

Interacciones planta-planta

Interacciones subterránea



RELACIONES INTERESPECIFICAS

Entre diferentes poblaciones

- *Se pueden clasificar en*
 - *Competencia*
 - *Depredación*
 - *Parasitismo*
 - *Comensalismo*
 - *Mutualismo*

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

Comportamiento óptimo de las plantas

Integración de las información :

- ✓ espacial
- ✓ Temporal
- ✓ gradientes



Limitantes en el suelo

- ***Agua***
- ***Nutrientes***
- ***Oxígeno***

Limitantes en el suelo

- ***Agua***
- ***Nutrientes***
- ***oxígeno***

Buscar estos recursos

- ***Lo logran cambiando la velocidad y dirección del crecimiento individual de las raíces así como la elongación e iniciación de nuevas raíces y de los pelos o muerte de otras raíces.***

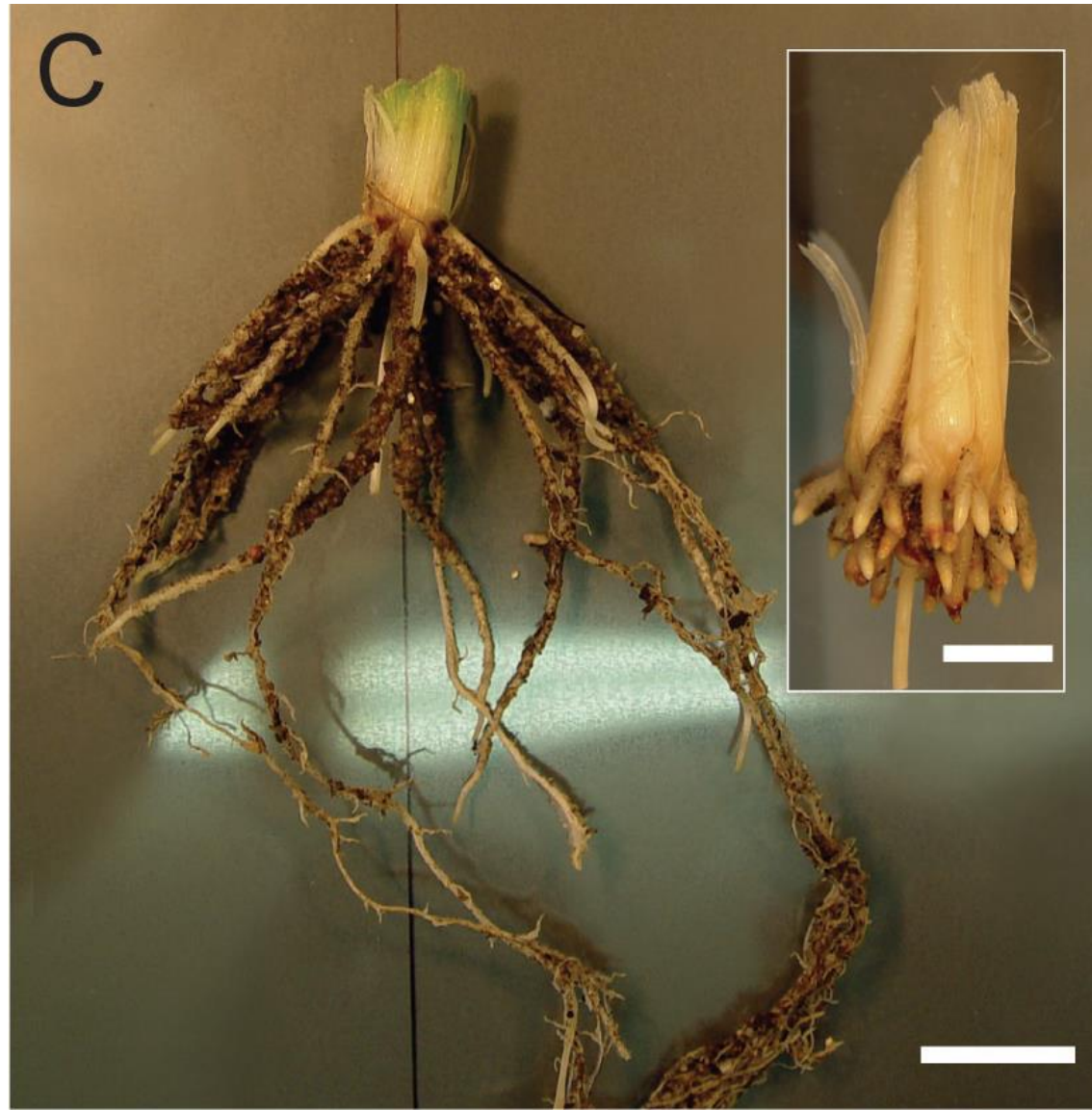
Qué factores afectan el crecimiento de la raíz y su arquitectura?

- *Volumen de suelo*
- *Nivel de nutrientes*
- *Si están los 20 nutrientes esenciales*
- *Disponibilidad de agua*
- *Presencia de otras raíces*
- *Moléculas orgánicas producidas por otras plantas*
- *Presencia y actividad de microorganismo*

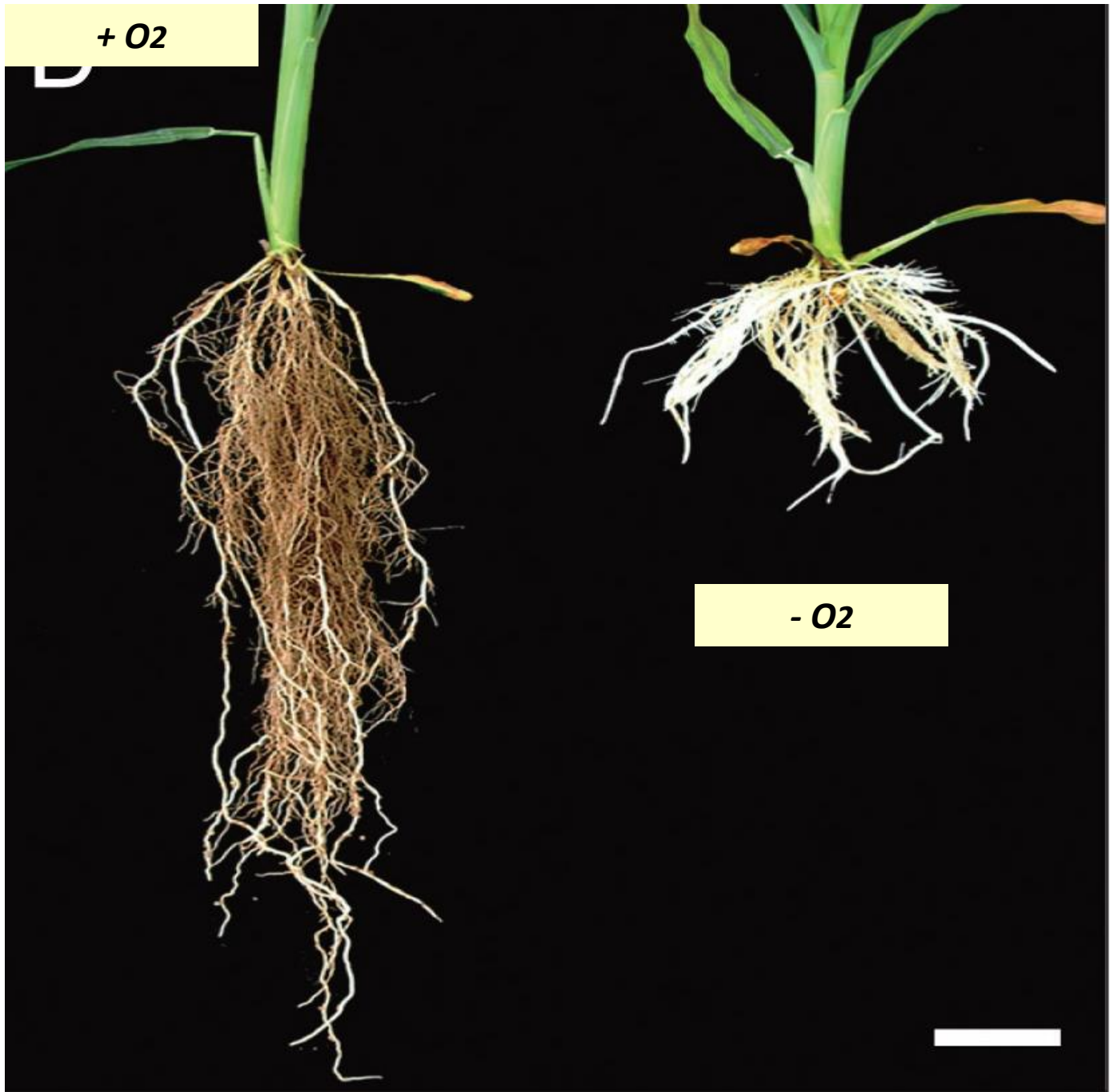


Plasticidad radical según características subterráneas

Las plantas se comportarán de tal manera que maximicen su ganancia neta de energía y recursos

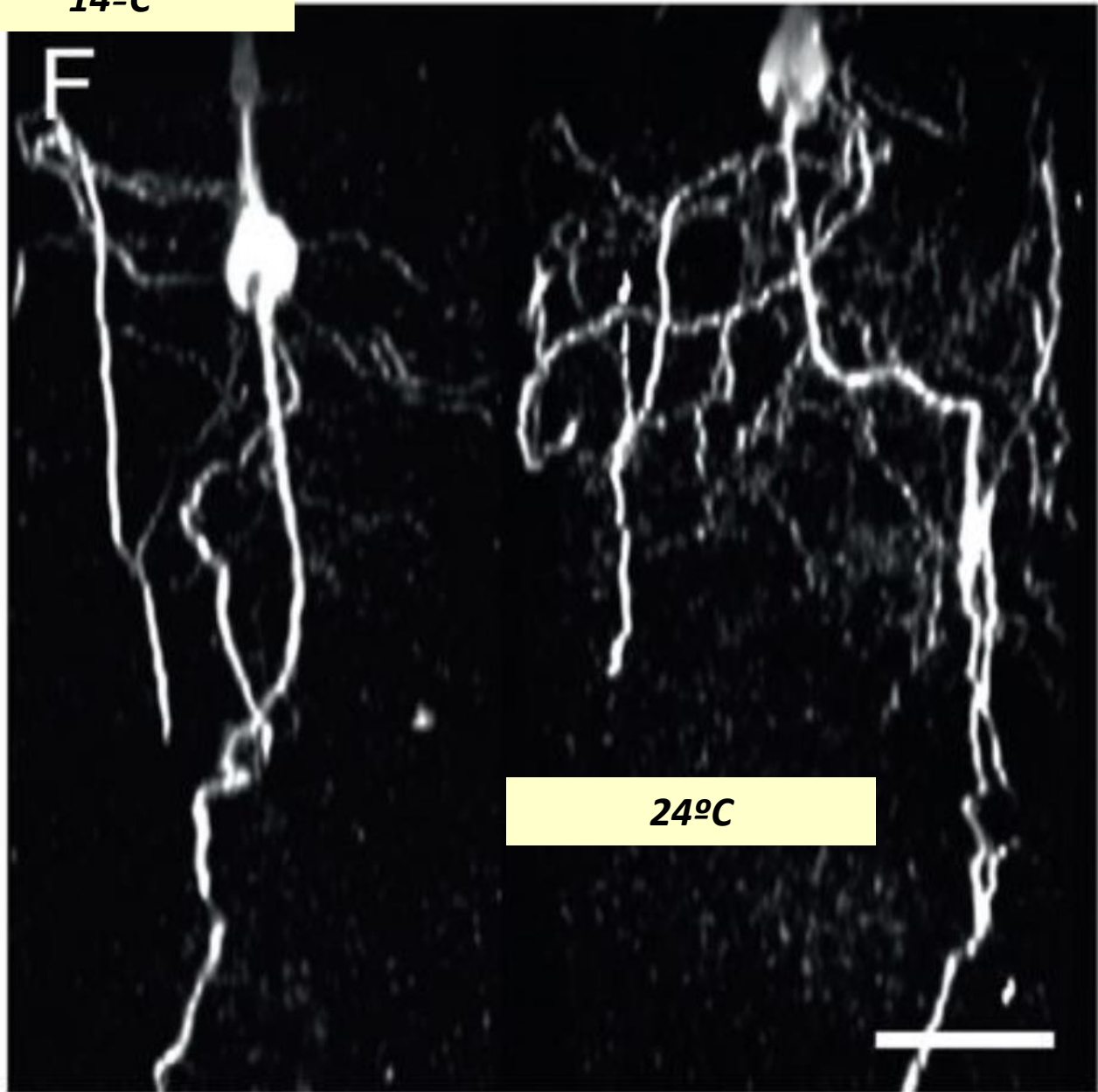


+ O₂



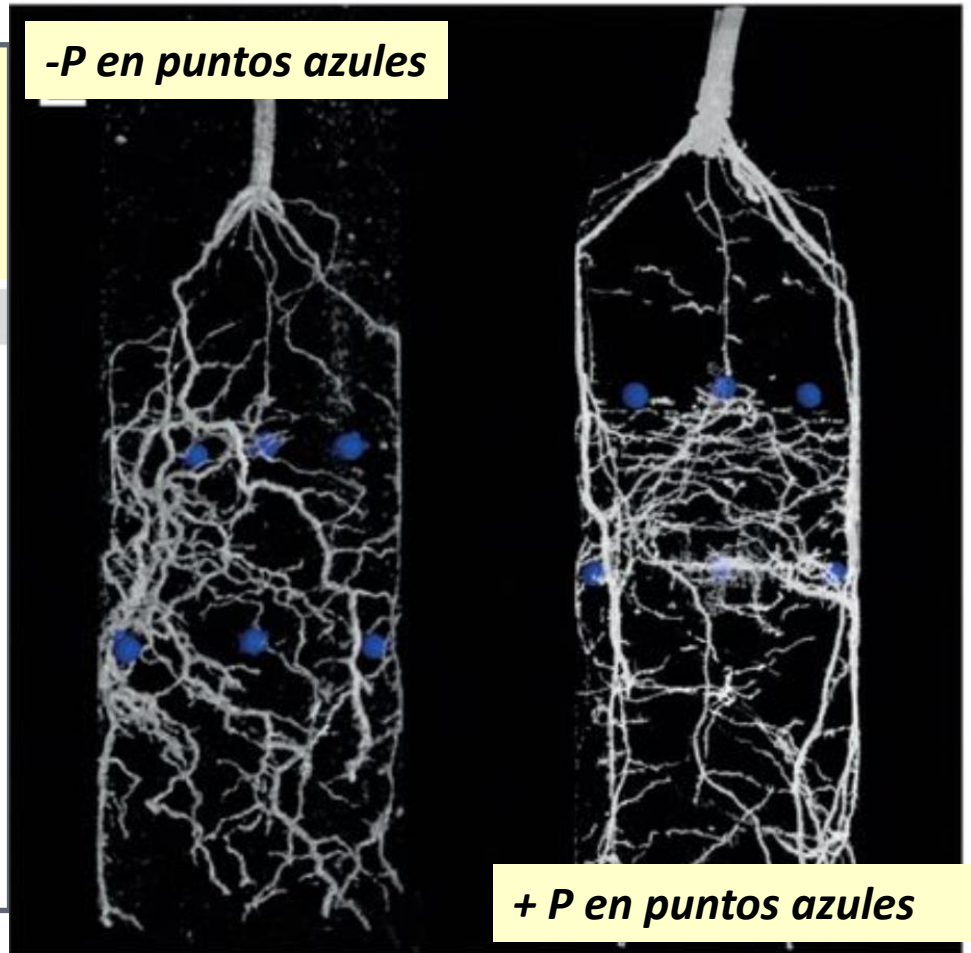
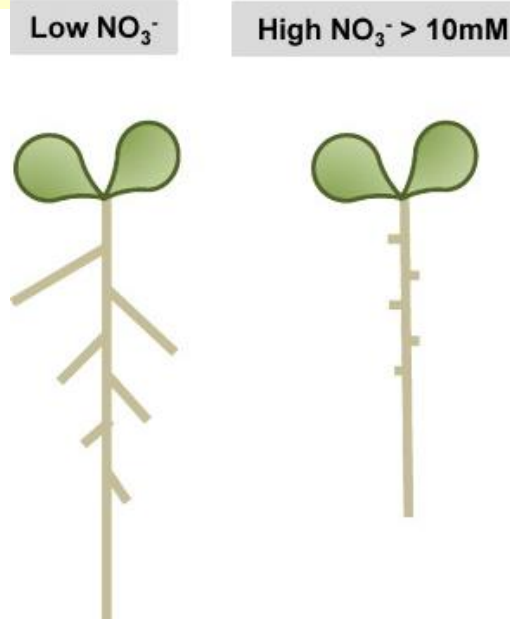
- O₂

14°C



Competencia subterránea: El crecimiento radical es muy plástico

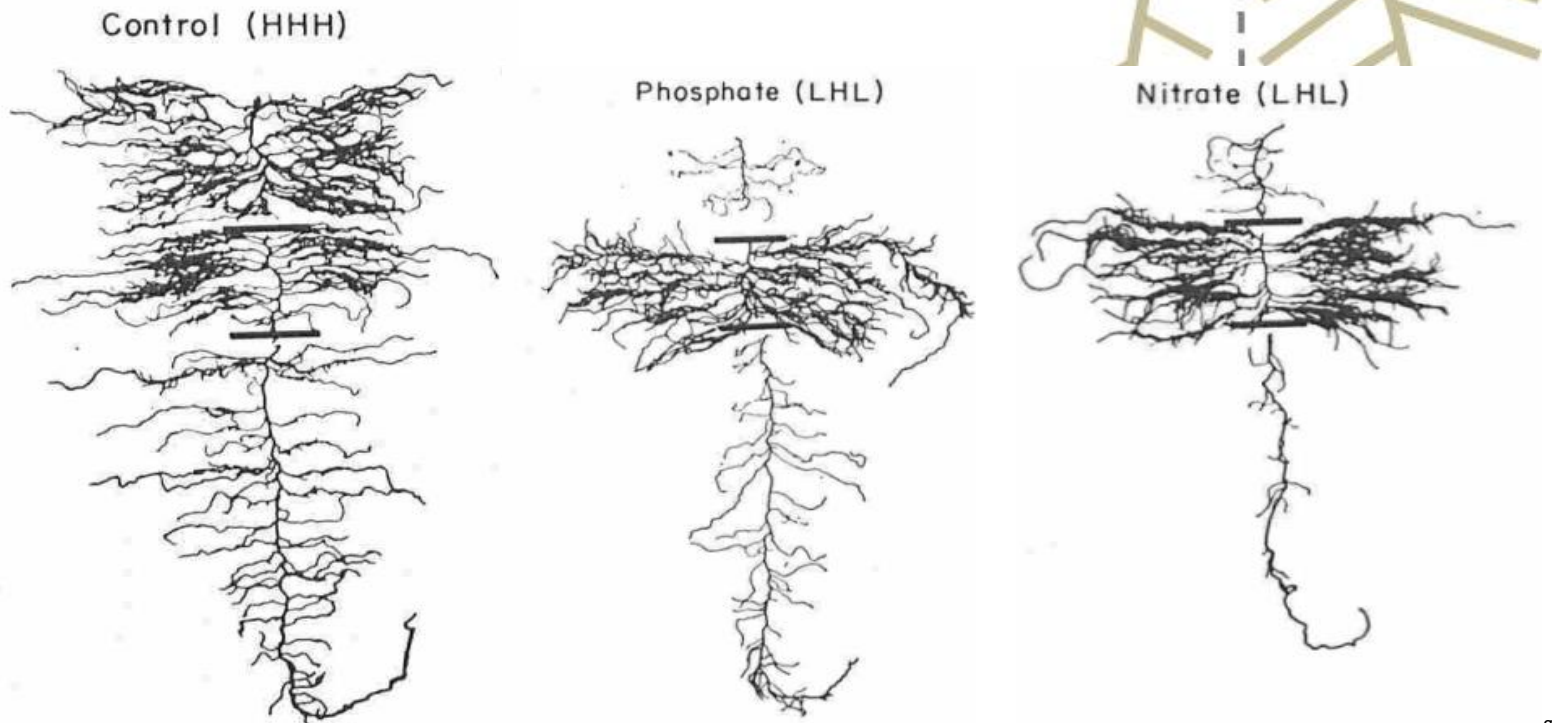
Cuando los recursos edáficos son abundantes, las plantas asignan menos biomasa a raíces



Reprinted by permission from Wiley from Drew, M.C. (1975). Comparison of the effects of a localised supply of phosphate, nitrate and ammonium and potassium on the growth of the seminal root system, and the shoot, in barley. *New Phytol.* 75: [479-490](#). Reprinted from Bouguyon, E., Gojon, A. and Nacry, P. (2012). Nitrate sensing and signaling in plants. *Sem. Cell Devel. Biol.* 23: [648-654](#), with permission from Elsevier. See also Gersani, M. and Sachs, T. (1992). Development correlations between roots in heterogeneous environments. *Plant Cell Environ.* 15: [463-469](#).

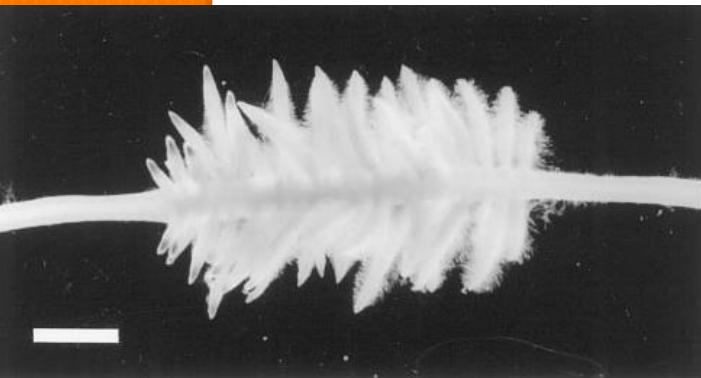
Competencia subterránea: El crecimiento radical es muy plástico

Cuando los nutrientes se distribuyen heterogéneamente, las raíces proliferan en los parches ricos en nutrientes.



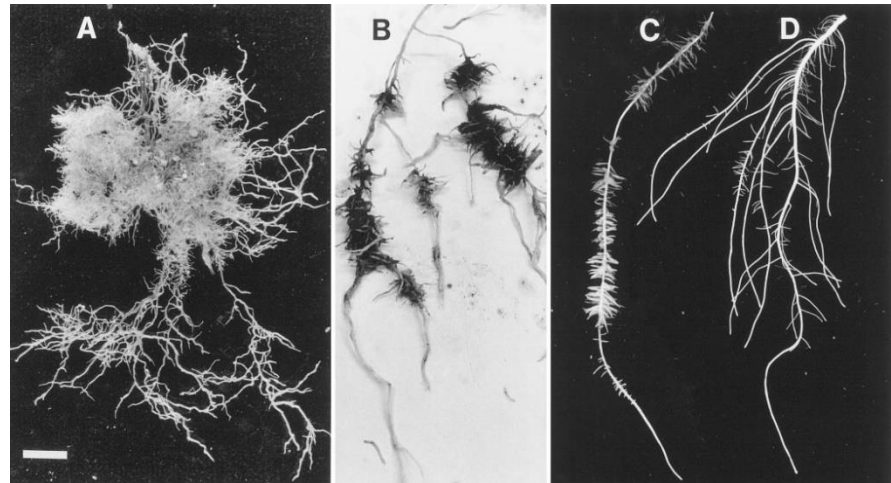
Competencia subterránea: El crecimiento radical es muy plástico

Raíces en racimos (Cluster Root), en base a los niveles de fósforo



En el suelo, los carboxilatos toman el lugar de las moléculas de fósforo, que también están cargadas negativamente; estas moléculas de fósforo en el suelo están fuertemente unidas a las partículas del suelo y no pueden absorberlas.

