

Hormonas en acción: claves invisibles para controlar plagas

Francisco Javier **Ramírez-Aguilar**
David **Alavez-Rosas**

¿Qué tienen en común una mariposa que muda de piel, una abeja que encuentra flores con precisión y un mosquito listo para picar?: que todas estas conductas están reguladas por sustancias químicas invisibles para el ojo humano, pero que controlan la vida de los insectos. Durante décadas, los científicos han clasificado las sustancias químicas según su función y el tipo de comunicación que median en los organismos. Por un lado, pusieron a las hormonas, que actúan dentro del organismo y son secretadas por glándulas endocrinas. Por otro, colocaron a las feromonas, las cuales son enviadas al exterior a través de glándulas exocrinas para comunicar algo a otros individuos de la misma especie. Recientemente, nuevas propuestas buscan integrar estas y otras señales químicas bajo un mismo concepto: los infoquímicos (Alavez-Rosas, *et al.* 2024).

Los infoquímicos son todas aquellas sustancias que transmiten información química y modulan el comportamiento o la fisiología de los organismos; se dividen en dos grandes grupos: el primero lo conforman las hormonas, que actúan dentro del organismo que las produce regulando funciones como el crecimiento, el desarrollo, la reproducción y la respuesta al estrés; el segundo grupo lo constituyen los semioquímicos, que actúan entre organismos. Aquí encontramos a las feromonas, que permiten la comunicación entre individuos de la misma especie; por ejemplo,

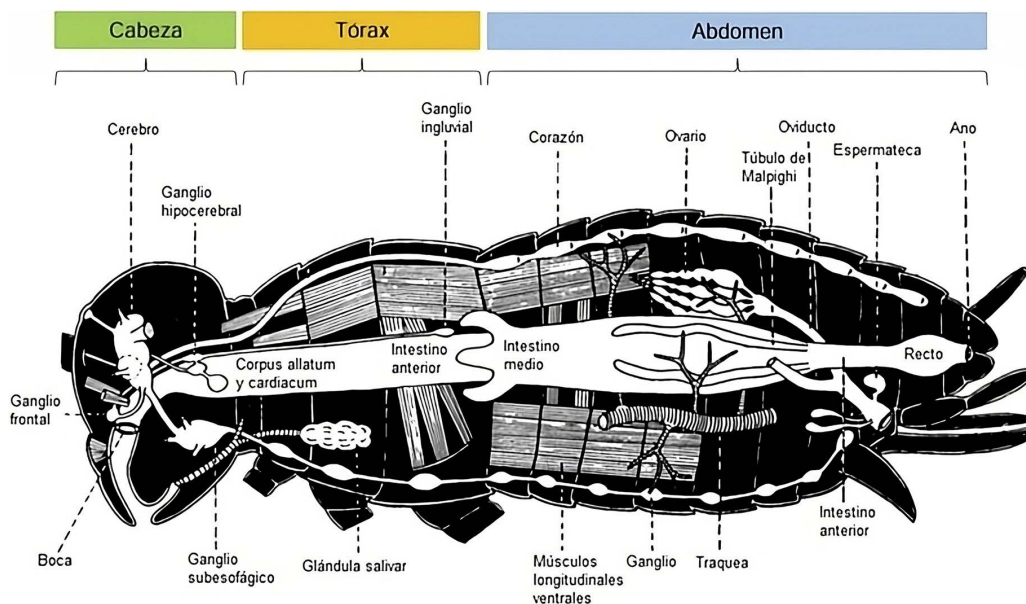


Figura 1. Órganos internos principales de un insecto generalizado. Imagen creada por los autores, tomando como base lo descrito por Stay y Tobe (2003).

para atraer pareja. Y los aleloquímicos, que median interacciones entre especies diferentes, como atraer polinizadores o evitar depredadores. Esta visión más amplia borra las barreras artificiales entre lo interno y lo externo, y reconoce que, en muchos casos, los sistemas endocrinos y exocrinos están íntimamente conectados. Por ejemplo, una feromona puede activar una vía hormonal, y viceversa (Orchard y Lange, 2024). Esta nueva clasificación permite entender a los insectos como organismos que utilizan un sistema de comunicación complejo en redes ecológicas amplias. Y si logramos entender su lenguaje químico, tanto interno como externo, podríamos influir en su comportamiento de forma más precisa y sostenible.

