

Avispas parasitooides

¡Un mundo de interacciones!

Rubén Castañeda Osorio
Universidad Nacional Autónoma de México
ruben.castaneda@st.ib.unam.mx

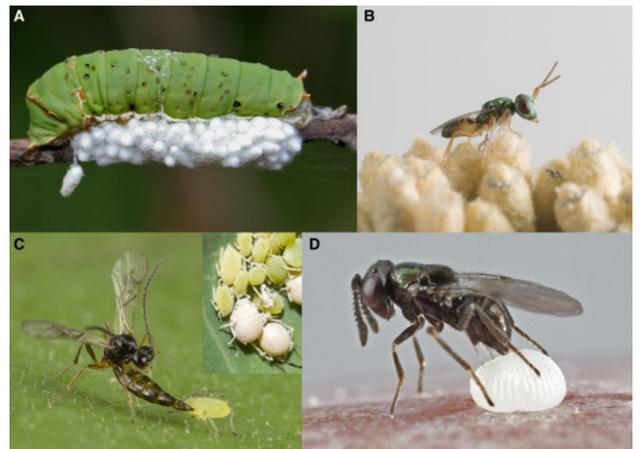


En la naturaleza, los seres vivos están en constante interacción entre sí y con el entorno que los rodea, formando una compleja red de interacciones ecológicas. Las avispas parasitoides, por ejemplo, interactúan de manera muy peculiar con otros grupos de insectos pues se desarrollan a expensas de ellos y causan su muerte. Pero ¿sabías que las avispas parasitoides han sido utilizadas como control biológico? A continuación, hablaremos sobre este grupo particular de insectos, su biología, y exploraremos brevemente sus diversas interacciones ecológicas con otros organismos.

¿Qué son las avispas parasitoides?

Las avispas parasitoides son organismos holometábolos pertenecientes al orden Hymenoptera, uno de los órdenes más numerosos de insectos con cerca de 200,000 especies descritas (Peters et al, 2017 ^[9]). El orden himenóptera incluye a las abejas, abejorros, hormigas, entre otros (Peters et al, 2017 ^[9]). Esta gran riqueza de especies se puede explicar principalmente por las adaptaciones morfológicas de los himenópteros y su estructura corporal, pero también por la gran diversidad de historias de vida que ellos presentan: en este orden se encuentran organismos con diversas funciones ecológicas como herbivoría (fitófagos y polinizadores), depredación, y predominantemente también encontramos a los parasitoides, que comprenden alrededor del 75 % de las especies de himenópteros (Blaimer et al, 2023 ^[2]).

Avispas parasitoides ovipositando en diferentes especies de huéspedes y etapas de desarrollo. Tomado de Burke y Sharanowski (2024).



Un parasitoide es aquel organismo que parasita sólo en estado inmaduro y completa su desarrollo larvario a expensas de otro organismo, emergiendo listo para pupar o como un adulto completamente desarrollado (Quicke, 2015 ^[10]). A diferencia de los parásitos, que generalmente son organismos adultos que dañan y debilitan al huésped pero no lo llegan a matar, los parasitoides inevitablemente causan la muerte de su huésped (Bonet, 2009 ^[3]). Las avispas parasitoides son extremadamente diversas y están especializadas para atacar diversos grupos de artrópodos, principalmente insectos en sus diferentes etapas de desarrollo, como huevos, larvas, pupas y adultos (Bonet, 2009 ^[3]). Esta especialización está relacionada con la muy estrecha interacción que tienen los parasitoides con sus respectivos huéspedes. La gran diversidad y radiación en Hymenoptera depende a su vez del éxito de este modo de vida parasitoide y de las diferentes estrategias de parasitoidismo que presentan (Quicke, 2015 ^[10]; Forbset al, 2018 ^[5]).

