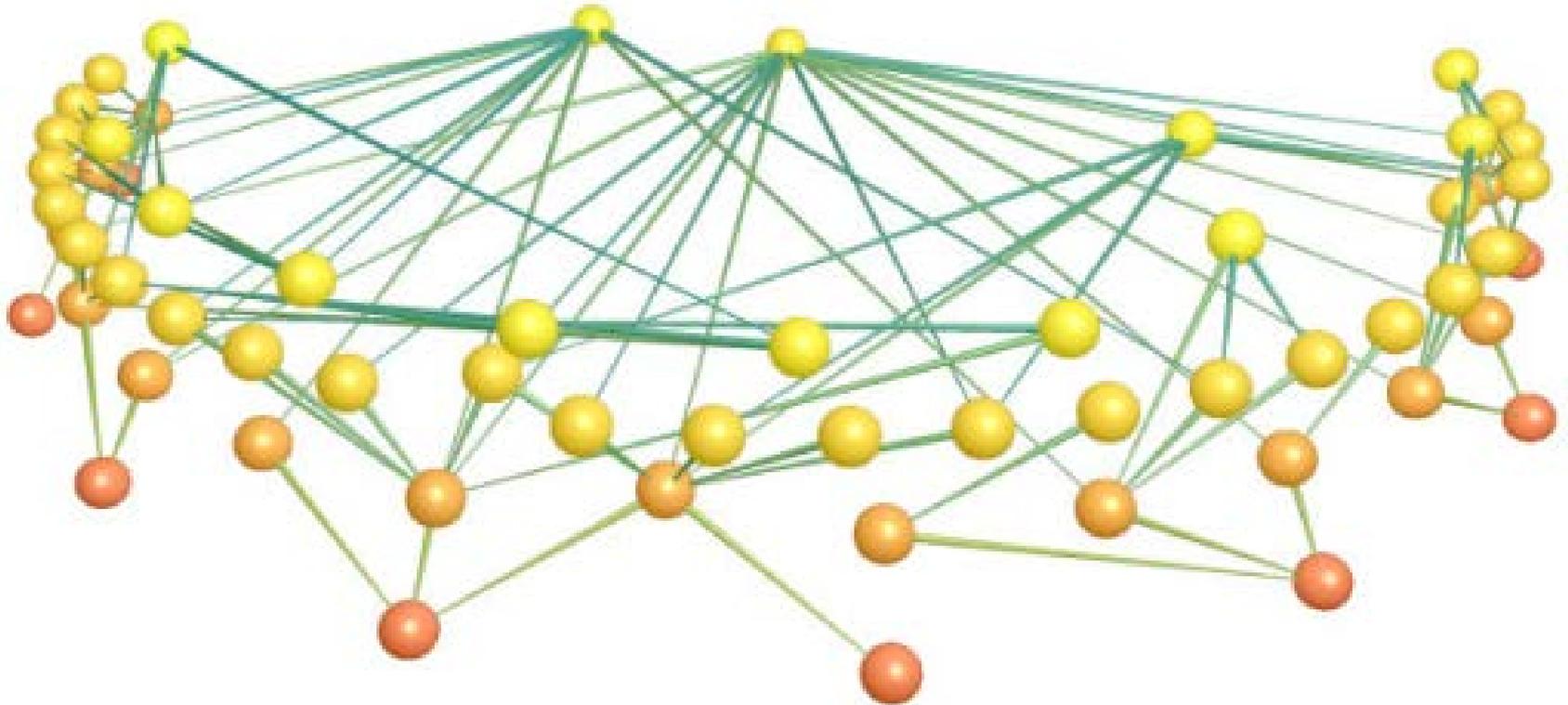


Las interacciones de las plantas: «las redes sociales» en las que participan





Las plantas no están solas

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

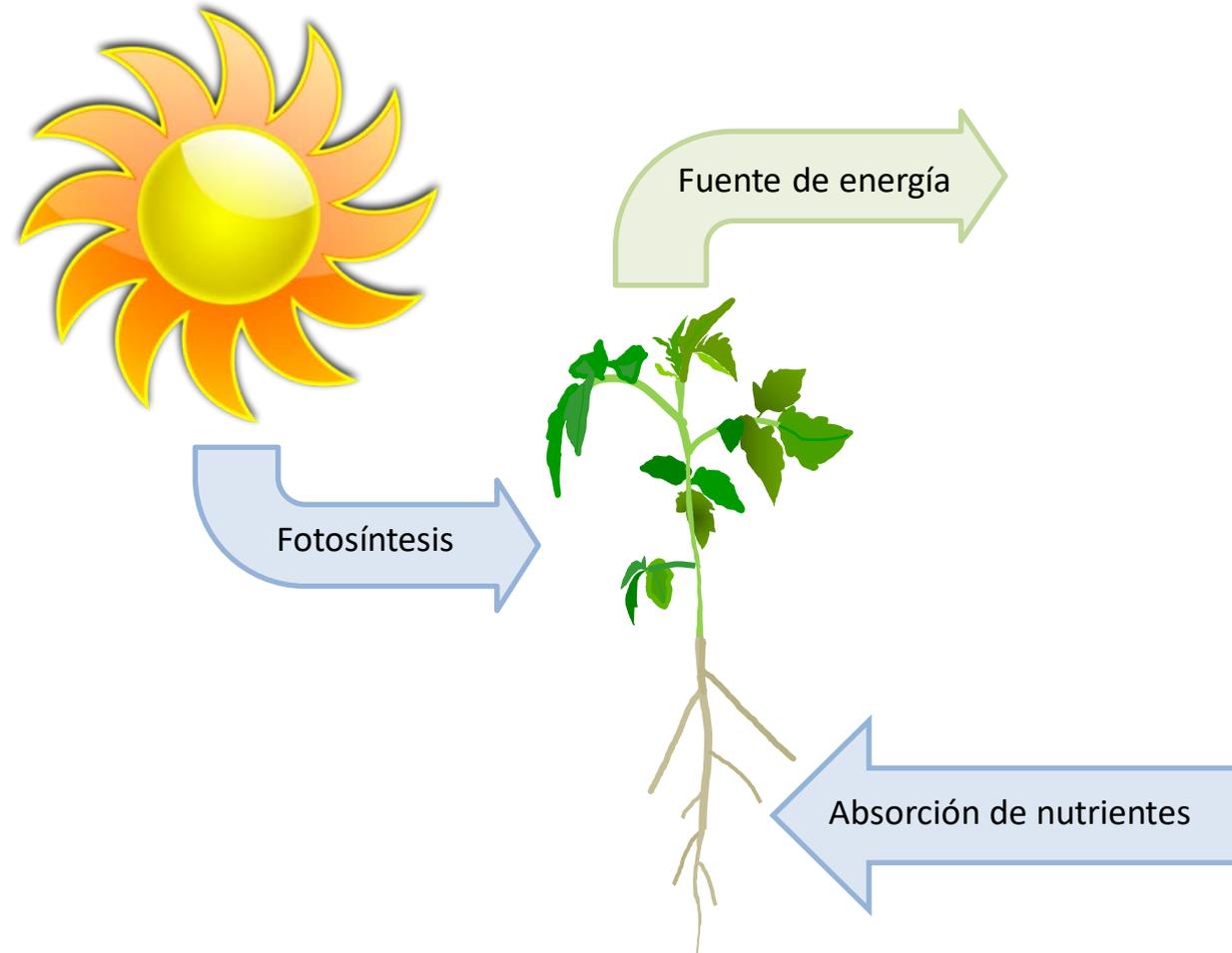


Image by [inky2010](#)