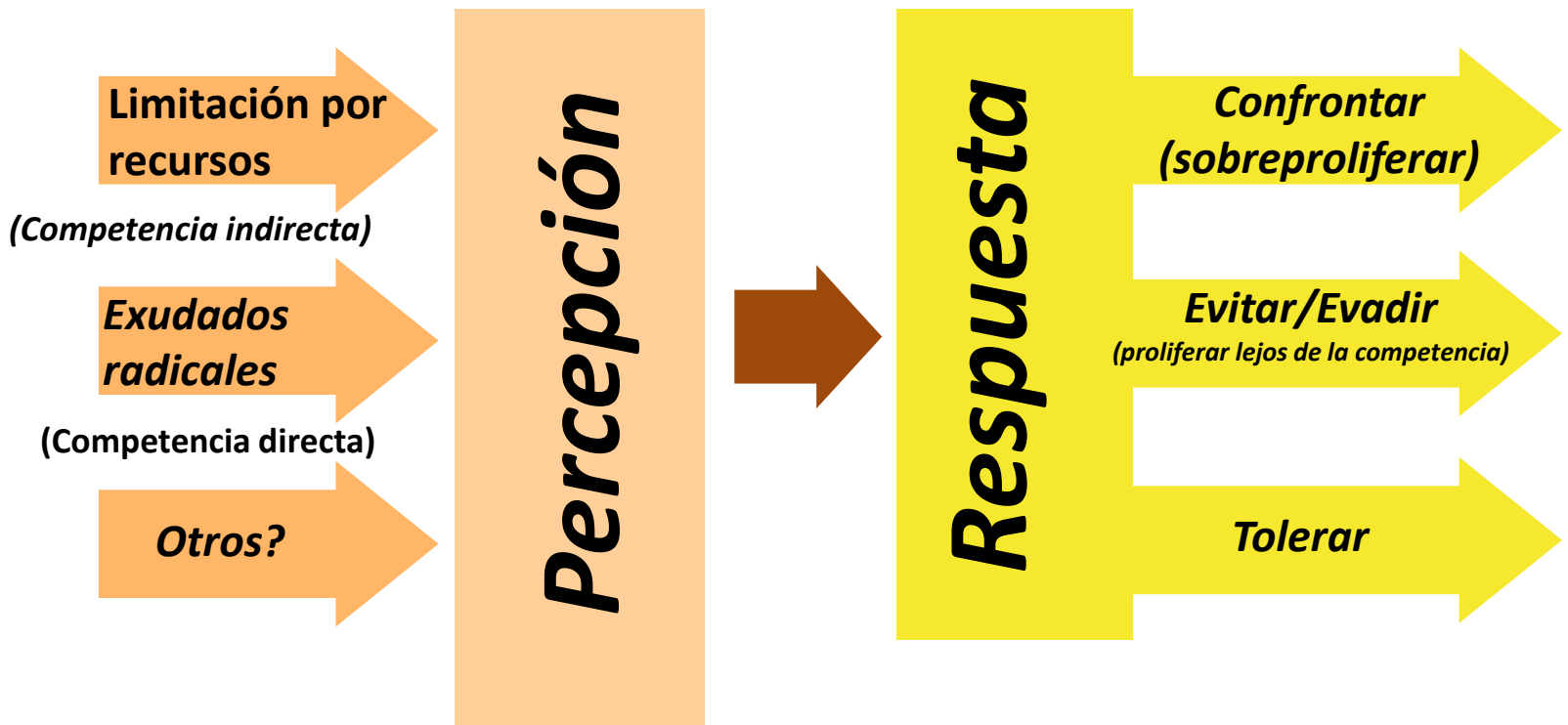
Aniones orgánicos, fosfatasas ácidas, fenólicos, mucílagos



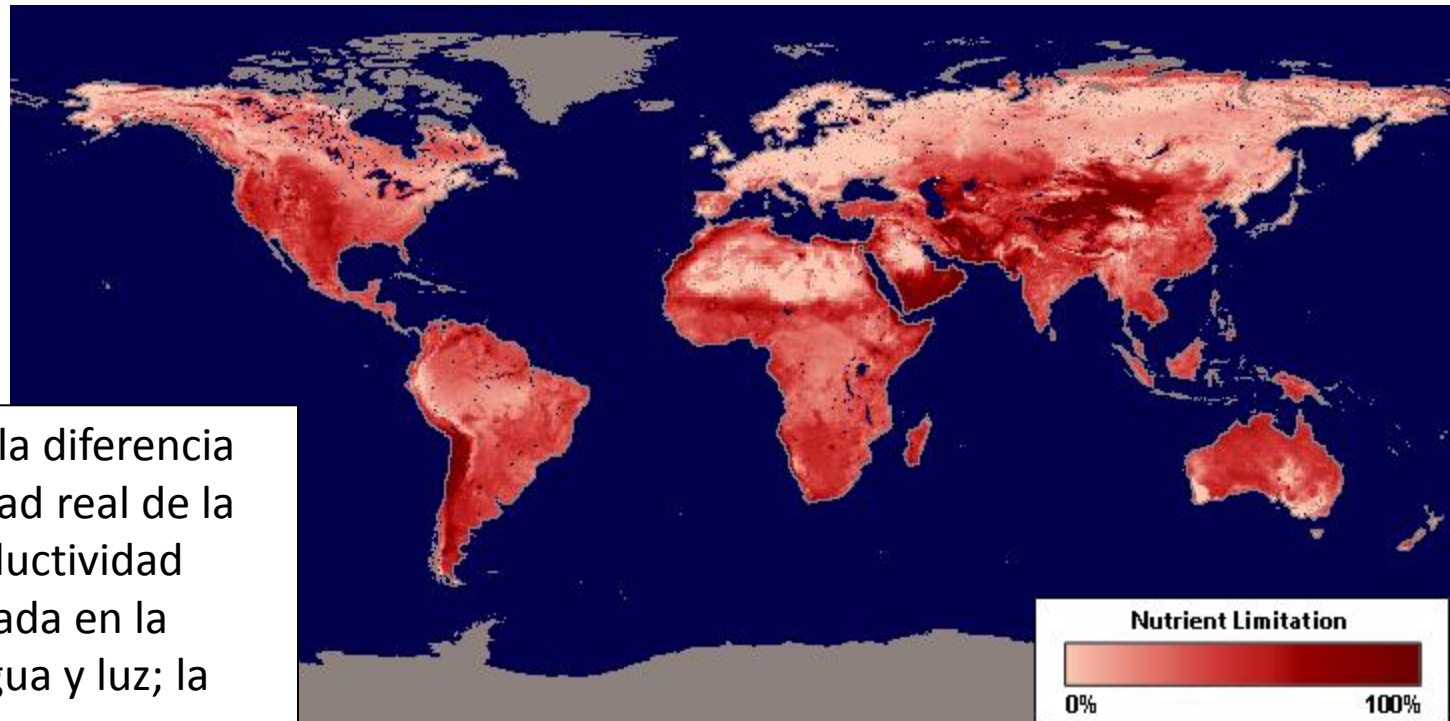
El citrato es el principal anión orgánico exportado por *L. albus*, pero también se exportan malato y succinato

Dos especies distintas AB en suelo, C en hidroponia sin P y D con P

Competencia subterránea: Señales y respuestas



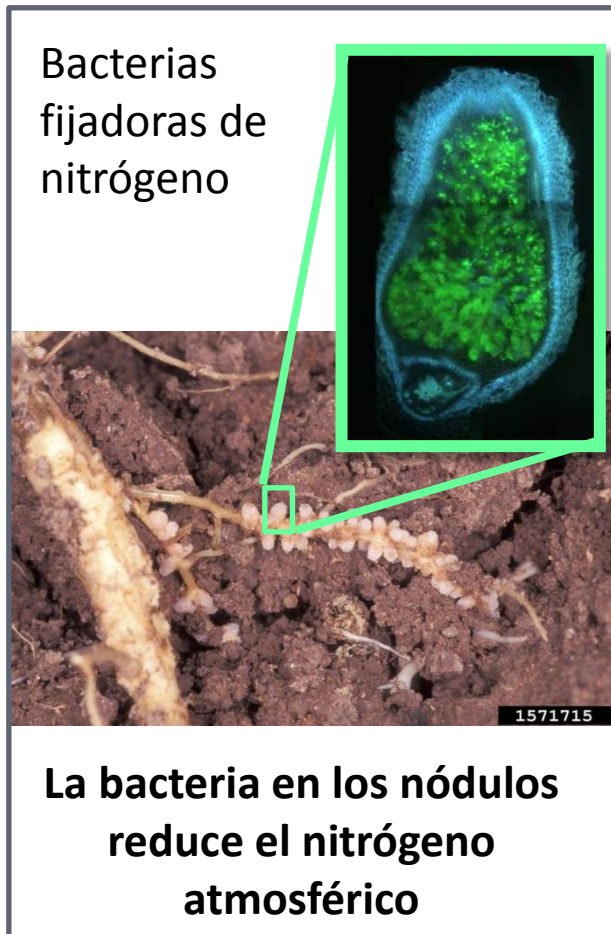
Las plantas compiten por nutrientes, que frecuentemente son limitantes para el crecimiento



Este mapa muestra la diferencia entre la productividad real de la vegetación y la productividad teórica máxima basada en la disponibilidad de agua y luz; la diferencia se atribuye a una limitación por nutrientes.

Fisher, J.B., Badgley, G. and Blyth, E. (2012). Global nutrient limitation in terrestrial vegetation. *Global Biogeochemical Cycles*. 26: [GB3007](#). Credit: [NASA](#) JPL/Caltech.

INTERACCIONES- Estrategias: Disminuir la competencia por nutrientes



La mayoría de las plantas aumentan la adquisición de nutrientes mediante asociación con hongos micorrizicos or bacterias fijadoras de nitrógeno

Competencia subterránea: Señales y respuestas

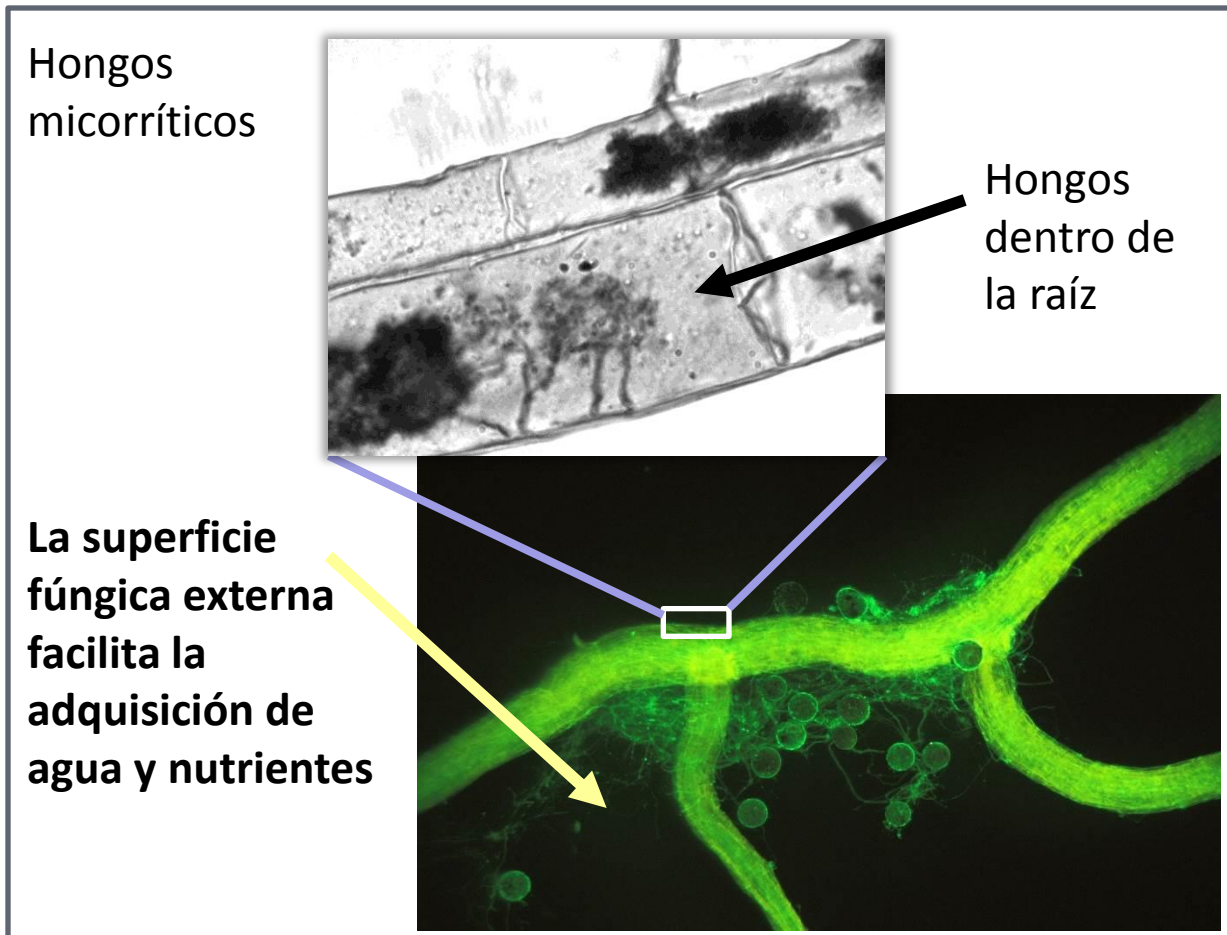
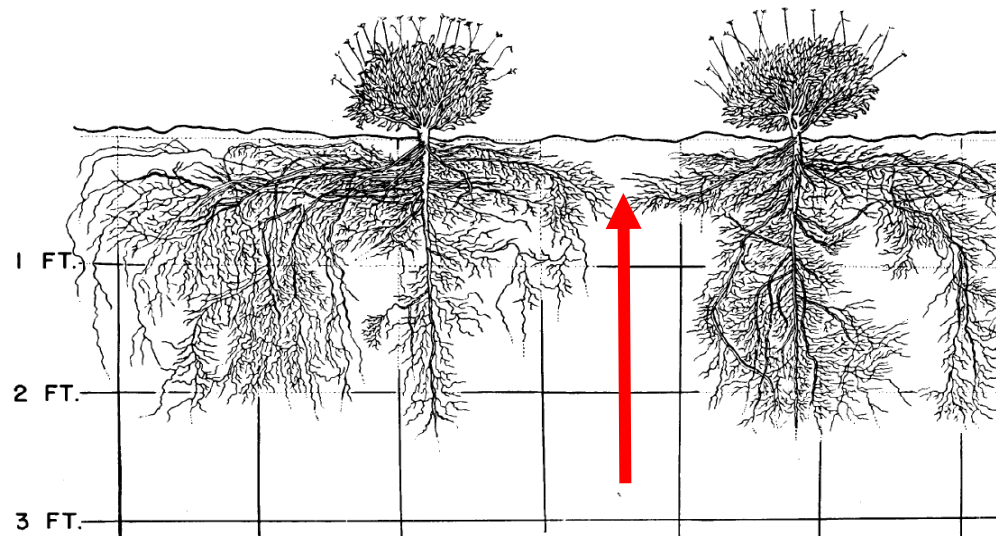


Photo credits: [Gerald Holmes](#), Valent USA Corporation, [Ulrike Mathesius](#), Bugwood.org, [Sara Wright](#), USDA; [Kristine Nichols](#), USDA

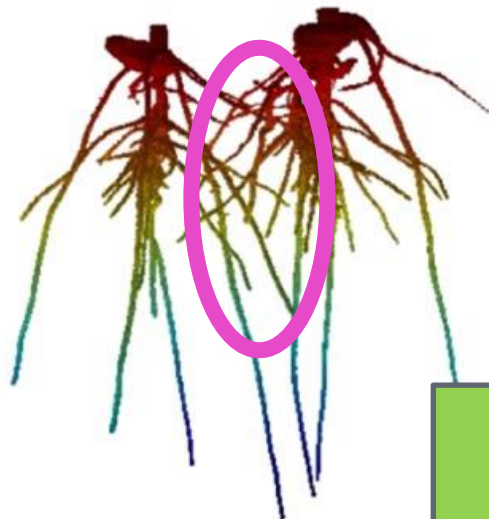
¿Cómo reconocen las raíces otras raíces?

Las raíces pueden sentir y responder a la presencia de otras raíces.

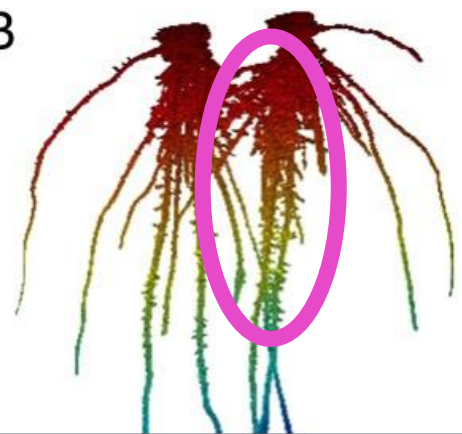


Muchos estudios han encontrado que las raíces tienen tendencia a crecer alejadas unas de las otras.

A



B



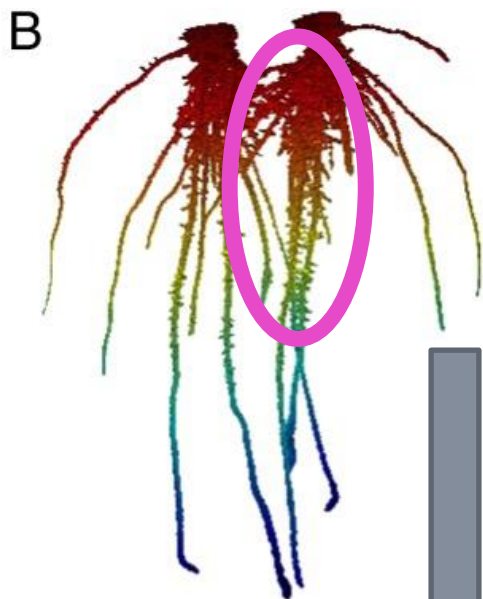
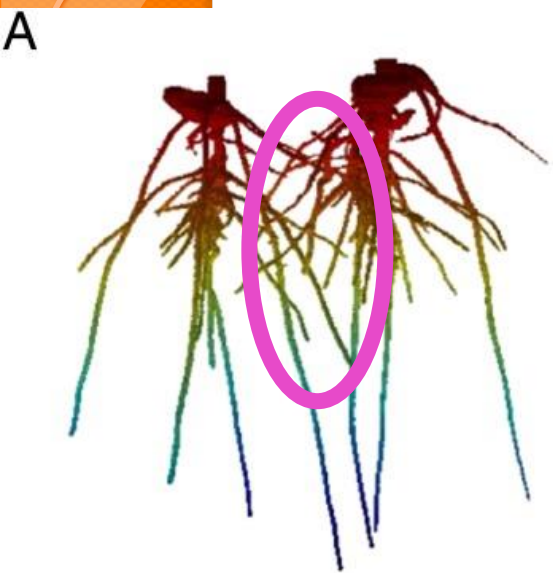
Compiten???

Mismo genotipo

Que pasaba con la parte aérea? Talvez ahí comenzaba la señal.

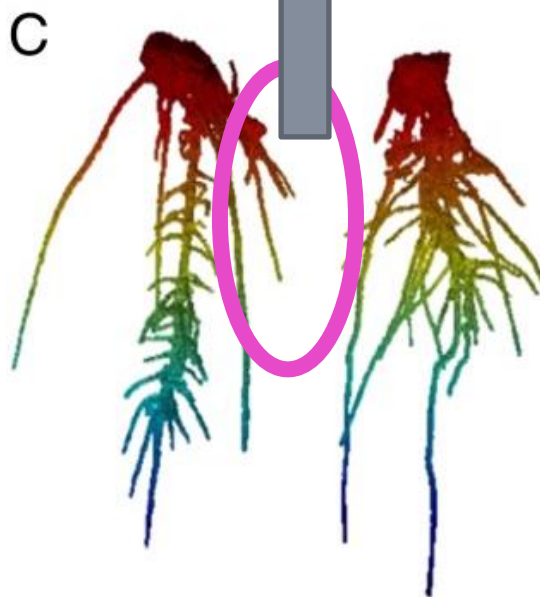
Distinto genotipo



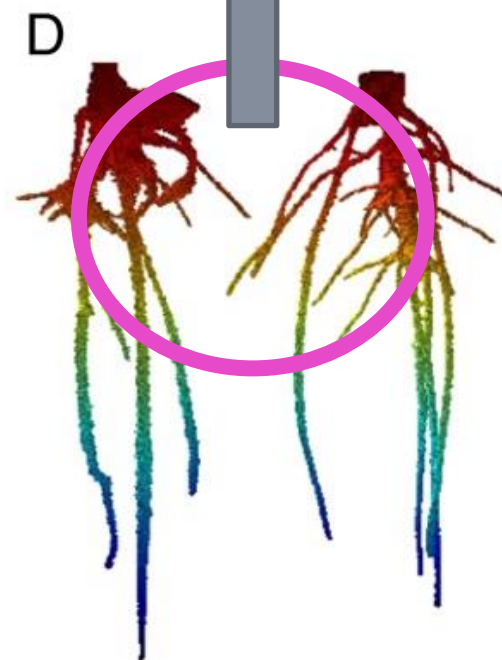


Compiteen????

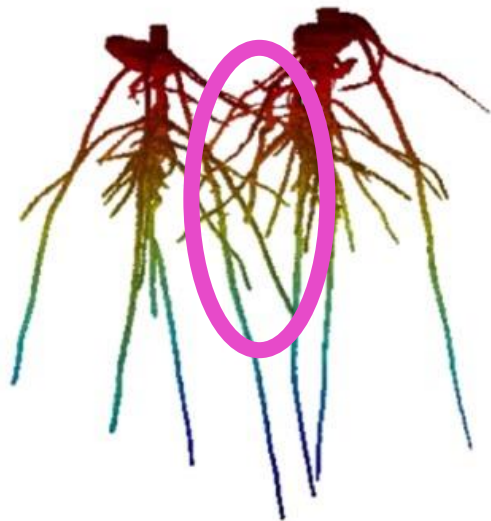
Mismo genotipo



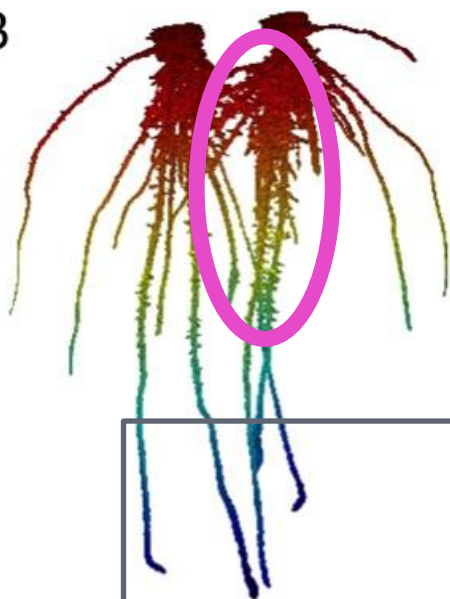
Distinto genotipo



A



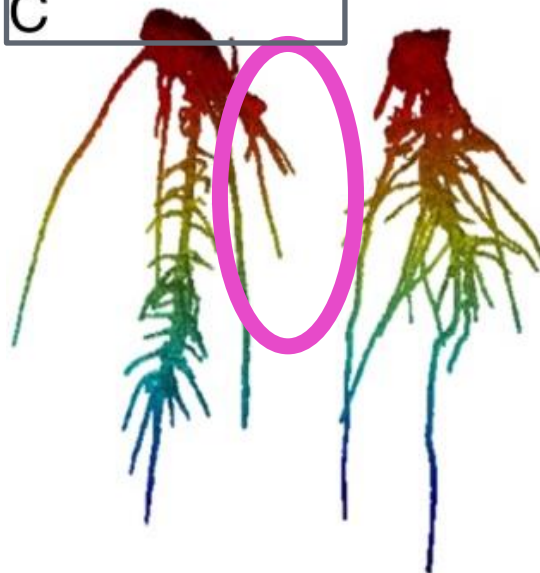
B



Compten????

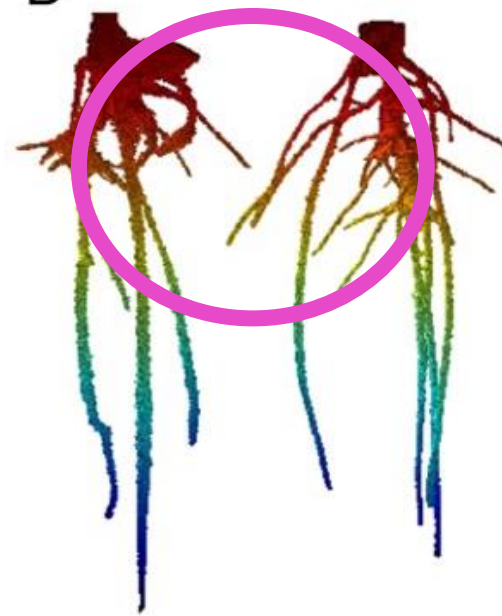
Mismo genotipo

C



Distinto genotipo

D



Las plantas se establecen naturalmente al azar?.

O se van agrupando por una causa fisiológica?

Pueden reconocer a sus parientes a nivel de suelo?

Pueden sentir partículas sólidas en el suelo?

Que pueden detectar las raíces?.

Las plantas de **ambrosía** cultivadas a partir de semillas y las plantas pequeñas de Larrea recolectadas en el campo se plantaron en cámaras planas y rectangulares llenas de arena fina para que las raíces crecieran a lo largo de las ventanas de observación de plexiglás cubiertas con contraventanas opacas removibles.

Se conectaron pares de cámaras, de manera que las raíces de una planta "de prueba" crecerían en la rizosfera de una planta "objetivo".

Las tasas de alargamiento de todas las raíces de la planta de prueba visibles a través de las ventanas de visualización se calcularon a partir de medidas de longitud (con una precisión de 0,1 mm) realizadas en tiempos registrados cada 2 días.

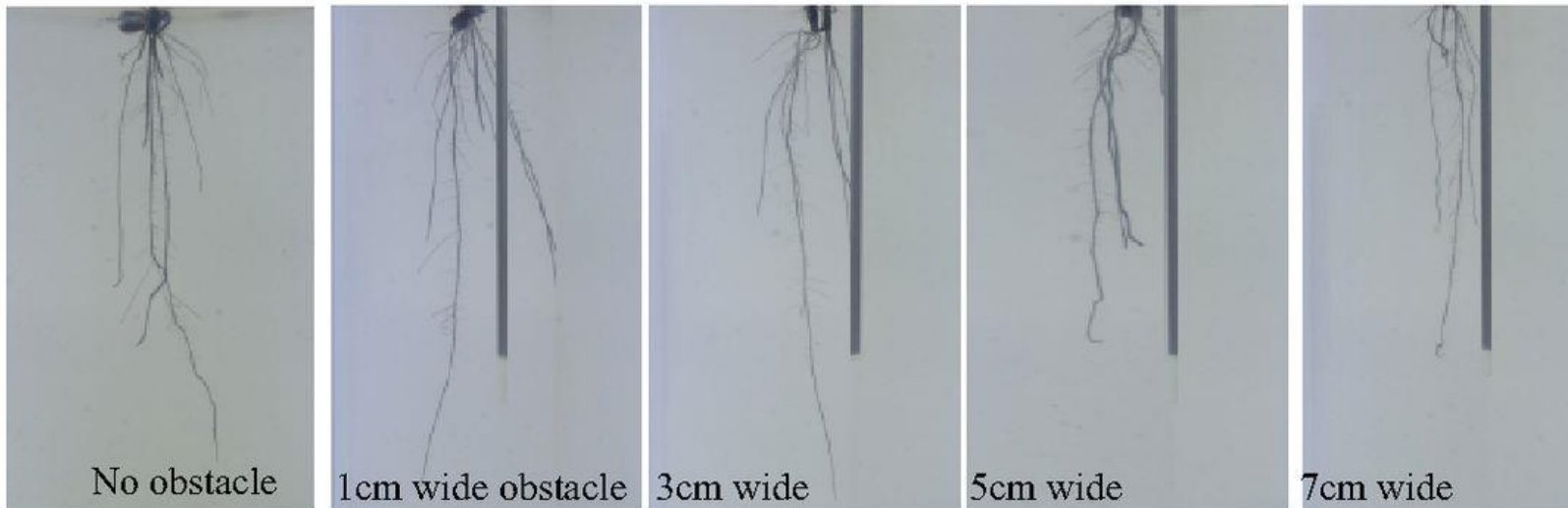
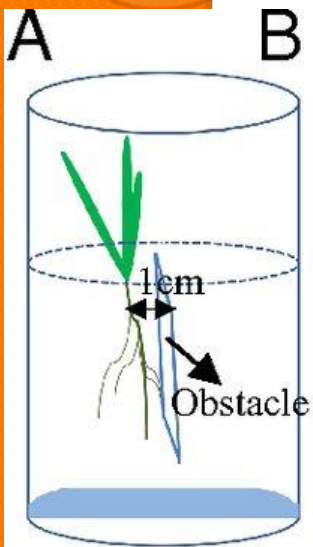
Utilizaron Ambrosia y Larrea.

Las barreras físicas inertes se utilizaron para los objetivos de control.



El crecimiento de la raíz varía según el tamaño de la barrera física.

