

Ciencia, arte, tradición, opinión, reflexión y meditación.

Artículo: **Inteligencia colectiva de las hormigas para resolver problemas complejos de computación**

Autor(es): **Dra. Miriam Pescador Rojas**
miriam.pescador@gmail.com

Publicación: **No. 1, vol. 2023**

Reserva de derechos al uso exclusivo otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor (INDAUTOR): 04-2022-111717422400-102. ISSN en trámite.

Las opiniones expresadas por los autores de artículos no necesariamente reflejan la postura del editor de esta publicación.

Se autoriza la reproducción total o parcial de los textos aquí publicados, siempre y cuando se cite la fuente completa y la dirección electrónica de la publicación.



Inteligencia colectiva de las hormigas para resolver problemas complejos de computación

Miriam Pescador Rojas

miriam.pescador@gmail.com

Durante años el ser humano ha sido considerado la especie más inteligente en el planeta por su capacidad creativa y nivel de razonamiento. Sin embargo, cuando se estudia con detenimiento el comportamiento de otros seres vivos podemos observar una asombrosa inteligencia colectiva debido a la organización que establecen en sus comunidades para adaptarse a diferentes ambientes, sobrevivir a depredadores y coevolucionar con otros individuos. En particular, el maravilloso mundo de los insectos que comprende el grupo más diverso de especies, representando el 90% de las formas de vida en el planeta, consiste en colonias conformadas por millones de individuos que interactúan por un fin en común. Por lo general, estas comunidades suelen tener jerarquías y tareas bien definidas para sobrevivir a ambientes hostiles en lugares remotos del planeta, donde el ser humano no podría habitar. Es realmente sorprendente cómo el *conocimiento* que estas especies van adquiriendo lo transmitan de generación en generación, repitiendo patrones de comportamientos para adaptarse y evolucionar.

Poderosa comunicación para buscar

Las hormigas son seres diminutos que miden entre 0.2 a 2.5 centímetros, viven en comunidades de nidos estructurados con cientos de miles de individuos encabezados por una o varias hormigas reina. Seguramente todos hemos observado la asombrosa capacidad que tienen estos insectos para detectar migajas de comida y como después de un corto tiempo aparecen varias de ellas siguiendo un camino óptimo para transportar su alimento. Se sabe que la visión de las hormigas es casi nula, entonces ¿cómo es que encuentran rutas para transportar el alimento a sus nidos y logran replicar este comportamiento entre ellas? La

respuesta a este cuestionamiento se relaciona con la capacidad que tienen para comunicarse y cooperar mediante la liberación de una sustancia química aromática denominada feromona la cual puede alertar de peligros o conducir a otras hormigas a fuentes de alimento.

Generalmente, varias hormigas de la clase exploradora salen del nido en busca de alimento, una vez que alguna encuentra comida segregará feromona para comunicar el hallazgo y regresar al nido con el botín. Al mismo tiempo otras hormigas exploradoras percibirán el rastro de la sustancia para encontrar la fuente de alimentación y repetirán el mismo comportamiento. La feromona tiende a evaporarse y desaparecer después de un tiempo, en consecuencia, las rutas más cortas tendrán una mayor cantidad de feromona y se conservarán debido a que otras hormigas seguirán ese mismo rastro. Así es como las hormigas son capaces de encontrar caminos óptimos para llevar alimento a sus nidos, como se aprecia en la figura 1, donde las hormigas han generado 3 rutas diferentes y la que mantiene un rastro de feromonas predominante es la de menor distancia.

