

# PORTAFOLIO

#1

DAI

---

ÁNGEL GABRIEL NÚÑEZ BELTRÉ  
MAT.: 2024-0690



INSTITUTO  
TECNOLÓGICO DE LAS  
AMÉRICAS (ITLA)

## **Presentación**

### **Nombres:**

Ángel Gabriel

### **Apellidos:**

Núñez Beltré

### **Matricula:**

2024-0690

### **Carrera:**

Inteligencia Artificial

### **Materia:**

Inteligencia Artificial Distribuida

### **Trabajo:**

Preguntas de Investigación

### **Docente:**

Carlos Ogando

### **Fecha:**

01/28/2025

## Contents

1. ¿Qué es un agente inteligente? .....	3
2. ¿Qué es un sistema multiagente? .....	3
3. ¿Qué es la inteligencia artificial distribuida? .....	3
4. ¿Cuáles son las características de la inteligencia artificial distribuida? .....	3
5. Defina los componentes de la IA distribuida: .....	4
• Planificación multiagente: .....	4
• Coordinación multiagente: .....	4
• Comunicación multiagente: .....	4
6. Indique las aplicaciones de la IA distribuida. ....	5
Bibliografía .....	5

## **1. ¿Qué es un agente inteligente?**

Es una entidad capaz de percibir su entorno a través de sensores, procesar dicha información y actuar a través de sus actuadores de forma autónoma para lograr un objetivo pautado (Ogando, *Introducción a la DAI*).

## **2. ¿Qué es un sistema multiagente?**

Es un sistema el cual es conformado por un conjunto de agentes inteligentes, los cuales se comunican entre sí, para dividir una tarea difícil, entre varias tareas más simples, y así poder llegar al objetivo utilizando la colaboración y en vez de un solo agente muy potente, varios, pero menos potentes, así como las hormigas (YADAV et al., *Chapter 1 Distribute Artificial Intelligence*).

## **3. ¿Qué es la inteligencia artificial distribuida?**

Esta es una rama del mundo de la Inteligencia Artificial, encargado de estudiar y construir sistemas, en donde el procesamiento y la inteligencia estén distribuidos entre múltiples agentes, buscando resolver con esto problemas complejos, donde la colaboración entre múltiples agentes sea lo más optimo (Ogando, *Introducción a la DAI*).

## **4. ¿Cuáles son las características de la inteligencia artificial distribuida?**

- Es descentralizada, ya que su cerebro esta repartido en varias unidades de procesamiento separadas.
- Es robusta, dado a su descentralización el sistema sigue funcionando, aunque una de sus unidades de funcionamiento falle, las demás siguen funcionando.
- Es fácilmente escalable, dado que se pueden agregar agentes fácilmente para manejar problemas más grandes.
- La Asincronía entre los agentes, dado a que no necesitan estar conectados en tiempo real para intercambiar información y que esta pueda seguir siendo usada.

- Y gracias a su asincronía también tiene un acoplamiento débil, logrando independencia entre los agentes y así que si uno se daña no haga una reacción en cadena hacia los demás.

(YADAV et al., Chapter 1 Distribute Artificial Intelligence)

## 5. Defina los componentes de la IA distribuida:

- **Planificación multiagente:**

La planificación multiagente es el proceso de anticipar que pasos data cada agente a la hora de evitar conflictos, para esto se puede adoptar la metodología:

Centralizada: Asignando un coordinador que organiza a todos los agentes.

Distribuida: Aquí los agentes se comunican entre ellos para llegar al mejor fin.

(YADAV et al., Chapter 1 Distribute Artificial Intelligence)

- **Coordinación multiagente:**

Este es el mecanismo que asegura que los agentes trabajen en colaboración, sin estorbase, haciendo las gestiones de que un agente espera de otro y evitando así la mobocracia (YADAV et al., Chapter 1 Distribute Artificial Intelligence).

- **Comunicación multiagente:**

Este es el medio, por el cual los agentes se comunican, pudiendo ser una pizarra, en donde todos leen y escriben por turnos; o mediante Mensajería, para una comunicación directa entre agentes utilizando lenguajes como FIPA-ACL (YADAV et al., Chapter 1 Distribute Artificial Intelligence).

## 6. Indique las aplicaciones de la IA distribuida.

- Sistemas de Transporte Inteligente: Entrenados para controlar de manera distribuida el tráfico y optimizar rutas(Swarco, *Intelligent Transportation Systems*).
- Vehículos Autónomos: los cuales sus agentes responden a los estímulos del ambiente y comparten esa información entre ellos para aprender (Clanx, *Distributed ai*).
- Robotica de ejambre con drones: para colaborar en misiones de búsqueda y rescate o manufactura, actuando de forma autónoma y coordinada para lograr la tarea (Wikipedia, *Robótica de enjambres* 2025).
- Blockchain: En sistemas descentralizados de seguridad y finanzas (Thanh, *Artificial Intelligence and Blockchain: The definitive guide*).

### Bibliografía:

*Clanx (sin fecha) Distributed ai, What it is and Why it Matters? Available at: <https://clanx.ai/glossary/distributed-ai> (Accedido: 28 January 2026).*

*Ogando, C. (sin fecha) Introducción a la DAI. Available at: [https://aulavirtual.itla.edu.do/pluginfile.php/43478/mod\\_resource/content/1/Introducci%C3%B3n%20a%20la%20DAI.pdf](https://aulavirtual.itla.edu.do/pluginfile.php/43478/mod_resource/content/1/Introducci%C3%B3n%20a%20la%20DAI.pdf) (Accedido: 28 January 2026).*

*Swarco (sin fecha) Intelligent Transportation Systems, SWARCO. Available at: <https://www.swarco.com/mobility-future/intelligent-transportation-systems> (Accedido: 28 January 2026).*

*Thanh, D.B. (2025) Artificial Intelligence and Blockchain: The definitive guide, SmartDev. Available at: <https://smartdev.com/fr/ai-and-blockchain/> (Accedido: 28 January 2026).*

