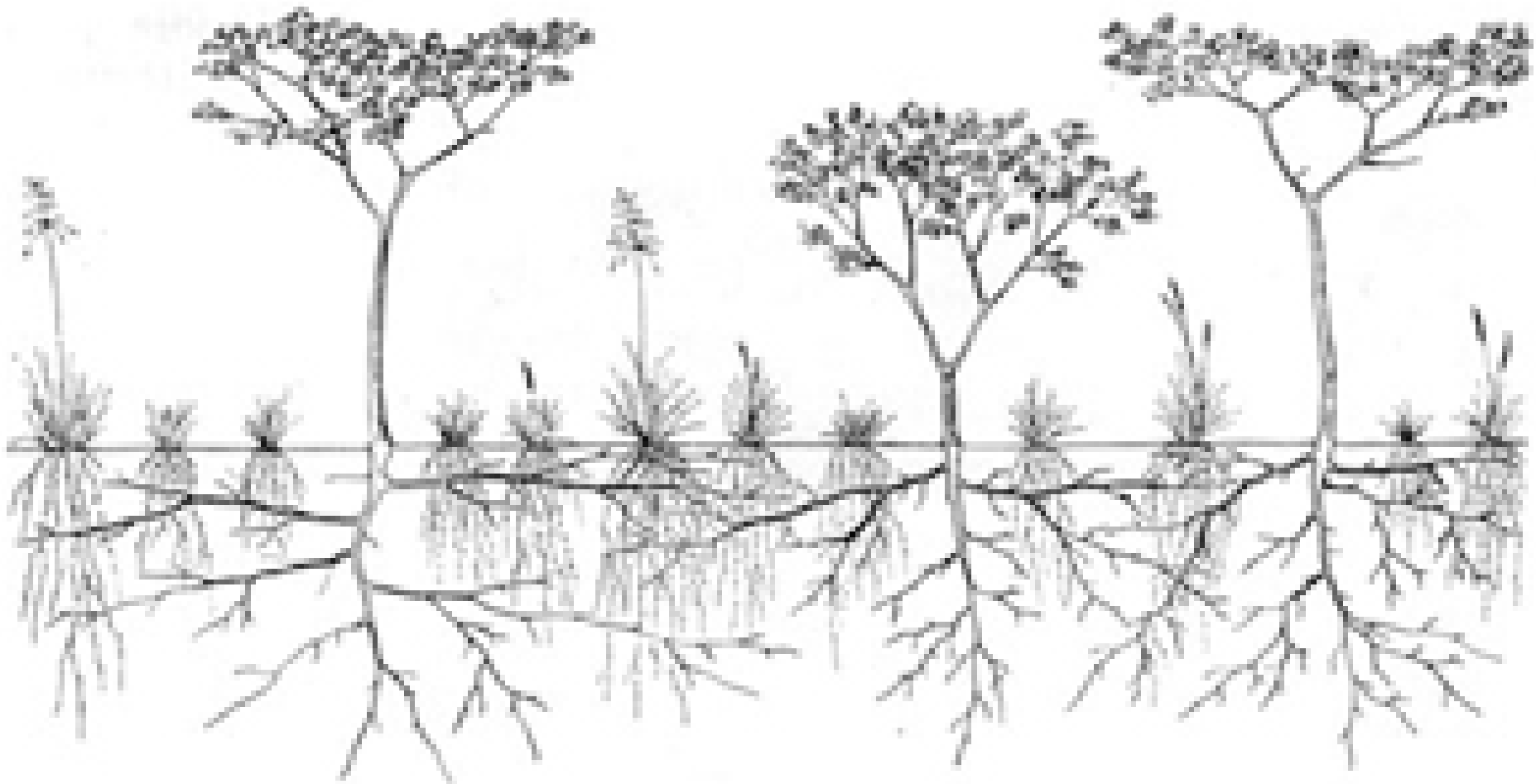


Interacciones planta-planta

Competencia subterránea

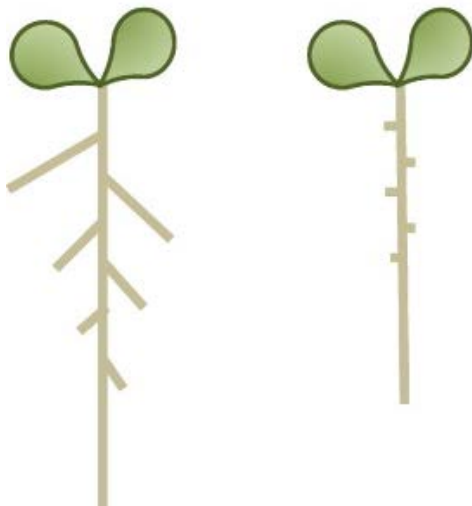


Competencia subterránea: El crecimiento radical es muy plástico

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

Low NO_3^-

