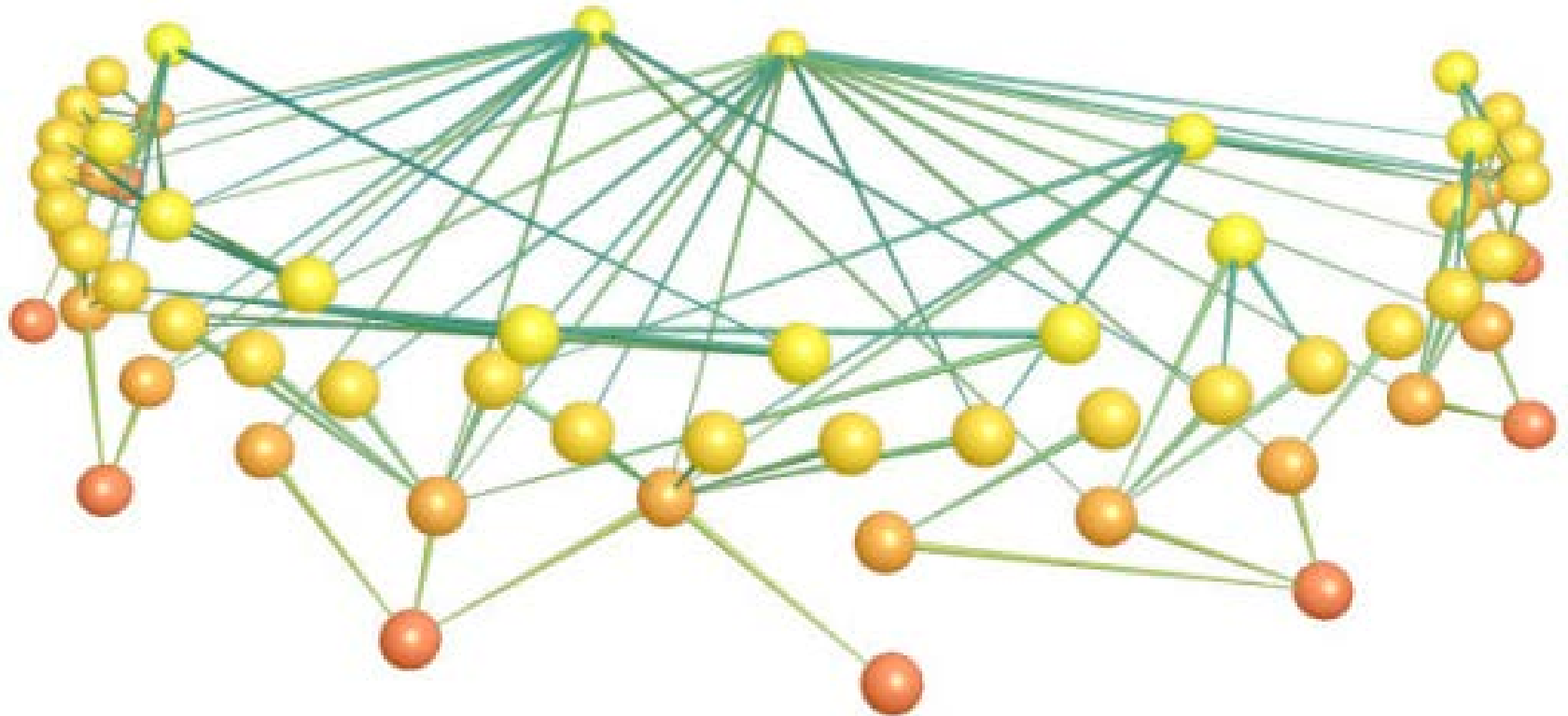


# Las interacciones de las plantas: «las redes sociales» en las que participan





**Las plantas no están solas  
«sus redes sociales son omnipresentes»**

# Las plantas son productores primarios: la base de la cadena alimentaria

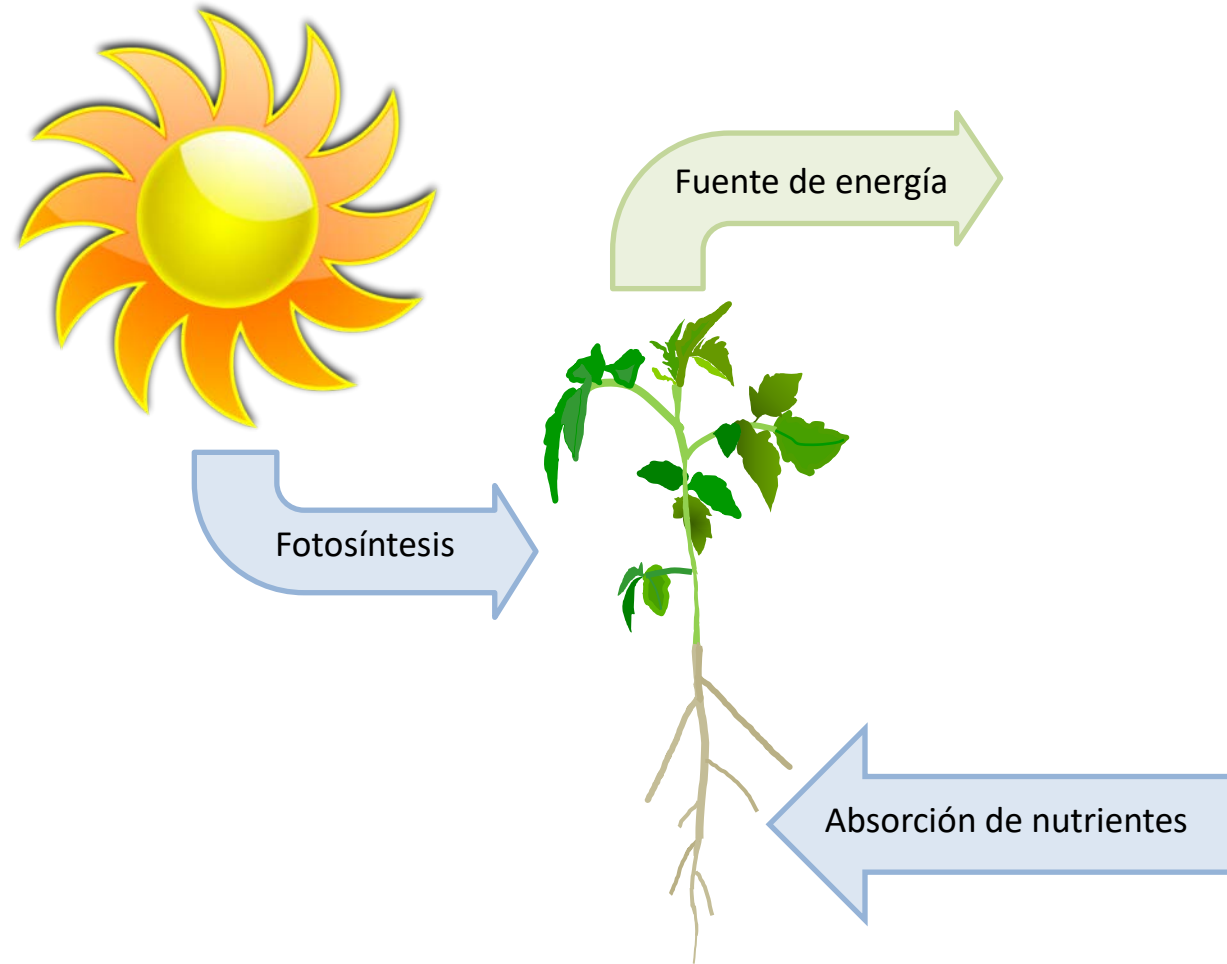


Image by [inky2010](#)

# Las plantas compiten, cooperan y son consumidas

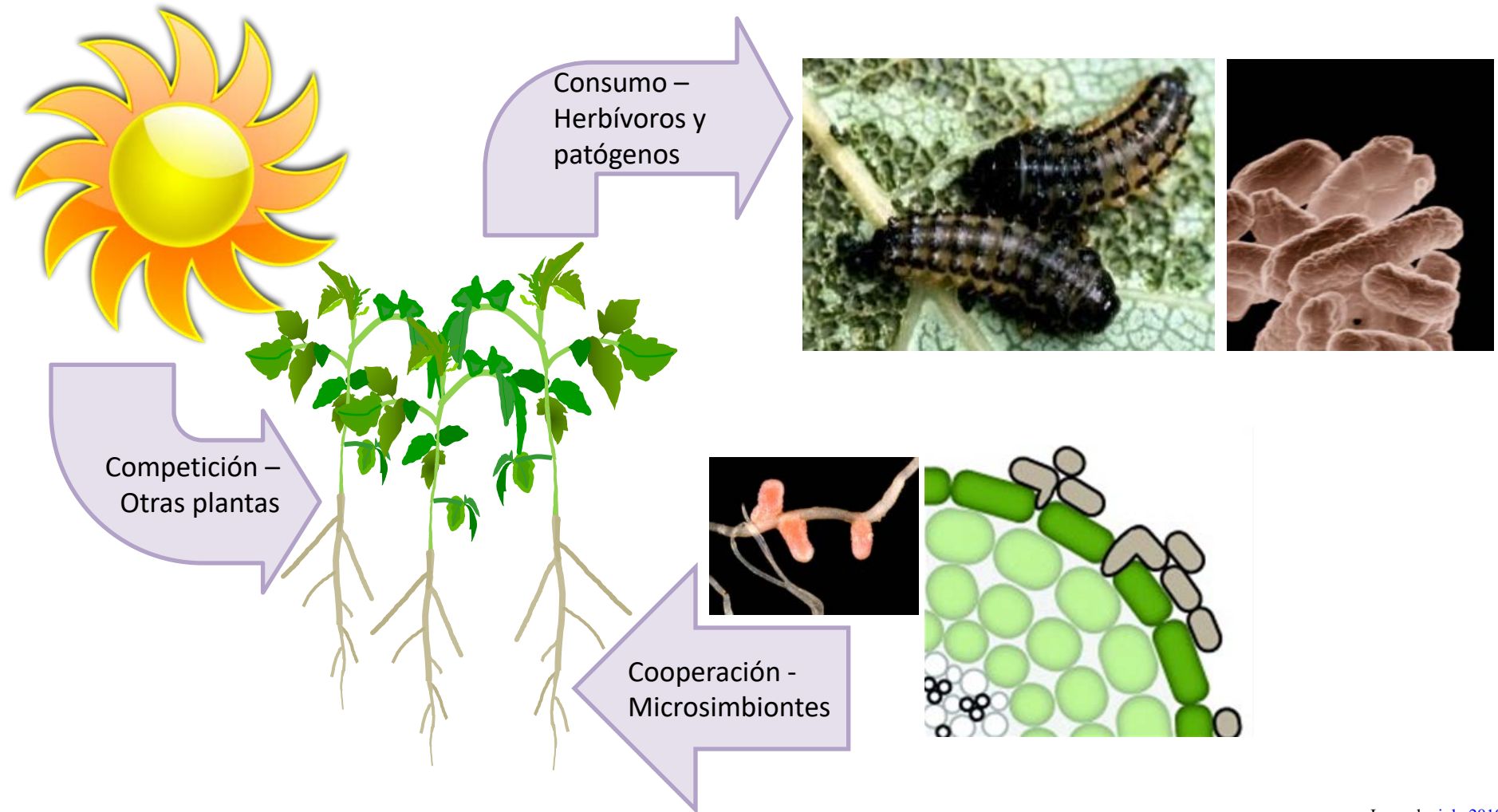
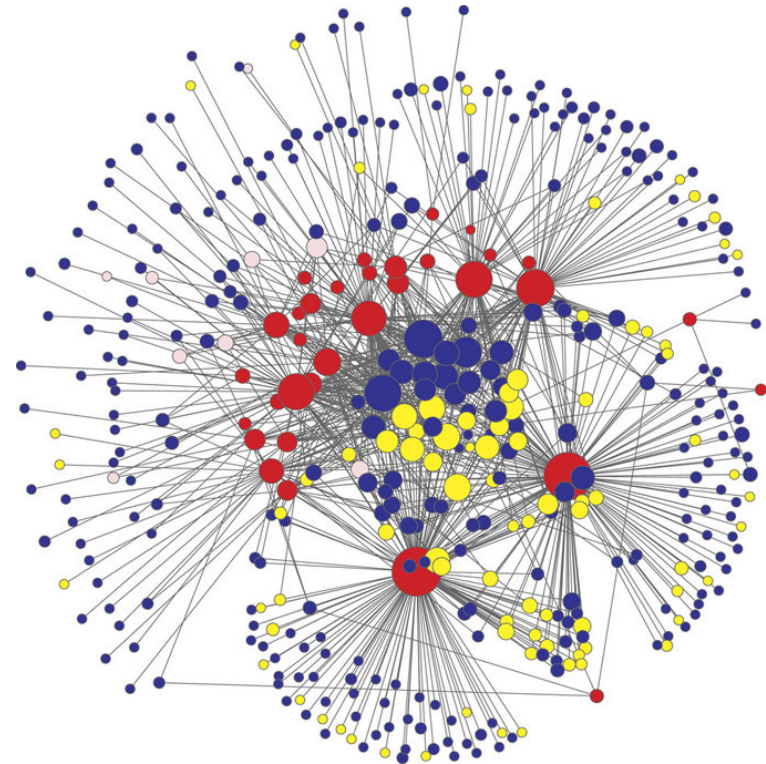