*Wikipedia (2025) Robótica de enjambres, Wikipedia. Available at: [https://es.wikipedia.org/wiki/Rob%C3%B3tica\\_de\\_enjambres](https://es.wikipedia.org/wiki/Rob%C3%B3tica_de_enjambres) (Accedido: 28 January 2026).*

*YADAV, S.P., DHARMENDRA PRASAD and DIEU LINH, N.T. (eds.) (sin fecha) ‘Chapter 1 Distribute Artificial Intelligence’, in.*



INSTITUTO  
TECNOLÓGICO DE LAS  
AMÉRICAS (ITLA)

## Presentación

**Nombres:**

Ángel Gabriel

**Apellidos:**

Núñez Beltré

**Matricula:**

2024-0690

**Carrera:**

Inteligencia Artificial

**Materia:**

Inteligencia Artificial Distribuida

**Trabajo:**

Primer Ensayo

**Docente:**

Carlos Ogando

**Fecha:**

30/01/2025

## **Índice**

<b>I.</b>	<b>Introducción .....</b>	<b>3</b>
<b>II.</b>	<b>El Agente Inteligente como Unidad Fundamental .....</b>	<b>3</b>
<b>III.</b>	<b>Inteligencia Artificial Distribuida (DAI) y Sistemas Multiagente (MAS) .....</b>	<b>5</b>
<b>IV.</b>	<b>Coordinación y Planificación en Entornos Distribuidos .....</b>	<b>7</b>
<b>V.</b>	<b>Inteligencia Colectiva: Sistemas Bio-inspirados.....</b>	<b>8</b>
<b>VI.</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>10</b>
<b>VII.</b>	<b>Referencias Bibliográficas .....</b>	<b>10</b>

## I. Introducción

La Inteligencia Artificial ha avanzado con el tiempo, desde sistemas de procesamiento simple, a arquitecturas complejas y distribuidas. Arquitecturas las cuales han nacido dada las limitaciones del poder computacional y las grandes cantidades de datos a manejar actualmente. En dicho contexto, nace La **Inteligencia Artificial Distribuida (DAI)**, la cual es un subcampo de la Inteligencia Artificial, dedicado al estudio y diseño de interacciones entre agentes inteligentes, los cuales actúan utilizando, cooperación, coexistencia, o competencia, para alcanzar de esta manera un objetivo final (Ogando, s.f.-a).

Para entender de mejor manera, lo que abarca la **DAI**, debemos ver sus dos enfoques principales:

- **Los Sistemas Multiagente (MAS):** en este se busca la coordinación de conocimientos y actividades entre los agentes autónomos (Ogando, s.f.-a).
- **La Resolución de Problemas Distribuida (DPS):** en este la metodología se centra en descomponer problemas un problema complejo, en problemas pequeños, más fáciles de solucionar (Ogando, s.f.-a), como en la metodología según Julio Cesar “dividir para conquistar” (Wikipedia, s.f.).

Logrando así estas estructuras, no depender de un único nodo central, el cual sea el encargado de solucionar todo el problema, si no, en cambio, múltiples agentes los cuales, a través de colaboración, logren llegar a una solución del problema (de esta misma manera trabajan las empresas y los equipos de personas).

En este presente ensayo, esta como objetivo el analizar es comprender la Inteligencia Colectiva, analizando para ello, que son los agentes inteligentes y como estos se comunican funcionan a través de La DAI, hasta la Inteligencia Colectiva.

## II. El Agente Inteligente

**Los Agentes Inteligentes** son las bases de la Inteligencia Artificial Distribuida, estos se definen como cualquier entidad con capacidad para percibir su entorno mediante sensores, procesar esa información y ejercer acciones sobre

dicho entorno a través de actuadores (Ogando, s.f.-b). El funcionamiento de estos agentes es en forma de ciclo en donde el agente pasa por las siguientes fases en bucle:

- **Percibir:** recibir los datos del entorno.
  - **Pensar:** procesar dicha información.
  - **Actuar:** generar un cambio en el ambiente dada la información procesada.
- (Ogando, s.f.-b).

Un concepto clave para los agentes inteligentes es su racionalizada, la cual depende de 4 factores:

- La medida de desempeño que define el criterio de éxito.
- El conocimiento previo del entorno.
- Las percepciones acumuladas hasta el momento.
- Las acciones que el agente puede ejecutar.

Por tal razón un agente se considera racional si, ante cualquier secuencia de percepciones, selecciona la acción que se espere maximice su desempeño (Ogando, s.f.-b).

Ahora bien, para diseñar un agente de manera rigurosa, utilizamos normalmente el marco de trabajo **PEAS**, el cual se basa en lo siguiente:



Fuente: [https://www.canva.com/design/DAG\\_5-n84i0/-Y1iapxG8H2gQmNjatxHfw/edit?utm\\_content=DAG\\_5-n84i0&utm\\_campaign=designshare&utm\\_medium=link2&utm\\_source=sharebutton](https://www.canva.com/design/DAG_5-n84i0/-Y1iapxG8H2gQmNjatxHfw/edit?utm_content=DAG_5-n84i0&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton)

Lo cual nos permite estructurar las capacidades del agente (Ogando, s.f.-b).

Con esto y dada la complejidad del agente a desarrollar, podemos clasificar dicho agente en las siguientes categorías:

- **Agentes de reflejo simple:** Los de reflejo simple actúan basándose solamente en la percepción actual mediante reglas de condición-acción (Ogando, s.f.-b).
- **Agentes basados en modelos:** Los basados en modelos mantienen un estado interno, lo que les permite lidiar con entornos parcialmente observables (Ogando, s.f.-b).
- **Agentes basados en objetivos:** Los agentes basados en objetivos evalúan si sus acciones los acercan a una meta específica, para así lograr el objetivo (Ogando, s.f.-b).
- **Agentes basados en utilidad:** Los basados en utilidad son, como los basados en objetivos, pero van más allá, buscando no solo cumplir la meta, sino hacerlo de la manera más eficiente posible (Ogando, s.f.-b).
- **Sistemas de aprendizaje y mejora del desempeño:** Los sistemas de aprendizaje, son agentes avanzados que cuentan con cuatro componentes conceptuales:
  - un elemento de aprendizaje, el cual realiza mejoras en el sistema
  - un elemento de desempeño, el cual elige las acciones
  - un crítico que da retroalimentación de la acción ejercida
  - un generador de problemas que permite explorar nuevas experiencias para aprender (Ogando, s.f.-b).

