

PARTICLE SWARM OPTIMIZATION

Algoritmo y Aplicaciones

ÍNDICE

01 Introducción

02 Descripción del Algoritmo PSO

03 Principios de Funcionamiento

04 Aplicaciones de PSO

05 Conclusiones

06 Referencias Bibliográficas

¿QUÉ ES LA OPTIMIZACIÓN?

Rama de las matemáticas y la computación que se centra en encontrar la mejor solución posible para un problema, dado un conjunto de restricciones o condiciones.

Entrenamiento de modelos de aprendizaje automático

Optimización de hiperparámetros

¿POR QUÉ ES IMPORTANTE EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL?

Resolución de problemas complejos

Procesamiento eficiente de grandes volúmenes de datos

Optimización en sistemas autónomos

PSO COMO OPTIMIZADOR

(Descripción del Algoritmo PSO)

PARTICLE SWARM OPTIMIZATION

Es un algoritmo metaheurístico inspirado en el comportamiento colectivo de organismos como aves y peces. Su objetivo es encontrar la mejor solución posible en un espacio de búsqueda, utilizando un grupo de partículas que "navegan" en el espacio siguiendo reglas simples de interacción.



Figura 1. Enjambre de abejas



Figura 2. Enjambre de aves

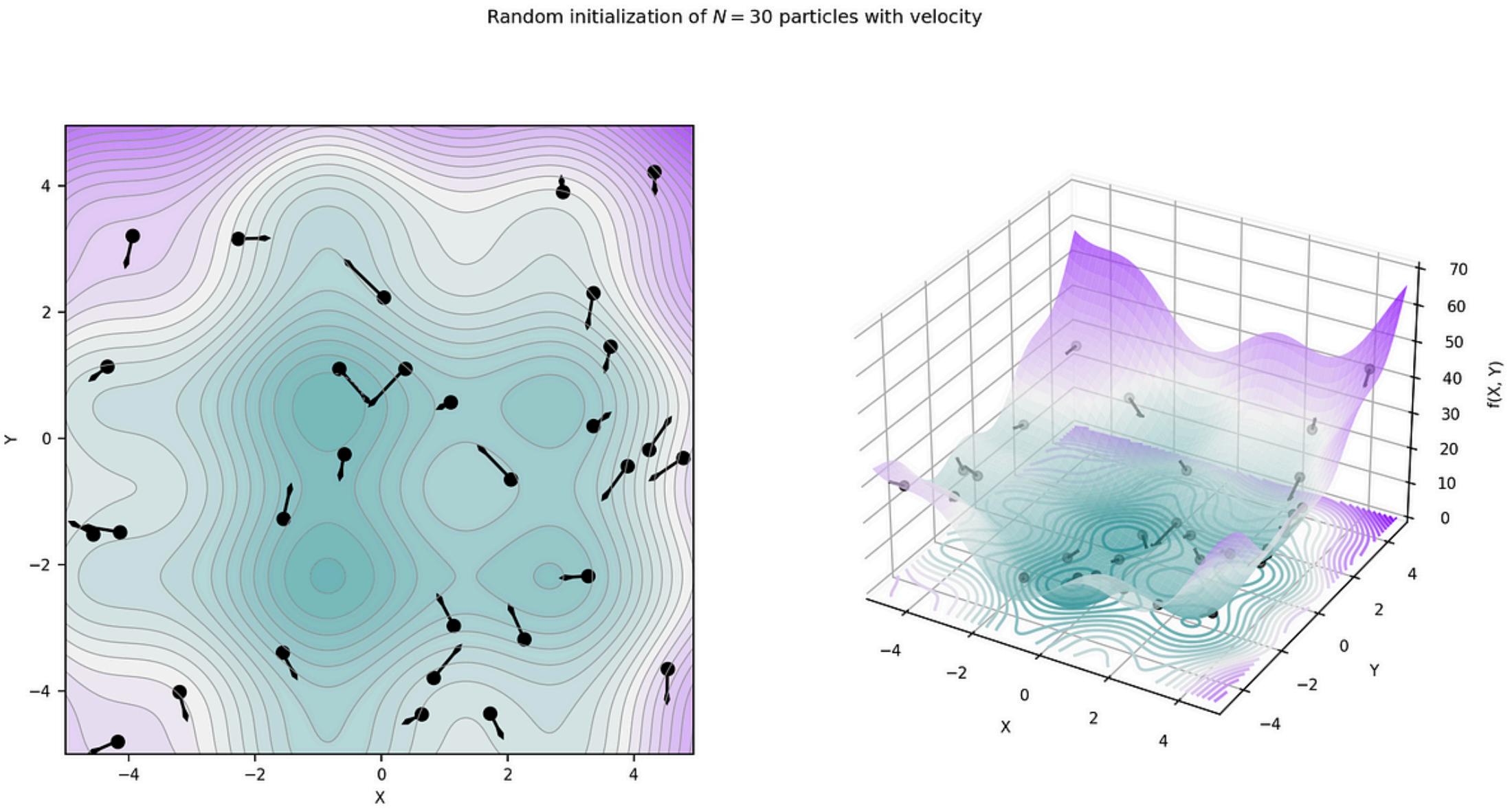


Figura 3. Cada partícula representa una posible solución al problema.

