

**BACTERIAS PROMOTORAS DEL CRECIMIENTO VEGETAL Y SU USO EN LA  
AGRICULTURA**

**PROMOTER BACTERIA OF VEGETABLE GROWTH AND ITS USE IN  
AGRICULTURE**

Ing. Candy Luis Prieto Hernández<sup>1</sup>, (0000-0003-0109-0274), Universidad de Matanzas,

[candy.prieto@umcc.cu](mailto:candy.prieto@umcc.cu)

**Resumen**

El presente trabajo se desarrolló con el objetivo exponer la importancia de las bacterias promotoras del crecimiento y su uso en la agricultura, y así lograr una sustentabilidad agrícola a largo plazo, sustituyendo los fertilizantes químicos por los biológicos, ya que las bacterias pueden aprovechar directamente el nitrógeno del aire, originando compuestos absorbibles y susceptibles de incorporarse a la composición del suelo o de los seres vivos. Dicha fijación de nitrógeno se realiza en los nódulos radiculares, gracias a la catálisis del complejo enzimático nitrogenasa. En la actualidad existen diferentes tratamientos para lograr la biofertilización: 1. La inoculación de leguminosas con bacteria endosimbióticas fijadoras de nitrógeno atmosférico; estos son microorganismos del género, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, etc. que efectúan una asociación simbiótica con la planta, mediante la formación de nódulos; 2. La inoculación de gramíneas con bacteria diazotrofas fijadoras de nitrógeno atmosférico; estos microorganismos del género *Azospirillum*, *Azotobacter*, etc., no forman una asociación simbiótica, sino que su accionar, se produce alrededor del área de las raíces (rizósfera), produciendo sustancias promotoras del desarrollo radicular (fitohormonas).

**Palabras claves:** bacterias fijadoras de nitrógeno; nódulos radiculares; simbiosis.

---



Monografías 2021

Universidad de Matanzas © 2021

ISBN: 978 - 959 - 16 - 4681 - 16

## **Abstract**

The present work was developed with the objective of exposing the importance of growth-promoting bacteria and their use in agriculture, and thus achieve long-term agricultural sustainability, replacing chemical fertilizers with biological ones, since bacteria can directly take advantage of the nitrogen from the air, causing absorbable compounds that can be incorporated into the composition of the soil or living beings. This nitrogen fixation is carried out in the root nodules, thanks to the catalysis of the enzymatic nitrogenase complex. At present there are different treatments to achieve biofertilization: 1. Inoculation of legumes with endosymbiotic bacteria that fixes atmospheric nitrogen; these are microorganisms of the genus, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, etc. that make a symbiotic association with the plant, through the formation of nodules; 2. Inoculation of grasses with atmospheric nitrogen fixing diazotrophic bacteria; these microorganisms of the genus *Azospirillum*, *Azotobacter*, etc., do not form a symbiotic association, but rather their action occurs around the area of the roots (rhizosphere), producing substances that promote root development (phytohormones).

**Keywords:** *nitrogen-fixing bacteria; root nodules; symbiosis*

---



*Monografías 2021*

*Universidad de Matanzas © 2021*

*ISBN: 978 - 959 - 16 - 4681 - 16*

La sustentabilidad de los sistemas agrícolas a largo plazo debe fomentar el uso y manejo efectivo de los recursos internos de los agroecosistemas. Entre estos recursos, la biota del suelo realiza una serie de funciones que son esenciales para la integridad y productividad de los sistemas agrícolas, por lo cual constituye una fracción primordial de la biodiversidad terrestre al contribuir a la descomposición de la materia orgánica, el reciclaje de los nutrientes, a la modificación de la estructura del suelo, a la regulación de la composición atmosférica, al control biológico de plagas y enfermedades. Por lo que los biofertilizantes y bioestimuladores representan un componente vital en los sistemas sustentables, ya que contribuye un medio económico atractivo y ecológicamente aceptable para reducir insumos externos, así como mejorar la cantidad y calidad de los recursos internos mediante la utilización de microorganismos, capaces de aportar a los cultivos nitrógeno fijado de la atmósfera, fósforo, potasio y sustancias activas que al interactuar con la planta, desencadenan una mejor activación del metabolismo vegetal (Altieri y Hecht, 1990).