### III. Inteligencia Artificial Distribuida (DAI) y Sistemas Multiagente (MAS)

Dado que ya sabemos que es un **Agente Inteligente**, ya podemos indagar en que es la **Inteligencia Artificial Distribuida**, la cual surge como una solución a las limitaciones de los sistemas centralizados, teniendo a diferente de estos, la dispersión de tareas, lo que le permite realizar procesamiento de forma paralela, independiente entre nodos, sin que todos los nodos dependan de un nodo crítico.

Dándonos de esta manera las principales ventajas de la Inteligencia Artificial Distribuida:

- Robustez ante fallos, en donde si un nodo falla, no hace fallar a todo el sistema.
- Mejor escalabilidad, al poder añadir nuevos agentes sin grandes modificaciones al sistema.
- Eficiencia a la hora de manejar grandes volúmenes de datos, dado a división del análisis entre los agentes.
- Distribución física del poder de procesamiento entre los agentes.  
(Ogando, s.f.-a)

Ahora bien, de la forma que logramos esto, es gracias a las metodologías que puede seguir la DAI, a la hora de enfrentar un problema:

- **Sistemas Multiagente (MAS) vs.:** En este tipo de sistemas los agentes inteligentes perciben y actúan por separado, pero se comunican entre todos, teniendo de manera coordinada, conocimientos y actividades (Ogando, s.f.-a).
- **Resolución de Problemas Distribuida (DPS):** En esta metodología, el trabajo se divide en nodos que comparten el mismo conocimiento, en este se trata de dividir un problema complejo en problemas más simples (Ogando, s.f.-a).
- **Resolución de problemas paralela:** En este se trata de usar los sistemas multiprocesador y los grupos computacionales para acelerar el cálculo (Ogando, s.f.-a), dándole a cada microproceso una parte del problema y que se pueda resolver de forma paralela.

También logramos esto gracias a las características de un agente inteligente en DAI, el cual debe ser capaz de tener autosuficiencia sobre sus propias acciones y estado sin intervención humana directa, capacidad social para poder interactuar con otros agentes y reactividad para poder aplicar cambios en su entorno (Ogando, s.f.-a). Y con esto distribuir el problema entre agentes de manera eficaz.

## **IV. Coordinación y Planificación en Entornos Distribuidos**

Como se explico en la anterior sección de este ensayo, los agentes por si solos deben funcionar y comunicarse para trabajar en grupo, pero como pasa si en un debate hablamos todos a la vez, no hay un orden ni un entendimiento y por ende no hay comunicación, para evitar que nuestros agentes caigan en el caos, existen dos tipos de planificaciones que estos pueden usar para comunicarse, que les indican las leyes y pautas que deben tener para hablar el uno sobre el otro y actuar, estas son:

- **Estrategia Centralizada:** En esta se tiene a un agente coordinador que recibe toda la información de los demás y genera el plan de acción para todo el grupo (Ogando, s.f.-c).
- **Estrategia Descentralizada:** En esta los agentes intercambian información y negocian entre si para construir sus propios planes, manteniendo una autonomía operativa (Ogando, s.f.-c).

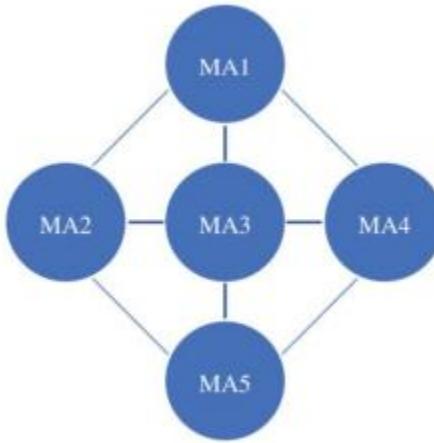
Ahora bien para la estrategia Descentralizada, caeremos en el mal uso de recursos y la oclocracia (el caos) si dejamos que los nodos hablen entre ellos sin un orden en todo momento, y sin un coordinador, utilizamos los llamados **Mecanismos de Coordinación** (Ogando, s.f.-c). los **Mecanismos de Coordinación**, son arquitecturas de comunicación entre los agentes que nos permiten lograr una comunicación organizada, entre ellos están (Ogando, s.f.-c):

- **Arquitectura de pizarra.**
- **Arquitectura de procedimiento remoto**
  - **Batch**
  - **Callback**
  - **Broadcast**

También tenemos las arquitecturas de participación entre los agentes, definidas para ambientes distribuidos, entre estas:

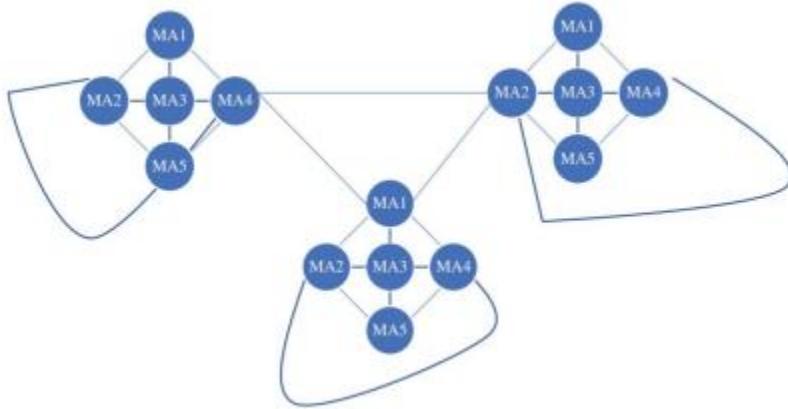
- **Arquitectura de cooperación total:** en esta los agentes están conectados entre sus vecinos mas cercanos, teniendo una comunicación entre todos, aunque desafortunadamente este tiene problemas a la hora de manejar

grandes cantidades de datos (Ogando, s.f.-c), dado al crecimiento exponencial de las conexiones.