Las plantas compiten, cooperan y son consumidas

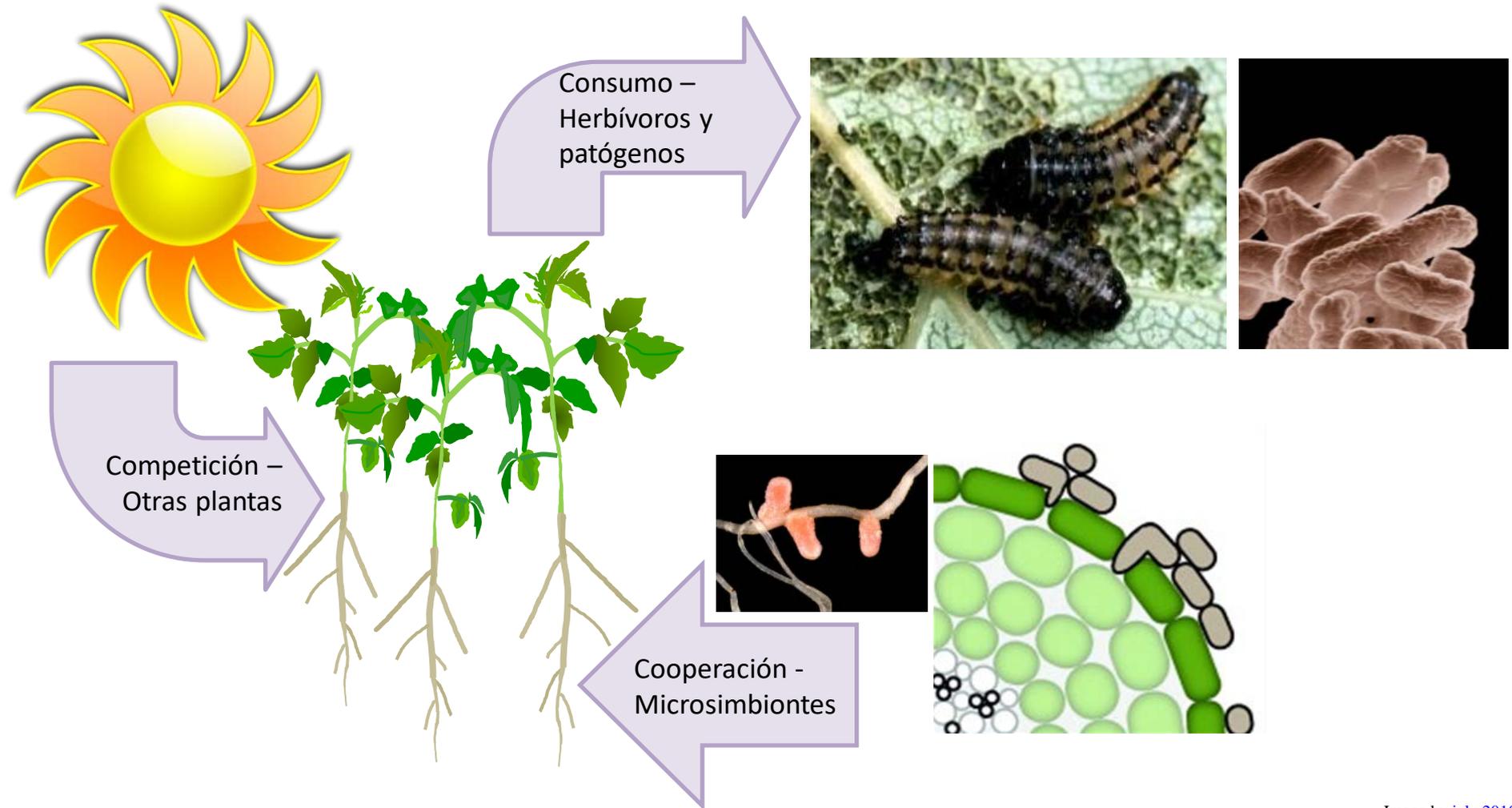
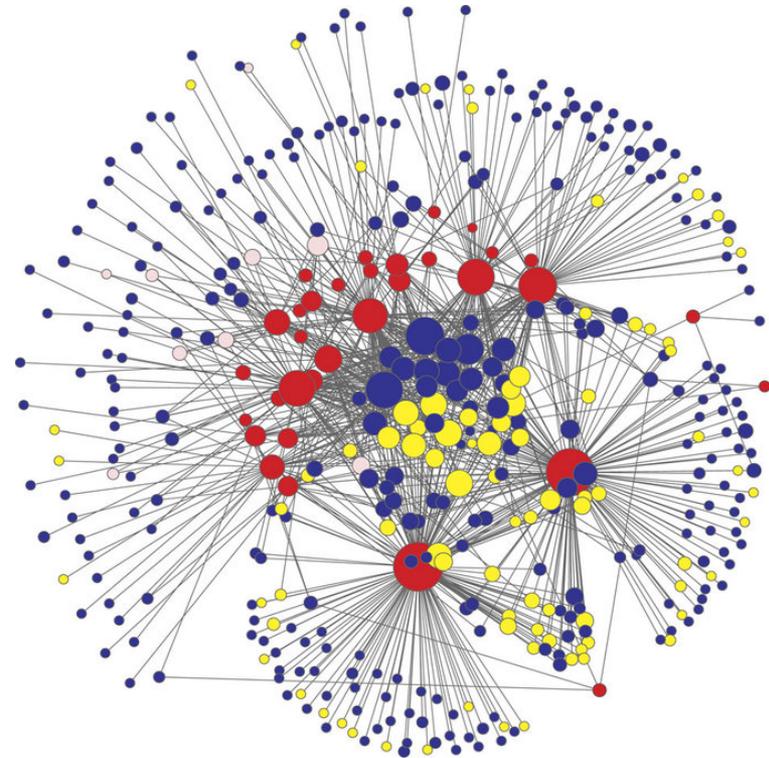


Image by [inky2010](#)

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
Predación	+	-	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)
Parasitismo	+	-	
Competencia	-	-	Ambas especies sufren (genera un costo para ambas)
Amensalismo	-	0	Una especie es inhibida (1) y la otra no se ve afectada
Neutralismo	0	0	Ninguna de las especies afecta a la otra
Comensalismo	+	0	Una especie se ve beneficiada (1) mientras que la otras no es afectada
Mutualismo	+	+	Ambas especies ganan de la interacción

Tipos de interacciones de las plantas

Interacciones mutualísticas y simbióticas



Predación por patógenos



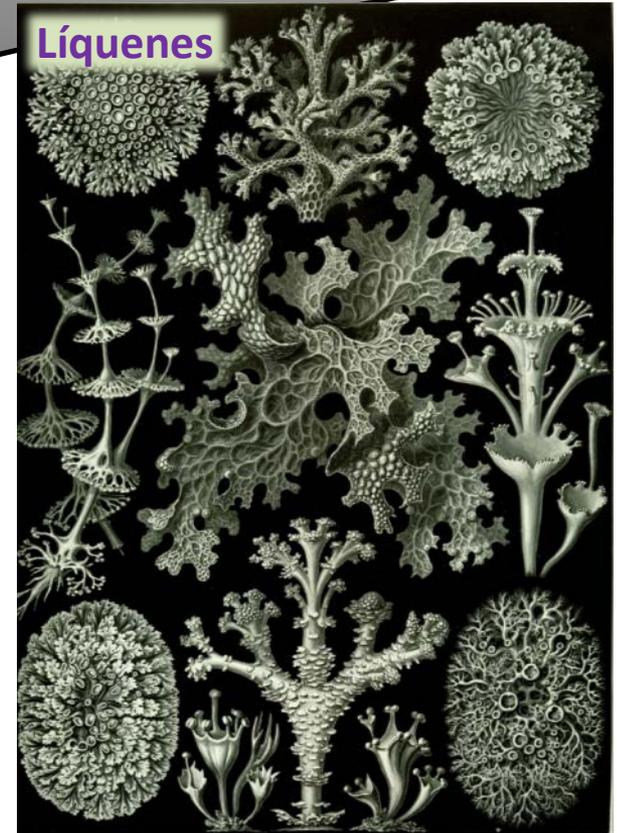
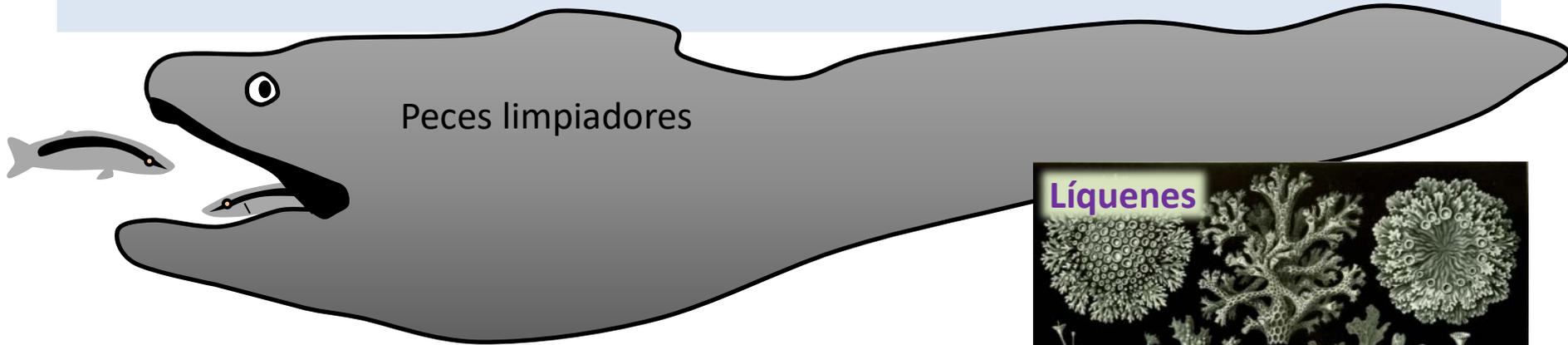
Competencia y cooperación con otras plantas



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

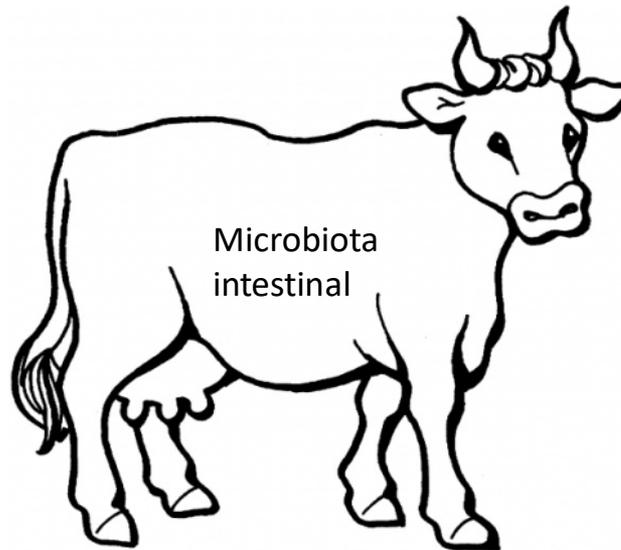


Interacciones mutualísticas



[Ernst Haeckel](#)

Mutualismo:
Interacción
mutuamente
beneficiosa
entre
individuos de
diferentes
especies