La estrecha interacción entre la avispa parasitoide y su huésped es el resultado de un largo proceso evolutivo ocurrido a lo largo de millones de años (Bonet, 2009 ^[3]). También es un proceso complejo pues el organismo parasitoide necesita del huésped para su alimentación, desarrollo y supervivencia. Este proceso co-evolutivo ha dado lugar a una serie de adaptaciones a la fisiología de los organismos huéspedes de los que depende, así como también a adaptaciones morfológicas de los mismos parasitoides (Bonet, 2009 ^[3]; Quicke, 2015 ^[10]).

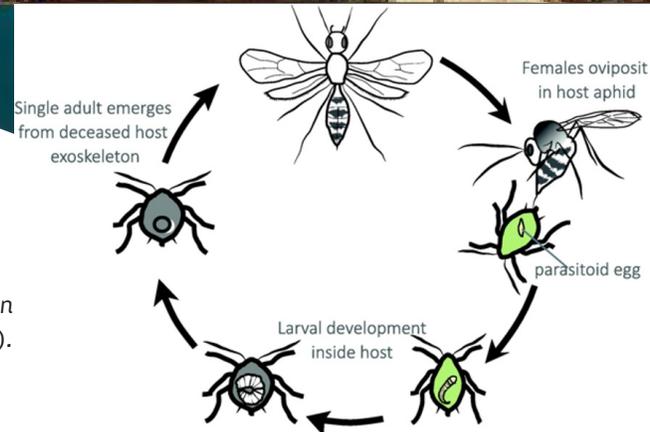
Ciclo de vida parasitoide

Las avispas parasitoides son insectos holometábolos, esto es, que su desarrollo pasa por cuatro etapas diferentes de cambio morfológico empezando por huevo, larva, pupa y finalmente, adulto (Belles, 2011 ^[1]). Este tipo de desarrollo se diferencia de los hemimetábolos, que presentan sólo tres fases (huevo, ninfa y adulto), y los ametábolos, los cuales no pasan por la metamorfosis (Belles, 2011 ^[1]). En los holometábolos, las etapas inmaduras son totalmente diferentes de la etapa madura, mientras que los hemimetábolos y ametábolos las fases inmaduras suelen asemejarse mucho a las formas maduras.



Esta característica de presentar variación morfológica en las diferentes etapas en holometábolos les proporciona ventajas, ya que tanto las larvas como los adultos pueden desempeñar distintos roles ecológicos según sus necesidades específicas (Grimaldi y Engel, 2005 ^[7]; Belles, 2011 ^[1]). Su morfología y hábitos están adaptados para llevar a cabo diversas actividades, lo que minimiza la competencia por los recursos disponibles. Por ejemplo, en la mayoría de los casos, las larvas presentan características enfocadas a la alimentación, crecimiento y desarrollo. Por otro lado, los adultos presentan rasgos morfológicos que les facilitan la dispersión, el apareamiento y la reproducción, llegando incluso a carecer de estructuras funcionales que les permitan alimentarse (Gangwere, 2004 ^[6]; Grimaldi y Engel, 2005 ^[7]).

En el caso de las avispas parasitoides, el ciclo de vida empieza cuando la hembra busca a un huésped para ovipositar. Una vez localizado un huésped adecuado, la hembra utiliza una estructura abdominal conocida como ovipositor para paralizarlo y poner su huevo. Algunos ovipositores están adaptados para perforar tejido vegetal o taladrar madera en caso de que sus huéspedes vivan ocultos dentro de una planta o un árbol (Bonet, 2009 ^[3]; Quicke, 2015 ^[10]). La etapa de huevo es considerablemente corta, pudiendo durar unos pocos días. Posteriormente, el huevo eclosiona y emerge de él una larva la cuál comienza a alimentarse del tejido blando del huésped, en ocasiones, tan pronto como ésta eclosiona. En esta etapa, la larva obtiene y acumula el material y la energía necesarios para el crecimiento, desarrollo y posterior metamorfosis (Bonet, 2009 ^[3]; Quicke, 2015 ^[10]). Algunos insectos holometábolos pasan por varios estadios larvarios conforme van creciendo. La alimentación de la larva lleva a la muerte del huésped, y comienza la etapa de pupa, que permanece inactiva pues no se alimenta. Finalmente, tras un periodo de tiempo, una avispa adulta emerge, y comienza a buscar pareja para iniciar nuevamente el ciclo (Bonet, 2009 ^[3]; Quicke, 2015 ^[10]).