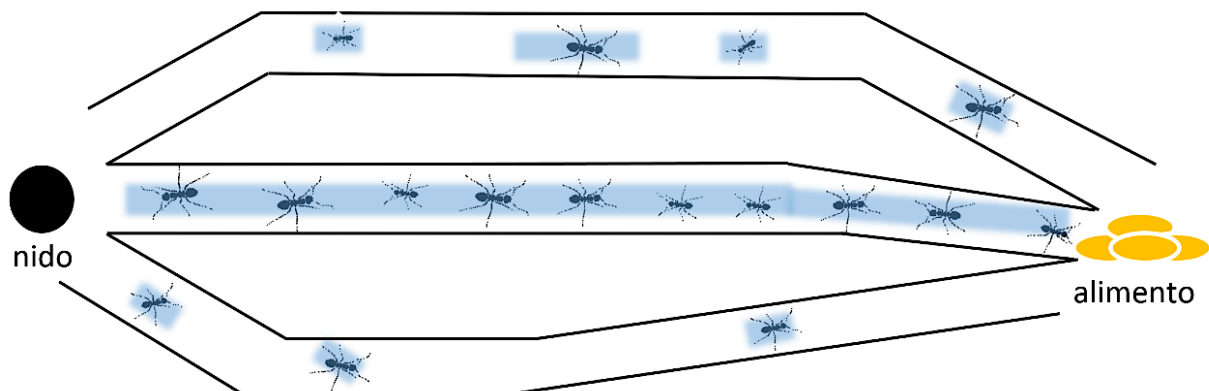


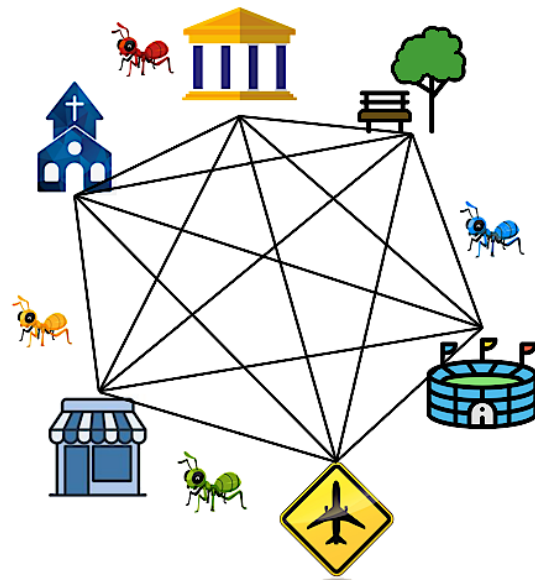
Figura 1. Hormigas buscando rutas hacia el alimento.

En nuestra sociedad, se presentan diversos problemas relacionados con la búsqueda de rutas óptimas. Por ejemplo, los servicios de logística y transporte deben planear rutas para realizar sus envíos considerando diferentes variables como el tiempo de entrega, prioridades, tráfico, consumo de gasolina y vehículos disponibles. Además de llevar un control de monitoreo en el reparto. Hoy en día, se proponen modelos de ciudades inteligentes, donde se considera la planeación de rutas terrestres o áreas para disminuir el tráfico. En robótica, los sistemas de navegación autónomos deben tomar decisiones para seguir trayectorias óptimas y cumplir con tareas como la búsqueda o rescate. En redes de comunicaciones, se requiere del diseño

óptimo de conexiones para disminuir costos de material y aumentar la conectividad con diferentes puntos.

Debido a la complejidad de los problemas de optimización de rutas, los científicos en computación han propuesto soluciones mediante el diseño de algoritmos inspirados en la inteligencia colectiva de diversas especies. Tal es el caso de la técnica de optimización por colonia de hormigas artificiales propuesta inicialmente en el año de 1992 por Marco Dorigo. Esta técnica se ha aplicado exitosamente a diversos problemas de optimización combinatoria, en particular al problema del agente viajero que consiste en visitar un conjunto de localidades, partiendo de un sitio y regresando a este mismo. El objetivo es encontrar la trayectoria con la menor distancia. Este es un problema complejo en ciencias de la computación debido a que el número de posibles trayectorias aumenta en forma factorial a medida que se considera un mayor número de sitios por visitar. Imagine un caso del mundo real donde un turista visita una nueva ciudad y desea ir del aeropuerto a diferentes sitios emblemáticos tales como: un monumento histórico, la catedral, una tienda de recuerdos, un parque, el estadio y regresar de nuevo al punto de partida, el aeropuerto. Este problema puede representarse por un grafo no dirigido como el de la figura 3, donde cada nodo es representado por una localidad y las aristas representan la distancia de un nodo a otro, la matriz numérica nos indica la distancia que existe entre un punto y otro. En este ejemplo se tienen 120 diferentes rutas, representadas por las permutaciones entre los nodos (por ejemplo n_1, n_2, n_3, n_4, n_5), el objetivo es encontrar la trayectoria con la menor distancia total.