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

Polinización



Dispersión de semillas



Simbiosis micorrítica



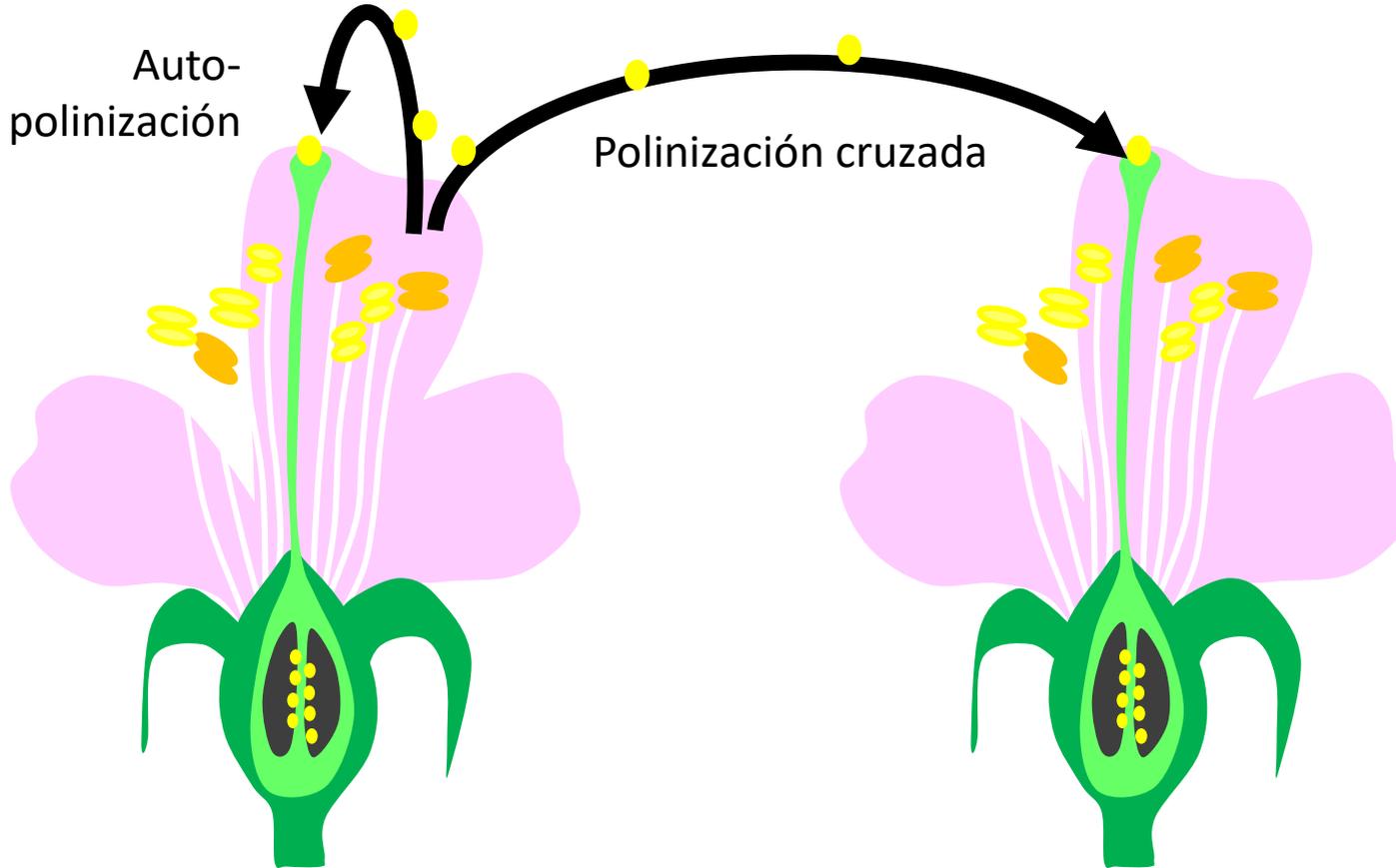
Fijación de N por endosimbiosis



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 (21st 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

Images courtesy [James Gaither](#), [TooFarNorth](#)

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

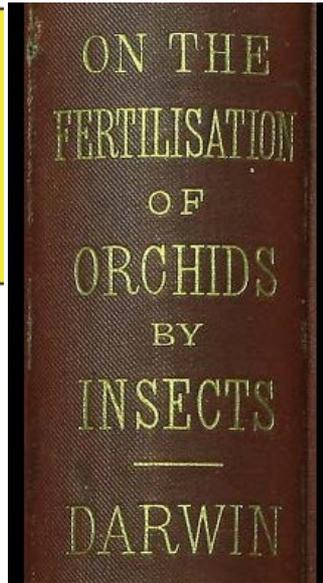


Photo courtesy Tom Donald; Reprinted by permission from Macmillan Publishers Ltd. Whittall, J., and Hodges, S. (2007). Pollinator shifts drive increasingly long nectar spurs in columbine flowers. *Nature* 447: [706 – 712](#); [Darwin Online](#).

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

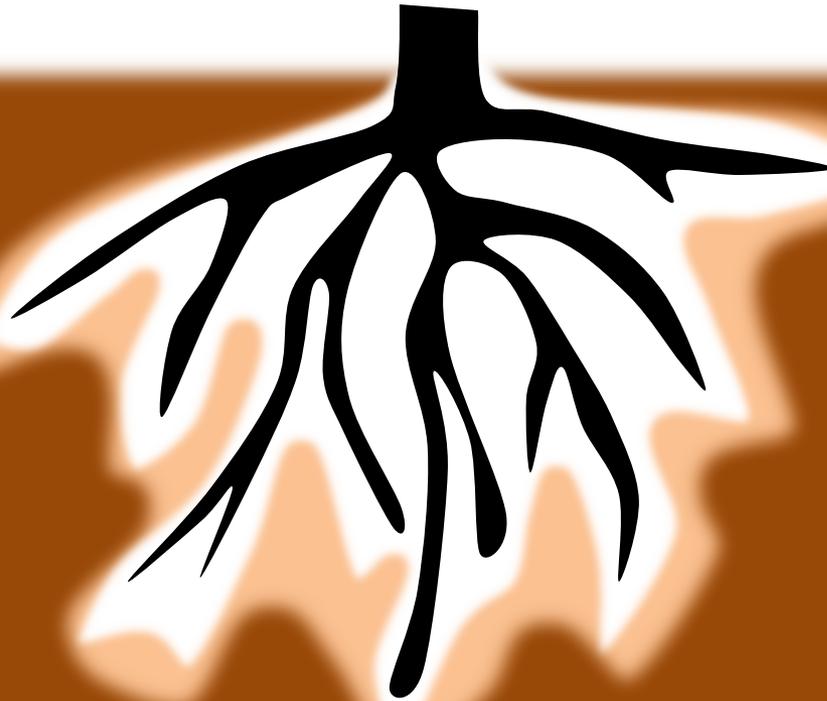
Photo courtesy of [David Cappaert](#), Michigan State University, Bugwood.org

La 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



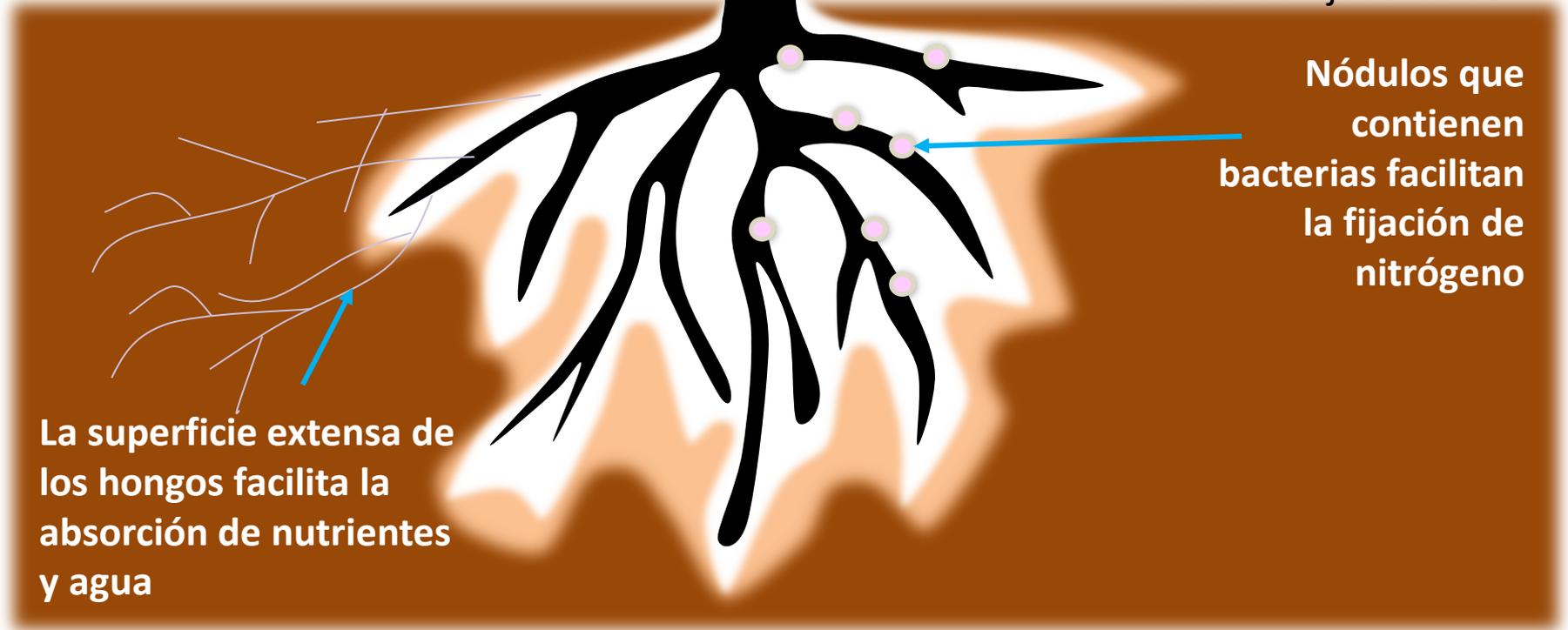
Las plantas forman asociaciones mutualistas y simbióticas con microorganismos del suelo

