

3

ANÁLISIS Y COMPARATIVA DE ALGORITMOS EVOLUTIVOS

RECURSOS MAS USADOS PARA ANÁLISIS Y COMPARATIVA

- ▶ Tablas comparativas
- ▶ Curvas de Convergencia
- ▶ Diagramas de Caja (Box Plot)
- ▶ Benchmark functions (Funciones de prueba o referencia)



RECURSOS MAS USADOS PARA ANÁLISIS Y COMPARATIVA

- ▶ Tablas comparativas
- ▶ Curvas de Convergencia
- ▶ Diagramas de Caja (Box Plot)
- ▶ Benchmark functions (Funciones de prueba o referencia)



QUE SON LAS TABLAS COMPARATIVAS?

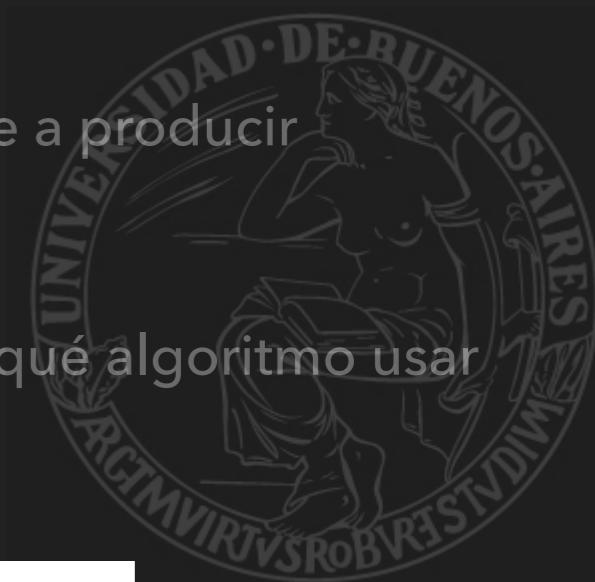
- ▶ También conocidas como: "tablas de resultados", "tablas de resumen" o "tablas de métricas".
- ▶ Muestran los valores Mínimo, Promedio, Máximo y Desviación Estándar de los **Fitness** obtenidos en diferentes algoritmos.

Algoritmo	Mínimo	Promedio	Máximo	Desviación Est.
Algoritmo A	1.079	2.467	3.769	0.624
Algoritmo B	1.188	2.712	4.184	0.995
Algoritmo C	0.894	2.360	3.503	0.688

PROPÓSITO DE LAS TABLAS COMPARATIVAS

- ✓ **Comparación de Desempeño:** Permiten comparar directamente el rendimiento de diferentes algoritmos o configuraciones en términos de calidad de la solución y consistencia.
- ✓ **Identificación de Tendencias:** Ayudan a identificar cuál algoritmo tiende a producir mejores resultados y cuál es más estable.
- ✓ **Toma de Decisiones:** Facilitan la toma de decisiones informadas sobre qué algoritmo usar para un problema específico.

Algoritmo	Mínimo	Promedio	Máximo	Desviación Est.
Algoritmo A	1.079	2.467	3.769	0.624
Algoritmo B	1.188	2.712	4.184	0.995
Algoritmo C	0.894	2.360	3.503	0.688



