

La bacteria *Bacillus* en el Manejo Integrado de Plagas: Una amiga para el agricultor moderno.

Por Luis Martínez

La forma como se producen los alimentos está cambiando, y los microorganismos llegaron para quedarse. Descubre como la bacteria *Bacillus* se ha convertido en una aliada para los productores agrícolas y un bioinsumo esencial para el desarrollo sostenible.

Los agroquímicos y la salud

El uso de agroquímicos por muchos años ha demostrado su efecto perjudicial sobre el ambiente y la salud tanto de los operadores como de los consumidores. Todo esto conlleva a la desconfianza de la factibilidad de su uso a lo largo del tiempo y ha promovido el desarrollo de estrategias alternativas que permitan la sustitución parcial o completa de los mismos.

Una de las estrategias que más ha cobrado fuerza en los últimos años es la alternativa conocida como Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades, la cual consiste en la aplicación de diferentes técnicas que afectan el desarrollo del organismo plaga, fomentando un uso racional de los agroquímicos y reduciendo su impacto en el ambiente y los seres vivos.

El auge de los plaguicidas y fertilizantes biológicos en remplazo de los químicos, se debe de manera principal a su menor impacto ecológico, son menos contaminantes y no son tóxicos para las plantas y animales, pues su acción se ve limitada a la plaga. De igual modo, son biodegradables evitando su bioacumulación.

Los microorganismos como herramienta en el Manejo Integrado de plagas

Desde mucho antes de la invención de los agroquímicos, ya existía una fuerte relación entre microorganismos y plantas con una variedad de funciones benéficas que potencia la productividad.

Dentro de los microorganismos usados en agricultura, el género de bacterias *Bacillus* es de especial interés. Si bien es cierto que se conoce su existencia desde 1882

cuando fue registrado por primera vez, es mucho más recientemente que las nuevas técnicas de manejo integrado de plagas han favorecido su utilización como promotor del crecimiento vegetal y para combatir fitopatógenos tan variados como los hongos del género *Fusarium* y *Rhizoctonia* así como insectos plaga.

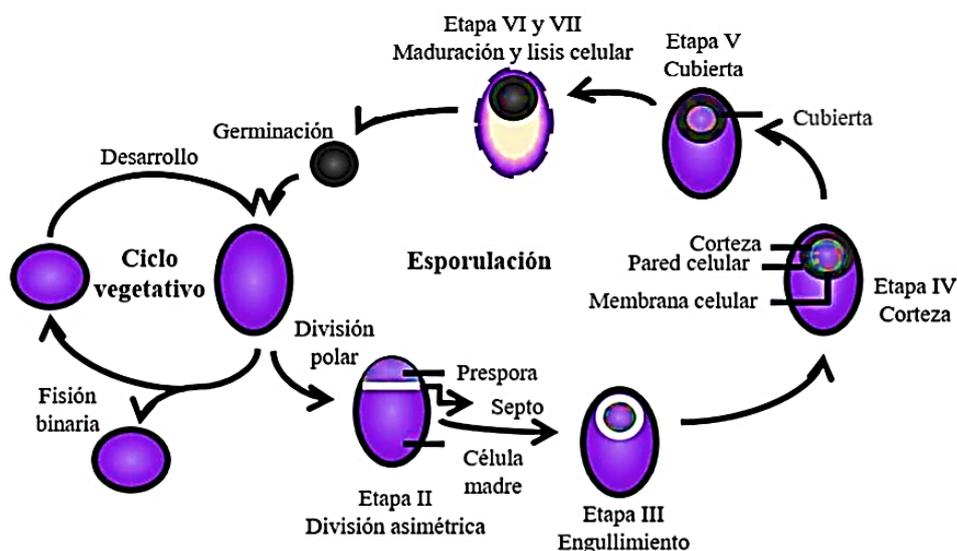
De igual modo, se ha observado la capacidad de estos microorganismos para la fijación del nitrógeno y la solubilización del fósforo en el suelo, permitiendo su asimilación por parte de las plantas. Todas estas características convierten a *Bacillus* en un amigo poderoso para el agricultor moderno.

¿Qué es *Bacillus*?

Ahora que sabemos el potencial de *Bacillus* en los cultivos agrícolas, surge la pregunta ¿Qué es exactamente el género *Bacillus*?

Para no hacer esto muy largo, dentro de *Bacillus* se agrupan un conjunto de microorganismos unicelulares, que crecen en presencia de oxígeno. Su morfología es en forma de pequeños bastones o bacilos lo cual le dio su nombre en latín: *Bacillus*.