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

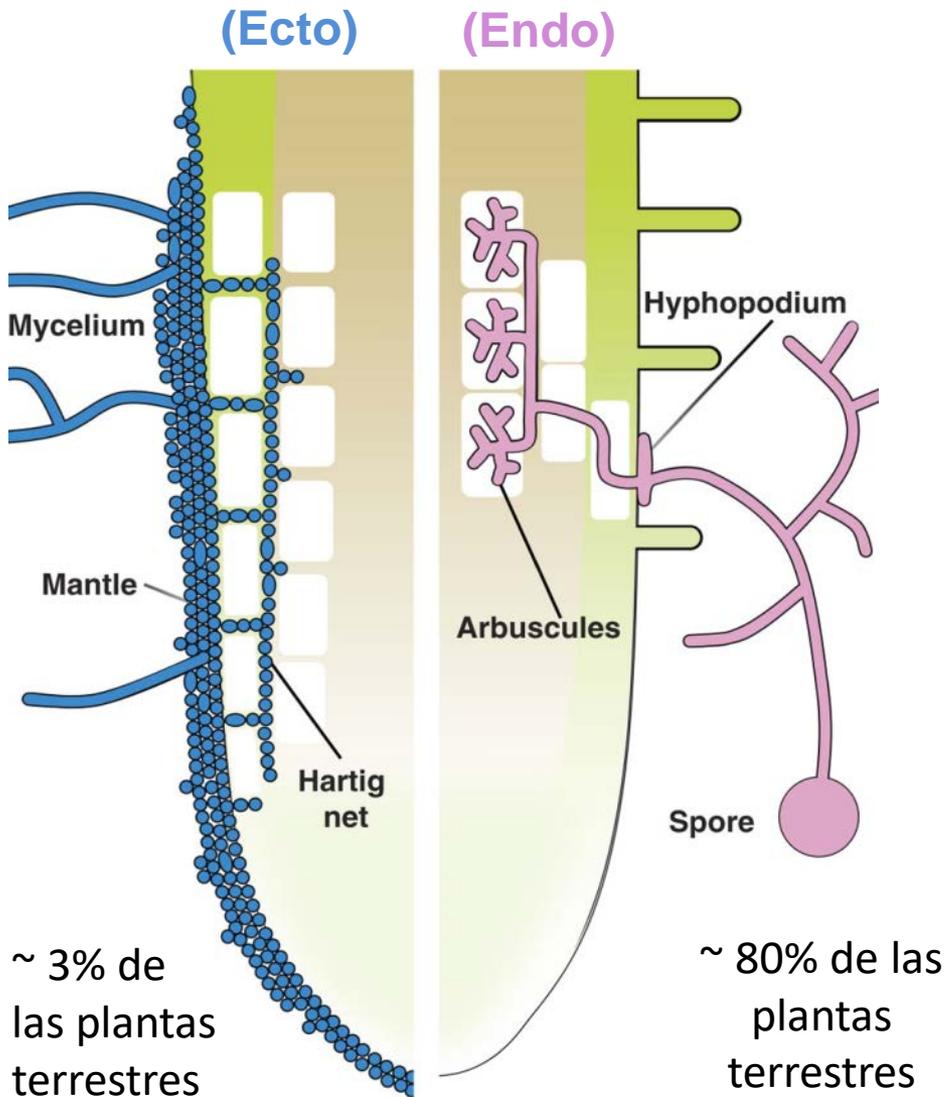


Simbiosis – hongos micorrízicos



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

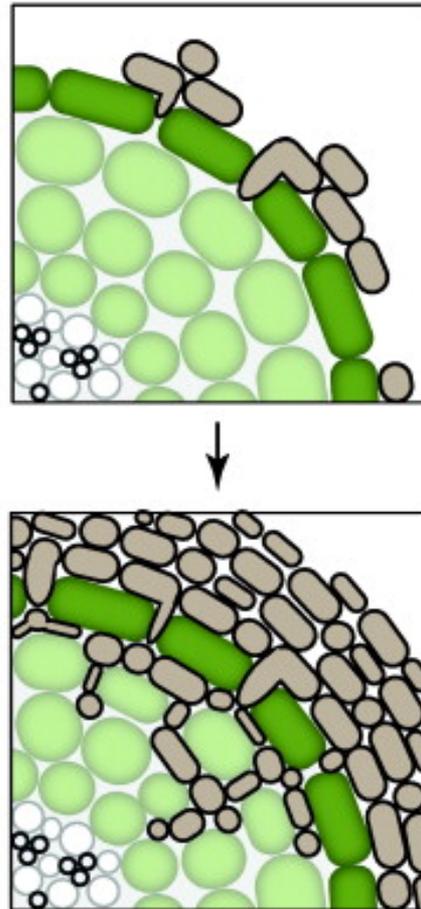
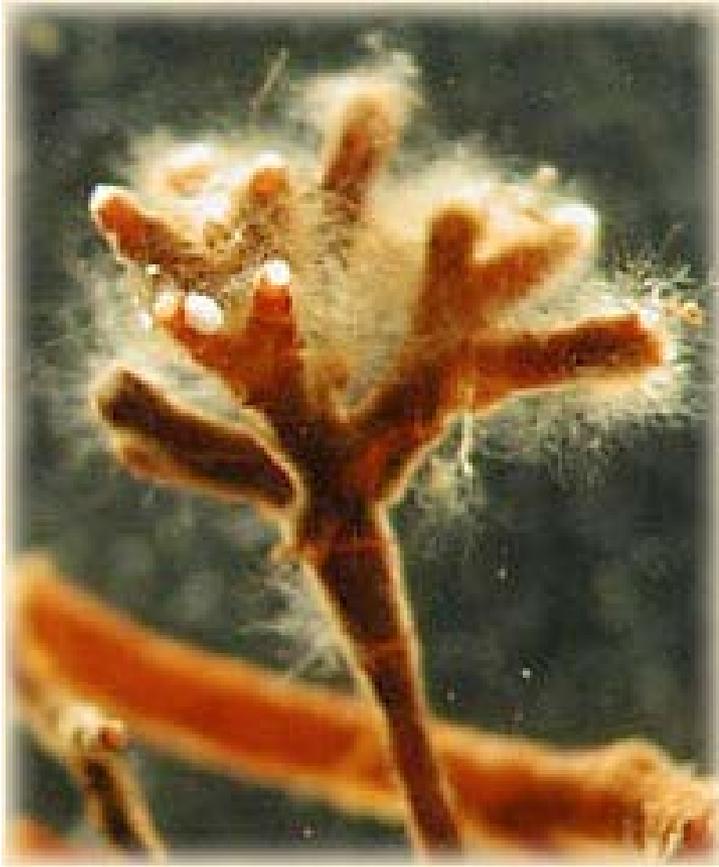
Los hongos micorrízicos son ecto- o endomicorrízicos



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



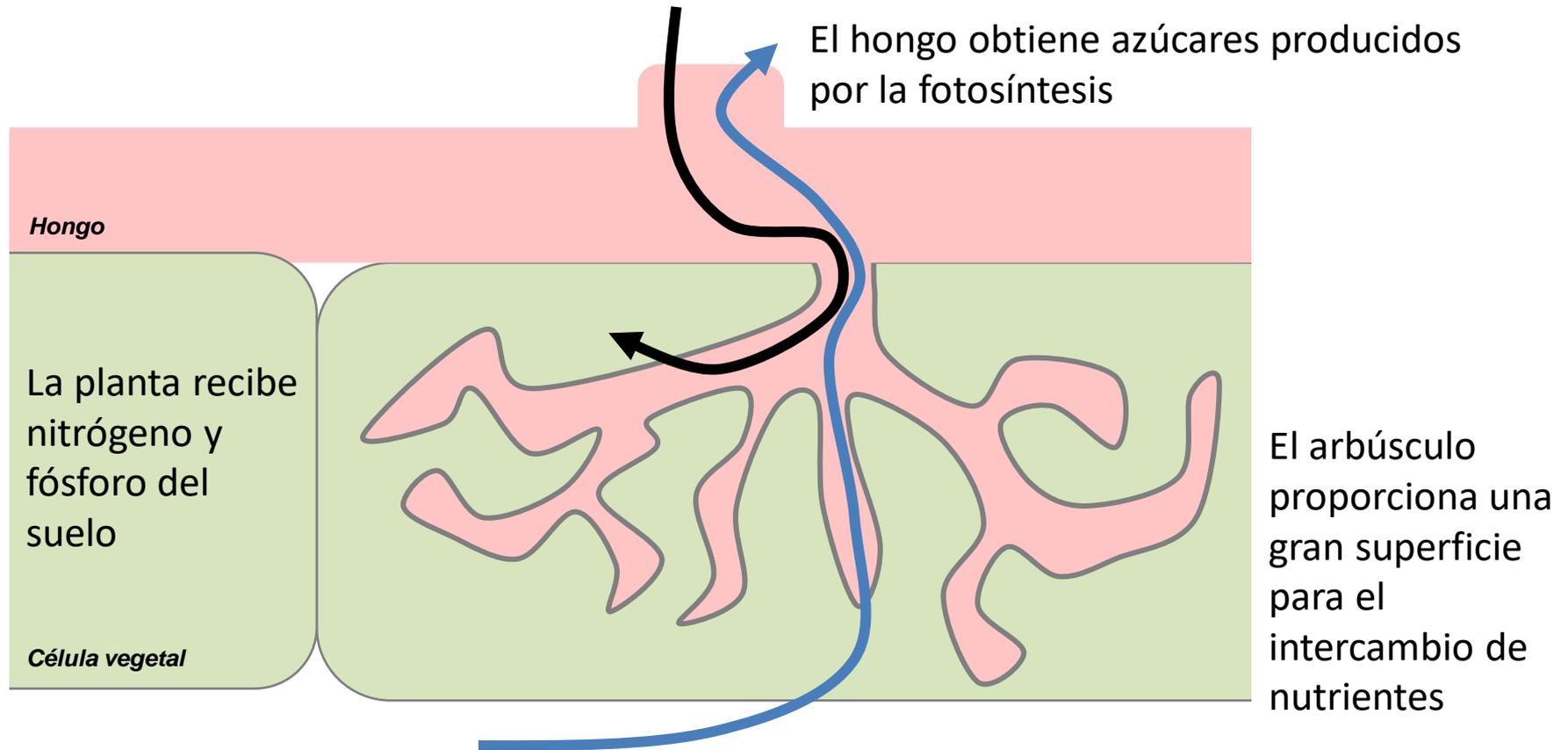
EMF forman una malla alrededor de la punta de la raíz (red Hartig) y también penetran entre las células

Ápice radical de *Pinus nigra* colonizado por hongo ectomicorrízico

TRENDS in Genetics

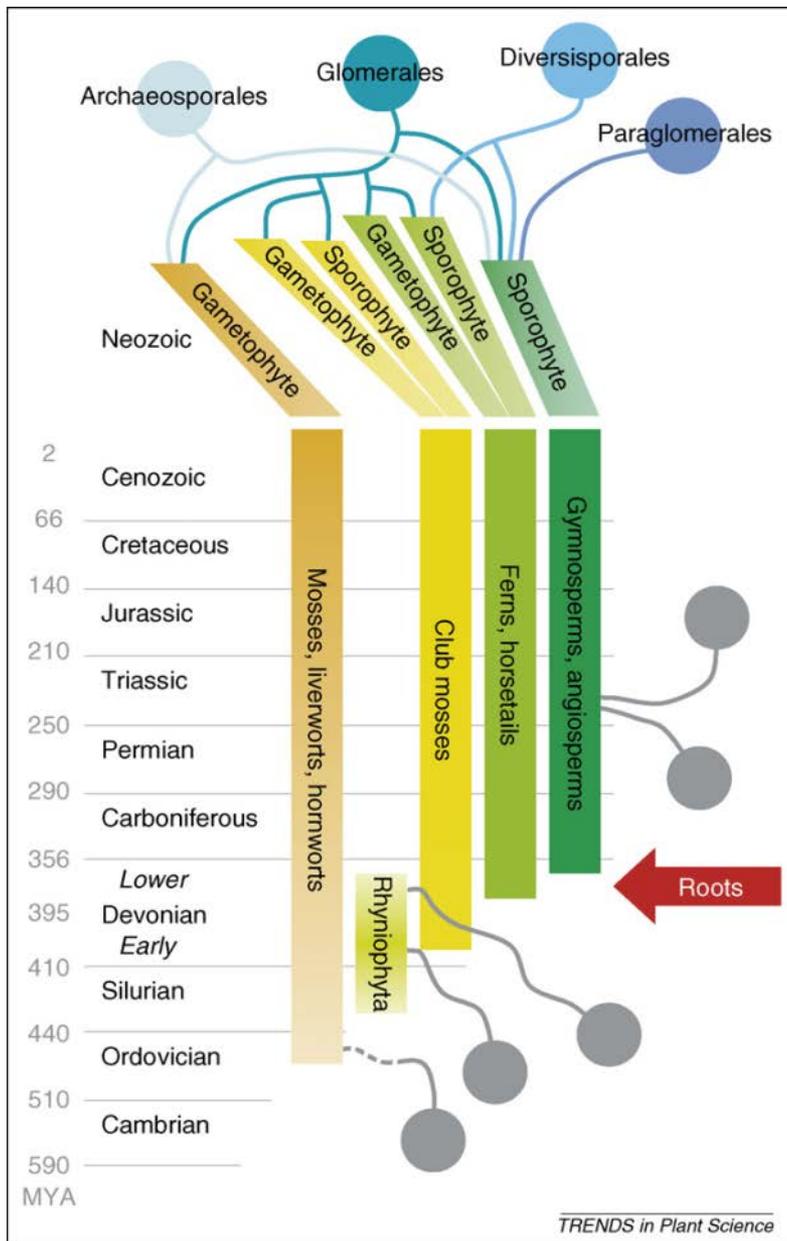
Reprinted from Plett, J.M., and Martin, F. (2011). Blurred boundaries: lifestyle lessons from ectomycorrhizal fungal genomes. Trends Genetics 27: [14-22](#) with permission from Elsevier; Photo courtesy [M. Vohník](#)