La implementación de biofertilizantes en los sistemas de producción agrícola trae grandes beneficios sin ejercer un impacto perjudicial sobre el ambiente, ya que, además de promover el desarrollo vegetal, los fertilizantes naturales son considerados una herramienta biotecnológica que genera beneficios tangibles, son amigables con el ambiente, y por ser socioeconómico y culturalmente aceptables, contribuyen al desarrollo sustentable (Aguilar, 2015).

Según Hernández (2018), el empleo de biofertilizantes en Cuba se remonta a los inicios del siglo XX, con la inoculación de *Rhizobium* de cepas provenientes de Estados Unidos de América para el cultivo de leguminosas en la entonces Estación Central Agronómica de Cuba, actual Instituto Nacional de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical (INIFAT), donde se abordó ampliamente la historia del surgimiento de la aplicación de biofertilizantes en Cuba.

A partir de la etapa del periodo especial y como consecuencia de la situación económica, se aceleró en el país la producción de estos biopreparados, sin embargo los resultados de la ciencia y la innovación sobre biofertilizantes no son ampliamente aplicados por los productores agropecuarios en Cuba, por lo que se crea el Programa Gubernamental de Biofertilizantes, Bioplaguicidas y Bioestimulantes, en función de incrementar la investigación, producción y disponibilidad de estos productos al servicio de una agricultura con bases sostenibles, a través de las capacidades



acumuladas en el país desde el surgimiento y desarrollo de la red de producción de biofertilizantes y bioestimuladores, en los años 90 (González *et al.* 2016).

El concepto y la tecnología de los Microorganismos Efectivos (ME) fue desarrollado por el Profesor Dr. Teruo Higa, en la Universidad de Ryukyus, en Okinawa, Japón, el principio de esta tecnología es introducir un grupo de microorganismos benéficos, para mejorar la condición de los suelos, suprimir los microorganismos putrefactivos (inductores de enfermedades), y mejorar la eficacia en la utilización de la materia orgánica en los suelos (Salgado, 2007).

Piedrabuena (2003) indica que los Microorganismos Eficientes son una combinación de microorganismos beneficiosos de cuatro géneros principales: bacterias fototróficas, levaduras, bacterias productoras de ácido láctico y hongos de fermentación. En tal sentido, Madera *et al.* (2009) señalan que los ME contienen especies seleccionadas de microorganismos incluyendo poblaciones predominantes de bacterias ácido lácticas, levaduras y en menor número bacterias fotosintéticas, actinomicetos y otros tipos de organismos, todos ellos mutuamente compatibles unos con otros y coexistiendo en una cultura líquida.

Según Hurtado (2001), los microorganismos eficientes actúan de manera que toman sustancias generadas por otros organismos basando en ello su funcionamiento y desarrollo. Las raíces de las plantas secretan sustancias que son utilizadas por los microorganismos eficientes para crecer, sintetizando aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas, hormonas y otras sustancias bioactivas.

La fijación biológica del nitrógeno atmosférico por bacterias diazotróficas, es el segundo proceso más importante después de la fotosíntesis que se realiza en la naturaleza, por lo que en la ausencia de fertilizantes nitrogenados o residuos de animales, la dinámica de los agroecosistemas depende completamente de un grupo de microorganismos que tienen la habilidad para reducir el nitrógeno atmosférico a amonio, a través de la síntesis de un complejo enzimático denominado nitrogenasa (García y Gallardo, 2017). Este nitrógeno orgánico es convertido a diferentes formas químicas, las cuales pueden ser utilizadas por las plantas y por los mismos microorganismos para suplir total o parcialmente sus requerimientos de síntesis de proteínas y otros compuestos orgánicos. Este proceso de conversión de nitrógeno atmosférico se debe a que estos microorganismos tienen la capacidad de sintetizar un complejo enzimático denominado nitrogenasa (Pérez *et al.* 2014).