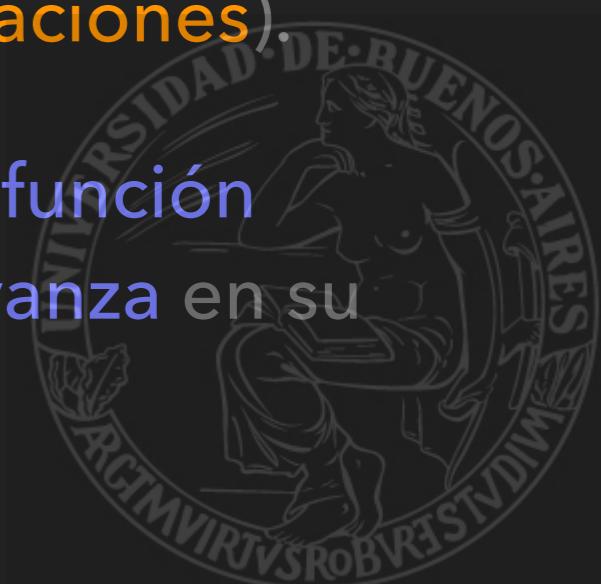
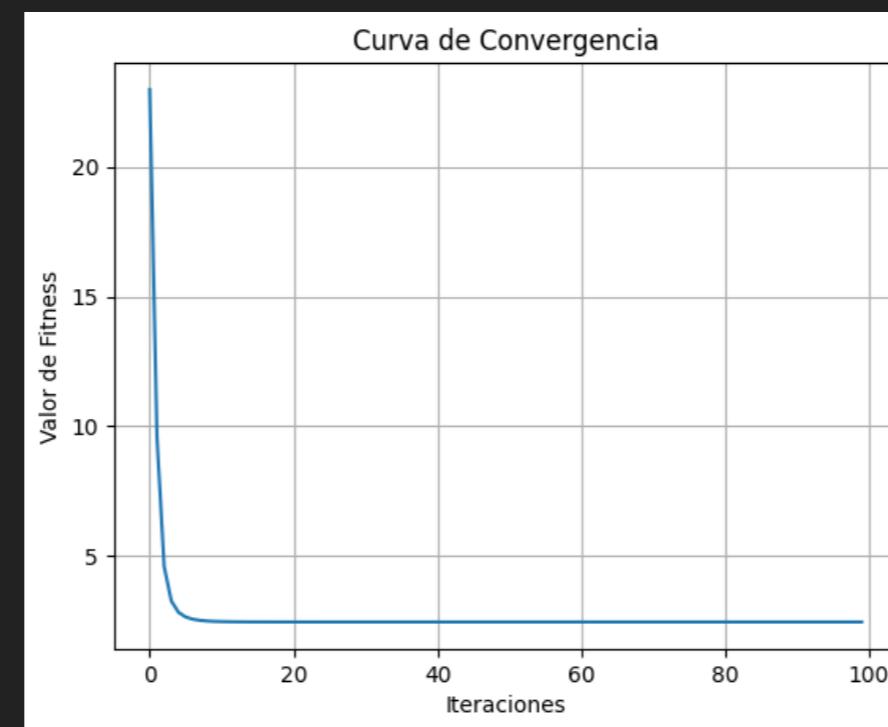
RECURSOS MAS USADOS PARA ANÁLISIS Y COMPARATIVA

- ▶ Tablas comparativas
- ▶ Curvas de Convergencia
- ▶ Diagramas de Caja (Box Plot)
- ▶ Benchmark functions (Funciones de prueba o referencia)



