

ARTÍCULO DE OPINIÓN

Servicios ecosistémicos y el rol de la rizósfera en el control natural de plagas

La agricultura moderna ha alcanzado niveles de producción considerables y se proyecta un aumento de al menos el 50% para el año 2050, necesario para alimentar a la creciente población mundial [1]. Principalmente, la intensificación de la agricultura es la estrategia utilizada para incrementar la producción. Implicando que cada año o bien se mantenga o aumente el uso de fertilizantes químicos, pesticidas y otros (Figura 1).

Esto implica que la calidad inicial del suelo se pierda, anulando los servicios ecosistémicos que estos proporcionan, necesarios para la existencia de la vida en el planeta [3]. Los microorganismos que habitan ecosistemas terrestres juegan un rol primordial en mantener la salud ecosistémica, en la que nuestra sociedad depende de facto profundamente [4]. Estos servicios comprenden sustento de la fertilidad en los suelos por medio de actividades metabólicas relacionadas con ciclo de nutrientes [5]; establecimiento

de una estructura de los suelos apropiada para el sostén de las plantas [6], y también metabolizando contaminantes orgánicos [7]. Igualmente, se considera un servicio ecosistémico la capacidad de antagonizar microorganismos e invertebrados que habitan los suelos y que causan patologías en las plantas [8, 9]. Estos servicios ecosistémicos son pilares fundamentales para el soporte de una vida sana para todos los niveles tróficos. Un suelo sano puede equilibrar o aportar mejoras para el impacto del cambio

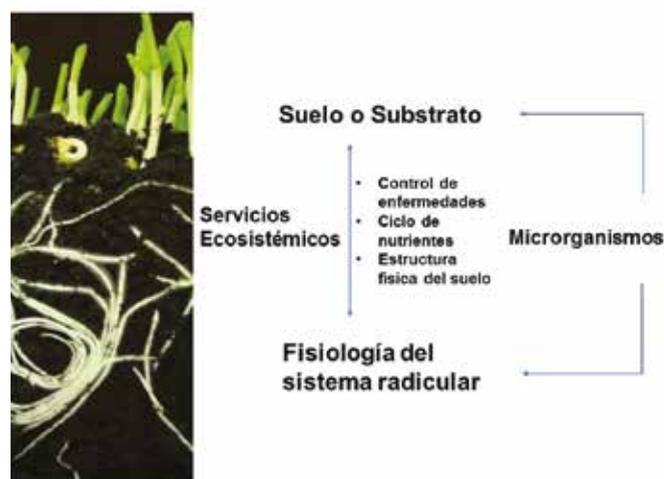


Figura 2. Procesos terrestres y manejo de (micro) bioma en rizósfera para estimular el desarrollo de cultivos de plantas bajo estrés biótico a abiótico.

Consumo mundial de fertilizantes (nutrientes) 2002-2009

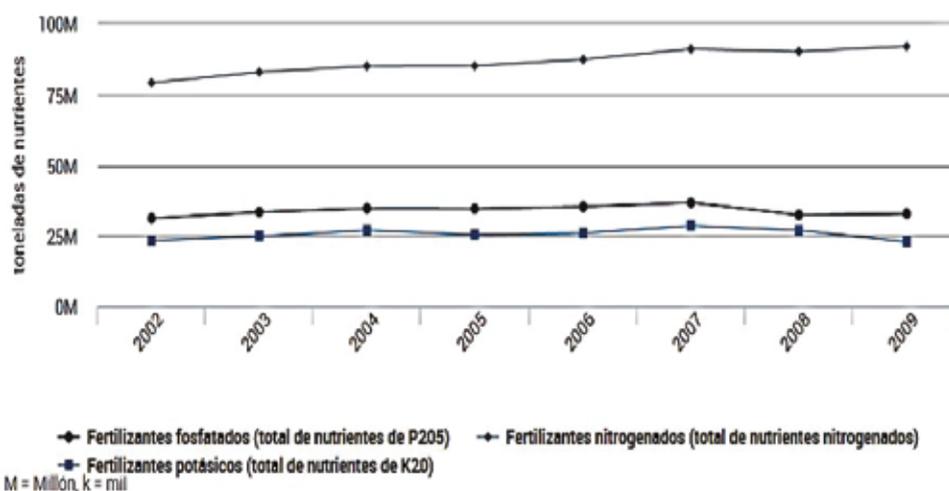


Figura 1. Consumo mundial de fertilizantes comprendido en los años 2002 y 2009 según FAO[2].

climático o para la restricción de surgimiento de nuevas enfermedades (Figura 2).

