



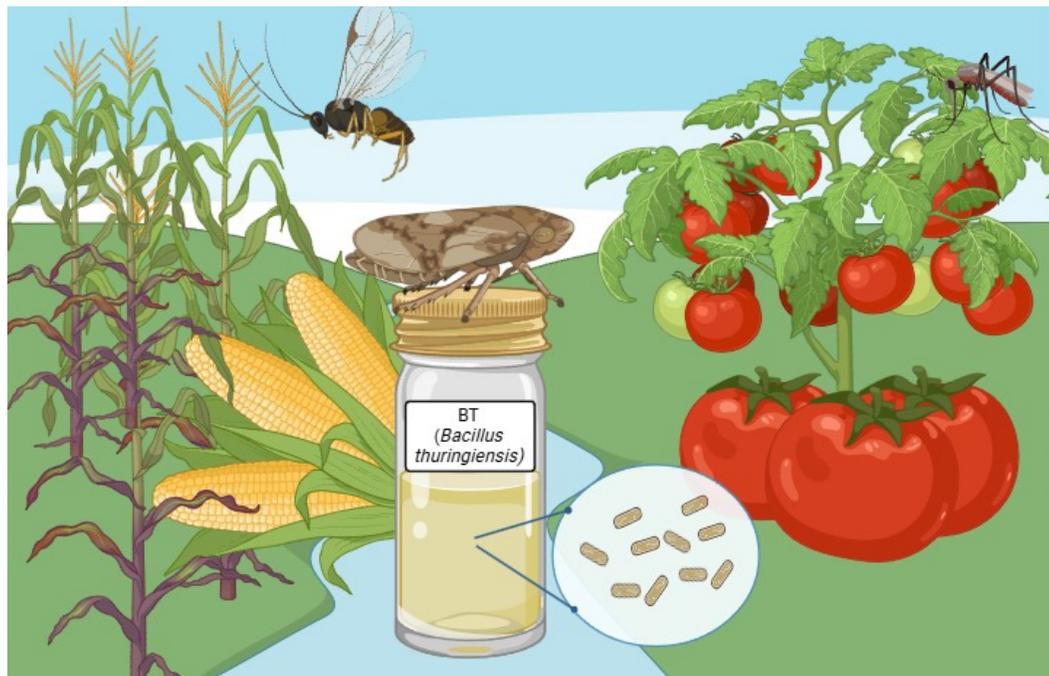
Bacterias que protegen nuestros cultivos

Bryan Lecona-Zarate¹, Belem Arce-Vázquez², Jesús Loyola-Vizzuett³, Lizbeth Rojas-Gutiérrez³, Alejandro Angel-Cuapio³

¹Tecnológico Nacional de México/TES de San Felipe del Progreso. División de Ingeniería en Energías Renovables, San Felipe del Progreso, Estado de México, México.

²Tecnológico Nacional de México/TES de Ecatepec. División de Ingeniería Mecánica, Mecatrónica e Industrial. Ecatepec de Morelos, Estado de México, México.

³Tecnológico Nacional de México/TES de Ecatepec. División de Ingeniería Química y Bioquímica. Ecatepec de Morelos, Estado de México, México.



“Bacterias come plagas: Nuestras aliadas en el futuro agrícola”

Actualmente, el sector agrícola enfrenta gran reducción de la producción por la presencia de insectos considerados plaga que afectan los cultivos generando pérdidas económicas en todo el mundo. Para erradicarlas, la aplicación de plaguicidas químicos ha sido el plan que ha predominado por muchos años, sin embargo, estos productos químicos generan problemas ambientales ya que afectan al suelo, agua, aire, además de perjudicar organismos benéficos y a la salud humana. Así mismo, el uso excesivo de estos compuestos ha generado resistencia en muchas especies de insectos plaga, disminuyendo la potencia de los métodos de control tradicionales.

Las bacterias pueden parecer organismos peligrosos pero la realidad es que muchas de ellas son aliadas del ser humano. En la agricultura, existen bacterias que tienen la capacidad de eliminar insectos que atacan los cultivos agrícolas, estas bacterias se conocen como bacterias entomopatógenas y su uso está transformando el modo en que los agricultores controlan las plagas de forma natural y ecológica.