Ciclo de vida generalizado de una avispa parasitoide que ataca a un huésped áfido. Tomado de Dennis, Ballesteros, Robin et al, (2020).

Estrategias de parasitoidismo

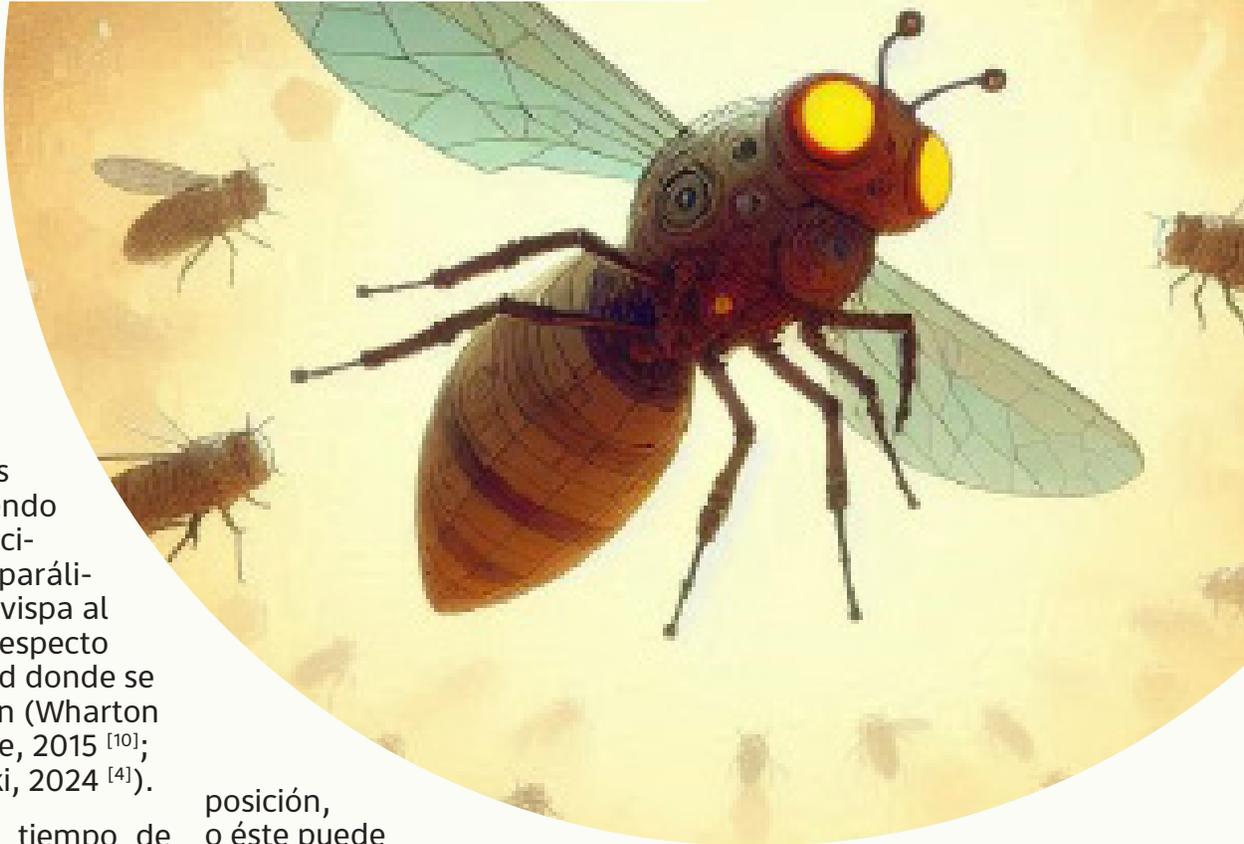
En avispas existe una gran variedad de estrategias de parasitoidismo que han derivado en la gran riqueza de especies y diversidad en Hymenoptera (Forbes et al, 2018 ^[5]). Estas estrategias se pueden clasificar en dos grupos diferentes dependiendo de dos factores principales: el tiempo de parálisis inducido por la avispa al inyectar veneno, y respecto al sitio en el huésped donde se realiza la oviposición (Wharton et al, 1997 ^[12]; Quicke, 2015 ^[10]; Burke y Sharanowski, 2024 ^[4]).

