

Del suelo al follaje: la odisea de los Baculovirus

From Soil to Foliage: The Odyssey of the Baculoviruses

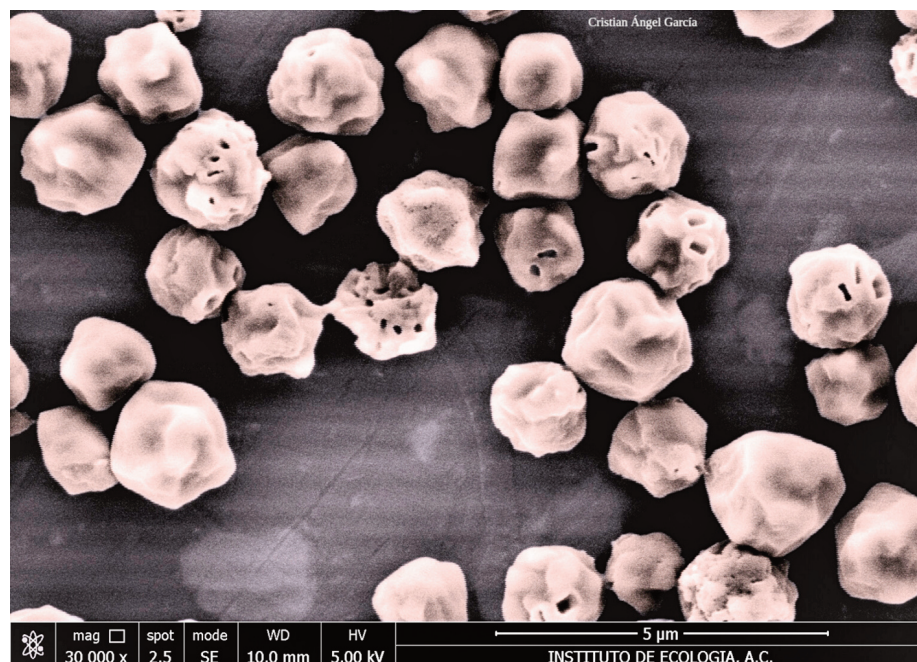
Cristian Ángel García¹ y Ana Mabel Martínez Castillo

Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales,
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México.

Contacto: ana.martinez@umich.mx

Resumen. Aunque invisibles a simple vista, los baculovirus, virus patógenos de insectos, son protagonistas de una historia fascinante que ocurre todos los días en los campos de cultivos agrícolas. Este artículo nos llevará a través de la odisea silenciosa de los baculovirus, desde su permanencia en el suelo hasta su ascenso al follaje de las plantas, donde esperan a ser ingeridos por larvas de algunos lepidópteros. Esta odisea ocurre gracias al aprovechamiento de factores como la lluvia, el viento o la intervención de otros insectos, lo cual culmina con una infección altamente eficiente dentro del cuerpo del insecto hospedero. Estos virus, especialistas de insectos, han evolucionado con una habilidad extraordinaria para sobrevivir durante meses o incluso años en el suelo, protegidos por una estructura proteica llamada cuerpo de inclusión, con la cual logran encontrar el momento perfecto para iniciar su ciclo de infección. Más allá de su curiosa naturaleza, estos virus representan una herramienta poderosa y ecológica para el control de plagas, ofreciendo una alternativa natural a los insecticidas químicos. Su especificidad, persistencia y compatibilidad con el ambiente los convierten en aliados clave para una agricultura más sostenible.

Abstract. Although invisible to the naked eye, baculoviruses, and insect-pathogenic viruses, are the protagonists of a fascinating story that plays out daily in agricultural fields. This article will take us through the silent odyssey of baculoviruses, from their permanence in the soil to their ascent to plant foliage, where they await ingestion by Lepidoptera larvae. This odyssey occurs thanks to the exploitation of factors such as rain, wind, or the intervention of other insects, which culminates in a highly efficient infection within the body of the host insect. These insect-specific viruses have evolved an extraordinary ability to survive for months or even years in the soil, protected by a protein structure called an inclusion body, which allows them to find the perfect moment to initiate their infection cycle. Beyond their unusual nature, these viruses represent a powerful and environmentally friendly tool for pest control, offering a natural alternative to chemical insecticides. Their specificity, persistence, and environmental compatibility make them key allies for more sustainable agriculture.