Las bacterias entomopatógenas son microorganismos que actúan en la naturaleza contra insectos que dañan los cultivos agrícolas y la aplicación de éstas disminuye el uso de plaguicidas químicos. Por el contrario, estos microorganismos son una estrategia innovadora ya que actúan de manera particular contra los insectos plaga sin impacto ambiental y sin los riesgos asociados a los plaguicidas químicos. Es importante mencionar, que hay varias bacterias entomopatógenas capaces de infectar y eliminar insectos plaga de forma natural. Estos organismos actúan produciendo toxinas letales que afectan el metabolismo del insecto hospedero, provocando su muerte en horas o días. Cada tipo de bacteria ataca a insectos específicos, por lo que no representan un peligro para otros animales o para los seres humanos.

¿Cómo funcionan las bacterias que eliminan plagas?

El proceso del ciclo infectivo para la eliminación de plagas por estas bacterias ocurre en varias etapas: el insecto debe ingerir a la bacteria o a sus esporas, que, con regularidad, las bacterias que eliminan plagas están presentes en hojas, tallos o frutos, y cuando el insecto come partes de la planta, ingiere también a las bacterias. De esta manera, la bacteria comienza a actuar dentro del insecto y una vez en su sistema digestivo, la bacteria produce sustancias tóxicas que dañan el intestino del insecto, provocando que deje de alimentarse, en consecuencia, no puede comer ni defenderse, su sistema colapsa y muere en pocos días. En otras ocasiones, las bacterias se reproducen dentro del cadáver del insecto, lo que permite que se distribuyan a otros individuos objetivo. La bacteria entomopatógena más estudiada y utilizada en el mundo es *Bacillus thuringiensis* o Bt (Figura 1).



Figura 1. *Bacillus thuringiensis* con estereoscopio.

Bacillus thuringiensis produce cristales de proteínas llamadas toxinas (Figura 2), que se activan en el aparato digestivo al ser ingeridas por insectos objetivo como mariposas y polillas (lepidópteros), escarabajos (coleópteros) y mosquitos o moscas (dípteros), generando problemas intestinales desencadenando en la muerte del insecto, y por lo cual, es considerado como un plaguicida natural (Figura 3). Gracias a los descubrimientos científicos, se ha logrado, incorporar genes de Bt a cultivos como el maíz y la soja. Esto hace que las propias plantas produzcan una sustancia para defenderse de los insectos plagas.

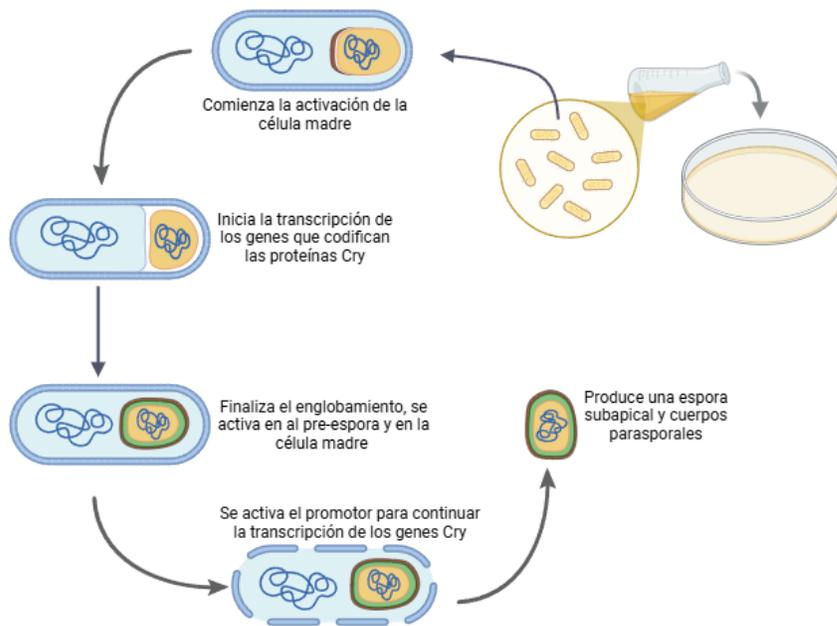


Figura 2. Proceso de esporulación de Bt.