Image by [inky2010](#)

# Las interacciones entre organismos

Las interacciones entre organismos de especies diferentes pueden ser agrupadas en 4 grandes categorías:

1. Comer o ser comidos
2. Competencia por recursos
3. Cooperación
4. Sin directa interacción



# Tipos de interacciones entre organismos

Tipo de interacción	Especie 1	Especie 2	Naturaleza de la interacción
<b>Predación</b>	+	-	En ambos, la especie 1 se beneficia a expensas de la especie 2. Diferencia sutil entre ambos mecanismos (parásitos generalmente invaden al hospedante y lo consumen por dentro; predadores actúan en forma externa)
<b>Parasitismo</b>	+	-	
<b>Competencia</b>	-	-	Ambas especies sufren (genera un costo para ambas)
<b>Amensalismo</b>	-	0	Una especie es inhibida (1) y la otra no se ve afectada
<b>Neutralismo</b>	0	0	Ninguna de las especies afecta a la otra
<b>Comensalismo</b>	+	0	Una especie se ve beneficiada (1) mientras que la otras no es afectada
<b>Mutualismo</b>	+	+	Ambas especies ganan de la interacción

# Tipos de interacciones de las plantas

Interacciones mutualísticas y simbióticas



Predación por patógenos



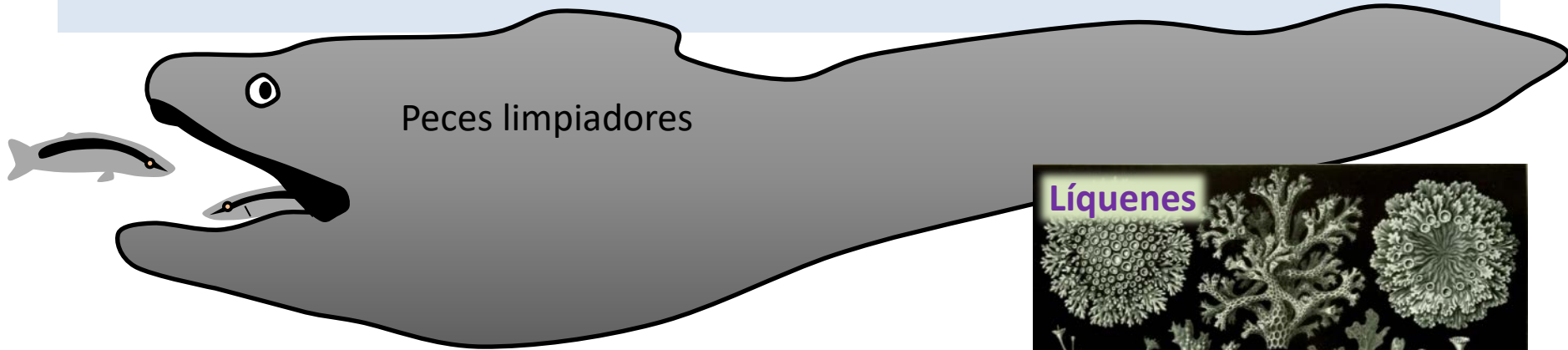
Competencia y cooperación con otras plantas



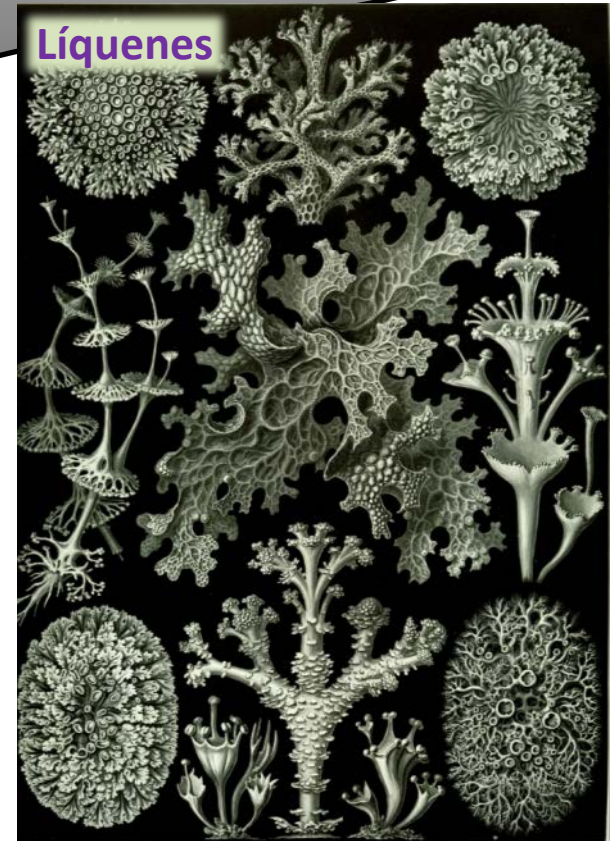
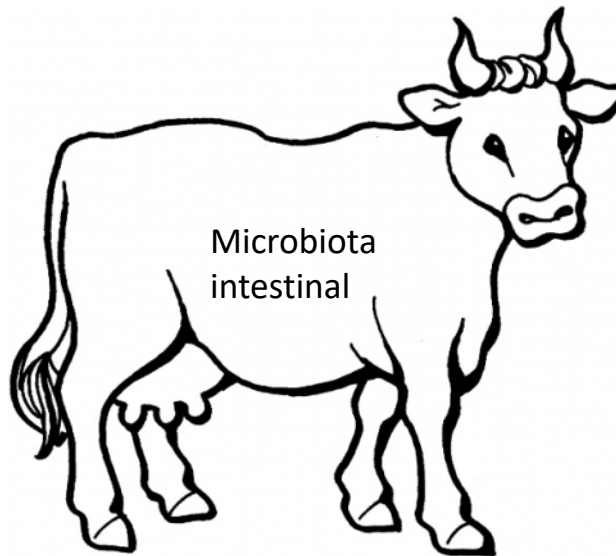
Plantas y la gente: plantas como fuente de alimento y medicina y el cambio climático por causa del hombre



# Interacciones mutualísticas



**Mutualismo:**  
Interacción  
mutuamente  
beneficiosa  
entre  
individuos de  
diferentes  
especies



[Ernst Haeckel](#)



# El mutualismo de las plantas mejora la reproducción y la absorción de nutrientes

Polinización



Dispersión de semillas



Simbiosis micorrítica



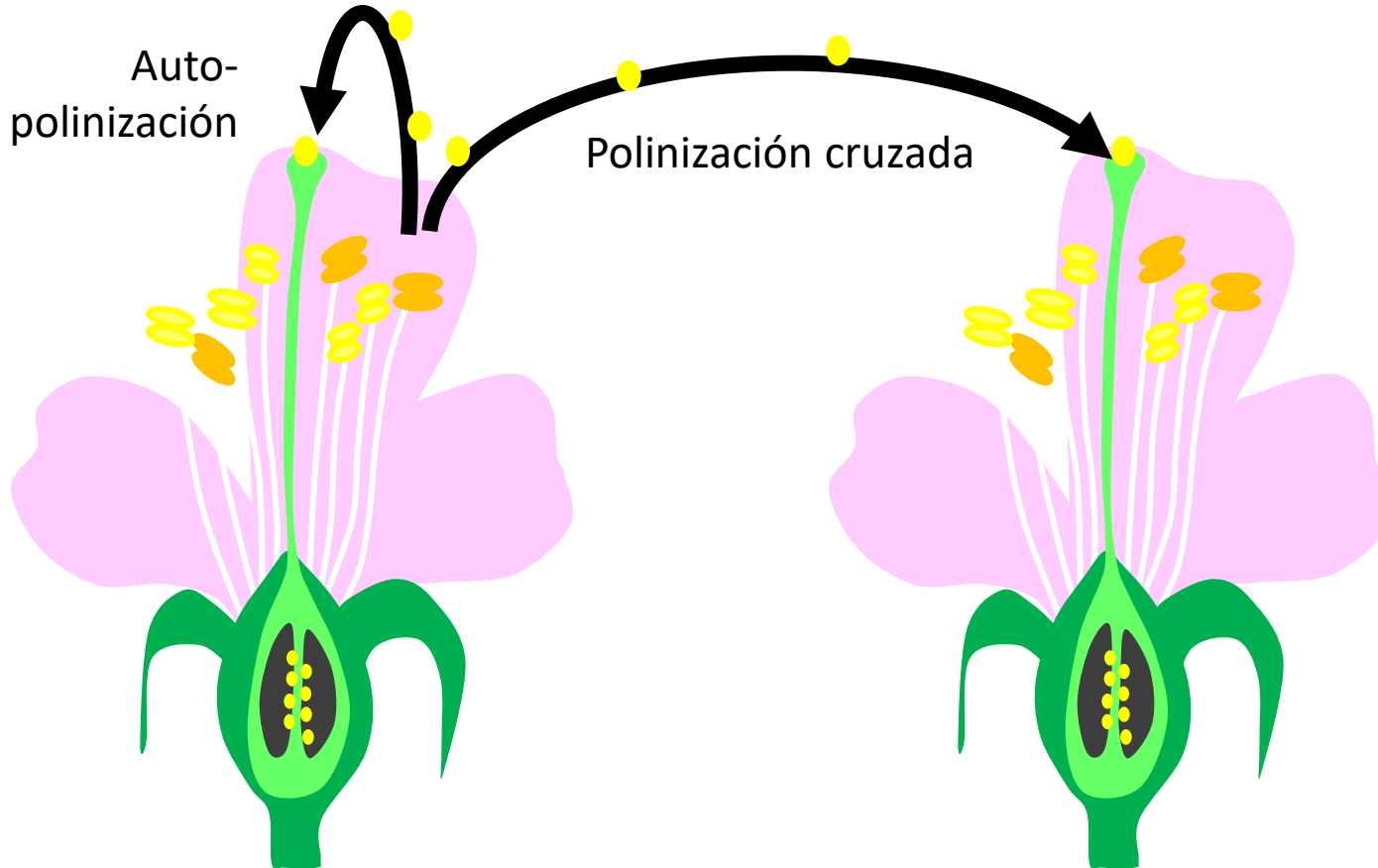
Fijación de N por endosimbiosis



Las plantas cooperan con otros organismos para mejorar la absorción de nutrientes y el éxito reproductivo

Image credits: Rob Flynn, [USDA-ARS](#); [tom donald](#); The ecology of ectomycorrhizal fungi (21<sup>st</sup> New Phytologist Symposium Logo), reproduced with permission of the New Phytologist Trust ©2008.

# La polinización es la transferencia de polen desde la antera al estigma



El gran de polen maduro (gametofito masculino) contiene las gametas masculinas que producirán la doble fecundación.