Fuente: Inteligencia Colectiva (Ogando, s.f.-c).

- **Arquitectura de cooperación parcial:** En esta arquitectura los agentes están separados por grupos conectados entre ellos, en donde cada grupo tiene un agente llamado consejero el cual se comunica con su grupo y el otro consejero de otro grupo (Ogando, s.f.-c).



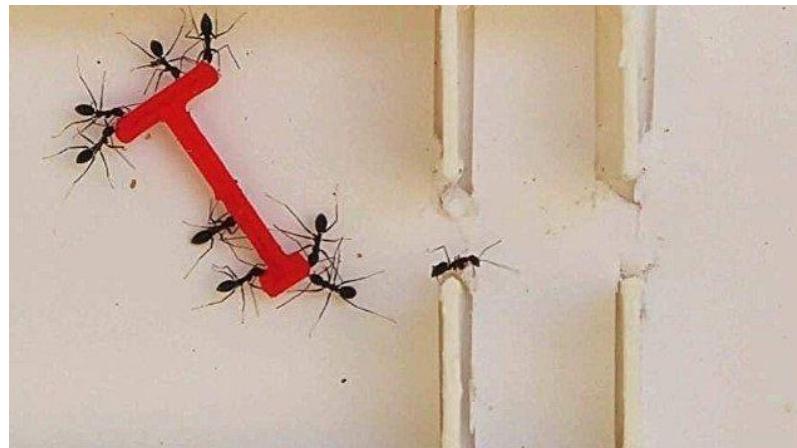
Fuente: Inteligencia Colectiva (Ogando, s.f.-c).

## V. Inteligencia Colectiva: Sistemas Bio-inspirados

La Inteligencia Colectiva, representa un escalón superior en los sistemas DAI, en donde el foco del problema se desplaza del individuo, al grupo, en esta se define una forma de inteligencia nacida de la colaboración y el esfuerzo de muchos individuos en una tarea, permitiendo al grupo tomar decisiones y acciones en grupo. En estos sistemas el conocimiento está distribuido y la solución nace de las

interacciones sociales y tecnológicas entre los miembros del grupo (Ogando, s.f.-c), así como funcionan los enjambres.

Así es como nace la **Inteligencia de Enjambré**, inspirada en cómo funciona en la naturaleza donde un grupo compuesto por muchos agentes que por sí solos no resolverían el problema. Siguiendo modelos como las colonias de hormigas, las colmenas de abejas, las bandadas de aves, o los cardúmenes, estos sistemas logran una auto-organización sin necesidad de un control centralizado (Ogando, s.f.-c). Dándole esta descentralización la ventaja de resolver problemas grandes y de ser flexibles y resistentes, dado que si algún agente desaparece el enjambré sigue funcionando.



Fuente: [https://www.cuarto.com/noticias/sociedad/20241226/hormigas-superan-humanos-resolviendo-problemas-grupo\\_18\\_014374662.html](https://www.cuarto.com/noticias/sociedad/20241226/hormigas-superan-humanos-resolviendo-problemas-grupo_18_014374662.html)

De esta misma manera inspirado en la naturaleza, nacen **Los Algoritmos Genéticos**, en esta subrama de la IA, esta dentro de **Los Algoritmos Evolutivos**, y estos algoritmos tratan de simular la mecánica de la selección natural para resolver problemas de optimización y búsqueda (Ogando, s.f.-c). En este tipo de algoritmos tenemos una población de candidatos, los cuales evolucionan a través de operadores biológicos, los cuales son:

- **Selección:** Se eligen las mejores soluciones basadas en su aptitud.
- **Recombinación (Cruce):** Se combinan partes de dos soluciones para crear una nueva.
- **Mutación:** Se introducen cambios aleatorios para mantener la diversidad y evitar quedar atrapados en soluciones mediocres (Ogando, s.f.-c).

Estos algoritmos previamente mencionados pertenecen a la categoría **algoritmos libres de gradiente**, el cual es un **algoritmo de optimización**, junto con los **algoritmos basados en gradientes** (Ogando, s.f.-c).

En este contexto, **los algoritmos en gradiente** necesitan que la función matemática sea continua y derivable, en cambio **los libres de gradiente**, tienen la gran ventaja de lo contrario, lo que los hace ideales en explorar espacios de búsqueda complejos, irregulares, o desconocidos, donde los métodos continuos fallan (Ogando, s.f.-c).S

## VI. Conclusiones

En conclusión, la evolución de **la Inteligencia Artificial** nos demuestra que la eficiencia no radica solo en la potencia, si no, más en como tratamos el problema a resolver, en donde en la mayoría de los casos, como es evidenciado en la naturaleza, es casi siempre más óptimo dividir el problema en partes, lo cual además nos genera sistemas más robustos hacia fallas y distribuidos.

Evidenciando así que el futuro de la disciplina se orienta hacia la inteligencia colectiva, y los sistemas bio-inspirados, donde emulamos la sabiduría de la naturaleza, la cual ha sido perfeccionada a través de la evolución de cientos de años, lo cual lo podemos aprovechar, utilizando su arquitectura en el funcionamiento de nuestros sistemas de Inteligencia Artificial Distribuida.

## VII. Referencias Bibliográficas

Ogando, C. (s.f.-a). *Introducción a la DAI* [Diapositivas de PowerPoint]. Departamento de Inteligencia Artificial, Instituto Tecnológico de Las Américas (ITLA).

Ogando, C. (s.f.-b). *Agentes inteligentes* [Diapositivas de PowerPoint]. Departamento de Inteligencia Artificial, Instituto Tecnológico de Las Américas (ITLA).

