

# OBTENCIÓN Y MANEJO DE BIOFERTILIZANTES COMO INSUMOS INDISPENSABLES DE LA AGRICULTURA SOSTENIBLE<sup>1</sup>

En el suelo existe una notable población microbiana, dentro de la que se encuentran los microorganismos benéficos, caracterizados por realizar funciones como la fijación del nitrógeno atmosférico, la solubilización del fósforo insoluble presente en el suelo, la antibiosis y la estimulación del crecimiento y desarrollo vegetal, entre otras; todas ellas de suma importancia para el normal establecimiento y aumento de la productividad de especies cultivables de importancia económica.

Estos microorganismos, fundamentalmente bacterias, hongos filamentosos, actinomicetos y hongos micorrizógenos arbusculares se encuentran normalmente distribuidos en el suelo, pero en poblaciones insuficientes (entre 10<sup>3</sup> -10<sup>4</sup> células por gramo de suelo) como para provocar el efecto benéfico deseado sobre las plantas; de aquí la importancia de aumentar el número poblacional de éstos (entre 10<sup>6</sup> - 10<sup>8</sup> células por gramo de suelo) en función de potenciar su efecto, dando lugar como actividad resultante a la elaboración de biofertilizantes y bioestimuladores del crecimiento y desarrollo vegetal.

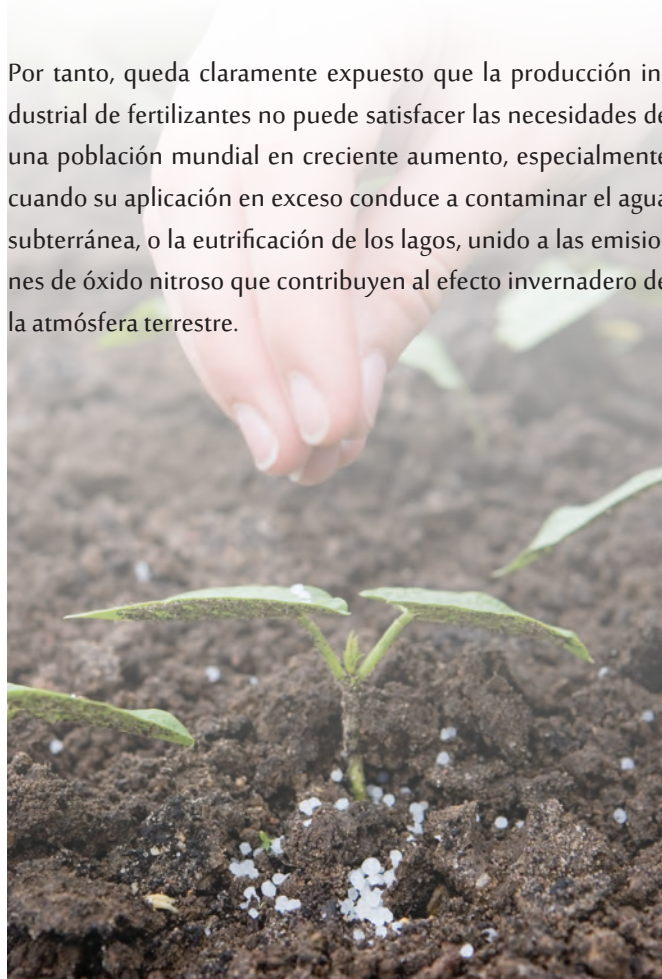
Por otra parte, la sustentabilidad de los sistemas agrícolas a largo plazo debe fomentar el uso y manejo efectivo de los recursos internos de los agroecosistemas. En este sentido, los biofertilizantes son un componente vital de los sistemas sustentables, ya que constituyen un medio económicamente atractivo y ecológicamente aceptable de reducir los insumos externos y de mejorar la cantidad y calidad de los recursos internos.

Además, desde el punto de vista de sostenibilidad, el incremento del uso de los fertilizantes ha estado acompañado por un aumento exponencial en el consumo de formas no renovables de energía, las cuales se han convertido en un factor limitante para

lograr aumentos de los rendimientos agrícolas. Así, se necesitan aproximadamente 1.3 toneladas (t) de combustible para fijar 1 litro de nitrógeno atmosférico con alta presión y temperatura (por el proceso industrial de Haber- Bosch) con el objetivo de obtener fertilizantes químicos nitrogenados.

De aquí que los 77 millones de toneladas que se aplican en el mundo como fertilizante nitrogenado requieren anualmente 100 millones de toneladas de combustible, lo que corresponde al 1.4 por ciento de todo el combustible consumido y resulta totalmente insostenible. Esta insostenibilidad se acrecienta si se toma en cuenta que para el año 2020 se requieren 160 millones de toneladas de fertilizante nitrogenado para la producción de cereales.