Sólo un pequeño número de plantas se auto-poliniza; la mayoría requiere de polinización cruzada

# Algunas plantas tienen agentes de polinización abiótico (viento y agua) y otras de tipo biótico



Plantas polinizadas por viento producen una gran cantidad de polen



Polinizadores animales incluyen a las abejas, avispa, escarabajos, polillas, moscas, mariposas, colibríes, murciélagos y lagartijas



# Algunas plantas tiene formas y patrones complejos para facilitar la polinización



Algunas flores tienen "guías" para dirigir los polinizadores al néctar

Otras producen néctar en la punta de espolones cuyas longitudes se correlacionan con el largo de la lengua de los polinizadores

Observaciones de plantas y sus polinizadores ayudaron a Darwin para refinar sus ideas sobre la selección natural

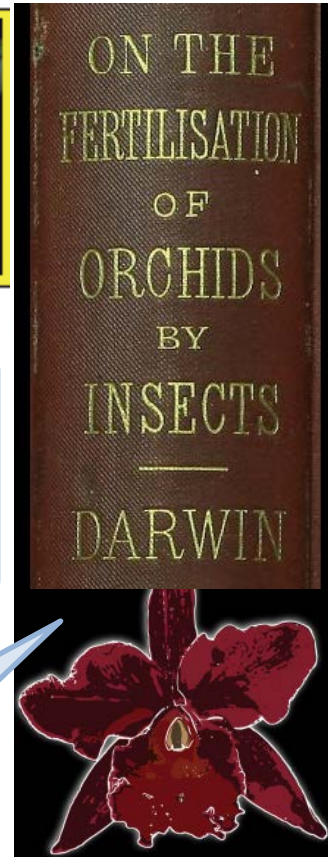


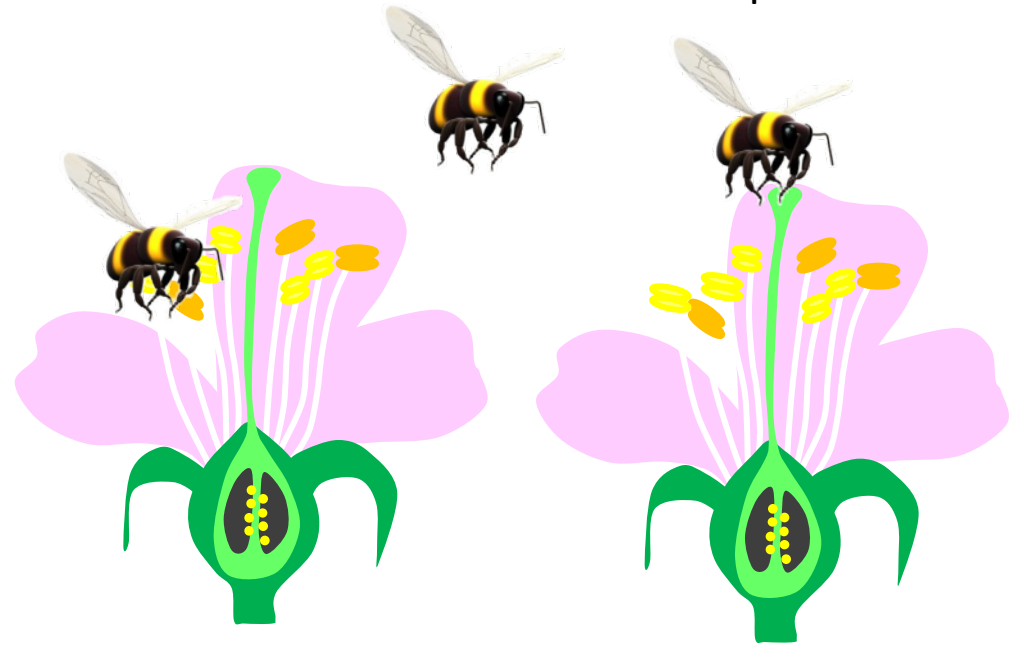
Photo courtesy Tom Donald; Reprinted by permission from Macmillan Publishers Ltd. Whittall, J., and Hodges, S. (2007). Pollinator shifts drive increasingly long nectar spurs in columbine flowers. Nature 447: [706 – 712](#); [Darwin Online](#).

# La polinización es mutuamente beneficiosa

Las flores recompensan a los polinizadores al proporcionar néctar o polen rico en proteínas



Los polinizadores premian las flores mediante la transferencia de polen



Aproximadamente el **84%** de los cultivos comerciales **dependen de los polinizadores**, en su mayoría insectos, principalmente abejas

Photo courtesy of [David Cappaert](#), Michigan State University, Bugwood.org

# La polinización es mutuamente beneficiosa

Los polinizadores son esenciales para numerosos cultivos agrícolas.

**Servicio de polinización:** presencia de polinizadores en las zonas con cultivos que permiten la polinización cruzada y así garantizan el rendimiento de los mismos

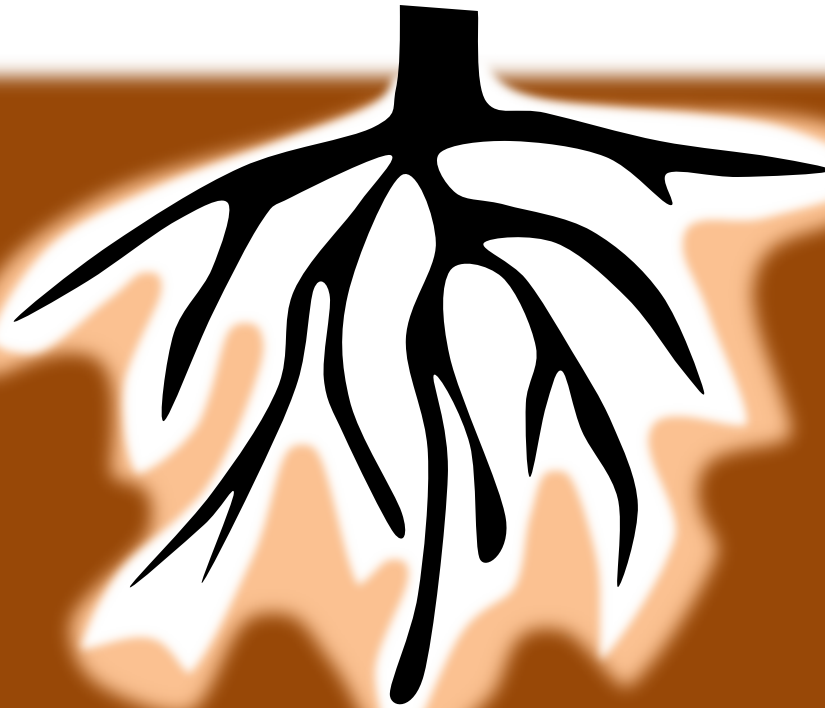


# La propagación de semillas por los animales es otra forma de mutualismo



Image credit [Gary Cramer](#) USDA NRCS; [USDA NRCS](#)

# Las plantas forman asociaciones mutualistas con simbiontes de raíces



Las plantas forman asociaciones mutualistas y simbióticas con microorganismos del suelo

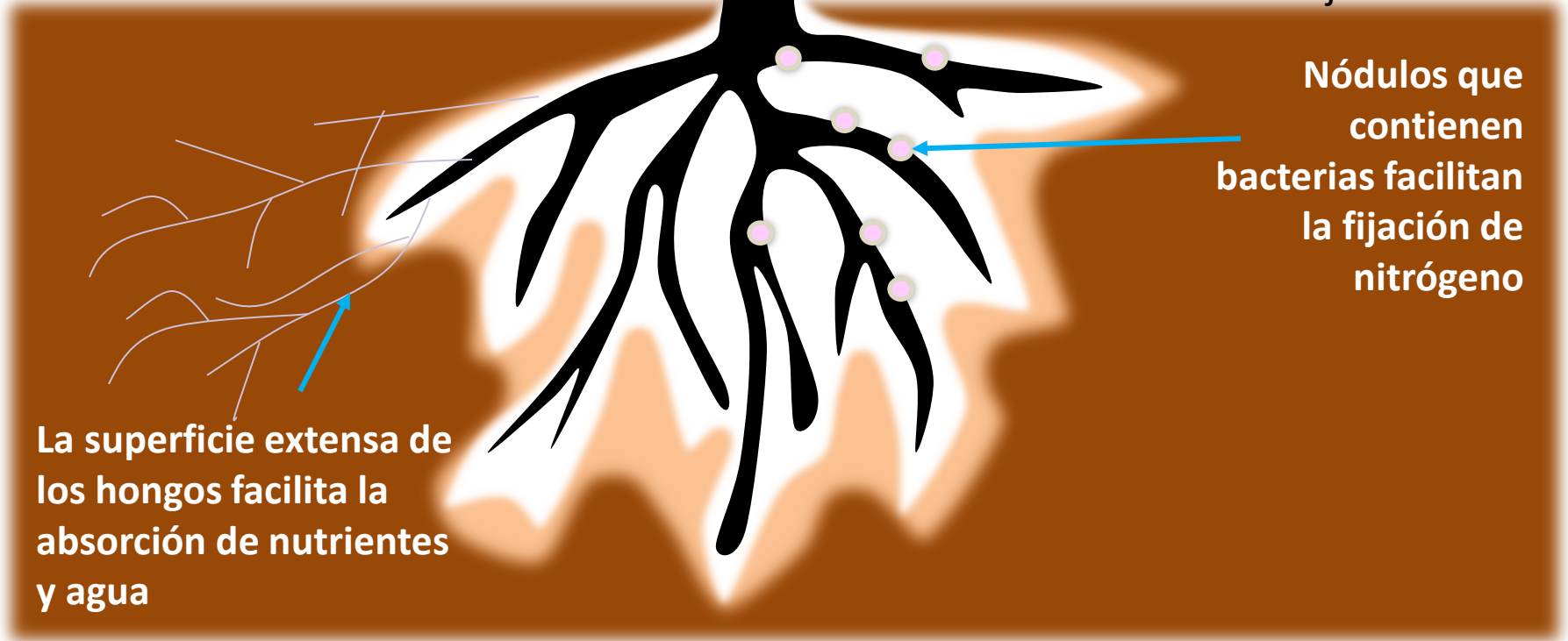
La planta obtiene nutrientes; los simbiontes ganan azúcares derivados de la fotosíntesis



# Los hongos micorrízicos y las bacterias fijadoras de nitrógeno son simbiosntes principales

La mayoría de las plantas  
Hongos micorrízicos

Algunas plantas  
Bacterias fijadoras de N

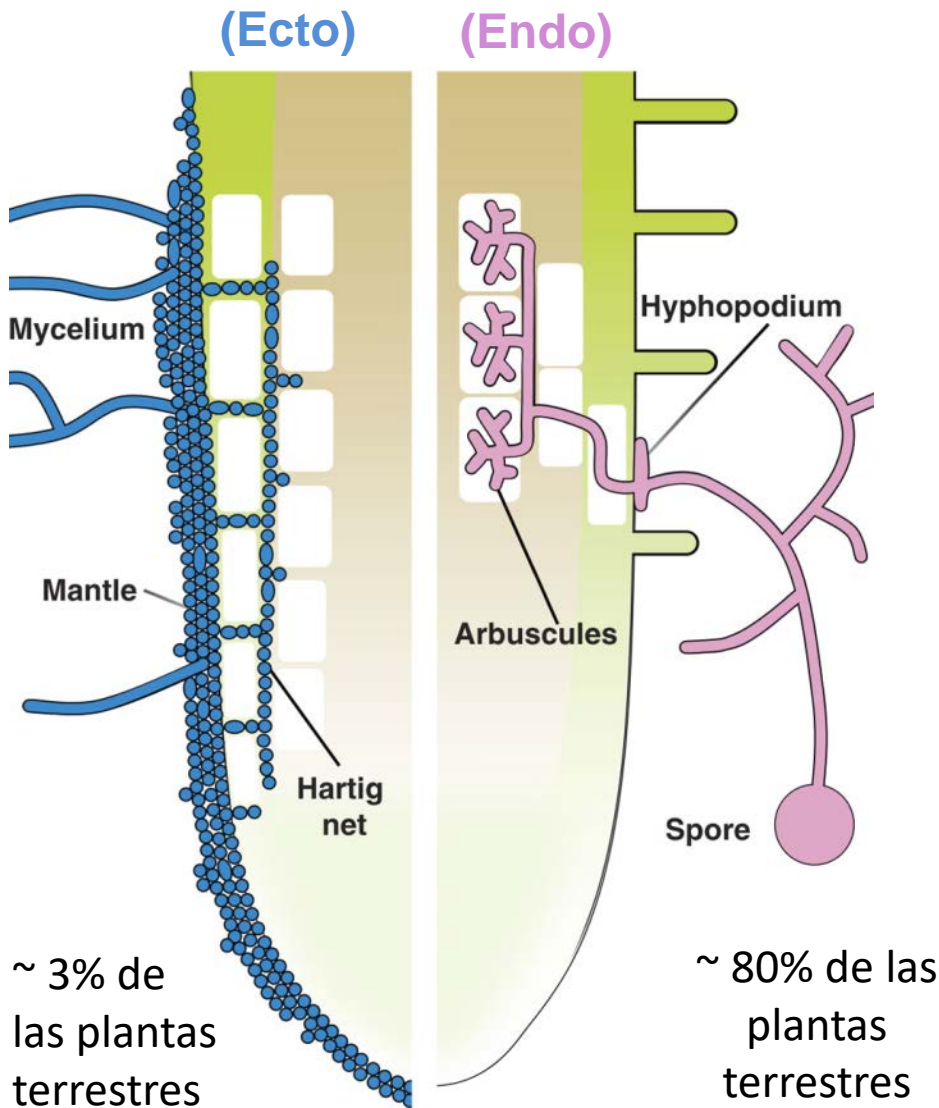


# Simbiosis – hongos micorrízicos



Photo credits: [Agriculture and Agri-Food Canada](#), courtesy [M. Vohník](#)

