

La polilla mayor de la cera y sus aplicaciones

Gobinath **Chandrakasan**
Rocío **López Hernández**

Galleria mellonella, comúnmente conocida como polilla de la cera, es un insecto lepidóptero que infesta principalmente colmenas, alimentándose de cera, miel y polen. Esta especie, originaria de Europa, Asia y el norte de África, se ha convertido en un insecto modelo ampliamente estudiado en biología, que se ha utilizado en numerosos estudios biológicos y biomédicos, particularmente en inmunología, microbiología y toxicología. Se ha demostrado que estas larvas cuentan con una respuesta inmunitaria innata eficaz, evidenciada por la producción rápida de péptidos antimicrobianos, la activación del sistema de melanización y la capacidad de fagocitosis de sus hemocitos. Además, se ha documentado que pueden sobrevivir a infecciones por diversos patógenos humanos y responder de manera dependiente de la dosis, lo que refuerza su utilidad como modelo experimental y las convierte en un modelo útil para estudiar las interacciones huésped-patógeno de diversas bacterias y hongos. Se utilizan ampliamente en la investigación científica debido a sus similitudes fisiológicas con los mamíferos en cuanto a respuesta inmunitaria, como la producción de péptidos antimicrobianos, la fagocitosis y la formación de melanina como respuesta defensiva; pero también por su facilidad de cultivo y sus ventajas éticas sobre los modelos vertebrados.

Una de las ventajas de utilizar *G. mellonella* en investigación es su pequeño tamaño, que facilita su manejo y mantenimiento en el laboratorio. Este insecto también tiene un ciclo de vida corto, lo que permite una rápida experimentación y obtención de resultados. Además, la cría de larvas de *G. mellonella* es económica y éticamente aceptable para la experimentación animal, ya que no tienen el mismo nivel de consciencia que los animales superiores.

Las larvas de *G. mellonella* se utilizan cada vez más como modelos de infección para evaluar la patogenicidad de bacterias grampositivas y gramnegativas, y hongos patógenos.

INVESTIGACIÓN BIOMÉDICA

Las larvas de *G. mellonella* han cobrado gran importancia como organismo modelo alternativo para el estudio de enfermedades infecciosas debido a sus similitudes fisiológicas e inmunológicas con los sistemas de los mamíferos. Su sistema inmunitario, compuesto por mecanismos de defensa, tanto celulares como humorales, permite a los investigadores estudiar infecciones microbianas, evaluar factores de virulencia y probar tratamientos antimicrobianos de forma rentable y ética.

El sistema inmunitario innato de *G. mellonella* se asemeja mucho a la respuesta inmunitaria de los mamíferos, lo que lo convierte en un excelente modelo para el estudio de las interacciones huésped-patógeno. Las similitudes clave incluyen:

1. Hemocitos: funcionalmente análogos a los glóbulos blancos de los mamíferos, los hemocitos participan en el reconocimiento de patógenos, la fagocitosis y la encapsulación de invasores.
2. Péptidos antimicrobianos (AMP): las larvas producen AMP como gallerimicina, lisozimas y cecropinas, que son funcionalmente similares a las defensinas y catelicidinas humanas.
3. Melanización y encapsulación: la cascada de fenoloxidasa en *G. mellonella* es comparable a las respuestas inflamatorias en mamíferos y desempeña un papel en la neutralización de patógenos (McCloskey *et al.*, 2019).

Aplicaciones en estudios bacterianos:

- *Staphylococcus aureus*: se utiliza para investigar la formación de biopelículas, factores de virulencia y eficacia antibiótica.
- *Pseudomonas aeruginosa*: estudios sobre detección de quórum, desarrollo de biopelículas y mecanismos de resistencia a los antimicrobianos (Liu *et al.*, 2024).
- *Enterococcus faecalis* y *Klebsiella pneumoniae*: evaluaciones de patogenicidad y respuesta a nuevos agentes antibacterianos.
- Infecciones micobacterianas: se utiliza para estudiar patógenos relacionados con la tuberculosis como *Mycobacterium abscessus* y *Mycobacterium marinum*. Las infecciones bacterianas pueden inducirse inyectando una dosis controlada de patógenos en las larvas, después de lo cual se monitorean las tasas de supervivencia, las respuestas inmunitarias y la carga bacteriana.

