



Alejandro G Farji-BrenerInstituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente (INIBIOMA),
Universidad Nacional del Comahue-Conicet

Transporte cooperativo en hormigas

Cómo actúan al unísono sin control central

Individuos y grupos

Cada uno de los peces de un cardumen o de las aves de una bandada no recibe directivas externas ni sabe qué están haciendo los integrantes lejanos de su grupo. Sin embargo, ambos conjuntos de animales son capaces de moverse en formación de maneras increíblemente precisas. Conocer cómo integrantes individuales de aglomeraciones logran actuar al unísono y sin un control central para llevar a cabo comportamientos colectivos complejos es un tema de fundamental importancia tanto teórica como práctica. Descubrir los mecanismos que posibilitan tal resultado puede ayudar a comprender mejor el funcionamiento de otros sistemas descentralizados, entre ellos las redes neuronales biológicas y sus homónimas artificiales propias de los campos de la computación y la robótica.

Las hormigas son ideales para analizar los mecanismos que permiten la coordinación de individuos independientes y resultan en comportamientos colectivos descentralizados. Primero, son fáciles de observar y se puede manipular a los integrantes de grupos de manera relativamente sencilla. Segundo, sus comportamientos individuales no responden a órdenes externas. La hormiga reina no conoce ni influye en el comportamiento de las obreras, y la mayoría de las actividades que realizan las obreras, incluyendo el cuidado de larvas, las labores higiénicas y el forrajeo, entre otras, se llevan a cabo sin control central alguno. Tercero, pese a que las diversas especies de hormigas presentan muy variadas formas de alimentación, en su mayoría son omnívoras e incluyen en su dieta tanto insectos vivos como muertos. Esto implica que a menudo deben manipular presas que las superan varias veces en tamaño, para lo que es necesaria la

¿DE QUÉ SE TRATA?

Transporte cooperativo en hormigas: cómo lograr consenso sin control central.



Los peces de un cardumen o los gansos silvestres de una bandada son capaces de moverse al unísono en formación, sin un control central y de maneras increíblemente precisas. Foto peces, Krzysztof Bargie, Shutterstock.

participación de varios individuos. Finalmente, es notable la disparidad entre lo que pueden hacer estos insectos individualmente y lo que hacen colectivamente. Así, las obreras se enlazan y generan puentes vivientes o excavan y construyen enormes hormigueros subterráneos de intrincadas disposiciones.

Un comportamiento complejo de las hormigas producto de interacciones individuales que no resultan de directivas externas es el transporte cooperativo, definido como el movimiento de un objeto de un lugar a otro por un grupo de individuos actuando al unísono. El transporte cooperativo permite a las hormigas mover ele-

mentos miles de veces más pesados de lo que podría cargar un individuo, y les da importantes ventajas para la remoción de obstáculos y la recolección de alimento. Por ejemplo, las hormigas cortadoras de hojas pueden remover de forma cooperativa fragmentos de hojarasca que obstruyen sus senderos de forrajeo, y así acelerar el ingreso de alimento al nido.

El transporte cooperativo de alimento puede representar una gran ventaja. Primero, los alimentos más ricos en proteínas disponibles en ciertos ambientes—como los cadáveres de ciertos insectos—poseen un tamaño que no permite su transporte por una hormiga. Segundo, un rápido transporte de comida al nido reduce mucho la probabilidad de perder la presa en manos de competidores, en comparación con fragmentarla en el sitio del hallazgo. Tercero, acceder a fragmentos más grandes de alimento incrementa la calidad y cantidad de comida de una colonia. Finalmente, el transporte cooperativo puede ser más rápido que repartir la misma carga entre un número semejante de individuos.

Sin embargo, el transporte cooperativo solo se observa en aproximadamente 40 de los casi 300 géneros de hormigas actuales, y posee una gran variabilidad en cuanto a eficiencia. En algunas especies del género *Pheidole*, que incluye un millar de ellas, originario de América pero hoy de distribución global, las hormigas acarrear al nido casi el 80% de su alimento en forma cooperativa. La hormiga hilandera *Oecophylla longinoda*, natural del África tropical,

puede acarrear colectivamente con gran coordinación hasta pequeños vertebrados desplazándose por troncos verticales. La hormiga loca *Paratrechina longicornis*, también originaria de los trópicos africanos y hoy igualmente universal, puede evadir obstáculos en forma eficiente al realizar transporte cooperativo. Otras especies, en cambio, fracasan en sus intentos de realizar transporte cooperativo porque sus individuos intentan mover el objeto en diferentes direcciones y no llegan a alinear sus movimientos. Esto sugiere que los mecanismos para lograr consenso sin control central están poco desarrollados o ausentes en algunas especies de hormigas. De hecho, el



Arriba. Puente viviente de hormigas hilanderas de la especie *Oecophylla smaragdina*, autóctona en el Asia tropical y en Australia. Cada hormiga puede medir entre unos 5 y 10mm de largo. Foto R Thumboor, Wikimedia Commons.