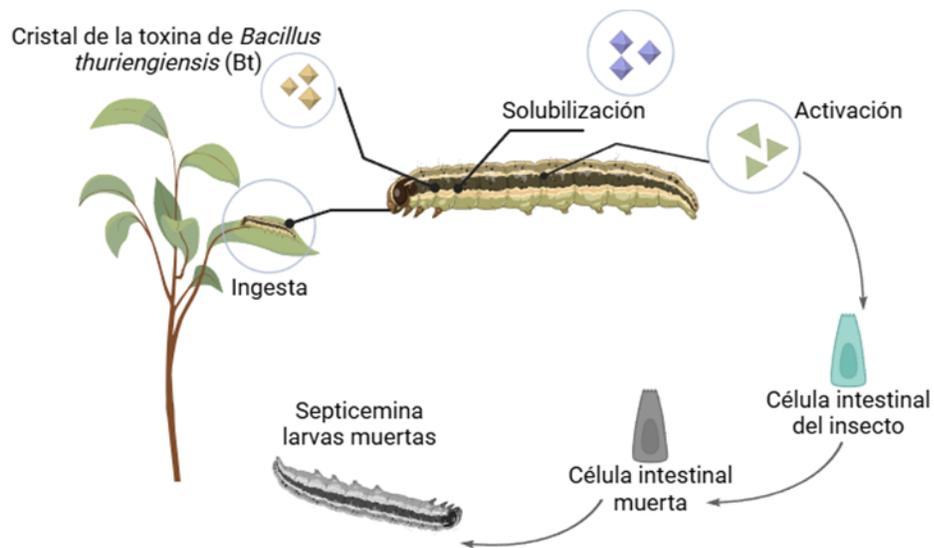


Figura 3. Ciclo infeccioso de los cristales proteicos de Bt.

Las bacterias entomopatógenas tienen un gran potencial en la agricultura por lo que surge el interés de formular bioplaguicidas a base de bacterias. Actualmente, existen formulaciones comerciales de *Bacillus thuringiensis* en presentaciones líquidas, polvo y gránulos dispersables en agua, que se utilizan en cultivos de maíz, algodón, hortalizas y frutales. Así mismo, hay productos a base de *Photorhabdus* y *Xenorhabdus* que se comercializan en combinación con nemátodos entomopatógenos (gusanos microscópicos) para el control de plagas del suelo. Por otro lado, se están desarrollando nuevas formulaciones con *Serratia* y *Pseudomonas* con potencial para el control de escarabajos y otros insectos de importancia agrícola.

Beneficios y consideraciones de la aplicación de bacterias

Entre los beneficios que ofrece esta opción natural destaca que las toxinas actúan únicamente sobre insectos objetivo, dejando a otros seres vivos a salvo y ayudando a mantener el equilibrio ecológico. Además, no acumulan sustancias peligrosas en los alimentos, el suelo o el agua; y a diferencia de los plaguicidas tradicionales, estas bacterias no dejan residuos tóxicos que puedan afectar a los ecosistemas o a la salud humana. Además, son biodegradables porque una vez que cumplen su función, desaparecen del ambiente sin dejar residuos dañinos, en ese sentido, no representan un riesgo para la salud humana de quienes trabajan en los campos ni para los consumidores de los productos agrícolas.

Así mismo, esta opción puede usarse en combinación con otras técnicas de control biológico para lograr un manejo más efectivo de las plagas. Por ejemplo, pueden combinarse con hongos entomopatógenos (*Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*), con depredadores naturales (mariquitas, avispa parasitoides), con feromonas y trampas

de insectos. Esta sinergia aumenta la efectividad del control de plagas y disminuye la probabilidad de que los insectos desarrollen resistencia.