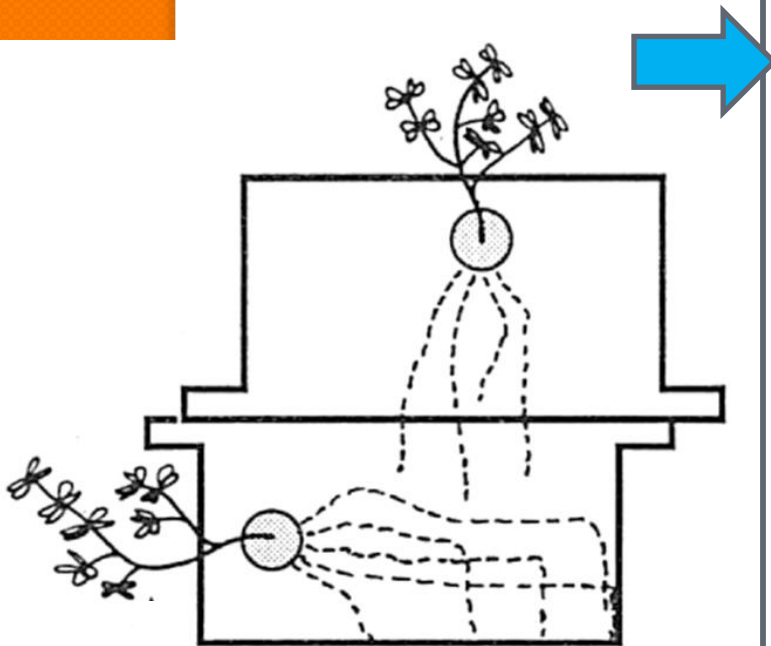
Según el tamaño del obstáculo es la respuesta de la raíz



-15% el área y -20% la longitud y el nº

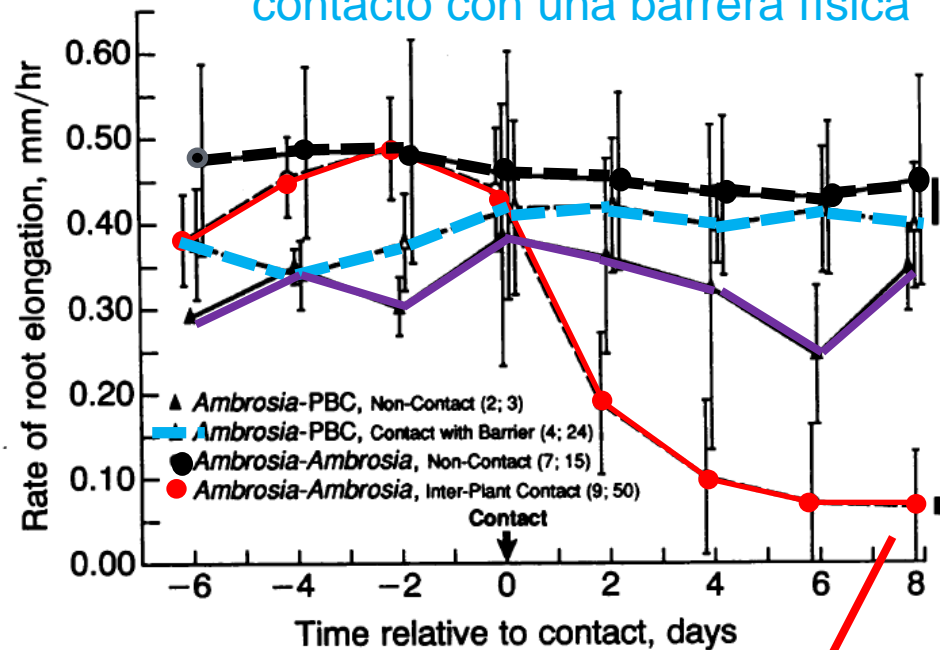
En algunos casos, las raíces evitan el contacto o proximidad con otras raíces

¿Cómo responden las raíces de arbustos del desierto al contacto o proximidad con otros?



Utilización de rizotrones

Raíces control, sin contacto o en contacto con una barrera física

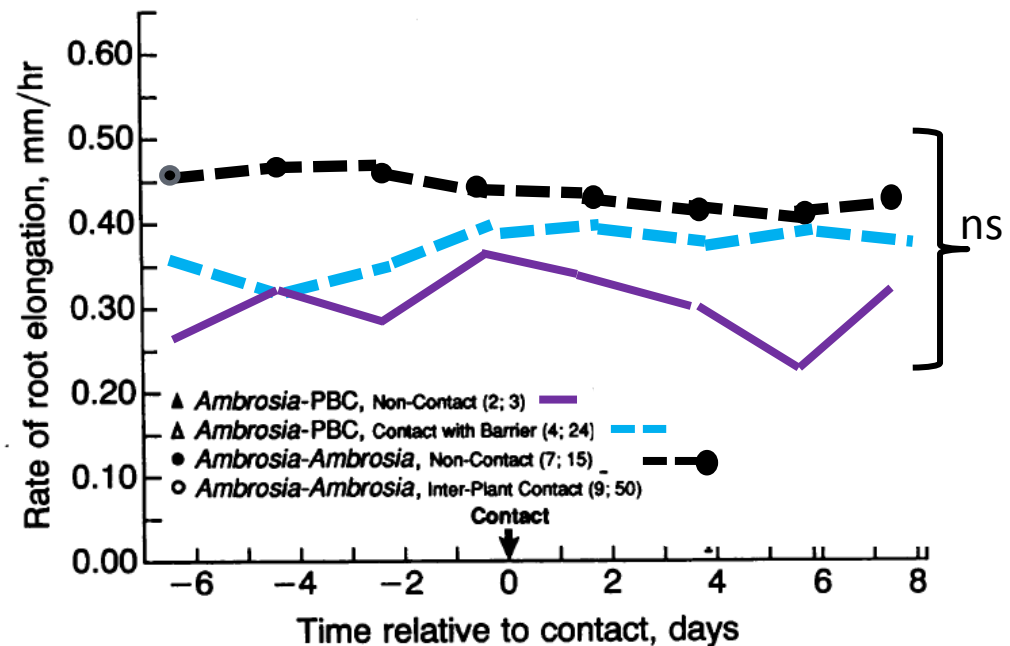


Las raíces expuestas a los exudados de otro sistema radical disminuyeron su tasa de crecimiento

En algunos casos, las raíces evitan el contacto o proximidad con otras raíces

1- Las raíces de plantas de Ambrosia que tocaron algo sólido crecieron a igual tasa que las raíces de plantas de Ambrosia que se crecieron con otras plantas de Ambrosia pero sin tocarlas.

Raíces control, sin contacto o en contacto con una barrera física

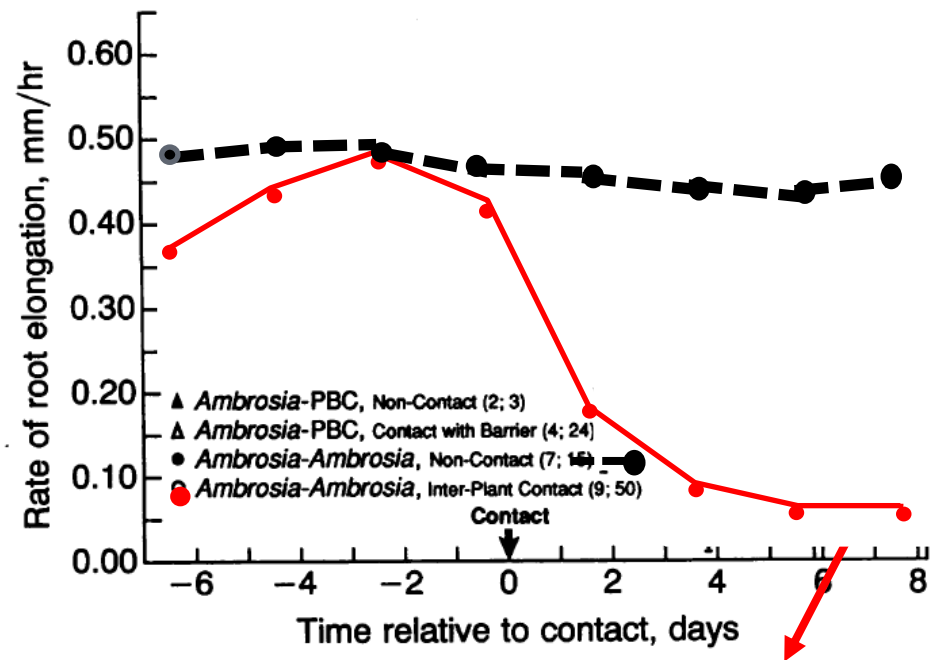


Las raíces expuestas a los exudados de otro sistema radical disminuyeron su tasa de crecimiento

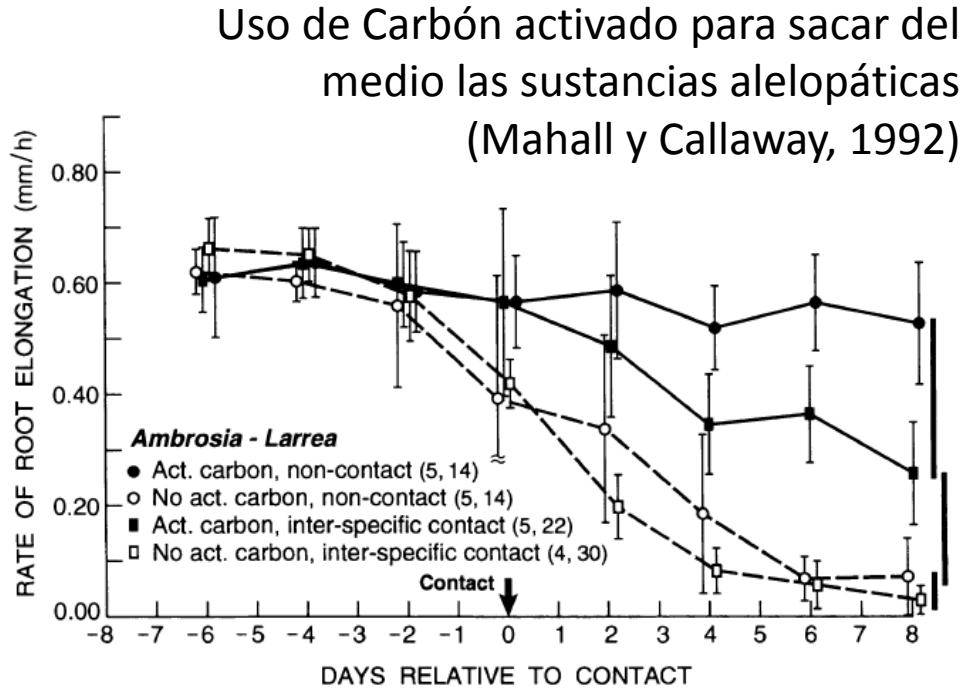
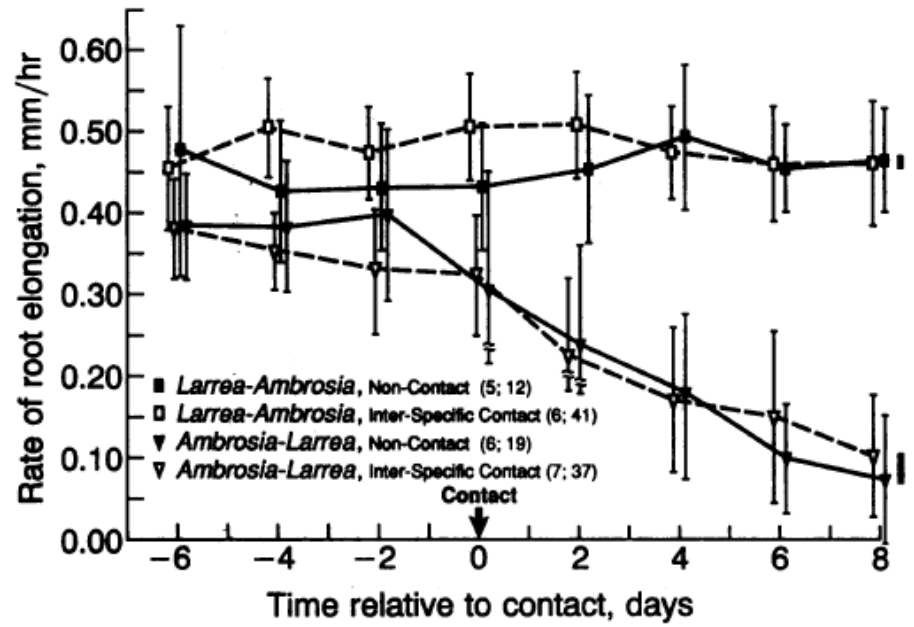
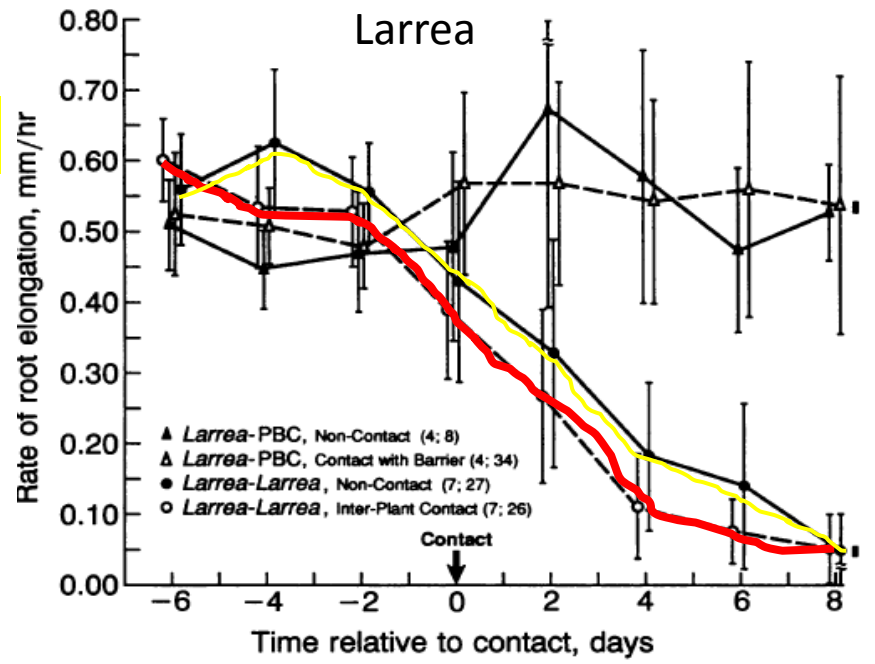
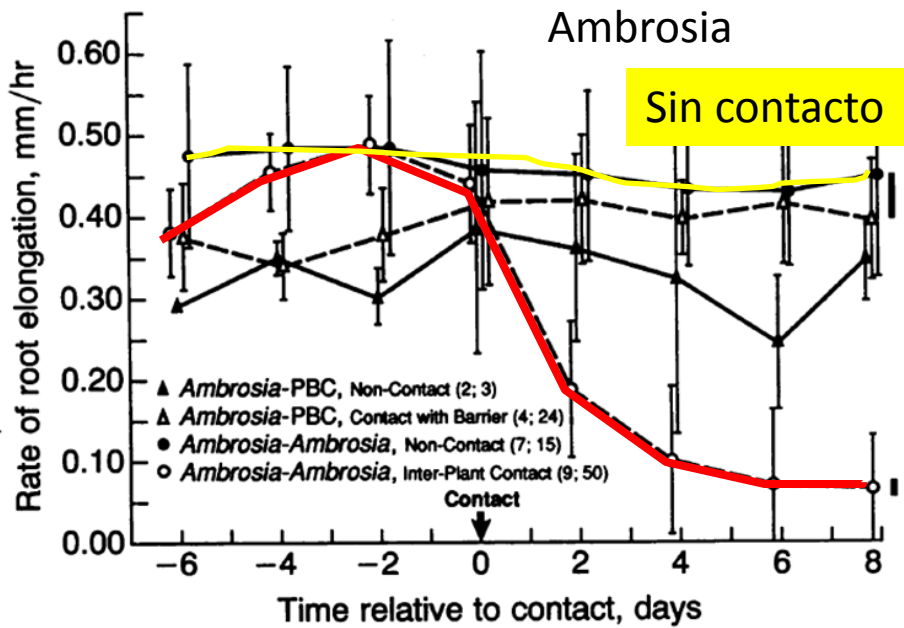
En algunos casos, las raíces evitan el contacto o proximidad con otras raíces

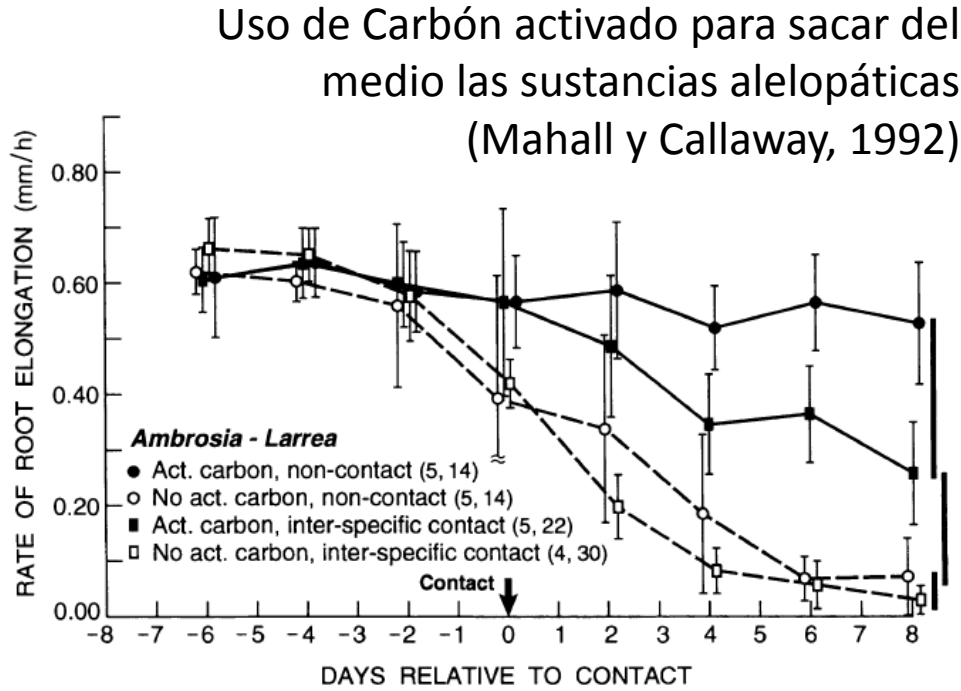
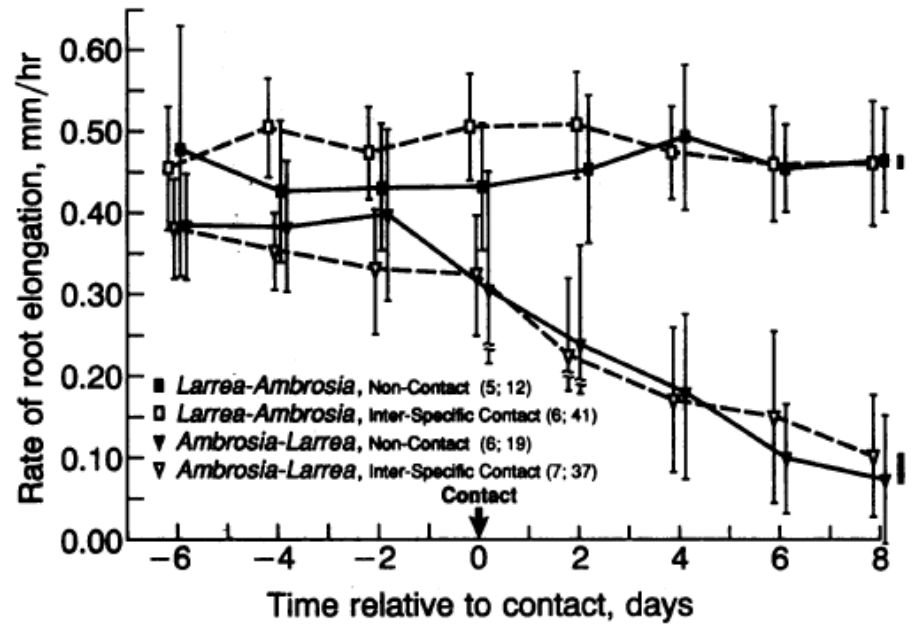
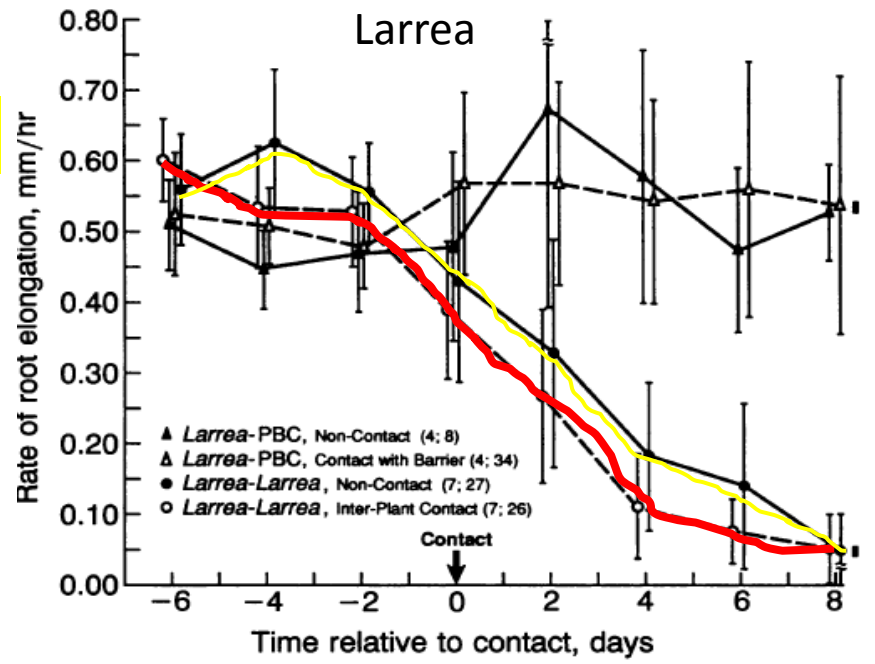
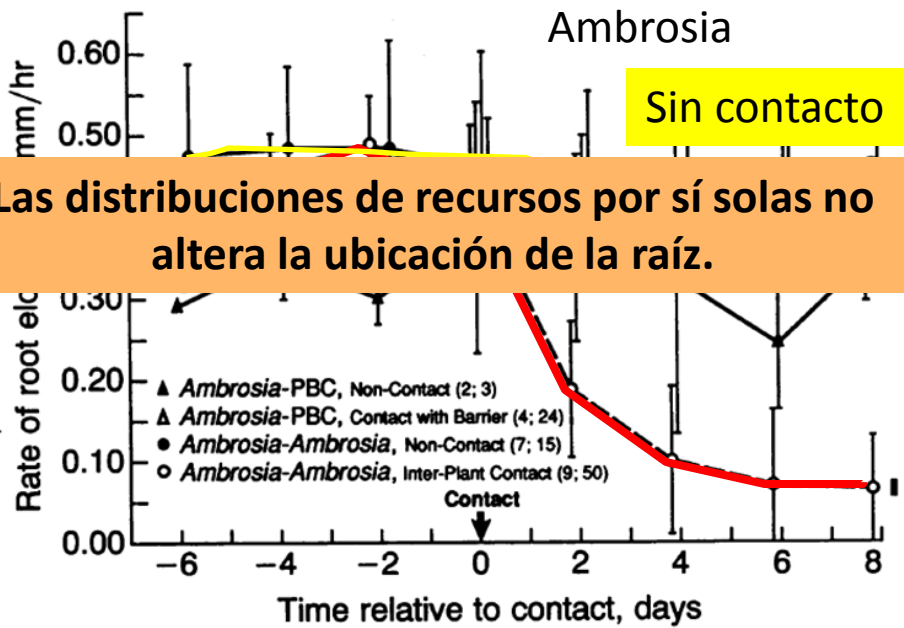
2- Las raíces de plantas de Ambrosia que tocaron las raíces de otras plantas de Ambrosia disminuyen su tasa de elongación.

Raíces control, sin contacto o en contacto con una barrera física

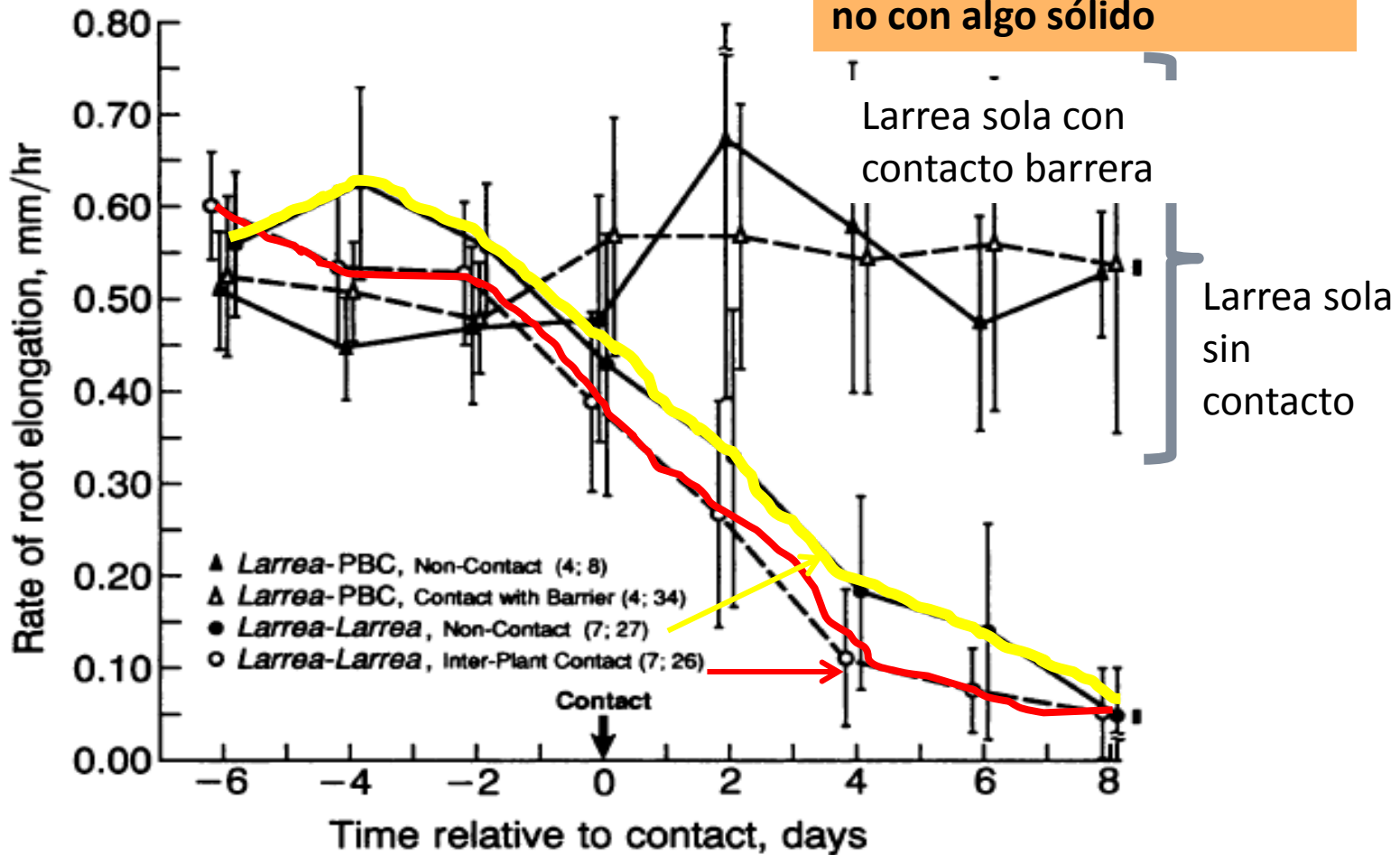


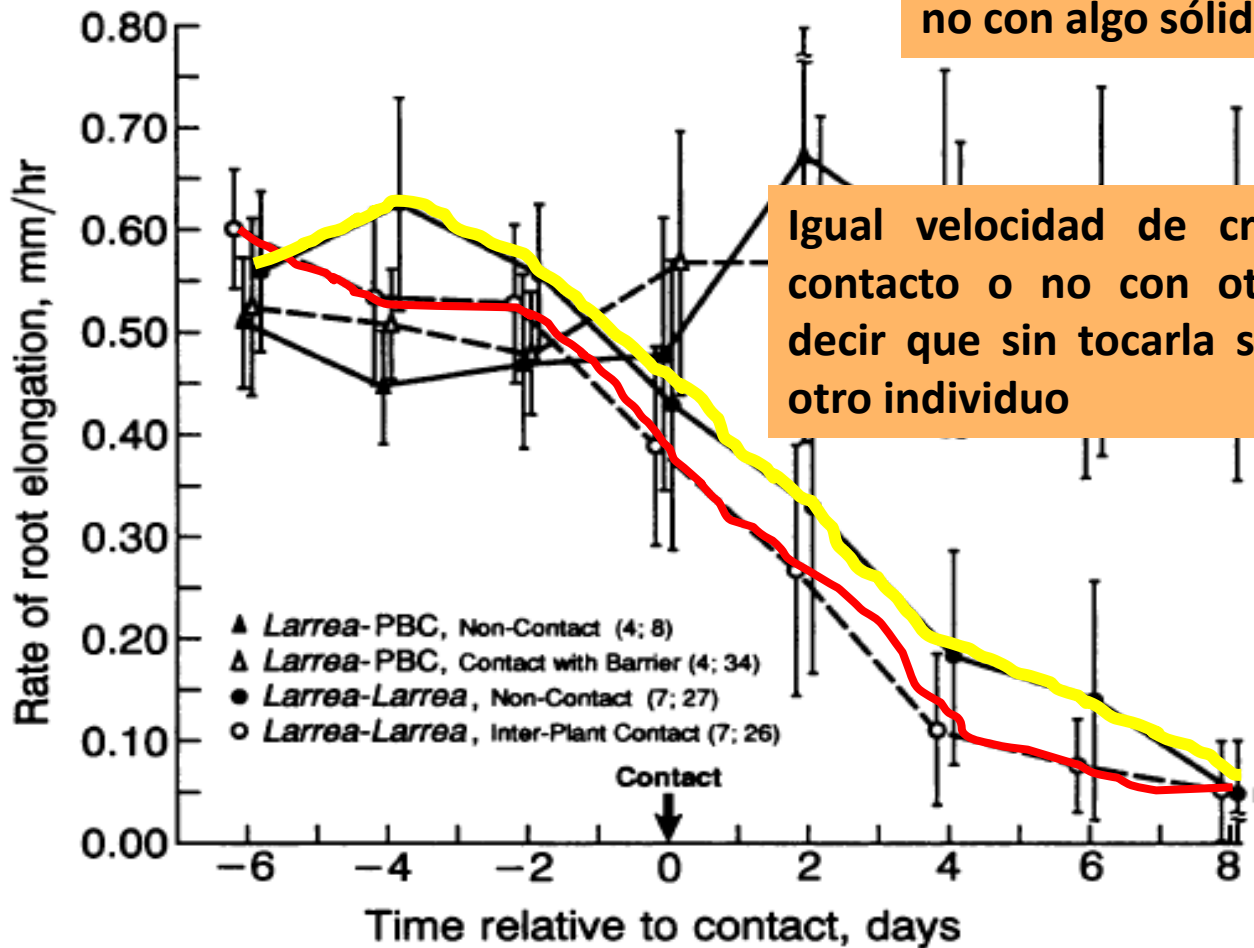
Las raíces expuestas a los exudados de otro sistema radical disminuyeron su tasa de crecimiento