Por otro lado, *G. mellonella* se utiliza en el estudio de infecciones fúngicas, en particular, las producidas por patógenos oportunistas que afectan a pacientes inmunodeprimidos. Por ejemplo:

- *Candida albicans*: se analizan factores de virulencia como la formación de hifas, la adhesión y la resistencia a las biopelículas.
 - *Aspergillus fumigatus*: un modelo para la aspergilosis pulmonar invasiva, que ayuda en las pruebas de fármacos antifúngicos.
 - *Cryptococcus neoformans*: para estudiar la meningitis fúngica y el papel de la producción de cápsulas fúngicas en la virulencia (Smith *et al.*, 2022).
- Algunos estudios se centran en los *baculovirus* que participan en la replicación, la respuesta inmunitaria y la expresión génica en larvas infectadas. La investigación sobre virus patógenos humanos explora las interacciones virus-huésped utilizando virus modificados genéticamente para estudiar estrategias de evasión inmunitaria (Schieferrecke *et al.*, 2025).

TOXICOLOGÍA DE NANOMATERIALES

Con el creciente uso de nanomateriales en la medicina, la industria y los productos de consumo, *G.*



Figura 1. Etapas de desarrollo e infección por nematodos en *G. mellonella*. (A) Huevo de *G. mellonella* puesto con dieta artificial en el laboratorio. (B) Larva de quinto estadio. (C) Etapa adulta de *G. mellonella*. (D) Galleria infectada con nematodos entomopatógenos. (E) Nematodos extraídos observados al microscopio. (F) Micrografía electrónica de barrido de *Heterorhabditis* sp.

mellonella sirve como modelo para evaluar la toxicidad de las nanopartículas (Piatek *et al.*, 2021).

- Nanomateriales de carbono: evaluación de la toxicidad del grafeno y los nanotubos de carbono.
- Nanopartículas poliméricas: investigación de su biocompatibilidad para aplicaciones de administración de fármacos.

La exposición a nanopartículas puede inducir estrés oxidativo, activación inmunitaria y cambios en la expresión génica, todos ellos cuantificables en *G. mellonella* (Tuncsoy *et al.*, 2021).

BIODEGRADACIÓN Y GESTIÓN DE RESIDUOS

La contaminación por plásticos es uno de los desafíos ambientales más acuciantes, siendo el polietileno (PE) un factor clave debido a su uso generalizado y su resistencia a la degradación natural. Estudios recientes han revelado que las larvas de *G. mellonella* poseen la notable capacidad de digerir el plástico de polietileno, lo que ofrece una posible solución biológica para la degradación de residuos plásticos y la biorremediación ambiental (Siddiqui *et al.*, 2024).

Mecanismos de biodegradación

- Microbiota intestinal: el intestino larvario alberga comunidades bacterianas capaces de descomponer los hidrocarburos de cadena larga presentes en el polietileno. Se han identificado bacterias como

Enterobacter y *Pseudomonas* en el sistema digestivo de las larvas como posibles contribuyentes al proceso de degradación.

- Descomposición enzimática: *G. mellonella* produce enzimas específicas, como oxidasas y esterases, que catalizan la oxidación y la descomposición de las moléculas de polietileno (Jin *et al.*, 2023). Estas enzimas pueden funcionar de forma similar a las que intervienen en la digestión de la cera de abejas, que comparte similitudes estructurales con los polímeros plásticos.