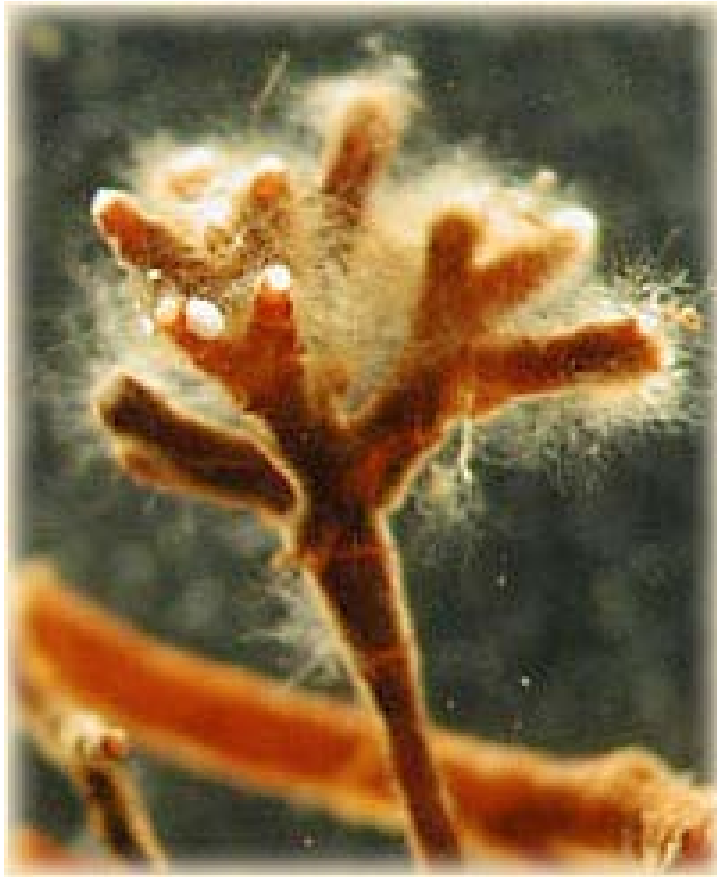
# Los hongos micorrízicos son ecto- o endomicorrízicos



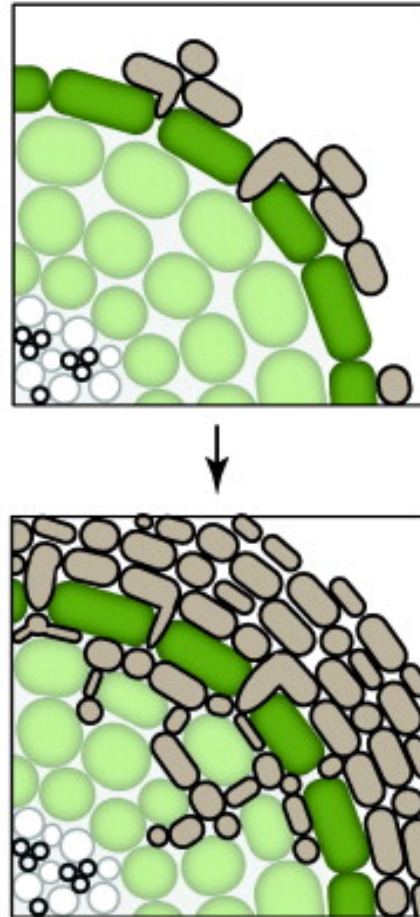
Los hongos ectomicorrízicos proliferan fuera de la raíz y entre las células, y los hongos endomicorrízicos proliferan dentro de las células

Reprinted by permission from Macmillan Publishers Ltd. Bonfante, P., and Genre, A. (2010). Mechanisms underlying beneficial plant–fungus interactions in mycorrhizal symbiosis. *Nat Commun* 1: [48](#).

# Los hongos EM forman redes alrededor de la raíz pero no penetran en las células



Ápice radical de *Pinus nigra* colonizado por hongo ectomicorrízico

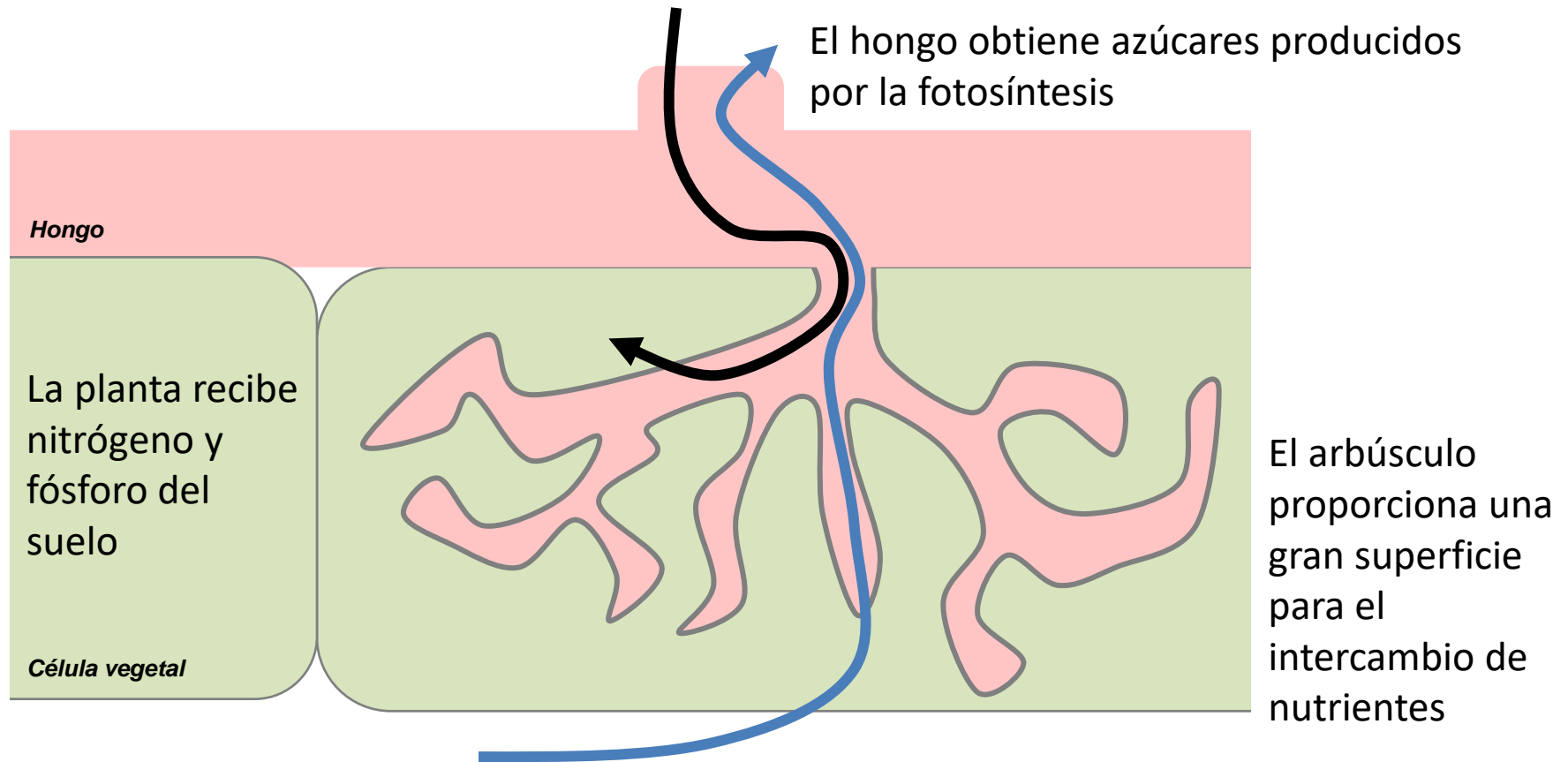


TRENDS in Genetics

EMF forman una malla alrededor de la punta de la raíz (red Hartig) y también penetran entre las células

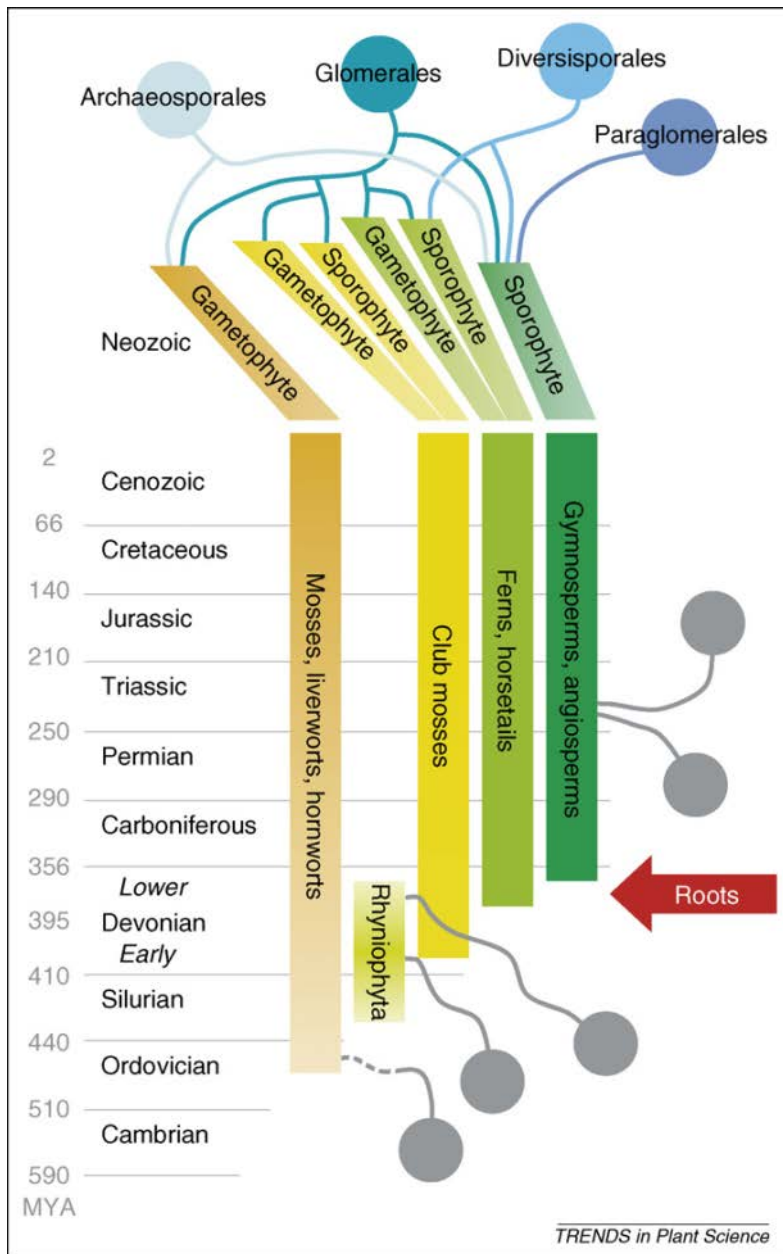
Reprinted from Plett, J.M., and Martin, F. (2011). Blurred boundaries: lifestyle lessons from ectomycorrhizal fungal genomes. Trends Genetics 27: [14-22](#) with permission from Elsevier; Photo courtesy [M. Vohník](#)

# Los hongos micorrízicos arbusculares entran en la célula de la planta y forman estructuras parecidas a los árboles



# Los hongos micorrízicos arbusculares se asocian con ~ 80% de las plantas terrestres

La simbiosis planta - AMF puede haber sido esencial para que las plantas se establezcan en el medio ambiente terrestre mejorando la absorción de nutrientes y agua, y en la actualidad, continúa mejorando el éxito de las plantas



Reprinted from Bonfante, P., and Genre, A. (2008). Plants and arbuscular mycorrhizal fungi: an evolutionary-developmental perspective. *Trends Plant Sci.* 13: [492-498](#) with permission from Elsevier.

