

# Aplicaciones del Algoritmo Ant Colony Optimization (ACO)

Judith, Maria Florencia, Monserrat, Mirsha, Ilse

12 de agosto de 2025

# Introducción a las metaheurísticas)

**Del gr.** *heurískein* 'hallar', 'inventar' y -tico.

Técnica de la indagación y del descubrimiento.

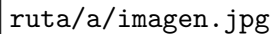
f. Búsqueda o investigación de documentos o fuentes históricas.

f. En algunas ciencias, manera de buscar la solución de un problema mediante métodos no rigurosos, como por tanteo, reglas empíricas, etc.

# Historia del Algoritmo ACO

Fue planteada por primera vez por **Marco Dorigo** en su tesis doctoral en 1992, inspirado en el comportamiento de las hormigas. Resolvió un problema clásico de optimización combinatoria conocido como el **Problema del Viajante**, que consiste en encontrar la ruta más corta que permite visitar una serie de ciudades exactamente una vez y volver a la ciudad inicial.

A lo largo del tiempo, el método ha sido actualizado y perfeccionado, por lo que la versión original ahora se conoce como **Simple Ant Colony Optimization (SACO)**.



ruta/a/imagen.jpg

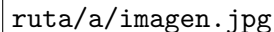
figureMarco Dorigo, 1992

# Comportamiento de las hormigas

Las hormigas al buscar alimento inicialmente exploran aleatoriamente alrededor del nido. Durante el viaje de retorno, la cantidad de feromona que depositan en el suelo puede depender de la calidad y cantidad de alimento hallado.

Dado que las feromonas se evaporan con el tiempo, los caminos más largos pierden su señal antes, mientras que el más corto se refuerza y termina siendo el preferido por la mayoría.

Este proceso colectivo, propio de la **inteligencia en enjambre**, permite a las hormigas optimizar rutas.



ruta/a/imagen.jpg

figureHormigas siguiendo  
rastros de feromonas

# Simple Ant Colony Optimization (SACO)

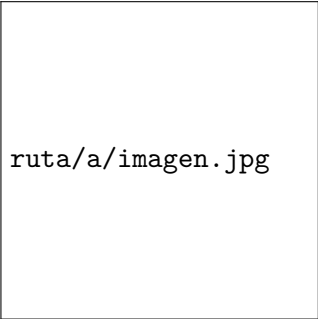
El **Simple Ant Colony Optimization (SACO)** imita el comportamiento de las colonias reales, utilizando un grupo de “hormigas artificiales” para buscar la mejor solución a un problema.

Estas hormigas virtuales dejan “rastros de feromonas” para comunicarse entre sí, tal como lo hacen las hormigas reales, y con el tiempo convergen hacia la solución óptima.

# Simulación del comportamiento de las hormigas

Para simular este comportamiento establecemos:

- Un nido y una fuente de alimento conectados por dos caminos de longitudes distintas.
- Un parámetro que representa la cantidad de feromonas depositadas en cada camino.
- Un conjunto de hormigas artificiales en el nido.
- Un peso o valor para cada camino, llamado **heurística** (caminos más cortos reciben un valor mayor).
- Una regla de decisión para cada hormiga, donde la probabilidad de elegir un camino depende tanto de la feromona acumulada como de su valor heurístico.



ruta/a/imagen.jpg

figureEsquema de nido y caminos

Se asume que estas hormigas artificiales se comportan como las reales: toman decisiones basadas

# Optimización de redes de datos (routing en telecomunicaciones)

# Optimización de redes de datos (routing en telecomunicaciones)

**Símil:** Las hormigas son paquetes de datos buscando el camino más rápido en una red.

**Explicación:** Igual que las hormigas dejan feromonas en caminos cortos, los paquetes “dejan rastro” en rutas rápidas y confiables, reforzando su uso.