Particle Swarm Optimization (PSO) Visually Explained - Axel Thevenot

[38/100] $w:0.559 - c_1:2.390 - c_2:1.610$

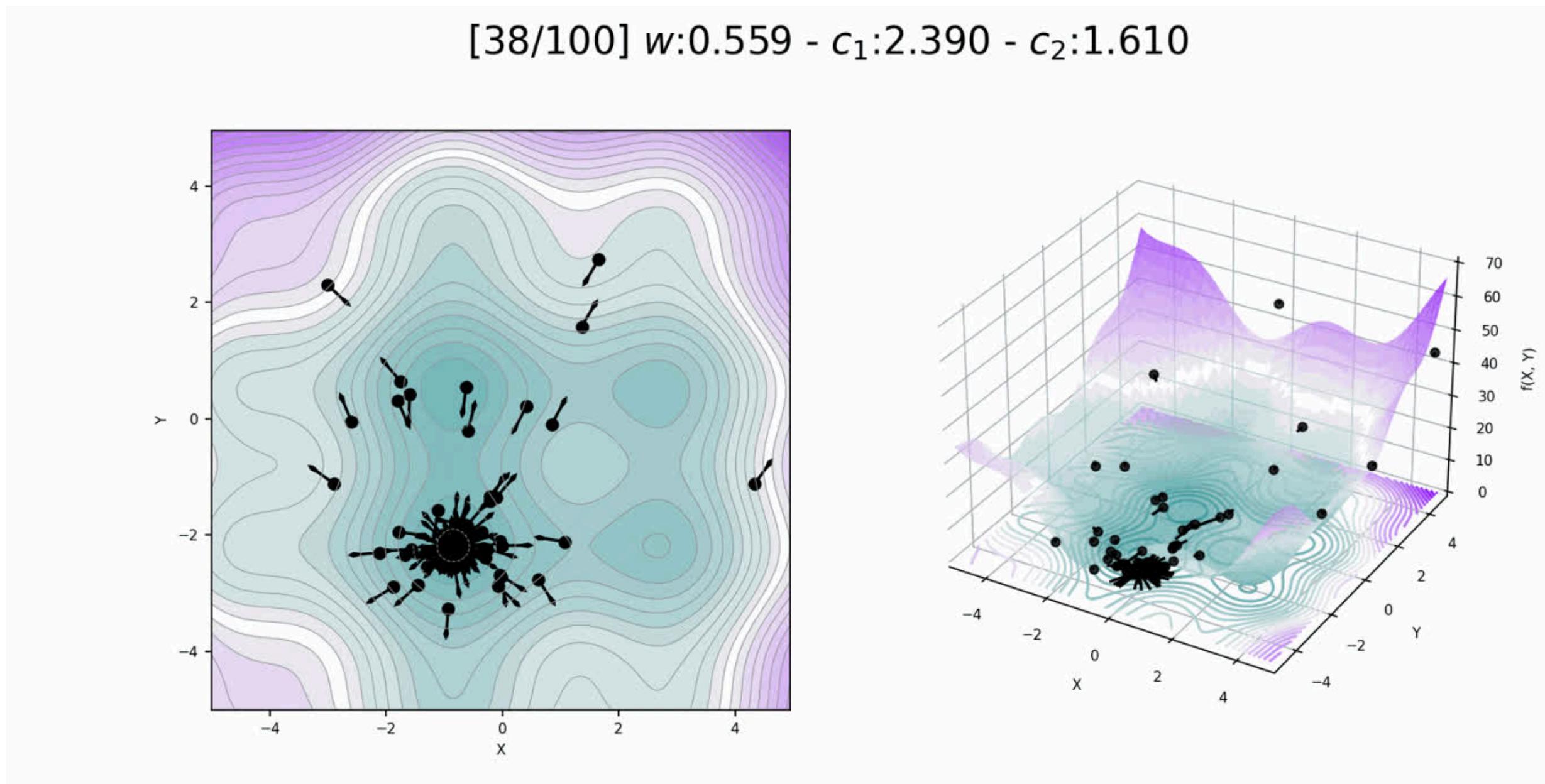


Figura 4. Las partículas actualizan sus posiciones en función de su propia mejor posición encontrada o la mejor posición encontrada por el grupo

Particle Swarm Optimization (PSO) Visually Explained - Axel Thevenot

HISTORIA



Figura 5. James Kennedy

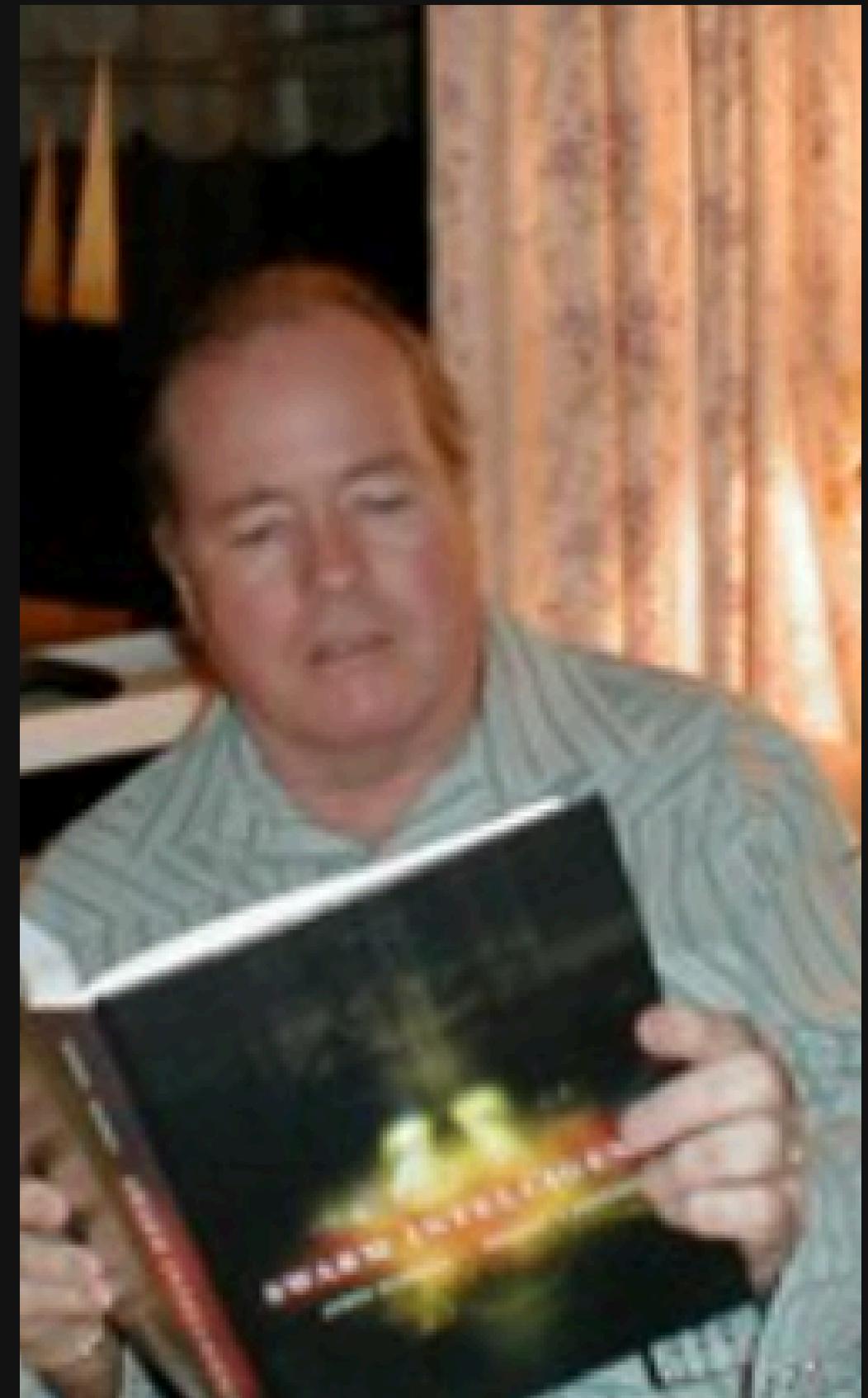


Figura 6. Russel Eberhart

Amplitud de aplicaciones

Manejo de problemas no lineales

¿QUE TAN IMPORTANTE ES EN EL AMBITO DE LA IA?

Versatilidad en la Hibridación

Eficiencia Computacional

Simplicidad y flexibilidad

PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO

FUNCIONAMIENTO TEÓRICO

$$f(x, y) = x^2 + (y + 1)^2 - 5\cos(\frac{3}{2}x + \frac{3}{2}) - 3\cos(2y - \frac{3}{2})$$

