

02. LA RIZOSFERA, EL LUGAR DONDE SE DESARROLLA LA NUEVA AGRICULTURA

Diana Montserrat Baeza
Magaña
Maestría en Ciencias
Maestría en Innovación
Biotecnológica, CIATEJ
dibaeza_al@ciatej.edu.mx
ORCID: 0009-0003-4238-
3695
LinkedIn: Diana Baeza

Karla Verónica
Teymennet Ramírez
Doctora en Ciencias
Post-doctorante,
CIATEJ
kateymennet_pos@ci
atej.edu.mx
ORCID: 0000-0003-
4594-9407

Iliana Barrera
Martínez
Doctora en Ciencias
Investigadora por
México, CIATEJ
ibarrera@ciatej.mx
ORCID: 0000-0001-
5391-6299

Rodrigo Barba
González
Doctor en Ciencias
Investigador,
CIATEJ
rbarba@ciatej.mx
ORCID: 0000-
0001-9336-090X

Jorge Verdín*
Doctor en
Ciencias
Investigador,
CIATEJ
jverdín@ciatej.mx
ORCID: 0000-
0002-6264-6953



RESUMEN

¿Quién imaginaría que existe un universo microscópico lleno de bacterias, levaduras y hongos que conviven íntimamente con las raíces de las plantas? Los microorganismos que viven unidos a las raíces, en un lugar llamado rizosfera, ayudan a las plantas a crecer, las protegen contra enfermedades y las apoyan frente a condiciones ambientales adversas. A cambio, los microorganismos de la rizosfera son alimentados y estimulados por sustancias liberadas por la raíz. Gracias a este intercambio, los microorganismos de la rizosfera se han convertido en el blanco para desarrollar nuevas herramientas que conduzcan a una agricultura sostenible. Hoy en día se aplican mezclas de microorganismos a los cultivos que refuerzan las funciones naturales de los que ya existen en la rizosfera. Sin embargo, su eficacia suele ser limitada ya que los microorganismos rizosféricos nativos no siempre permiten que otros se integren fácilmente a ellos. En este artículo te contamos algunas estrategias para mejorar la composición y el funcionamiento de los microbiomas rizosféricos con el fin de aumentar la productividad agrícola, desde el uso de microorganismos aislados directamente de la rizosfera hasta el diseño de mezclas microbianas guiado por el concepto del fitobioma. No cabe duda que la ciencia busca aprovechar ese universo microbiano oculto para lograr una agricultura más eficiente y ambientalmente amigable.

Los microorganismos (bacterias, hongos, virus, etc.) están en todas partes. Según el lugar donde se encuentren, pueden realizar funciones muy importantes. Por ejemplo, los intestinos humanos están poblados de microorganismos que influyen en nuestra nutrición, salud y estado de ánimo (1). De manera similar, la rizosfera alberga comunidades microbianas que influyen en el desarrollo, crecimiento y productividad de las plantas (2). Así como se ha hecho para los microbiomas intestinales, también para los microbiomas rizosféricos se pueden desarrollar estrategias que modifiquen su composición y función en beneficio de una agricultura más amigable con el medio ambiente que reduzca el uso de agroquímicos.

¿Qué es la rizosfera?

La rizosfera es la capa de suelo íntimamente asociada a la raíz donde ésta y los microorganismos que la habitan interactúan y se estimulan recíprocamente (Figura 1). Allí, las raíces depositan exudados ricos en azúcares, aminoácidos, ácidos orgánicos, enzimas, hormonas y otras moléculas que atraen y enriquecen microorganismos de manera muy específica. A cambio, esos microorganismos expanden las capacidades codificadas en el genoma de la planta: potencian su inmunidad, la proveen de sustancias que mejoran su capacidad de adquisición de nutrientes, y le proporcionan los medios para aumentar su tolerancia a la sequía o la salinidad del suelo. La composición de los exudados radiculares puede cambiar según los estímulos ambientales que percibe la planta. En respuesta, la composición de las comunidades microbianas de la rizosfera también se modifica, lo que a su vez influye en las sustancias que producen y que estimulan y protegen a la planta. Esto crea un círculo benéfico que ayuda a la planta a adaptarse al ambiente aprovechando el apoyo que le dan los microorganismos con los que convive.