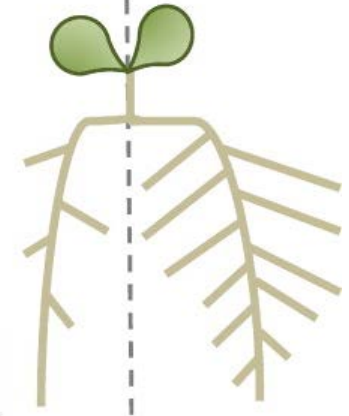
High $\text{NO}_3^- > 10\text{mM}$



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

Low NO_3^-

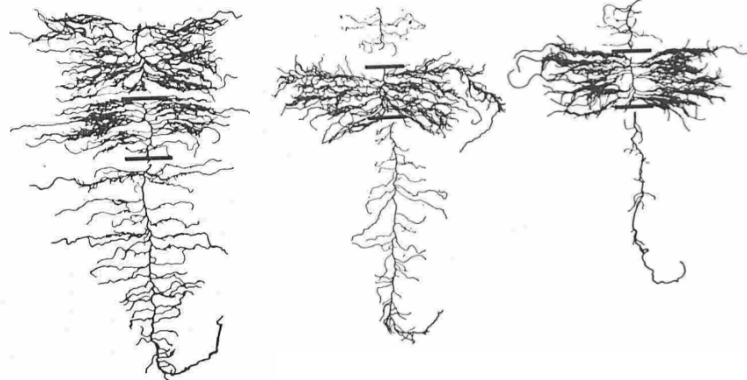
High NO_3^-



Control (HHH)

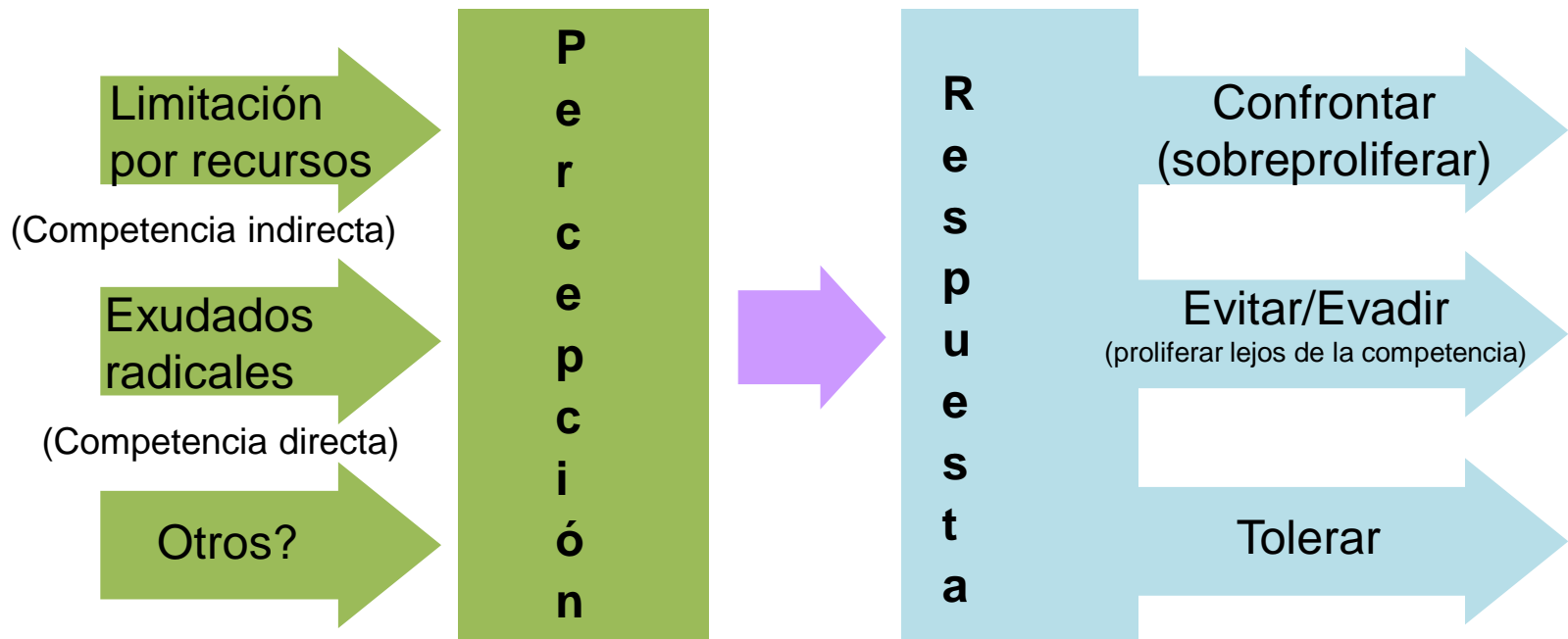
Phosphate (LHL)

Nitrate (LHL)

