



CONEXIÓN AGROECOLÓGICA

Agroecología, medioambiente y sostenibilidad



Foto: Yexenia J. Cárdenas Youngs

LA BIOTECNOLOGÍA Y SU APLICACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE BIOFERTILIZANTES

RESEÑA DE ANTECEDENTES >>>

Por Ing. Max Donoso

En las últimas décadas, el sector agropecuario ha estado en la búsqueda de nuevas alternativas que le permitan una menor inversión económica y un mayor rendimiento en la producción de los cultivos, ya que el constante incremento de la población ha provocado una demanda creciente de alimentos, por lo que se ha requerido fertilizar cada vez más los suelos utilizados para la agricultura. El auge en el uso de los fertilizantes sintéticos en la época de la Segunda Guerra Mundial, la llamada famosa "revolución verde" fue alta debido que producirlos tenía un bajo costo, lo que ocasionó que la producción agrícola fuese un éxito.

Hoy día todo ha ido evolucionando; los energéticos para producir fertilizantes ya no son baratos y el precio de los agroquímicos tiende a ser cada vez mayor, lo que representa una gran desventaja. Aunado a ello, cobra una importancia cada vez mayor lo perjudicial que se torna su mala aplicación, pues su uso indiscriminado y su mal manejo han provocado efectos contaminantes al ambiente, ya que es sabido que las plantas sólo aprovechan menos de una tercera parte del fertilizante que se pone a su disposición, perdiéndose el resto por diferentes efectos (lixiviación, evaporación, escorrentía, etc).

Es por ello el papel que está jugando la biotecnología aplicada en el desarrollo de producir "biofertilizantes" denominado así a microorganismos benéficos (hongos, bacterias) principalmente en su aplicación en la agricultura.

Empecemos definiendo ¿qué es la Biotecnología?

Biotecnología (del griego βίος bíos, 'vida', τέχνη téchne, 'destreza' y -λογία -loguía, 'tratado, estudio, ciencia') es una amplia rama interdisciplinaria de las ciencias biológicas que consiste en toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) la define como la «*aplicación de principios de las matemáticas y la ingeniería para tratamientos de materiales orgánicos e inorgánicos por sistemas biológicos para producir bienes y servicios*».

Contribuyen a su desarrollo: la biología, ingeniería, física, química y biomedicina

Campos de aplicación: farmacología, medicina, bromatología, bioremediación, industria, ganadería y agricultura, entre otras.

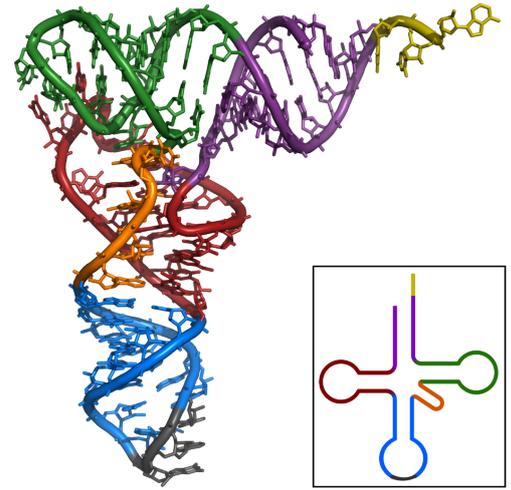


Imagen modificada de "TRNA-Phe yeast", por Yikrazuul (CC BY-SA 3.0). La imagen modificada se encuentra bajo una licencia [CC BY-SA 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/).

¿Qué son los biofertilizantes?

Los biofertilizantes son productos que contienen microorganismos vivos que, al ser aplicados al suelo o a las plantas, promueven el crecimiento de las plantas al aumentar la disponibilidad de nutrientes.

Estos microorganismos pueden incluir bacterias, hongos y otros organismos que ayudan a mejorar la fertilidad del suelo, promover la absorción de nutrientes y proteger a las plantas de enfermedades.