Ahora, suponga que el número de sitios a visitar es 10, el punto de inicio y fin puede cambiar, en este caso el número de posibles soluciones será, $10! = 3,628,800$. En problemas de logística y transporte como los que se mencionaron anteriormente suelen considerarse cientos de sitios, por lo que el costo computacional en términos de tiempo de procesamiento aumenta considerablemente para encontrar la ruta óptima.



Matriz de Distancias

	n1	n2	n3	n4	n5	n6
n1	-	5	17	6	17	8
n2	5	-	10	12	20	6
n3	17	10	-	14	18	9
n4	6	12	14	-	19	25
n5	17	20	18	19	-	11
n6	8	6	9	25	11	-

Figura 2. Encontrando rutas entre los vértices de un grafo.

El algoritmo de optimización por colonia de hormigas modela la inteligencia colectiva de estos insectos mediante dos ecuaciones matemáticas importantes. La primera calcula la probabilidad de transición entre los nodos de un grafo, mientras que la segunda actualiza la cantidad de feromona que depositan las hormigas en cada arista durante su recorrido. A continuación, se describen los pasos del algoritmo para resolver el problema del agente viajero.

- 1) Dado un número inicial de hormigas artificiales, cada una parte de un nodo diferente en el grafo.
- 2) Cada hormiga se desplaza de un nodo a otro con una probabilidad de transición que considera la distancia y la cantidad de feromona depositada en cada arista.
- 3) Una vez que la hormiga exploró todos los nodos regresa al punto inicial y se calcula el costo total de la trayectoria.
- 4) Se actualiza la cantidad de feromona en cada arista.
- 5) Se repiten los pasos 2, 3 y 4 hasta cumplir un criterio o un determinado número de iteraciones.
- 6) Se reporta la mejor solución como la ruta con menor distancia.

Figura 3. Algoritmo de optimización por colonia de hormigas.

La técnica de optimización por colonia de hormigas involucra parámetros de configuración como el factor de evaporación de la feromona, el número de hormigas y la concentración de

feromona. Los valores adecuados para que el algoritmo obtenga los mejores resultados pueden variar dependiendo del problema a resolver.

Además de las hormigas, existen otras especies tales como las abejas que mantienen una estructura jerárquica en su comunidad y un elaborado sistema de comunicación para transmitir la locación de una fuente de alimento. Las abejas obreras salen de la colmena en busca de una fuente de polen o néctar, una vez que lo encuentran regresan y comunican a las demás abejas la ubicación exacta de esta fuente mediante una danza, en la que la abeja se mueve en un círculo hacia la derecha y luego hacia la izquierda alternativamente. La dirección del movimiento en línea recta con respecto a la vertical indica la dirección del alimento en relación con la posición del sol. Por ejemplo, si la abeja se mueve directamente hacia arriba en la línea recta, significa que la fuente de alimento está en la dirección del sol. La duración del zumbido indica la distancia a la fuente de alimento: cuanto más largo es el zumbido, más lejos está la fuente.

En ciencias de la computación durante varios años se han analizado estos comportamientos colectivos que han servido de inspiración para diseñar algoritmos bioinspirados que resuelven diversos problemas de optimización. Entre los algoritmos más representativos se tiene: la optimización por cúmulo de partículas, algoritmo de colonia de abejas artificiales, el sistema inmune artificial, algoritmos genéticos, entre otros.

Para saber más, consulta:

- [*Por qué las abejas son esenciales para las personas y el planeta.*](#)
ONU Programa para el medio ambiente
- Ant Colony Optimization: Artificial ants as a computational intelligence technique.
Dorigo, M., Birattari, M. & Stützle, T. (2006).
IEEE Computational Intelligence Magazine, 1, 28-39.