

DESDE LOS ISOTOPOS HASTA LAS INTERACCIONES ECOLÓGICAS: EL ROL TRÓFICO DE LAS HORMIGAS COMO DEPREDADORES POTENCIALES DE PLAGAS

Hugo Alejandro Álvarez
Museo Nacional de Ciencias
Biológicas de España
hugo.alvarez@mncn.csic.es



Las hormigas son clave para mejorar la estructura y el funcionamiento de las comunidades locales en muchos ecosistemas terrestres. Los efectos beneficiosos de las hormigas en la agricultura son conocidos desde la antigüedad, ya que consumen grandes cantidades de insectos plaga, perturban a las plagas durante la alimentación y la oviposición, y aumentan la calidad y los nutrientes del suelo (Choate and Drummond, 2011 ^[4]). Sin embargo, algunas especies de hormigas participan en interacciones mutualistas con otros artrópodos que eventualmente afectan la salud de las plantas, disminuyen los depredadores generalistas de plagas y promueven niveles más altos de parasitoides de plagas (Calbuig et al., 2015 ^[2]). Por lo tanto, es difícil determinar si el efecto de las hormigas en los cultivos es positivo o

Las hormigas también pueden interactuar con plantas, herbívoros, depredadores y parasitoides, cambiando su rol trófico en el espacio y el tiempo, y la mayoría de ellas son omnívoras, alimentándose de una amplia gama de recursos (Vandermeer et al., 2002 ^[9], Ottonetti et al., 2008 ^[7]). Por lo tanto, el rol trófico neto de las hormigas en los agroecosistemas es difícil de establecer.

En los olivares (cultivo del árbol de olivo), se pueden encontrar diferentes especies de hormigas en los árboles y el suelo, a veces en altas abundancias. Una de las especies con mayor presencia en los olivares de la Península Ibérica ha sido identificada como *Tapinoma nigerrimum*, que pertenece al “complejo *T. nigerrimum*” el cual está ampliamente distribuido en la región circunmediterránea, siendo muy abundante en Europa Occidental y Europa Central, así como en el Norte de África, incluyendo agroecosistemas. A lo largo de su rango de distribución en la Península Ibérica, el complejo *T. nigerrimum* muestra un comportamiento omnívoro, alimentándose de secreciones de miel producida por plantas o áfidos (pulgones) y restos animales. Las hormigas del complejo *T. nigerrimum* se comportan como una especie dominante en los olivares. Pero, aunque a veces pueden actuar como herbívoros, también pueden alimentarse de plagas del olivo, convirtiéndose en lo que se conoce como un enemigo natural (controlador de plagas) o, en ocasiones, alimentándose de otros depredadores, actuando entonces como un hiper-predador (Redolfi et al., 2003 ^[8]). Esto es de gran importancia porque establecer el control biológico de plagas, es decir el uso de organismos naturales para mantener bajos niveles de poblaciones de plagas, junto con la gestión ecológica de los cultivos es un objetivo muy importante para la producción mundial de alimentos del futuro.

Recientemente Álvarez y colaboradores (2023) ^[1] se propusieron discernir el rol trófico de las hormigas en los olivares de la península Ibérica, principalmente el sur de España, a través del Análisis de Isótopos Estables. Los isótopos son átomos que tienen el mismo número de protones, pero un número diferente de neutrones, y se denominan estables debido a que no son radioactivos, por lo que muchos de ellos se acumulan en los tejidos de los seres vivos. El análisis de isótopos estables utiliza generalmente el nitróge-