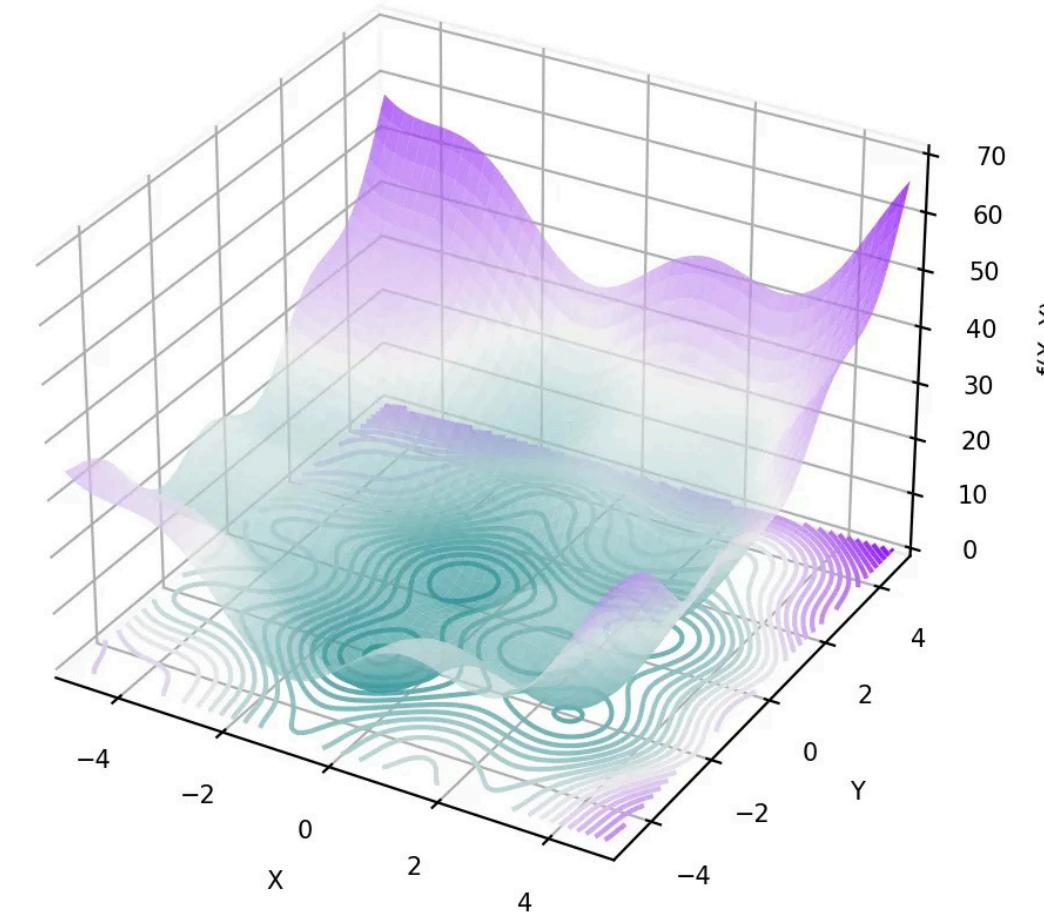
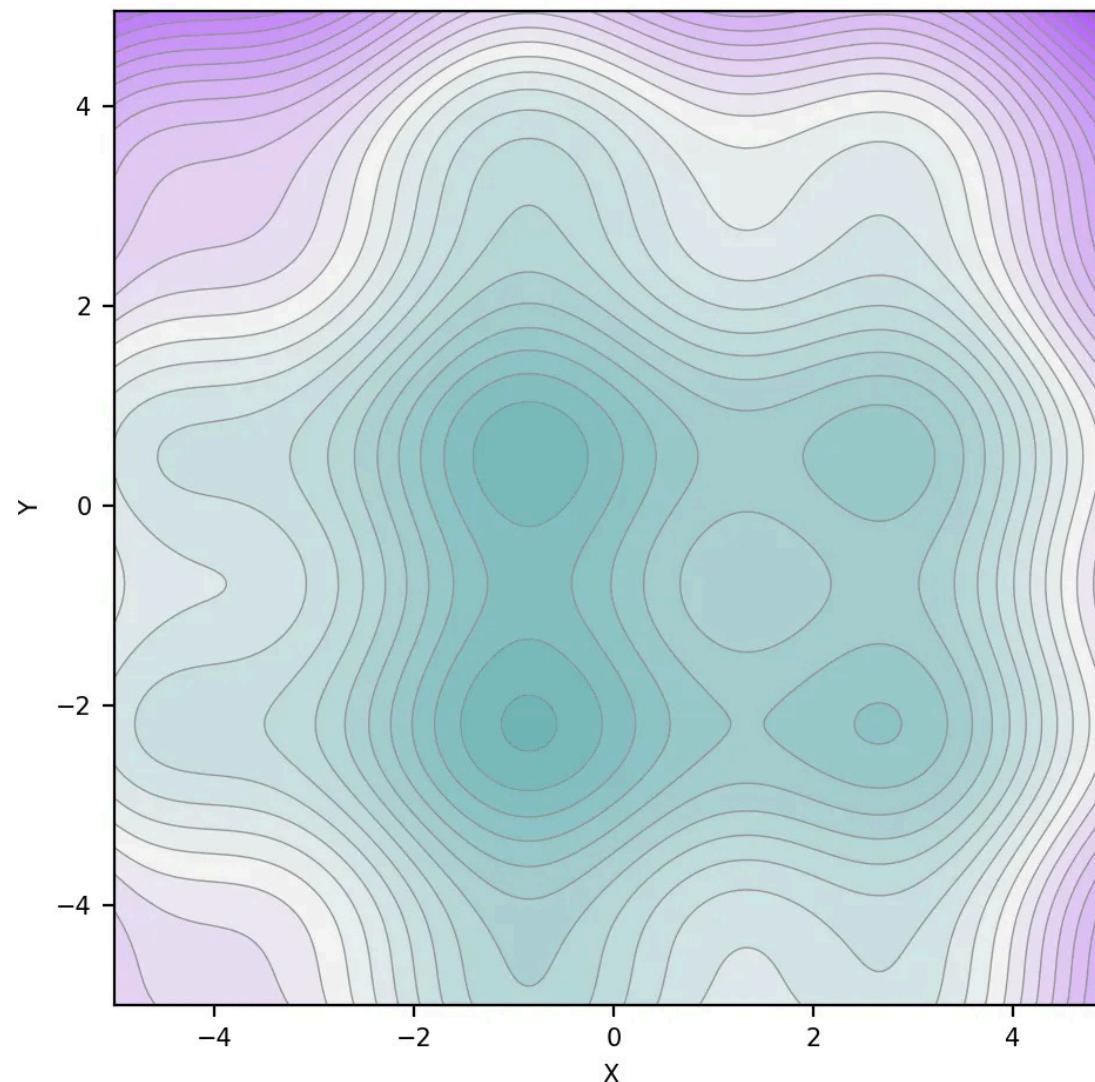
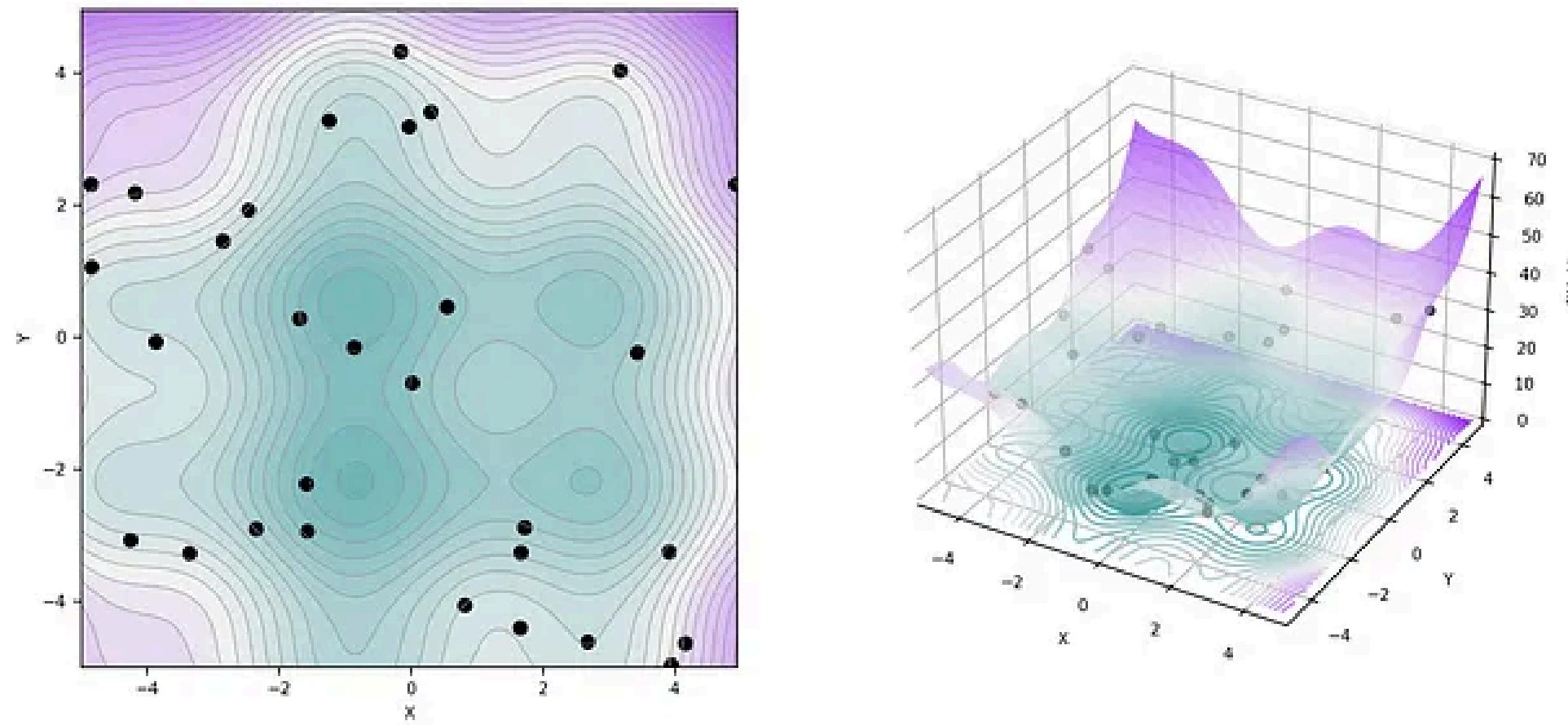