# Simbiosis – bacterias en nódulos radicales



Los nódulos radicales de *Medicago italica*  
inoculados con *Sinorhizobium meliloti*

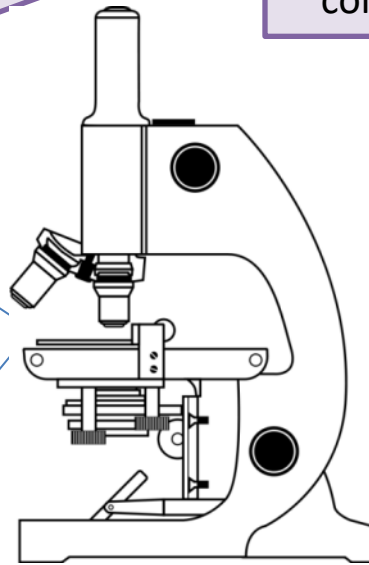
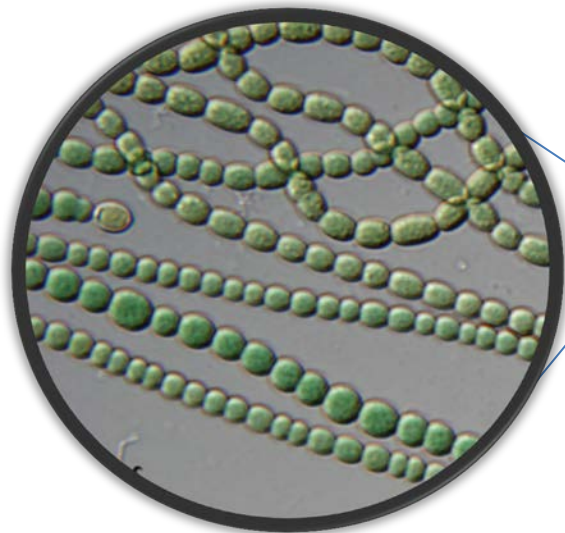
Photo credit: [Ninjatashell](#)

# La fijación biológica del nitrógeno se lleva a cabo mediante bacterias libres o simbióticas

Muchas bacterias fijadoras de nitrógeno son de vida libre, otras forman asociaciones con plantas u hongos

Cianobacterias como estas *Anabaena* son fotosintéticas, fijadoras de nitrógeno y pueden ser de vida libre o mutualista

Los helechos de *Azolla*, que fijan el nitrógeno con su socio simbiótico *Anabaena*, se utilizan como abono verde en arrozales



Microscope by [Ben](#); Culture Collection of Autotrophic Organisms ([CCALA](#)) Institute of Botany, Academy of Sciences of the Czech Republic.; Azolla courtesy of [IRRI](#)

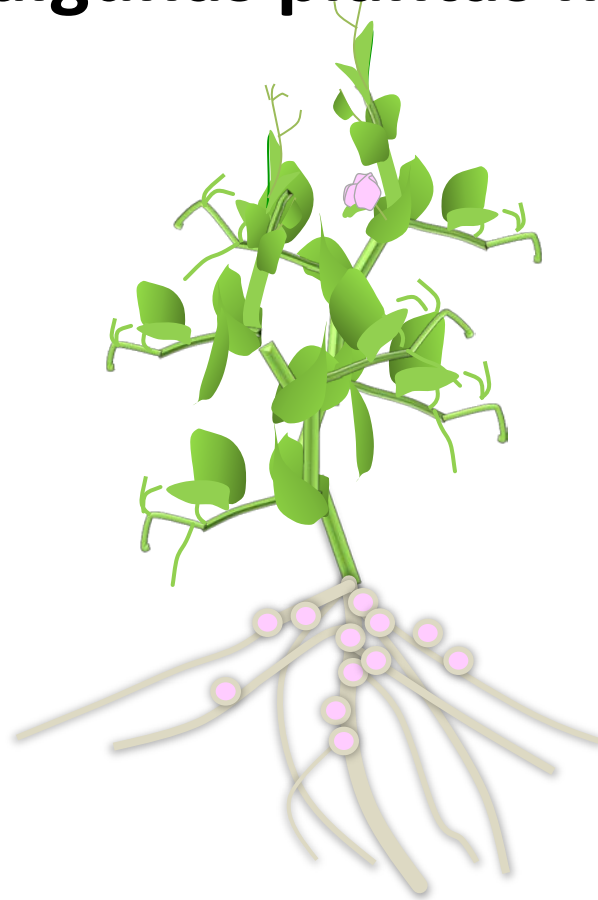


# La fijación simbiótica de nitrógeno proporciona a algunas plantas nitrógeno extra

Algunas bacterias fijadoras de nitrógeno forman asociaciones simbióticas con plantas



Muchas plantas se asocian con cianobacterias



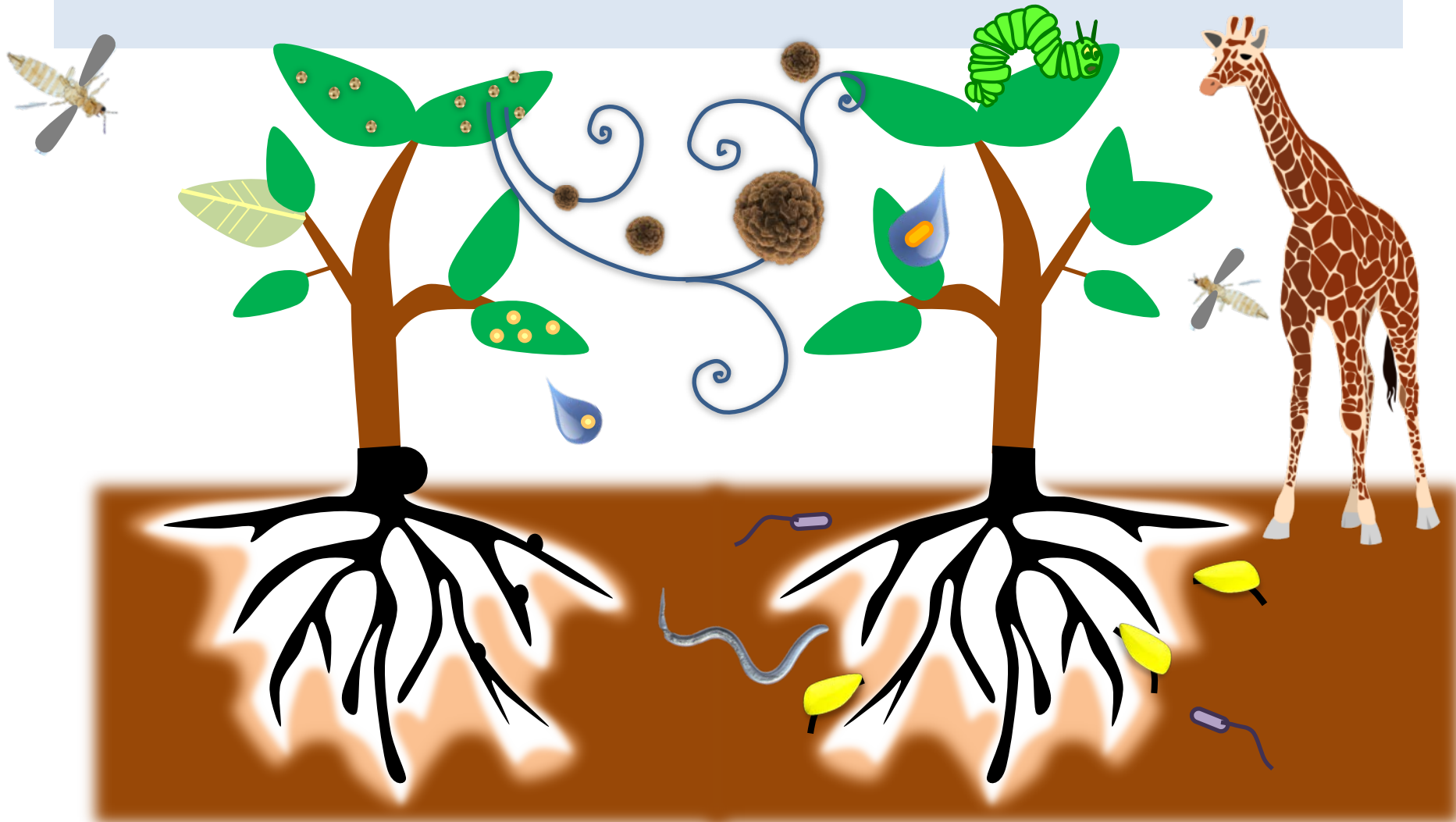
Las leguminosas forman nódulos con rizobios simbióticos

Aliso (*Alnus crispa*) que crece a raíz del retroceso del glaciar



Plantas, como el aliso, forman nódulos simbióticos con *Frankia*

# Patógenos, plagas y herbívoros



# Las plantas están rodeadas por muchos enemigos con un objetivo común ...

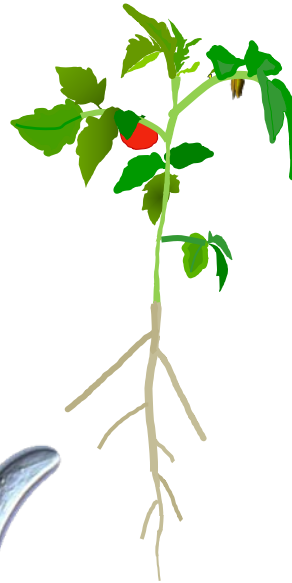
... comérselas!



**Insectos**



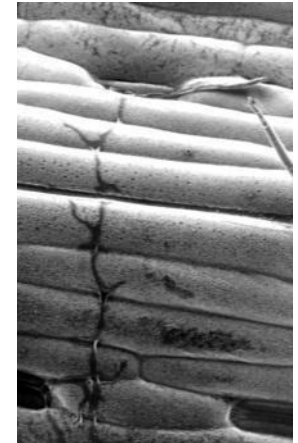
**Bacterias**



**Nemátodos**



**Oomycetes**



**Hongos**

Photo by Gilbert Ahlstrand courtesy USDA, Photo by Eric Erbe, digital colorization by Christopher Pooley, [http://www.inra.fr/meloidogyne\\_incognita](http://www.inra.fr/meloidogyne_incognita), D'Arcy, C. J., D. M. Eastburn, and G. L. Schumann. 2001. Illustrated Glossary of Plant Pathology. [The Plant Health Instructor](#)

# Los patógenos y las plagas causan pérdidas mundiales de cultivos $\geq 25\%$



*Phytophthora capsici* en el pepino  
(*Cucumis sativus*)



Perforador europeo del  
maíz (*Ostrinia nubilalis*)  
en su hospedante

Images courtesy Clemson University - USDA Cooperative Extension Slide Series, [Bugwood.org](http://Bugwood.org);  
Charles Averre, North Carolina State University, [Bugwood.org](http://Bugwood.org)

# Las plantas son susceptibles a enfermedades causadas por muchos organismos ...



Photo courtesy of [CIMMYT](#), [CIMMYT](#), [IRRI](#), [IRRI](#), [IITA](#)

# Hongos



Maíz infectado con fusariosis  
(*Fusarium verticillioides*)



Trigo infectado con la roya del  
tallo (*Puccinia graminis*)

Photo credits [IITA image library](#); [ARS USDA](#)

# Virus

Los tubérculos de yuca (*Manihot esculenta*) son la tercera fuente más importante de calorías en los trópicos

El virus del mosaico de la mandioca es el patógeno más importante que afecta a la yuca. Las plantas infectadas frecuentemente no producen tubérculos

**Resistentes**      **Susceptibles**



Se han identificado variedades resistentes y genes que confieren resistencia



Dibujo sobre tela mostrando plantas de yuca infectada con el virus mosaico de la yuca, de Guinea-Bissau

Photo courtesy of [William M. Brown Jr.](#), Bugwood.org [IITA Photo Library](#) See also Alabi, O. J., Kumar, P. L., and Naidu, R. A. 2011. Cassava mosaic disease: A curse to food security in Sub-Saharan Africa. [Online](#). *APSnet Features*. doi:10.1094/APSnetFeature-2011-0701.

# Bacterias



Plátanos infectados con *Xanthomonas*



Maíz infectado con mancha bacteriana de la hoja (*Acidovorax avenae* subsp. *avenae*)



Photos courtesy of [IITA Photo Library](#) and [CIMMYT](#)



# Nemátodos



Los nematodos son gusanos redondos y minúsculos (diámetro de 0,1 mm) que se encuentran en todos lados (ubícuos). Algunos son plagas de plantas, algunos comen plagas de plantas, y algunos son patógenos humanos



Tubérculo de ñame (*Dioscorea* spp.) infectado con nemátodos

Trigo infectado con nemátodos de nudos de raíz (*Meloidogyne* spp.)