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*

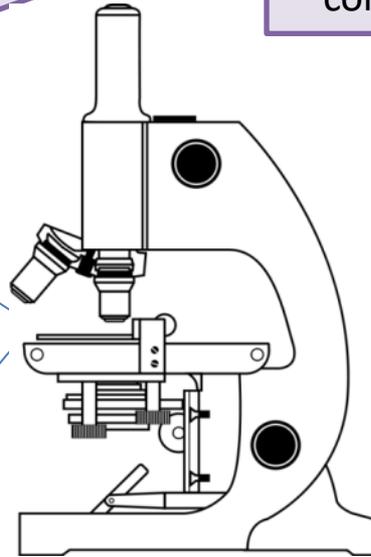
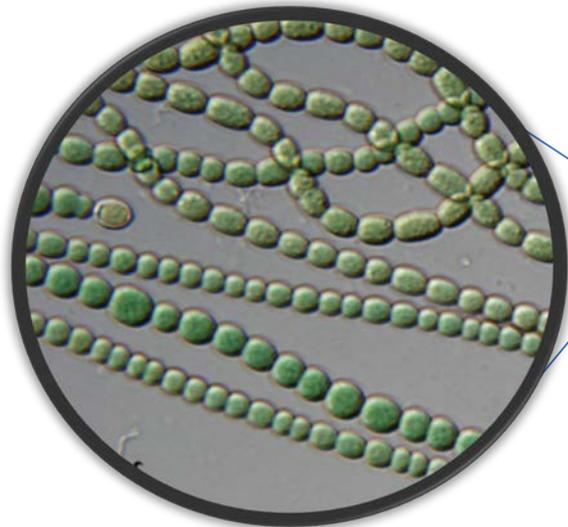
Photo credit: [Ninjatacoshell](#)

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



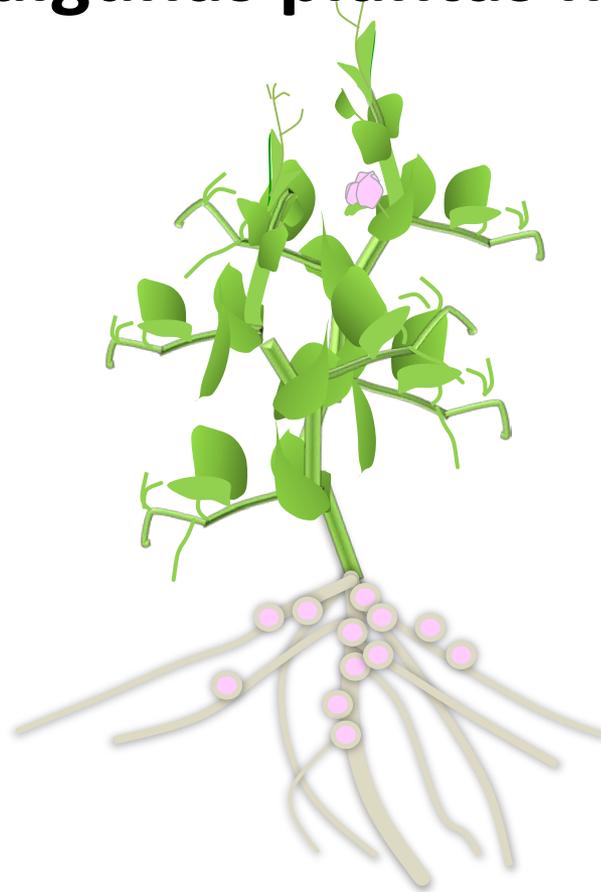
Microscope by [Ben](#); Culture Collection of Autotrophic Organisms ([CCALA](#)) Institute of Botany, Academy of Sciences of the Czech Republic.; Azolla courtesy of [IRRI](#)

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



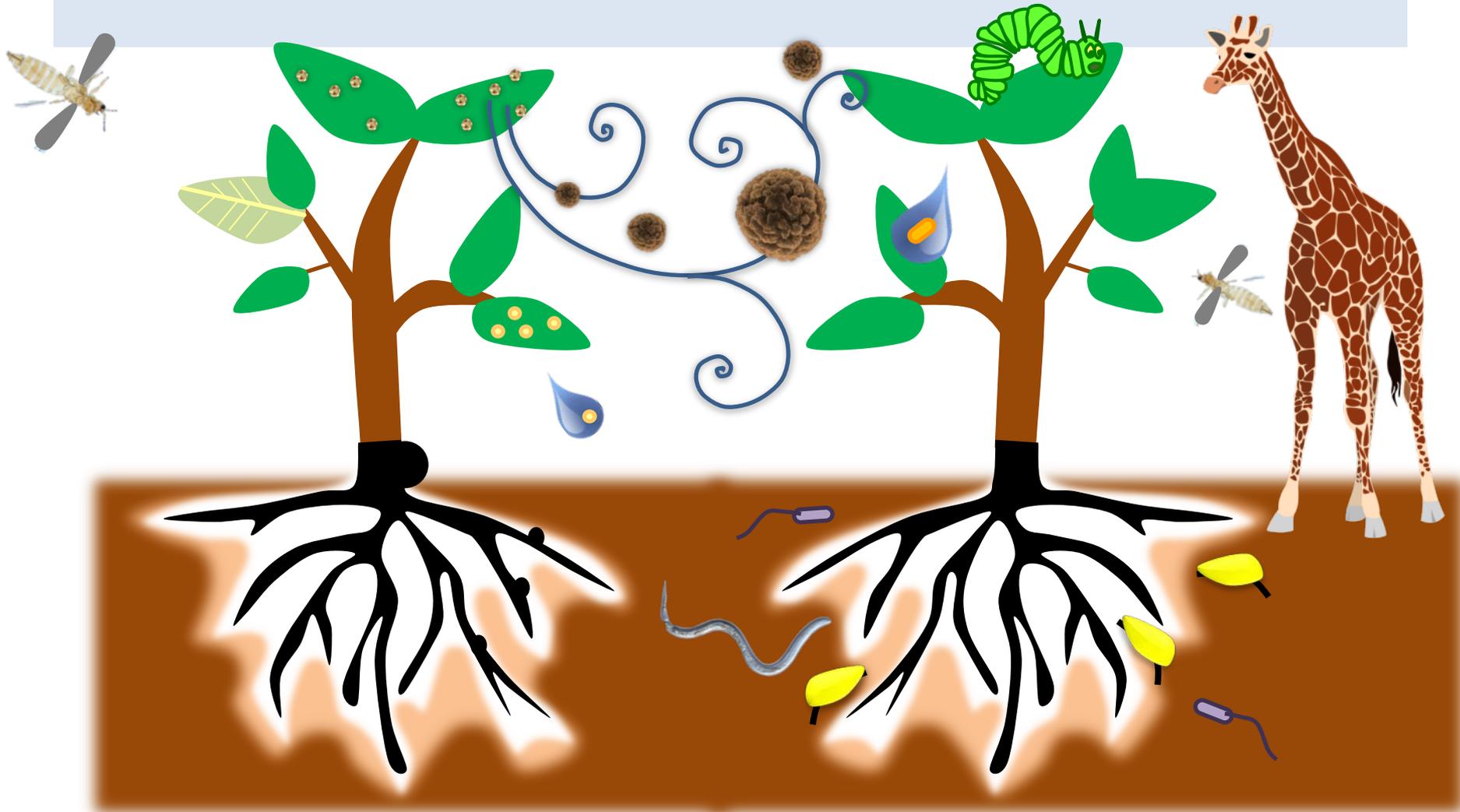
Las leguminosas forman nódulos con rizobios simbióticos

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 ...

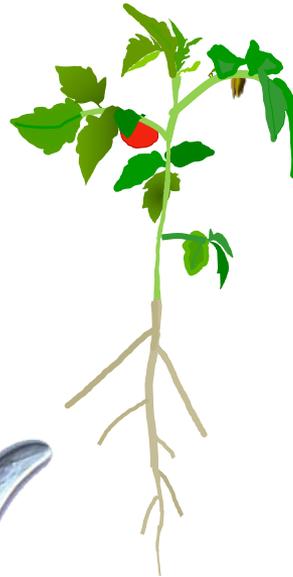
... comérselas!