Derecha. Hormigas rojas *Oecophylla smaragdina* transportan en forma cooperativa en el sudeste asiático una lagartija muerta. Foto Basile Morin, Wikimedia Commons.





La capacidad de constituir puentes vivientes se observa en diversas especies de hormigas. El que vemos en este caso entre dos hojas fue extendido por las pequeñísimas hormigas faraón (*Monomorium pharaonis*), posiblemente originarias del África tropical y hoy presentes en todos los continentes menos la Antártida. Cada individuo puede medir entre unos 2 y 3mm de largo.

transporte cooperativo ocurre solamente en humanos y hormigas, lo cual sugiere que podemos considerar el comportamiento como un desafío evolutivo, y que las especies de hormigas que lo adquirieron constituyen sujetos ideales de estudio para comprender la evolución y el mantenimiento de tan particular conducta.

Cómo lograr acuerdos sin directivas externas

¿Qué factores determinan que algunas especies sean más eficientes que otras en el transporte cooperativo? Luego de que un número adecuado de hormigas se ubica alrededor del objeto a transportar, deben tomar una decisión grupal sobre la dirección hacia la cual moverse. Las especies eficientes logran hacerlo rápidamente, mientras que las ineficientes fallan o tardan mucho tiempo, porque cada individuo trata de mover el objeto en distinta dirección. Investigaciones detalladas en los artículos de *Myrmecological News* (2013) y de *Insectes sociaux* (2014) citados entre las lecturas sugeridas, han puesto de manifiesto algunos

comportamientos que podrían incrementar la eficiencia de dicho transporte. Se ha descubierto que en algunas especies el descubridor del alimento lidera la coordinación del movimiento: remover a dicha hormiga del grupo ocasiona el fracaso del transporte colectivo. En otras especies, las hormigas que se agregan al grupo durante el transporte reorientan el movimiento en la dirección correcta. Otras veces las más perseverantes imponen la dirección del transporte. Sin embargo, estos mecanismos aún no se conocen en profundidad.

Se puede considerar eficiente al transporte cooperativo si las hormigas logran acuerdo sobre la dirección a tomar y el tamaño del grupo necesario para la tarea. Como es obvio, si no logran acordar la dirección del viaje, el objeto no se moverá; y lo mismo terminará sucediendo si la cantidad de participantes es escasa o excesiva. Para lograr consenso sin directivas externas, es necesario que los individuos que forman el grupo de transporte intercambien información, de forma directa o indirecta. Pese a que las hormigas utilizan gran cantidad de modos de comunicación directa, la propia naturaleza del transporte cooperativo sugiere que, para esta tarea, la comunicación es principalmente indirecta, a través de las fuerzas

que llegan a los individuos del objeto que transportan. Si, por ejemplo, de cinco hormigas que tratan de mover un objeto, tres intentan llevarlo hacia el norte mientras dos tratan de desplazarlo hacia el sur, estas últimas, al percibir una mayor fuerza en sentido contrario al que ellas procuran avanzar, pueden cambiar de dirección y acoplarse a la mayoría.

Hacia dónde ir: virtudes y limitaciones de la persistencia

Una forma de acordar hacia dónde ir es aceptar hacerlo en la dirección escogida por un individuo muy persistente. En este contexto, la persistencia se define como la resistencia de un individuo a cambiar la dirección independientemente de los estímulos que reciba. Pero el efecto de la persistencia tiene límites: grupos conformados solamente con individuos persistentes que intenten mover un objeto en direcciones opuestas jamás lograrán avanzar, pero otros solo compuestos por hormigas con poca persistencia tampoco alcanzarán acuerdo sobre la dirección del movimiento, porque estarán todo el tiempo cambiando de rumbo. En consecuencia, podemos concluir que las especies de hormigas exitosas en materia de transporte

colectivo deben caracterizarse por una alta variación en la persistencia de sus integrantes. Trabajos teóricos y experimentales recientes realizados en Arizona avalan esta hipótesis. Fueron publicados en *Insectes sociaux* (2014), en uno de los artículos sugeridos al final como lectura.