Ogando, C. (s.f.-c). *Inteligencia colectiva* [Diapositivas de PowerPoint]. Departamento de Inteligencia Artificial, Instituto Tecnológico de Las Américas (ITLA).

Wikipedia. (s.f.). *Divide y vencerás*. Recuperado el 30 de enero de 2026, de [https://es.wikipedia.org/wiki/Divide\\_y\\_vencer%C3%A1s](https://es.wikipedia.org/wiki/Divide_y_vencer%C3%A1s)



INSTITUTO  
TECNOLÓGICO DE LAS  
AMÉRICAS (ITLA)

## Presentación

**Nombres:**

Ángel Gabriel

**Apellidos:**

Núñez Beltré

**Matricula:**

2024-0690

**Carrera:**

Inteligencia Artificial

**Materia:**

Inteligencia Artificial Distribuida

**Trabajo:**

Preguntas de investigación sobre inteligencia colectiva

**Docente:**

Carlos Bienvenido Ogando Montas

**Fecha:**

08/02/2026

## INDICE

1.- ¿Qué es inteligencia? .....	3
2.- ¿Qué es inteligencia colectiva? .....	3
3.- ¿Qué es inteligencia fluida? .....	3
4.- ¿Qué es inteligencia cristalizada? .....	3
5.- ¿Qué es inteligencia de enjambre? .....	3
6.- Liste 10 algoritmos de enjambre y explique en qué consisten.....	4
7.- Explique a detalle un algoritmo de inteligencia de enjambre. ....	4
8.- ¿Qué son algoritmos genéticos? .....	5
9.- ¿Cuáles son las etapas de un algoritmo genético? .....	5
10.- ¿Cuáles son las aplicaciones de los algoritmos genéticos y de los algoritmos de inteligencia de enjambre? .....	6
Bibliografía .....	7

## **1.- ¿Qué es inteligencia?**

Por definición puede ser Según la RAE:

- Capacidad de entender o comprender.
- Capacidad de resolver problemas.

Así que podemos decir que es la capacidad de entender problemas y tener la habilidad de resolverlos.

## **2.- ¿Qué es inteligencia colectiva?**

Esta es la inteligencia presente en la colaboración, esfuerzos colectivos, y competencia de muchos individuos, que llegan a tomar decisiones y realizar acciones en consenso, que aparentan ser inteligentes (Ogando, C. s.f.). Por ende, podemos deducir que es la inteligencia resultante del trabajo en conjunto de muchos individuos inteligentes.

## **3.- ¿Qué es inteligencia fluida?**

Es la habilidad de razonamiento, básicamente la inteligencia presente en el pensar lógico para la resolución de problemas, aplicando conocimiento previo a situaciones nuevas y diferentes (Ogando, C. s.f.).

## **4.- ¿Qué es inteligencia cristalizada?**

Esta es la habilidad de acumula información, ósea la inteligencia nacida de la acumulación de información precisa, aprendida a través de estudiar (Ogando, C. s.f.).

## **5.- ¿Qué es inteligencia de enjambre?**

Esta es una de las ramas de la inteligencia artificial, encargada de estudiar el comportamiento colectivo de individuos, que resuelven problemas al trabajar de manera colectiva, sistemas como los sistemas descentralizados, auto organizados, naturales o artificiales (Ogando, C. s.f.).

## **6.- Liste 10 algoritmos de enjambre y explique en qué consisten.**

1. **Optimización basada en colonias de hormigas (ACO):** Basado en el uso de rastros de feromonas para encontrar caminos óptimos (Ogando, C. s.f.).
2. **Optimización de enjambre de partículas (PSO):** Simula el movimiento coordinado de bandadas de aves o bancos de peces (Ogando, C. s.f.).
3. **Algoritmo de colonia de abejas (ABC):** Replica el comportamiento de búsqueda de néctar de las abejas (Ogando, C. s.f.).
4. **Sistemas inmunológicos artificiales (SIA):** Inspirado en la respuesta defensiva del sistema inmune biológico (Ogando, C. s.f.).
5. **Algoritmo de murciélagos (BA):** Utiliza el principio de ecolocalización para detectar distancias y objetivos (Ogando, C. s.f.).
6. **Optimización enjambre de luciérnagas (FA/GSO):** Se basa en la atracción visual mediante el parpadeo de luz entre individuos (Ogando, C. s.f.).
7. **Sistemas inmunológicos artificiales (SIA):** es la utilización de estructuras abstractas, la cual simula la función del sistema inmunológico a los sistemas de cómputo (Wikipedia, 2025).
8. **algoritmo firefly (FA):** inspirado en el comportamiento intermitente de las luciérnagas, de atraerse por el foco mas fuerte de luz, y su capacidad de subdividirse en pequeños grupos y cada subgrupo alrededor de los modos locales (Wikipedia, 2025).
9. **El algoritmo de murciélagos (AM):** inspirado en el comportamiento de ecolocalización de los murciélagos, haciendo uso de la frecuencia y sintonización automática para explorar las rutas (Wikipedia, 2025).
10. **Caída inteligente de gotas de agua (IWD):** inspirado en como los ríos naturales encuentran el camino siempre más optimo a su destino (Wikipedia, 2025).

## **7.- Explique a detalle un algoritmo de inteligencia de enjambre.**

Este algoritmo, desarrollado originalmente por Hamed Shah-Hosseini en 2007 y adaptado para optimización técnica en el artículo de MQL5 (Dik, 2023), se basa en cómo las gotas de agua cambian su entorno para encontrar el camino de menor resistencia hacia su destino.

Para esto cada gota, es un agente que posee una velocidad y una capacidad de carga, a medida que fluye por diferentes rutas, erosiona el terreno extrayendo tierra del camino. La lógica es que, una gota viaja más rápido por un camino con menos tierra y, a su vez, tendrá mayor capacidad para erosionar y transportar más tierra de ese trayecto, haciendo que el camino sea cada vez más atractivo para las gotas sucesivas (Dik, 2023).