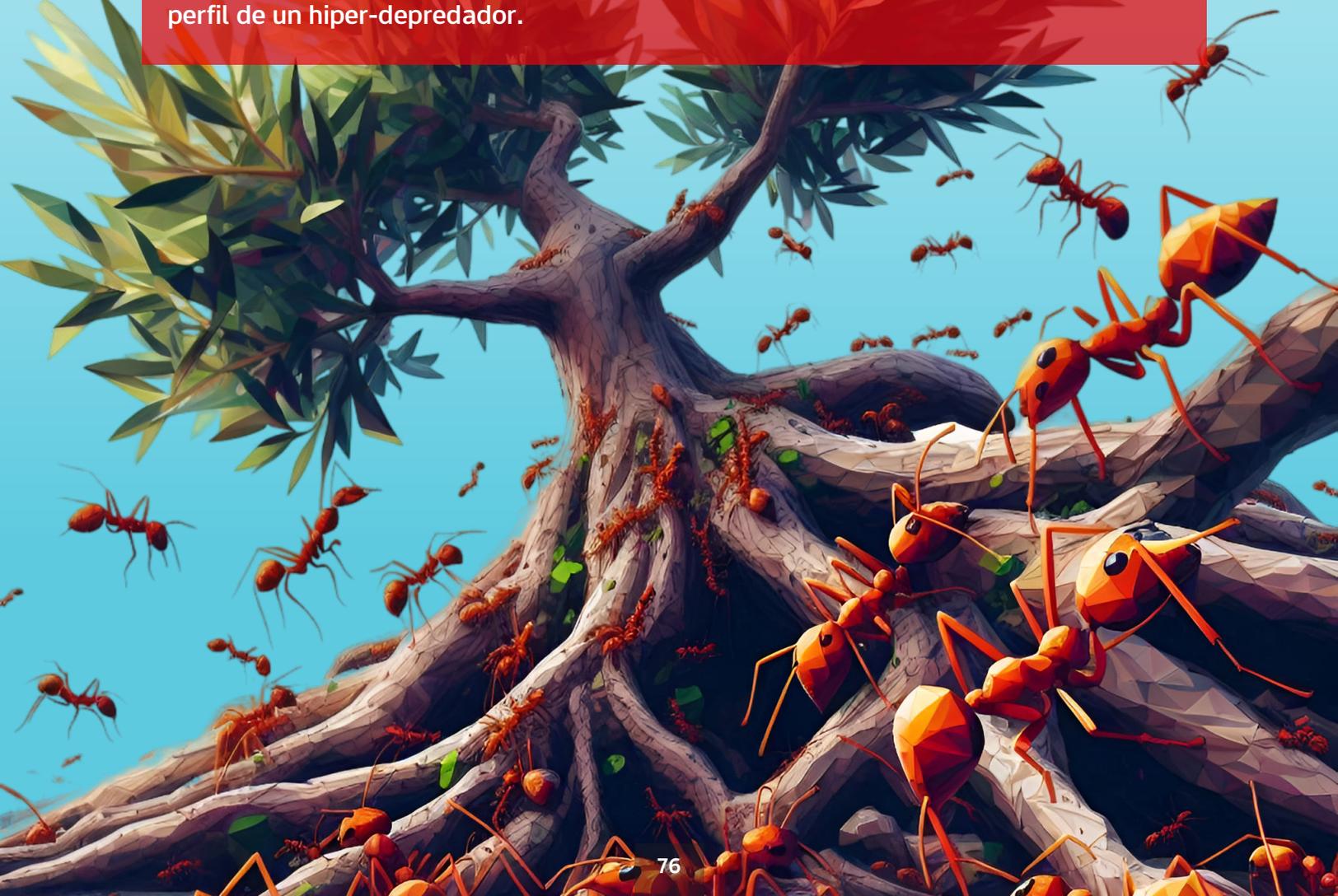
no 15 (^{15}N) y el carbono 13 (^{13}C). Estos dos isótopos sufren un enriquecimiento en los tejidos respecto a su dieta, debido a la eliminación de isótopos más ligeros, como el carbono 12 (^{12}C) por la respiración y del isótopo de nitrógeno 14 (^{14}N) por la excreción urinaria. Basándose en la premisa “eres lo que comes”, la proporción de nitrógeno 15N se utiliza para estimar la posición trófica de una especie, y el carbono 13C se utiliza para estimar la fuente de carbono en su dieta. Esta técnica tiene el potencial de rastrear el flujo

de energía o masa a través de las comunidades ecológicas y ayudar a discernir interacciones tróficas complejas, como la omnivoría. Estudiar la abundancia natural de isótopos estables permite evaluar las relaciones tróficas, inferir tipos de dieta animal y evaluar interacciones entre especies. Sin embargo, para hacerlo, es importante conocer la tasa de enriquecimiento isotópico, que puede cambiar en diferentes especies, así como el tiempo necesario para que los isótopos se incorporen en los tejidos de dicha especie.



Por tanto, para determinar el enriquecimiento isotópico y las tasas de incorporación tisular en hormigas usando a la especie *Tapinoma ibericum* (que pertenece al complejo *Tapinoma nigerrimum*) e inferir su rol trófico a través del análisis de isotopos estables, en dicho estudio se investigaron las tasas de enriquecimiento e incorporación tisular de los isotopos estables ^{15}N y ^{13}C en condiciones de laboratorio, analizando y comparando las proporciones de isotopos de dietas naturales y diferentes dietas experimentales. En segundo lugar, se investigaron las diferencias entre muestras con dietas naturales de un hábitat natural y olivares con diferentes manejos agrícolas. Finalmente, se realizó un muestreo directo de forrajeo, en campo, en nidos del complejo *T. nigerrimum* que permitió identificar y realizar un inventario de presas, para contrarrestar los resultados del análisis de isotopos estables.