Insectos



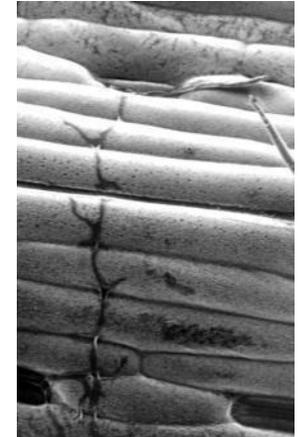
Bacterias



Nemátodos



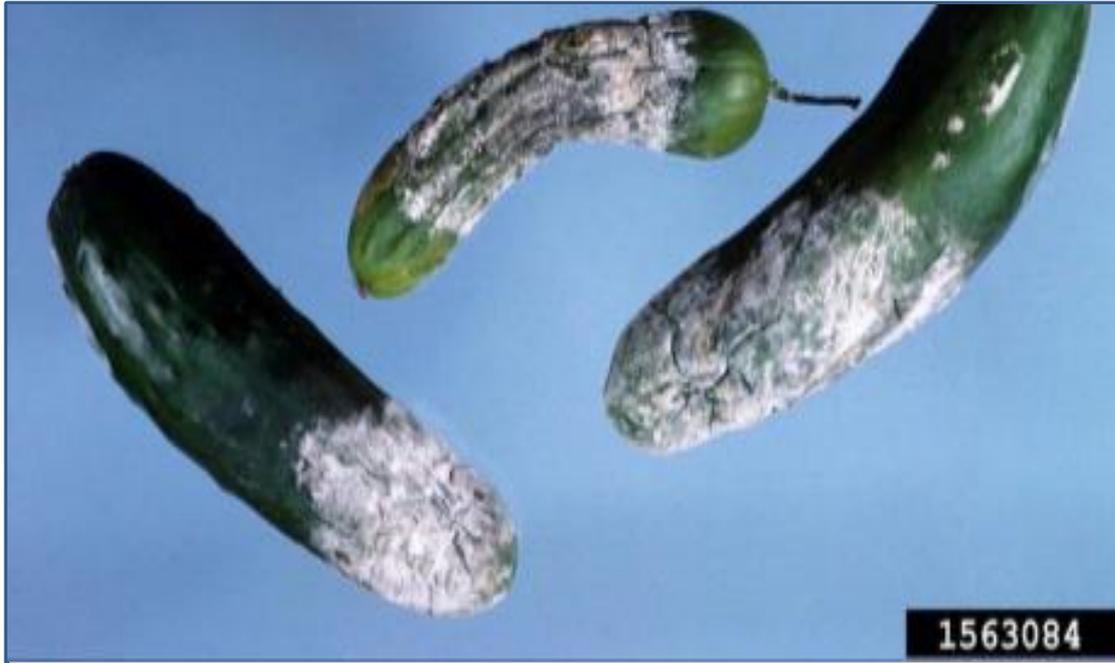
Oomycetes



Hongos

[Photo](#) by Gilbert Ahlstrand courtesy USDA, [Photo](#) by Eric Erbe, digital colorization by Christopher Pooley, http://www.inra.fr/meloidogyne_incognita, 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 de $\geq 25\%$



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;
Charles Averre, North Carolina State University, 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 (ubíquos). 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.)



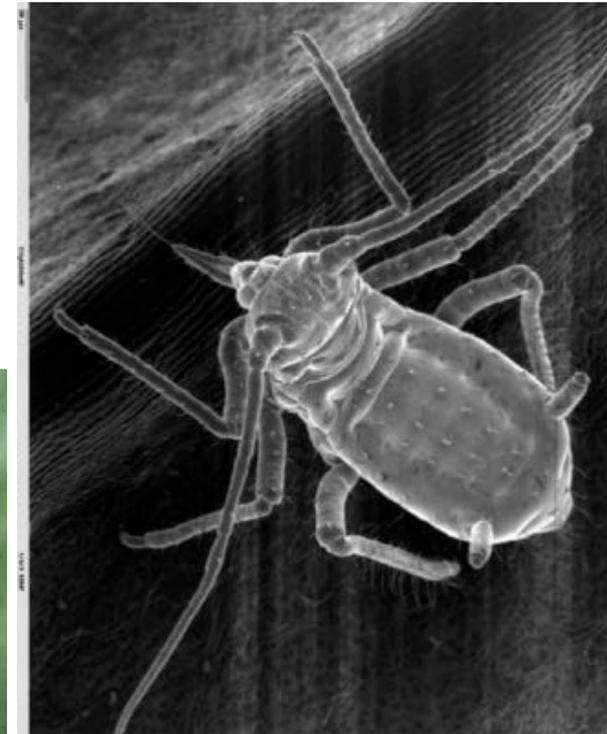
Photos courtesy of [IITA Photo Library](#) and [CIMMYT](#)

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



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

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



Áfido sobre una planta desconocida

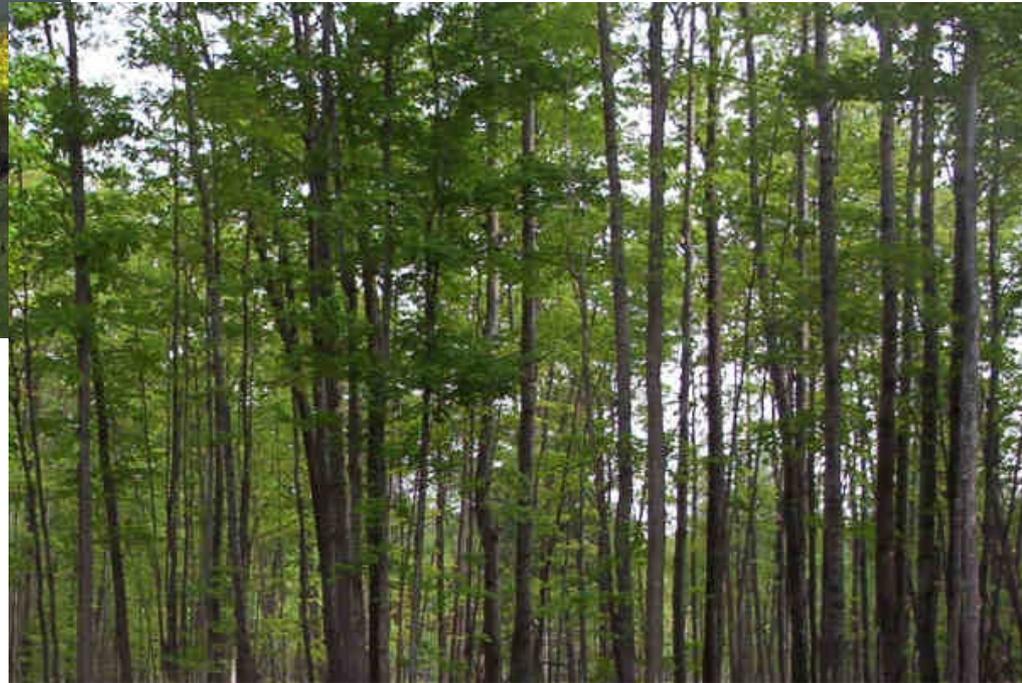
Image credits: Petr Kapitola, State Phytosanitary Administration, Bugwood.org; Alton N. Sparks, Jr., University of Georgia, Bugwood.org, Louisa Howard, Dartmouth College

Interacciones de plantas con otras plantas



Las plantas compiten con otras plantas por la luz

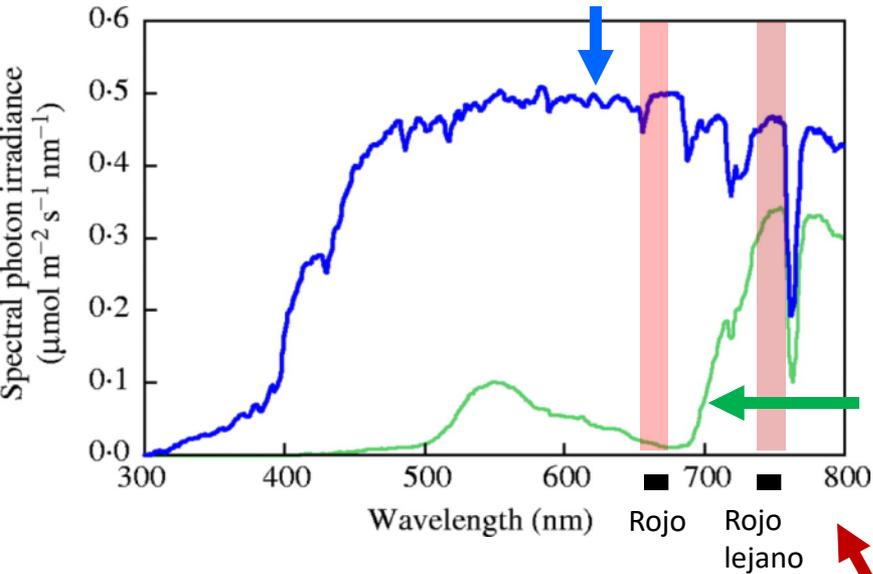
Los árboles que crecen en los bosques pueden crecer más de 100 m de altura, sombreando las plantas debajo de ellos



[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



Radiación fotosintéticamente activa (PAR)

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

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



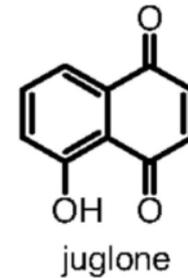
Algunos conos y semillas son serófitos, abriéndose en respuesta al fuego

Image source [pfern](#), [menchi](#)

Algunas plantas producen compuestos alelopáticos



Nogal europeo (*Juglans nigra*)



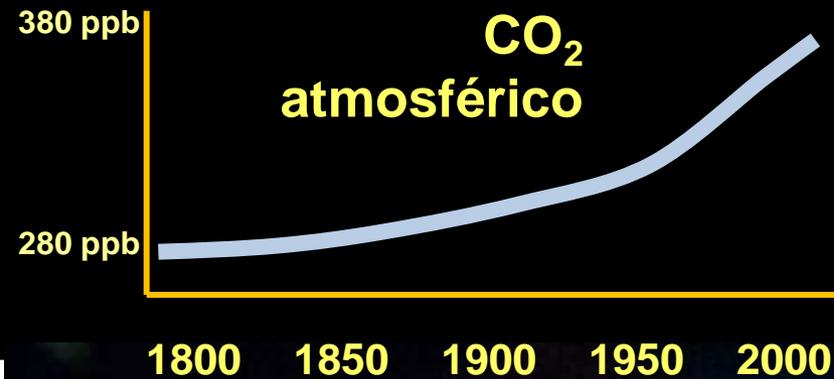
Los compuestos alelopáticos interfieren en el crecimiento de las plantas vecinas

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 CO₂



Los niveles atmosféricos de CO₂ son aproximadamente 40% más altos que en cualquier registro de los últimos 200 millones de años