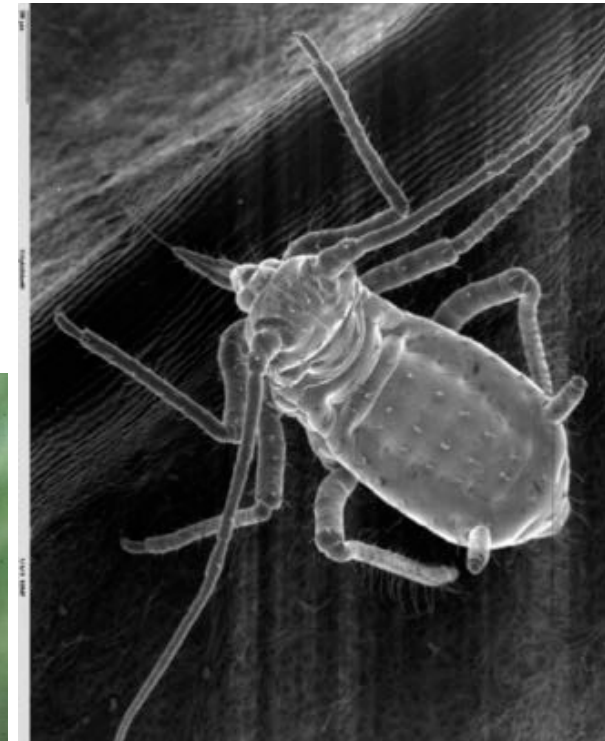
Photos courtesy of [IITA Photo Library](#) and [CIMMYT](#)

# Los insectos comen hojas, flores, semillas y raíces y propagan enfermedades



Gorgojo de la cápsula  
(*Anthonomus grandis grandis*)  
sobre el algodónero  
(*Gossypium hirsutum*)

Escarabajo de hoja (*Phratora laticollis*) en el álamo temblón  
(*Populus tremula*)



Áfido sobre una planta desconocida

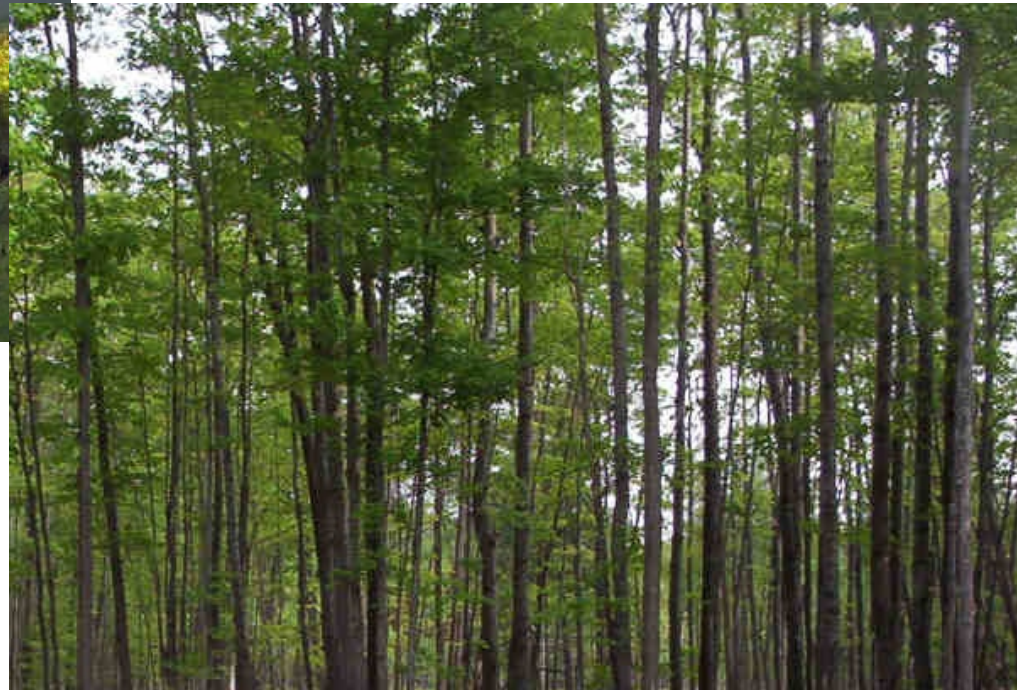
Image credits: Petr Kapitola, State Phytosanitary Administration, [Bugwood.org](http://Bugwood.org); Alton N. Sparks, Jr., University of Georgia, [Bugwood.org](http://Bugwood.org), [Louisa Howard](http://LouisaHoward.com), Dartmouth College

# Interacciones de plantas con otras plantas



Las plantas compiten con otras plantas por la luz

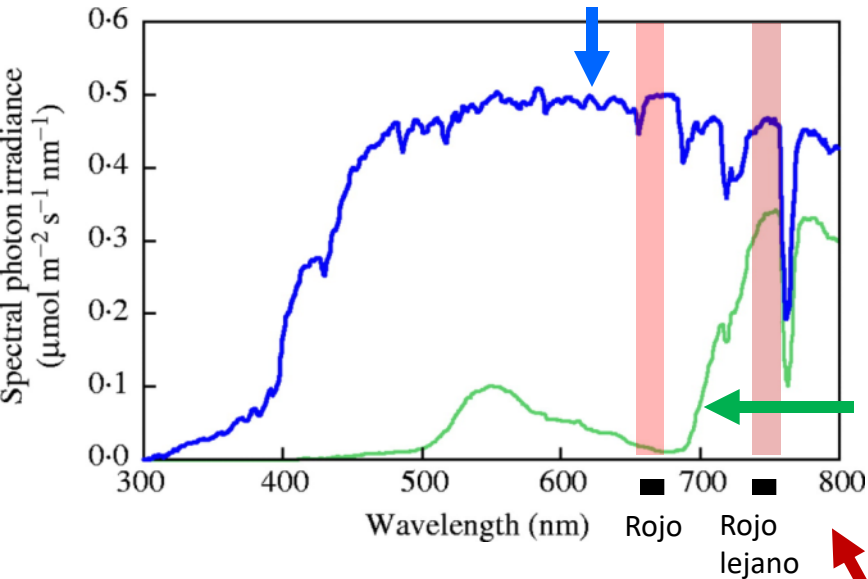
Los árboles que crecen en los bosques se desarrollan en altura, sombreando las plantas debajo de ellos



[Finally creative LLC](#), [Easy Stock Photos](#)

# Las plantas tienen fotorreceptores que les permiten "ver" a las otras plantas

Bajo luz solar directa, la relación rojo/rojo lejano es cercana a 1



Bajo una hoja que absorbe la luz roja para la fotosíntesis, la proporción de luz roja lejana a luz roja es cercana a 10

Radiación fotosintéticamente activa (PAR)

La luz de longitud de onda larga no es suficientemente energética para la fotosíntesis

La luz enriquecida en rojo lejano estimula la elongación del tallo



Franklin, K.A., and Whitelam, G.C. (2005). Phytochromes and shade-avoidance responses in plants. *Annals of Botany* 96: [169-175](#) by permission of Oxford University Press.

# Plantas epífitas logran alcanzar mayor cantidad de luz sobrepasando a otras



Photo credits [Aaronyeo](#), [Prashanthns](#), [Dirk van der Made](#)

# Algunas plantas requieren fuego para liberar semillas o estimular la germinación



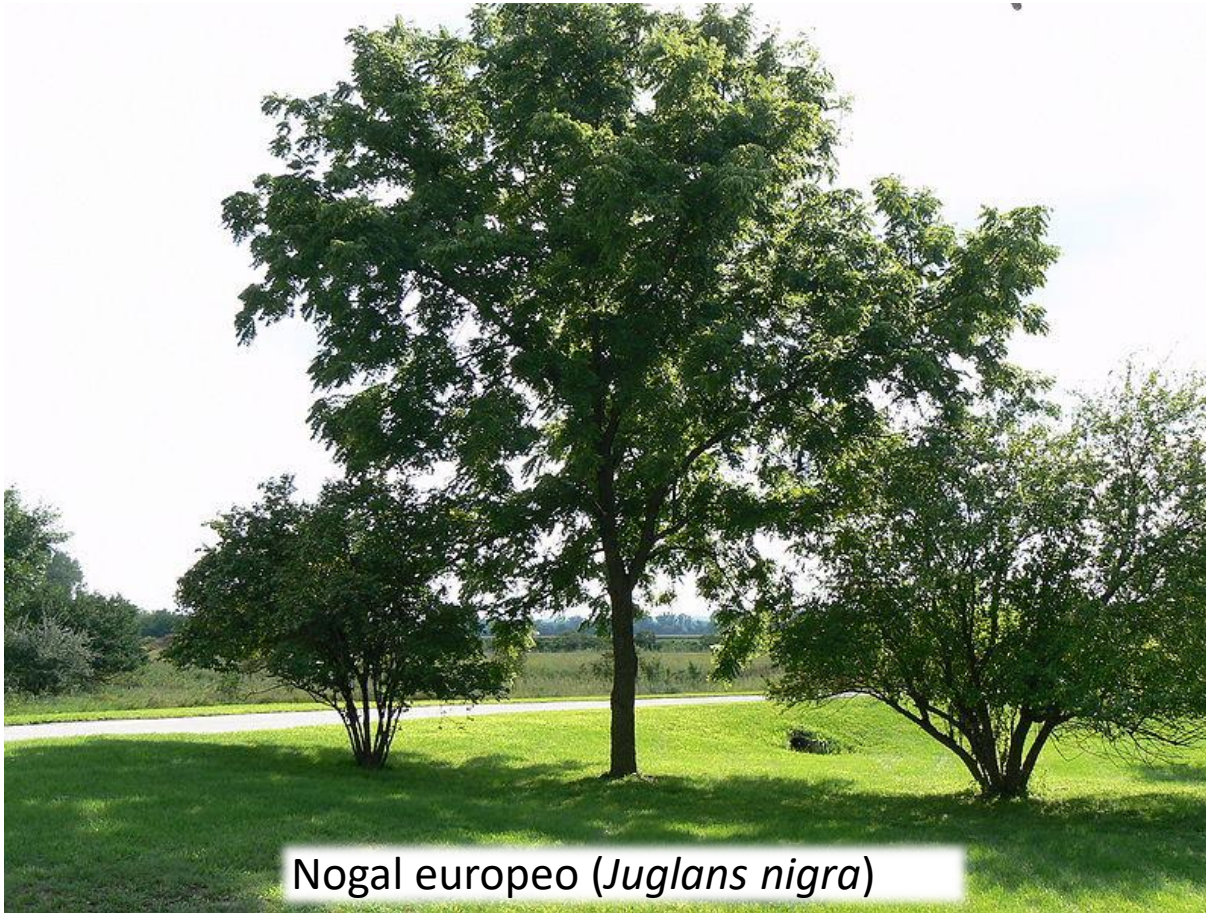
El fuego hace sitio a las plantas jóvenes y tiene un papel importante en la renovación de los bosques



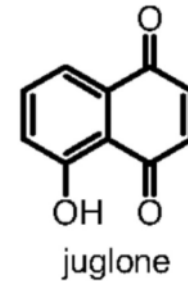
Algunos conos y semillas son serótimos, abriéndose en respuesta al fuego

Image source [pfern, menchi](#)

# Algunas plantas producen compuestos alelopáticos



Nogal europeo (*Juglans nigra*)



Los compuestos alelopáticos interfieren en el crecimiento de las plantas vecinas

# Algunas plantas parasitan a otras plantas



Image sources [USDA APHIS PPO Archive](#), [William M. Ciesla](#), Forest Health Management International, [John D. Byrd](#), Mississippi State University,



# Las actividades humanas están elevando los niveles atmosféricos de CO<sub>2</sub>

## 56 Years of CO<sub>2</sub> at Mauna Loa

The steady rise of carbon dioxide



Source: Scripps CO<sub>2</sub> Program

CLIMATE CO<sub>2</sub> CENTRAL



Photo courtesy [Earth Observatory NASA](#), [NOAA](#)

# Las actividades humanas están elevando los niveles atmosféricos de CO<sub>2</sub>

Las concentraciones actuales de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> exceden en gran medida los valores pre-industriales registrados en testigos de hielo durante los últimos 820.000 años!!

