguminosas + Rhizobium**
  - Forman **nódulos** en las raíces, donde viven las bacterias.



  - Fijan N_2 atmosférico en forma utilizable para la planta.
- **Aliso + Frankia**: árbol no leguminoso con asociación similar.
- **Azolla (helecho acuático) + Anabaena (cianobacteria)**: se usa como **fertilizante natural en arrozales**.



Azolla (helecho)



arrozal

Estas asociaciones son fundamentales para la **fertilidad del suelo sin fertilizantes artificiales**.

5. PARASITISMO EN PLANTAS

5.1. ¿Qué es el parasitismo vegetal?



El **parasitismo** consiste en que una planta (el **parásito**) extrae agua, sales minerales y en algunos casos productos orgánicos del **hospedador**, al que perjudica.

La estructura clave es el **haustorio** (del lat. *haurire* = extraer, succionar): una raíz modificada que penetra en los tejidos del hospedador.

5.2. Hemiparásitas

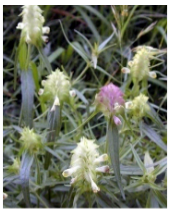
- Son **plantas verdes** que **realizan fotosíntesis**, pero **obtienen agua y minerales del hospedador**.
- Pertenecen a la familia **Scrophulariaceae** y otras.

Ejemplos:

- *Melampyrum*, *Euphrasia*, *Pedicularis*, *Rhinanthus*
- Aparecen en praderas, y muchas veces sobre raíces de gramíneas.



Euphrasia



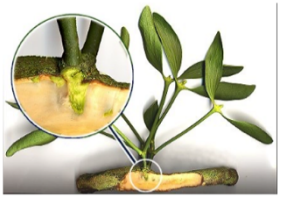
Melampyrum



Pedicularis



Rhinantus



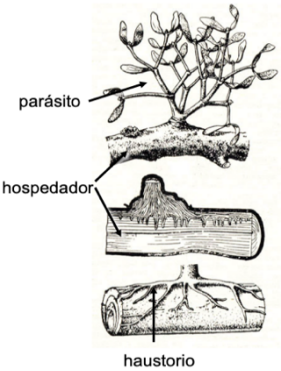
Viscum album (muérdago)





Ejemplo destacado:
Viscum album (muérdago)

- Parasita ramas de árboles.
- Se fija mediante un haustorio al xilema del hospedador.
- Se considera una **planta epífita hemiparásita**.

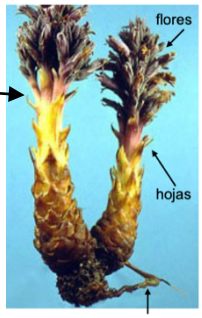


🔴 5.3. Holoparásitas

- Son plantas **totalmente dependientes** del hospedador.
- No tienen clorofila → **no hacen fotosíntesis**.
- Obtienen **todo su alimento** por medio del haustorio.

Ejemplos:

1. **Orobanche sp.** (jopos) y **Cistanche sp.**
   - Parasitan raíces de habas, zanahorias, etc.
   - En la imagen se ven sus flores llamativas.







Neottia nidus-avis
(orquídea parásita)

2. **Neottia nidus-avis**
   - Orquídea sin clorofila, con vida subterránea.







3. **Cuscuta sp.** (barba de capuchino)
   - Lianas filamentosas anaranjadas.
   - Enroscan el tallo del hospedador y lo penetran con haustorios.

4. **Rafflesia arnoldii**
   - Planta sin tallo, hojas ni raíces visibles.
   - Produce la flor **más grande del mundo** (hasta 1 m de diámetro).
   - Parásita de raíces de lianas del sudeste asiático.





5. **Cytinus hypocistis**
   - Parásita de arbustos mediterráneos (como *Cistus*).
   - Sus flores emergen en primavera; tradicionalmente conocidas como "téticas de doncella".

Estas estrategias muestran la **adaptabilidad extrema de las plantas**, que pueden sobrevivir incluso **sin fotosíntesis** si encuentran otro organismo del que alimentarse.

🕷 6. <u>PLANTAS CARNÍVORAS (INSECTÍVORAS)</u>

🌿 ¿Por qué son carnívoras?

A estas plantas más bien habría que llamarlas insectívoras. Viven en **suelos muy pobres en nitrógeno** (pantanos, turberas, suelos ácidos), y **suplementan su nutrición mineral** capturando insectos.







A través de enzimas digestivas o bacterias simbióticas, descomponen a sus presas y absorben los nutrientes.