Pilatuña (2018), señala que de acuerdo la relación que presenten estos microorganismos con las plantas pueden clasificarse en: fijadores de vida libre, asociados, y simbióticos con diferentes requerimientos ambientales, como: temperatura, pH y humedad, así mismo el tipo de respiración, siendo aeróbicas o anaeróbicas facultativas u obligadas, además según la fuente de carbono en autótrofas o heterótrofas, todas estas tienen la capacidad de reducir el nitrógeno atmosférico. También señala que los géneros más estudiados de bacterias fijadoras de N de vida libre son *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Beijerinckia* y *Klebsiella*. Estas bacterias favorecen el desarrollo de la zona radicular por su producción adicional de fitohormonas como: auxinas, citoquininas y giberelinas.

Farinango (2018), manifiesta que las bacterias fijadoras de nitrógeno pueden dividirse en dos grupos: a) las de vida libre, como por ejemplo las pertenecientes a los géneros *Azospirillum*, *Beijerinckia*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Mycobacterium*, *Pseudomonas*, etc. y b) las que fijan nitrógeno a partir del establecimiento de una simbiosis con las plantas actinorrhizas las que pertenecen al género *Frankia* y leguminosas las cuales se asocian con géneros *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Azorhizobium*, *AlloRhizobium*, *MesoRhizobium* y *SinoRhizobium*, que comúnmente se denominan "Rhizobium", por lo que presentan varias formas de vida; pueden comportarse como saprófitos en el suelo, establecer una asociación simbiótica y formar nódulos con las raíces y tallos de las leguminosas, donde tiene lugar la reducción del N<sub>2</sub> en amonio, el cual es transportado a la planta y convertido en biomoléculas esenciales, o bien estar presentes como endófito en raíces de diferentes especies vegetales, donde ejercen efectos promotores del crecimiento.

La formación del nódulo radicular es un proceso coordinado mediante una serie de etapas, que implican señalización por parte de la planta y por parte del microsimbionte. Una planta que demanda nitrógeno para satisfacer sus necesidades, va a pasar por una serie de fases o etapas. La primera etapa consiste en un proceso de reconocimiento celular por parte de la bacteria. La planta lanza señales, principalmente quimioattractantes, como son los flavonoides. La bacteria actúa como receptor de estas señales y busca puntos de invasión en la raíz de la planta emisora. La segunda etapa consiste en la infección de la planta, es decir, la bacteria penetra en la raíz de la planta y forma un tubo de infección; ésta avanza por el tubo de infección hasta llegar a la corteza de la raíz. La tercera y última etapa consiste en el establecimiento del simbiosoma (García y Gallardo, 2017).



Las bacterias asociativas con capacidad para solubilizar diferentes fuentes de fósforo, constituyen una alternativa con el fin de elaborar productos ecológicos que mejoren la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Esto permitiría un mejor aprovechamiento de los mismos por parte de la planta, lo que repercute en la obtención de mayores rendimientos y la conservación del medio ambiente (Almenares, 2020).

Los mecanismos de transformación del fósforo incluyen a las bacterias solubilizadoras de fosfatos que representan una alternativa al uso de fertilizantes químicos al aumentar la disponibilidad de este elemento en el suelo. Pueden solubilizar y mineralizar el fósforo desde fuentes inorgánicas y orgánicas del fósforo total del suelo, actuando como biofertilizantes (Pérez *et al.* 2014), este mismo autor plantea que la mineralización del fósforo orgánico es llevada a cabo por acción de fosfatasa, mientras que la producción de ácidos es el principal mecanismo por el cual las bacterias solubilizan fosfatos.