A pesar de las ventajas, el uso de bacterias entomopatógenas presenta algunos limitantes, entre las cuales se puede considerar que las toxinas de Bt pueden degradarse rápidamente y reducir la efectividad de estos microorganismos bajo luz solar intensa, temperatura extrema y humedad, por lo que es necesario encontrar formas de protegerlas. En comparación a los plaguicidas químicos, las bacterias requieren ser aplicadas con más frecuencia para mantener su efecto. Los costos de producción y formulación pueden ser más caros en comparación con algunos plaguicidas químicos. Cada tipo de bacteria elimina a ciertos insectos, es decir, son selectivas y no afectan a otros organismos benéficos como las abejas, las mariposas o las lombrices de tierra, por tanto, es importante elegir la bacteria adecuada para cada cultivo y problema específico.

Innovaciones recientes

Las investigaciones en esta área avanzan constantemente, algunas novedades consideran la identificación de nuevas variantes de *Bacillus thuringiensis*, así como el descubrimiento de otras bacterias y combinaciones de diferentes bacterias más efectivas para combatir una amplia variedad de insectos objetivo para proteger los cultivos. El uso de nanopartículas ayuda a que las toxinas sean más estables y funcionales durante más tiempo. También, se ha estudiado cómo funcionan las toxinas y como aplicarlas de manera más útil en los cultivos agrícolas. Por otro lado, la manipulación del ADN ha abierto una amplia variedad de opciones interesantes, como la creación de plantas que puedan producir su propia manera de defensa inspirado en las bacterias entomopatógenas, lo que disminuiría la necesidad de aplicar tratamientos biológicos en el campo.

Reflexión final

El uso de bacterias entomopatógenas es una muestra de cómo el entorno natural nos ofrece soluciones efectivas y ecológicas para los problemas agrícolas. Apostar por estas alternativas biológicas significa cuidar el medio ambiente, proteger la variedad de especies benéficas como polinizadores y enemigos naturales de las plagas y en consecuencia ofrecer una producción de alimentos más segura para todos.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología, por la beca otorgada con folio REESP2024-0027, al TecNM/TES Ecatepec y TecNM/TES San Felipe del Progreso y a las empresas AAC BIOLAB® y Productos y servicios Gaaper® por el apoyo en la realización de este artículo.

Literatura sugerida

Pacheco Hernández et al. 2019. Organismos entomopatógenos como control biológico en los sectores agropecuario y forestal de México: Una revisión. Revista Mexicana de Ciencias Forestales. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i56.496>

Grijalba Bernal et al. 2020. Bacterias entomopatógenas en el control biológico de insectos. En Técnicas de evaluación y selección de microorganismos para el control biológico de insectos. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/34070>

Choque Miranda et al. 2021. Bioplaguicidas: Mecanismos de acción biocida en insectos plaga. Research, Society and Development. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i7.16893>



Bryan Lecona-Zarate (Primer autor)

Correo: bryan.lz@sfelipeprogreso.tecnm.mx.

Maestro en Eficiencia Energética y Energías Renovables e Ingeniero Bioquímico, actualmente es profesor de asignatura “B” adscrito a la División de Ingeniería en Energías Renovables del TecNM-TES San Felipe del Progreso. Se encuentra realizando una Estancia de investigación beneficiado por el programa de Investigadoras e Investigadores de COMECYT 2023-2025 enfocado en el “Aprovechamiento integral del rastrojo de amaranto para la producción de *Bacillus thuringiensis*”. Su área es el aprovechamiento de residuos agroindustriales para la transformación en metabolitos para diversos sectores como energético, alimentario y químico. Además es parte del Laboratorio de Bioenergía en TecNM-TESSFP.



Alejandro Angel-Cuapio (Autor de correspondencia)

Tecnológico Nacional de México/TES de Ecatepec, División de Ingeniería Química y Bioquímica.

Correo: rafaelangel@tese.edu.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9945-3004>

Doctor en Biotecnología por la Universidad Autónoma Metropolitana. Profesor adscrito a la División de Ingeniería Química y Bioquímica del Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec. Coordinador de la Maestría y del Doctorado en Ciencias en Ingeniería Bioquímica. Sus áreas de especialización y aporte científico incluyen la producción de hongos entomopatógenos para el control biológico de plagas agrícolas, la producción de hongos comestibles con propiedades medicinales y el aprovechamiento de residuos agroindustriales para la obtención de enzimas y metabolitos de interés industrial.