Por otro lado, el transporte cooperativo fracasará si la persistencia no se asocia con el conocimiento de la dirección correcta. En otras palabras, los grupos exitosos deben incluir individuos no solo persistentes sino también capaces de discernir la dirección adecuada del transporte cooperativo. Por ello, analizar la relación entre persistencia y conocimiento de la dirección adecuada de transporte es fundamental para comprender mejor cómo se logran acuerdos para mover un objeto sin recibir directivas de un control central.

Importancia de las características del objeto y del entorno

Una cantidad insuficiente o excesiva de individuos que participen en un transporte cooperativo puede reducir la probabilidad de que este se lleve a cabo eficientemente. Se puede postular que el número óptimo de individuos para alcanzar la eficiencia de dicho transporte



Hormigas rojas de la especie *Messor minor* manipulando alimento en Italia, aunque la foto no las muestra transportándolo de manera cooperativa. La especie es nativa de las costas del Mediterráneo y es predominantemente granívora.



Camponotus sericeus, nativa del África y del Cercano y Medio Oriente, fotografiada transportando alimento en forma cooperativa. Eyal Privman, Universidad de Haifa.

Las hormigas como modelo de estudio

Peces que constituyen cardúmenes, aves que forman bandadas, hormigas que transportan objetos cooperativamente, neuronas que forman cerebros. Los mecanismos que permiten la coordinación de componentes simples para lograr comportamientos colectivos complejos pueden ser muy similares pese a la gran diversidad de los sistemas a los que dichos componentes pertenecen. Así, el proceso por el que los primates toman decisiones mediante la acción de grupos de neuronas cerebrales es similar a aquel por el cual ciertos insectos sociales seleccionan sitios para construir el nido, no obstante las notables diferencias entre ambos sistemas. Los mecanismos comunes a todos estos

dependerá de las características del objeto a transportar y de las del entorno. Por ejemplo, un incremento del peso o del tamaño de un objeto requerirá un aumento en el número de hormigas requerido para transportarlo eficientemente. Objetos con grandes irregularidades podrían concentrar demasiadas hormigas en los puntos de agarre y generar interferencias entre los transportistas. Irregularidades del terreno, entre ellas la rugosidad, determinan un aumento en la cantidad de hormigas necesarias para realizar un transporte cooperativo eficiente, porque sustratos más rugosos ofrecen una mayor resistencia al arrastre de objetos u obligan a levantarlos del suelo y, en consecuencia, resultan necesarias más hormigas para poder hacerlo.

casos incluyen interacciones indirectas originadas en modificaciones del entorno, e interacciones directas que generan circuitos de retroalimentación positiva o negativa.

En consecuencia, analizar cómo se generan propiedades colectivas sin control central en sistemas relativamente simples de observar, y en los que resulta relativamente sencillo poner a prueba ideas, hacer manipulaciones y analizar comportamientos, como son las hormigas, puede ayudar a comprender mejor sistemas más complejos y más difíciles de examinar. En otras palabras, las hormigas constituyen un excelente modelo de estudio para comprender mejor cómo integrantes individuales que actúan al unísono y sin un control central logran llevar a cabo comportamientos colectivos complejos. 

LECTURAS SUGERIDAS

ALMA M, FARJI-BRENER AG & ELIZALDE L, 2019, 'When and how obstacle size and the number of foragers affect clearing a foraging trail in leaf-cutting ants', *Insectes sociaux*, 66: 305-316.

CZACZKES TJ & RATNIEKS F, 2013, 'Cooperative transport in ants and elsewhere', *Myrmecological News*, 18: 1-11.

FEINERMAN O et al., 2018, 'The physics of cooperative transport in groups of ants', *Nature Physics*, 14: 683-693.

MCCREERY H & BREED M, 2014, 'Cooperative transport in ants: A review of proximate mechanisms', *Insectes sociaux*, 61: 99-110.



Alejandro G Farji-Brener

Doctor en biología, UBA.

Investigador principal del Conicet en el Laboratorio de Investigaciones en Hormigas (LIHO), INIBIOMA, Universidad Nacional del Comahue-Conicet.

Profesor adjunto, Universidad Nacional del Comahue.

alefarji@yahoo.com