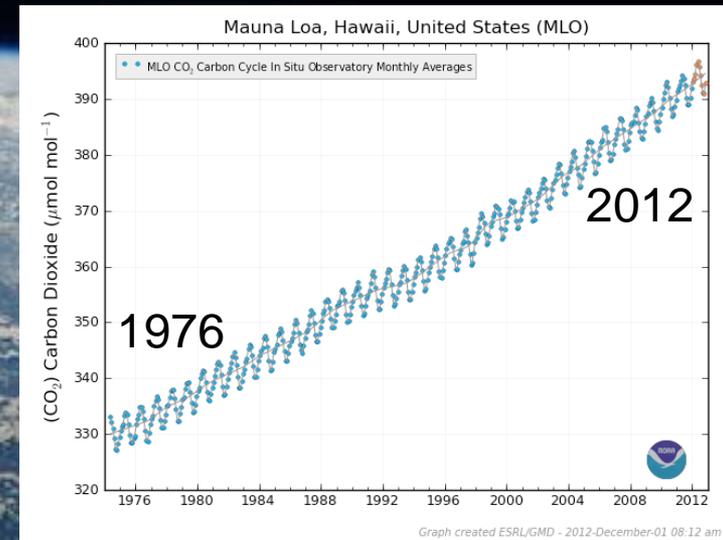
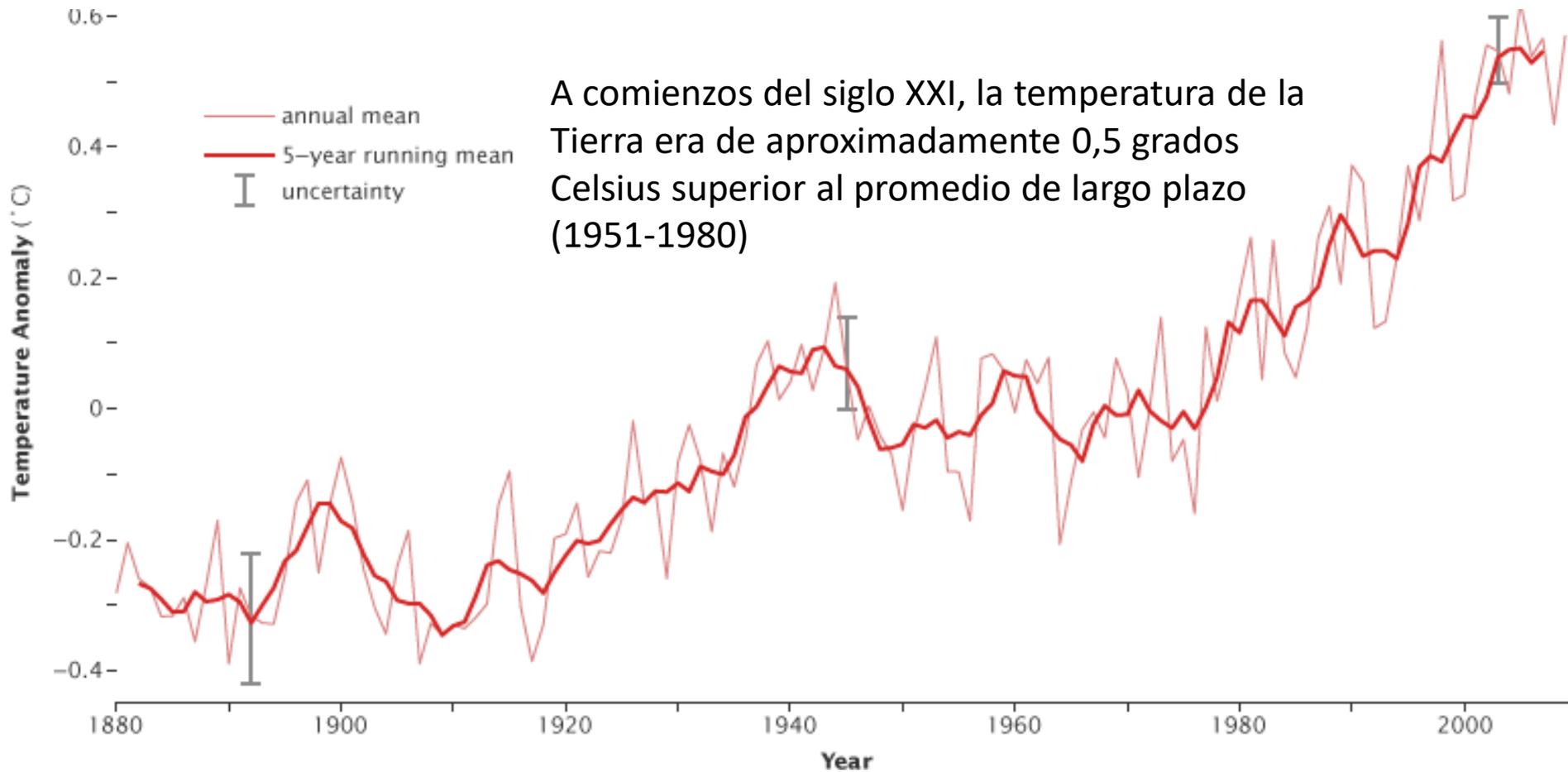


Photo courtesy [Earth Observatory](#) NASA, [NOAA](#)

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



Source: [NASA](#)