Introducción

A primera vista, los ecosistemas agrícolas pueden parecer paisajes tranquilos y ordenados; sin embargo, bajo esa aparente calma, ocurren miles de interacciones complejas que sostienen el equilibrio natural de los cultivos. Entre estas interacciones destaca la participación de los baculovirus: virus de ADN de doble cadena altamente que infectan únicamente a artrópodos siendo principalmente infectivos para insectos. Aunque su presencia suele pasar inadvertida, desempeñan un papel crucial como agentes de control biológico. Lo más notable de estos virus es su extraordinaria capacidad para persistir en el ambiente y recorrer un extenso trayecto, desde el suelo hasta las partes más altas de las plantas, con el fin de cumplir su función: llegar a su célula hospedera y replicarse de manera eficiente dentro de su núcleo, para que su progenie comience nuevamente su recorrido.

¿Qué son los baculovirus?

Los baculovirus son virus que pertenecen a la familia Baculoviridae. Este nombre es debido a la forma característica de sus viriones (estructura que contiene las unidades infectivas) en forma de bastón. Estos virus son altamente específicos con su hospedero y, debido a que sólo infectan insectos (Jehle et al., 2006), no representan ningún riesgo para los seres humanos, animales y plantas. Esta especificidad hacia su insecto hospedero, su poco impacto ambiental y su capacidad de persistencia en el ambiente, ha generado un gran interés para ser utilizados para controlar plagas agrícolas, ya que se consideran como una alternativa ecológica al uso de insecticidas químicos.

Figura 1. Fotografía tomada con un microscopio electrónico de barrido a 30,000 aumentos donde se aprecian cuerpos de inclusión maduros e inmaduros del Nucleopoliedrovirus Múltiple de *Spodoptera frugiperda*. Las cavidades que se observan en los cuerpos de inclusión son los espacios que pertenecen a las partículas virales: fuente propia (editada para mejorar la calidad de imagen) Fotografía original tomada por la Bióloga Greta Hanako Rosas Saito.

Una de las principales ventajas adaptativas de los baculovirus es su alta persistencia en el ambiente. Esta capacidad se debe a la presencia de su estructura protectora, conocida como **cuerpo de inclusión (CI)**. Este CI es de forma poliédrica y está formado por proteínas cristalinas que recubren y resguardan (como si fueran semillas en un fruto) a las partículas virales o viriones, permitiéndoles resistir condiciones ambientales adversas, como cambios en el pH del suelo y cambios en la humedad. A pesar de estos desafíos, los baculovirus han desarrollado mecanismos eficaces para moverse desde el suelo hasta las partes aéreas de las plantas, que es donde se alimenta su insecto hospedero (por ejemplo, una larva de un lepidóptero). Esta migración es crucial, ya que, para iniciar su ciclo de replicación, el virus debe ser ingerido por la larva al consumir el tejido vegetal contaminado con los CI (Ikeda et al., 2015).

El viaje de los baculovirus

El microcosmos del suelo representa un ecosistema donde se encuentra un sin fin de diversas formas de vida: insectos, nematodos, bacterias, hongos y, desde luego, los baculovirus. Los CI de estos virus se adhieren firmemente a las partículas de arcilla presentes en las capas superficiales de la tierra, donde pueden permanecer viables durante meses o inclusive años, siempre que el entorno sea adecuado. Para ello, el suelo debe mantener ciertas condiciones: un pH ligeramente ácido (entre 6 y 7), una proporción equilibrada de arcilla, buena humedad y un contenido significativo de materia orgánica. El suelo, en particular, cumple un papel fundamental, ya que protege a los baculovirus de la luz UV, uno de los factores más dañinos para su integridad. Sin embargo, el suelo sólo representa un lugar de refugio temporal de estos

patógenos, su actividad inicia cuando son ingeridos por sus insectos hospederos. Para ello, requieren estar en contacto en las partes aéreas de las plantas, en donde habitualmente se alimentan las larvas de los insectos. Es en este punto donde surgen preguntas interesantes acerca de las características ecológicas de los baculovirus: ¿cómo logran llegar a las hojas de las plantas? y ¿cómo permanecen viables sobre ellas?