Por tanto, queda claramente expuesto que la producción industrial de fertilizantes no puede satisfacer las necesidades de una población mundial en creciente aumento, especialmente cuando su aplicación en exceso conduce a contaminar el agua subterránea, o la eutrofización de los lagos, unido a las emisiones de óxido nitroso que contribuyen al efecto invernadero de la atmósfera terrestre.



<sup>1</sup> Texto tomado de Bernardo Dibut Alvarez y Rafael Martínez Viera. "Obtención y manejo de Biofertilizantes como insumos indispensables de la agricultura sostenible", en Memoria Agricultura Orgánica, Fundación Produce Sinaloa, 2006.

Para ello, se hace imprescindible adoptar una estrategia de suministro de nutrientes a los cultivos, integrando una inteligente combinación de fertilizantes orgánicos, humus de lombriz y biofertilizantes; todo ello dentro del marco de la sustentabilidad, que hoy se presenta como la tendencia surgida en contraposición a la Revolución Verde, para reducir los daños causados al ambiente y a la salud del hombre y los animales por los métodos irracionales que se han empleado en las últimas décadas.

Situación también alarmante presentan un porcentaje muy elevado de los suelos cultivables en el mundo con relación a la cantidad de fósforo fijado, no soluble, incapaz de ser utilizado por las plantas, a no ser mediante la actividad de microorganismos especializados en la producción de ácidos orgánicos y enzimas que permiten solubilizar esta fracción del fósforo y disponerla para su asimilación por parte de las plantas. En este sentido, se puede considerar que en los suelos existe una reserva acumulada en fósforo equivalente a billones de toneladas, que dependen de la actividad microbiológica para que resulten convertidas a biomasa vegetal, incluyendo la producción de alimentos.

Es por todo esto, que la obtención de biofertilizantes nitrogenados y fosfóricos, unido a la de los bioestimuladores del crecimiento y el rendimiento vegetal, constituye pilares básicos para poder conducir, junto a los bioplaguicidas de origen microbiano y botánico, y la aplicación de abonos orgánicos, a un manejo adecuado y económicamente razonable de los diferentes sistemas agrícolas productivos.

En este trabajo, dirigido fundamentalmente a técnicos, productores agrícolas, extensionistas y estudiantes, se ofrece el potencial que presentan los biofertilizantes y bioestimuladores como parte del manejo integrado de la nutrición de una amplia diversidad genética de plantas, que sin duda, han hecho posible el desarrollo de programas biorgánicos de producción agrícola, que como por ejemplo en el caso de Cuba, se ha podido demostrar en el continuo desarrollo de la agricultura convencional, así como en la consolidación del Programa Nacional de Agricultura Urbana (PNAU); sistema que, a diferencia de otras latitudes, pudo surgir y desarrollarse mediante la utilización de este tipo de insumos poco costosos y ambientalmente seguros. También, se ofrece las perspectivas de estos productos para el desarrollo de esquemas sostenibles de producción en Sinaloa y México.

### **Importancia del conocimiento de conceptos básicos y principales mecanismos de acción de los biofertilizantes y bioestimuladores del crecimiento por parte de los productores agrícolas con el objetivo de lograr un manejo adecuado**

La Microbiología del Suelo y la Biotecnología Agrícola aplicada constituyen especialidades que actualmente abarcan amplios conocimientos y un gran cúmulo de información en cuanto a resultados obtenidos.

Por otra parte, los problemas que se van detectando son tantos que surge una situación contradictoria en los países más desarrollados: simultáneamente se exaltan las posibilidades de desarrollo de la llamada agricultura “moderna” y, como reacción, aparece un movimiento de agricultura “biológica” o alternativa que se fortalece constantemente. Surgen los conceptos agroecológicos junto con la crítica al rumbo del desarrollo agrícola mundial, adornada con los rótulos de “moderna”, “progresiva” y “avanzada”.

Hoy se considera que el brillante camino recorrido por la Revolución Verde en Europa y Estados Unidos está llegando a sus límites. Su alta eficiencia en términos de rendimiento por hectárea o por jornada laboral ha sido lograda a expensas de la ineficiencia energética y social, agota los recursos naturales no renovables y socava el reciclaje de los recursos renovables con la tala indiscriminada de bosques, la contaminación de los mantos acuíferos y la reducción de la biodiversidad. Destruye su propia base productiva con la erosión, la salinización y la compactación de los suelos, aumenta la vulnerabilidad de las plantas frente a plagas y enfermedades, envenena a los trabajadores agrícolas, a los consumidores y a la naturaleza entera y, por último, hasta transforma el clima terrestre.