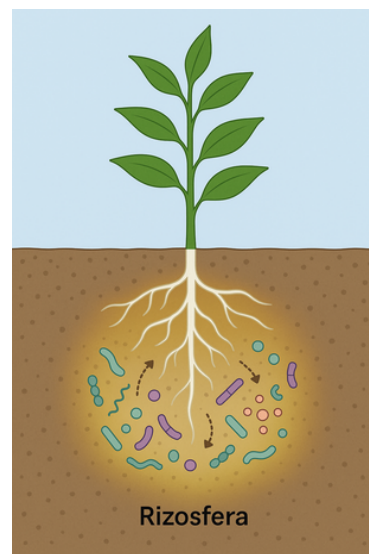


Figura 1. La rizosfera es la zona del suelo donde se hacen sentir los efectos de los exudados que libera la raíz. Estos son ricos en sustancias que atraen y seleccionan microorganismos (bacterias, hongos, virus, etc.) que le proporcionan servicios a la planta, influyendo en su desarrollo, crecimiento y salud.

¿Y cómo la rizosfera nos puede llevar a una nueva agricultura ambientalmente amigable?



Como las comunidades microbianas de la rizosfera están relacionadas con la salud y productividad de los cultivos, a las raíces de éstos se les pueden aplicar extractos vegetales y de algas, o microorganismos vivos que estimulen las actividades naturales de la rizosfera (bioestimulantes), o que directamente aumenten la disponibilidad de nutrientes para la planta (biofertilizantes). Se aspira a que estos bioinoculantes disminuyan e, idealmente, sustituyan el uso de agroquímicos sin comprometer la productividad necesaria para satisfacer la demanda de alimentos de la aún creciente población humana.

Aunque numerosos bioestimulantes y biofertilizantes ya están disponibles en el mercado, su efectividad aún no es suficiente para sustituir los agroquímicos desarrollados durante la Revolución Verde². La introducción de microorganismos en la rizosfera con características útiles para la agricultura (como los que vuelven accesible el nitrógeno de la atmósfera, los que estimulan el crecimiento, o los que combaten patógenos), es un reto mayor debido a la resistencia que los microorganismos rizosféricos nativos oponen a su integración, algo semejante a lo que ocurre cuando alguien se quiere integrar a un grupo de amigos ya establecido. Además, las propiedades agronómicas que esos microorganismos exógenos muestran en estudios de laboratorio pueden inhibirse o hasta anularse al ser incorporados e interactuar con la comunidad microbiana de la rizosfera, lo que explicaría la efectividad limitada de los bioestimulantes y biofertilizantes actualmente disponibles (3).

Para resolver los problemas anteriores, los microorganismos benéficos utilizados en bioestimulantes y biofertilizantes se han aislado del mismo suelo, o suelos semejantes, donde se cultiva la planta destino para facilitar su incorporación, adaptación y funcionalidad en la rizosfera. Otra opción interesante es el aislamiento de microorganismos de la rizosfera de plantas cuyo entorno natural ha forzado a la selección de un microbioma con propiedades agronómicamente interesantes, como las de las plantas del desierto (con microorganismos que ayudan a tolerar la sequía) o las que crecen en suelos pobres en nutrientes (con microorganismos que vuelven disponible para la planta el nitrógeno atmosférico o el fósforo del suelo) (4), que posteriormente se pueden incorporar en la formulación de bioestimulantes y biofertilizantes. A pesar de que estos microorganismos estarían en mejores condiciones para incorporarse y ser funcionales en la rizosfera de un cultivo destino, su buen desempeño no está completamente garantizado.



El fitobioma: una nueva manera de ver los sistemas agrícolas

Desarrollar bioestimulantes y biofertilizantes eficientes para desplazar a los agroquímicos requiere que conozcamos y seamos capaces de modificar la compleja red de interacciones que se establecen entre los microorganismos de la rizosfera, y de éstos con la planta. Además de la pareja microbioma rizosférico-planta, también existe el microbioma de la filosfera³ que interactúa con la planta. Todos ellos son influenciados por el clima, el suelo, animales y otras plantas vecinas. Esa compleja red de interacciones recientemente fue englobada dentro del concepto de fitobioma (5). Las interacciones de cada elemento del fitobioma con la planta, así como las que se dan entre ellos, determinan la productividad del cultivo (Figura 2). Estas interacciones se pueden medir y, a partir de esas mediciones, es posible pronosticar el efecto de la modificación de uno de los componentes del sistema en la productividad de un cultivo. Aplicando esta estrategia seríamos capaces de predecir el comportamiento y funcionalidad del microbioma rizosférico cuando se le suprime o agrega un miembro. Con esto, y considerando el contexto edafológico⁴ y climatológico, se podrían diseñar bioestimulantes y biofertilizantes más efectivos que nos conduzcan a una agricultura sostenible.