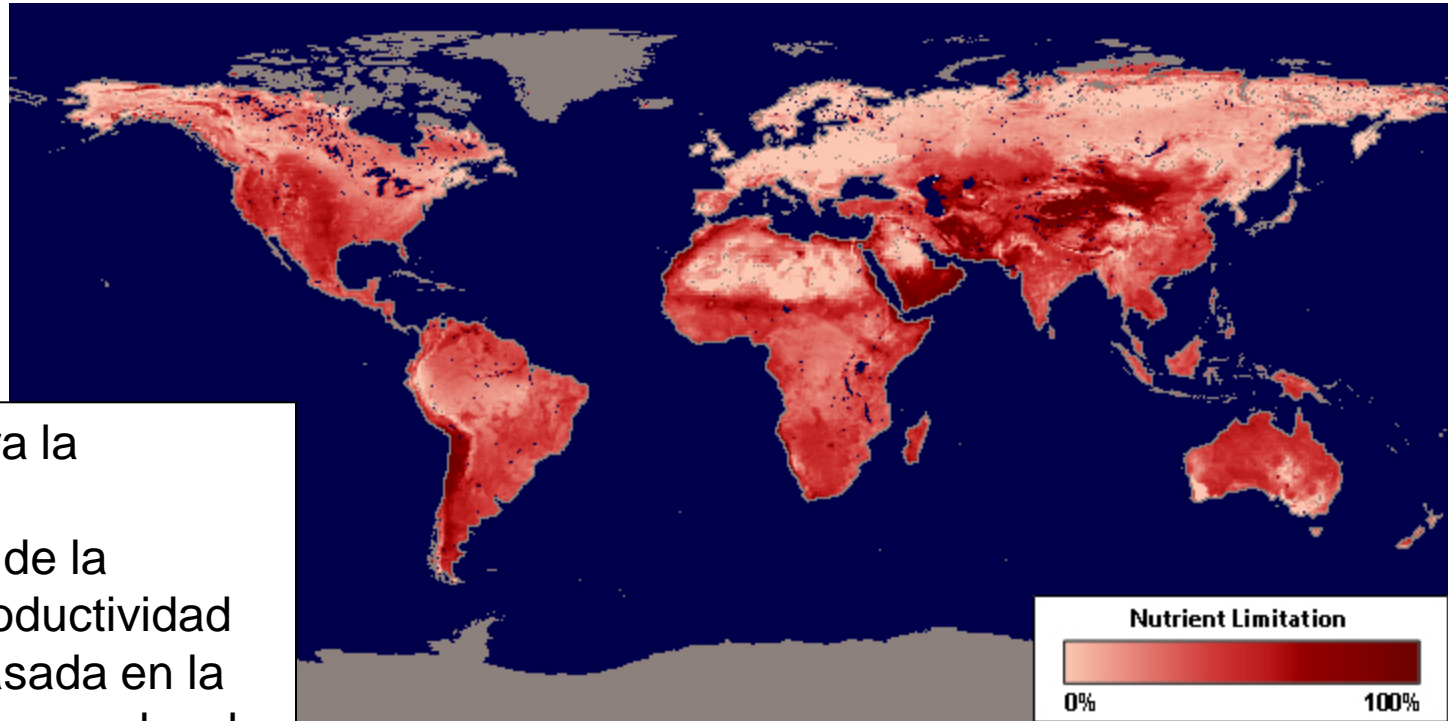


Reprinted by permission from Wiley from Drew, M.C. (1975). Comparison of the effects of a localised supply of phosphate, nitrate and ammonium and potassium on the growth of the seminal root system, and the shoot, in barley. *New Phytol.* 75: [479-490](#). Reprinted from Bouguyon, E., Gojon, A. and Nacry, 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: 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.

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

Bacterias fijadoras de nitrógeno



La bacteria en los nódulos reduce el nitrógeno atmosférico

Hongos micorríticos



Hongos dentro de la raíz

La superficie fúngica externa facilita la adquisición de agua y nutrientes

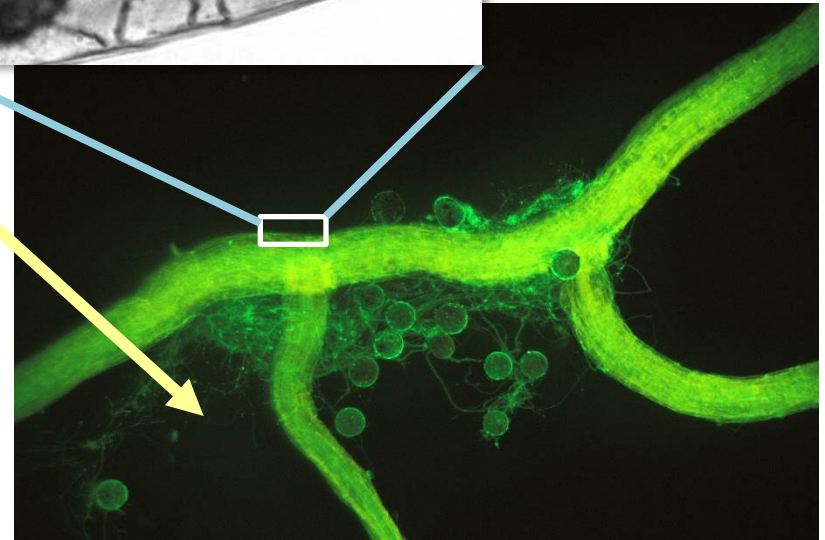
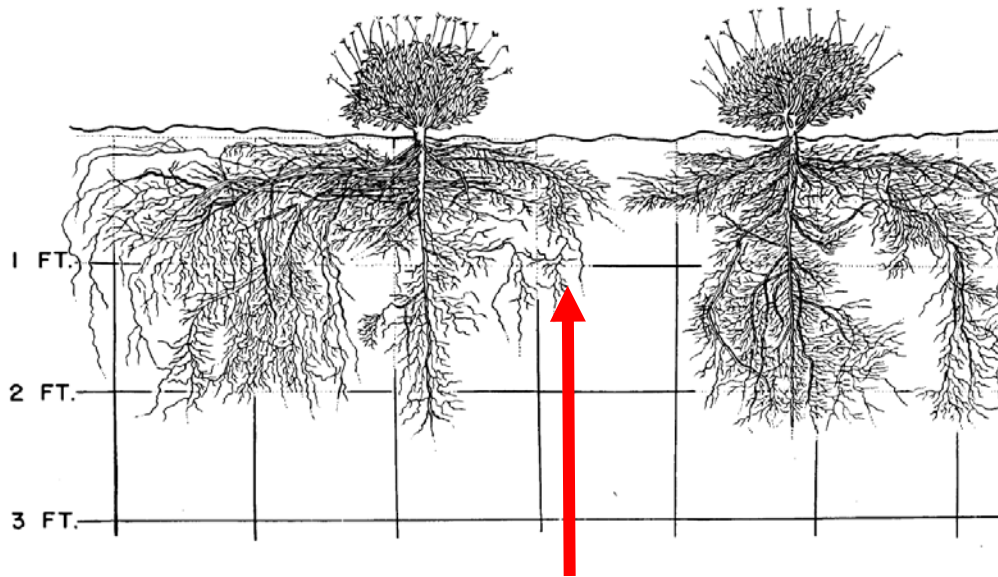