Los servicios ecosistémicos nacen de la gran biodiversidad que se encuentra en los suelos. Con el surgimiento y la aplicación directa de métodos independientes al cultivo microbiológico directo, se demostró la diversidad existente en sistemas terrestres. Se estima que un gramo de suelo contiene, por ejemplo, un billón de bacterias comprendidas en aproximadamente cien mil taxones, doscientos millones de hifas de hongos, un gran rango de ácaros, nematodos, gusanos, y artrópodos [10]. La mayoría de estos microorganismos, por la misma complejidad de los nichos que se representan en los suelos, se convierten en microorganismos enigmáticos. Tan solo un 8% son cultivables y eso implica que nuestra capacidad para poder entender de cada uno de ellos su aporte como grupo funcional en los ecosistemas se convierte en un reto. Adicionalmente, aun no se comprenden las consecuencias directas e indirectas que ocasionaría la pérdida de los microorganismos que habitan los suelos [11].

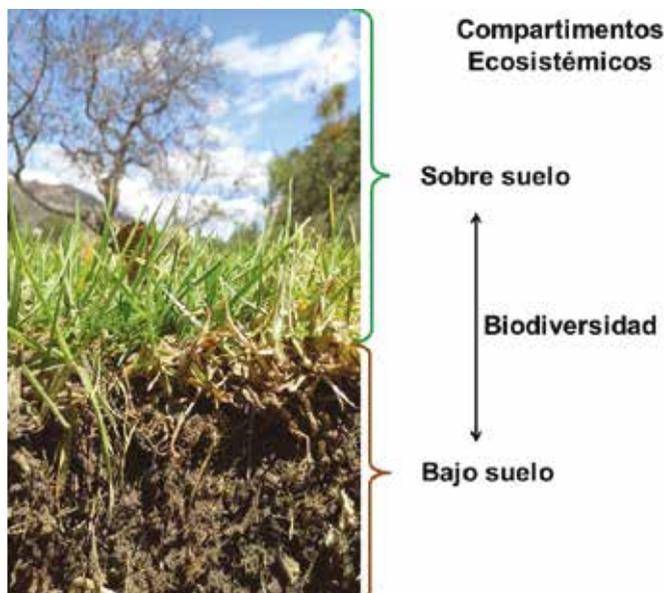


Figura 3. Esquema de lo comprendido por compartimentos ecosistémicos. La biodiversidad de los compartimentos sobre el suelo y bajo suelo esta indeterminada.

La relación íntima de plantas con (micro)organismos es tal que se ha podido probar que el efecto de la variedad de las comunidades de plantas es relativo a la incidencia de enfermedades. La productividad de comunidades menos variadas se ve comprometida y regulada por la presencia de patógenos [12] (Figura 3). Es fundamental entender los mecanismos naturales que posee los ecosistemas terrestres para controlar las poblaciones de microorganismos patogénicos.

Particularmente, la rizósfera (región de suelo en contacto directo con la raíz) provee un nicho que debido a los mismos exudados de las raíces, la actividad metabólica se ve incrementada y muchos microorganismos que no crecen en el suelo limpio tienen mayor chance de proliferar en esta región [12, 13].

Algunos microorganismos de rizósfera tienen su origen en la semilla y habitan la rizósfera desde el comienzo del ciclo de vida de la planta. Sin embargo, muchos provienen del mismo suelo en el que la planta se está desarrollando y cuando el ciclo de una planta se cumple, estos retornan al suelo creándose un intercambio y un impacto recíproco entre el suelo crudo y la rizósfera [13]. Este simple concepto es importante cuando nos referimos a las poblaciones de microorganismos patógenos y sus antagonistas. Muchos estudios indican la importancia en la relación del microbioma de raíz con el estado de salud de los cultivos. Normalmente, la microflora de los suelos se encuentra en estado famélico y por lo tanto esto causa una relación de competencia entre las poblaciones por los nutrientes que las raíces excretan [14]. Las raíces excretan activamente un gran porcentaje de productos derivados de la fotosíntesis para así poder seleccionar las poblaciones de microorganismos que habitarán en ella [15]. Muchos de los microorganismos patógenos crecen de modo saprofito en la rizósfera para colonizar y eventualmente infectar el hospedero. La relación competitiva entre la flora nativa de la rizósfera y los microorganismos patógenos va a determinar el éxito para colonizar directamente la raíz. La salud de la planta estará determinada por su capacidad de atraer y crear nichos que comprenda una variedad de microorganismos benéficos [15].