La productividad de los cultivos puede ser mejorada mediante la manipulación de los organismos rizosféricos que tienen la capacidad de sintetizar sustancias activas promotoras del crecimiento vegetal, además de que pueden modificar la fertilidad del suelo y facilitar el establecimiento de las plantas (Martínez y Dibut, 2012).

Las bacterias beneficiosas pueden ser también simbióticas o de vida libre y son abundantes en la cercanía de las raíces. A continuación, se resume el efecto de diferentes productos naturales a base de rizobacteria, sobre indicadores morfofisiológicos en cultivos de interés agrícola (Tabla 1).

Tabla 1. Efecto de microorganismos aislados de la rizosfera sobre el crecimiento de las plantas (Milián, 2018).

Especie	Microorganismo	Efecto
<i>Oryza sativa</i> L. (variedades Basmati-385 y KSK-282)	<i>Bacillus licheniformis</i> NCCP-59	Aumento del porcentaje de germinación
<i>Solanum lycopersicum</i> L.	<i>Bacillus megaterium</i>	Aumento en la longitud de la raíz y la parte aérea.
	<i>Pantoea sp.</i>	Solubilización de $Ca_3(PO_4)_2$ , aumento en la



		biomasa.
<i>Vicia faba</i> L.	<i>Pseudomonas sp.</i> y <i>Rhizobium sp.</i>	Solubilización de fosfatos, aumento en el porcentaje de germinación, índice de vigor, peso fresco y seco de raíz y parte aérea.
<i>Solanum lycopersicum</i> L.	<i>Pseudomonas sp.</i>	Producción de AIA, Cianuro de hidrógeno (HCN), solubilización de fosfatos, aumento del porcentaje de germinación y longitud de raíz y parte aérea de plántulas.
<i>Zea mays</i> L.	<i>Pseudomonas sp.</i> , <i>Serratia sp.</i> y <i>Bacillus sp.</i>	Producción de AIA, sideróforos, porcentaje de germinación, longitud de raíz y altura plántula.
<i>Cicer arietinum</i> L.	<i>Streptomyces sp.</i>	Número y peso de los nódulos, peso seco de raíz y tallo, número y peso de legumbre, rendimiento.
	<i>Pseudomonas fluorescens</i> , <i>Burkholderia sp.</i>	Aumento de la altura de la planta, número de hojas / planta, legumbre / planta, nódulos/planta, peso de 100 semillas.
<i>Cucumis sativus</i> L.	<i>Pseudomonas stutzeri</i> , <i>Bacillus subtilis</i> y <i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Actividad fungicida contra <i>Phytophthora sp.</i> , incremento de la germinación y vigor de las semillas.

Según Martínez y Dibut (2012) las cantidades sintetizadas pueden variar notablemente de acuerdo con las características del suelo, en dependencia de muchos factores bióticos y abióticos, por lo que recomienda no utilizar una sola cepa de un determinado microorganismo para aplicar en cualquier lugar, sino utilizar distintas cepas adaptadas a las diferentes características de los suelos y a las distintas especies vegetales.

Dentro de los bioestimuladores de obtenidos en Cuba se encuentra el FitoMas E, portador de aminoácidos, bases nitrogenadas, sacáridos, polisacáridos biológicamente activos y sales minerales, sustancias de gran importancia para el desarrollo vegetal (Brito, 2008). El DIMABAC por su parte es



considerado un biofertilizante, compuesto por las bacterias *Azotobacter chroococcum* y *Bacillus subtilis*. Estos bioproductos son capaces de sintetizar un grupo de sustancias biológicamente activas (auxinas, citoquininas, giberelinas, aminoácidos y vitaminas) que estimulan el desarrollo y rendimiento de los cultivos (Ruisánchez, 2015).