El estudio mostró que *Tapinoma ibericum* tenía una firma isotópica compatible con un consumidor frecuente de herbívoros, que incluía otras hormigas de *Tapinoma* así como *Prays oleae*, una de las principales plagas del olivar. De hecho, la firma isotópica de *T. nigerrimum* (la especie que da nombre al complejo *T. nigerrimum*) es muy diferente de la de *T. ibericum*, probablemente debido a una diferencia de huella basal importante en los hábitats donde viven. Ambas especies son omnívoras, pero basándonos en nuestro análisis, la primera se asemeja más a una hormiga herbívora que puede consumir ocasionalmente otros herbívoros (como los áfidos). Se sabe que las hormigas del complejo *T. nigerrimum* actúan como depredadores, por lo que esta característica podría estar impulsada la disponibilidad fluctuante de diferentes fuentes. Sin embargo, *T. ibericum* parece coincidir mejor con un perfil de un herbívoro-depredador y un enemigo natural. Además, en el laboratorio *T. ibericum* no coincidió con el perfil de un hiper-depredador.



Con respecto a la proporción de enriquecimiento durante el experimento de dieta, el carbono¹³C aumentó un -0.2‰ y el nitrógeno ¹⁵N un 2.1‰ entre herbívoros y depredadores en un periodo de 39 días. Otra información útil de nuestros resultados para futuros estudios de SIA en hormigas es que los cambios en la dieta comienzan a ser detectables después de 20 días de alimentación en una dieta particular.

Los muestreos de forrajeo confirmaron que la dieta de *T. ibericum* en los olivares es variada, así como su importancia en el

control de herbívoros, incluidas las plagas del olivo. Un aspecto interesante revelado por el estudio es el consumo común de cadáveres de otras hormigas (incluso individuos de la misma especie) por *T. ibericum* en el campo. Este hecho fue imposible de controlar durante el experimento de dieta y podría ser responsable de una parte de la variabilidad encontrada en los resultados del análisis de isótopos estables.

Diversos trabajos han señalado que la polilla del olivo *P. oleae* era consumida por hormigas (Morris et al., 1999^[5], 2002^[6]). Esto podría deberse a que *P. oleae* tiene sus mayores abundancias entre mayo y julio.

Es posible que antes de tal período de tiempo, *T. ibericum* podría estar alimentándose de la miel de plantas herbáceas o áfidos, y cuando aumenta la abundancia de una plaga, se enfoca en alimentarse de ella. Por lo tanto, *T. ibericum* debe invadir los olivos para alimentarse de *P. oleae*. En relación con esto, se ha demostrado que las hormigas que viven junto a, y dentro de olivares orgánicos tienden a moverse desde la vegetación adyacente natural hacia los olivos, principalmente cuando la cubierta vegetal comienza a marchitarse, lo que coincide con el momento en que *P. oleae* pone los huevos en los frutos jóvenes del olivo (las aceitunas). Además, la abundancia e interacciones tróficas de las hormigas de *Tapinoma* dentro del dosel de los olivos pueden ser impulsadas por cubiertas vegetales maduras y menor uso de pesticidas.



Por otro lado, los resultados del estudio y el análisis de isótopos estables mostraron que la especie *T. nigerrimum* (especie Europea) tiende a habitar ecosistemas naturales en comparación con *T. ibericum*. Por ejemplo, estos datos sugieren que en la región del estudio, la hormiga *T. ibericum* es la especie que habita en olivares, alimentándose de la mismas presas o el mismo recurso sin importar el tipo de manejo agrícola aplicado en los diferentes olivares. Esto es de gran importancia, ya que un depredador que no se ve afectado por el manejo agrícola podría usarse para mejorar la planificación y estrategias de control biológico local.