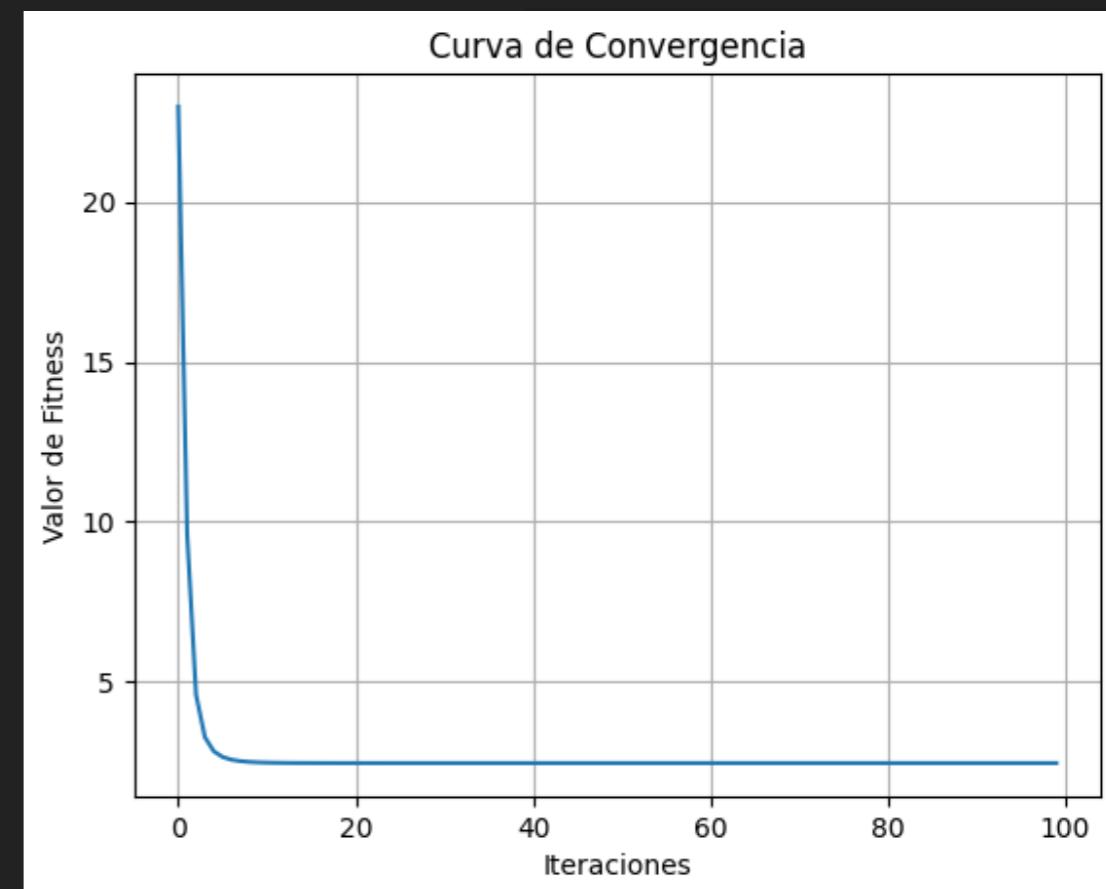
QUE ES UNA CURVA DE CONVERGENCIA?

- ▶ Es un recurso para analizar el **comportamiento** de un algoritmo evolutivo o de optimización a lo largo del **tiempo** (o **iteraciones**).
- ▶ Una **curva de convergencia** muestra cómo el valor de la función **objetivo** (o **fitness**) mejora a medida que el algoritmo avanza en su proceso de búsqueda.



ELEMENTOS DE UNA CURVA DE CONVERGENCIA

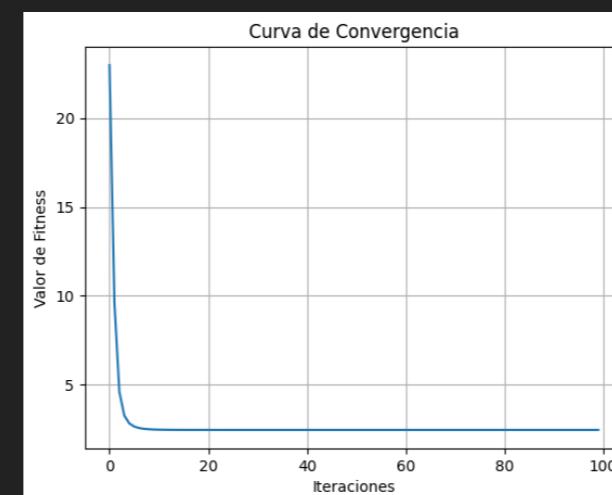
- ▶ Eje "y" (Fitness): Representa el valor de la función objetivo, que puede ser minimizado o maximizado.
- ▶ Eje "x" (Iteraciones): Representa el número de iteraciones o generaciones que el algoritmo ha completado.
- ▶ Tendencia:
 - ✓ Una curva descendente indica la **minimización del valor del fitness**, con el algoritmo acercándose al óptimo.
 - ✓ Una curva ascendente indica la **maximización del fitness**.
- ▶ **Velocidad de Convergencia:** La pendiente de la curva indica la **rapidez con la que el algoritmo converge hacia el óptimo**. Una curva que se aplana rápidamente sugiere una rápida convergencia.



UTILIDAD DE LAS CURVAS DE CONVERGENCIA

► Utilidad de las Curvas de Convergencia

- ✓ **Diagnóstico de Algoritmos:** Permiten evaluar la eficiencia de un algoritmo. Si la curva se estabiliza rápidamente, el algoritmo podría estar convergiendo prematuramente (atascándose en un óptimo local).
- ✓ **Comparación de Algoritmos:** Diferentes algoritmos pueden ser comparados en términos de su velocidad de convergencia.
- ✓ **Ajuste de Parámetros:** Ayudan a ajustar parámetros del algoritmo para mejorar el rendimiento.