EL SISTEMA ENDOCRINO DE LOS INSECTOS Y SUS HORMONAS

El sistema endocrino de los insectos es una red de glándulas y señales que, pese a su aparente simplicidad, regula procesos tan complejos como el crecimiento, la metamorfosis y la reproducción (Figura 1). Entender este sistema nos revela el fascinante funcionamiento interno de los insectos, y nos abre

puertas para nuevas estrategias de manejo y control sustentable en la agricultura y la salud pública. Los insectos poseen un sistema endocrino tan complejo y eficiente como el de muchos vertebrados. Está conformado por glándulas especializadas, las cuales se encuentran dispersas por todo el cuerpo y producen sustancias capaces de orquestar cambios profundos en su fisiología y comportamiento. Estas sustancias se conocen como hormonas. El término proviene del griego *hormān*, que significa “excitar o mover”, y fue acuñado en 1905 por el fisiólogo británico Ernest Starling, al observar que ciertos compuestos producidos en un órgano podían viajar por el cuerpo y desencadenar respuestas en otros sitios (Nunes *et al.*, 2021).

Entre las glándulas endocrinas principales destacan las glándulas protorácicas, encargadas de producir la hormona ecdisona que desencadena el proceso de muda o ecdisis. Esta hormona es fundamental en cada cambio de etapa: de huevo a larva, de larva a pupa y de pupa a adulto. Los cuerpos alados (*Corpus allatum*) secretan las hormonas juveniles (HJ), que le indican al cuerpo del insecto si debe seguir siendo joven o avanzar a una fase más madura. En etapas juveniles, altos niveles de HJ impiden la metamorfosis. Cuando sus niveles bajan, la

ecdisona puede llevar al insecto a su forma adulta. Los cuerpos cardiacos (*Corpus cardiacum*) almacenan y liberan hormonas neurosecretoras producidas en el cerebro, las cuales son esenciales para la regulación de todos los procesos fisiológicos (Force y Debernard, 2025). Asimismo, hay otros tejidos que preparan al insecto para cambios en el ambiente, activando comportamientos clave como la oviposición, la búsqueda de alimento o el vuelo en momentos estratégicos (Orchard y Lange, 2024).

Los insectos ofrecen ventajas para estudiar fenómenos complejos como la ecdisis y la metamorfosis. Además, la diversidad de ciclos de vida de los insectos, desde los hemimetábolos (con metamorfosis incompleta) hasta los holometábolos (con metamorfosis completa), permite estudiar etapas específicas de la regulación hormonal (Walkowiak-Nowicka *et al.*, 2021). El sistema endocrino de los insectos puede entonces ser usado para comprender cómo las hormonas controlan el desarrollo físico y los comportamientos complejos, como la migración (Nowicki *et al.*, 2021).

HORMONAS BAJO ATAQUE: CÓMO LAS USAMOS PARA CONTROLAR INSECTOS

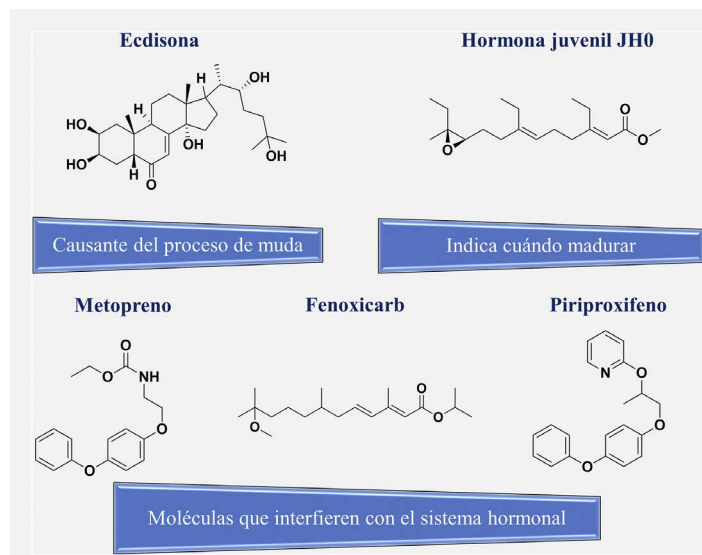
El conocimiento de las hormonas en insectos ha propiciado avances en varias áreas aplicadas, como el control de plagas y el diseño de bioinsecticidas. En lugar de depender de métodos químicos invasivos, la investigación endocrinológica permite desarrollar moléculas específicas que pueden interrumpir los procesos hormonales de los insectos sin afectar otras especies. Algunas moléculas que funcionan como disruptores endocrinos, como el fenoxicarb o el metopreno, son ejemplos de cómo el entendimiento de las hormonas de los insectos puede ser aplicado para controlar poblaciones, sin recurrir a químicos más agresivos. Estas moléculas imitan la acción natural de las HJ e interrumpen el desarrollo del insecto, impidiendo su metamorfosis o reproducción. (Hu *et al.*, 2019).