Photo credits: [Gerald Holmes](#), Valent USA Corporation, [Ulrike Mathesius](#), Bugwood.org, [Sara Wright](#), USDA; [Kristine Nichols](#), USDA

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.

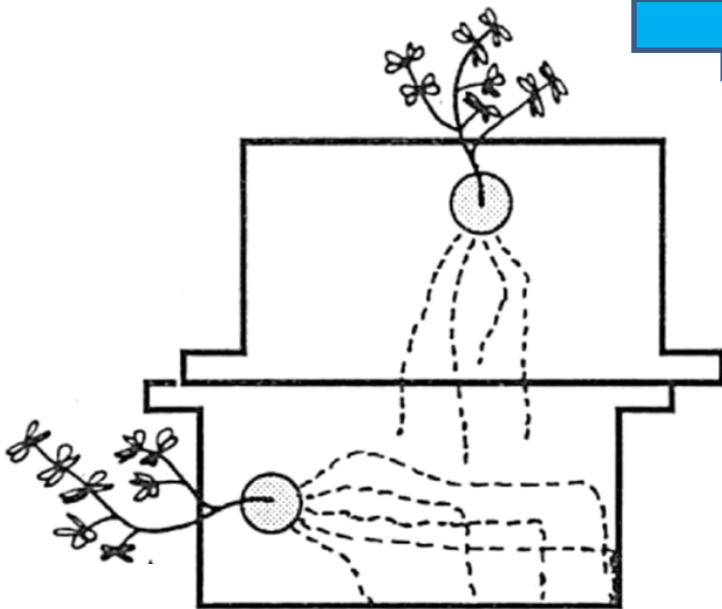
...pero no siempre...



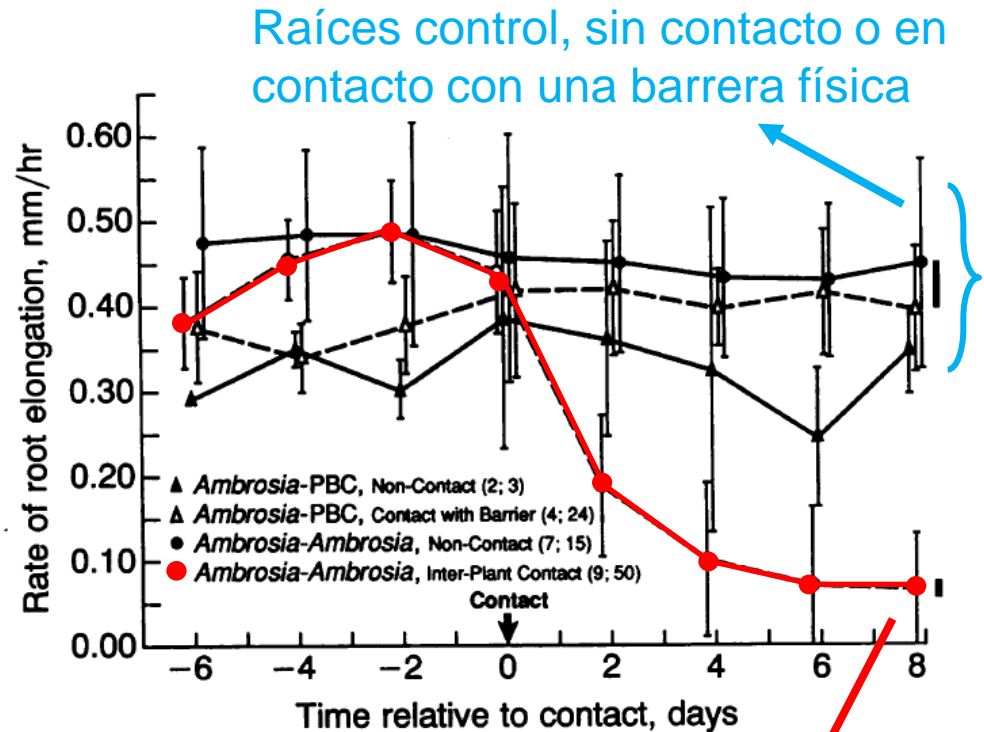
Reprinted with permission from Fang, S., Clark, R.T., Zheng, Y., Iyer-Pascuzzi, A.S., Weitz, J.S., Kochian, L.V., Edelsbrunner, H., Liao, H. and Benfey, P.N. (2013). Genotypic recognition and spatial responses by rice roots. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 110: [2670-2675](#). Muller, C.H. (1946) Root development and ecological relations of Guayule. *USDA Technical Bulletin* [923](#), see also Schenk et al., 1999, *Adv. Ecol. Res* 28: [145-180](#), and Gersani, M. and Sachs, T. (1992). Development correlations between roots in heterogeneous environments. *Plant Cell Environ.* 15: [463-469](#).