RECURSOS MAS USADOS PARA ANÁLISIS Y COMPARATIVA

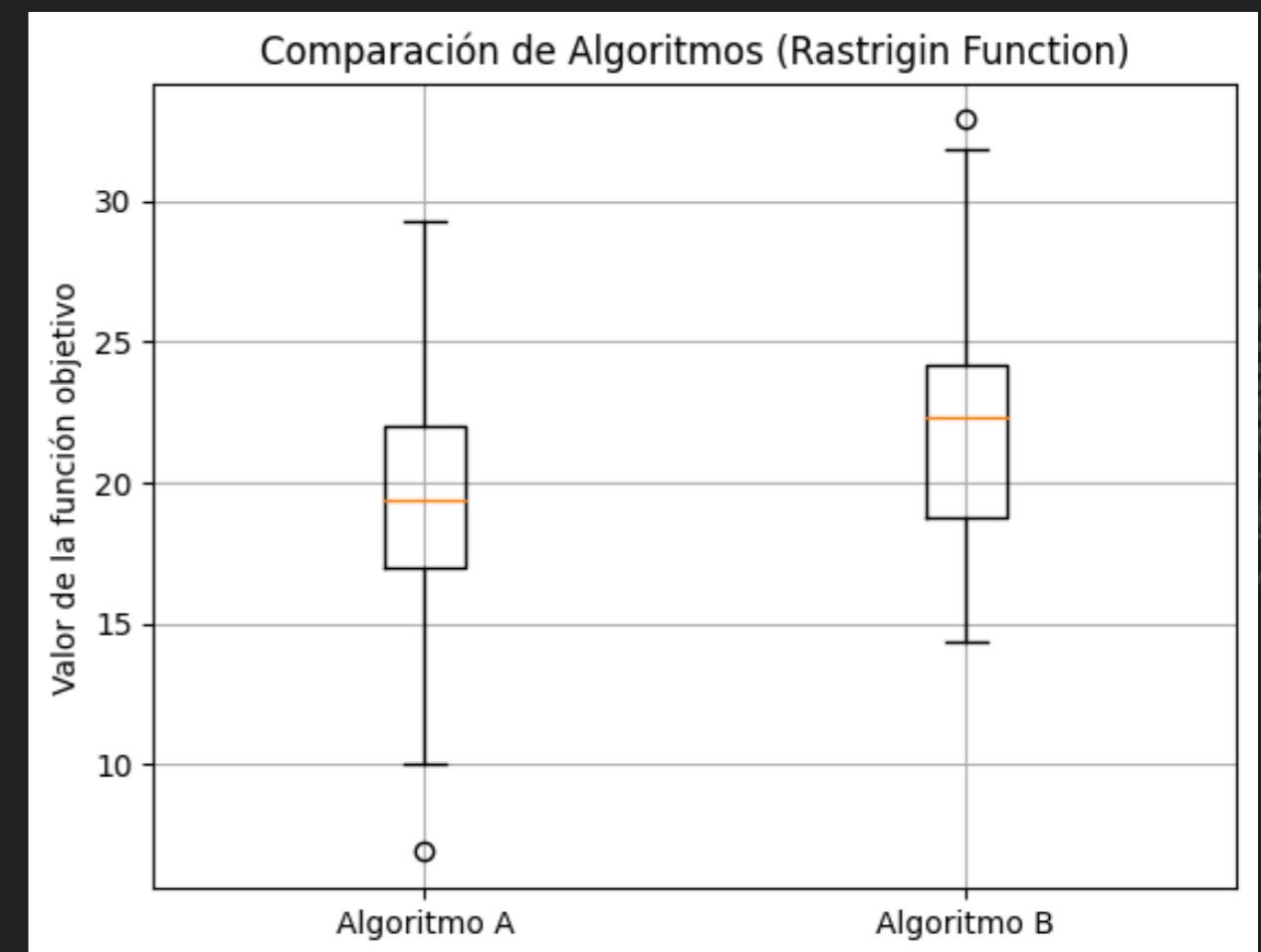
- ▶ Tablas comparativas
- ▶ Curvas de Convergencia
- ▶ Diagramas de Caja (Box Plot)
- ▶ Benchmark functions (Funciones de prueba o referencia)



¿PARA QUÉ SIRVEN?