Figura 7. Función a minimizar - Visión 2D y 3D
Particle Swarm Optimization (PSO) Visually Explained - Axel Thevenot

PARTICULA

Random initialization of $N=30$ particles



$$P_i^t = [x_{0,i}^t, \quad x_{1,i}^t, \quad x_{2,i}^t, \quad x_{3,i}^t, \quad \dots, \quad x_{n,i}^t]$$

Figura 8. Partícula definida por sus coordenadas

Particle Swarm Optimization (PSO) Visually Explained - Axel Thevenot

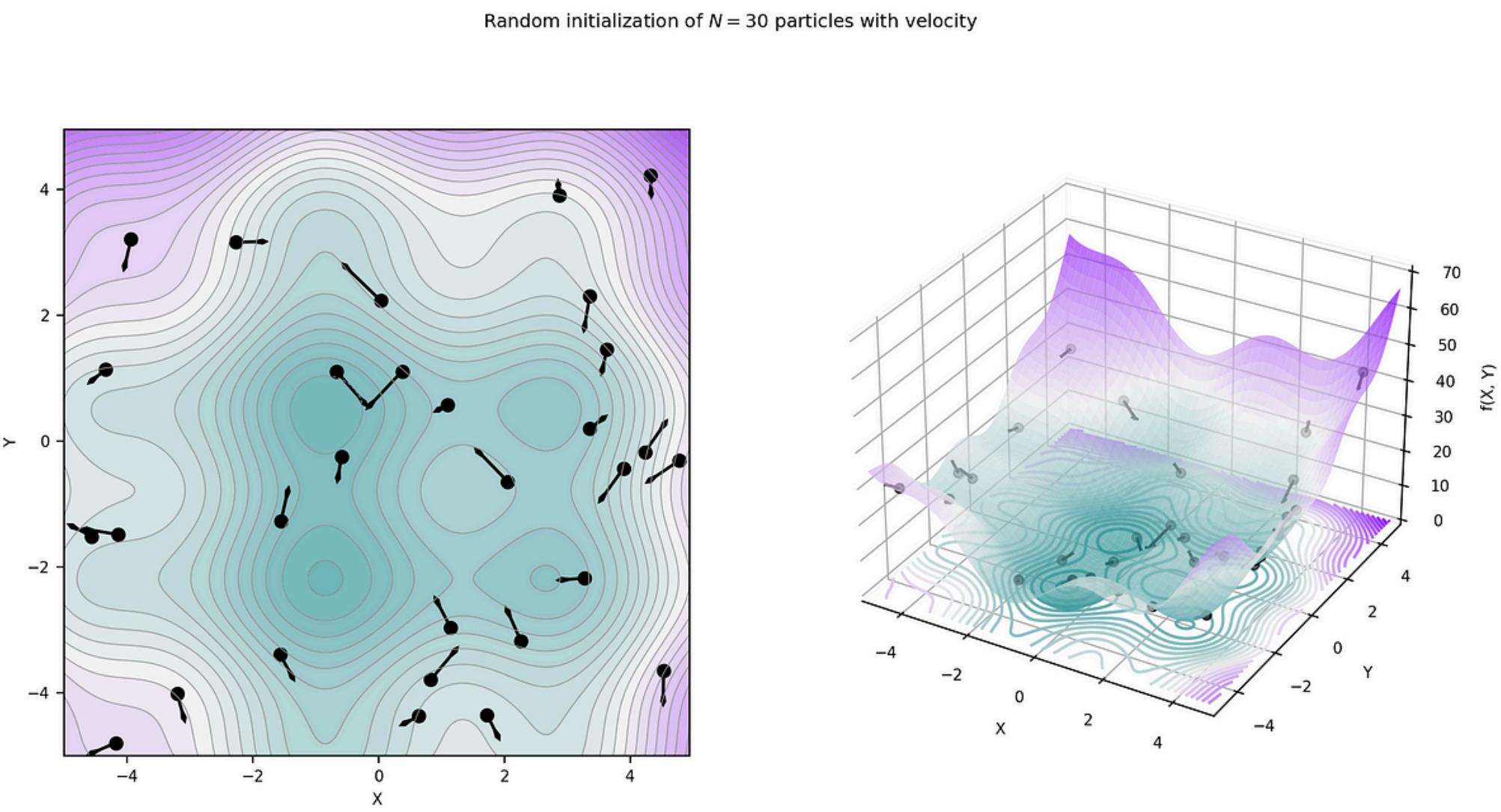
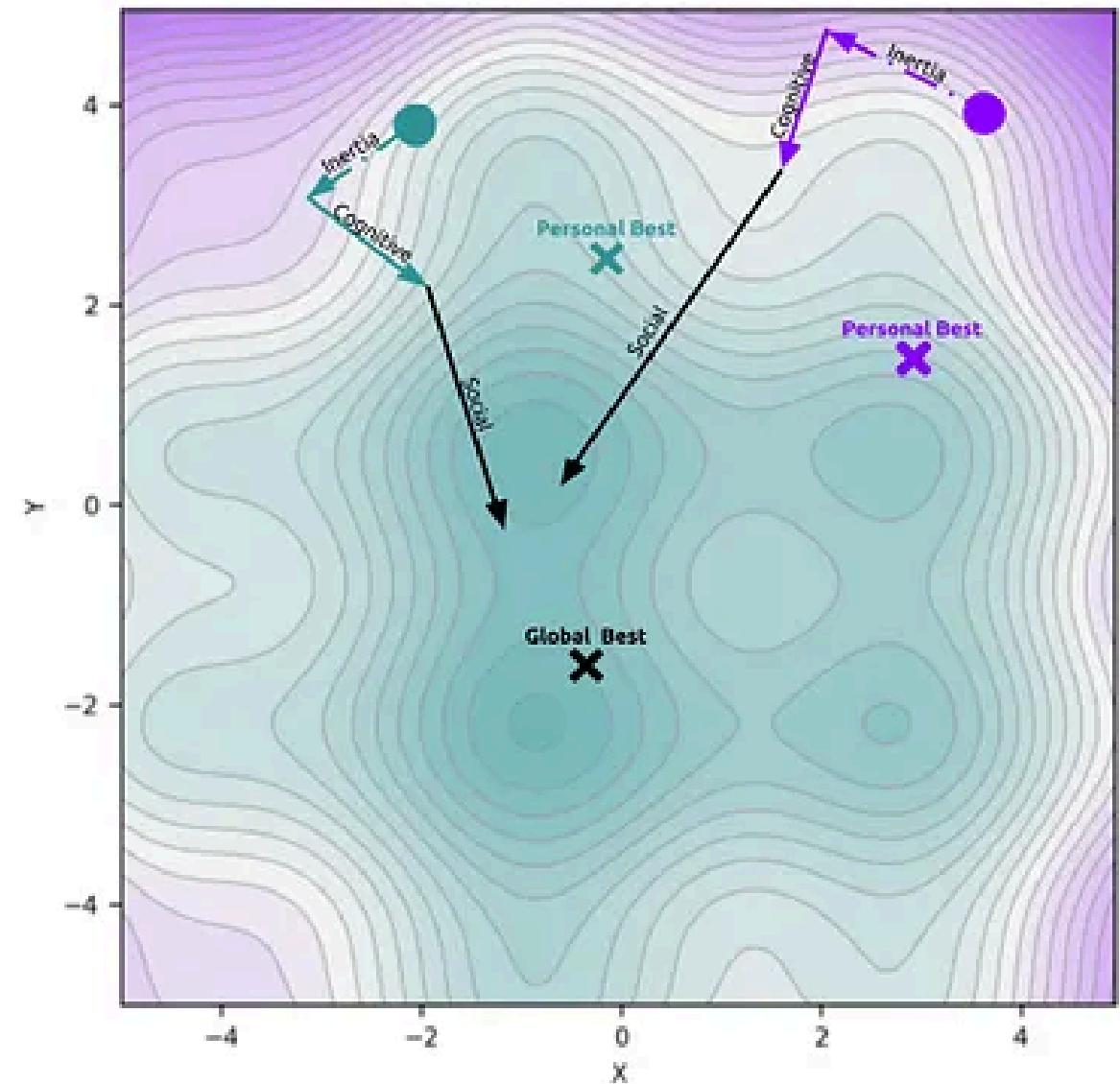


Figura 9. Cada partícula representa una posible solución al problema.