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

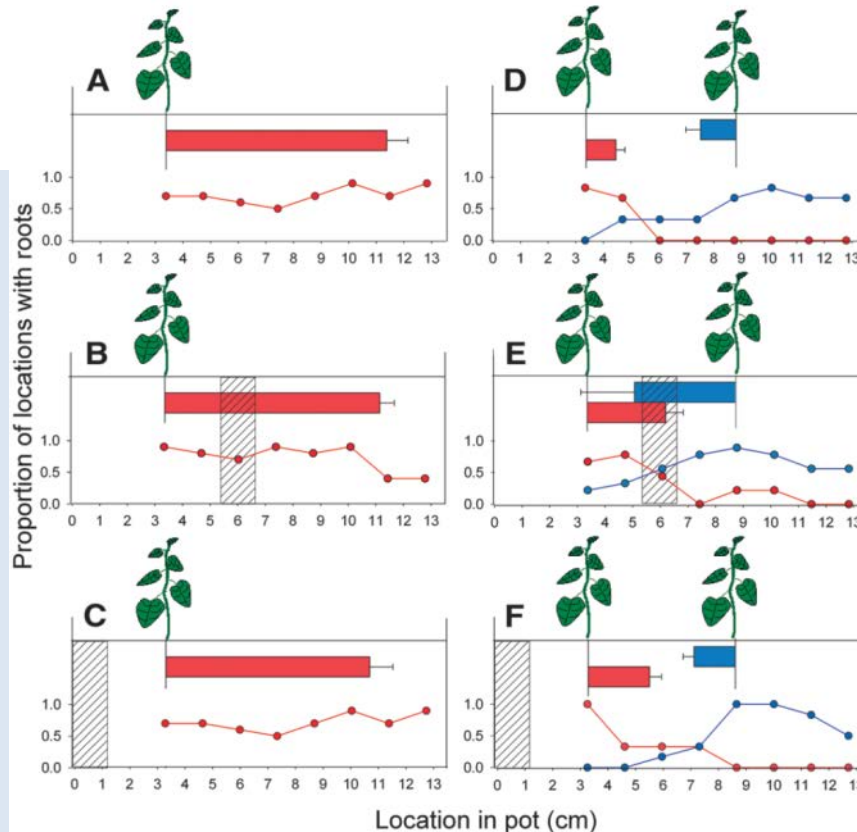


Las raíces expuestas a los exudados de otro sistema radical disminuyeron su tasa de crecimiento

Reprinted with permission from Mahall, B.E. and Callaway, R.M. (1991). Root communication among desert shrubs. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 88: [874-876](#).

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



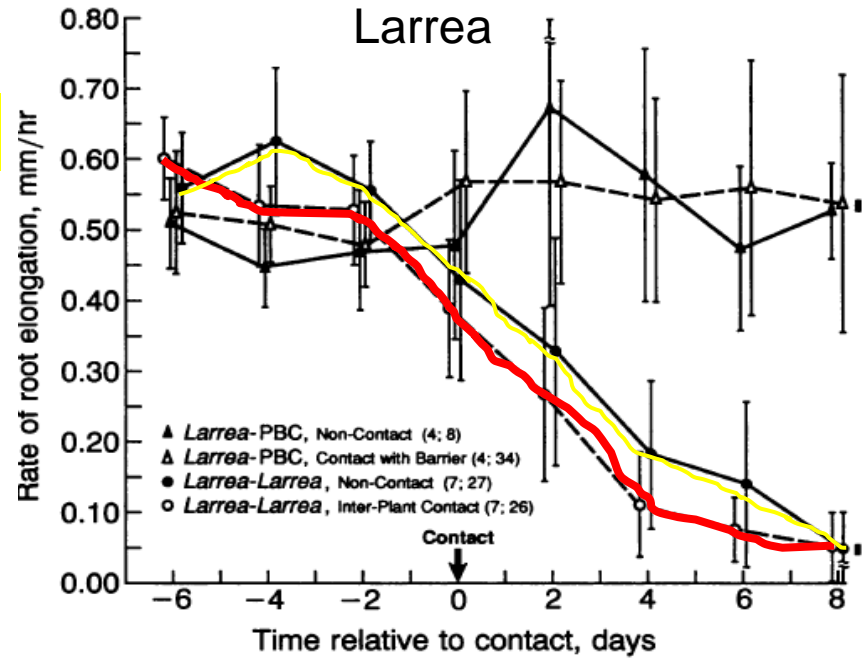
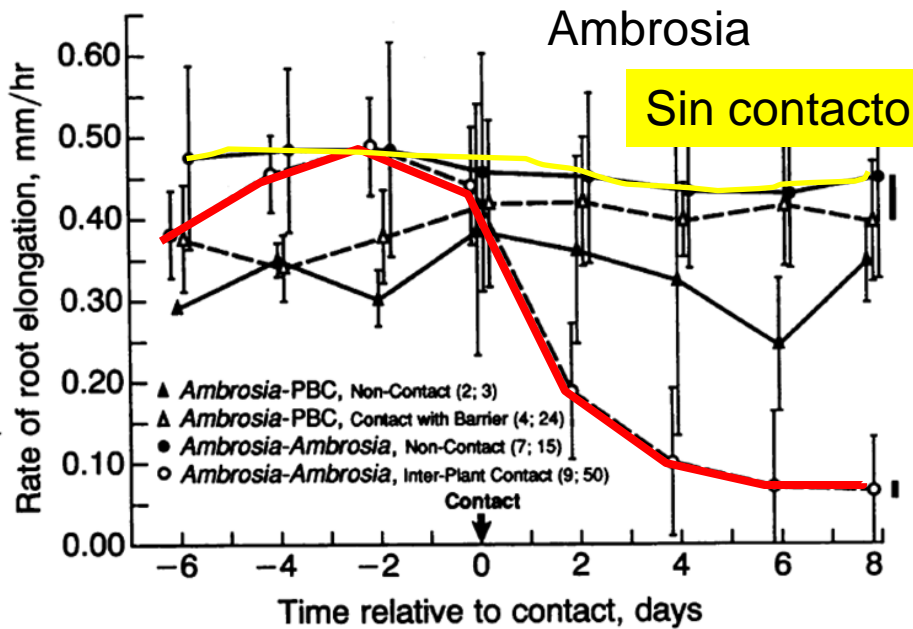
Distribución amplia, independientemente de la ubicación de los nutrientes