Se denominan suelos supresivos a los suelos con capacidad de controlar el crecimiento y la actividad metabólica de los microorganismos patógenos y por tanto disminuir la incidencia de enfermedades en plantas [16]. De que un suelo sea supresivo va a depender de la variedad, número y actividad de los microorganismos nativos con función antagonista. Una característica fundamental, además de la riqueza de estas poblaciones, es también el equilibrio entre los diferentes taxones de manera que ningún taxón este sobre o sub representado. Se ha demostrado que las diversas actividades de origen antropogénicas, especialmente la agricultura intensiva y los cambios forzados en los procesos naturales de la tierra, han cambiado y continuaran cambiando la diversidad descrita en los suelos [10]. Esta disminución en la biodiversidad puede flanquear los servicios ecosistémicos a tal punto que desaparezcan. Tal es el

caso del control biológico. Muchos estudios se han enfocado en observar pérdidas de algunos grupos funcionales en los suelos y su respectiva correlación con los análisis arrojados a nivel de campo [12]. Un clásico ejemplo se delimita a la pérdida de micorrizas por prácticas agrícolas. Recientemente se ha demostrado que además de promover el crecimiento y la capacidad de adquirir agua, las hifas de las micorrizas conectan poblaciones y comunidades de plantas (Figura 4). De modo que transmiten información sobre ataques de plagas y patógenos de la planta afectada a plantas sanas, induciendo sistemas de defensa [17].

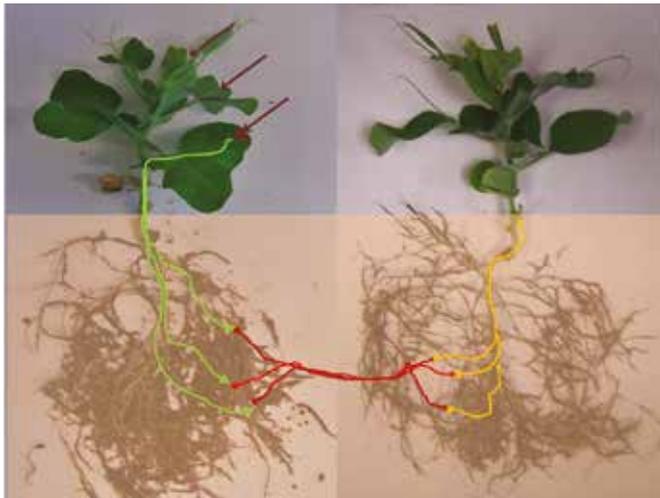


Figura 4. Comunicación inter-planta vía redes de micorrizas. Cuando una planta es atacada por diferentes plagas, se produce una señal química que se transmite vía floema hasta raíz donde se transfiere intercelularmente a hifas de micorrizas que estando conectada con redes micorrízicas de plantas vecinas, la señal induce sistemas de defensa de dicha planta vecina (Figura adaptada de [17]).

Se estima que pérdidas de grupos de micorrizas propiciaría pérdidas en la capacidad de las plantas para su defensa natural. La situación se ve agravada debido a lo enigmático que puede ser estudiar un grupo de microorganismos en el suelo que posea la capacidad antagonista [18]. En cualquier circunstancia, ningún grupo de microorganismos por sí solo podrá efectuar con eficiencia el control biológico necesario para una comunidad de plantas sana. Existe un proceso de co-evolución de lo que se estima como el "supra-organismo" planta-suelo-microbioma, que proporciona nichos para poblaciones genéticamente diversas para asegurarse la continuación de importantes procesos en los suelos tales como el antagonismo [18]. Además esta disrupción crea para los microorganismos patógenos una oportunidad para colonizar e irrumpir en los cultivos.

Como solución se ha demostrado que se puede utilizar esta misma situación para introducir exitosamente microorganismos benéficos competitivos [19]. Las estrategias de restauración de suelos supresivos pueden ser agrupadas en tres categorías. Primero, integración de microorganismos antagonistas. *Pseudomonas*, *Streptomyces*, *Bacillus* son géneros de bacterias que por producción de antibióticos inhiben y compiten con posibles patógenos en la rizósfera. Segundo, incrementar la actividad antagonista de los microorganismos nativos. Esto implica un buen conocimiento de los grupos de microorganismos existente en la rizósfera de las plantas en estudio. Por último, manipulación de los microorganismos por medio de cambios de poblaciones de plantas [20]. En sistemas agrícolas, esto se puede efectuar mediante rotación y cultivos mixtos. Como se menciona arriba, las plantas atraen determinados microorganismos dependiendo de la composición de sus exudados en la raíz. Diferentes tipos de exudados incrementarían la biodiversidad y la actividad de microorganismos benéficos [19]. Para concluir, dada las estrategias propuestas para restaurar la capacidad supresiva de un suelo es importante subrayar la necesidad de investigar y tener una mínima comprensión del sistema con el que se está trabajando antes de seleccionar la estrategia a aplicar.