INVESTIGACIÓN EN BIOCONTROL

G. mellonella desempeña un papel vital en el estudio y la extracción de entomopatógenos (patógenos de insectos) para su uso en aplicaciones de biocontrol contra diversas plagas de insectos. Dado que *G. mellonella* es altamente susceptible a diversos patógenos de insectos, se utiliza ampliamente para aislar y propagar entomopatógenos que pueden utilizarse en el control de plagas contra otras especies de insectos.

Patógenos utilizados en biocontrol

- *Bacillus thuringiensis* (Bt). Una bacteria natural que produce toxinas letales para muchas plagas de insectos (Grizanova *et al.*, 2023).
- *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*. Patógenos fúngicos que infectan a los insectos penetrando su exoesqueleto y proliferando en su interior.
- *Isaria fumosorosea*. Se utiliza en el control de mosca blanca, trips y otras plagas agrícolas.
- Nucleopolihedrovirus (NPV) y Granulovirus (GV). Ambos pertenecen a la familia Baculoviridae y son utilizados como agentes virales en programas de biocontrol por su especificidad hacia insectos plaga como gusanos cogolleros y gusanos cortadores.
- Nematodos entomopatógenos. Especies de *Steinernema* y *Heterorhabditis* infectan larvas de *G. mellonella* y liberan bacterias simbióticas que matan al huésped. Se utilizan para controlar plagas del suelo como gorgojos y larvas.

CONCLUSIÓN

G. mellonella, la polilla mayor de la cera, ha demostrado ser un organismo modelo versátil en diversas aplicaciones científicas. Su uso en estudios de patogenicidad, toxicología y respuesta inmune ha permitido importantes avances en la investigación biomédica y entomológica. Además, su papel en la producción y evaluación de nematodos entomopatógenos resalta su importancia en el control biológico de plagas. Gracias a su facilidad de cultivo en laboratorio y su similitud con los sistemas inmunológicos de otros organismos, *G. mellonella* sigue siendo una herramienta valiosa en estudios de microbiología, ecología y biotecnología aplicada.

REFERENCIAS

Grizanova EV, Krytsyna TI, Kalmykova GV *et al.* (2023). Virulent and necrotrophic strategies of *Bacillus thuringiensis* in susceptible and resistant insects, *Galleria mellonella*. *Microbial Pathogenesis* 175:105958.

Jin J, Arciszewski J, Auclair K *et al.* (2023). Enzymatic polyethylene biorecycling: Confronting challenges and shaping the future. *Journal of Hazardous Materials* 460:132449.

Liu HY, Prentice EL and Webber MA (2024). Mechanisms of antimicrobial resistance in biofilms. *npj Antimicrobials and Resistance* 2(1):27.

McCloskey AP, Lee M, Megaw J *et al.* (2019). Investigating the *in vivo* antimicrobial activity of a self-assembling peptide hydrogel using a *Galleria mellonella* infection model. *ACS Omega* 4(2):2584-2589.

Piatek M, Sheehan G and Kavanagh K (2021). *Galleria mellonella*: The Versatile host for drug discovery, *In vivo* toxicity testing and characterising host-pathogen interactions. *Antibiotics (Basel)* 10(12):1545.

Schieferrecke AJ, Kuxhausen RN and Schaffer DV (2025). The Application of DNA Viruses to Biotechnology. *Viruses* 17(3):414.

Siddiqui SA, Abd Manap AS, Kolobe SD *et al.* (2024). Insects for plastic biodegradation –A review. *Process Safety and Environmental Protection* 186:833-849.

Smith DF, Dragotakes Q, Kulkarni M *et al.* (2022). *Galleria mellonella* immune melanization is fungicidal during infection. *Communications Biology* 5(1):1364.

Tuncsoy B and Mese Y. (2021). Influence of titanium dioxide nanoparticles on bioaccumulation, antioxidant defense and immune system of *Galleria mellonella* L. *Environmental Science and Pollution Research* 28(28):38007-38015.

Gobinath Chandrakasan
Facultad de Ingeniería
Universidad Autónoma de Querétaro
gobi.marine@gmail.com

Rocío López Hernández
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán
Universidad Nacional Autónoma de México