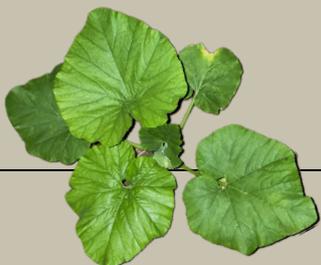
Los biofertilizantes son una alternativa más sostenible a los fertilizantes sintéticos, ya que pueden mejorar la salud del suelo y reducir la dependencia de productos químicos sintéticos. Además, contribuyen a la sostenibilidad agrícola al mejorar la microbiota del suelo y la biodiversidad del ecosistema.

Sus funciones

- Fijadores de nitrógeno del medio ambiente para la alimentación de la planta.
- Protectores de la planta ante microorganismos patógenos del suelo.
- Estimulan el crecimiento del sistema radicular de la planta.
- Mejoradores y regeneradores del Suelo.
- Incrementan la solubilización y la absorción de nutrientes, como el fósforo, que de otra forma no son asimilables por la planta.
- Aumentan la biodiversidad del suelo al introducir y mantener las poblaciones de microorganismos beneficiosos.

Ventajas

- Un menor costo, ya que el costo de Biofertilizar representa aproximadamente un 10% del costo equivalente con los fertilizantes sintéticos.
- Menor costo de distribución y aplicación.
- Mejoramiento de la biología del suelo vs. la salinidad del suelo que provocan lo fertilizantes sintéticos.



Fijación biológica de nitrógeno

La fijación biológica de nitrógeno es un proceso natural mediante el cual ciertos microorganismos convierten el nitrógeno atmosférico (N_2), que es inerte y no utilizable por las plantas, en formas de nitrógeno que las plantas pueden absorber y utilizar, como el amoníaco (NH_3) o nitratos (NO_3^-). Este proceso es llevado a cabo principalmente por bacterias fijadoras de nitrógeno, que pueden ser libres en el suelo o vivir en simbiosis con las raíces de algunas plantas, especialmente leguminosas (como frijoles, lentejas y guisantes). En esta simbiosis, las bacterias proporcionan nitrógeno a la planta a cambio de carbohidratos y un ambiente adecuado para su crecimiento. La fijación biológica de nitrógeno es crucial para la fertilidad del suelo y la producción agrícola, ya que el nitrógeno es un nutriente esencial para el crecimiento de las plantas. Este proceso reduce la necesidad de fertilizantes nitrogenados sintéticos, contribuyendo a prácticas agrícolas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente.



Canavalia
Foto: Anovel Barba

Microorganismos benéficos

Los microorganismos beneficiosos son fundamentales para mantener la salud del suelo, mejorar la fertilidad y promover el crecimiento de las plantas, lo que resulta en prácticas agrícolas más sostenibles y productivas.

Algunos de ellos son:

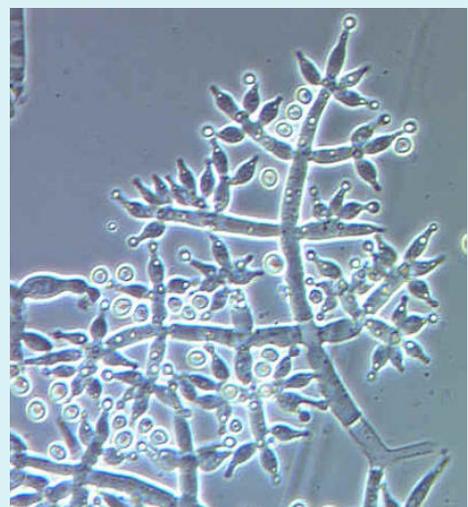
Psuedomonas: colonizan las raíces de las plantas compitiendo con los patógenos por nutrientes y espacio lo que ayuda a la planta a defenderse. Contribuye a la formación de sideróforos que son importantes para la absorción del hierro.

Rhizobium: ayuda a la fijación de nitrógeno atmosférico para la planta.

Bacillus: ayuda al control de patógenos de las plantas actuando como biobactericida o biofungicida. Además, es utilizado como biopesticida.

Mycorrhizae: aumenta la superficie de absorción de las raíces. También, ayuda a la planta a protegerse de los patógenos del suelo.