## Parámetros clave:

- $\alpha$ : Influencia de feromonas (historia de la red)
- $\beta$ : Influencia de la heurística (latencia medida)
- $\rho$ : Tasa de evaporación
- $Q$ : Intensidad de refuerzo

## Fórmulas:

$$P_{ij} = \frac{\tau_{ij}^{\alpha} \cdot \eta_{ij}^{\beta}}{\sum_k \tau_{ik}^{\alpha} \cdot \eta_{ik}^{\beta}}$$

$$\eta_{ij} = \frac{1}{\text{latencia}}, \quad \tau_{ij} \leftarrow (1 - \rho)\tau_{ij} + \frac{Q}{\text{latencia}}$$



# Planificación de viajes turísticos

**Símil:** Las hormigas son turistas planificando qué ciudades visitar maximizando experiencias y minimizando distancias.

**Explicación sencilla:** El “olor” de las feromonas indica rutas populares y eficientes; la heurística valora atracciones y cercanía.

## Parámetros clave:

- $\alpha$ : Peso de popularidad histórica
- $\beta$ : Peso de valor de atracciones / distancia
- $\rho$ : Evaporación para fomentar exploración

## Fórmulas:

$$\eta_{ij} = \frac{\text{valor\_atractivo}_j}{\text{distancia}_{ij}}$$

$$\tau_{ij} \leftarrow (1 - \rho)\tau_{ij} + \frac{Q}{\text{utilidad\_ruta}}$$

# Optimización de tráfico vehicular

**Símil:** Las hormigas son coches que eligen calles según tiempos de viaje y experiencias previas.

**Explicación:** Las rutas con menos congestión reciben más “feromonas” (preferencia) y se refuerzan, mientras que las congestionadas pierden atractivo.

## Parámetros clave:

- $\alpha$ : Influencia de rutas históricamente rápidas
- $\beta$ : Influencia de tiempo de viaje real
- $\rho$ : Evaporación para adaptación a cambios

## Fórmulas:

$$\eta_{ij} = \frac{1}{\text{tiempo\_viaje}_{ij}}, \quad \tau_{ij} \leftarrow (1 - \rho)\tau_{ij} + \frac{Q}{\text{tiempo\_ruta}}$$

# Optimización de rutas de reparto (logística)

**Símil:** Las hormigas son camiones repartiendo paquetes, buscando la ruta más corta para entregar todo.

**Explicación:** Las rutas eficientes se marcan con más feromonas; la heurística favorece caminos cortos.

## Parámetros clave:

- $\alpha$ : Influencia de rutas usadas antes
- $\beta$ : Influencia de distancias
- $\rho$ : Evaporación de feromonas

## Fórmulas:

$$\eta_{ij} = \frac{1}{\text{distancia}_{ij}}$$

$$\tau_{ij} \leftarrow (1 - \rho)\tau_{ij} + \frac{Q}{\text{longitud\_ruta}}$$

# Asignación de tareas en fábricas

**Símil:** Las hormigas son trabajos que deben asignarse a máquinas para minimizar el tiempo total de producción.

**Explicación:** Las combinaciones de tarea-máquina rápidas ganan más feromonas; la heurística valora menor tiempo de proceso.

## Parámetros clave:

- $\alpha$ : Influencia de asignaciones previas exitosas
- $\beta$ : Influencia de tiempos de proceso
- $\rho$ : Evaporación para adaptación

## Fórmulas:

$$\eta_{ij} = \frac{1}{\text{tiempo\_proceso}_{ij}}$$

$$\tau_{ij} \leftarrow (1 - \rho)\tau_{ij} + \frac{Q}{\text{tiempo\_total}}$$

# Secuenciación de ADN (bioinformática)

**Símil:** Las hormigas son intentos de unir fragmentos de ADN en el orden correcto.

**Explicación:** Las feromonas refuerzan empalmes con mayor solapamiento; la heurística premia coincidencias largas.

## Parámetros clave:

- $\alpha$ : Influencia de empalmes anteriores
- $\beta$ : Influencia de longitud de solapamiento
- $\rho$ : Evaporación para evitar callejones sin salida

## Fórmulas:

$$\eta_{ij} = \text{longitud\_solapamiento}(i, j)$$

$$\tau_{ij} \leftarrow (1 - \rho)\tau_{ij} + \frac{Q}{\text{error\_ensamblaje}}$$