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

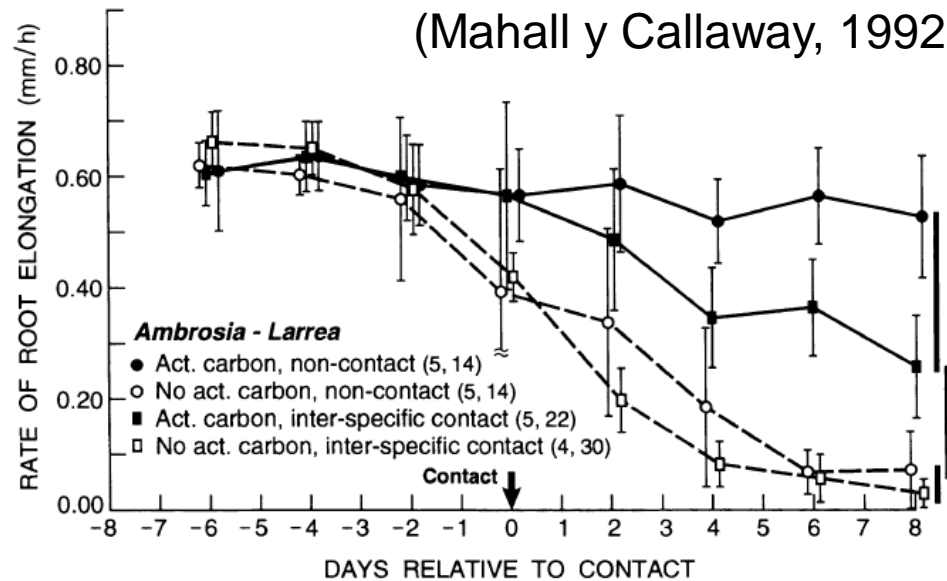
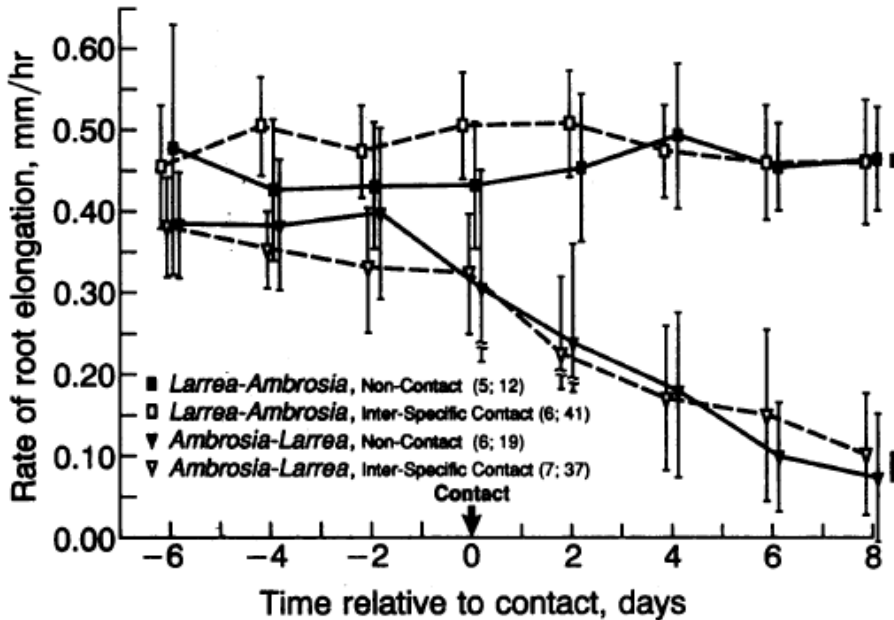
Pero proliferaron en un parche rico en nutrientes, donde se solaparon, aunque la longitud fue menor que solas.

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

Reprinted from Cahill, J.F., McNickle, G.G., Haag, J.J., Lamb, E.G., Nyanumba, S.M. and St. Clair, C.C. (2010). Plants integrate information about nutrients and neighbors. *Science*, 328: [1657](#) with permission from AAAS.