Trichoderma: estimula el sistema inmunológico de las plantas. Promueve la producción de fitoalexinas, mejora la absorción de nutrientes y mejora la respuesta de la planta al estrés biótico y abiótico. Actúa contra patógenos como *Fusarium* y *Rhizoctonia*.



Trichoderma harzianum

Bacteria *Azospirillum brasilense*

Este tipo de bacterias viven de forma natural en el suelo cercado a las raíces de las plantas, desde donde establecen una relación de mutuo beneficio (simbiosis) con las raíces. En esta relación las plantas alimentan a la bacteria mediante azúcares producidos por medio de la fotosíntesis y a cambio las bacterias toman nitrógeno que se encuentra en abundancia en el aire y lo transforman en amonio, nitratos y nitritos, los cuales depositan en el suelo para que lo puedan aprovechar las plantas a través de sus raíces.



Cultivo de sorgo.
Foto: Yexenia I. Cárdenas Youngs.

A su vez, las bacterias producen hormonas que estimulan el desarrollo de las plantas y compiten contra otras bacterias capaces de producir enfermedades en las raíces (bacterias patógenas), disminuyendo el efecto negativo que tienen las bacterias nocivas sobre la salud de la planta. De esta forma al mejorar la nutrición de la planta, estimular su desarrollo y aumentar su resistencia a enfermedades bacterianas, la asociación con *Azospirillum brasilense* eleva sustancialmente la productividad, calidad y apariencia de nuestros cultivos.



Azospirillum brasilense

Bacteria *Rhizobium etli*

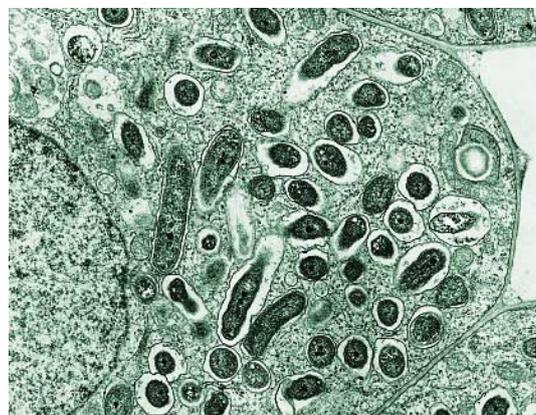
La *Rhizobium etli* pertenece a un grupo de bacterias fijadoras de nitrógeno denominadas colectivamente rizobio.

Estas bacterias viven en endosimbiosis con algunas plantas (como las leguminosas) en la raíz donde establecen los nódulos radiculares; fijan el nitrógeno atmosférico en forma de amoníaco, lo que actúa como fertilizante natural para las plantas. Al morir la planta, las bacterias son liberadas al suelo, en donde pueden volver a infectar otra planta o vivir en forma independiente.

El *Rhizobium etli* se puede utilizar para: Promover el crecimiento de las plantas, controlar hongos fitopatógenos, reducir el uso de fertilizantes sintéticos.

Para inocular las semillas con *Rhizobium*, se puede aplicar el inóculo directamente a la semilla antes de la siembra.

Además de fijar nitrógeno, algunas especies de *Rhizobium* también son capaces de solubilizar fosfatos, lo que mejora aún más la disponibilidad de nutrientes para las plantas.



Corte transversal del nódulo que contiene *Rhizobium*

Hongos Micorrízicos

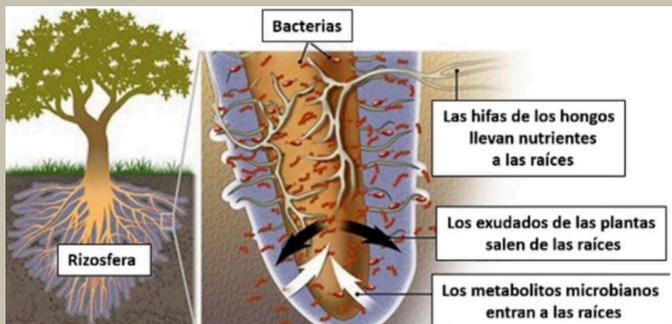
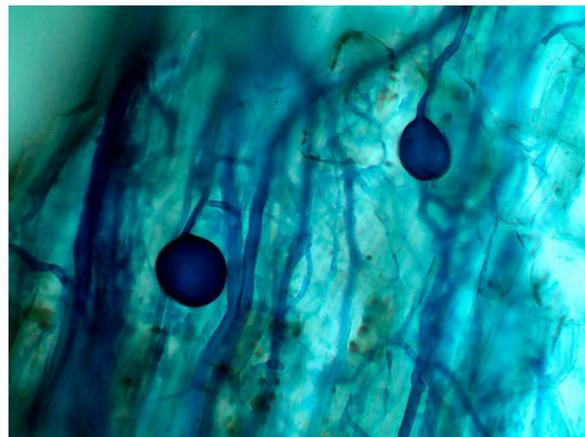