Posee la capacidad de moverse gracias a la presencia de flagelos en su cuerpo. Este microorganismo tiene además una característica muy interesante y es la presencia de endosporas, la cual es una estructura de resistencia que le brinda protección ante factores adversos como cambios de temperatura y la desecación, convirtiéndolo en un organismo muy flexible capaz de aclimatarse rápidamente al entorno. En la siguiente Figura puede ver como es el ciclo de reproducción de *Bacillus*.



Ciclo de reproducción del género *Bacillus*. Imagen original de Villarreal-Delgado, 2017.

Esta capacidad favorece su amplia distribución tanto en ambientes terrestres como acuáticos, pudiéndose encontrar en condiciones extremas. Sin embargo, el suelo es su principal hábitat aprovechando diversos sustratos orgánicos. Sabiendo ahora algunas de las características del género *Bacillus* ¿Cómo es que se aprovechan estas propiedades en la agricultura?

Bacillus en la agricultura

Se ha observado la capacidad de los microorganismos del género *Bacillus* para competir y eliminar a otros microorganismos e insectos que afectan el desarrollo de los cultivos. Además, es capaz de favorecer el desarrollo de las plantas. Ambos aspectos actúan de manera sinérgica para aumentar el rendimiento de los cultivos agrícolas, a la vez que se reducen el uso de agroquímicos.

Ahora bien, ¿Cómo es el mecanismo de acción del género *Bacillus* en beneficio de las plantas? *Bacillus* puede afectar el desarrollo vegetal de dos maneras, directamente o indirectamente. Al hablar de su influencia directa nos referimos a la liberación por parte de este microorganismo de hormonas vegetales que influyen sobre el metabolismo de las plantas, lo que trae consigo variaciones en el crecimiento y desarrollo.

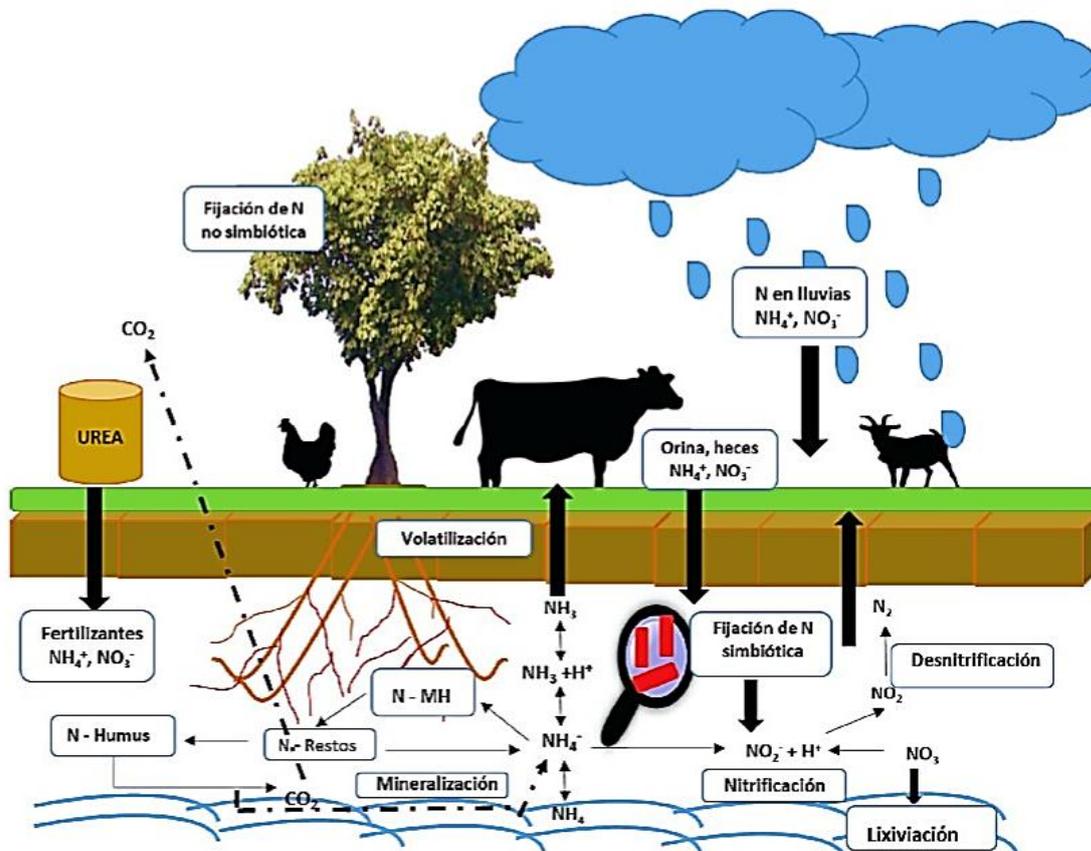
Se ha evidenciado la síntesis de fitohormonas en las especies: *Bacillus pumilus*, *Bacillus licheniformis* y *Bacillus subtilis*. De igual modo, se ha observado la capacidad de estas bacterias para solubilizar el

fósforo gracias a la excreción de ácidos orgánicos y enzimas que convierten el fósforo inorgánico a una molécula de fósforo asimilable para la planta.