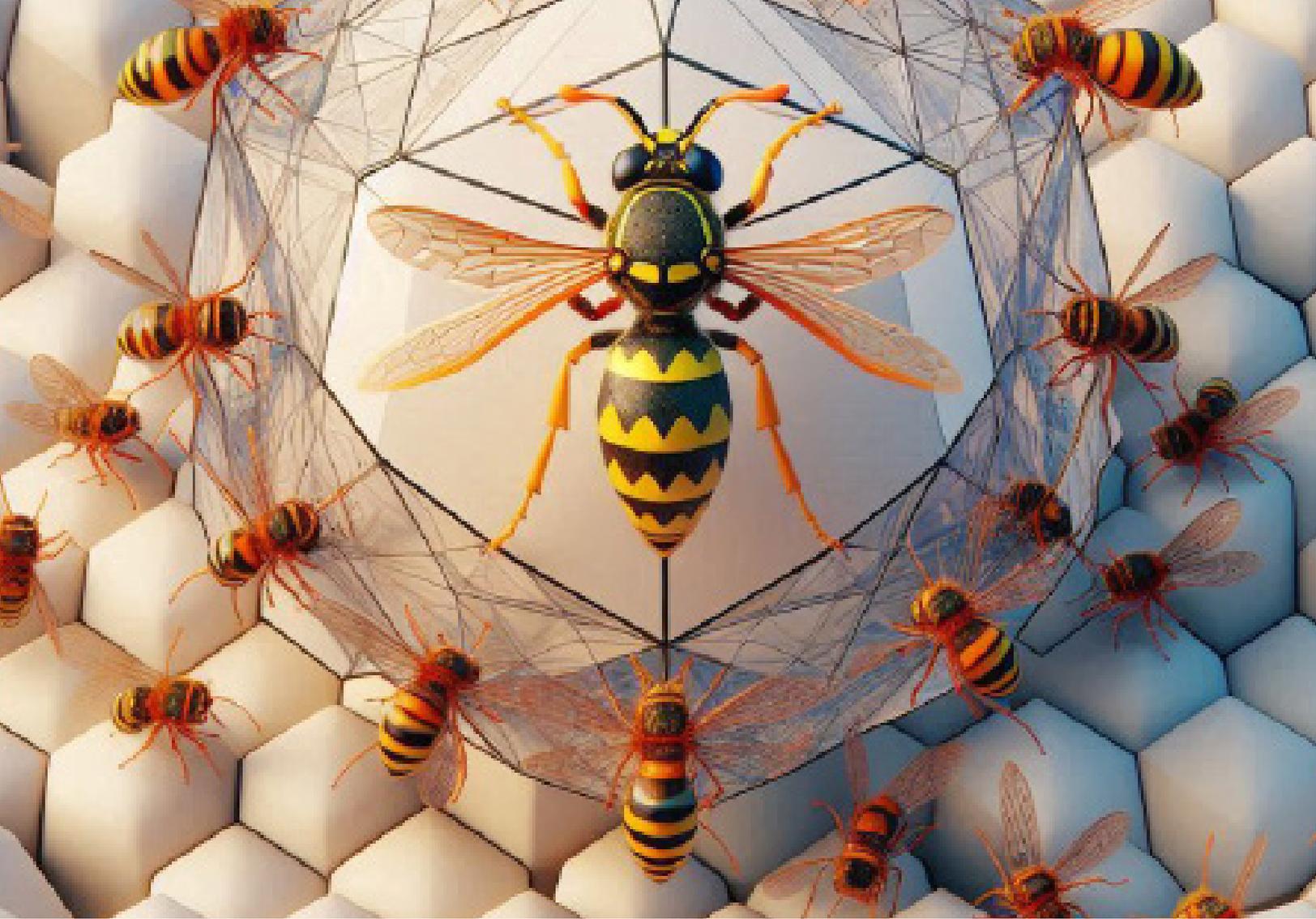
En relación con el tiempo de parálisis inducido por la avispa al momento de inyectar veneno al huésped y ovipositar, existen dos estrategias distintas: si la parálisis es temporal, se denomina cenobiosis (también llamada como koinobiosis), y los organismos se conocen como cenobiontes (o koinobiontes) (Wharton et al, 1997 ^[12], Burke y Sharanowski, 2024 ^[4]). En cambio, si la parálisis es de manera permanente, se denomina idiobiosis, y los organismos que presentan esta estrategia son idiobiontes (Burke y Sharanowski, 2024 ^[4]). Las avispas idiobiontes pueden matar al huésped inmediatamente después de la ovi-