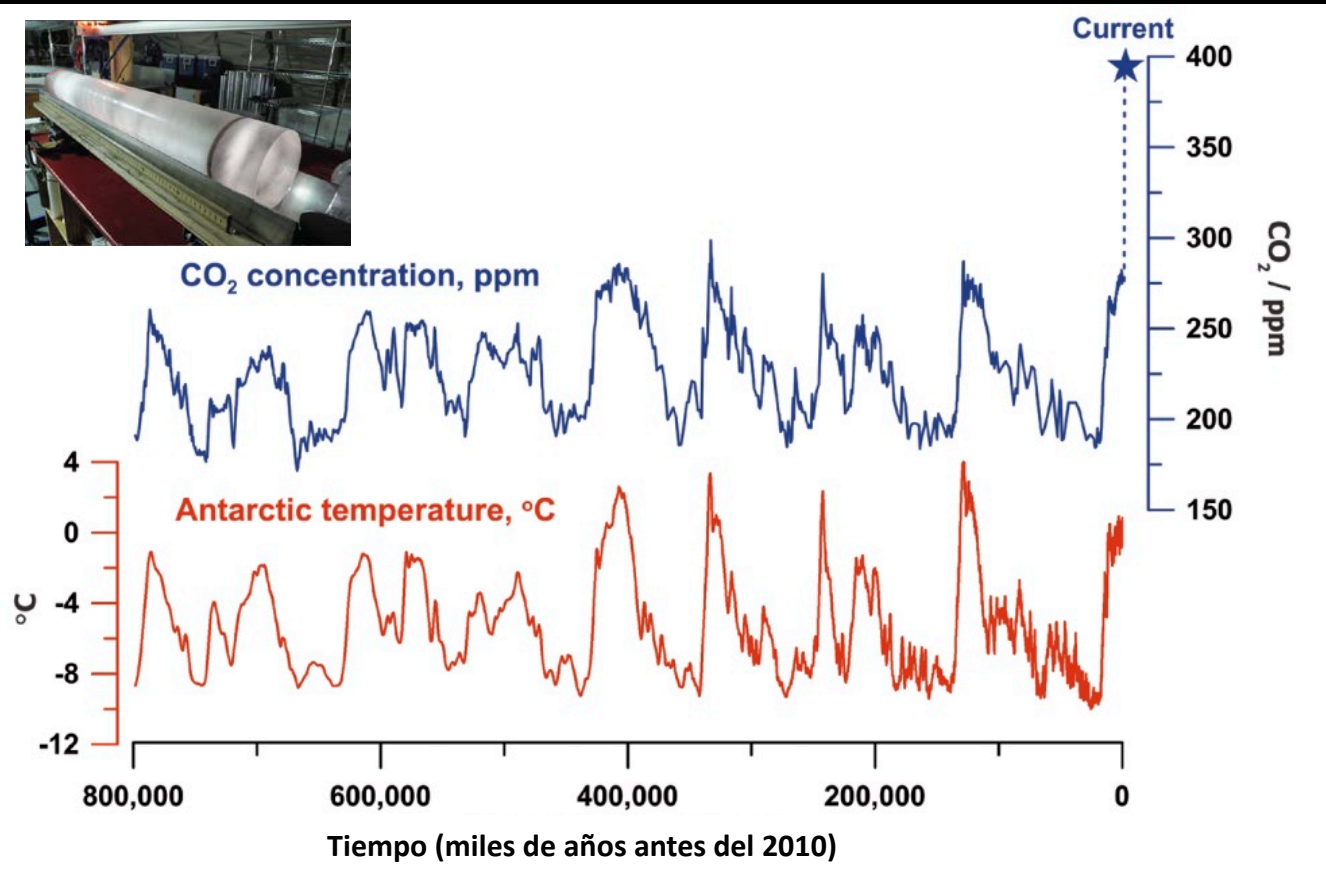
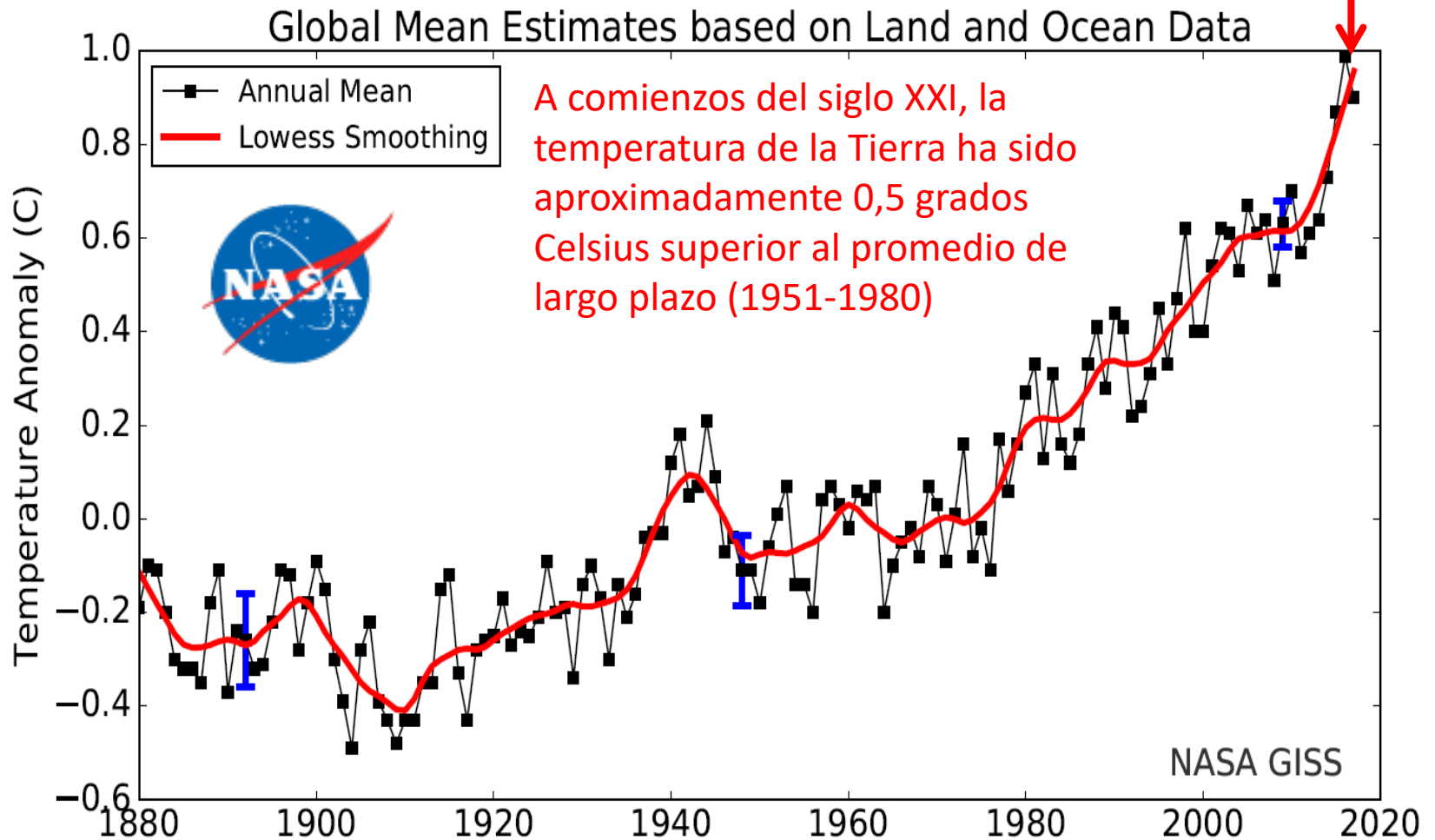


Photo courtesy [Earth Observatory NASA](#), [NOAA](#)

# Los efectos de los elevados gases de efecto invernadero sobre la temperatura son preocupantes

2017



# El cambio climático está afectando las interacciones de las plantas



Aumento de la susceptibilidad a patógenos y plagas



Aumento de la competencia con plantas invasoras



Desestabilización de las asociaciones simbióticas

Pérdida de sincronía con los polinizadores

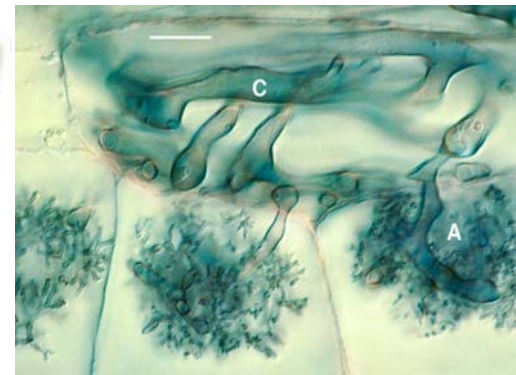


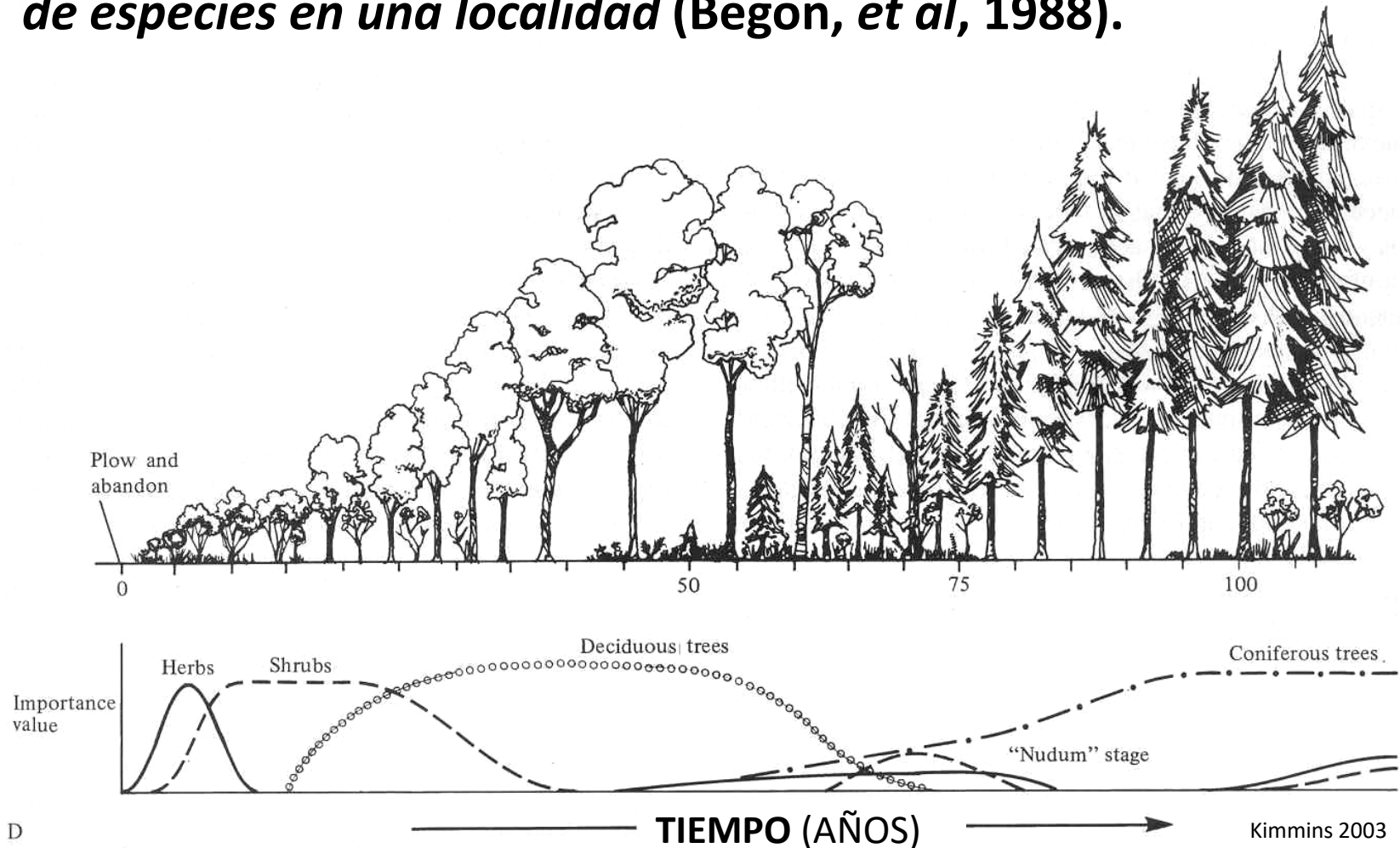
Photo by [L.L. Barry](#) Bugwood

# La sucesión ecológica y las interacciones de las plantas



# Sucesión ecológica

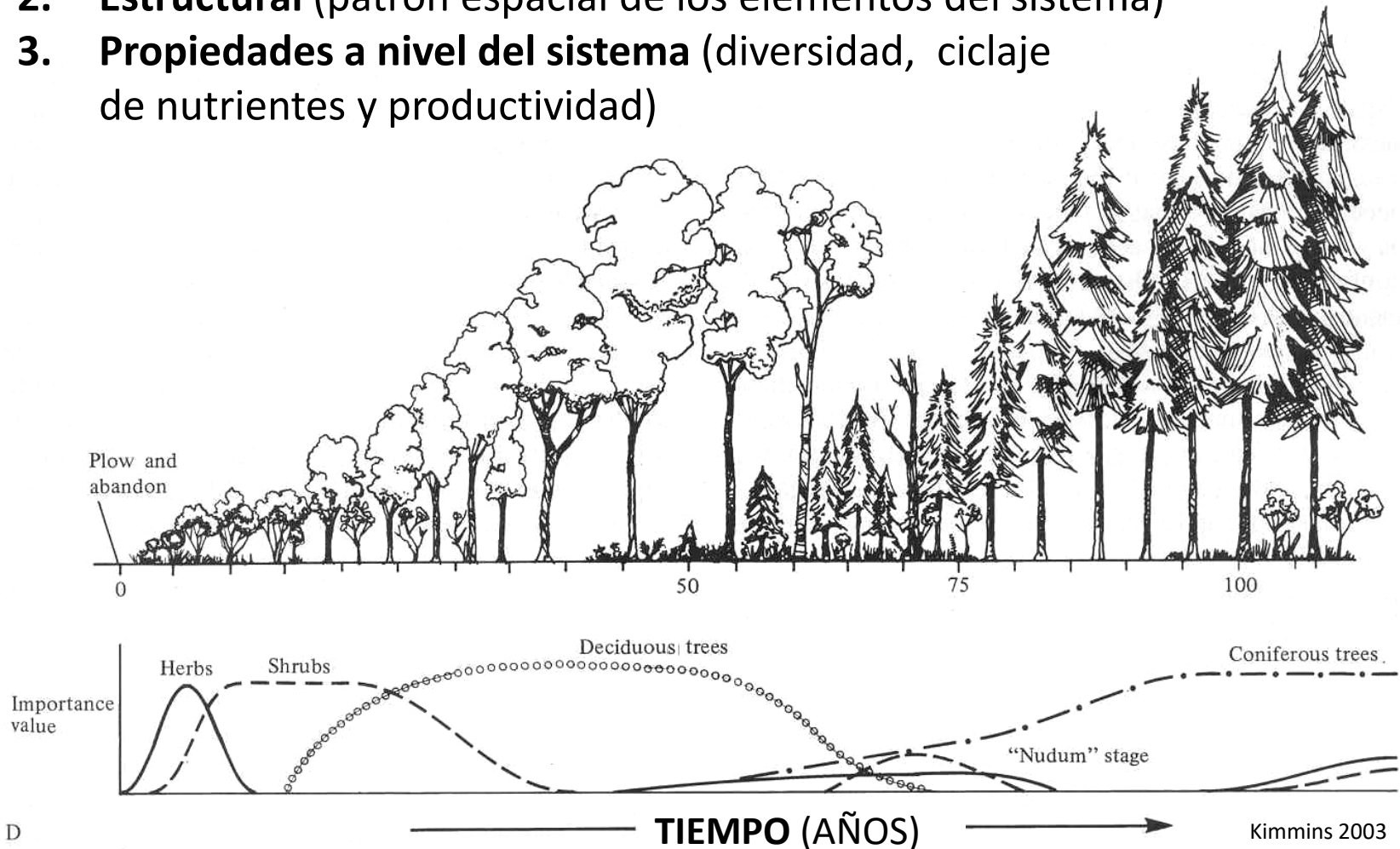
***Sucesión, definido como el esquema continuo, direccional y no estacional de colonización y extinción de las poblaciones de especies en una localidad (Begon, et al, 1988).***