Otra forma directa de favorecer el crecimiento de la planta por la acción de *Bacillus* es mediante la fijación de nitrógeno atmosférico, un proceso crucial que aporta el 60 % del nitrógeno usado por las plantas.

Sin embargo, a pesar de su importancia sólo puede ser llevado a cabo por pocos microorganismos, entre ellos bacterias pertenecientes al género *Bacillus* como: *Bacillus azotofixans*, *Bacillus firmus*, *Bacillus fusiformis* y *Bacillus cereus*. En la siguiente figura, puede observarse un esquema del ciclo del nitrógeno y el papel de las bacterias en la fijación de nitrógeno atmosférico.

Se ha demostrado la influencia de *Bacillus* en el desarrollo de plantas de maíz, trigo y arroz, evidenciándose una alta actividad nitrogenasa, enzima relacionada con la asimilación del nitrógeno. Esta propiedad se ha utilizado en plantas de soya y frambuesa colaborando en la calidad de los cultivos. En el caso del trigo, la presencia de bacterias fijadoras de nitrógeno del género *Bacillus* ha favorecido de manera significativa la cantidad de hojas, mejorando el rendimiento. Esta versatilidad del género *Bacillus* puede ser aprovechada para reducir considerablemente el uso de fertilizantes nitrogenados de origen químico.



Ciclo del nitrógeno. Imagen original de [Corrales, 2016](#).

La ventajosa presencia de *Bacillus* en el suelo no solo favorece directamente a la planta, sino también de manera indirecta mediante la excreción de antibióticos, sideróforos, enzimas líticas y toxinas. Todo esto ayuda a combatir a las plagas que afectan el desarrollo de planta.

La liberación de compuestos antibióticos por parte de bacterias del género *Bacillus* permite combatir microorganismos fitopatógenos como los hongos *Verticillium dahliae*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium solani*, *Phytophthora parasítica*, *Phytophthora infestans*, y las bacterias *Xanthomonas campestris*, *Pseudomonas syringae*, *Clavibacter michiganensis*.

Aparte de los antibióticos, *Bacillus* es capaz de sintetizar enzimas líticas del tipo quitinasas, hidrolasas y proteasas, que actúan sobre los hongos, especialmente del género *Fusarium*, el cual afecta principalmente los cultivos de arroz, sorgo y soya.

En el caso de la producción de sideróforos, estos son metabolitos que facilitan la asimilación por parte del microorganismo del hierro presente en el ambiente, el cual es un recurso limitante para su desarrollo, por lo que la presencia de sideróforos le brinda una ventaja adaptativa para competir y reducir la presencia de fitopatógenos.

En la próxima Tabla te presentamos algunas especies de *Bacillus* más utilizadas en la agricultura y su función.

Algunas especies del género *Bacillus* y sus propiedades de interés en la agricultura.

<i>B. subtilis</i>	Actividad antimicrobiana contra hongos y bacterias fitopatógenas, producción de sideróforos, estimulación de respuesta sistémica inducida en plantas, fijación de nitrógeno, solubilización de fosfatos, producción de enzimas hidrolíticas y lipopéptidos, favorecimiento del crecimiento vegetal mediante fitohormonas.
<i>B. cereus</i>	Fijación de nitrógeno, antagonismo <i>contra Phytophthora megasperma</i> , favorecimiento del crecimiento vegetal mediante fitohormonas, eliminación de hongos fitopatógenos, aumento de la efectividad de la δ -endotoxina.
<i>B. thuringiensis</i>	Principal microorganismo con actividad insecticida, producción de δ -endotoxinas.
<i>B. pumilus</i>	Actividad antimicrobiana contra hongos y bacterias fitopatógenas, fijación de nitrógeno.
<i>B. amyloliquefaciens</i>	Actividad antimicrobiana contra hongos y bacterias fitopatógenas, producción de sideróforos, estimulación de respuesta sistémica inducida en plantas, fijación de nitrógeno, solubilización de fosfatos, producción de enzimas hidrolíticas y lipopéptidos, favorecimiento del crecimiento vegetal mediante fitohormonas.
<i>B. licheniformis</i>	Actividad antimicrobiana contra hongos y bacterias, fijación de nitrógeno.