Particle Swarm Optimization (PSO) Visually Explained - Axel Thevenot

ENJAMBRE



$$P_i^{t+1} = P_i^t + V_i^{t+1}$$

$$V_i^{t+1} = wV_i^t + c_1r_1(P_{best(i)}^t - P_i^t) + c_2r_2(P_{bestglobal}^t - P_i^t)$$

Inertia Cognitive (Personal) Social (Global)

Figura 10. Actualización de partícula
Particle Swarm Optimization (PSO) Visually
Explained - Axel Thevenot

[38/100] $w:0.559 - c_1:2.390 - c_2:1.610$

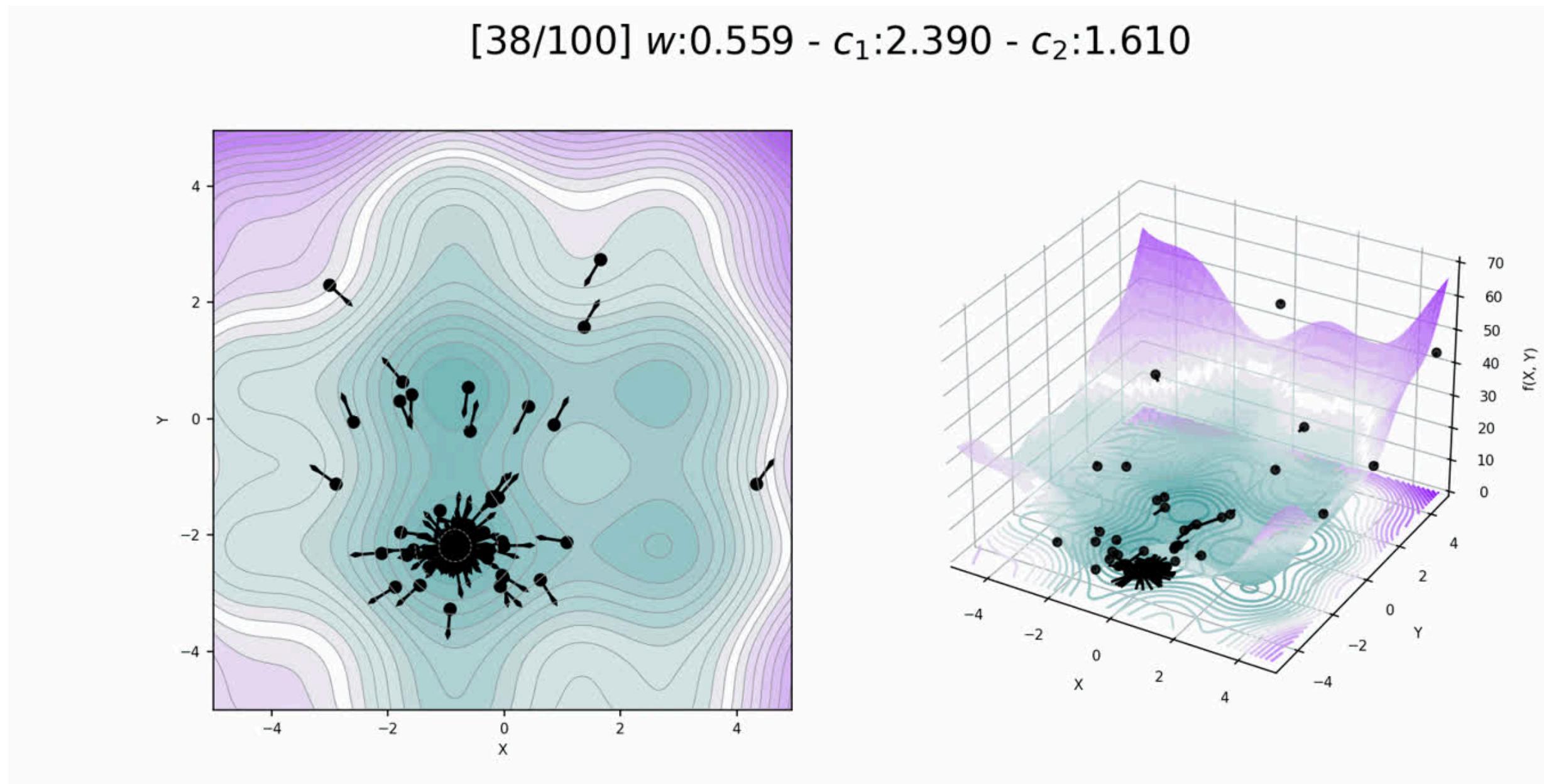


Figura 11. Las partículas actualizan sus posiciones en función de su propia mejor posición encontrada o la mejor posición encontrada por el grupo