donde pueden ser ingeridas por un hospedero susceptible.

• **Otros insectos:** Algunos depredadores naturales, como chinches o escarabajos, se alimentan de larvas infectadas por los baculovirus y liberan los cuerpos de inclusión a través de sus heces. Además, las propias larvas infectadas pueden excretar virus durante su desplazamiento, facilitando su dispersión.

Una vez que los CI entran en contacto con las hojas, quedan protegidos del sol por la sombra del follaje y la propia arquitectura de la planta. Este resguardo natural les permite conservar su viabilidad por más tiempo, sobre todo en las zonas de la planta donde los insectos se alimentan o se refugian, aumentando así las probabilidades de ser ingeridos e iniciar su ciclo infeccioso (Williams, 2018).

El momento de infectar ha llegado

Después de su viaje del suelo al follaje de las plantas, los baculovirus pueden dar inicio a su ciclo de infección. El cual en la naturaleza es conocido como *per os*, lo que significa literalmente “por la boca” o “vía oral” indicando que los CI tienen que ser ingeridos por la larva para que pueda dar inicio su replicación.

Cuando los CI son ingeridos por una larva de un lepidóptero, sucede algo similar a cuando un terrón de azúcar se disuelve en una taza de té caliente: dentro del intestino del insecto, el pH del tracto intestinal medio del insecto (que oscila entre 9 y 10) disuelve las proteínas que antes protegían a las partículas virales infectivas, conocidas como viriones. Éstos buscan las microvellosidades de las células del intestino y se adhieren a ellas. Luego, liberan su contenido interno, las nucleocápsides, que se desplazan dentro de las células hasta llegar al núcleo (por esta razón es que