***Bacillus thuringiensis*: Bioinsecticida de marca mundial.**

A pesar de todos estos mecanismos de acción, la principal ventaja que tiene *Bacillus* para combatir plagas y la razón principal por la cual se ha promovido su estudio, es la capacidad de producir δ -endotoxinas, particularmente por la especie *Bacillus thuringiensis*. Estas toxinas son producidas durante la fase de esporulación y tiene alta especificidad por los insectos. Esta toxina es ampliamente utilizada contra insectos plaga que afectan los cultivos.

El mecanismo de acción inicia una vez que la toxina ingresa al intestino del hospedador, allí es procesada por las proteasas liberando fragmentos activos que interactúan con las proteínas receptoras del epitelio, ocasionando una serie de señales celulares que genera un desequilibrio osmótico en el insecto ocasionando la muerte del mismo.

Diversas investigaciones han reportado el potencial de esta toxina en contra de plagas de insectos de importancia agrícola tales como la polilla del tomate (*Tuta absoluta*), la cual ocasiona pérdidas desde un 60 hasta un 100 % de los cultivos no tratados con insecticidas. También es efectiva contra el gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*), *Diabrotica* sp que afecta las plantas de algodón y maíz, el escarabajo de la papa (*Leptinotarsa decemlineata*), gusanos cortadores (*Agrotis* sp), entre otros tantos ejemplos.

Dentro de *Bacillus thuringiensis* existen variedades específicas para diferentes grupos de insectos. Así, *B. thuringiensis* v. *kurstaki* y v. *aizawai* son específicas para Lepidópteros (mariposas). *B. thuringiensis* v. *israeliensis* es específica para Dípteros (mosquitos).

B. thuringiensis v. *tenebrionis* es específica contra Coleópteros (coquitos). Así, debe utilizarse la variedad adecuada para controlar la plaga de interés.

***Bacillus*, mercado agrícola y desarrollo sostenible.**

La flexibilidad de *Bacillus* para aclimatarse a diversos ambientes, su capacidad para promover el desarrollo de las plantas y su capacidad para combatir fitopatógenos, le convierten en un poderoso aliado del agricultor moderno en contra de las plagas y enfermedades que afectan sus cultivos.

Se estima que el 85 % de los bioplaguicidas microbianos disponibles comercialmente, son fabricados con bacterias del género *Bacillus* aplicándose sobre hortalizas, frutales, plantas ornamentales, gramíneas, oleaginosas, entre otros.

El uso de *Bacillus* como biofertilizante está sustentado por casi 5 décadas de investigación, lo cual ha logrado que su uso en el campo se haya extendido de manera significativa. Por ejemplo, en el tomate de invernadero prácticamente se ha remplazado el uso de antibióticos en favor de este biocontrolador.

De igual modo, se ha logrado hacer que los costos de biofertilizantes a partir de *Bacillus* sean competitivos a los antibióticos de origen químico, logrando resultados similares. Otra ventaja de los bioplaguicidas a base de *Bacillus* es su bajo riesgo a la salud humana y su menor impacto al ambiente.

Dada la gran diversidad metabólica que poseen las bacterias del género *Bacillus*, le convierte en uno de

los principales componentes de las formulaciones comerciales de biofertilizantes y bioplaguicidas. La flexibilidad de este organismo le permite la colonización efectiva del suelo, su rápida reproducción y alta persistencia gracias a la presencia de endosporas, que le permiten desarrollarse a pesar de condiciones de estrés abiótico y manteniendo su viabilidad durante largos periodos de almacenamiento.

Luego de aplicación de este microorganismo se observa una acción dual. Aparte de competir y eliminar a los organismos fitopatógenos también es capaz de favorecer y promover el desarrollo vegetal, obteniendo cultivos más vigorosos y saludables.

El uso de fertilizantes y bioplaguicidas biológicos es una alternativa sostenible para la sustitución de los agroquímicos, cuyos daños a la salud humana, el deterioro de los suelos y la contaminación de los cuerpos de agua, se encuentran ampliamente documentado.

De esta forma, se deben aumentar los esfuerzos para la investigación y desarrollo de nuevos biofertilizantes con el fin de producir alimentos inocuos y con menores costos de producción. Esto permite reafirmar el compromiso que se tiene para una gestión eficiente de los recursos de nuestro planeta y la herencia de un mejor lugar para las futuras generaciones.

Si deseas mantenerte actualizado con las nuevas tecnologías verdes y su influencia en la agricultura moderna, te invitamos a seguir nuestra página y suscribirte al blog. Allí obtendrás información que te permitirá tener una nueva visión sobre este y otros temas.



Luis Martínez es Biólogo egresado de la Universidad de Carabobo. Se desempeñó como profesor en el área de bioquímica. Es autor de publicaciones científicas relacionadas con la producción de alimentos y la agrobiología. Actualmente forma parte de la familia Tecnovita.