El metopreno ha sido ampliamente utilizado para controlar mosquitos vectores de enfermedades como el dengue o el virus del Nilo Occidental. Pero,

debemos tener en cuenta que su uso también ha sido asociado con impactos negativos sobre otras especies no objetivo, como algunas langostas y camarones de agua dulce. El fenoxicarb y el piriproxi-feno son usados como reguladores del crecimiento y funcionan bien contra plagas como pulgones o moscas, pero también pueden afectar organismos acuáticos si no se manejan con precaución. Otra línea de ataque son los agonistas de la ecdisona, compuestos que activan de forma prematura la muda, provocando la muerte del insecto antes de alcanzar la madurez (Figura 2).

Estos enfoques han llevado a replantear la frase “no todo lo que brilla es oro”, ya que, aunque son efectivos, muchos de estos químicos pueden tener efectos colaterales en ecosistemas sensibles. Por eso, hoy se impulsa una visión más integradora desde la perspectiva de “Una Salud” (*One Health*), donde se busca el equilibrio entre control de plagas, seguridad alimentaria y protección ambiental. Este enfoque integrador reconoce la interdependencia entre la salud humana, animal y ambiental, lo que es crucial para abordar de manera efectiva los desafíos de salud global, promoviendo soluciones sostenibles y colaborativas que benefician tanto

Figura 2. Estructuras moleculares de una hormona juvenil, la ecdisona, el metopreno, el fenoxicarb y el piriproxi-feno.



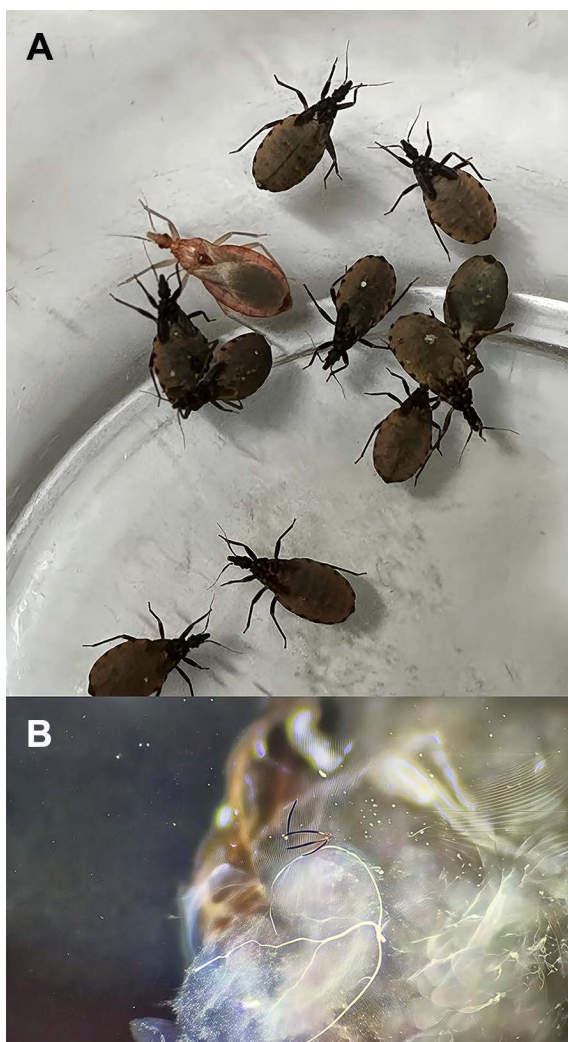


Figura 3. *Paratriatoma lecticularia*, un triatomino de importancia médica. A) ninfas de quinto instar y una hembra recién emergida, B) glándula de Brindley, ubicada en la parte dorsal del metatórax.

a las personas como al ecosistema en el que interactúan (Socha *et al.*, 2022).

En nuestro grupo de investigación nos centramos en el estudio del sistema endocrino de *Paratriatoma lecticularia*, un insecto hematófago que juega un papel crucial en la transmisión de *Trypanosoma cruzi*, el parásito causante de la enfermedad de Chagas (Figura 3). Esta enfermedad, endémica en diversas regiones de América Latina, representa un desafío de salud pública, ya que a través de las heces del vector contaminadas con *T. cruzi*, se pueden provocar múltiples infecciones en los seres humanos (Vargas-Abasolo *et al.*, 2024).

Debido a la estrecha relación de *P. lecticularia* con el parásito, resulta de suma importancia desarrollar estrategias efectivas para controlar su población y prevenir el contacto con los humanos. En este sentido, nuestro trabajo se enfoca en entender cómo sus hormonas regulan procesos fundamentales como la metamorfosis, la reproducción y el crecimiento, con el objetivo de identificar puntos clave donde podamos intervenir. Al conocer mejor su sistema endocrino, buscamos diseñar métodos innovadores que interrumpan su ciclo de vida, tales como disruptores hormonales específicos o herramientas de control biológico. De esta forma, nuestras investigaciones pueden contribuir a generar soluciones más efectivas para reducir la transmisión de *T. cruzi*, agente etiológico de la enfermedad de Chagas, mejorando la salud pública y el bienestar de las comunidades afectadas.