posición, o éste puede morir poco después (Wharton et al, 1997 ^[12]). En cuanto al sitio de oviposición realizado por la avispa en relación con el hospedero, existen dos diferentes estrategias: cuando la avispa deposita sus huevos dentro del cuerpo del hospedero, se conoce como endoparasitoide; en cambio, si la oviposición se realiza sobre o cerca del cuerpo de éste, se les llama ectoparasitoides (Quicke, 2015 ^[10]; Burke y Sharanowski, 2024 ^[4]). Generalmente, los endoparasitoides atacan a huéspedes que se encuentran expuestos al ambiente, mientras que los ectoparasitoides buscan huéspedes que ocul-

tos y menos expuestos a ambientes abiertos (Bonet, 2009 ^[3]; Quicke, 2015 ^[10]).

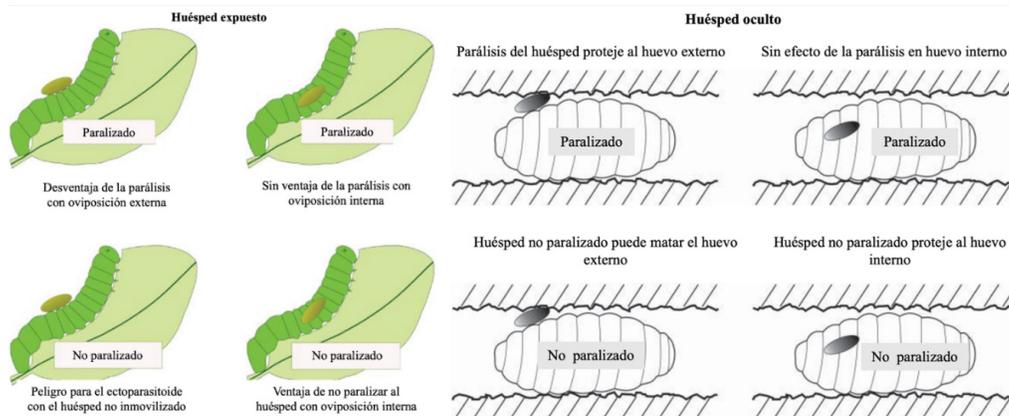
Además, se ha observado que existe una relación estrecha entre los dos tipos de estrategias mencionadas anteriormente (Burke y Sharanowski, 2024 ^[4]). Las avispas ectoparasitoides generalmente son idiobiontes, en esta estrategia el huevo puede ser depositado directamente sobre el huésped o cerca de él, la larva se alimenta externamente del huésped que ha sido inmovilizado por el veneno