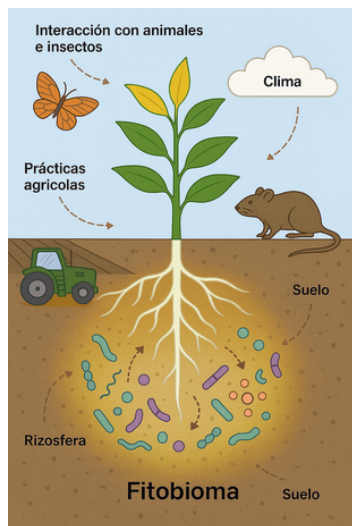


Figura 2. El fitobioma es un concepto recientemente acuñado que considera a los sistemas agrícolas como un todo integral donde el cultivo está en el centro. El cultivo dentro del fitobioma interactúa con el clima y el suelo, con los microorganismos de la rizosfera y de la filosfera, los animales y otras plantas, y con las prácticas agrícolas. Esta compleja red de interacciones es cuantificable y se pueden hacer pronósticos del comportamiento del sistema cuando uno de sus elementos cambia. Este marco conceptual y metodológico hará posible el desarrollo de bioestimulantes y biofertilizantes más eficientes.

Conclusión

La rizosfera es un nicho ecológico complejo donde interaccionan las raíces de las plantas y los microorganismos que la habitan. Las raíces y los microorganismos de la rizosfera se benefician unos a otros; la planta controla la composición y función del microbioma rizosférico a través de sus exudados radicales, mientras que el microbioma rizosférico provee a la planta compuestos que influyen en su desarrollo, crecimiento, salud y productividad. El desarrollo de bioestimulantes y biofertilizantes que modifiquen eficientemente la composición y función de los microbiomas rizosféricos de los cultivos es crucial para generar una nueva agricultura que elimine el uso de agroquímicos que tanto dañan el medio ambiente. El concepto del fitobioma es la estrategia que puede hacer realidad bioestimulantes y biofertilizantes más eficientes.

Agradecimientos

Este trabajo de divulgación fue posible gracias al apoyo del Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Jalisco (COECYTJAL) a través del proyecto FODECIJAL 11156-2024.

Referencias Bibliográficas

1. Camacho-Padilla LG, Zepeda-Morales ASM, Varela-Navarro E, López-Roa RI. (2025). El eje intestino-microbiota-cerebro: un vínculo clave en la salud. Traslación: moviendo ciencia, 1(4):17-21. <https://doi.org/10.32870/rtmc.v1i4.42>
 2. York LM, Carminati A, Mooney SJ, Ritz K, Bennett MJ. (2016). The holistic rhizosphere: integration zones, processes, and semantics in the soil influenced by roots. Journal of Experimental Botany, 67(12): 3629-3643. <https://doi.org/10.1093/jxb/erw108>
 3. Malusa E, Berg G, Biere A, Bohr A, Canfora L, Jungblut AD, Kepka W, Kienzle J, Kusstatscher P, Masquelier S, Pugliese M, Ratzinger J, Tommasini MG, Vassilev N, Meyling NV, Xu X, Mocali S. (2021). A holistic approach for enhancing the efficacy of soil microbial inoculants in agriculture: from lab to field scale. Global Journal of Agricultural Innovation, Research & Development, 8:176-190. <https://doi.org/10.15377/2409-9813.2021.08.14>
 4. Baeza-Magaña DM. (2025). Estrategias para mitigar el estrés hídrico: trasplante, enriquecimiento y selección *in vivo* de la microbiota rizosférica de *Opuntia robusta* en *Tagetes patula*. Tesis de Maestría. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco. Zapopan, 127 pp.
 5. Ramírez-Pelayo AS, Ramírez-Hernández A, Verdín J (2024). La modulación del fitobioma: cómo hacer florecer el desierto sin ocasionar un desastre ecológico. En: Recursos naturales de las zonas áridas. Diversidad, aprovechamiento, salud y alimentación. Ed. J. Flores-Rivas, M.G. Guzmán-Chávez, A.F. González-Córdova-Trujillo-Silva. COLSAN, IPICYT, CIAD, CIQA, CIBNOR, CIATEJ, 707 pp. https://ciatej.mx/files/divulgacion/divulgacion_67ca15ea6c1d8.pdf
- , N. Martínez-Tagüña, O. Mounzer, A. Escobedo-Moratilla, A. Muñiz-Ramírez y J.

1Microbioma, es el conjunto de los microorganismos, incluidos sus genes, funciones y relaciones que establecen entre ellos y con el ambiente, que habitan un lugar definido.

2Revolución Verde, fue el paquete tecnológico que introdujo la mecanización de procesos (tractores, sembradoras, sistemas de irrigación), el uso de agroquímicos (fertilizantes y plaguicidas) y nuevas variedades vegetales mejoradas en la agricultura, lo que condujo a un aumento espectacular en la productividad agrícola durante la segunda mitad del siglo XX.

3Filosfera, es el nicho ecológico formado por la superficie de los tallos, hojas y flores de las plantas.

4Edafológico, relativo al suelo y su estudio en relación con las plantas y el medio ambiente.