- ▶ Sirven para comparar métricas de:

1. Rendimiento
2. Variabilidad
3. Estabilidad
4. Consistencia
5. Valores atípicos (outliers)

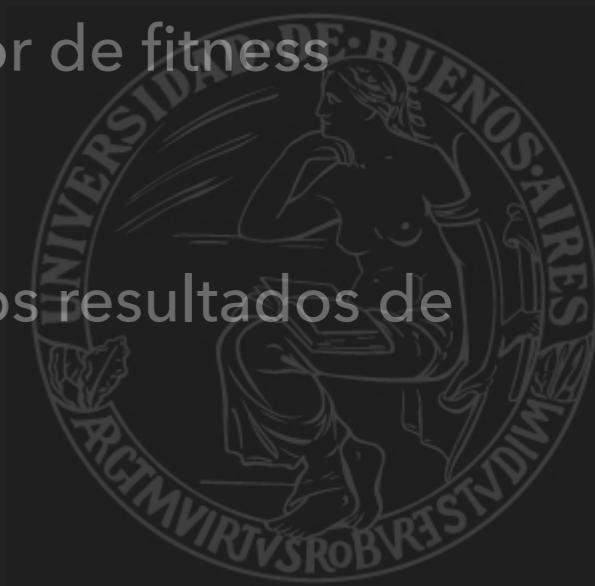
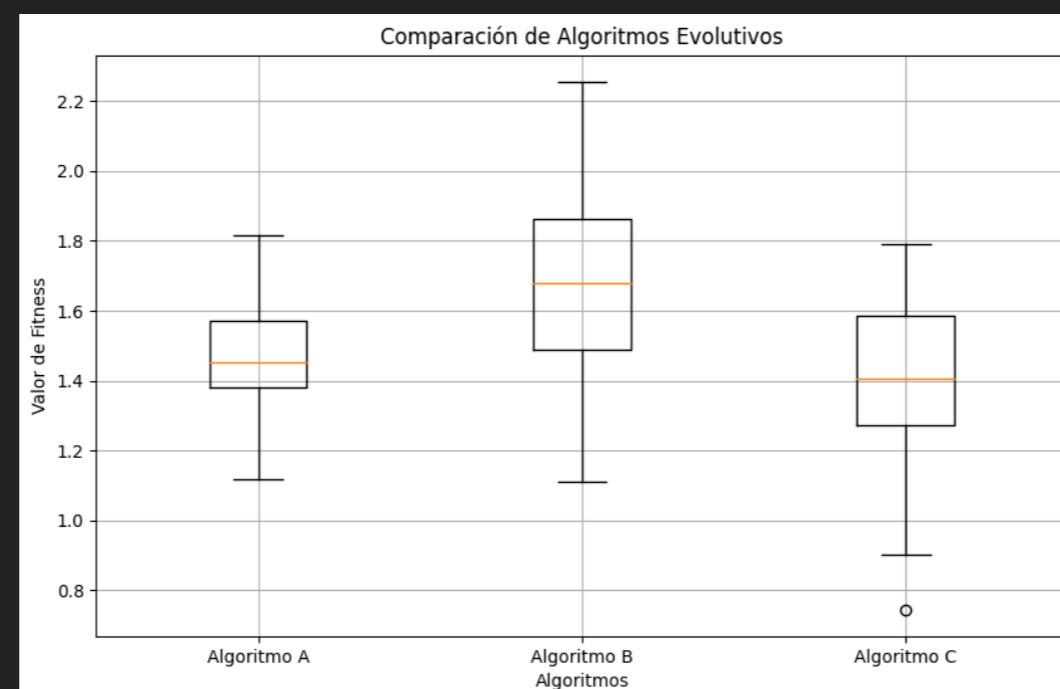


¿COMO SE GRAFICAN?