🔷 6.1. Tipos de trampas

Según su funcionamiento, se clasifican en:

1. **Trampas adhesivas o viscosas**
2. **Trampas prensoras o de resorte**
3. **Trampas deslizantes o de caída**
4. **Trampas suctoras o deglutoras**



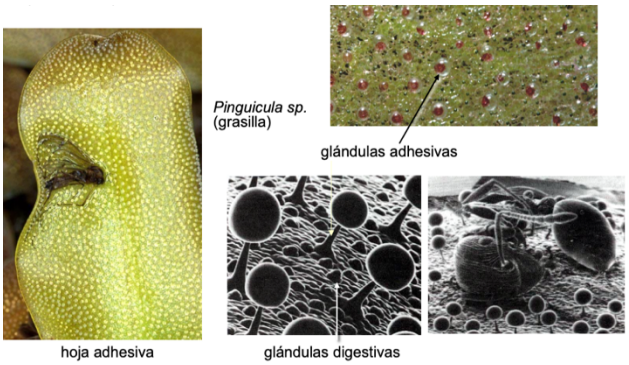


🧲 6.2. Trampas adhesivas

Principio:

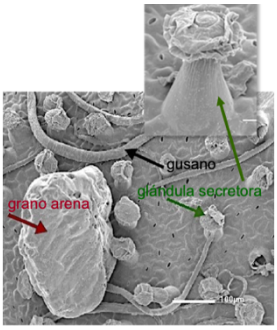
- Las hojas tienen **pelos glandulares** que secretan mucílago pegajoso.
- El insecto queda atrapado y la planta **lo digiere externamente**.

Ejemplos:



- **Pinguicula sp.** (grasilla)
  - Hojas planas con glándulas adhesivas y digestivas.





- **Philcoxia minensis**
  - Planta del suelo con hojas subterráneas **microscópicas**, que atrapan **nematodos**.









- **Drosera sp.** (rosolí)
  - Tentáculos móviles con gotas de mucílago que rodean a la presa.

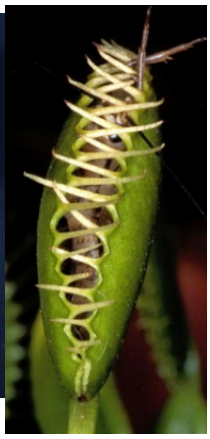




- **Drosophyllum sp., Byblis sp.**
  - Similar a *Drosera*, pero sin movimiento de tentáculos.

6.3. Trampas de resorte



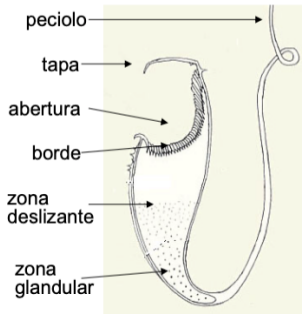


Ejemplo icónico:

- **Dionaea muscipula** (atrapamoscas)
  - Hojas bilobuladas con **pelos táctiles**.
  - Al tocar dos pelos en menos de 30 segundos, se **cierra la trampa** por movimiento rápido de las células.

Es una adaptación sorprendente, con **movimiento activo**.

6.4. Trampas deslizantes



Principio:

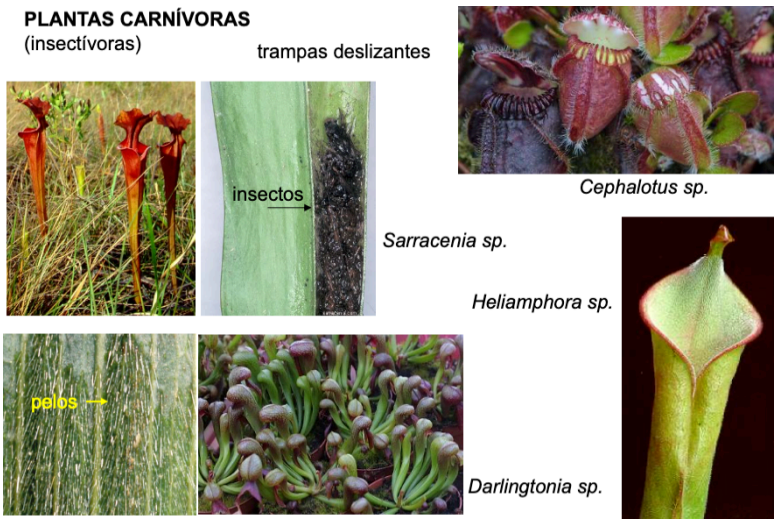
- Estructura tubular con **paredes resbaladizas** y zonas de enzimas digestivas al fondo.

Ejemplos:



- **Nepenthes sp.**
  - Con "tapa", borde resbaladizo, cámara de digestión y glándulas.

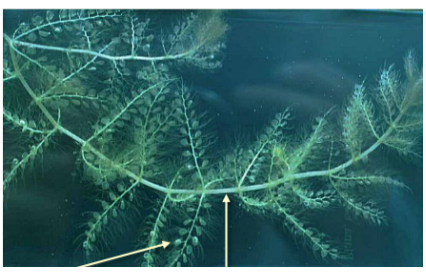
- Otros géneros:



  - **Cephalotus**, **Darlingtonia**, **Heliamphora**, **Sarracenia**
    - Presentan morfologías variadas, pero todas con estructura tubular.



Utricularia sp.



6.5. Trampas suctoras o deglutoras

Ejemplo:

- **Utricularia sp.** (planta acuática)
  - Presenta pequeños **utrículos (vesículas)** con una puerta trampa que succiona pequeños organismos cuando estos estimulan los **pelos táctiles**.

Estas estrategias de las plantas muestran una **adaptación extrema a la pobreza del suelo**, y cómo en esa situación pueden diversificar sus métodos de nutrición más allá de la fotosíntesis.