Igual velocidad de crecimiento en contacto o no con algo sólido

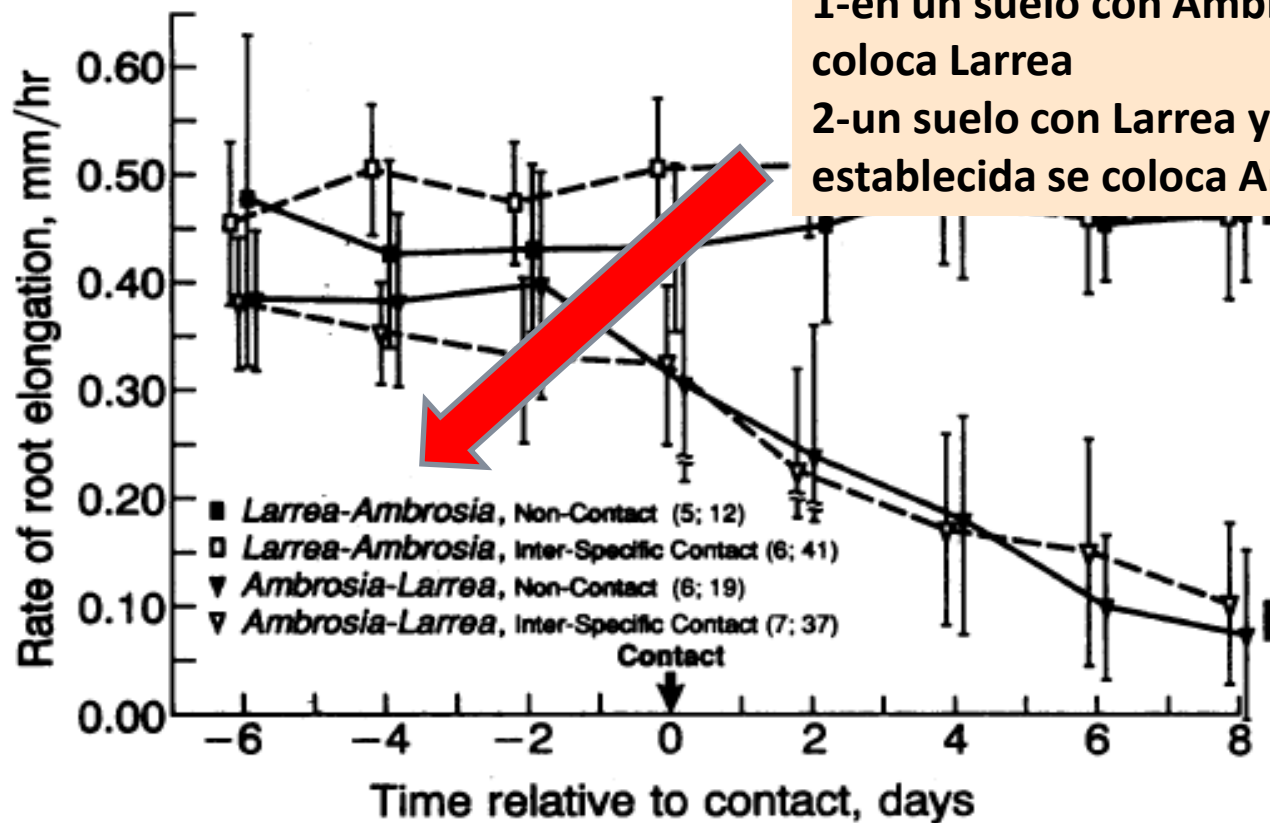




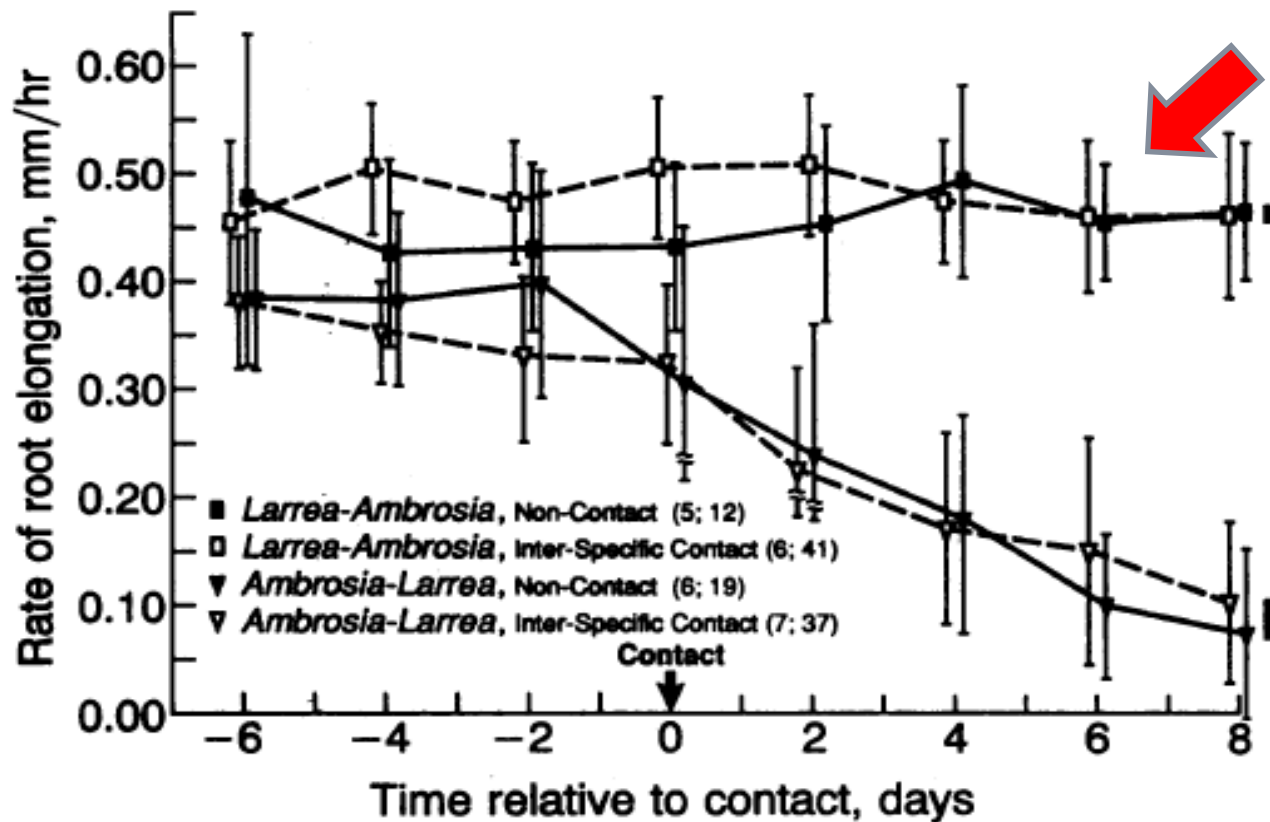
Igual velocidad de crecimiento en contacto o no con algo sólido

Igual velocidad de crecimiento en contacto o no con otra Larrea. Es decir que sin tocarla sensea que hay otro individuo

Se comparó el comportamiento ahora con las dos especies juntas, siendo una la establecida y se incorpora la segunda y a la inversa.

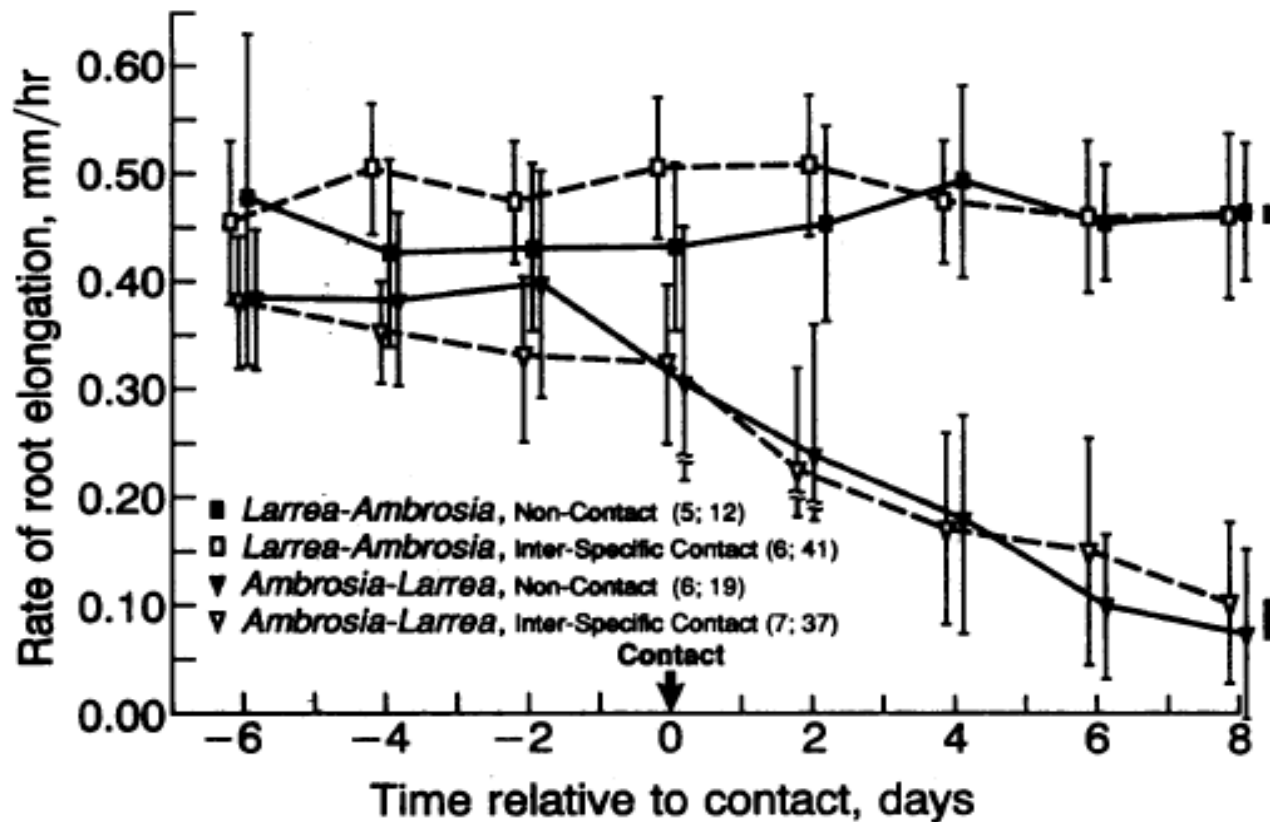


La interferencia puede ser mecánicamente asimétrica. Los arbustos de *Ambrosia* pueden interferir con *Larrea* principalmente mediante la competencia para limitar los recursos, mientras que los arbustos de *Larrea* pueden interferir con *Ambrosia* en gran parte a través de la alelopatía mediada por la raíz. Ambos mecanismos podrían resultar en una menor disponibilidad de agua.



Larrea no modifican su velocidad de crecimiento cuando están sin tocarse ni cuando se tocan

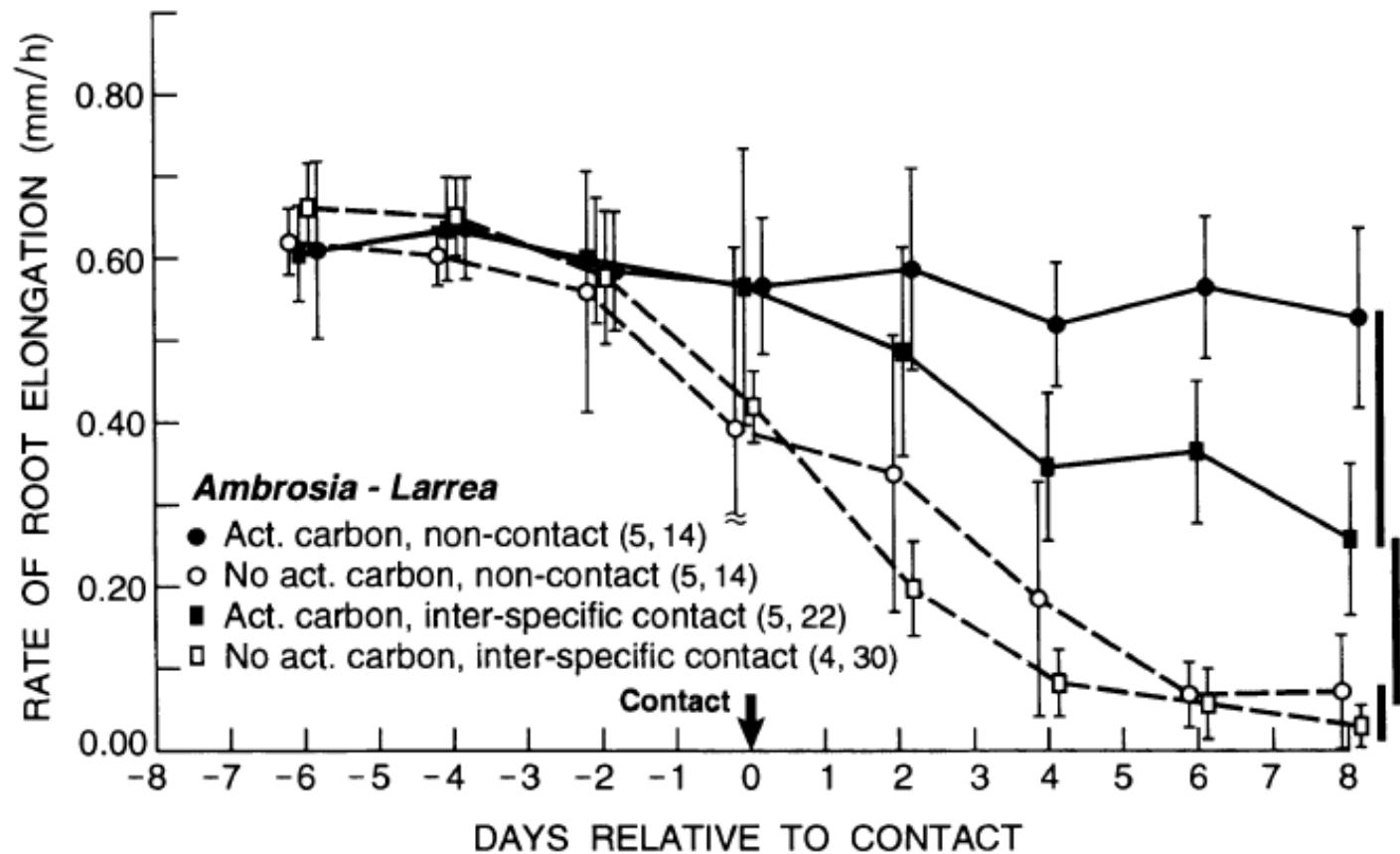
La interferencia puede ser mecánicamente asimétrica. Los arbustos de *Ambrosia* pueden interferir con *Larrea* principalmente mediante la competencia para limitar los recursos, mientras que los arbustos de *Larrea* pueden interferir con *Ambrosia* en gran parte a través de la alelopatía mediada por la raíz. Ambos mecanismos podrían resultar en una menor disponibilidad de agua.



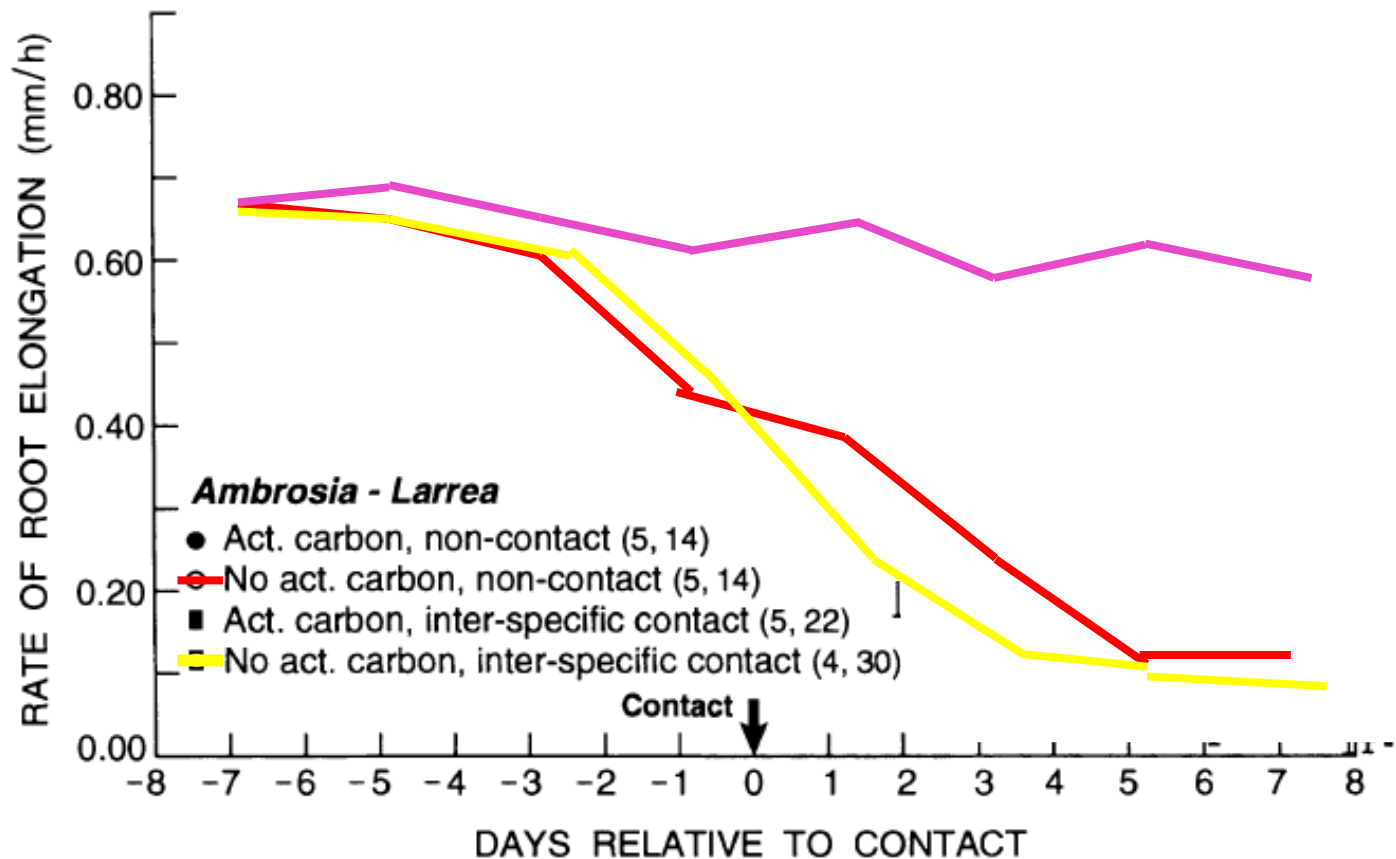
Alelopatía



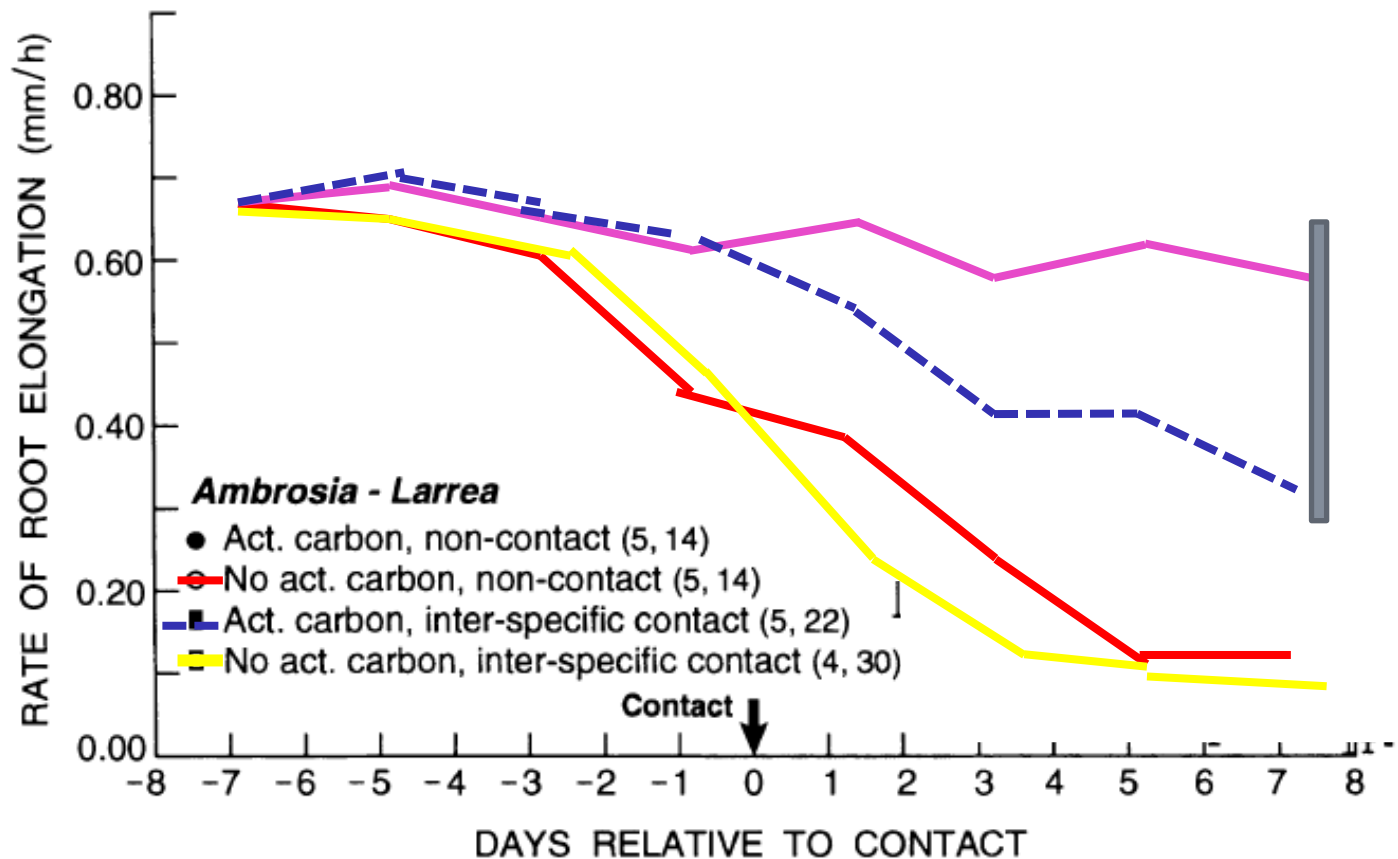
Uso de Carbón activado para sacar del medio las sustancias alelopáticas (Mahall y Callaway, 1992)



Uso de Carbón activado para sacar del medio las sustancias alelopáticas (Mahall y Callaway, 1992)