Enseguida se exponen las principales funciones de los microorganismos del suelo como pilares básicos para un desarrollo sostenible.

Funciones de los microorganismos del suelo.

- Desarrollo de la estabilidad de los agregados de los suelos cultivables.
- Reciclaje de los residuos orgánicos.

- Producción de sustancias beneficiosas en la zona rizosférica de las plantas.
- Fijación de nitrógeno atmosférico.
- Transformación del fósforo del suelo.
- Control de microorganismos dañinos.
- Materia prima para la obtención de productos naturales.

Algo que nos viene alarmando en los últimos años es el avanzado estado de degradación de los suelos, fundamentalmente por el exceso de labores mecanizadas y la ausencia de enmiendas orgánicas.

A continuación se relaciona el accionar de los microorganismos beneficiosos en la formación de agregados en el suelo y cómo estimular esta importante actividad de forma tal que promueva la obtención de un complejo arcillo-húmico más estable.

Papel de los microorganismos en la formación de agregados:

- Estructuras filamentosas (hifas de los hongos, flagelos bacterianos).
- Polisacáridos extracelulares.
- Complejos polisacáridos-iones metálicos-materiales húmicos.

Modos de estimular la formación de agregados:

- Enmienda orgánica.
- Adición de polisacáridos microbianos y otros metabolitos (xantano, dextrano, succinoglicano, pululano, etc.)
- Inoculación de microorganismos (*Agrobacterium radiobacter*, *Bacillus polymyxa*, *Streptomyces* spp., *Azotobacter chroococcum*, *Glomus* sp., *Alternaria tenuis*, *Mucor hiemalis* y *Pseudomonas* spp.)

En tiempos pasados relativamente recientes, los subsidios nacionales e internacionales para comprar fertilizantes industriales, tanto en países desarrollados como en vías de desarrollo, quitaban el estímulo para la utilización de los biofertilizantes, por lo cual en muchos países las investigaciones aplicadas en este campo eran escasas. Sin embargo, al desaparecer estos subsidios como resultado de las políticas económicas gubernamentales, estos bioproductos se hacen más atractivos y aceptables para los agricultores. Puede decirse que estamos viviendo el momento internacional más favorable para el desarrollo de las

investigaciones básicas y aplicadas sobre los microorganismos con características como biofertilizantes y para su utilización.

Pero la tarea de educar y entrenar a los productores agrícolas para que conozcan los beneficios que pueden lograr y cómo deben realizar las aplicaciones es difícil, por la escasez en muchos países de especialistas con conocimientos e interés en los aspectos prácticos de la utilización de estos bioproductos. Por estas razones, una tarea fundamental de cada país la constituye la formación y el entrenamiento de personal especializado, para que sean capaces de responder a las crecientes demandas de nutrimentos que se enfrentan con los modernos esquemas de producción agrícola que se basan en la sustentabilidad y la protección ambiental, lo que demanda alternativas biológicas para sustituir a los fertilizantes industriales.

Existen grandes contradicciones entre los resultados logrados con la aplicación de biofertilizantes en los países templados y en los tropicales. Como la mayor parte de los resultados publicados han sido obtenidos en regiones templadas y los efectos de la inoculación no han sido satisfactorios en muchos casos, se ha creado una atmósfera de desconfianza hacia estos bioproductos, por lo que su utilización en la producción agrícola no ha sido generalizada. En realidad, los únicos biofertilizantes que son extensamente utilizados en todos los países son aquéllos que contienen bacterias de los géneros *Rhizobium* y *Bradyrhizobium*, que establecen la fijación simbiótica de nitrógeno atmosférico en las leguminosas y en menor cuantía, las micorrizas.

El mecanismo de este proceso de fijación ha sido profundamente estudiado, así como las propias bacterias simbióticas y la influencia de los factores ecológicos en el establecimiento de la simbiosis. Pero no se está aprovechando en pleno la actividad de los fijadores asociativos, ni de los organismos solubilizadores de fósforo o de las micorrizas, que tantos beneficios pueden reportar, especialmente en las regiones tropicales, donde se encuentran los países que más necesitan estos beneficios.

La capacidad de los microorganismos para suministrar nutrientes y estimular el crecimiento de las plantas depende de su exitoso establecimiento sobre las raíces. Por estas razones, se hace obligado conocer, de forma resumida, el papel que desempeña la rizosfera y su gran importancia para lograr resultados efectivos con la aplicación de los biofertilizantes.