Varios trabajos han mostrado que el complejo *T. nigerrimum* es la hormiga más abundante en los olivares, a veces representando más del 50 por ciento de la abundancia relativa



entre los omnívoros, lo que la convierte en uno de los candidatos más fuertes para el control potencial de *P. oleae* (Morris et al., 1999, 2002 ^[6]; Morris and Campos, 1999 ^[5]; Redolfi et al., 2003 ^[8]; Campos et al., 2011 ^[3]). Interesantemente, los resultados de los análisis de isótopos estables en el presente estudio mostraron que en el campo *T. ibericum* se alimenta de *P. oleae* más que de otros depredadores, lo que aclara su papel como insecto benéfico y enemigo natural de las plagas del olivar. Sin embargo, la alta variabilidad mostrada por las firmas isotópicas apunta a una dieta omnívora variada en la naturaleza.

Es importante señalar que podría haber interacciones antagonistas con otros depredadores de *P. oleae*; tales interacciones pueden ser apaciguadas por el menor uso de insecticidas y moduladas por las cubiertas vegetales. Por lo tanto, como sugieren otros trabajos, incluso cuando podría haber efectos negativos por parte de las hormigas, no se deben excluir de los agroecosistemas, ya que la exclusión de un depredador puede alterar la naturaleza e intensidad de las interacciones competitivas y mutualistas de depredación entre los enemigos naturales (Mansour et al., 2017; Pinol et al., 2012).

UNA METODOLOGÍA NOVEDOSA

Más allá de los resultados que apunta el estudio, esta investigación presenta un marco confiable de experimentación en hormigas para descifrar el estado trófico de dichos organismos y sus dietas, lo cual es una nueva técnica aplicable al análisis y estudio de otras especies que podrían actuar controlando las plagas de insectos u otros organismos, es decir, el análisis de isótopos estables en experimentos dietéticos. Es así que someter a los individuos de estudio a diferentes dietas experimentales (por ejemplo, dieta vegetal vs dieta animal) permite detectar el punto en el que la huella isotópica cambia y/o se mantiene a lo largo del tiempo y establecer el perfil trófico de esa población en el laboratorio. Una vez comprobado este paso, se puede comparar ese dato con la huella de las poblaciones en la naturaleza y trazar su rol trófico. Estos dos sencillos, pero novedosos, pasos hacen de esta metodología un protocolo exitoso de investigación ecológica de comunidades que se puede replicar y utilizar en cualquier organismo del planeta.





REFERENCIAS

1. Álvarez, H. A., García-García, A., Sandoval, P., Martín-Blázquez, R., Seifert, B., Tinaut, A., & Ruano, F. (2023). Elucidating the trophic role of *Tapinoma ibericum* (Hymenoptera: Formicidae) as a potential predator of olive pests. *Journal of Applied Entomology*, 147, 667–675.
2. Calabuig, A., García-Marí, F., & Pekas, A. (2015). Ants in citrus: Impact on the abundance, species richness, diversity and community structure of predators and parasitoids. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 213, 178–185.
3. Campos, M., Fernández, L., Ruano, F., Cotes, B., Cárdenas, M., & Castro, J. (2011). Short term response of ants to the removal of ground cover in organic olive orchards. *European Journal of Entomology*, 108, 417–423.
4. Choate, B., & Drummond, F. A. (2011). Ants as biological control agents in agricultural cropping systems. *Terrestrial Arthropod Reviews*, 4, 157–180.
5. Morris, T. I., Campos, M., Kidd, N. A. C., & Symondson, W. O. C. (1999). What is consuming prays oleae (Bernard) (Lep. Yponomeutidae) and when: A serological solution? *Crop Protection*, 18, 17–22.
6. Morris, T. I., Symondson, W. O. C., Kidd, N. A., & Campos, M. (2002). The effect of different ant species on the olive moth, prays oleae (Bern.), in Spanish olive orchard. *Journal of Applied Entomology*, 126, 224–230.
7. Ottonetti, L., Tucci, L., Chelazzi, G., & Santini, G. (2008). Stable isotopes analysis to assess the trophic role of ants in a Mediterranean agroecosystem. *Agricultural and Forest Entomology*, 10, 29–36.
8. Redolfi, I., Tinaut, A., Pascual, F., & Campos, M. (2003). Patrón de actividad de *Tapinoma nigerrima* (Nylander) y *Crematogaster scutellaris* (Olivier) (Hymenoptera, Formicidae) en el cultivo de olivo y en el laboratorio. *Zoologica Baetica*, 13, 37–55.
9. Vandermeer, J., Perfecto, I., Nunez, G. I., Phillpott, S., & Ballinas, A. G. (2002). Ants (*Azteca* sp.) as potential biological control agents in shade coffee production in Chiapas, Mexico. *Agroforestry Systems*, 56, 271–276.