Particle Swarm Optimization (PSO) Visually Explained - Axel Thevenot

OPTIMIZACION

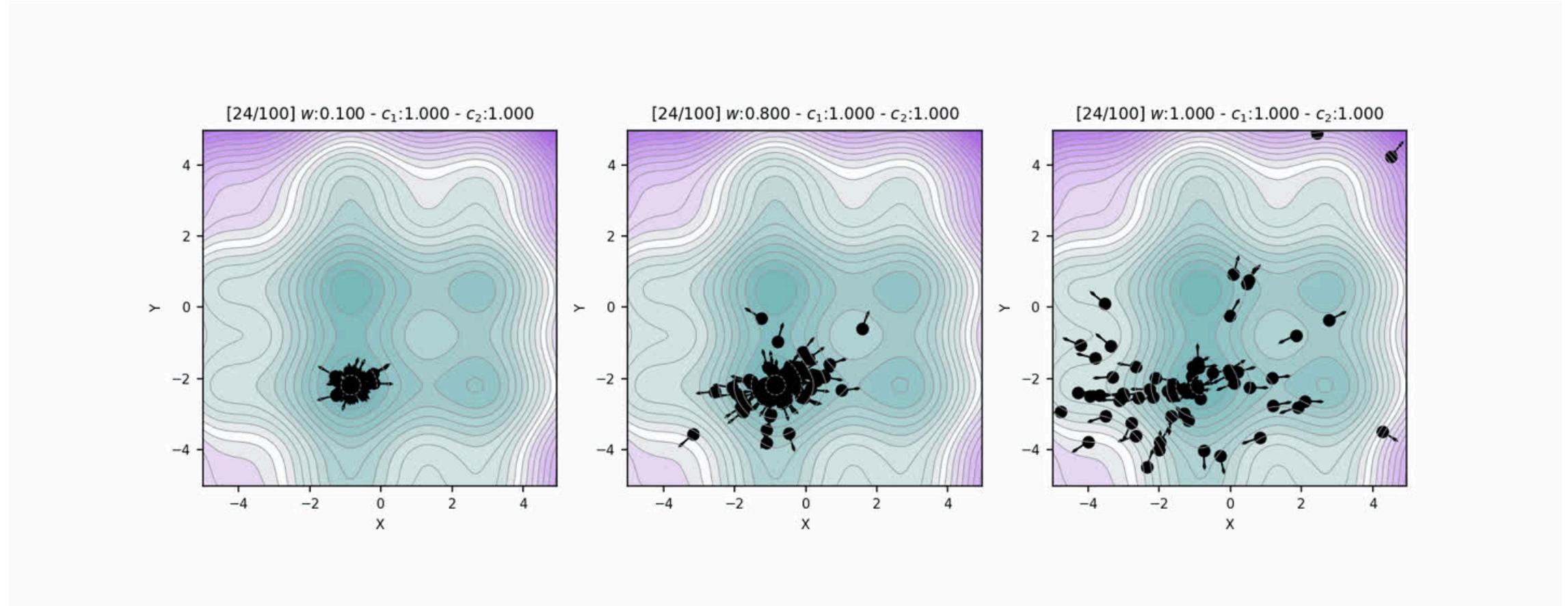


Figura 13. Comparación de pesos

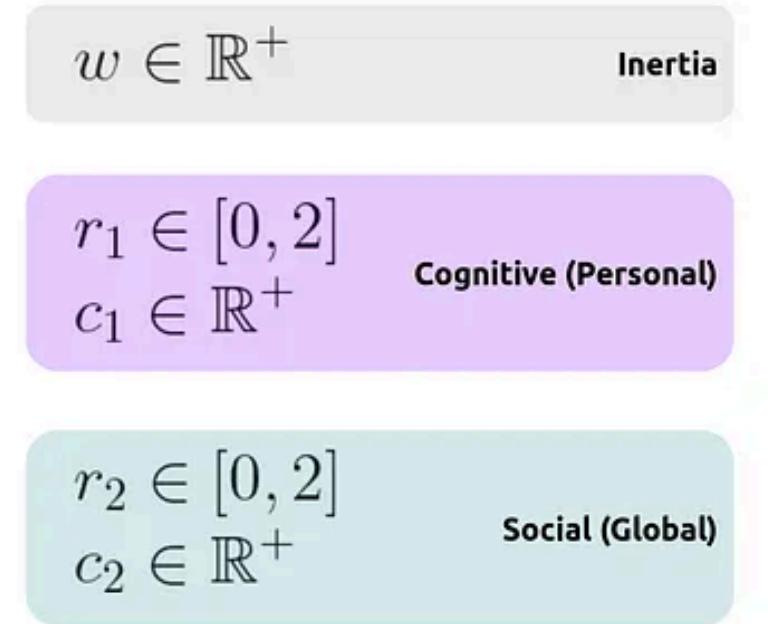


Figura 12. Ajuste de parámetros

Particle Swarm Optimization (PSO) Visually Explained - Axel Thevenot

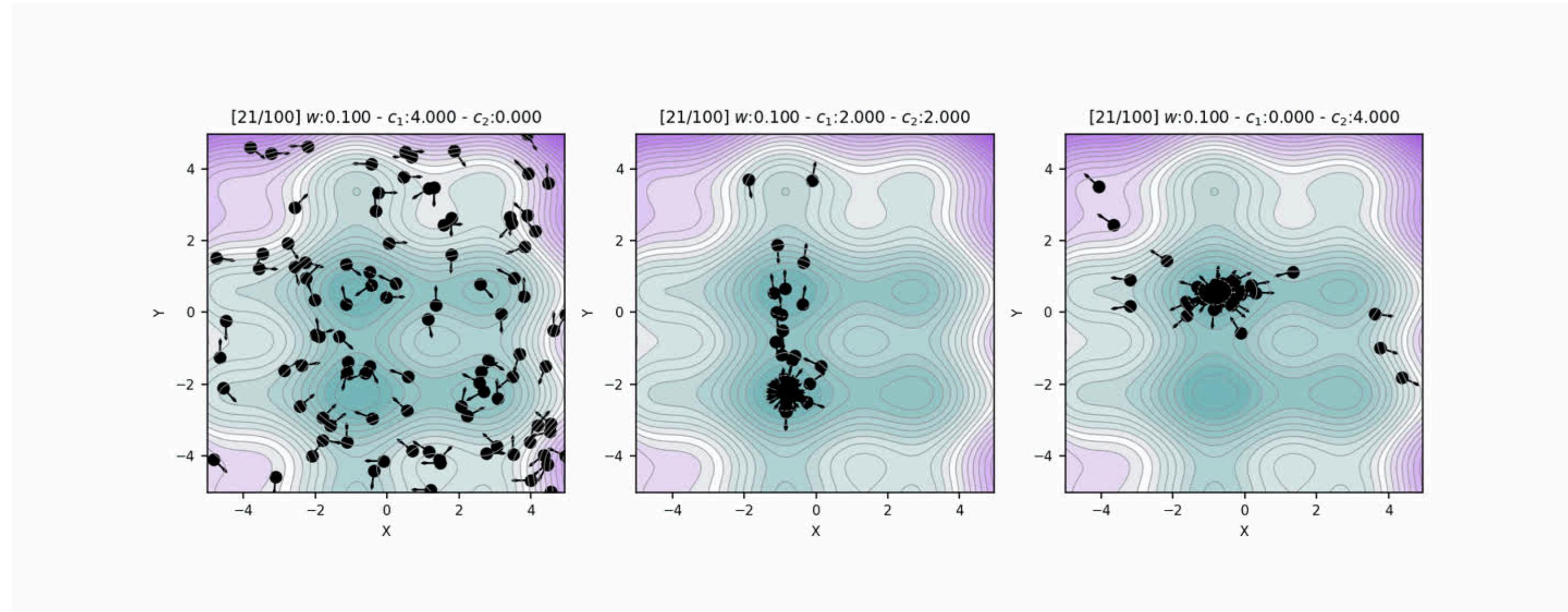


Figura 14. Comparación de hiper-parámetros c1 y c2

Particle Swarm Optimization (PSO) Visually Explained - Axel Thevenot

HIPER-PARAMETROS AUTOMATICOS

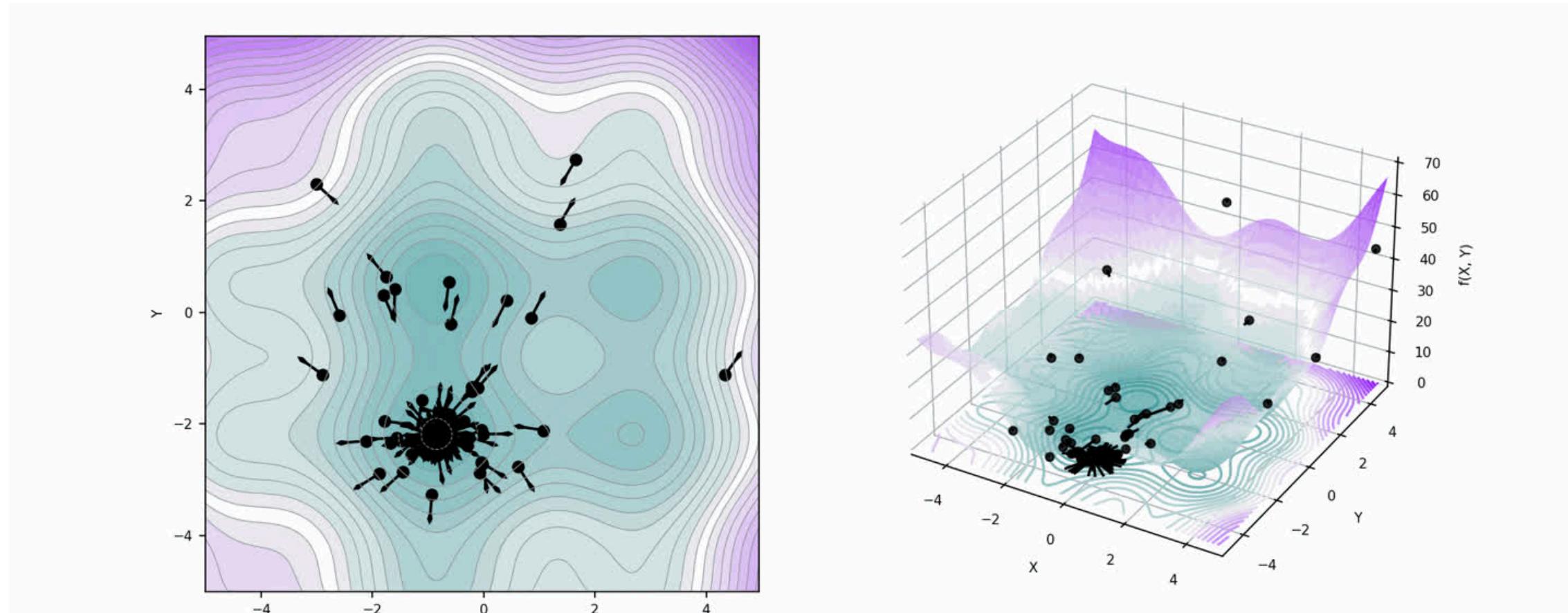


Figura 16. Auto hiper-parametros en PSO

$$w^t = 0.4 \frac{(t - N)}{N^2} + 0.4$$

$$c_1^t = -3 \frac{t}{N} + 3.5$$

$$c_2^t = +3 \frac{t}{N} + 0.5$$

Figura 15. Auto hiper-parametros sobre iteraciones

Particle Swarm Optimization (PSO) Visually Explained - Axel Thevenot

TIPOS DE PSO

Híbrido de Algoritmo Genético y PSO (GA-PSO)

Emplea el aspecto principal del enfoque de los Algoritmos Genéticos, como la capacidad de reproducción.

Híbrido de Programación Evolutiva y PSO (EPSO)

Utiliza la selección por torneos para mover a nuevas posiciones las partículas con peor desempeño

PSO Adaptativo (APSO)