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

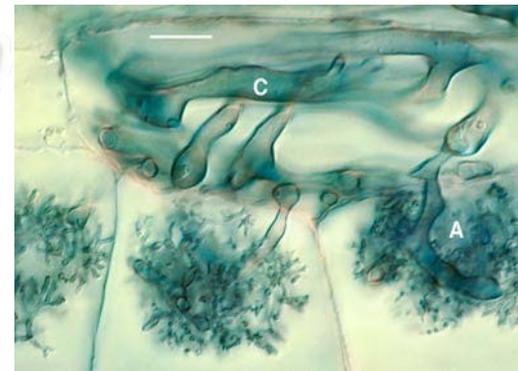


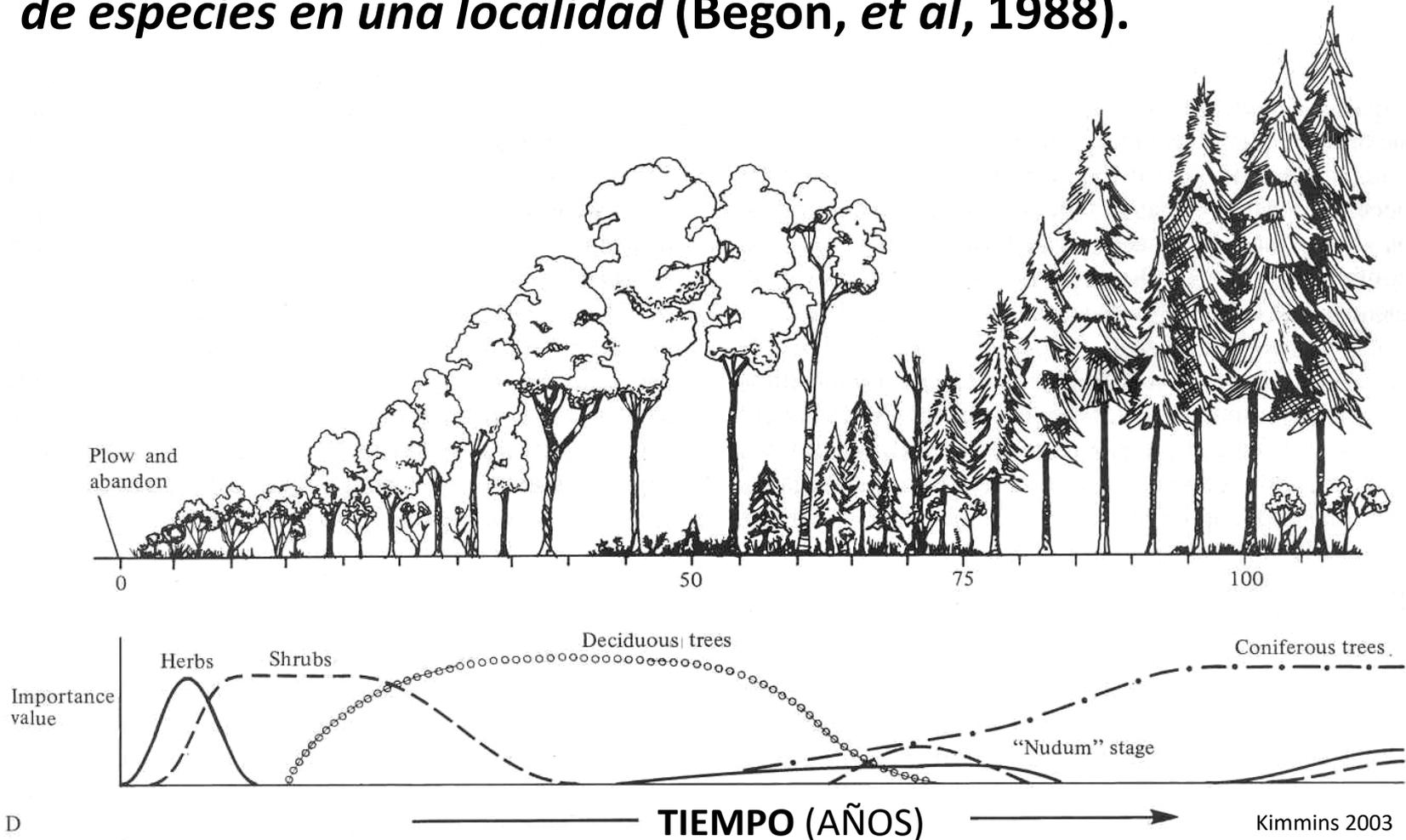
Photo by [L.L. Barry](#) Bugwood

La sucesión ecológica y las interacciones de las plantas



Sucesión ecológica

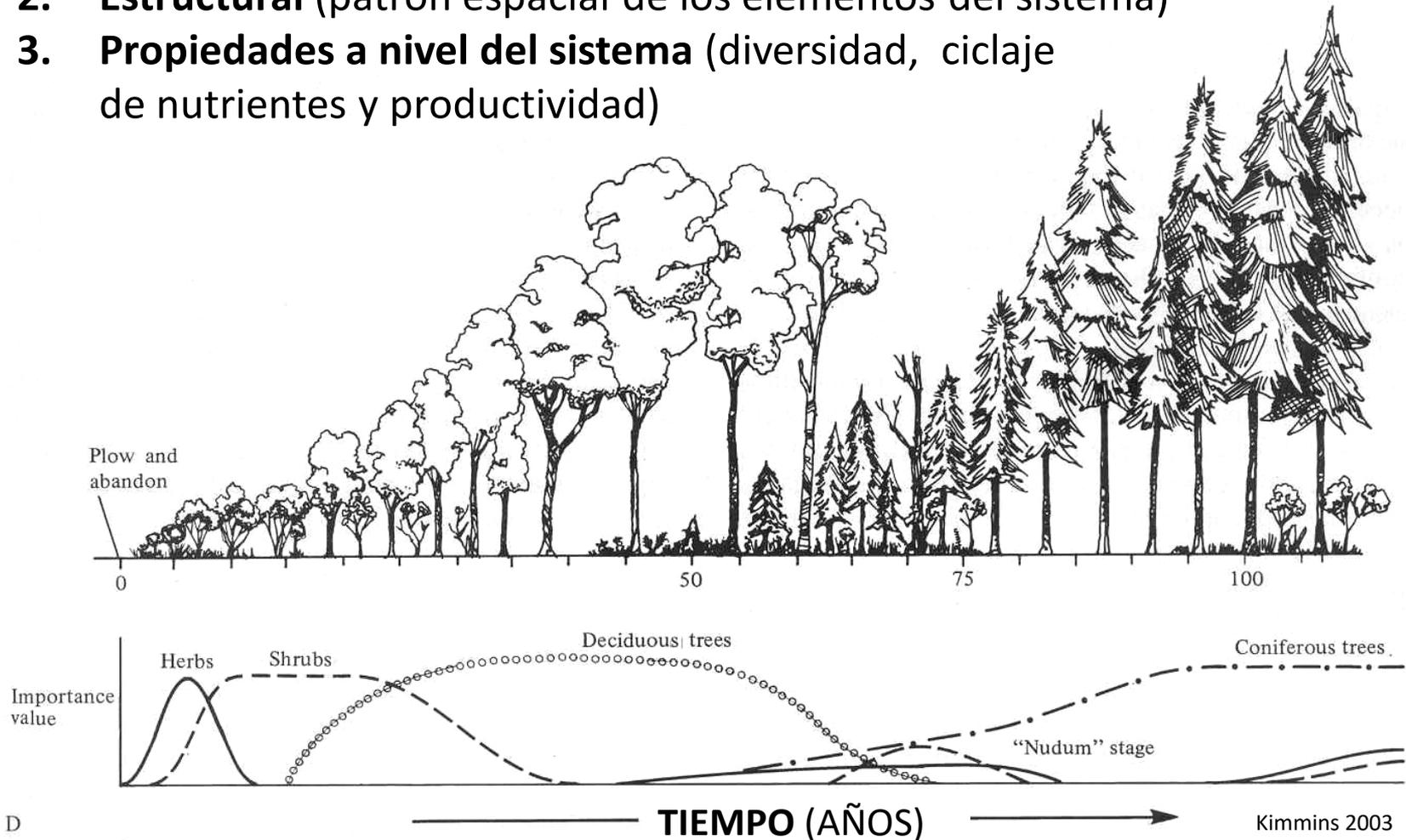
Sucesión, definido como el esquema continuo, direccional y no estacional de colonización y extinción de las poblaciones de especies en una localidad (Begon, et al, 1988).



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).

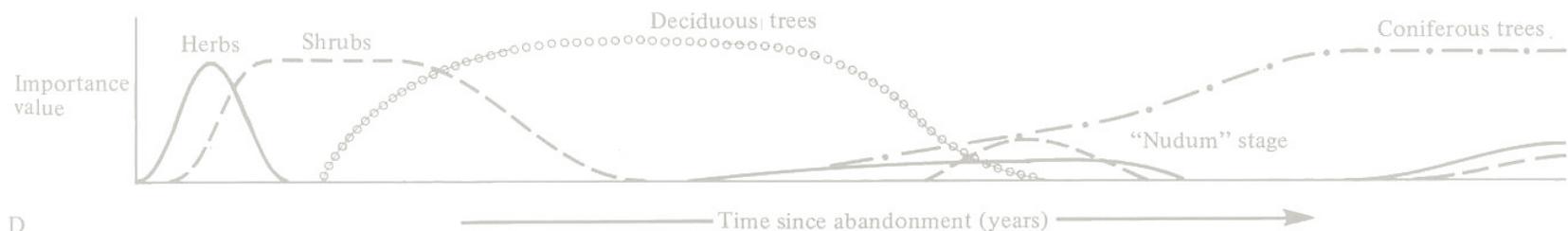


Sucesión e interacciones

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)



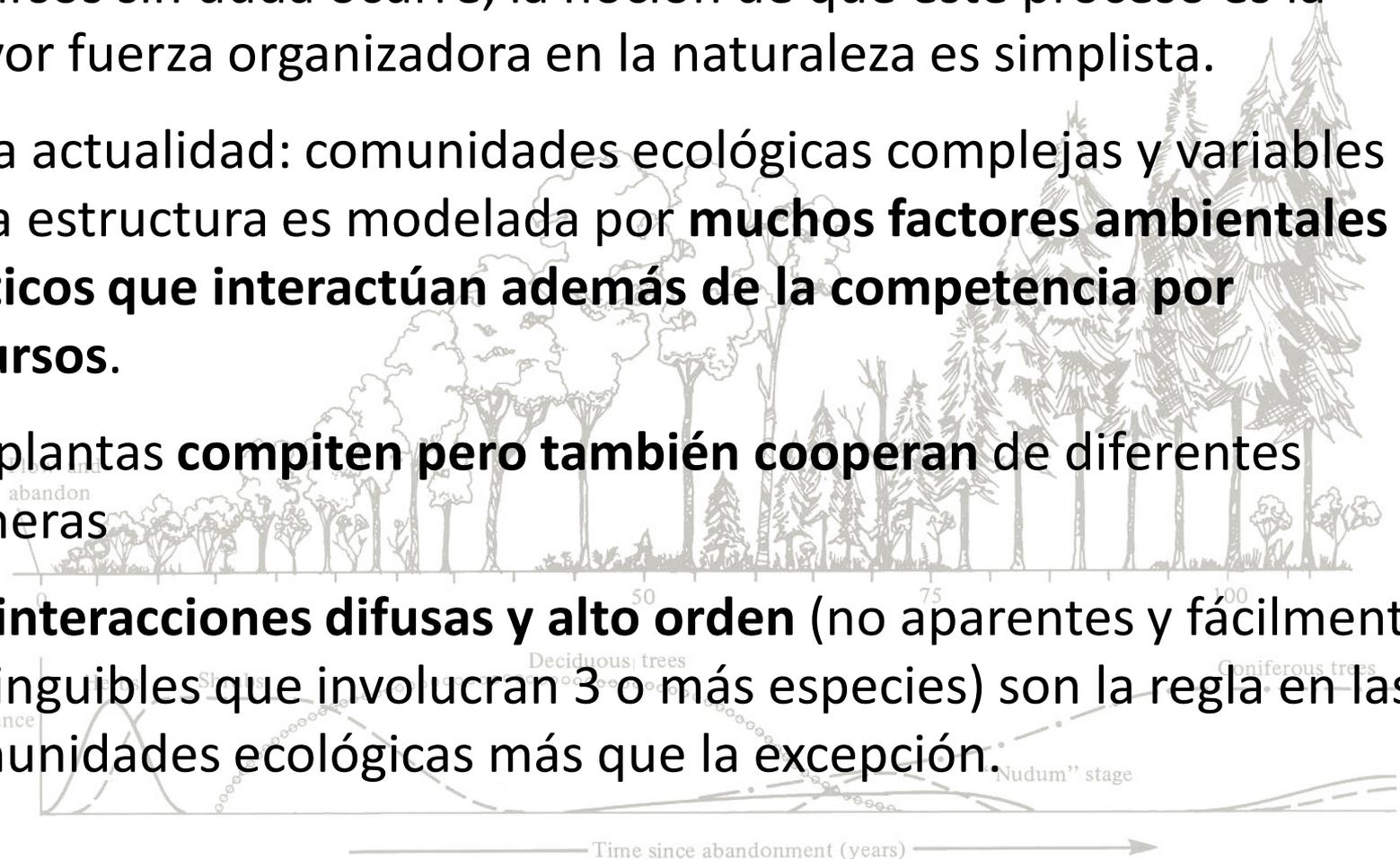
Sucesión e interacciones

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.

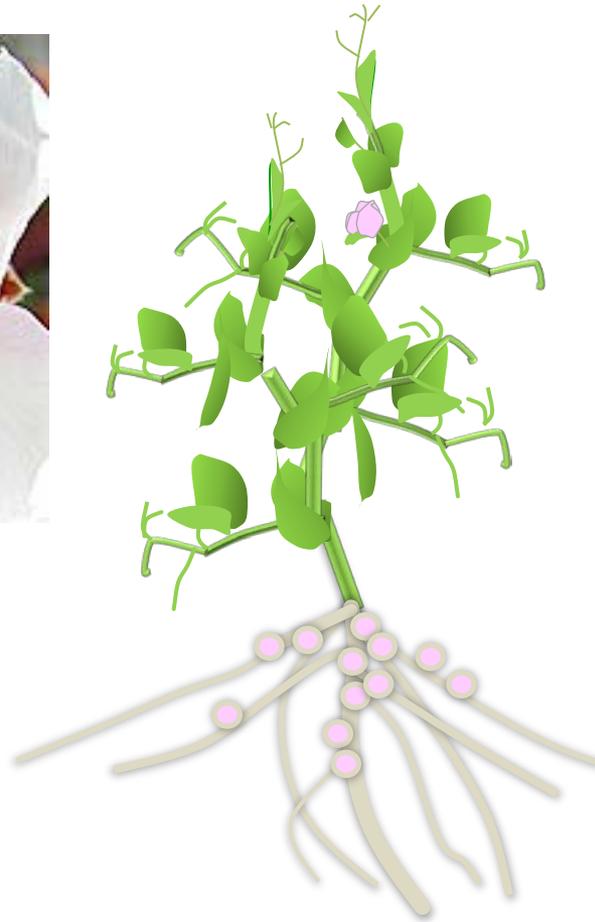
En la actualidad: comunidades ecológicas complejas y variables cuya estructura es modelada por **muchos factores ambientales y bióticos que interactúan además de la competencia por recursos.**

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...
INTERACTÚAN !!!