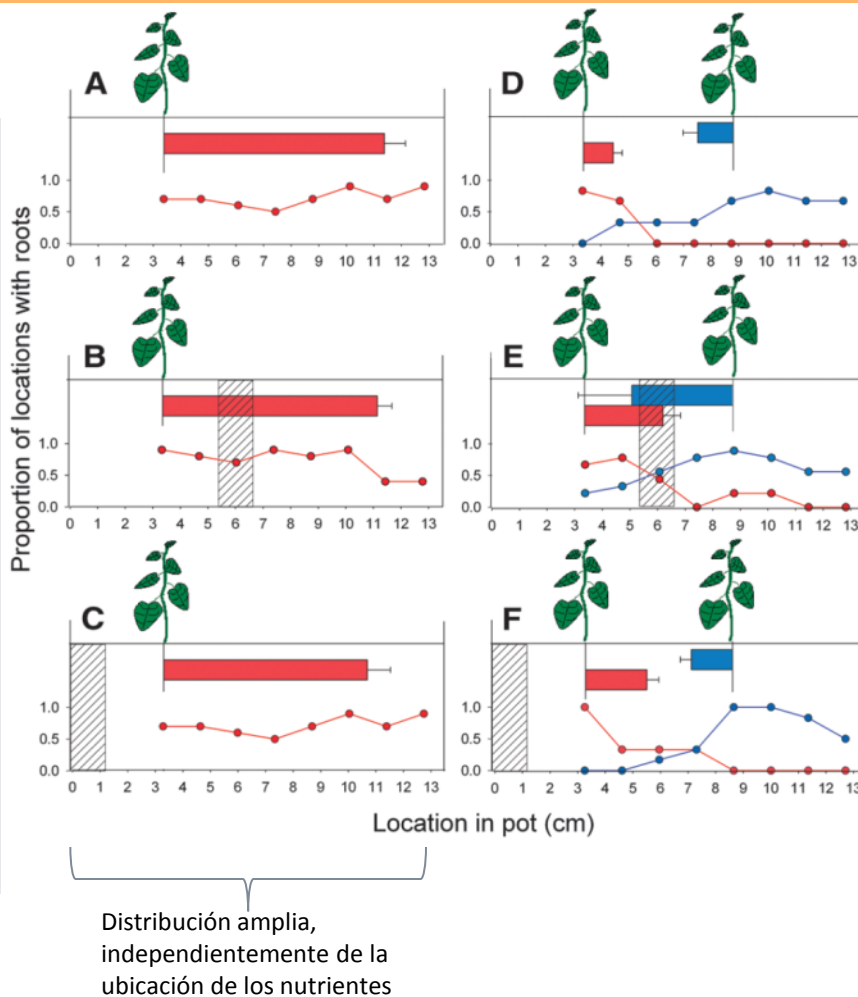


Uso de Carbón activado para sacar del medio las sustancias alelopáticas (Mahall y Callaway, 1992)



Las plantas integran información sobre nutrientes y vecinas

Se plantaron plantas de *Abutilon theophrasti* (Malvaceae) solas o con una vecina, en un suelo uniforme o con parches ricos en nutrientes en el centro o en un extremo (barra rayada), y la distribución de raíces fue analizada

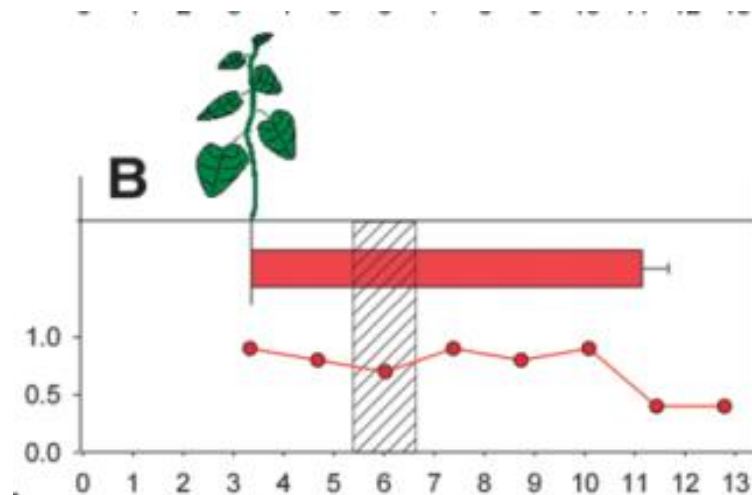
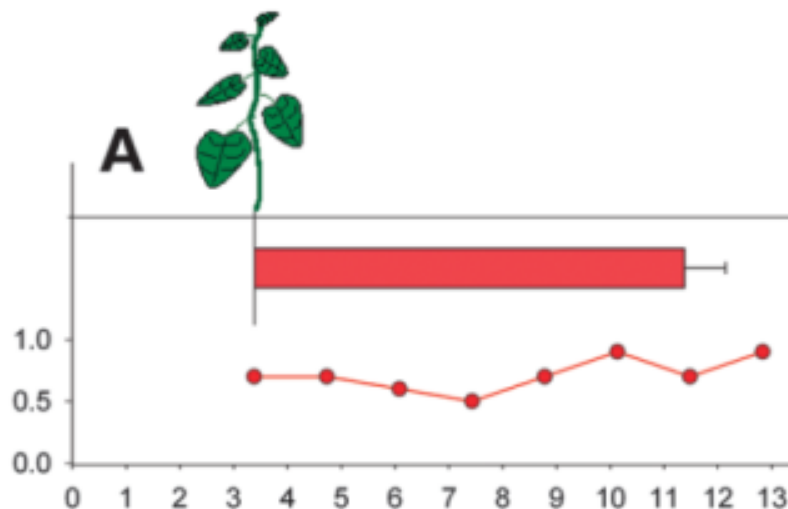


En suelo uniforme, las raíces se evitaron. Segregación espacial.

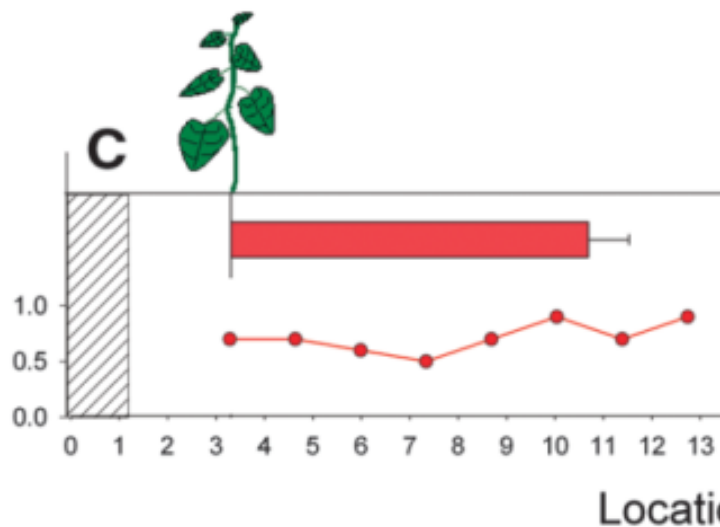
Pero proliferaron en un parche rico en nutrientes, donde se solaparon, aunque la longitud fue menor que solas.

Reglas de decisión jerárquicas. Integran la información de manera no aditiva

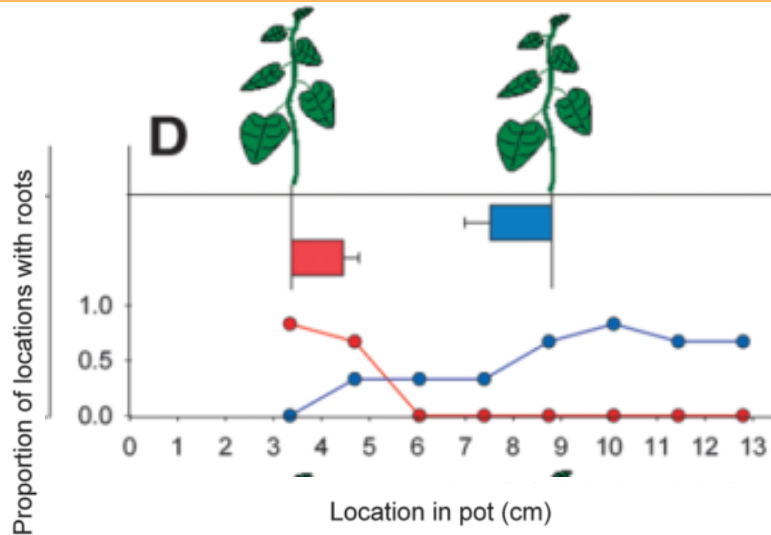
Las plantas integran información sobre nutrientes y vecinas



Distribución amplia, independiente de la ubicación de los nutrientes



Las plantas integran información sobre nutrientes y vecinas

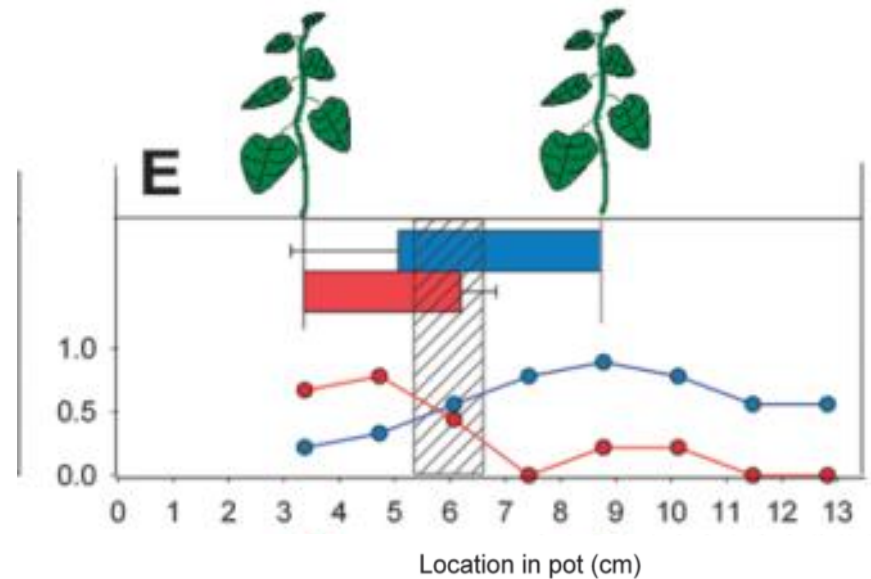


En suelos uniformes con competencia, las plantas tuvieron la distribución de raíces más restringida, lo que dió como resultado una segregación espacial del suelo entre las dos plantas

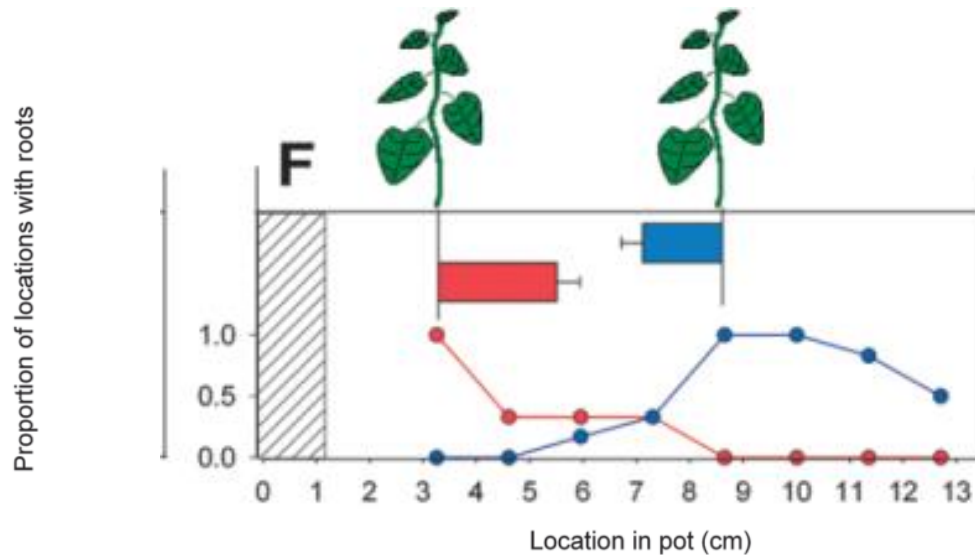
Las plantas integran información sobre nutrientes y vecinas

Proportion of locations with roots

las plantas tenían una distribución más amplia de raíces (Fig. 1E), donde las raíces de las plantas se superponían en el parche y, por lo tanto, no estaban segregadas



Las plantas integran información sobre nutrientes y vecinas



En el tratamiento de parche en el borde , la distribución de raíces de la planta fue i amplitud

Estrategia, evaluar 1º la presencia o no del vecino.
Si está sola adopta una estrategia . Si hay vecinos, la distribución de raíces cambia en función del vecino y modificada parcialmente por el nutriente

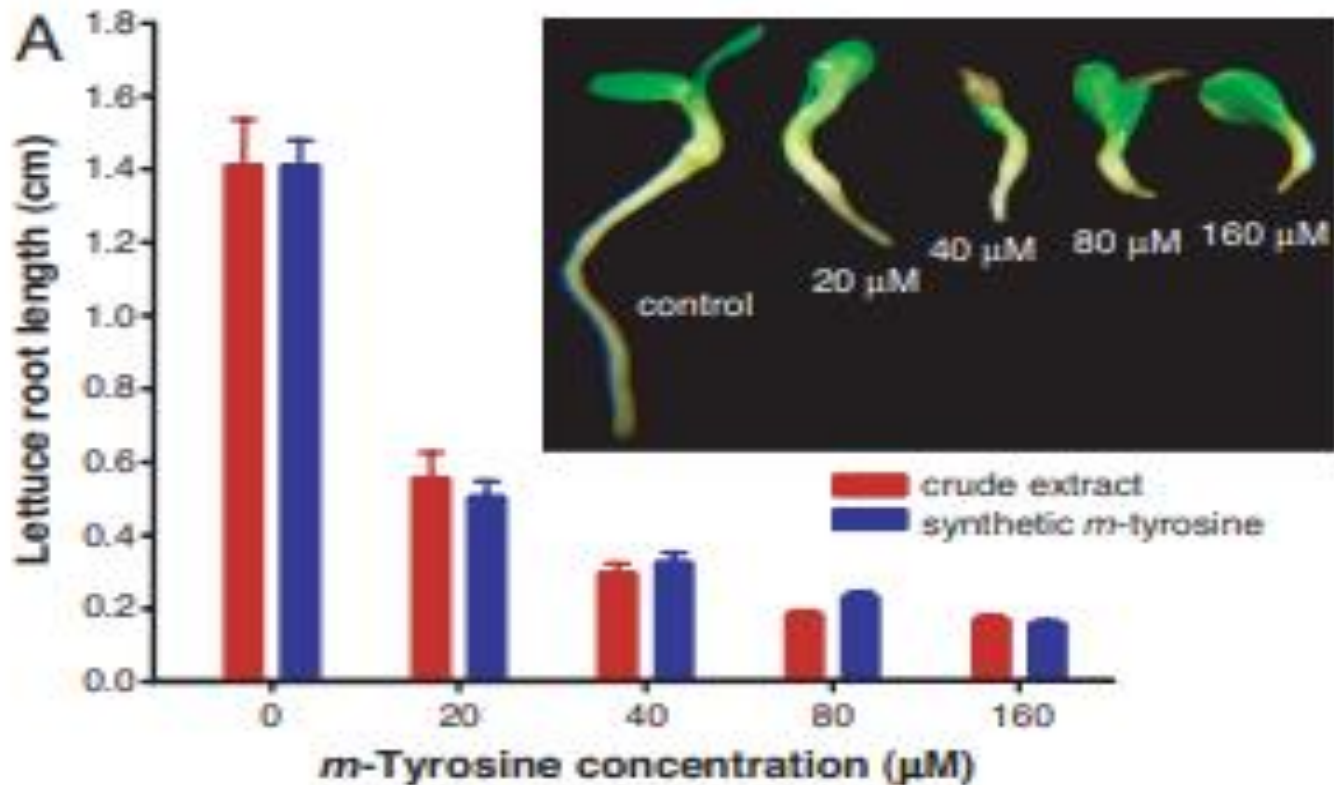


Fig. 3. Effect of *m*-tyrosine on lettuce. (A) Comparison of the effect of *F. rubra* cv. Intrigue aqueous root exudate extract and authentic *m*-tyrosine on lettuce (*L. sativa*) seedling root growth (9). (Inset) Photograph of 3-day-old lettuce seedlings exposed to various concentrations of aqueous root exudate

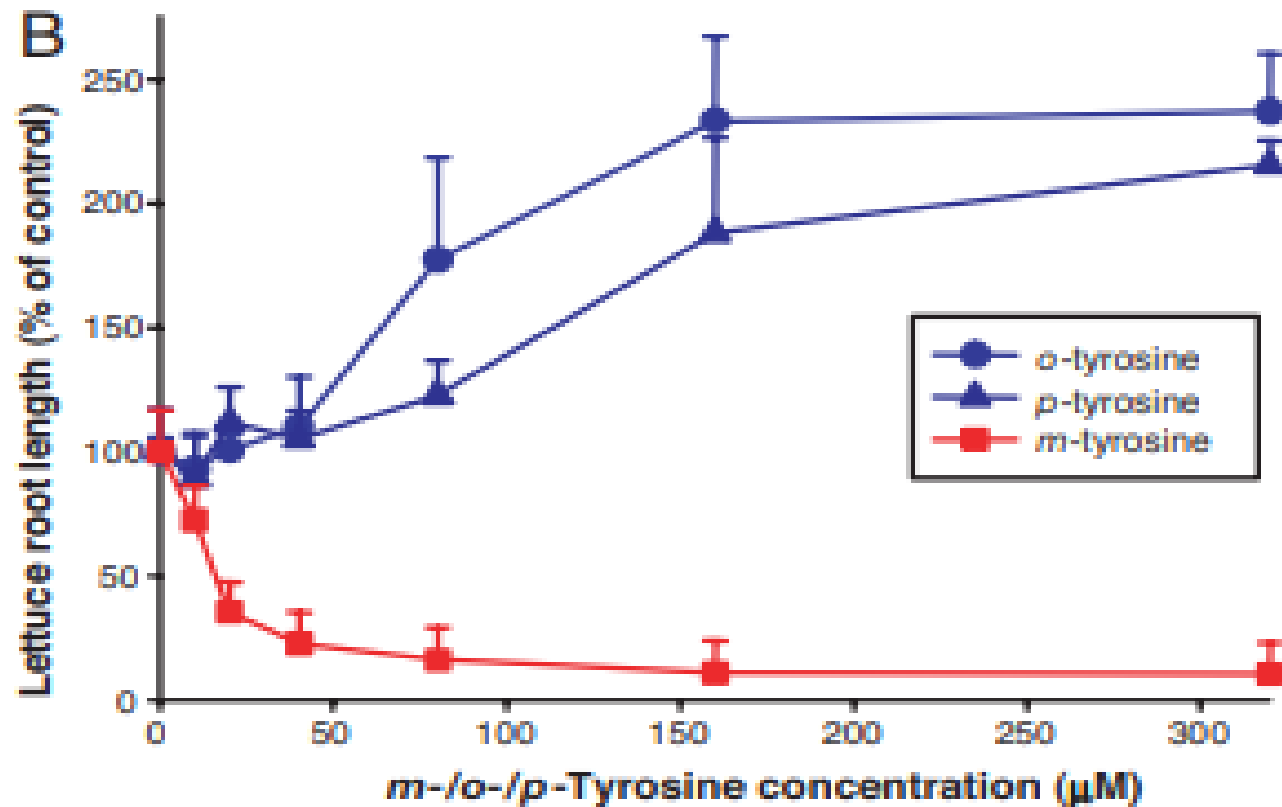
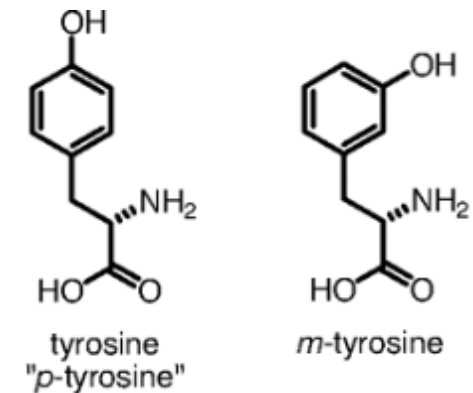
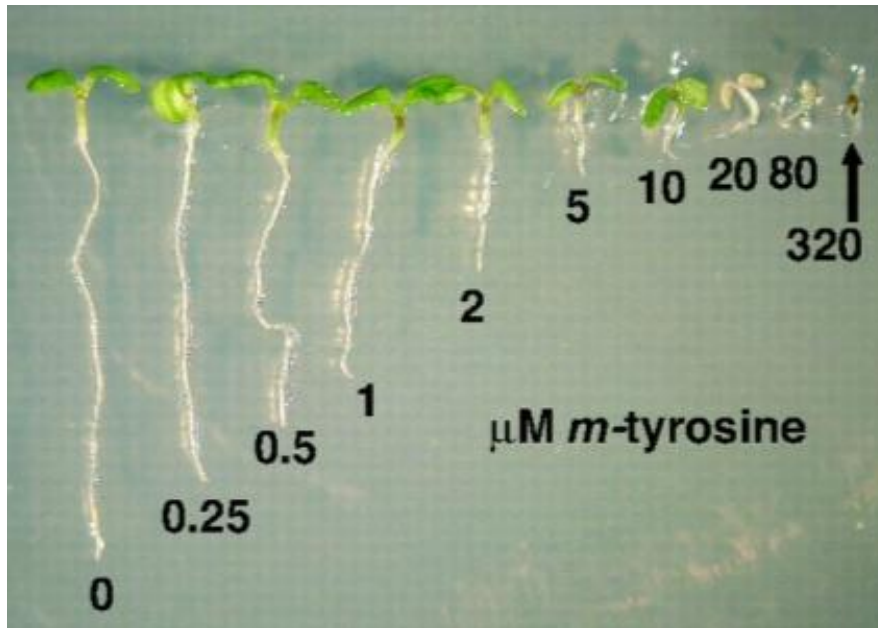


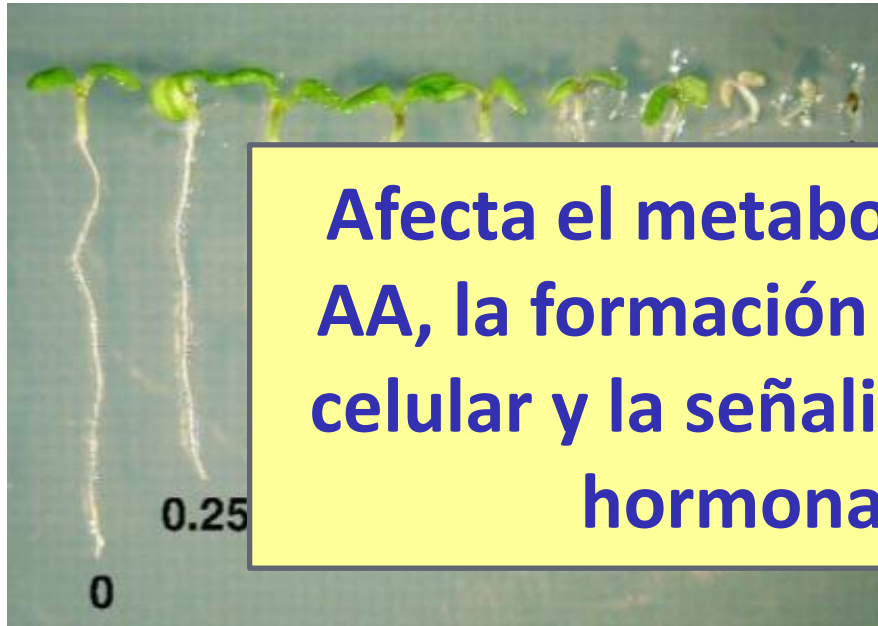
Fig. 3. Effect of *m*-tyrosine on lettuce. (A) Comparison of the effect of *F. rubra* cv. Intrigue aqueous root exudate extract and authentic *m*-tyrosine on lettuce (*L. sativa*) seedling root growth (9). (Inset) Photograph of 3-day-old lettuce seedlings exposed to various concentrations of aqueous root exudate

Los compuestos alelopáticos pueden suprimir el crecimiento de manera directa o indirecta

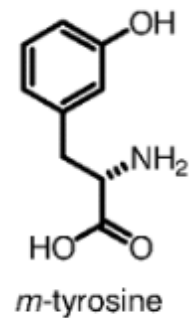
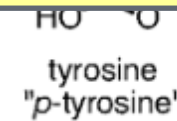


m-tirosina en un aminoácido no proteico de las raíces de festuca (*Festuca* spp), que inhibe el crecimiento de forma directa.

Los compuestos alelopáticos pueden suprimir el crecimiento de manera directa o indirecta

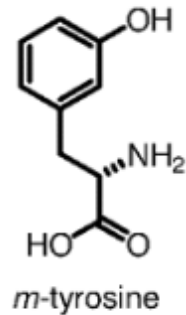
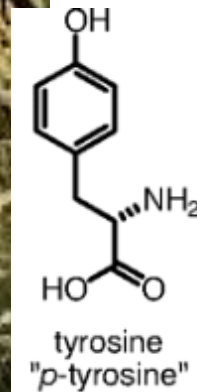


Afecta el metabolismo de AA, la formación de pared celular y la señalización de hormonas



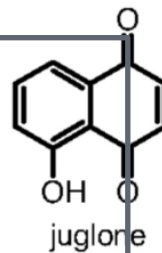
m-tirosina en un aminoácido no proteico de las raíces de festuca (*Festuca* spp), que inhibe el crecimiento de forma directa.

Las finas hierbas de festuca desplazan a las plantas vecinas mediante el depósito de grandes cantidades de un exudado de raíces fitotóxico acuoso en la rizófora del suelo. Se ha aislado e identificado el aminoácido no proteico *m*-tirosina como el componente activo.



Muchas plantas segregan sustancias químicas alelopáticas para disuadir a sus competidoras

La **Juglona** es una sustancia alelopática producida por el Nogal negro (*Juglans nigra*)

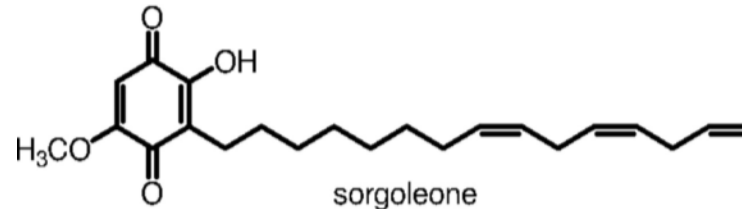


Las sustancias químicas alelopáticas interfieren con el crecimiento de las plantas circundantes

L. and Weidenhamer, J.D. (2009). Dynamic root exudation of sorgoleone and its in planta mechanism of permission of Oxford University Press; [Howard F. Schwartz](#), Colorado State University.

Muchas plantas segregan sustancias químicas alelopáticas para disuadir a sus competidoras

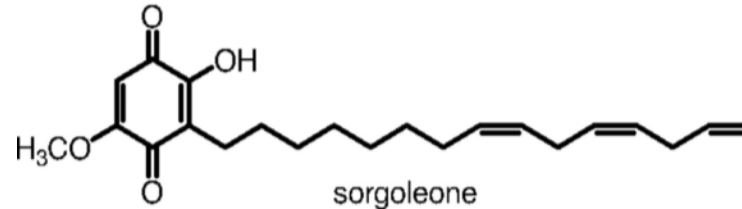
Los sitios diana moleculares afectados por la sorgoleona incluyen el transporte electrónico fotosintético y mitocondrial. Los sitios diana moleculares afectados por la sorgoleona incluyen el transporte electrónico fotosintético y mitocondrial.



Reprinted from Dayan, F.E., Howell, J.L. and Weidenhamer, J.D. (2009). Dynamic root exudation of sorgoleone and its in planta mechanism of action. *J. Exp. Bot.* 60: 2107-2117 with permission of Oxford University Press; [Howard F. Schwartz](#), Colorado State University.