# Sucesión ecológica

## ***Sucesión* involucra cambios en 3 niveles:**

- 1. Composicional** (sp o formas de vida que dominan el sistema)
- 2. Estructural** (patrón espacial de los elementos del sistema)
- 3. Propiedades a nivel del sistema** (diversidad, ciclaje de nutrientes y productividad)



# Modelos (mecanismos) de sucesión

1. **Modelo de “facilitación”** (llamado así por Connell y Slatyer, 1977) y que engloba la idea de Clements de que “las **especies pioneras modifican el ambiente y permiten el ingreso de las tardías**”. Muy determinístico. Un punto final: monoclímax. Un sólo tipo de proceso.
2. **Modelo de “tolerancia”**. No depende de una especie pionera; cualquiera puede iniciar el proceso. Pero, distingue **superioridades competitivas** y las competitivamente superiores “eventualmente” llegan a dominar el recurso en la situación Clímax (Connell y Slatyer, 1977).
3. **Modelo de “inhibición”**..o “**depende de quien arriba primero**” y por lo tanto **ninguna especie es competitivamente superior** (Egler, 1954). No hay un orden en el reemplazo. Sin embargo, las pioneras generan inhibiciones (ej. acidificación del suelo).





# Sucesión e interacciones

Individuos que utilizan los mismos recursos (tienen los mismos requerimientos o nicho ecológico) terminan **compitiendo** ante la escasez o no disponibilidad.

Por muchos años se asumió que los tamaños de las poblaciones dentro de una comunidad dada estaban limitados por los recursos

Se creía que la **competencia era una consecuencia inevitable** para desarrollarse y esta interacción era la **mayor determinante de la estructura de las comunidades** (i.e. número de especies y tamaño de cada población)



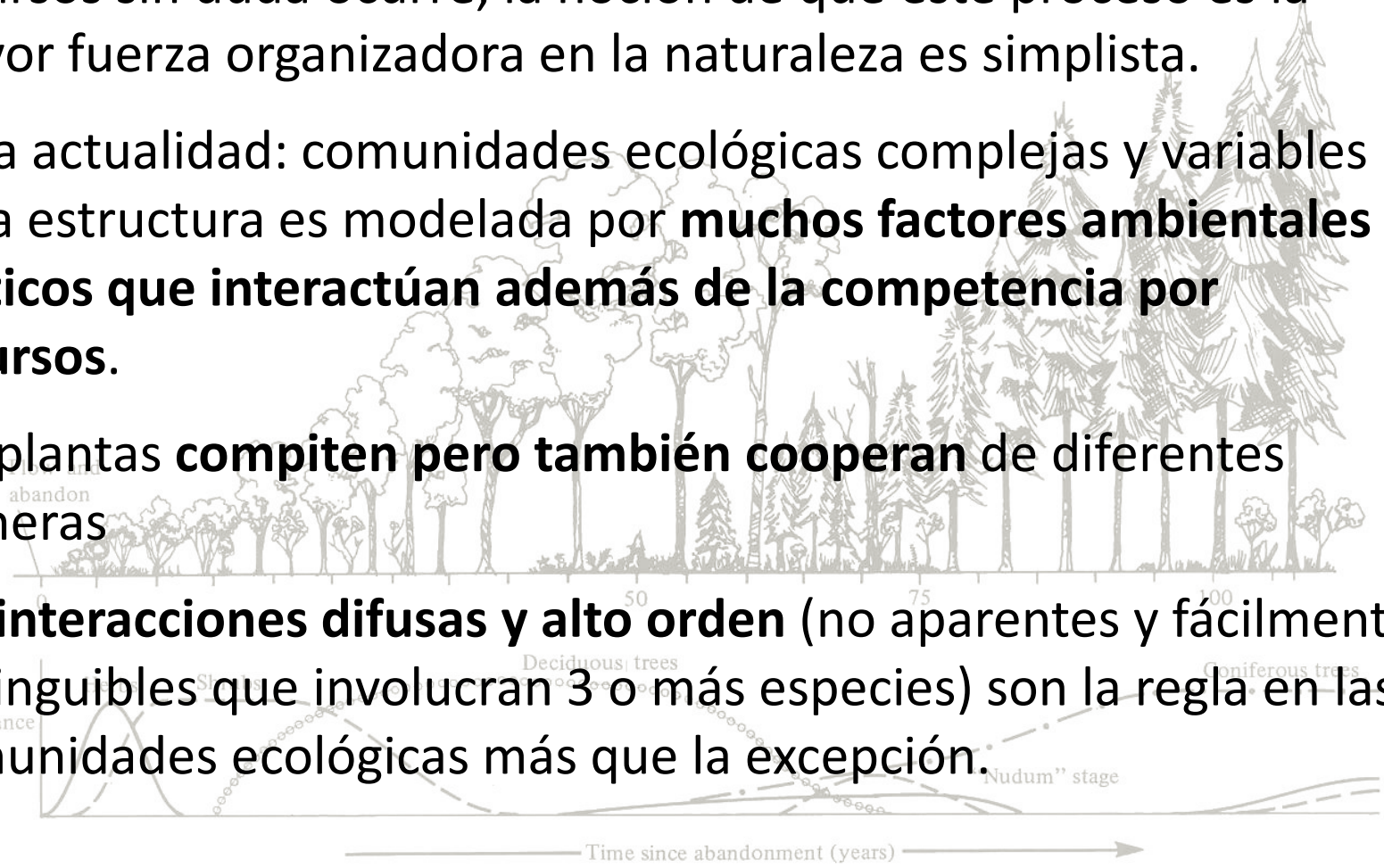
# Sucesión e interacciones

En la actualidad se acepta que mientras que la competencia por recursos sin duda ocurre, la noción de que este proceso es la mayor fuerza organizadora en la naturaleza es simplista.

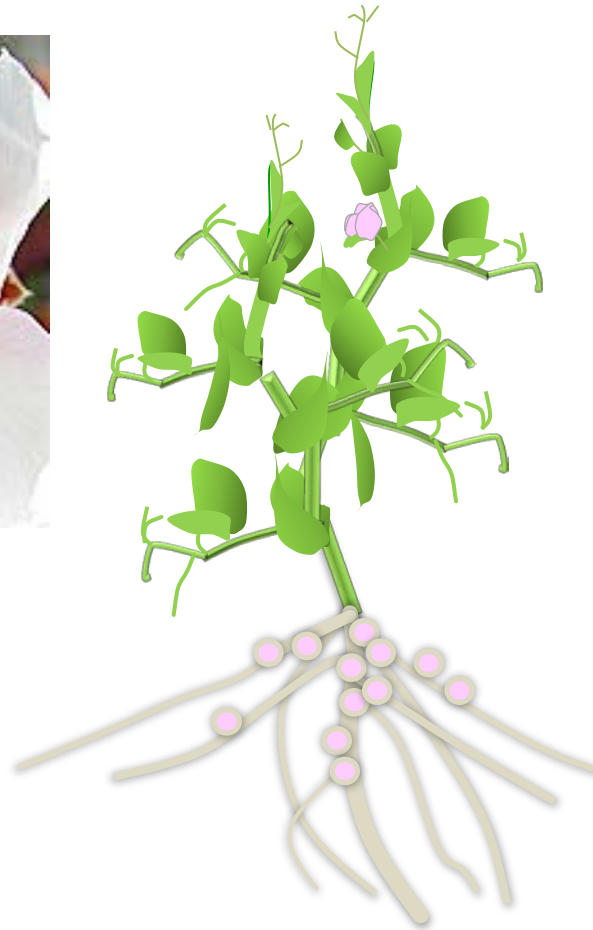
En la actualidad: comunidades ecológicas complejas y variables cuya estructura es modelada por **muchos factores ambientales y bióticos que interactúan además de la competencia por recursos.**

Las plantas **compiten pero también cooperan** de diferentes maneras

Las **interacciones difusas y alto orden** (no aparentes y fácilmente distinguibles que involucran 3 o más especies) son la regla en las comunidades ecológicas más que la excepción.



# Resumiendo – Las plantas forman asociaciones con sus "buenos" vecinos



# Las plantas toleran más o menos a sus "malos" vecinos



Pero las plantas  
jamás están solas...  
continuamente  
**INTERACTÚAN !!!**

# Discusión artículo científico para el jueves 21/3

*Biological Journal of the Linnean Society* (1989), 36: 227–249. With 4 figures

## The tortoise and the hare: ecology of angiosperm dominance and gymnosperm persistence

W. J. BOND\*

*Department of Biology, University of California, Los Angeles CA90024, U.S.A.*

*Received 15 September 1988, accepted for publication 6 April 1988*

Gymnosperms, and conifers in particular, are sometimes very productive trees yet angiosperms dominate most temperate and tropical vegetation. Current explanations for angiosperm success emphasize the advantages of insect pollination and seed dispersal by animals for the colonization of isolated habitats. Differences between gymnosperms and angiosperm reproductive and vegetative growth rates have been largely ignored. Gymnosperms are all woody, perennial and usually have long reproductive cycles. Their leaves are not as fully vascularized as those of angiosperms and are more stereotyped in shape and size. Gymnosperm tracheids are generally more resistant to solute flow than angiosperm vessels. A consequence of the less efficient transport system is that maximum growth rates of gymnosperms are lower than maximum growth rates of angiosperms in well lit, well watered habitats. Gymnosperm seedlings may be particularly uncompetitive since their growth depends on a single cohort of relatively inefficient leaves. Later, some gymnosperms attain a higher productivity than co-occurring angiosperm trees by accumulating several cohorts of leaves with a higher total leaf area.

These functional constraints on gymnosperm growth rates suggest that gymnosperms will be restricted to areas where growth of angiosperm competitors is reduced, for example, by cold or nutrient shortages. Biogeographic evidence supports this prediction since conifers are largely confined to high latitudes and elevations or nutrient-poor soils. Experimental studies show that competition in the regeneration niche (between conifer seedlings and angiosperm herbs and shrubs) is common and significantly affects conifer growth and survival. Fast-growing angiosperms, especially herbs and shrubs, may also change the frequency of disturbance regimes thereby excluding slower-growing gymnosperms.

Shade-tolerant and early successional conifers share similar characteristics of slow initial growth and low plasticity to a change in resources. Shade-tolerant gymnosperms would be expected to occur only where forest openings are small or otherwise unsuitable for rapid filling by fast-growing angiosperm trees, lianas or shrubs. The limited evidence available suggests that shade-tolerant conifers are confined to forests with small gap sizes where large disturbances are very rare.

The regeneration hypothesis for gymnosperm exclusion by angiosperms is consistent with several aspects of the fossil record such as the early disappearance of gymnosperms from early successional environments where competition with angiosperms would have been most severe. However there are unresolved difficulties in interpreting process from paleoecological pattern which prevent the testing of alternative hypotheses.

**KEY WORDS:** Angiosperm evolution – gymnosperm evolution – conifer biogeography – plant competition.

### CONTENTS

Introduction . . . . .	228
Characteristics of angiosperms versus gymnosperms . . . . .	232
Reproductive rates . . . . .	232

\* Present Address: Department of Botany, University of Cape Town, Private Bag, Rondebosch 7700, South Africa.