Agrega un componente aleatorio al peso de inercia, aplica lógica difusa y utiliza un PSO secundario para encontrar los parámetros óptimos de un PSO primario.

PSO Multiobjetivo (MOPSO)

Emplea el concepto de dominancia de Pareto para determinar la dirección de vuelo de una partícula y mantiene los mejores vectores encontrados previamente en un repositorio global, que luego es usado por otras partículas para guiar su propio vuelo.

PSO Discreto (DPSO)

Utiliza varios enfoques para mejorar el rendimiento; por ejemplo, el enfoque de búsqueda mixta, donde las partículas se dividen en subgrupos para adaptarse dinámicamente a soluciones locales y globales.

HARDWARE Y SOFTWARE NECESARIO

	CPU	GPU
Caso de usos	Adecuado para problemas pequeños y de baja dimensionalidad.	Ideal para problemas complejos y de alta dimensionalidad debido a su capacidad de paralelizar múltiples operaciones.
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> Precisión en cálculos secuenciales. Facilidad para implementar y depurar. 	<ul style="list-style-type: none"> Acelera cálculos en enjambres grandes. Manejo eficiente de operaciones vectorizadas en PSO.
Desventajas	Procesamiento más lento para tareas altamente paralelizables.	Requiere configuración adicional y aprendizaje para optimización específica.