## **8.- ¿Qué son algoritmos genéticos?**

Son algoritmos que pertenecen a la subrama de la inteligencia artificial denominada algoritmos evolutivos. Su propósito es hacer evolucionar una población de individuos mediante acciones aleatorias similares a la evolución biológica (Ogando, C. s.f.).

## **9.- ¿Cuáles son las etapas de un algoritmo genético?**

Sus etapas son las siguientes:

### **Etapa 1: Inicialización**

Para iniciar, se genera una población inicial, con sujetos al azar. Esta etapa genera un conjunto variado de posibles soluciones para comenzar el algoritmo (Genetic algorithm).

### **Etapa 2: Evaluación**

En esta siguiente etapa, se evalúa la aptitud de cada persona en la población y se emplea una función para evaluar qué tan buena es cada solución (Genetic algorithm).

### **Etapa 3: Selección**

Utilizando los criterios de selección, se eligen los individuos para la reproducción basándose en sus capacidades (Genetic algorithm).

### **Etapa 4: Cruce**

En esta siguiente etapa, utilizando métodos de cruce, se combinan los materiales genéticos, con el objetivo de producir nuevas soluciones o descendientes (Genetic algorithm).

### **Etapa 5: Mutación**

En esta siguiente etapa se agregan mutaciones para preservar la diversidad de la población (Genetic algorithm).

### **Etapa 6: Sustitución**

Como siguiente paso, se reemplaza a la población original, en su totalidad o parcialmente, con la nueva descendencia (Genetic algorithm).

### **Etapa 7: Repite**

Los pasos previos, del 2 al 6, se repiten en un ciclo hasta que se cumpla una condición de finalización o durante un número específico de generaciones. Este ciclo posibilita que la población progrese con el tiempo, con la expectativa de que esto conduzca a una solución satisfactoria (Genetic algorithm).

## **10.- ¿Cuáles son las aplicaciones de los algoritmos genéticos y de los algoritmos de inteligencia de enjambre?**

Ambos tipos de algoritmos pertenecen a la familia de algoritmos libres de gradiente, y dentro de sus aplicaciones están:

- **Robótica de enjambre:** aplicando sistemas de enjambre a sistemas robóticos móviles.
- **Optimización compleja:** para resolver problemas de optimización complejos, en donde no disponemos información del gradiente para guiar la búsqueda.

## Bibliografía

Ogando, C. (s.f.). *Inteligencia colectiva*. Instituto Tecnológico de Las Américas (ITLA). Recuperado de: [https://aulavirtual.itla.edu.do/pluginfile.php/43485/mod\\_resource/content/1/Inteligencia%20colectiva.pdf](https://aulavirtual.itla.edu.do/pluginfile.php/43485/mod_resource/content/1/Inteligencia%20colectiva.pdf)

Dik, A. (2023, 10 de octubre). *Algoritmos de optimización de la población: Algoritmo de gotas de agua inteligentes (Intelligent Water Drops, IWD)*. MQL5 Artículos. Recuperado de: <https://www.mql5.com/es/articles/13730>

*Inteligencia | definición | Diccionario de la lengua española | Rae - Asale.* Recuperado de: <https://dle.rae.es/inteligencia>.

*Inteligencia de Enjambre* (2025) Wikipedia. Recuperado de: [https://es.wikipedia.org/wiki/Inteligencia\\_de\\_enjambre](https://es.wikipedia.org/wiki/Inteligencia_de_enjambre).

*Genetic algorithm: Complete guide with python implementation | datacamp.* Recuperado de: <https://www.datacamp.com/tutorial/genetic-algorithm-python>.

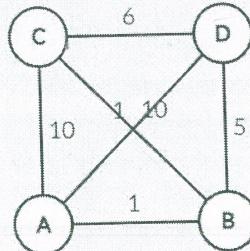
## Grafo 3

Node Count:

1 4

Graph Data:

1	A	B	1
2	A	C	10
3	A	D	1
4	B	C	10
5	B	D	5
6	C	D	6



## - Hiperparámetros

- $K = 2$
- $\tau = 4$
- $\alpha = 1$
- $\beta = 1$
- $P = 0.5$
- $Q = 5$

## Formulas

$$w_{xy} = \tau_{xy} \cdot \eta_{xy}^B$$

$$P_{xy} = \frac{w_{xy}}{\sum w_{xy}}$$

## Hormiga 1

## Pass 1

$$w_{AB} = 1^1 \cdot 1^1 = 1 \cdot 1 = 1$$

$$w_{AD} = 1^1 \cdot 1^1 = 1 \cdot 1 = 1$$

$$w_{AC} = 1^1 \cdot 0.1^1 = 1 \cdot 0.1 = 0.1$$

$$\sum_w w_{xy} = 2.1$$

## Variables:

$$\boldsymbol{d} = \begin{bmatrix} A & B & C & D \\ 1 & \infty & 1 & 10 \\ 0 & 1 & \infty & 10 \\ 0 & 10 & 10 & 6 \\ 1 & 5 & 6 & \infty \end{bmatrix}$$

$$\boldsymbol{\eta} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0.1 & 1 \\ 1 & 0 & 0.1 & 0.2 \\ 0.1 & 0.1 & 0 & 0.17 \\ 0.2 & 0.2 & 0.17 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\boldsymbol{\tau} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow P_{AB} = 0.48 = 48\%$$

$$P_{AD} = 0.48 = 48\%$$

$$P_{AC} = 0.048 = 4.8\%$$

Angel Gabriel Núñez Beltré

Mat.: 2024-0690

Selección B - Paso 2

$$W_{BC} = 1^1 \cdot 0.1 = 1 \cdot 0.1 = 0.1 \quad P_{BC} = \frac{0.1}{0.3} = 0.33\%$$

$$W_{BD} = 1^1 \cdot 0.2 = 1 \cdot 0.2 = 0.2 \rightarrow P_{BD} = \frac{0.2}{0.3} = 0.67\%$$