de la hembra y deja de desarrollarse después de haber sido parasitado (Wharton et al, 1997 [12]; Quicke, 2015 [10]; Burke y Sharanowski, 2024 [4]). Por otro lado, los organismos endoparasitoides generalmente son cenobiontes, es decir, que inmovilizan temporalmente al huésped, o incluso no llegan a inmovilizarlo, y éste continúa su desarrollo y alimentación después de haber sido parasitado (Wharton et al, 1997 [12]; Burke y Sharanowski, 2024 [4]). Los endoparasitoides cenobiontes generalmente pasan la mayor parte de

su desarrollo larvario dentro del huésped vivo, y emergen cerca del final de su desarrollo cuando el huésped está próximo a morir. Finalmente pupan sobre, cerca o incluso lejos de él (Wharton et al, 1997 [12]). Sin embargo, existen grupos de avispa que llegan a presentar combinaciones diferentes de parasitoidismo. Por ejemplo, algunas especies de la subfamilia Rhysipolinae (familia Braconidae) de las que se ha documentado su estrategia de parasitoidismo, son ectoparasitoides cenobiontes (Jasso-Martínez et al, 2022 [8]).



Ventajas y desventajas de las diferentes combinaciones de ecto/endoparasitoidismo y cenobiontismo en huésped oculto y expuesto. Traducido de Quicke (2015).



Interacciones ecológicas de las avispas

Cómo ya hemos visto, las avispas parasitoides tienen un rol importante en los ecosistemas, y juegan un papel trascendental en las interacciones ecológicas, especialmente en la regulación de las poblaciones de otros organismos (Bonet, 2009^[3]). Esto se debe a su biología y ciclo de vida, y a la capacidad de parasitar y matar a insectos que pueden convertirse en plagas en los ecosistemas y en la agricultura (Burke y Sharanowski, 2024^[4]). Los parasitoides son reguladores naturales de las poblaciones de insectos principalmente, ya

que pueden reducir significativamente la densidad poblacional de sus huéspedes. Este control biológico es crucial para mantener el equilibrio en los ecosistemas y prevenir la proliferación de organismos que son considerados plagas (Bonet, 2009^[3]; Burke y Sharanowski, 2024^[4]).

Los parasitoides desempeñan un papel fundamental en las comunidades naturales debido a sus interacciones multi-tróficas (Bonet, 2009^[3]; Burke y Sharanowski, 2024^[4]). Estas interacciones se pueden agrupar

el según huésped que parasita, contribuyendo como consumidores en el tercer y cuarto nivel trófico de la cadena alimentaria (Bonet, 2009^[3]). Dentro de las avispas del tercer nivel, se encuentran los parasitoides primarios, que son todos aquellos que atacan principalmente a organismos fitófagos asociados con tejidos vegetales (Bonet 2009^[3]; Burke y Sharanowski, 2024^[4]). Por otro lado, están los parasitoides del cuarto nivel, representado por aquellos que atacan a hiperparasitoides, esto es, que parasitan principalmente a las larvas de los parasitoides primarios (Burke y Sharanowski, 2024^[4]). Existen también avispas parasitoides del segundo



nivel trófico. Este nivel está representado por las avispas fitófagas, las cuales han evolucionado para desarrollarse utilizando el tejido vegetal de los diferentes órganos de la planta a los que está asociados. Las avispas fitófagas pueden ser depredadoras de semillas, y formadoras o inquilinas de agallas, y se encuentran interactuando de forma directa con distintos grupos de plantas (Samacá-Sáenz et al. 2022^[11]).

Las avispas parasitoides del segundo nivel trófico tienen un gran impacto en los ecosistemas al regular poblaciones de otros insectos, y han sido empleadas en el control biológico contra plagas de insectos en ecosistemas agrícolas. Este control efectivo ha convertido a los parasitoides en herramientas importantes para la agricultura sostenible, pues los parasitoides nativos se pueden emplear como control natural de plagas de cultivos, reduciendo el uso de agentes químicos (Burke y Sharanowski, 2024^[4]). Además, los parasitoides han sido usados exitosamente para el control biológico de plagas de especies introducidas (Burke y Sharanowski, 2024^[4]).