Muchas plantas segregan sustancias químicas alelopáticas para disuadir a sus competidoras

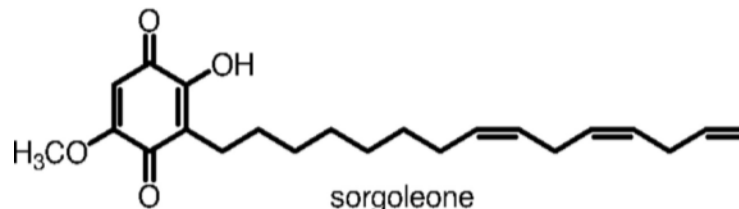
Modo de acción de la sorgoleona implica la inhibición de la actividad de la raíz H^+ -ATPasa y la captación de agua.



Reprinted from Dayan, F.E., Howell, J.L. and Weidenhamer, J.D. (2009). Dynamic root exudation of sorgoleone and its in planta mechanism of action. *J. Exp. Bot.* 60: [2107-2117](#) with permission of Oxford University Press; [Howard F. Schwartz](#), Colorado State University.

Muchas plantas segregan sustancias químicas alelopáticas para disuadir a sus competidoras

La sorgoleona es producida por los pelos radicales de *Sorghum bicolor* y es exudada como gotitas oleosas. Se acumula en el suelo y actúa como herbicida de pre-emergencia, afectando la fotosíntesis en plántulas muy jóvenes.



Reprinted from Dayan, F.E., Howell, J.L. and Weidenhamer, J.D. (2009). Dynamic root exudation of sorgoleone and its in planta mechanism of action. *J. Exp. Bot.* 60: [2107-2117](#) with permission of Oxford University Press; [Howard F. Schwartz](#), Colorado State University.

Los compuestos alelopáticos pueden suprimir el crecimiento de manera directa o indirecta



***Alliaria petiolata* es una planta invasora en Estados Unidos, que suprime de manera indirecta el crecimiento, mediante la inhibición de la simbiosis con micorrizas.**

Los compuestos alelopáticos pueden suprimir el crecimiento de manera directa o indirecta

Inhíbe a los mutualistas de hongos micorrízicos de las plantas nativas de América del Norte, tiene efectos inhibitorios mucho más fuertes en las micorrizas de los suelos invadidos en América del Norte que en micorrizas en suelos europeos donde *Alliaria petiolata* es nativa.



Los compuestos alelopáticos pueden suprimir el crecimiento de manera directa o indirecta

Este efecto antifúngico parece deberse a fracciones de flavonoides específicas en extractos *A. petiolata*.



La supresión de hongos micorrízicos de América del Norte por *A. petiolata* se corresponde con una inhibición severa de las especies de plantas de América del Norte que dependen de estos hongos, mientras que las plantas congéneras europeas se ven poco afectadas. Estos resultados indican que los fitoquímicos, benignos para los simbiontes micorrízicos resistentes en el rango de origen, pueden ser letales para los mutualistas nativos ingenuos en el rango introducido y suprimir indirectamente el plantas que dependen de ellas.

Resumen: Las plantas compiten subterráneamente



The Monterey manzanita (*Arctostaphylos montereyensis*) suppresses competitors through allelopathy

Además de la competencia por recursos, la forma de competencia subterránea mejor comprendida es la producción de sustancias alelopáticas tóxicas o inhibitorias.

Las plantas se pueden reconocer a ellas mismas, a parientes y extrañas

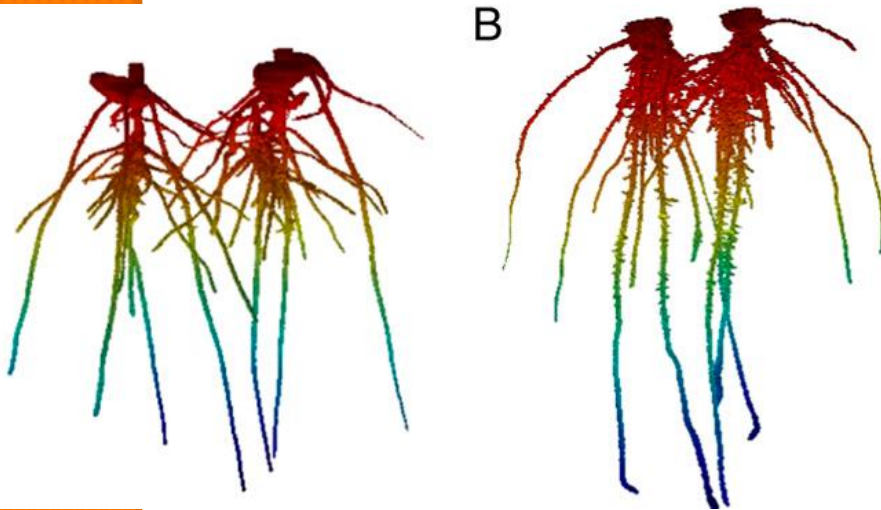


Photo credits: [Tom Donald](#)

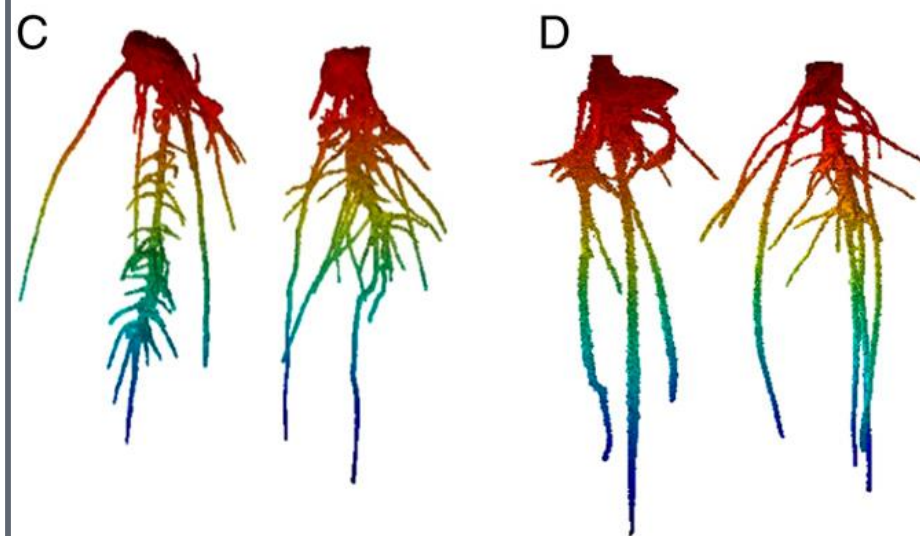
Las plantas ¿responden diferencialmente a parientas y plantas no relacionadas?

Sí- Este estudio mostró que las raíces tienden a evitar las raíces de plantas que no están relacionadas con ellas.


Mismo genotipo: mayor superposición



Distinto genotipo: menor superposición

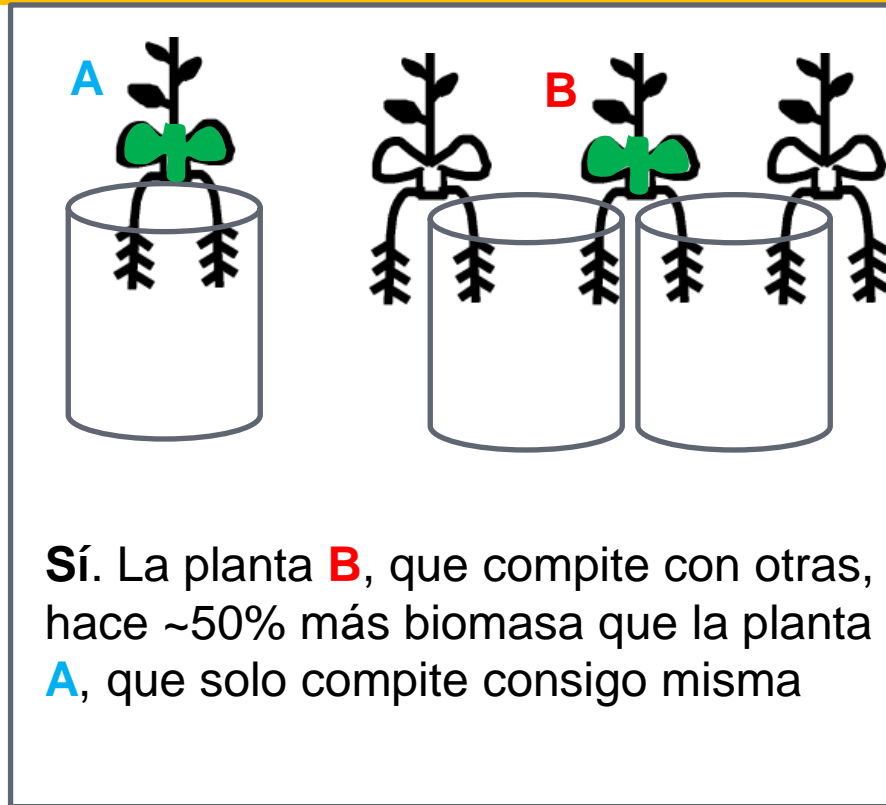


Reprinted with permission from Fang, S., Clark, R.T., Zheng, Y., Iyer-Pascuzzi, A.S., Weitz, J.S., Kochian, L.V., Edelsbrunner, H., Liao, H. and Benfey, P.N. (2013). Genotypic recognition and spatial responses by rice roots. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 110: [2670-2675](#).



Surge otra duda, cuando crecen más, cuando reconocen al mismo genotipo (o a ellas mismas) o cuando están solas?

¿Pueden las raíces discriminar entre ellas mismas y otras?



Sí. La planta **B**, que compite con otras, hace ~50% más biomasa que la planta **A**, que solo compite consigo misma

Estos estudios demostraron que las raíces crecieron más en presencia de otras que de si mismas. *¿Qué señales están involucradas?*

¿Pueden las raíces discriminar entre ellas mismas y otras?



Evitan estar en competencia consigo mismas y dedicar esa energía a otro metabolismo y aumentar la descendencia.

La presencia de sustancias exudadas por la raíz son reconocidas y produce mecanismos automáticos fisiológicos.

Estos estudios demostraron que las raíces crecieron más en presencia de otras que de si mismas. ¿Qué señales están involucradas?

Tipos de interacciones planta - planta

Tipo de interacción	Especie 1	Especie 2	
Predación	+	-	
Parasitismo	+	-	Tipos de parasitismo
	Parásita		- Estructural
		Hospedante	- Hemiparasitismo
			- Holoparasitismo
Competencia	-	-	Luz
Alelopatía			Agua
			Nutrientes
Amensalismo	-	0	
Neutralismo	0	0	
Comensalismo	+	0	Facilitación
Mutualismo	+	+	

Parasitismo

Parásita. Planta que vive a expensas de otra de la cual toma sus alimentos (Parodi 1972).

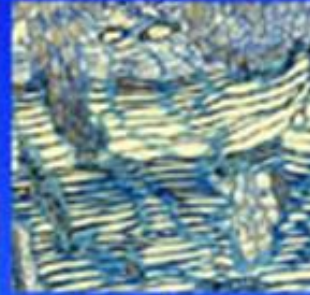
Un haustorio es una raíz modificada que forma una unión **morfológica y fisiológica** con la planta huésped.



Ximenia



Hydnora



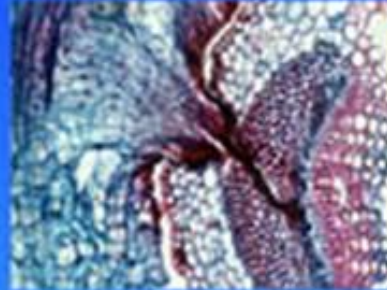
Arceuthobium



Conopholis



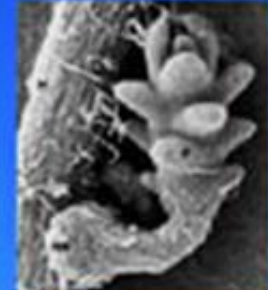
Dendrophthoe



Cuscuta



Balanophora



Striga

Clasificaciones de plantas parásitas

- Según el órgano que parasitan:
 - Parásitas de tallo
 - Parásitas de raíz
- Según la dependencia del huésped:
 - Parásitas facultativas
 - Parásitas obligadas
- Según el nivel de autotrofía:
 - Hemiparásitas
 - Holoparásitas

Clasificaciones de plantas parásitas

Según la dependencia del huésped:

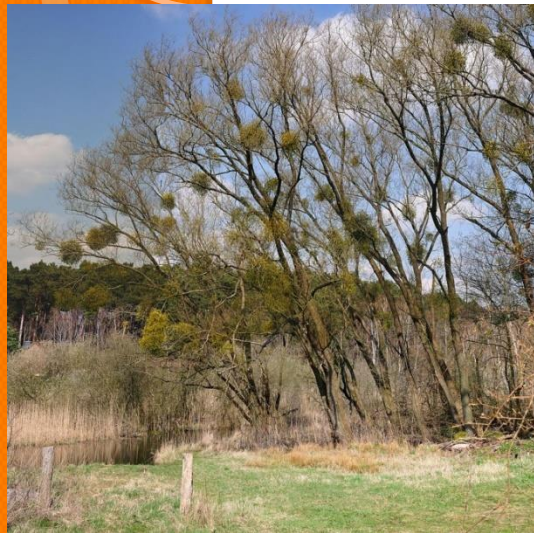
- Las **parásitas facultativas** contienen **clorofila** y pueden crecer hasta la madurez sin huéspedes.
- Las **parásitas obligadas** requieren un huésped para madurar.

Según el nivel de autotrofia:

- Las **hemiparásitas** contienen clorofila a la madurez y obtienen agua y nutrientes conectando su haustorio al xilema del huésped.
- Las **holoparásitas** carecen de clorofila y dependen en su totalidad de los contenidos xilemáticos y floemáticos de sus huéspedes. Son **heterótrofas**.
- **Todas las holoparásitas son parásitas obligadas.**

Clasificaciones de plantas parásitas

- Las parásitas de tallo pertenecen unas pocas familias e incluyen algunos Muérdagos y la Cuscuta.



Viscum sp.
«Muérdago»



Cuscuta campestris
(Convolvulaceae)

Foto L.J. Musselman

- Las parásitas de raíces son más comunes e incluyen varios géneros.



Lathraea



Conoposis americana



Orobanche

Ejemplos de plantas parásitas

Holoparásitas de raíz



Orobanche sp.
(Más de 200 especies parásitas de raíces)



Posopanche americana
«Pachango» o «Flor de Tierra»
Holoparásita de raíces de *Prosopis*

Las holoparásitas de raíces carecen completamente de hojas!!!!

Ejemplos de plantas parásitas

Holoparásitas de tallo



Cassytha (Lauraceae)

Las semillas de cúscuta germinadas sin un huésped, se mantienen como planta verde, pero sólo por un máximo de 10 días de germinadas, y luego mueren.

Cuscuta

- Cuando la cuscuta ataca a otra planta, se enrosca en ella, y produce haustorios. Las raíces originales mueren.
- Las cuscutas pueden crecer y atacar a múltiples especies.



Ejemplos de plantas parásitas

Hemiparásitas obligadas de tallo

En las parásitas de tallo el cuerpo vegetativo suele consistir solo en un tallo y en hojas muy reducidas o ausentes.

Un grupo grande de hemiparásitas de tallo son las conocidas como «muérdagos»



Phoradendron californicum



Phoradendron leucarpum

Ventajas adaptativas del parasitismo

- Menor costo de asignación de biomasa a raíces, con los mismos beneficios.
- Mayor acceso a la luz.
- Las plantas parásitas tienen mayores tasas de transpiración que sus huéspedes.

Algunas prefieren ambientes abiertos, donde la luz no es limitante (muérdagos)

La diversificación de las Loranthaceas ocurrió en el Oligoceno, cuando los bosques deciduos templados y los pastizales desplazaron a los biomas tropicales.



Ligaria cunneifolia

Hay parásitas generalistas y otras especialistas

El «muérdago del enebro» (*Phorodendron juniperinum*) coloniza enebros en el oeste de Norteamérica.



El «Muérdago enano» (*Arceutholium sp.*) coloniza gran cantidad de coníferas incluyendo pinos, abetos y abedules.

- **Rango de huéspedes:** Número total de especies que pueden ser parasitadas.
- **Preferencia de huéspedes:** Huéspedes seleccionados, por permitir el crecimiento óptimo.

Las plantas parásitas perciben a sus huéspedes mediante señales químicas

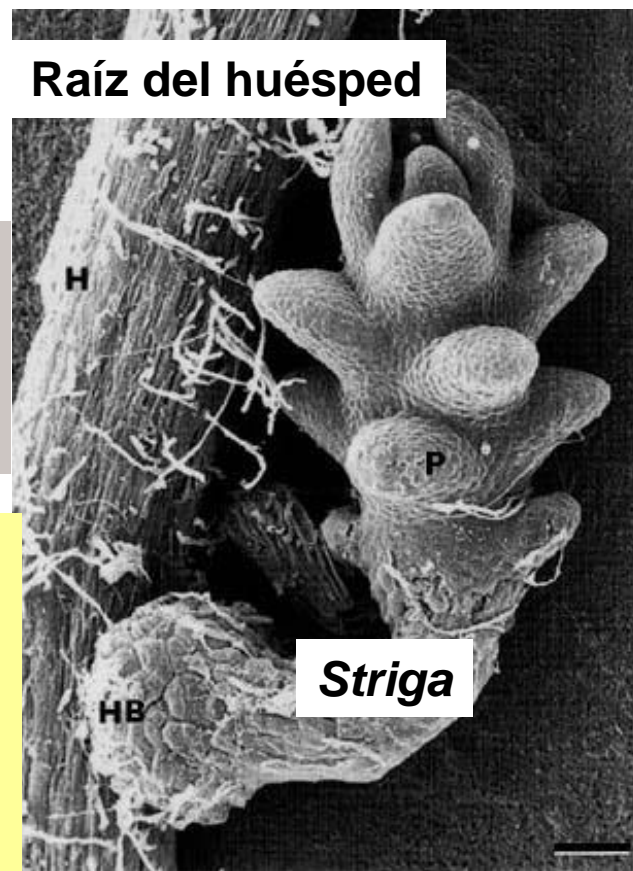


Cuscuta pentagona usa el tigmotropismo y compuestos volátiles para localizar a sus huéspedes.

Las parásitas de raíces producen semillas que pueden reconocer químicamente a su huésped.



Las strigolactonas y flavonoides secretados por el huésped promueven la germinación y fijación de *Striga* y otras plantas parásitas.

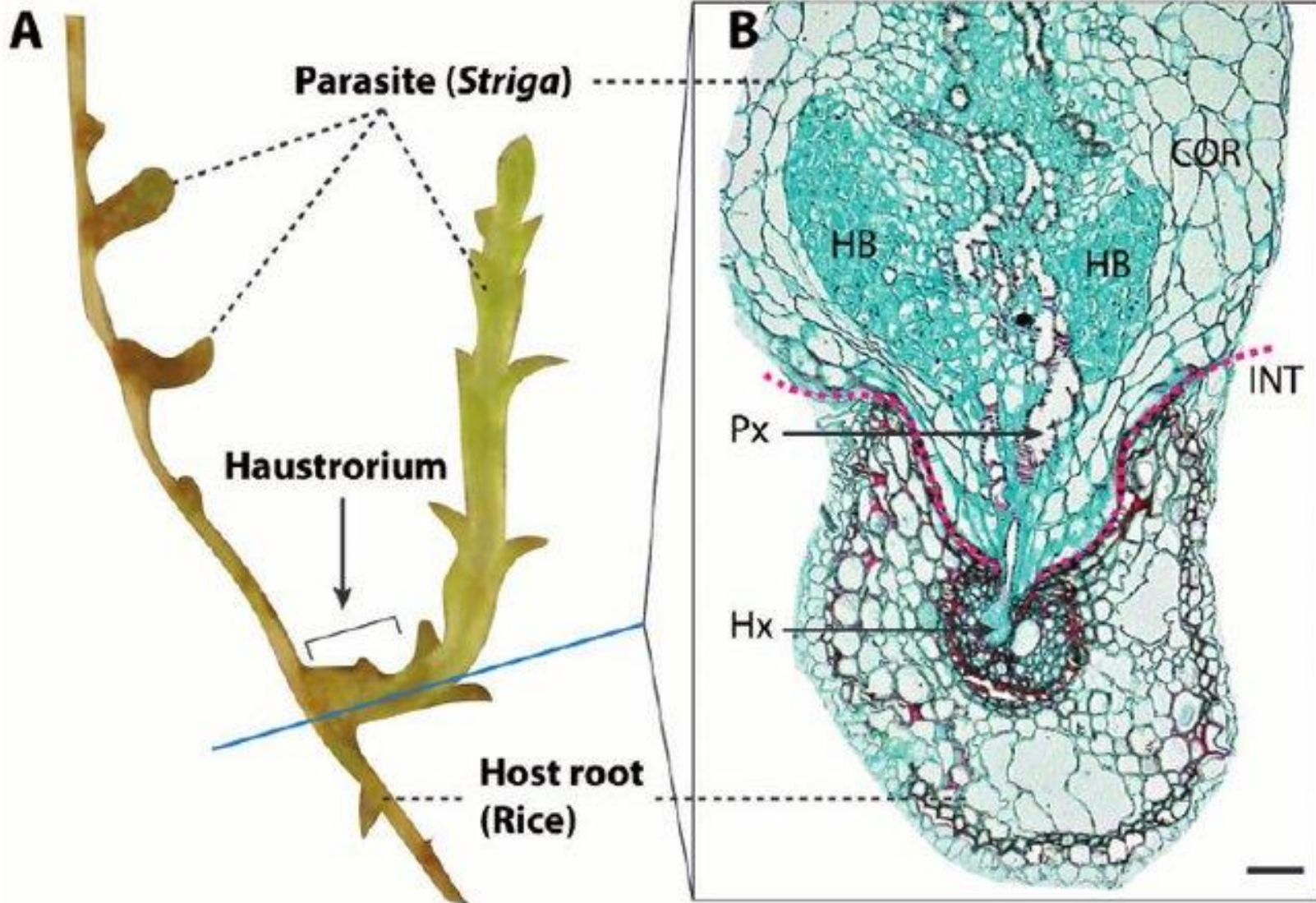


Raíz del huésped

Striga

C. and De Moraes, C.M. (2006). Volatile chemical cues guide host location and host selection by parasitic plants. *Science*. 313: [1964-1967](#) with permission from AAAS.

Umehara, M., Hanada, A., Yoshida, S., Akiyama, K., Arite, T., Takeda-Kamiya, N., Magome, H., Kamiya, Y., Shirasu, K., Yoneyama, K., Kyojuka, J., and Yamaguchi, S. (2008). Inhibition of shoot branching by new terpenoid plant hormones. *Nature* 455: [195-200](#) Dörr, I. (1997). How *Striga* parasitizes its host: a TEM and SEM study. *Ann. Bot.* 79: [463-472](#), by permission of Oxford University Press.



Parasitismo estructural

- La planta parásita no desarrolla vínculo fisiológico con su huésped.
- El huésped se denomina soporte.
- La parásita utiliza la estructura de su soporte para acceder a lugares con luz en abundancia, con baja inversión en estructuras de soporte.
- Generan una merma en el crecimiento del soporte.

Se distinguen el **epifitismo** y las **pantas trepadoras**

Otros tipos de interacciones: facilitación

https://www.ted.com/talks/suzanne_simard_how_trees_talk_to_each_other/transcript?language=es



Las plantas se pueden beneficiar de la atenuación de estreses por sus vecinas

- Impacto del viento
- Aumento de la retención de humedad del suelo
- Mejoramiento de las características físicas de los suelos
- Incremento de la oxigenación de los suelos en ambientes acuáticos
- Disminución de la evaporación y de la salinización del suelo



La spp. palo verde (*Parkinsonia* spp) puede actuar como una planta nodriza de los cactus saguaro (*Carnegiea gigantea*). Las plantulas de cactus necesitan sombra para establecerse. Luego, las plantas de cactus superan el porte de sus nodrizas

Photo credits: [Tom Donald](#), [Joy Viola](#), Northeastern University, Bugwood.org

Facilitación: plantas que se benefician de sus vecinos

Atenuación de estreses abióticos

Las plantas son capaces de percibir y responder a la información externa

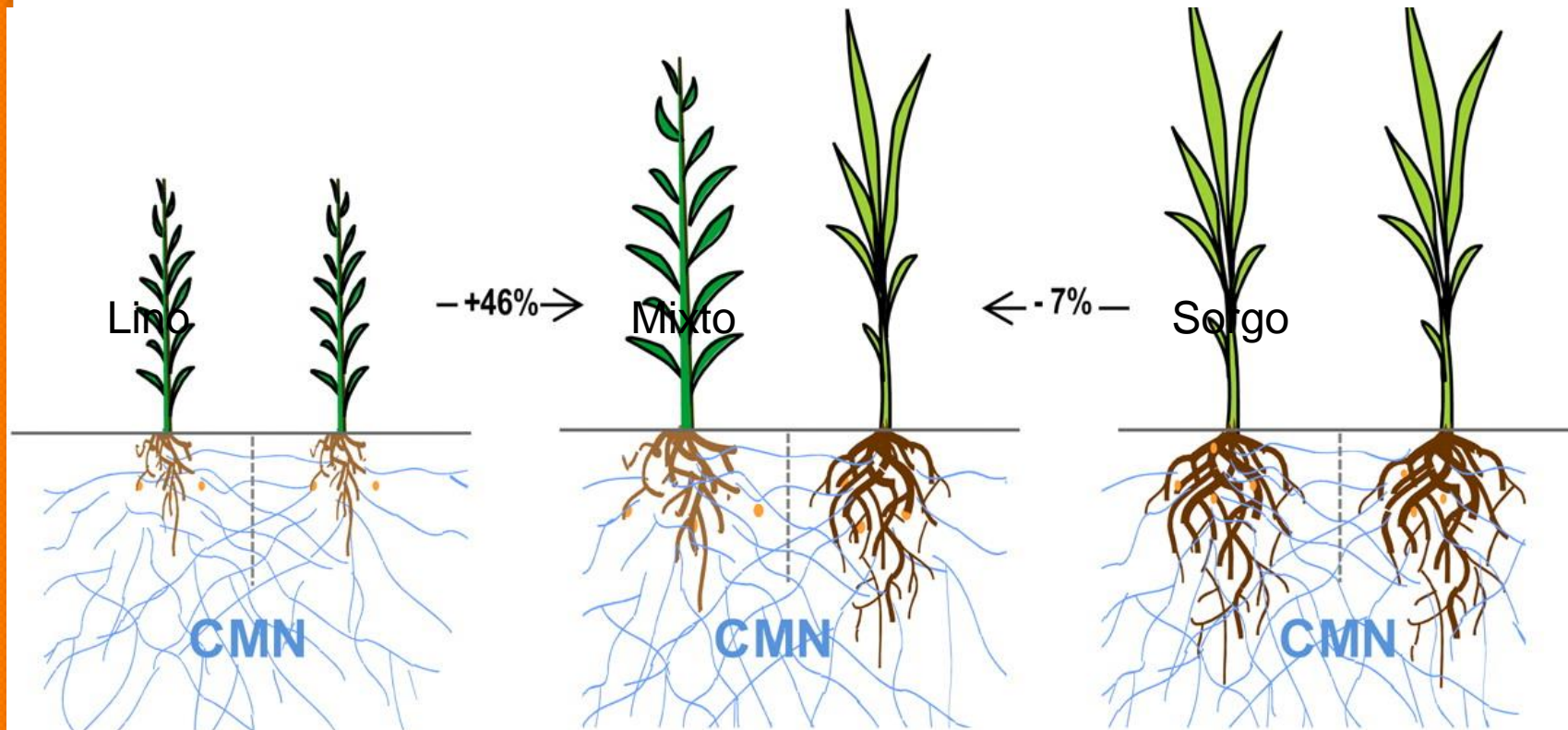
Las comunicación de plantas permite anticiparse a este