Tabla 1. Comparacion de Hardware

LIBRERIAS Y FRAMEWORKS



Figura 17. Librería de Python PYSWARMS

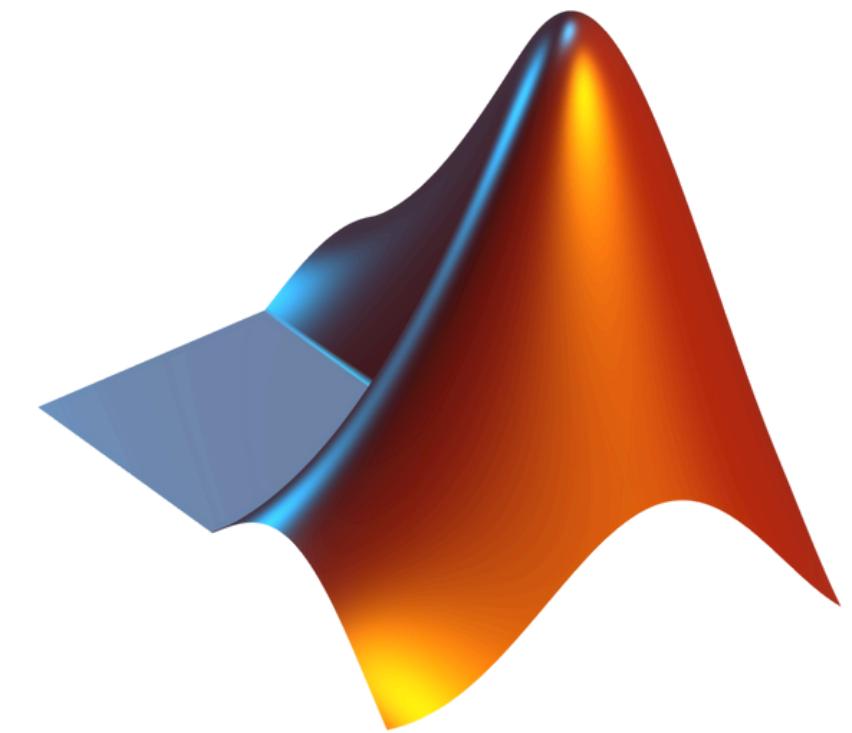


Figura 19. MATLAB



Figura 21. SciPy



TensorFlow

Figura 18. TensorFlow



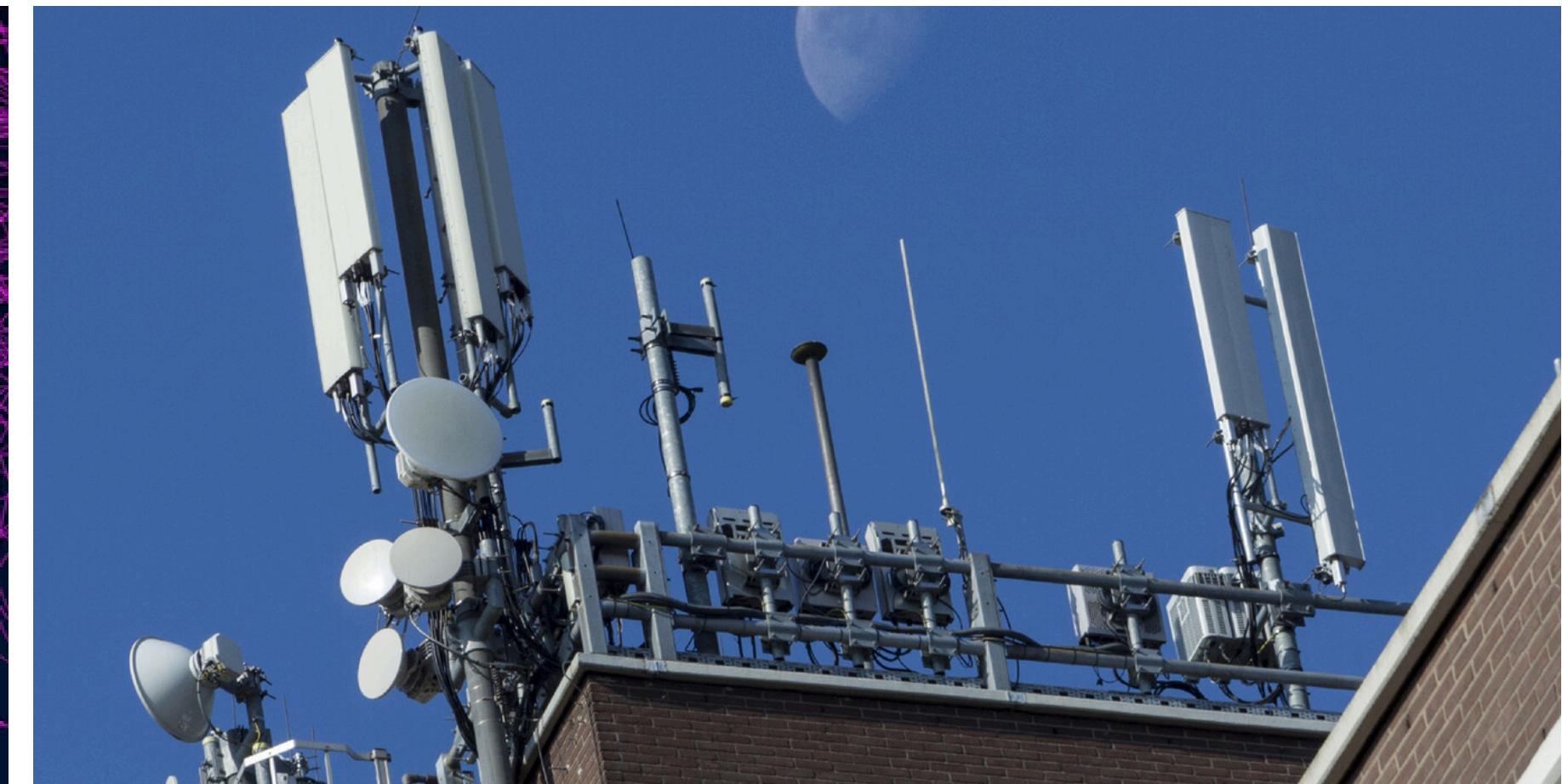
Figura 20. Framework PyTorch

APLICACIONES DE PSO



Optimización de Redes Neuronales (Ajuste de Hiperparámetros):

- PSO se emplea para encontrar la configuración óptima de hiperparámetros (por ejemplo, número de neuronas, tasas de aprendizaje) en modelos de aprendizaje profundo.
- Es especialmente útil cuando el espacio de búsqueda es amplio y no diferenciable, donde los métodos basados en gradientes no son efectivos.



Resolución de Problemas de Ingeniería

- Diseño de antenas: PSO se utiliza para optimizar la geometría y disposición de antenas, maximizando parámetros como ganancia y ancho de banda.
- Sistemas de energía: Se aplica en la optimización del despacho de energía en redes eléctricas, minimizando costos operativos y emisiones.



Bioinformática

- En el alineamiento de secuencias genómicas, PSO encuentra patrones óptimos en secuencias de ADN o proteínas, maximizando la similitud entre las secuencias alineadas.
- Permite un análisis rápido y eficiente en problemas de gran dimensionalidad.

٢٣٣٥	٢٧,٠٠٠	٤,١٠٠	٤,٥٠٠	٠,٠٠٠	٢١٦٠	١,٢٢٥	٥,٣٥٠	٥,٦٨٠	٤,٩٠٠	٠,٠٠٠	٥,٣٤٠	٠,٠٠٠	٠,٤٥٠	٣٠,٣٩٣	٢,٤٤٠	٢,٧٥٠	٩٢,٤٦٤	٠,٤٥٠	٠,٠٠٠	٢,٦٠٠	٥,٠٠٠	١,٦٠٠	١,٨٣٠	٥٦,٥١٢	١,٦٠٠	٠,٠٠٠	١,٦٠٠	٧٣,٧٧٦	٢,٣٠٠	٢,٣١٠	١٢٦,٩٤٤	٢,٢٩٠	٠,٠٩٠	٠,٢٩٥٠	٠,٠٠٠	٠,٠٥١
٢٣٣٥	٢٧,٠٠٠	٤,١٠٠	٤,٥٠٠	٠,٠٠٠	٢١٦٠	١,٢٢٥	٥,٣٥٠	٥,٦٨٠	٤,٩٠٠	٠,٠٠٠	٥,٣٤٠	٠,٠٠٠	٠,٤٥٠	٣٠,٣٩٣	٢,٤٤٠	٢,٧٥٠	٩٢,٤٦٤	٠,٤٥٠	٠,٠٠٠	٢,٦٠٠	٥,٠٠٠	١,٦٠٠	١,٨٣٠	٥٦,٥١٢	١,٦٠٠	٠,٠٠٠	١,٦٠٠	٧٣,٧٧٦	٢,٣٠٠	٢,٣١٠	١٢٦,٩٤٤	٢,٢٩٠	٠,٠٩٠	٠,٢٩٥٠	٠,٠٠٠	٠,٠٥١
٢٣٣٥	٢٧,٠٠٠	٤,١٠٠	٤,٥٠٠	٠,٠٠٠	٢١٦٠	١,٢٢٥	٥,٣٥٠	٥,٦٨٠	٤,٩٠٠	٠,٠٠٠	٥,٣٤٠	٠,٠٠٠	٠,٤٥٠	٣٠,٣٩٣	٢,٤٤٠	٢,٧٥٠	٩٢,٤٦٤	٠,٤٥٠	٠,٠٠٠	٢,٦٠٠	٥,٠٠٠	١,٦٠٠	١,٨٣٠	٥٦,٥١٢	١,٦٠٠	٠,٠٠٠	١,٦٠٠	٧٣,٧٧٦	٢,٣٠٠	٢,٣١٠	١٢٦,٩٤٤	٢,٢٩٠	٠,٠٩٠	٠,٢٩٥٠	٠,٠٠٠	٠,٠٥١
٢٣٣٥	٢٧,٠٠٠	٤,١٠٠	٤,٥٠٠	٠,٠٠٠	٢١٦٠	١,٢٢٥	٥,٣٥٠	٥,٦٨٠	٤,٩٠٠	٠,٠٠٠	٥,٣٤٠	٠,٠٠٠	٠,٤٥٠	٣٠,٣٩٣	٢,٤٤٠	٢,٧٥٠	٩٢,٤٦٤	٠,٤٥٠	٠,٠٠٠	٢,٦٠٠	٥,٠٠٠	١,٦٠٠	١,٨٣٠	٥٦,٥١٢	١,٦٠٠	٠,٠٠٠	١,٦٠٠	٧٣,٧٧٦	٢,٣٠٠	٢,٣١٠	١٢٦,٩٤٤	٢,٢٩٠	٠,٠٩٠	٠,٢٩٥٠	٠,٠٠٠	٠,٠٥١
٢٣٣٥	٢٧,٠٠٠	٤,١٠٠	٤,٥٠٠	٠,٠٠٠	٢١٦٠	١,٢٢٥	٥,٣٥٠	٥,٦٨٠	٤,٩٠٠	٠,٠٠٠	٥,٣٤٠	٠,٠٠٠	٠,٤٥٠	٣٠,٣٩٣	٢,٤٤٠	٢,٧٥٠	٩٢,٤٦٤	٠,٤٥٠	٠,٠٠٠	٢,٦٠٠	٥,٠٠٠	١,٦٠٠	١,٨٣٠	٥٦,٥١٢	١,٦٠٠	٠,٠٠٠	١,٦٠٠	٧٣,٧٧٦	٢,٣٠٠	٢,٣١٠	١٢٦,٩٤٤	٢,٢٩٠	٠,٠٩٠	٠,٢٩٥٠	٠,٠٠٠	٠,٠٥١

Economía

- Se utiliza en la optimización de carteras de inversión, buscando maximizar el retorno mientras se minimiza el riesgo.
- PSO ayuda a encontrar combinaciones óptimas de activos considerando restricciones como el presupuesto y la diversificación.

CONCLUSIONES

GRACIAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Russell, S., & Norvig, P. (2021). Artificial Intelligence: A Modern Approach (4th ed.). Pearson.
- Blog de TensorFlow. (2023). Optimizers in Machine Learning.
- Zhang, Y., & Hu, X. (2020). Applications of Particle Swarm Optimization in Artificial Intelligence. Springer.
- A. T. (2020, diciembre 21). Particle swarm optimization (PSO) visually explained. Towards Data Science. <https://towardsdatascience.com/particle-swarm-optimization-visualized-46289eeb2e14>