$$\sum W_A = 0.3$$

Selección D

Única opción  $C \rightarrow A$

Ruta = A B D C A = 22

Hormiga 2  
Paso 1

$$W_{AB} = 1^1 \cdot 1^1 = 1 \cdot 1 = 1 \quad P_{AB} = \frac{1}{2.1} = 0.48 = 48\%$$

$$W_{AD} = 1^1 \cdot 1^1 = 1 \cdot 1 = 1 \quad \rightarrow P_{AD} = \frac{1}{2.1} = 0.48 = 48\%$$

$$W_{AC} = 1^1 \cdot 0.1^1 = 1 \cdot 0.1 = 0.1 \quad P_{AC} = \frac{0.1}{2.1} = 0.048 = 0.048\%$$

$$\sum W_A = 2.1$$

Selección D - Paso 2

$$W_{DC} = 1^1 \cdot 0.17^1 = 0.17 \quad P_{DC} = \frac{0.17}{0.37} = 46\%$$

$$W_{DB} = 1^1 \cdot 0.2^1 = 0.2 \rightarrow P_{DB} = \frac{0.2}{0.37} = 54\%$$

$$\sum W_A = 0.37$$

A D B C A = 26

Calcular deltas

$$\Delta t_{xy}^1 = \frac{1}{l_1} = \frac{5}{22} = 0.23$$

$$\Delta t_{xy}^2 = \frac{1}{l_2} = \frac{5}{26} = 0.19$$

Angel Gabriel nung Beltr

Mat.: 2024-0690

Actualizar feromonas

0.5	0.5	0.5	0.5
0.5	0.5	0.5	0.5
0.5	0.5	0.5	0.5
0.5	0.5	0.5	0.5

$$J^2 = (1-p)J^1 + \alpha J = (1-0.5)J^1 + 0.5J = 0.5J^1 + 0.5J$$

Hormiga 1

0.5	0.73	0.73	0.5
0.73	0.5	0.5	0.73
0.73	0.5	0.5	0.73
0.5	0.73	0.73	0.5

0.5	0.73	0.92	0.69
0.73	0.5	0.69	0.92
0.92	0.69	0.5	0.73
0.69	0.92	0.73	0.5

Ciclo 2

Hormiga 1-paso 1

$$W_{AB} = 0.73^1 \cdot 1^1 = 0.73 \rightarrow P_{AB} = 0.73/1.512 = 0.48 = 48\%$$

$$W_{AD} = 0.69^1 \cdot 1^1 = 0.69 \quad P_{AD} = 0.69/1.512 = 0.46 = 46\%$$

$$W_{AC} = 0.92 \cdot 0.1^1 = 0.092 \quad P_{AC} = 0.092/1.512 = 0.060 = 6\%$$

$$\sum W_{xy} = 1.512$$

Selecciona B paso 2

$$W_{BC} = 0.69^1 \cdot 0.7^1 = 0.69 \quad P_{BC} = 0.69/0.253 = 0.272$$

$$W_{BD} = 0.92^1 \cdot 0.2^1 = 0.184 \quad P_{BD} = 0.184/0.253 = 0.727$$

$$\sum W_{xy} = 0.253$$

Selecciona D  $\rightarrow C \rightarrow A$

Ruta = ABDCA = 22

Angel Gabriel Núñez Beltrán

Mat.: 2024-0690

## Mormiga 2 - Paso 1

$$W_{AB} = 0.73^1 \cdot 1^1 = 0.73 \quad P_{AB} = \frac{0.73}{1.512} = 0.48 = 48\%$$
$$W_{AD} = 0.69^1 \cdot 1^1 = 0.69 \rightarrow P_{AD} = \frac{0.69}{1.512} = 0.46 = 46\%$$
$$W_{AC} = 0.92 \cdot 0.1 = 0.092 \quad P_{AC} = \frac{0.092}{1.512} = 0.060 = 6\%$$
$$\sum_y W_{xy} = 1.512$$

## Selecciono D - paso 2

$$W_{DB} = 0.92^1 \cdot 0.2^1 = 0.184 \quad P_{DB} = 0.184 / 0.3081 = 50\%$$
$$W_{DC} = 0.73^1 \cdot 0.17^1 = 0.1241 \quad P_{DC} = 0.1241 / 0.3081 = 40\%$$
$$\sum_y W_{xy} = 0.3081$$

Selecciono B → C → A

Ruta: A D B C A = 26

## Calcular Deltas

$$\Delta J_1^1 = Q / l_1 = 5 / 22 = 0.23$$

$$\Delta J_{xy}^t = Q / l_t = 5 / 26 = 0.19$$

## Actualizar feromonas

0.5	0.73	0.42	0.69
0.73	0.5	0.69	0.92
0.42	0.69	0.5	0.73
0.69	0.92	0.73	0.5

Angel Gabriel Núñez Beltrán

Mat.: 2024-0690

$$\begin{array}{|c|c|c|c|} \hline 0.25 & 0.365 & 0.46 & 0.345 \\ \hline 0.365 & 0.25 & 0.345 & 0.46 \\ \hline 0.46 & 0.345 & 0.25 & 0.365 \\ \hline 0.345 & 0.46 & 0.365 & 0.25 \\ \hline \end{array} \rightarrow \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline 0.25 & 0.595 & 0.88 & 0.535 \\ \hline 0.595 & 0.25 & 0.535 & 0.88 \\ \hline 0.88 & 0.535 & 0.25 & 0.595 \\ \hline 0.535 & 0.88 & 0.595 & 0.25 \\ \hline \end{array}$$