Aumento de la absorción de nutrientes

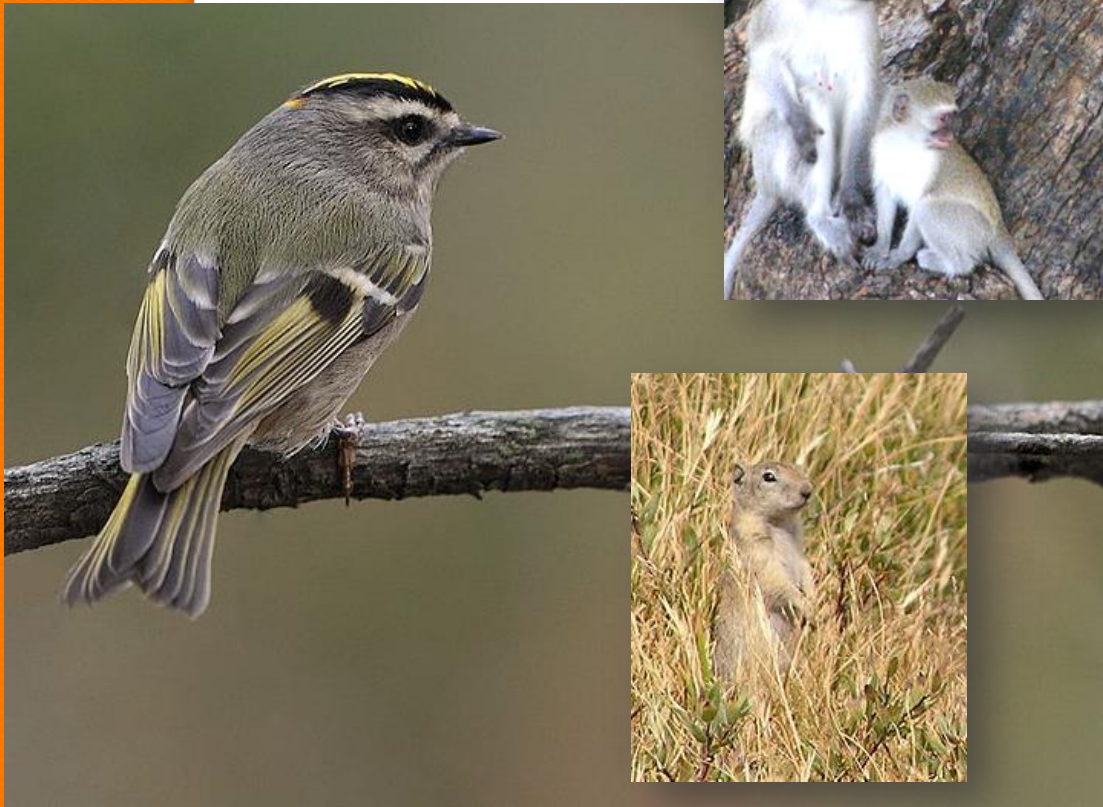


Una red micorrítica común puede facilitar la compartición de recursos

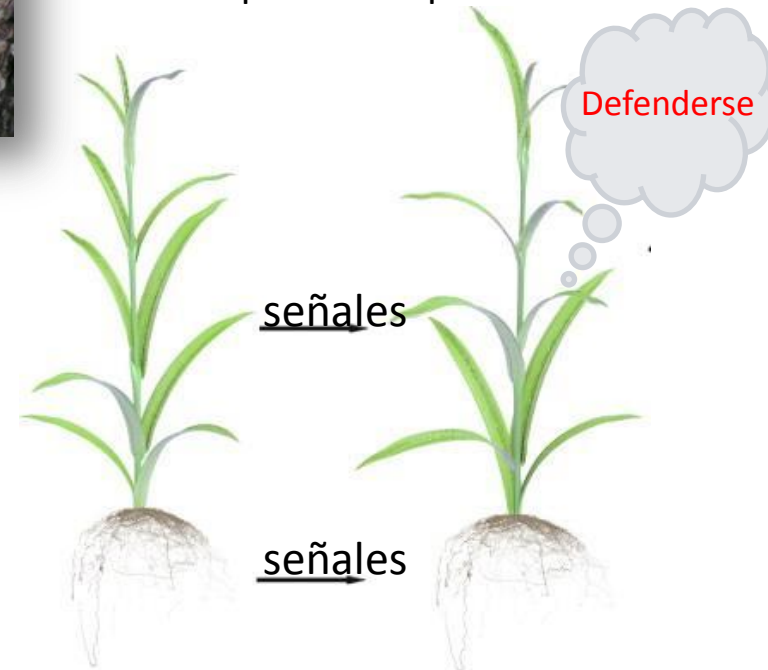
El cultivo de sorgo intercalado con lino, incrementa el crecimiento del lino en +46% ya que la absorción de nutrientes se ve facilitada por una red de micorrizas común (CMN=common mycorrhizal network)



Las señales de otras plantas pueden ser una alerta para defenderse o tolerar



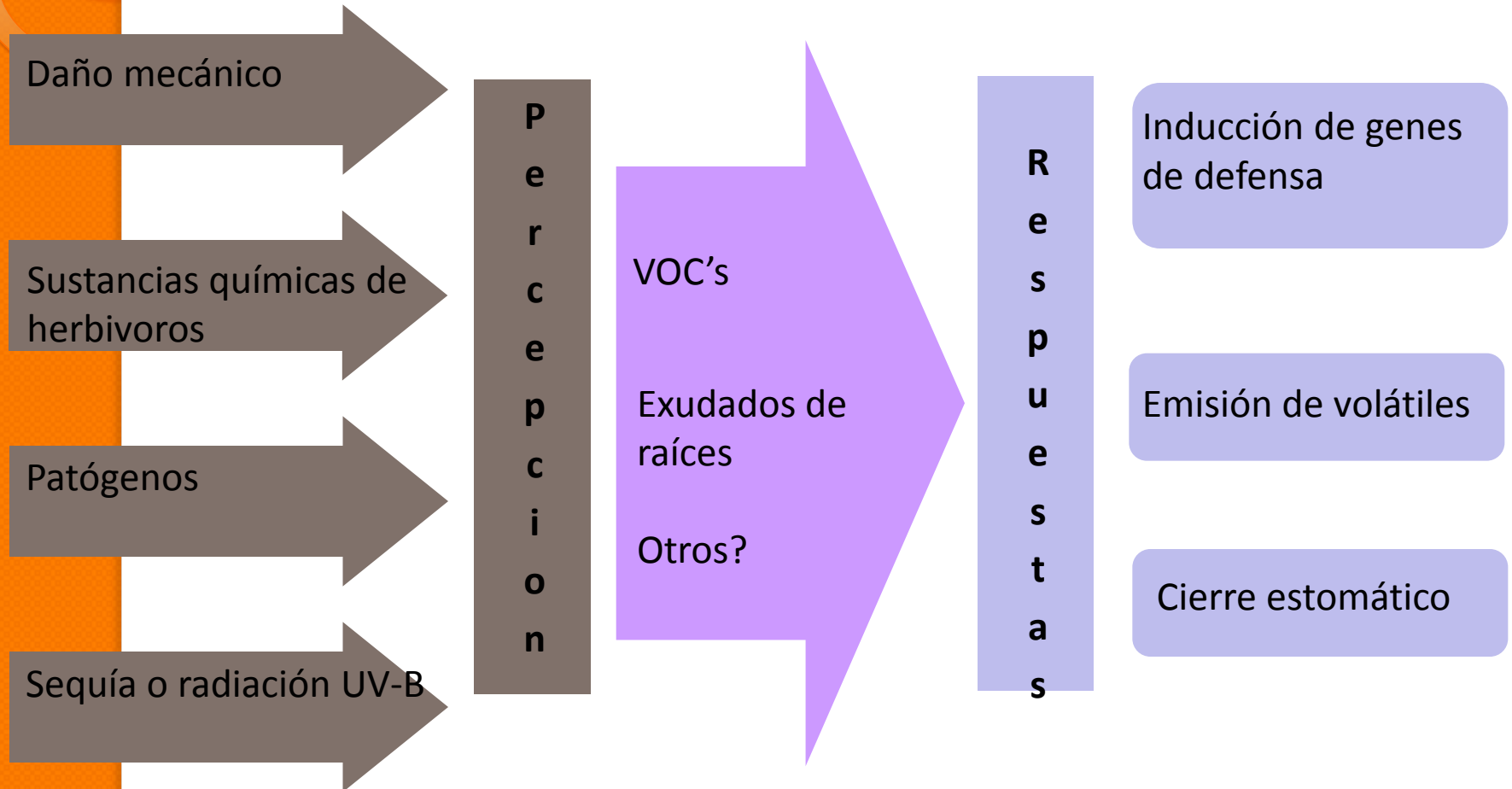
Las señales de alarma han sido bien descritas en animales sociales. Las plantas estresadas pueden emitir señales a las que otras plantas responden



Reprinted from Glinwood, R., Ninkovic, V. and Petterson, J. (2011). Chemical interaction between undamaged plants – Effects on herbivores and natural enemies. *Phytochemistry*. 72: [1683-1689](#) with permission from Elsevier. Photo credits: [Snowmanradio](#), [Justin Johnsen](#), [D. Gordon E. Robertson](#)

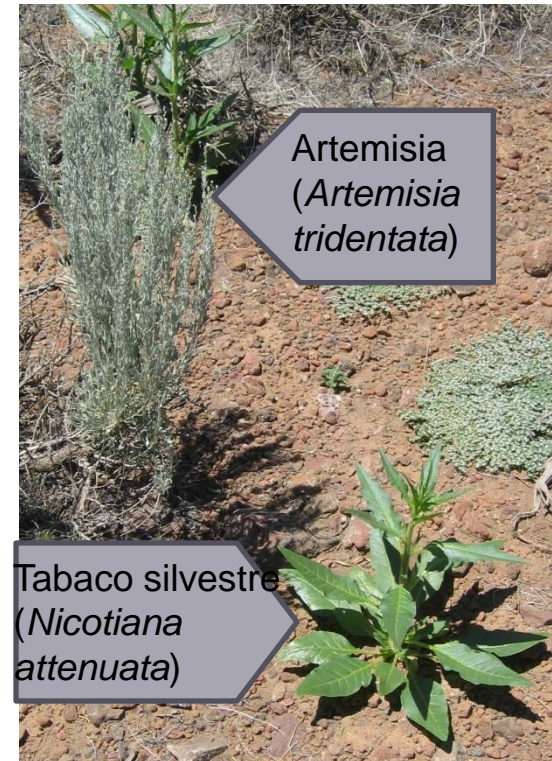
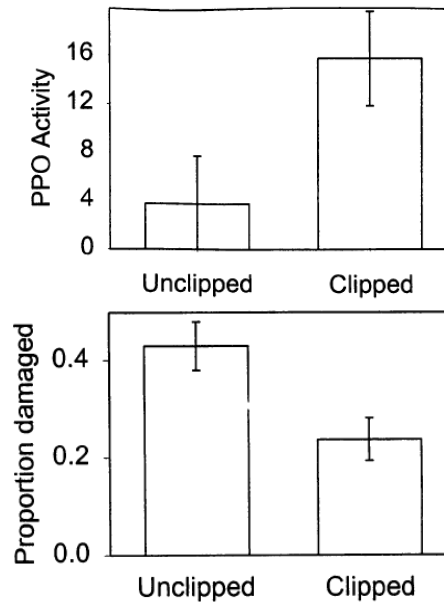
© 2013 American Society of Plant Biologists

Percepción y respuestas a señales de estrés



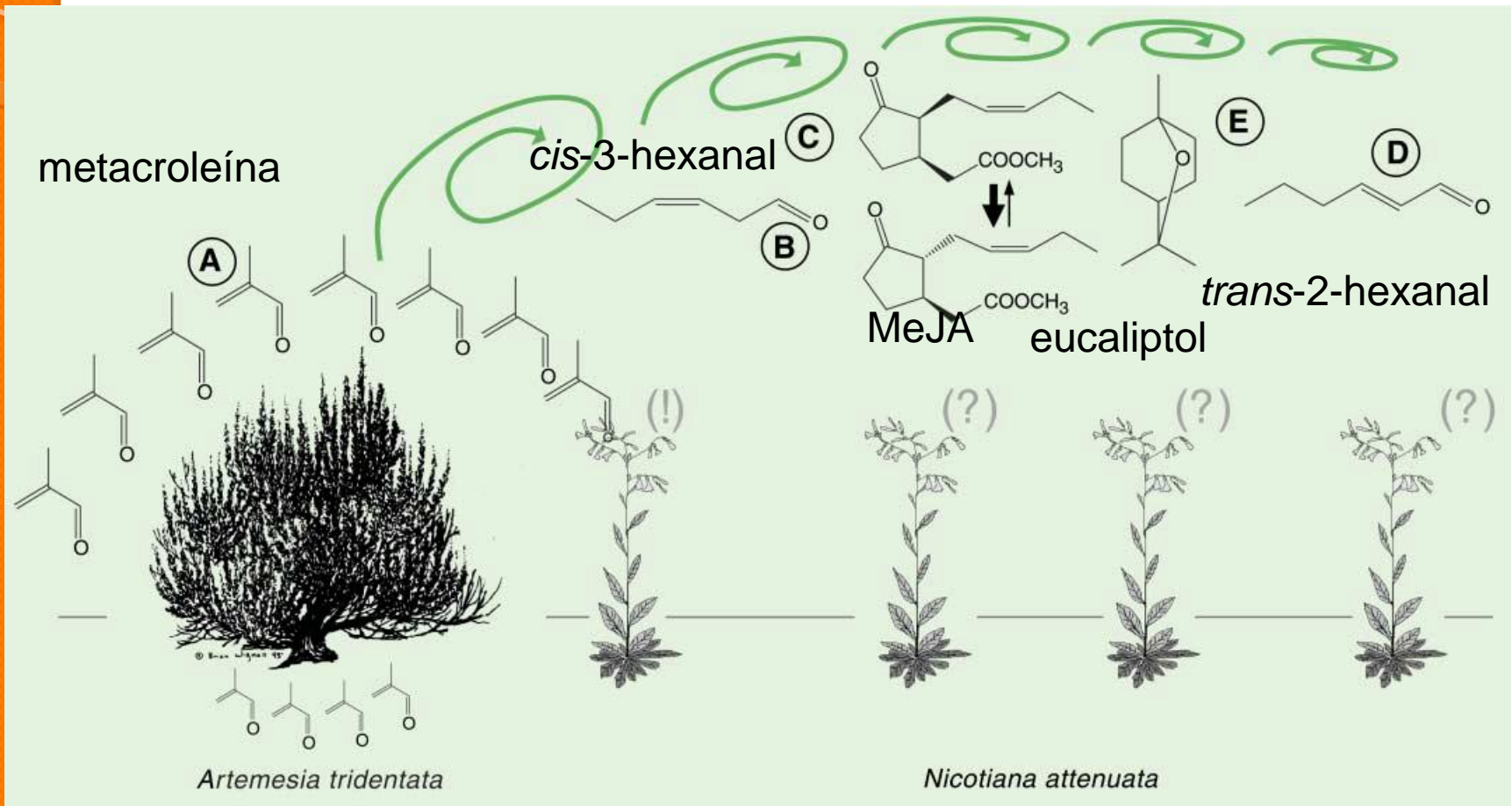
La emisión de VOCs de plantas dañadas puede inducir las defensas en otras

Cuando plantas de *Artemisia* son dañadas mecánicamente, las plantas de tabaco silvestre incrementan la producción de compuestos de defensa (PPO) y sufren menos daño por herbivoría



Karban, R., Baldwin, I.T., Baxter, K.J., Laue, G. and Felton, G.W. (2000). Communication between plants: Induced resistance in wild tobacco plants following clipping of neighboring sagebrush. *Oecologia*. 125: 66-71. see also Kessler, A., Halitschke, R., Diezel, C. and Baldwin, I. (2006). Priming of plant defense responses in nature by airborne signaling between *Artemisia tridentata* and *Nicotiana attenuata*. *Oecologia*. 148: 280-292. Photo courtesy Ian Baldwin Copyright Max Planck Institute for Chemical Ecology, Jena, Germany / [Rayko Halitschke](#)

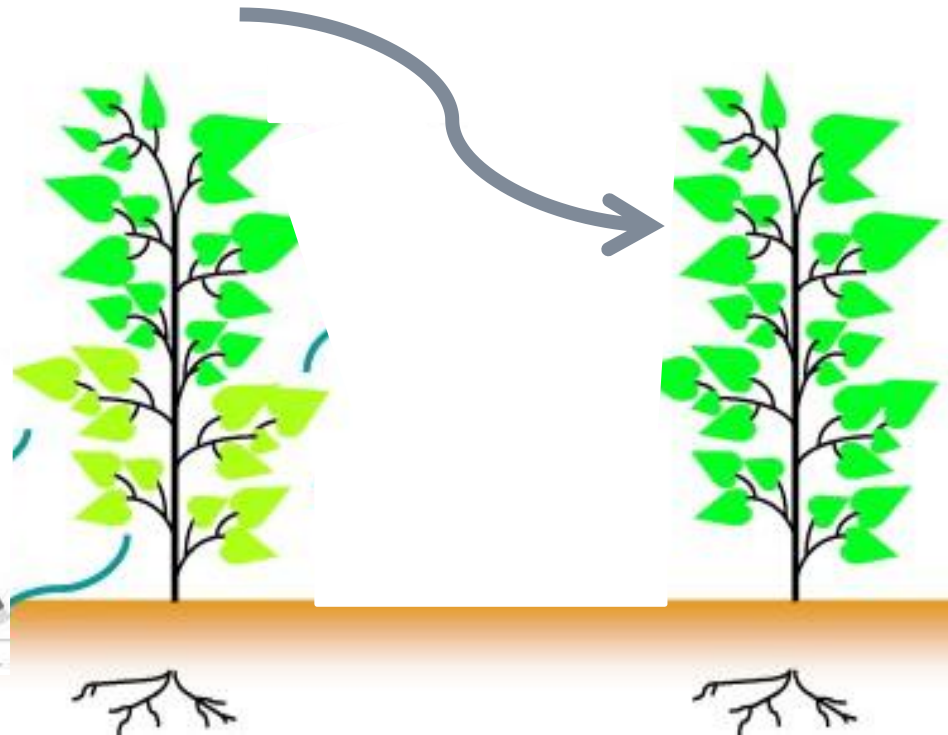
¿Qué son los compuestos volátiles activos y que tan lejos se dispersan?



Reprinted from Baldwin, I.T., Halitschke, R., Paschold, A., von Dahl, C.C. and Preston, C.A. (2006). Volatile signaling in plant-plant interactions: "Talking Trees" in the genomics era. *Science*. 311: [812-815](#) with permission from AAAS.

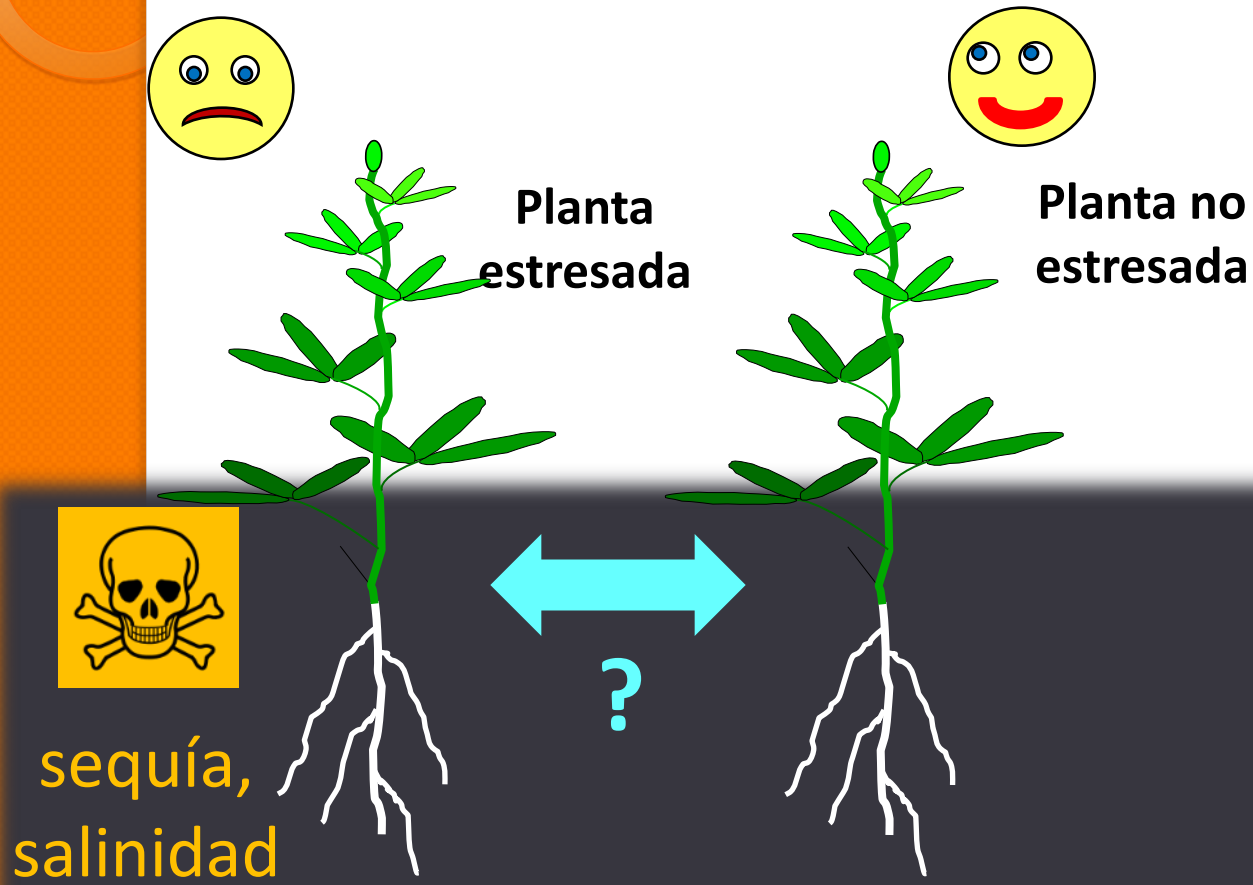
¿Por qué las plantas emiten señales volátiles?

- Estos CVO están relacionados con los Fitocromos, por lo que si disminuyen estos compuestos son sintetizados en mayor cantidad y le comunicarán a las plantas vecinas sobre un predador



Reprinted from Arimura, G.-i., Shiojiri, K., and Karban, R. (2010). Acquired immunity to herbivory and allelopathy caused by airborne plant emissions. *Phytochemistry* 71: 1642-1649 with permission from Elsevier, see also Heil M, Karban R (2010) Explaining evolution of plant communication by airborne signals. *Trend Ecol Evol* 25: [137-144](#).

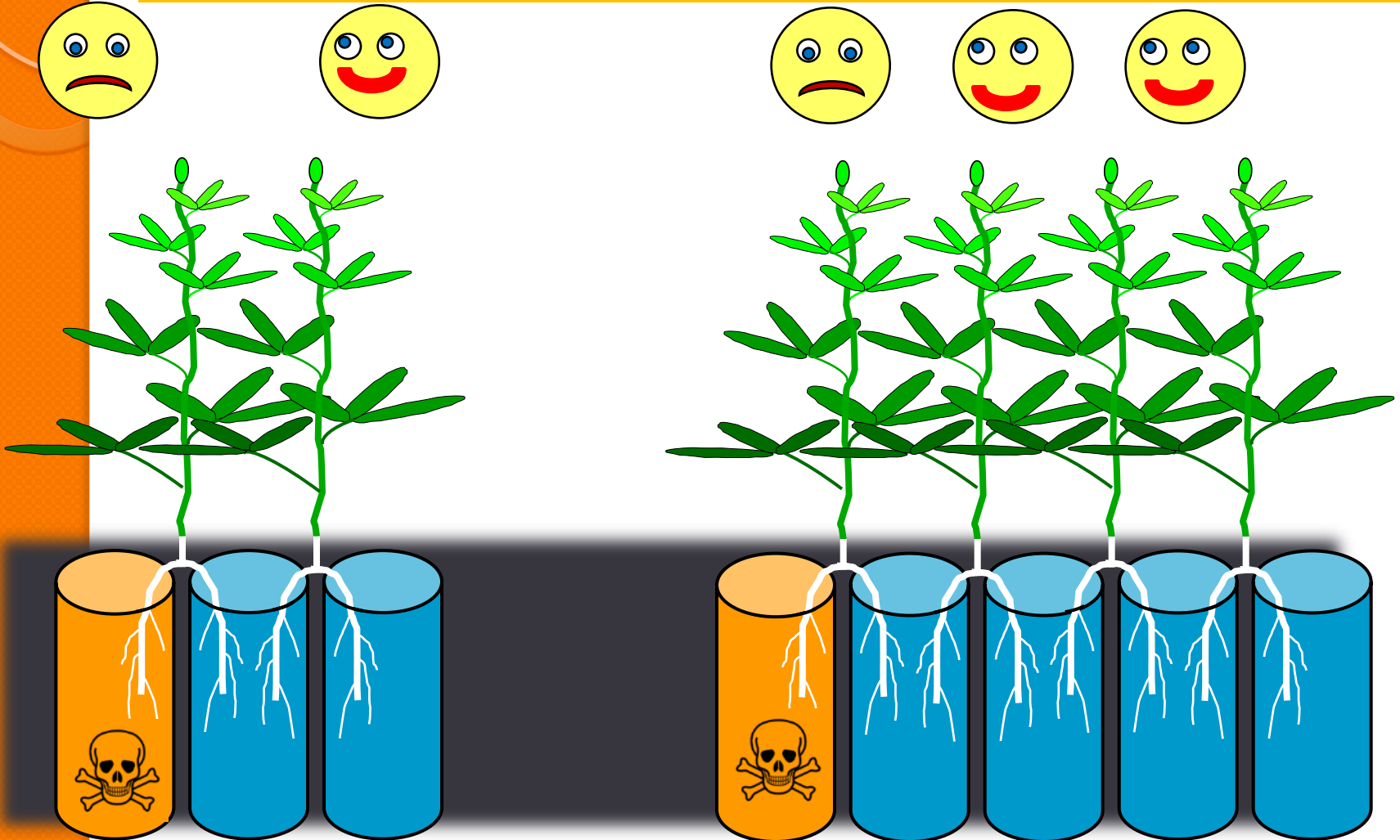
Caso de estudio: las plantas pueden comunicar el estrés hídrico



¿Se pueden comunicar otros tipos de estreses entre plantas?
¿Las plantas no estresadas pueden responder a señales de estrés emitida por sus plantas vecinas estresadas?