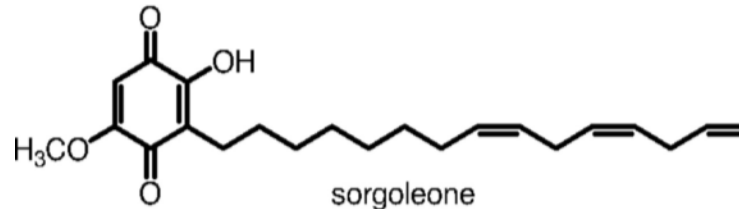
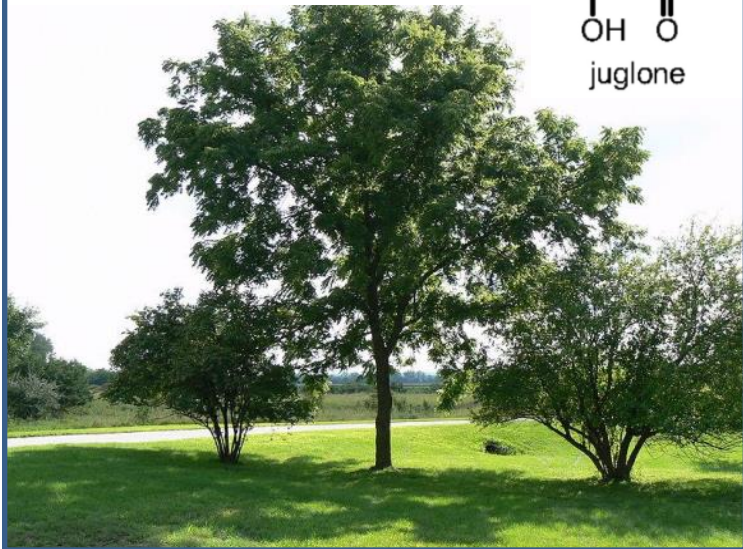
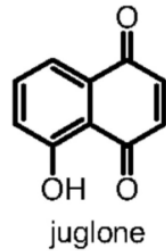
Uso de Carbón activado para sacar del medio las sustancias alelopáticas
(Mahall y Callaway, 1992)



Muchas plantas segregan sustancias químicas alelopáticas para disuadir a sus competidoras

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

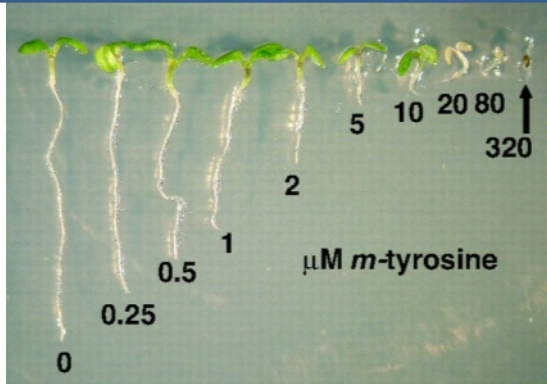
La **Juglona** es una sustancia alelopática producida por el Nogal negro (*Juglans nigra*)



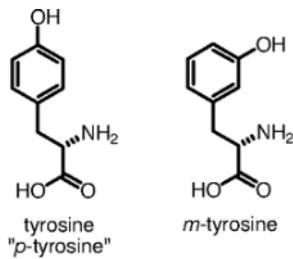
La **sorgoleona** es producida por los pelos radicales de *Sorghum bicolor* y es exudada como gotitas oleosas. Se acumula en el suelo y actúa como herbicida de pre-emergencia, afectando la fotosíntesis en plántulas muy jóvenes.

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



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



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

Reprinted with permission from Bertin, C., Weston, L.A., Huang, T., Jander, G., Owens, T., Meinwald, J. and Schroeder, F.C. (2007). Grass roots chemistry: meta-Tyrosine, an herbicidal nonprotein amino acid. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 104: [16964-16969](#), copyright National Academy of Sciences.; [Victoria Nuzzo](#), Natural Area Consultants, [Jill Swearingen](#), USDA National Park Service, Bugwood.org; See also Callaway, R.M., et al., (2008). Novel weapons: Invasive plant suppresses fungal mutualists in America but not in its native Europe. Ecology. 89: [1043-1055](#).

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

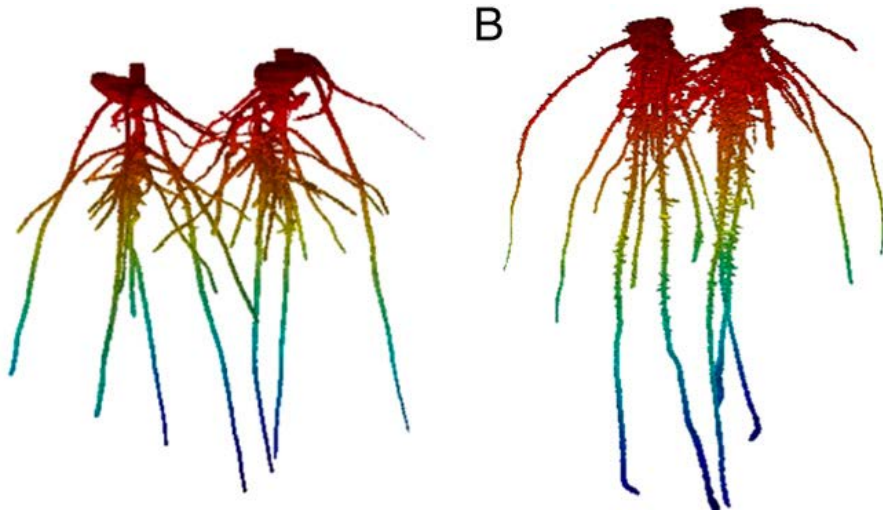


Photo credits: [Tom Donald](#)