Ciclo 3

Hormiga 1 - paso 1

$$W_{AB} = 0.595 \cdot 1' = 0.595 \rightarrow P_{AB} = 0.595/1.218 = 0.49\%$$

$$W_{AD} = 0.535 \cdot 1' = 0.535 \quad P_{AD} = 0.535/1.218 = 0.44\%$$

$$W_{AC} = 0.88 \cdot 0.1 = 0.088 \quad P_{AC} = 0.088/1.218 = 0.7\%$$

$$\Sigma W_{xy} = 1.218$$

Selecciona B paso 2

$$W_{BD} = 0.88 \cdot 0.2' = 0.176 \rightarrow P_{BD} = 0.77\%$$

$$W_{BC} = 0.535 \cdot 0.1' = 0.0535 \quad P_{BC} = 0.23\%$$

$$\Sigma W_{xy} = 0.2295$$

Selecciona D  $\rightarrow$  C  $\rightarrow$  A

ABDCA = 22

Hormiga 2 - paso 1

$$W_{AB} = 0.595 \cdot 1' = 0.595 \rightarrow P_{AB} = 0.595/1.218 = 49\%$$

$$W_{AB} = 0.535 \cdot 1' = 0.535 \quad P_{AD} = 0.535/1.218 = 44\%$$

$$W_{AC} = 0.88 \cdot 0.1 = 0.088 \quad P_{AC} = 0.088/1.218 = 7\%$$

$$\Sigma W_{xy} = 1.218$$

Selecciona B paso 2

Angel Gabriel Núñez Beltrán

Mat.: 2024-0690

$$W_{BD} = 0.88^1 \cdot 0.2^1 = 0.176 \rightarrow P_{BD} = 0.176\%$$

$$W_{BC} = 0.535^1 \cdot 0.1^1 = 0.0535 \quad P_{BC} = 0.0535\%$$

$$\sum_{i=1}^n w_{ix} = 0.8295$$

Selecciona D  $\rightarrow C \rightarrow A$

ABDCA = Q<sub>22</sub>

Obtener Delta

$$\delta J_{xy}^1 = Q/l_1 = 5/22 = 0.23$$

$$\delta J_{xy}^2 = Q/l_2 = 5/22 = 0.23$$

0.96

Actualizar feromonas

0.125	0.298	0.44	0.268
0.298	0.125	0.268	0.44
0.44	0.268	0.125	0.298
0.268	0.44	0.298	0.125

0.125	0.758	0.9	0.268
0.758	0.125	0.268	0.9
0.9	0.268	0.125	0.758
0.268	0.9	0.758	0.125

Ciclo 4

Hormiga 1 paso 1

$$W_{AB} = 0.758 \cdot 1^1 = 0.758 \rightarrow P_{AB} = \frac{0.758}{1.116} = 68\%$$

$$W_{AD} = 0.268 \cdot 1^1 = 0.268 \quad P_{AD} = \frac{0.268}{1.116} = 24\%$$

$$W_{AC} = 0.9 \cdot 0.1^1 = 0.09 \quad P_{AD} = \frac{0.09}{1.116} = 8\%$$

$$\sum_{i=1}^n w_{ix} = 1.116$$

Angel Gabriel Núñez Balleza

Mat.: 2024-0690

Selección B - paso 2

$$W_{BD} = 0.9^1 \cdot 0.2^1 = 0.18 \rightarrow P_{BD} = 0.18 / 0.2068 = 8.7\%$$

$$W_{BC} = 0.268^1 \cdot 0.1^1 = 0.0268 \quad P_{BC} = 0.0268 / 0.2068 = 13\%$$

$$\sum w_{xx} = 0.2068$$

Selección D  $\rightarrow$  C  $\rightarrow$  A

ABDCA = 22

Hormiga 2 - paso 1

$$W_{AB} = 0.758 \cdot 1^1 = 0.758 \rightarrow P_{AB} = 0.758 / 1.116 = 68\%$$

$$W_{AD} = 0.268 \cdot 1^1 = 0.268 \quad P_{AD} = 0.268 / 1.116 = 24\%$$

$$W_{AC} = 0.9 \cdot 0.1 = 0.09 \quad P_{AC} = 0.09 / 1.116 = 8\%$$

$$\sum w_{xx} = 1.116$$

Hormiga 2 - paso 2

$$W_{BD} = 0.9^1 \cdot 0.2^1 = 0.18 \rightarrow P_{BD} = 0.18 / 0.2068 = 87\%$$

$$W_{BC} = 0.268 \cdot 0.1^1 = 0.0268 \quad P_{BC} = 0.0268 / 0.2068 = 13\%$$

$$\sum w_{xx} = 0.2068$$

Selección D  $\rightarrow$  C  $\rightarrow$  A

ABDCA = 22

Obtener deltas

0,0625	0,379	0,45	0,134
0,379	0,0625	0,134	0,45
0,45	0,134	0,0625	0,379
0,134	0,45	0,379	0,0625

$$\Delta J'_{xx} = \sqrt{d_1} = \sqrt{1/2} = 0.23$$

$$\Delta J'_{yy} = \sqrt{d_2} = \sqrt{1/2} = 0.23$$

Angel Gabriel Núñez Beltrán  
Mat.: 2024-0690

## Actualizas feromonas

0.0625	0.839	0.91	0.134
0.839	0.0625	0.134	0.91
0.91	0.134	0.0625	0.839
0.134	0.91	0.839	0.0625

## Hormiga greedy - Ruta final

$$W_{AB} = 0.839^1 \cdot 1^1 = 0.839 \rightarrow P_{AB} = 0.839 / 1.064 = 79\%$$
$$W_{AD} = 0.134^1 \cdot 1^1 = 0.134 \quad P_{AD} = 0.134 / 1.064 = 13\%$$
$$W_{AC} = 0.91^1 \cdot 0.1^1 = 0.091 \quad P_{AC} = 0.091 / 1.064 = 9\%$$
$$\sum w_y = 1.064$$

Selecciona B al tener la probabilidad mas alta

$$W_{BD} = 0.91^1 \cdot 0.2^1 = 0.182 \rightarrow P_{BD} = 0.182 / 0.1954 = 93\%$$
$$W_{BC} = 0.134^1 \cdot 0.1^1 = 0.0134 \quad P_{BC} = 0.0134 / 0.1954 = 7\%$$
$$\sum w_x = 0.1954$$

Selecciona D  $\rightarrow$  C  $\rightarrow$  A

Ruta final = A  $\rightarrow$  B  $\rightarrow$  D  $\rightarrow$  C  $\rightarrow$  A = 22