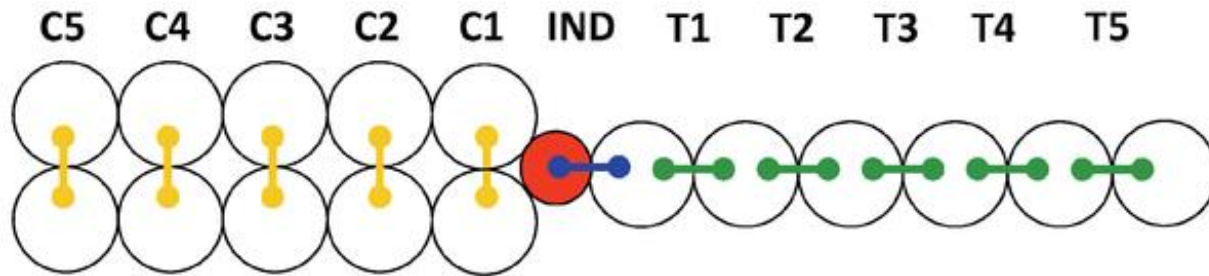
Novoplansky, A. (2012) [Learning plant learning](#).




Evaluando la transferencia de información entre raíces



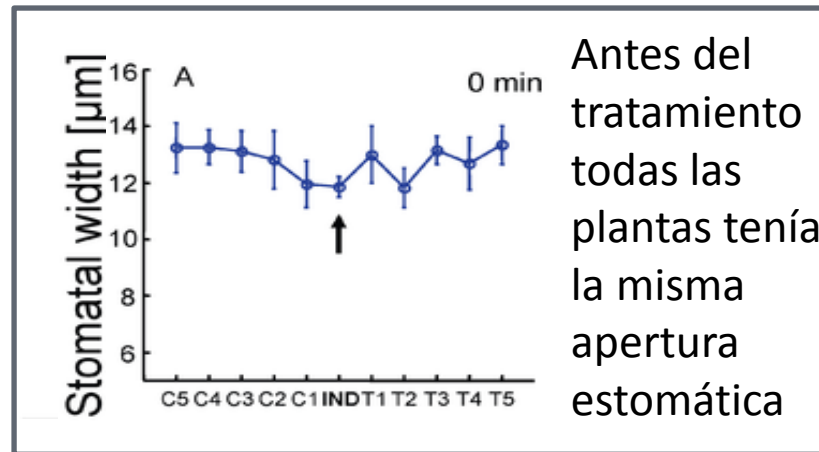
Novoplansky, A. (2012) [Learning plant learning](#).

Las señales de estrés son transmitida a través de las raíces



- Externally-induced 
- SHARED target 
- UNSHARED target 

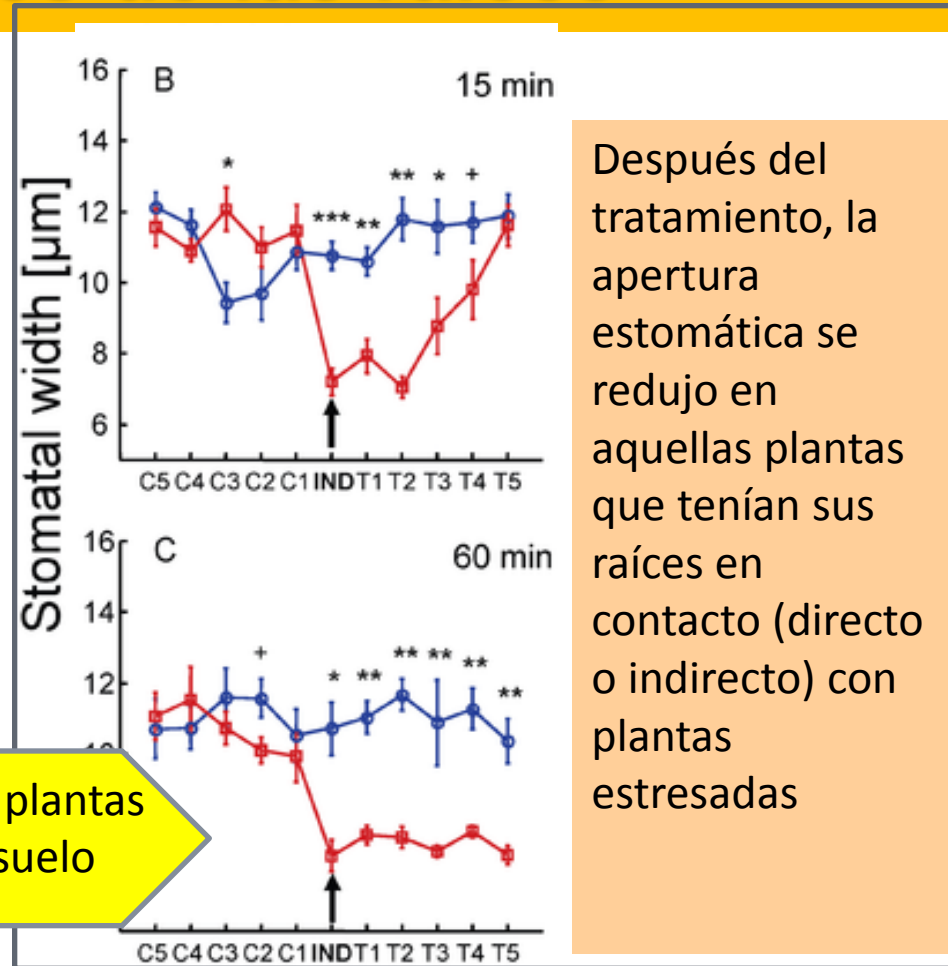
Se midió la apertura estomática en plantas sin conexión por suelo y en aquellas que cuyas raíces compartían el suelo con la planta inducida



Las señales de estrés son transmitida a través de las raíces

Se ha demostrado que la señalización subterránea afecta tanto a las interacciones de las plantas con plantas y con diversos microorganismos y macroorganismos del suelo como a una mediación intrincada de las interacciones competitivas entre las plantas

No hubo respuesta en plantas que no compartían el suelo



Después del tratamiento, la apertura estomática se redujo en aquellas plantas que tenían sus raíces en contacto (directo o indirecto) con plantas estresadas

Resumen: FACILITACIÓN

Las plantas pueden beneficiarse de sus vecinas a través de:

- Atenuación estreses abióticos,
- Facilitación de la absorción de nutrientes,
- Emisión de señales que alertan sobre un estrés

Al igual que en la **COMPETENCIA**, la **FACILITACIÓN** puede ser **intra o inter-específica**



Los cultivos intercalados y la rotación de cultivos generan varios beneficios

Los rendimientos totales de campos cultivados con dos o más especies en el mismo momento o en años alternados pueden ser más altos que los monocultivos más productivos

Canopias con diferentes alturas poseen requerimientos lumínicos distintos

Sistemas radicales con diferentes arquitecturas pueden minimizar la competencia por nutrientes



See Horton, J.L. and Hart, S.C. (1998). Hydraulic lift: a potentially important ecosystem process. *Trends Ecol. Evol.* 13: 232-235. Lee, J.-E., Oliveira, R.S., Dawson, T.E. and Fung, I. (2005). Root functioning modifies seasonal climate. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 102: [17576-17581](https://doi.org/10.1073/pnas.0508175102).

Los cultivos intercalados y la rotación de cultivos generan varios beneficios

Los rendimientos totales de campos cultivados con dos o más especies en el mismo momento o en años alternados pueden ser más altos que los monocultivos más productivos



El cultivo de legumbres incrementa el contenido de N en el suelo

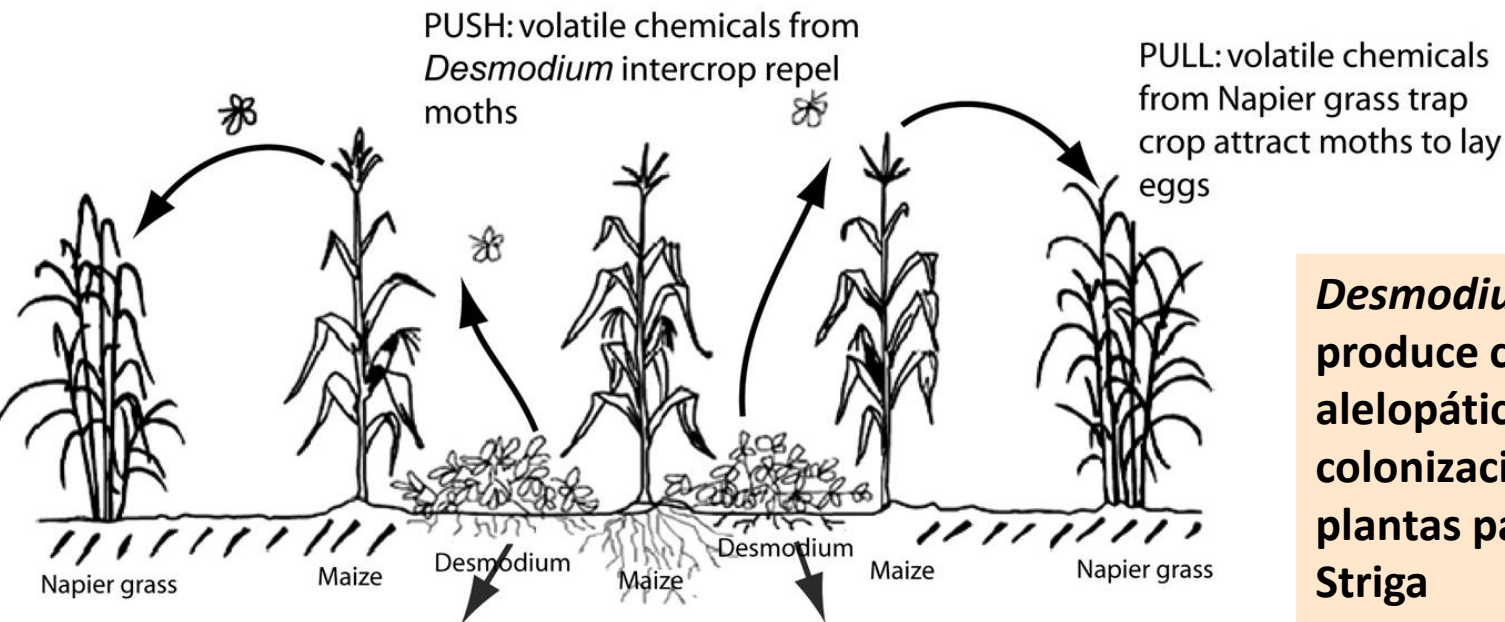
La rotación de cultivos reduce las poblaciones de plagas

Las plantas rastreras suprimen a las malezas

Caso de estudio: cultivo atraer-repeler (push-pull) para incrementar la productividad

***Desmodium* repele insectos ya que produce compuestos volátiles repelentes**

Los pastos atraen los insectos ya que producen compuestos volátiles atrayentes.



Desmodium* también produce compuestos alelopáticos que evitan la colonización del cultivo por plantas parásitas del género *Striga

ALLELOPATHY: chemicals exuded by *Desmodium* roots inhibit attachment of *Striga* to maize roots and cause suicidal germination of *Striga*

Reprinted from Khan, Z.R., Midega, C.A.O., Bruce, T.J.A., Hooper, A.M. and Pickett, J.A. (2010). Exploiting phytochemicals for developing a 'push-pull' crop protection strategy for cereal farmers in Africa. *J. Exp. Bot.* 61: [4185-4196](#), by permission of Oxford University Press.

Caso de estudio: maíz, poroto y zapallo



Hallazgos arqueológicos demuestran que los americanos nativos han cultivado maíz, poroto y zapallo juntos por milenios

El maíz proporciona una estructura para los porotos, y la calabaza que cubre el suelo mantiene la humedad del suelo y suprime las malezas

Maize

Bean

Squash

A recent study found that the root systems of the three plants are complementary, minimizing belowground competition

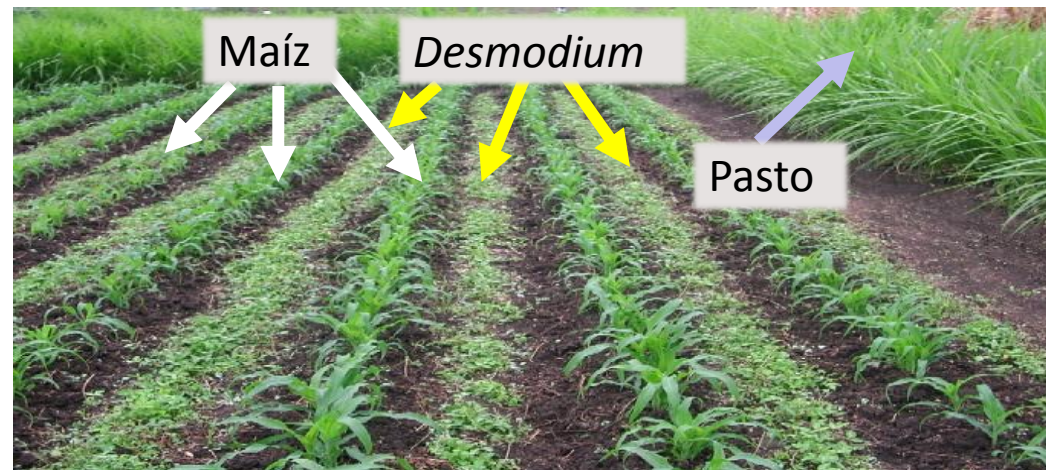


Caso de estudio: cultivo push-pull para incrementar la productividad



Esto implica el cultivo de maíz intercalado con una legumbre *Desmodium*, en un campo rodeado del pasto *Pennisetum purpureum*

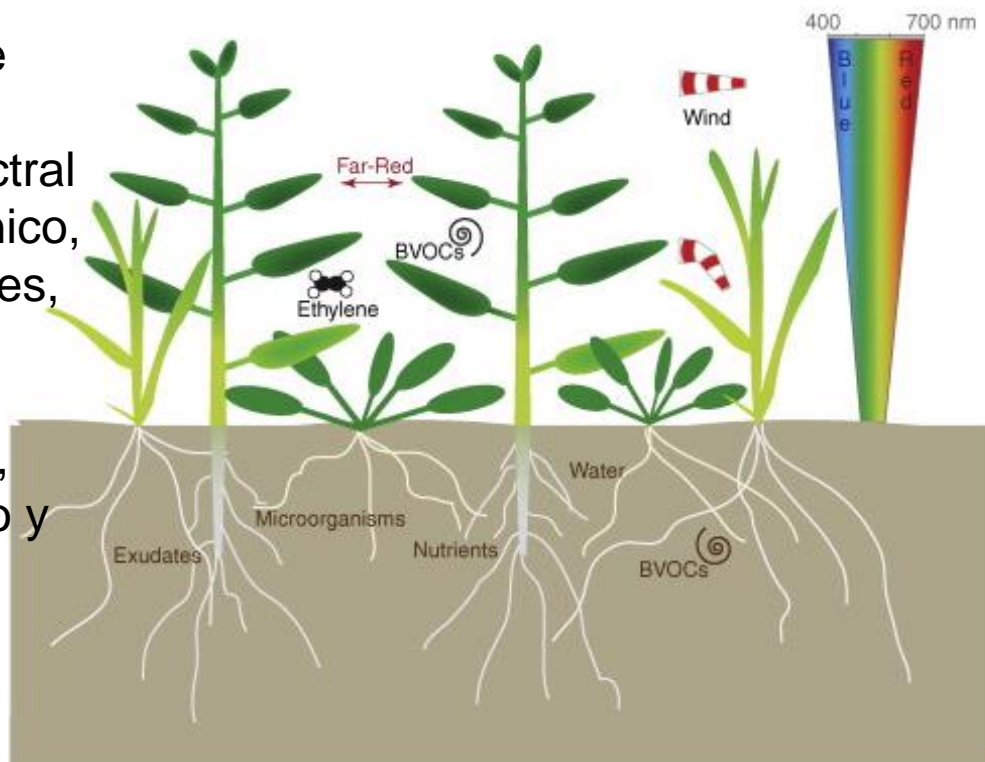
Las plagas son problemas muy importantes de la agricultura en zonas tropicales. El sistema de cultivo push-pull fue desarrollado para proteger el cultivo de maíz del ataque de orugas barrenadoras del tallo



See Hassanali, A., Herren, H., Khan, Z.R., Pickett, J.A. and Woodcock, C.M. (2008). Integrated pest management: the push-pull approach for controlling insect pests and weeds of cereals, and its potential for other agricultural systems including animal husbandry. *Phil. Trans. R. Soc. B* 363: [611-621](#); Pickett, J.A., Hamilton, M.L., Hooper, A.M., Khan, Z.R. and Midega, C.A.O. (2010). Companion Cropping to Manage Parasitic Plants. *Annu. Rev. Phytopath.* 48: [161-177](#). [Push-pull.net](#)

Resumen: Interacciones planta-planta

Las plantas perciben la presencia de otras plantas a través de cambio en la composición espectral del ambiente lumínico, compuestos volátiles, exudados de raíz, efectos sobre los nutrientes, el agua, microbios del suelo y otras señales desconocidas



TRENDS in Plant Science

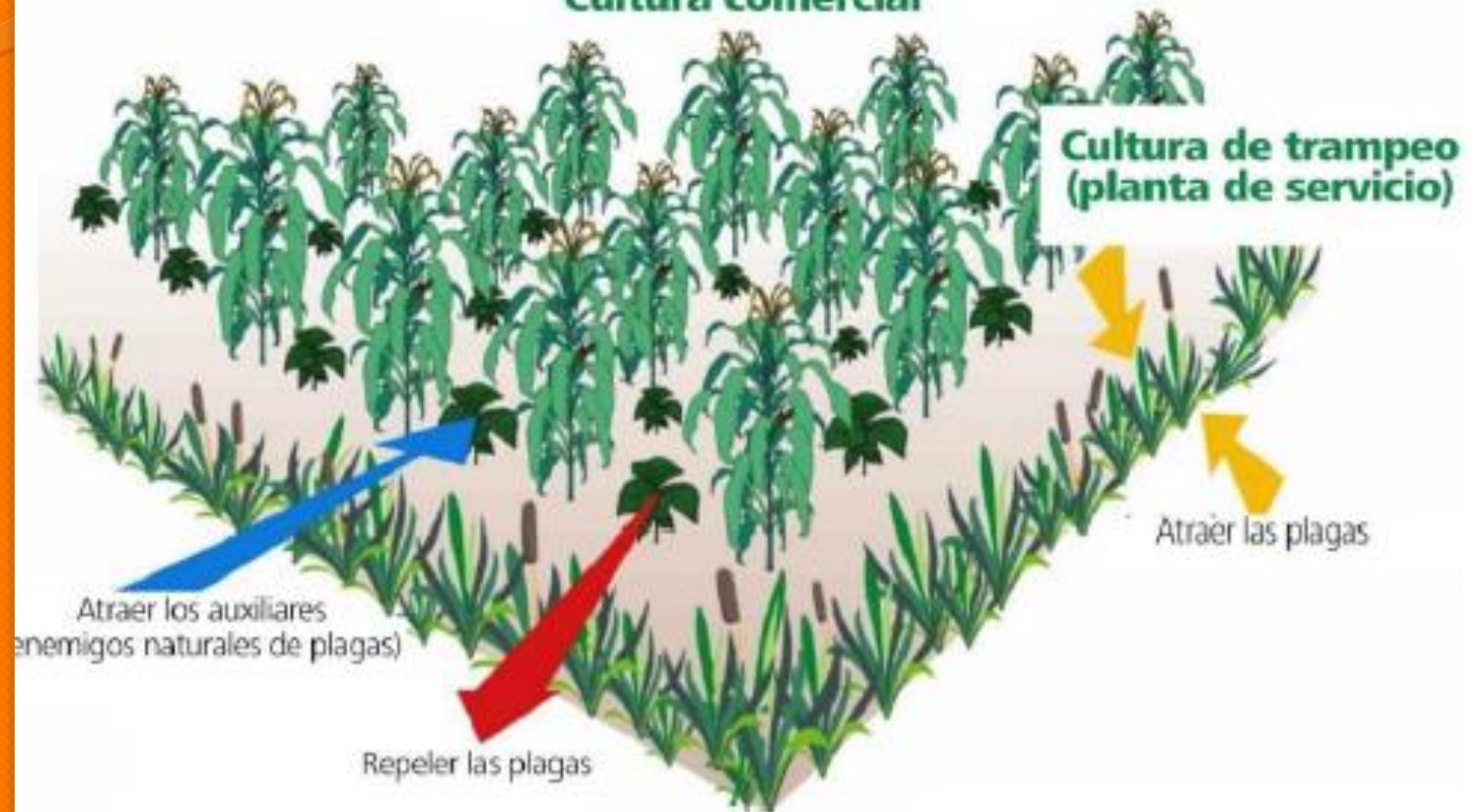
Las **respuestas de las plantas** dependen del estado ontogénico, el genotipo y otros factores endógenos y exógenos. Las respuestas pueden ser de confrontación, evitación o tolerancia

Reprinted from Kegge, W. and Pierik, R. (2010). Biogenic volatile organic compounds and plant competition. Trends Plant Sci. 15: [126-132](#) with permission from Elsevier.

Borraja + tomate	Orugas cortadoras
Cilantro + tomate	Mosca blanca. El cilantro es reservorio de coccinélidos
Salvia+ repollo + zanahoria	Moscas
Romero + repollo + salvia	Moscas
Menta (yerba buena) + ortiga + ajo	Pulgones
Capuchina + repollo + cucurbitáceas	Chinche del zapallo
Ajedrea + poroto + cebolla	Gorgojos
Sésamo + hortalizas	Hormigas
Albahaca + Tomate	Moscas y mosquitos. La albahaca es reservorio de Orius sp.,miridos y parásitos minadores
Caléndula + Hortalizas	Pulgones, Chinchas, Gusanos.La caléndula atrae sírfidos,miridos,antocóridos y parasitoides de minadores y lepidópteros (Bracónidos)
Menta + Repollo	Mariposa de las Coles
Maíz + Poroto y sorgo	Gusanos cortadores, diabrotica.Sorgo (Sorgun vulgare) y maíz (Zea mays) reservorio de coccinélidos,carábidos,crisopas y parasitoides de áfidos

SISTEMA PUSH-PULL

Cultura comercial

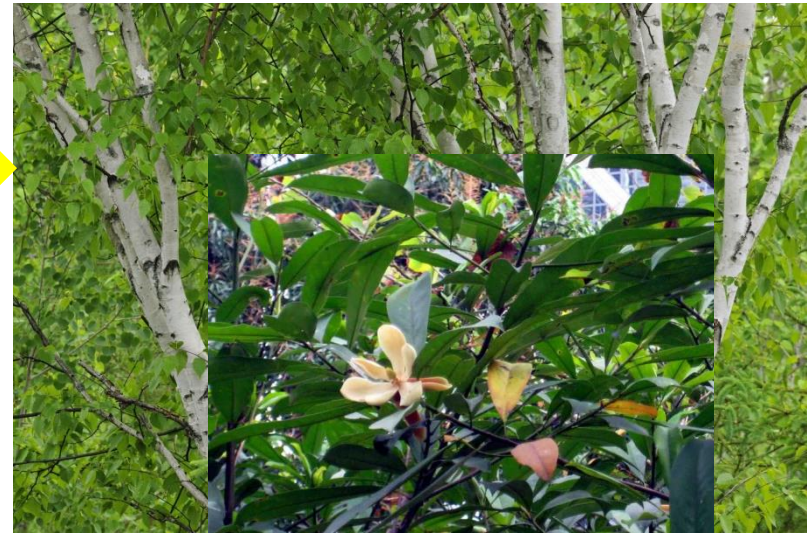


d'après Vand den Berg et Ratnadass

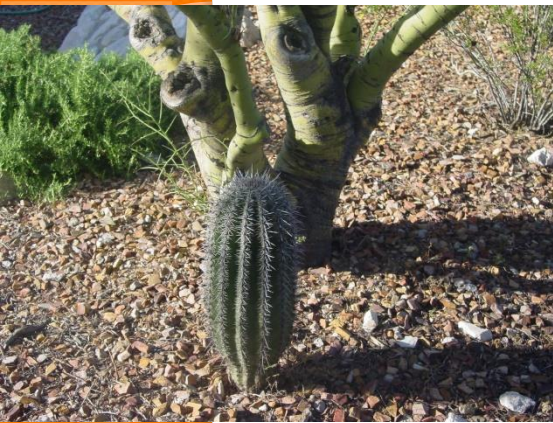
Plantas nodrizas

Protegen a semillas para incrementar el % de sobrevivencia evitando el exceso de radiación, la desecación o la herbivoría.

Acacia auriculaeformis, con una tasa de crecimiento rápida y mejor resistencia a la infertilidad,

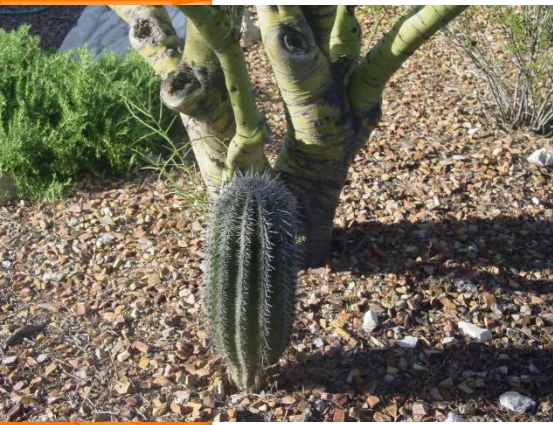


Las especies exóticas de Sonneratia apetala tienen un efecto de enfermería en las plantas de manglar nativas Rhizophora stylosa y Kandelia candel en el lodo costero en la zona de las mareas



Plantas nodrizas

- 1) El fenómeno de las plantas nodrizas ocurre principalmente en las etapas iniciales de restauración en un ecosistema degradado o sucesión en la comunidad de plantas.
- 2) El fenómeno del efecto de enfermería en la etapa anterior de restauración o sucesión se lleva a cabo principalmente como arbustos criados por pastos y árboles criados por arbustos.
- 3) El fenómeno de la enfermería usualmente ocurre entre las especies nativas en pares correspondientes.
- 4) Las especies de leguminosas exóticas, *Acacia auriculaeformis* y *Acacia mangium*, se consideran buenas plantas nodrizas para mejorar la condición de N en el suelo y proporcionar sombra a las especies objetivo, incluidos los arbustos y árboles. (
- 5) Las plantas nodrizas tienen mejores características que las de las especies objetivo, incluyendo ser dependientes de la luz, de rápido crecimiento, resistentes a la infertilidad y tolerantes a la sequía.



Plantas nodrizas

- 6) Los individuos de las especies objetivo son generalmente más pequeños que los de las plantas nodrizas en la etapa temprana.
- 7) Las plántulas pueden establecerse exitosamente alrededor de las plantas adultas en los bosques para mejorar algunos factores ecológicos extremos.
- 8) Se considera que las plantas enfermeras no solo desempeñan un papel clave en la recuperación de las propiedades y funciones del ecosistema primario, sino que también impulsan la sucesión en entornos pobres en las etapas iniciales de restauración.



Muchas gracias!!!!