Conclusiones

A pesar de su gran diversidad morfológica, estrategias de vida y adaptaciones, así como su alta riqueza específica e importancia ecológica, las avispas parasitoides no reciben suficiente atención comparada con otros grupos de insectos. Sin embargo, ellas desempeñan roles importantes en los ecosistemas naturales y agrícolas, al controlar las poblaciones de insectos. También tienen un efecto en la estructura de las comunidades al participar en complejas interacciones tróficas y de coevolución. Por lo tanto, el estudio de las avispas parasitoides y el entendimiento de sus interacciones ecológicas no solo es fundamental para comprender la dinámica de los ecosistemas y su conservación, sino también para desarrollar estrategias sostenibles de manejo de plagas en la agricultura, bosques, e invernaderos.

Referencias

1. Belles, X. (2011). Origin and evolution of insect metamorphosis. En: *Encyclopedia of life sciences (ELS)*, John Wiley & Sons, Ltd: Chichester.
2. Blaimer, B. B., Santos, B. F., Cruaud, A., Gates, M. W., Kula, R. R., Mikó, I., ... Buffington, M. L. (2023). Key innovations and the diversification of Hymenoptera. *Nature Communications*, 14(1), 1212. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-36868-4>
3. Bonet, A. (2008). Parasitoid wasps, natural enemies of insects. En K. Del Claro, P. S. Oliveira, y V. Rico-Gray (Eds.), *Tropical biology and conservation management: vol. 7. Phytopathology and entomology* (pp. 185–207). Abu Dhabi: EOLSS.
4. Burke, G. R., y Sharanowski, B. J. (2024). Parasitoid wasps. *Current Biology*, 34(10), R483–R488.
5. Forbes, A. A., Bagley, R. K., Beer, M., Hippee, A. C., Widmayer, H. A. (2018). Quantifying the unquantifiable: why Hymenoptera - not Coleoptera - is the most speciose animal order. *BMC Ecology*, 18(21), 1–11.
6. Gangwre, S. K. (2004). Food Habits of Insects. En J. L. Capinera (Ed.), *Encyclopedia of Entomology*. Springer, Dordrecht.
7. Grimaldi, D. y Engel, M.S. (2005). *Evolution of the insects*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
8. Jasso-Martínez, J. M., Santos, B. F., Zaldívar-Riverón, A., Fernández-Triana, J. L., Sharanowski, B. J., Richter, R., ... & Kula, R. R. (2022). Phylogenomics of braconid wasps (Hymenoptera, Braconidae) sheds light on classification and the evolution of parasitoid life history traits. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 173, 107452.
9. Peters, R. S., Krogmann, L., Mayer, C., Donath, A., Gunkel, S., Meusemann, K., ... & Niehuis, O. (2017). Evolutionary history of the Hymenoptera. *Current Biology*, 27(7), 1013–1018.
10. Quicke, D. L. J. (2015). *The Braconid and Ichneumonid Parasitoid Wasps: Biology, Systematics, Evolution and Ecology*. Wiley-Blackwell
11. Samacá-Sáenz, E., Santos, B. F., Martínez, J. J., Egan, S. P., Shaw, S. R., Hanson, P. E., & Zaldívar-Riverón, A. (2022). Ultraconserved elements-based systematics reveals evolutionary patterns of host-plant family shifts and phytophagy within the predominantly parasitoid braconid wasp subfamily Doryctinae. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 166, 107319.
12. Wharton, R. A., Marsh, P. M., & Sharkey, M. J. (eds). (1997). *Manual of the New World genera of Braconidae (Hymenoptera)*. Special Publication of the International Society of Hymenopterists, 439 pp.