#### Referencias Bibliográficas

Aguilar, M. B. (2015). Selección de bacterias de vida libre eficientes en fijación biológica de nitrógeno como alternativa sustentable para ecosistemas terrestres. Tesis presentada en opción al título de Ingeniería Bioquímica. Universidad Técnica de Ambato.

Almenares, C. M., Pijeira, F. G., de la Fe, P. Y., Restrepo, F. G. M., y Hernández, R. A. (2020). Caracterización de bacterias diazotróficas solubilizadoras de fosfatos nativas de agroecosistemas arroceros cubanos. *Revista Cubana de Ciencias Biológicas*, 8 (1), 1-12.

Altieri, M. A., y Hecht, S. B. (1990). *Agroecology and small farm development*. Boca Raton, Fla.: CRC Press.

Brito, A. (2008). Influencia del bioestimulante FitoMas sobre la concentración y efecto de microorganismos rizosféricos de interés agrícola. In *XVI Congreso Científico Internacional del Instituto Nacional de Ciencias agrícolas*. (16: 2008 nov 24-28).

Farinango, L. F. C. (2018). Fijación de nitrógeno en nódulos de raíces de *Alnus nepalensis* D. Don en linderos a diferentes edades en la zona de Intag, Noroccidente del Ecuador. Tesis de Diploma en opción al título de Ingeniero Forestal. Universidad Técnica del Norte.

García, V. L., y Gallardo, A. (2017). El ciclo global del nitrógeno. Una visión para el ecólogo terrestre. *Revista Ecosistemas*, 26 (1), 4-6.

González, C. N. C., Ricardo, R. R., y Beltrán, B. J. R. (2016). La agricultura sostenible sobre bases agroecológicas, su impacto en la seguridad nacional cubana. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*, septiembre 2016.

Hernández, I. R. (2018). Efecto de la aplicación de microorganismos eficientes y FITOMAS-E® en crecimiento de cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L.) en condiciones de agricultura urbana. Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Matanzas.

Hurtado. (2001). Qué son microorganismos eficientes? Disponible en:





<http://es.answers.yahoo.com/question/index?qid=20080731132826aa6mqbr>

Madera, T. Millas, R. y Tabora, P. (2009). The beneficial microorganisms contained in EM produce plant hormones, may have been healthier because of the inoculation of beneficial microorganisms. Disponible en: [www.effective-microorganism-technology.com/page5.html](http://www.effective-microorganism-technology.com/page5.html)

Martínez, V. R. y Dibut, Á. B. (2012). *Biofertilizantes bacterianos*. La Habana: Científico-Técnica. (L. H. C.-T. Ed. La Habana: Científico-Técnica).

Milián, M. M. (2018). Efecto del producto natural IHPLUS® sobre la germinación de *Phaseolus vulgaris* L. cv. Tomeguín. Tesis de Diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Matanzas.

Pérez, C. A., Tuberquia, S. A. y Amell, J. D. (2014). Actividad in vitro de bacterias endófitas fijadoras de nitrógeno y solubilizadoras de fosfatos. *Agronomía Mesoamericana*, 25 (2), 214-223

Piedrabuena. (2003). ¿Microorganismos eficientes: que son? Disponible en: <http://es.answers.yahoo.com/question/index?qid>

Pilatuña, Q. F. (2018). Aislamiento de bacterias fijadoras de nitrógeno y bioestimuladoras del crecimiento vegetal con potencial en la producción de biofertilizantes. Tesis de Diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica de Ambato.

Ruisánchez, O. Y. (2015). Evaluación de los bioproductos FitoMas E y DIM ABAC en la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en dos fincas de pequeños campesinos en Cuba. Paper presented at the V Congreso Latinoamericano de Agroecología-SOCLA (7 al 9 de octubre de 2015, La Plata).

Salgado, D. 2007. Tecnologías para la utilización de los EM en la producción ganadera, Ecotecnologías. *Venezuela*, 4-9.