Imagen: Blogdefagro.com

Los **hongos micorrízicos** son un grupo de hongos que forman asociaciones simbióticas con las raíces de la mayoría de las plantas terrestres. Esta relación se conoce como micorriza, y es fundamental para la salud y el crecimiento de las plantas.

Funciones y beneficios de las micorrizas:

- **Aumento de la absorción de nutrientes:** Los hongos micorrízicos extienden el sistema radicular de las plantas, aumentando la superficie de absorción y facilitando la obtención de nutrientes, especialmente fósforo, nitrógeno y otros minerales.
- **Mejora de la salud del suelo:** Contribuyen a la estructura del suelo, mejorando la aireación y la retención de agua.
- **Resistencia al estrés:** Ayudan a las plantas a resistir condiciones adversas, como sequías, salinidad y enfermedades, al mejorar su salud general.
- **Ciclo de nutrientes:** Participan en el ciclo de nutrientes del suelo, ayudando a descomponer la materia orgánica y reciclar nutrientes.



Micorrizas

Hongos Trichoderma

Es un hongo habitante natural del suelo, caracterizado por un comportamiento saprófito o parásito. Entre las especies más destacadas están *T. harzianum*, *T. viride*, *T. koningii*, y *T. hamatum*.

El éxito de las cepas de Trichoderma como agentes de control biológico se debe a su alta capacidad reproductiva, habilidad para sobrevivir bajo condiciones ambientales desfavorables, eficiencia en la utilización de nutrientes, capacidad para modificar la rizósfera, fuerte agresividad contra hongos fitopatógenos y eficiencia en promoción del crecimiento en plantas e inducción de mecanismos de defensa.

Las diferentes especies se caracterizan por tener un crecimiento micelial rápido y una abundante producción de esporas, que ayuda a la colonización de diversos sustratos y del suelo.

Resumen

El uso de biofertilizantes son una nueva alternativa para una producción rentable y sustentable en beneficio de los productores y el medio ambiente, y así poder potencializar sus cosechas, disminuir sus costos de producción hasta un 50% de la dependencia de fertilizantes sintéticos; todo esto aunado en beneficio de mejorar la calidad de los suelos y a su vez disminuir sustancialmente la dependencia de fertilizantes sintéticos.

Fotos comparativas de producción convencional vs. biofertilizantes



Fotos: Max Donoso



Ing. Max Donoso

Ing. en Sistemas Informáticos

Post grado en alta gerencia, Maestría en dirección empresarial, Asesor agropecuario, Director del programa radial Mundo Agropecuario Panamá Gerente de Panamá Fruits Export S.A.

Miembro fundador CIAPCP AIP

Infografía:

Velasco-Jiménez, Antonio, Castellanos-Hernández, Osvaldo, Acevedo-Hernández, Gustavo, Aarland, Rayn Clarenc, & Rodríguez-Sahagún, Araceli. (2020). Bacterias rizosféricas con beneficios potenciales en la agricultura. *Terra Latinoamericana*, 38(2), 333-345. Epub 20 de junio de 2020. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.470> https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16680_-_Producto_5.pdf <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/trichoderma-control-de-hongos-fitopatogenos> <https://www.lidaplantsearch.com/biofertilizantes/biofertilizantes-tipos-funciones/#> <https://nostoc.es/beneficios-microorganismos-agricultura/#>



Editor y creativo: Dra. Yexenia Cárdenas Youngs.