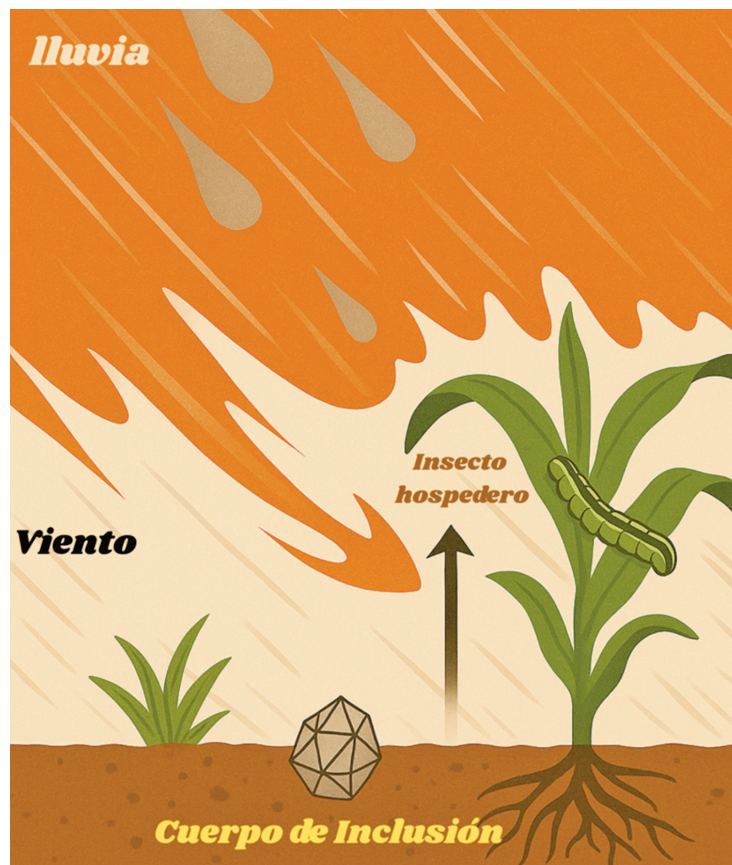


Figura 2. Esquema representativo del movimiento de los cuerpos de inclusión por acción del viento y la lluvia, para llegar a las partes aéreas de las plantas donde se encuentra su insecto hospedero. Imagen generada con ayuda de una IA generativa y editada para mejorar su comprensión visual.

Para contestar a estas preguntas, existen tres principales mecanismos que usan estos audaces patógenos en la naturaleza:

• **La lluvia:** Las gotas de lluvia, al impactar el suelo, pueden provocar salpicaduras que levantan pequeñas partículas de lodo con CI, depositándolos sobre el follaje.

• **El viento:** En condiciones secas, el viento puede levantar polvo y partículas del suelo que contienen CI y éstos son transportados hasta las hojas,

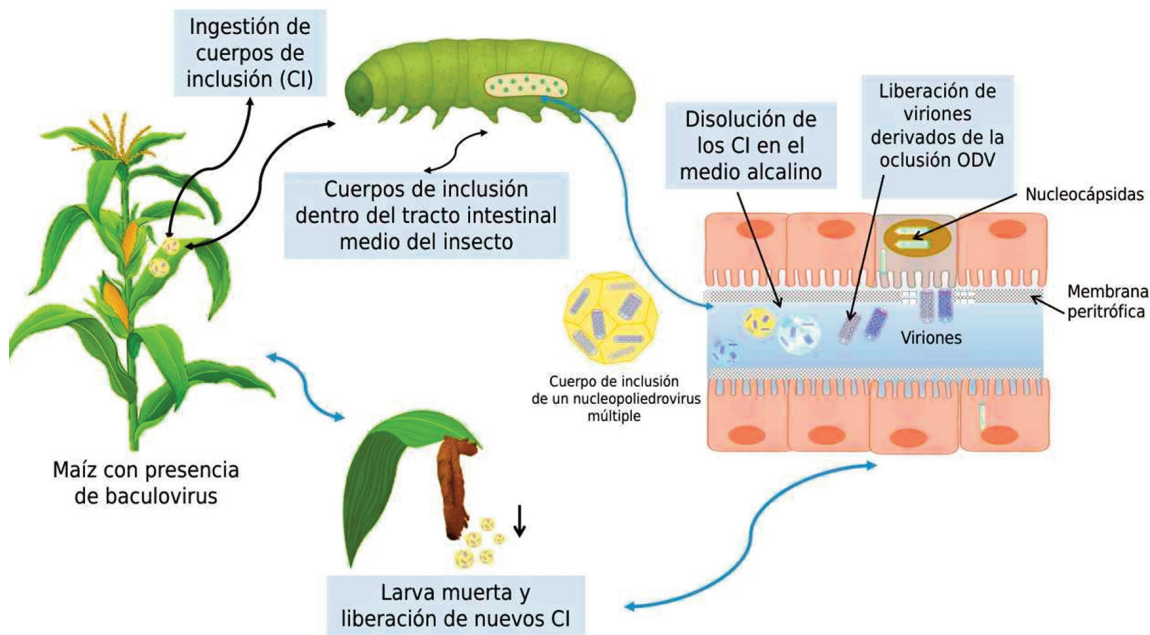


Figura 3. Ciclo general de infección de un baculovirus. Imagen original elaborada por el autor (BioRender + IA generativa)

son denominadas nucleocápsidas), ya que buscan llegar al núcleo de las células, que es su «centro de control celular» en donde ocurrirá la replicación del virus.