CONCLUSIONES Y EL FUTURO DE LA ENDOCRINOLOGÍA DE LOS INSECTOS

El estudio del sistema endocrino de los insectos ha abierto nuevas puertas en la comprensión de procesos fundamentales como la metamorfosis, el crecimiento y la reproducción. Los insectos se han convertido en modelos cruciales para entender cómo las señales hormonales pueden transformar la fisiología y el comportamiento, lo que nos ayuda a abordar desafíos como el control de plagas y el desarrollo de nuevas tecnologías biológicas. El avance en la comprensión de los infoquímicos, como las hormonas y los semioquímicos, también está abriendo nuevas posibilidades para el diseño de estrategias de manejo más precisas y menos invasivas. Al conocer cómo los insectos perciben y responden a su entorno químico, podemos crear herramientas más eficaces para la protección agrícola y la salud pública.

De cara al futuro, la investigación en endocrinología comparada, en la que los insectos juegan un papel esencial, promete descubrir nuevas interacciones hormonales que podrían revolucionar tanto la biología fundamental como sus aplicaciones prácticas. La posibilidad de modular los sistemas endocrinos de los insectos de manera específica,



© Raúl Chiquito. a) *Rostros del maizal*. Rostros sonrientes al paso de una mujer. b) *Juntando nanacatl*. Recolectando hongos después de la lluvia. d) *Chinacate*. Hombre desnudo corriendo en el maizal. e) *Camino a Cholula*. Retornando de alguna fiesta en Cholula.

no solo mejorará los métodos de control biológico, sino que también permitirá avanzar en áreas como la medicina, la biotecnología y la ecología química. El camino hacia una comprensión más profunda del lenguaje químico universal de los insectos sigue siendo largo, pero los avances de los últimos años nos brindan un futuro prometedor para continuar explorando y aprovechando su potencial.

REFERENCIAS

- Alavez-Rosas D, Vargas-Abasolo R, Albores-Flores CI *et al.* (2024). Chemical ecology of triatomines: current knowledge and implications for vector management of Chagas disease. *Journal of Pest Science* 97:507-520. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10340-023-01678-6>.
- Force E and Debernard S (2025). Endocrine regulation of reproductive behaviors in insects: a comprehensive review. *Current Opinion in Insect Science* 69(101360):1-7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cois.2025.101360>.
- Hu X, Niu J, Meng Q *et al.* (2019). Effects of two juvenile hormone analogue insecticides, fenoxycarb and methoprene. *Neocaridina davidi*. *Environmental Pollution* 253:89-99. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.06.120>.
- Nunes C, Sucena E and Koyama T (2021). Endocrine regulation of immunity in insects. *The FEBS Journal* 288(13):3928-3947. DOI: <https://doi.org/10.1111/febs.15581>.
- Nowicki P, Kuczer M, Schroeder G and Czarniewska E (2021). Disruption of insect immunity using analogs of the pleiotropic insect peptide hormone

Neb-colloostatin: a nanotech approach for pest control II. *Scientific Reports* 11(9459):1-11. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87878-5>.

Orchard I and Lange A (2024). The neuroendocrine and endocrine systems in insect-Historical perspective and overview. *Molecular and Cellular Endocrinology* 580(112108):1-18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mce.2023.112108>.

Socha W, Kwasnik M, Larska M *et al.* (2022). Vector-borne viral diseases as a current threat for human and animal health - One Health perspective. *Journal of Clinical Medicine* 11(3026):1-28. DOI: <https://doi.org/10.3390/jcm11113026>.

Stay B and Tobe S (2003). Insect endocrine system. In Henry H and Norman A (Eds.), *Encyclopedia of hormones* (pp. 316-328). Academic Press, Netherlands.

Vargas-Abasolo R, Alavez-Rosas D y Córdoba-Aguilar A (2024). Más allá de los insecticidas: buscando un control ecológico y sustentable de las chinches besuconas. *Elementos* 134:105-110.

Walkowiak-Nowicka K, Chowański S, Urbański A and Marciniak P (2021). Insects as a new complex model in hormonal basis of obesity. *International Journal of Molecular Sciences* 22(20):11066. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms222011066>.

Francisco Javier Ramírez-Aguilar
David Alavez-Rosas
Facultad de Ciencias Químicas
Benemérita Universidad Autónoma de Chiapas
Departamento de Ecología de Artrópodos y
Manejo de Plagas
El Colegio de la Frontera Sur
daalavez@ecosur.edu.mx



© Raúl Chiquito. *Cargando a Dafne. Llevando alimentos al ejido (zona de Angelópolis).*