Rosalía García Teijeiro

Investigadora del Proyecto PROMETEO
Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento
de Calidad del Agro - AGROCALIDAD



Rosalía García Teijeiro

Realizó la licenciatura en Bioquímica, en la Universidad de la República Oriental del Uruguay. Dos especialidades fueron selectas, enzimología y limnología. Tras terminar la licenciatura

trabajo en un cargo técnico en la Universidad de Utrecht, Holanda. Allí, desarrollo diversas técnicas de punta en biología molecular y celular. Seguidamente, se desempeñó como asistente de investigación en Southern Illinois University, Illinois, USA. En dicha universidad realizo también sus estudios de Maestría en Ciencias del Suelo y de las Plantas. Finalmente, en la Universidad de Lancaster, Inglaterra, realizo su Doctorado en Ciencias Biológicas, orientado a la Eco fisiología de Plantas y Microbiología de Suelos. Dicho Doctorado fue financiado por una importante y tradicional organización de productores ingleses (HDC). El tema principal fue dedicado al manejo de la microbiología del suelo para incrementar la producción agrícola bajo estrés hídrico.

Referencias

- [1] Gordon LJ, Finlayson CM, Falkenmark M: Managing water in agriculture for food production and other ecosystem services. *Agricultural Water Management* 2010, 97(4):512-519.
- [2] FAOSTAT. [<http://faostat3.fao.org/home/E>]
- [3] Ferrara A, Salvati L, Sabbi A, Colantoni A: Soil resources, land cover changes and rural areas: Towards a spatial mismatch? *Science of The Total Environment* 2014, 478(0):116-122.
- [4] Comerford NB, Franzluebbers AJ, Stromberger ME, Morris L, Markewitz D, Moore R: Assessment and Evaluation of Soil Ecosystem Services. *Soil Horizons* 2013, 54(3).
- [5] Waring BG, Averill C, Hawkes CV: Differences in fungal and bacterial physiology alter soil carbon and nitrogen cycling: insights from meta-analysis and theoretical models. *Ecology letters* 2013, 16(7):887-894.
- [6] Eilers KG, Debenport S, Anderson S, Fierer N: Digging deeper to find unique microbial communities: The strong effect of depth on the structure of bacterial and archaeal communities in soil. *Soil Biology and Biochemistry* 2012, 50(0):58-65.
- [7] Khan S, Afzal M, Iqbal S, Khan QM: Plant–bacteria partnerships for the remediation of hydrocarbon contaminated soils. *Chemosphere* 2013, 90(4):1317-1332.
- [8] Berendsen RL, Pieterse CMJ, Bakker PAHM: The rhizosphere microbiome and plant health. *Trends in Plant Science* 2012, 17(8):478-486.
- [9] Bakker PAHM, Doornbos RF, Zamioudis C, Berendsen RL, Pieterse CMJ: Induced Systemic Resistance and the Rhizosphere Microbiome. *The Plant Pathology Journal* 2013, 29(2):136-143.
- [10] Brussaard L, de Ruiter PC, Brown GG: Soil biodiversity for agricultural sustainability. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 2007, 121(3):233-244.
- [11] Tschamntke T, Klein AM, Krues A, Steffan-Dewenter I, Thies C: Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. *Ecology letters* 2005, 8(8):857-874.
- [12] Mordecai EA: Pathogen impacts on plant diversity in variable environments. *Oikos* 2015, 124(4):414-420.
- [13] Philippot L, Raaijmakers JM, Lemanceau P, van der Putten WH: Going back to the roots: the microbial ecology of the rhizosphere. *Nat Rev Micro* 2013, 11(11):789-799.
- [14] Rangel-Castro JI, Killham K, Ostle N, Nicol GW, Anderson IC, Scrimgeour CM, Ineson P, Meharg A, Prosser JI: Stable isotope probing analysis of the influence of liming on root exudate utilization by soil microorganisms. *Environmental Microbiology* 2005, 7(6):828-838.
- [15] Doornbos R, van Loon L, Bakker P: Impact of root exudates and plant defense signaling on bacterial communities in the rhizosphere. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 2011:1-17.
- [16] Mazzola M: Mechanisms of natural soil suppressiveness to soilborne diseases. *Antonie van Leeuwenhoek* 2002, 81(1-4):557-564.
- [17] Johnson D, Gilbert L: Interplant signalling through hyphal networks. *New Phytologist* 2015, 205(4):1448-1453.
- [18] Rout ME, Southworth D: The root microbiome influences scales from molecules to ecosystems: The unseen majority. *American Journal of Botany* 2013, 100(9):1689-1691.
- [19] Mazzola M: Manipulation of Rhizosphere Bacterial Communities to Induce Suppressive Soils. *Journal of nematology* 2007, 39(3):213-220.
- [20] Yang J-i, Ruegger PM, McKenry MV, Becker JO, Borneman J: Correlations between Root-Associated Microorganisms and Peach Replant Disease Symptoms in a California Soil. *Plos One* 2012, 7(10):e46420.