Una vez en el núcleo, el virus libera su material genético (ADN) y comienza a replicarse con ayuda de la maquinaria de replicación de la célula que la hospeda. En poco tiempo, la célula comienza a fabricar nuevos virus, que se multiplican y se expanden por todo el cuerpo de la larva, infectando sus tejidos y órganos. Finalmente, la larva muere y su cuerpo queda invadido de millones de nuevos CI. Mediante un mecanismo de expresión genética llamado gen de la copa del árbol (*tree-top disease* en inglés) el virus cambia el comportamiento de la larva antes de morir. Esta tratará de quedar colgada de las partes más altas de las plantas antes de morir. Este comportamiento es muy interesante y se conoce que está regulado por un gen conocido como *egt*, cuya expresión permite que, cuando la larva muere y se desintegre, se logre tener una mejor la liberación y dispersión de los millones de nuevos CI al ambiente (Gasque et al., 2019). Estos CI vuelven a depositarse nuevamente sobre las hojas o en el suelo, listos para comenzar su viaje para ser ingeridos por otra larva e iniciar un nuevo ciclo (Cory y Myers, 2003).

Debido a esta forma particular de permanecer en el medio ambiente y de

infectar a los insectos, los baculovirus son utilizados y estudiados como agentes de control biológico de los insectos plagas, lo que permite reducir la dependencia de insecticidas químicos. Su incorporación en programas de manejo integrado de plagas reduce el impacto de los insecticidas, preserva la biodiversidad de los agroecosistemas y mantiene la salud del suelo y del agua, elementos esenciales para la producción sostenible de alimento que responde también a los principios del enfoque «Una sola salud» (One Health), promovidos por la FAO, la OMS y otros organismos, donde la salud ambiental, animal y humana están interconectadas.

Conclusión

Los baculovirus son protagonistas de una historia poco contada: una historia de resistencia, movimiento y acción silenciosa sobre los insectos susceptibles. Este recorrido, no sólo es un fenómeno fascinante desde el punto de vista ecológico, sino también una muestra del ingenio de la naturaleza para autorregularse y mantener el equilibrio. Comprender su ecología, su persistencia en el ambiente, los mecanismos de dispersión y su especificidad hacia los insectos plaga como el gusano cogollero, otras plagas importantes del maíz y otros cultivos (ejemplo, el gusano elotero, el gusano del fruto del tomate, el gusano terciopelo de la soya, el gusano y el barrenador de la caña de azúcar, entre otros), es crucial

para generar una base científica y diseñar estrategias de control biológico más eficientes y respetuosas con el entorno. Por ello, el papel de estos virus se vuelve cada vez más relevante para una agricultura más sostenible. Esto nos recuerda que los organismos más pequeños como los virus tienen un papel enorme en la protección de los sistemas agrícolas.

Referencias

- Cory, J. S., & Myers, J. H. (2003). The ecology and evolution of insect baculoviruses. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34, 239–272. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132402>
- Gasque, S. N., van Oers, M. M., & Ros, V. I. D. (2019). Where the baculoviruses lead, the caterpillars follow: Baculovirus-induced alterations in caterpillar behaviour. *Current Opinion in Insect Science*, 33, 30–36. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2019.02.008>
- Ikeda, M., Hamajima, R., & Kobayashi, M. (2015). *Baculoviruses: Diversity, evolution and manipulation of insects*. *Entomological Science*, 18(1), 1–20. <https://doi.org/10.1111/ens.12105>
- Jehle, J. A., Blissard, G. W., Bonning, B. C., Cory, J. S., Herniou, E. A., Rohrmann, G. F., Theilmann, D. A., Thiem, S. M., & Vlask, J. M. (2006). On the classification and nomenclature of baculoviruses: A proposal for revision. *Archives of Virology*, 151(7), 1257–1266. <https://doi.org/10.1007/s00705-006-0763-6>
- Williams, T. (2018). Viruses. In A. E. Hajek & D. I. Shapiro-Ilan (Eds.), *Ecology of Invertebrate Diseases* (pp. 215–285). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119256106.ch7>