- ▶ Dados **N** algoritmos evolutivos se busca compararlos según las métricas mencionadas.

Paso 1: Ejecutar cada algoritmo 30 veces y registrar el mejor valor de fitness obtenido en cada ejecución.

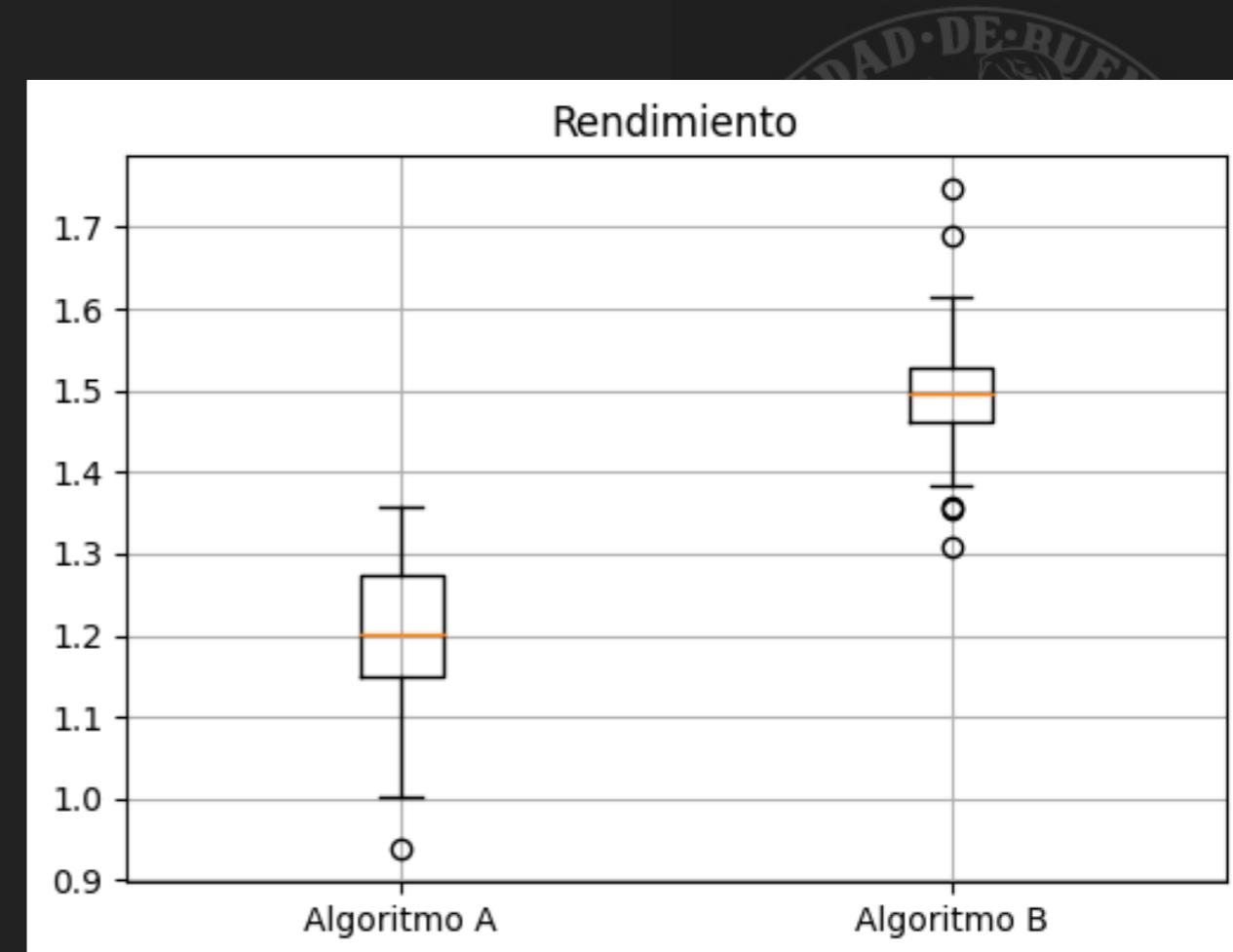
Paso 2: Diagramar **N** box plot para comparar la distribución de los resultados de esos **N** algoritmos.