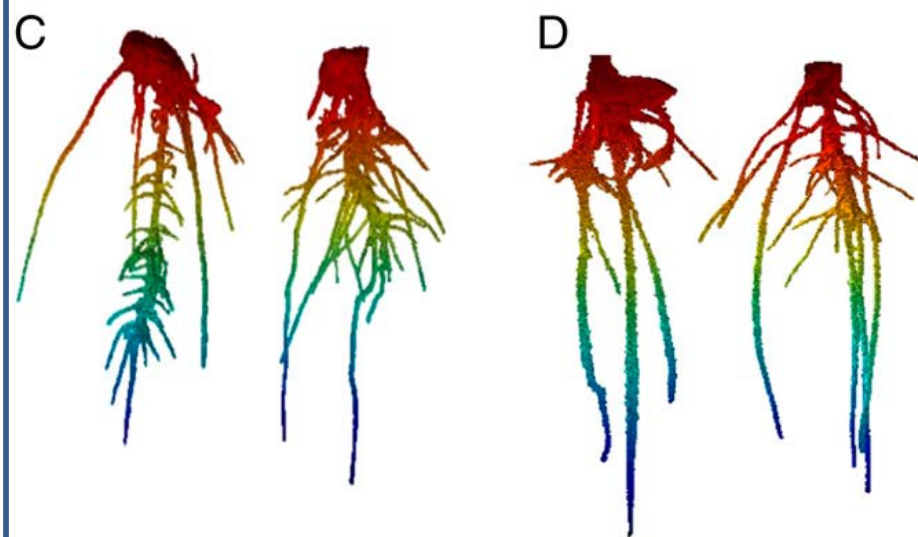
Las plantas ¿responden diferencialmente a parientas y plantas no relacionadas?

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

Mismo genotipo: mayor superposición

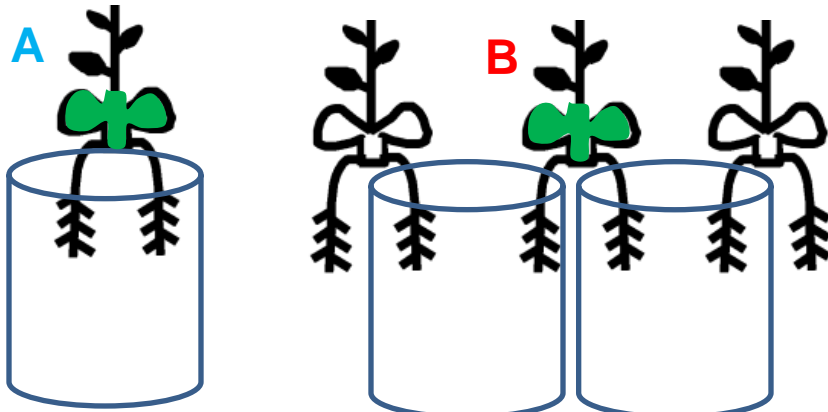


Distinto genotipo: menor superposición

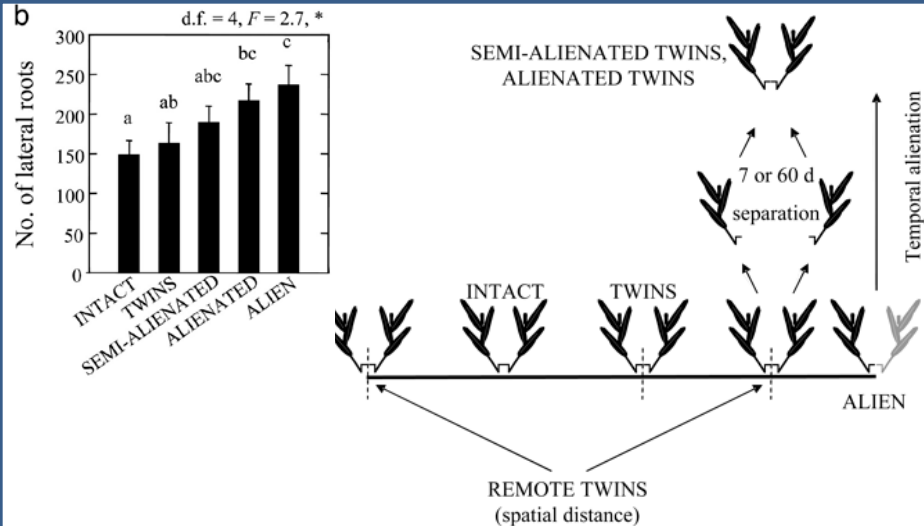


Reprinted with permission from Fang, S., Clark, R.T., Zheng, Y., Iyer-Pascuzzi, A.S., Weitz, J.S., Kochian, L.V., Edelsbrunner, H., Liao, H. and Benfey, P.N. (2013). Genotypic recognition and spatial responses by rice roots. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 110: [2670-2675](https://doi.org/10.1073/pnas.1215110110).

¿Pueden las raíces discriminar entre ellas mismas y otras?



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



Sí. Cuando esquejes que se originaron del mismo nudo fueron separados, se fueron alienando progresivamente, el número de raíces aumentó.

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

Reprinted with permission from Falik, O., Reides, P., Gersani, M. and Novoplansky, A. (2003). Self/non-self discrimination in roots. *J.Ecology*. 91: [525-531](#). Reprinted with permission from Gruntman, M. and Novoplansky, A. (2004). Physiologically mediated self/non-self discrimination in roots. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 101: [3863-3867](#) copyright National Academy of Sciences USA.

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

Falik, O., Reides, P., Gersani, M. y Noyvoplansky, A. (2003).
Self/non-self discrimination in roots. *J. Ecol.* 91: [525-531](#)