MÉTRICA DE RENDIMIENTO

Mide la **calidad de las soluciones** obtenidas por un algoritmo evolutivo.

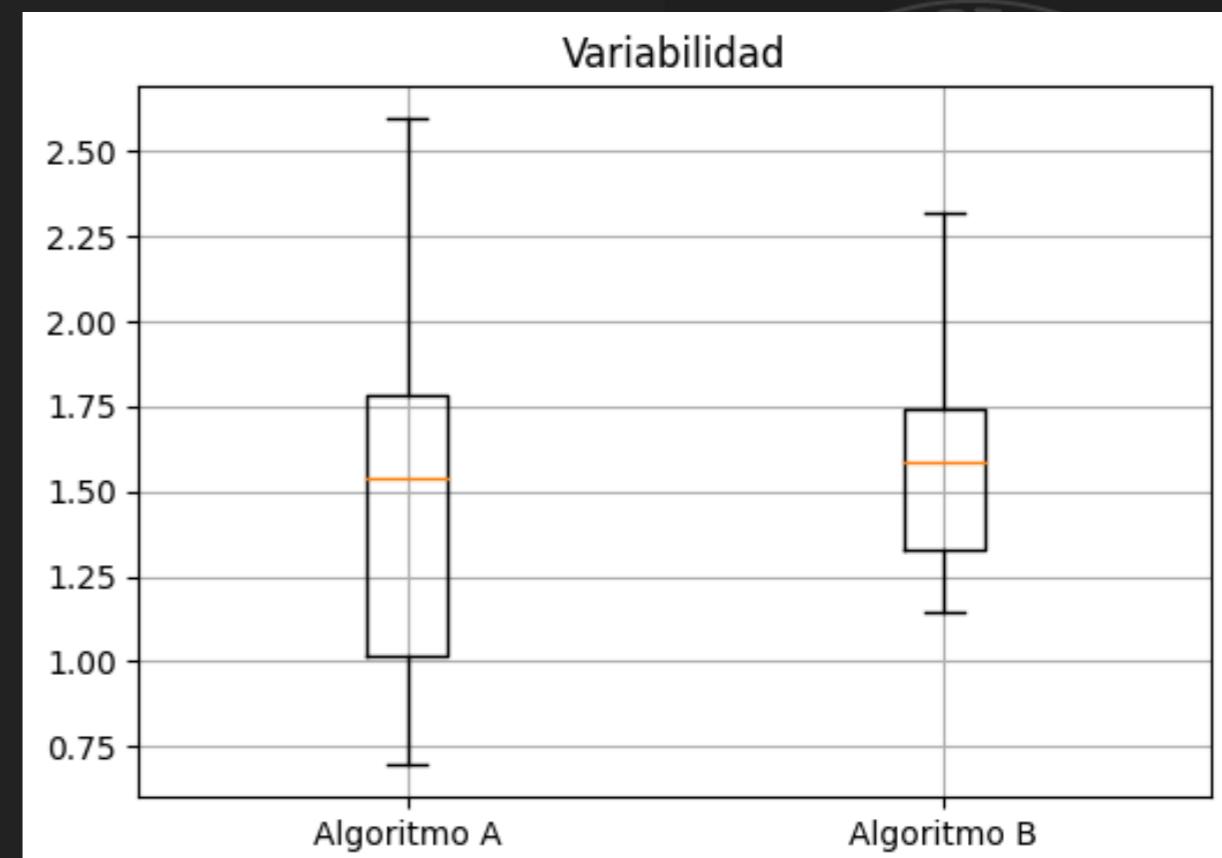
- ▶ **Ejemplo:** Dados 2 algoritmos, si el box plot de uno tiene una **mediana más baja** en términos de fitness (en minimización), este algoritmo tiene **mejor rendimiento**.
- ▶ **Interpretación:** Una **caja más baja** (en minimización) indica que el algoritmo tiende a encontrar **soluciones de mejor calidad**.



MÉTRICA DE VARIABILIDAD

Indica la **dispersión de los resultados** de un algoritmo, reflejada en la amplitud de la caja y los bigotes

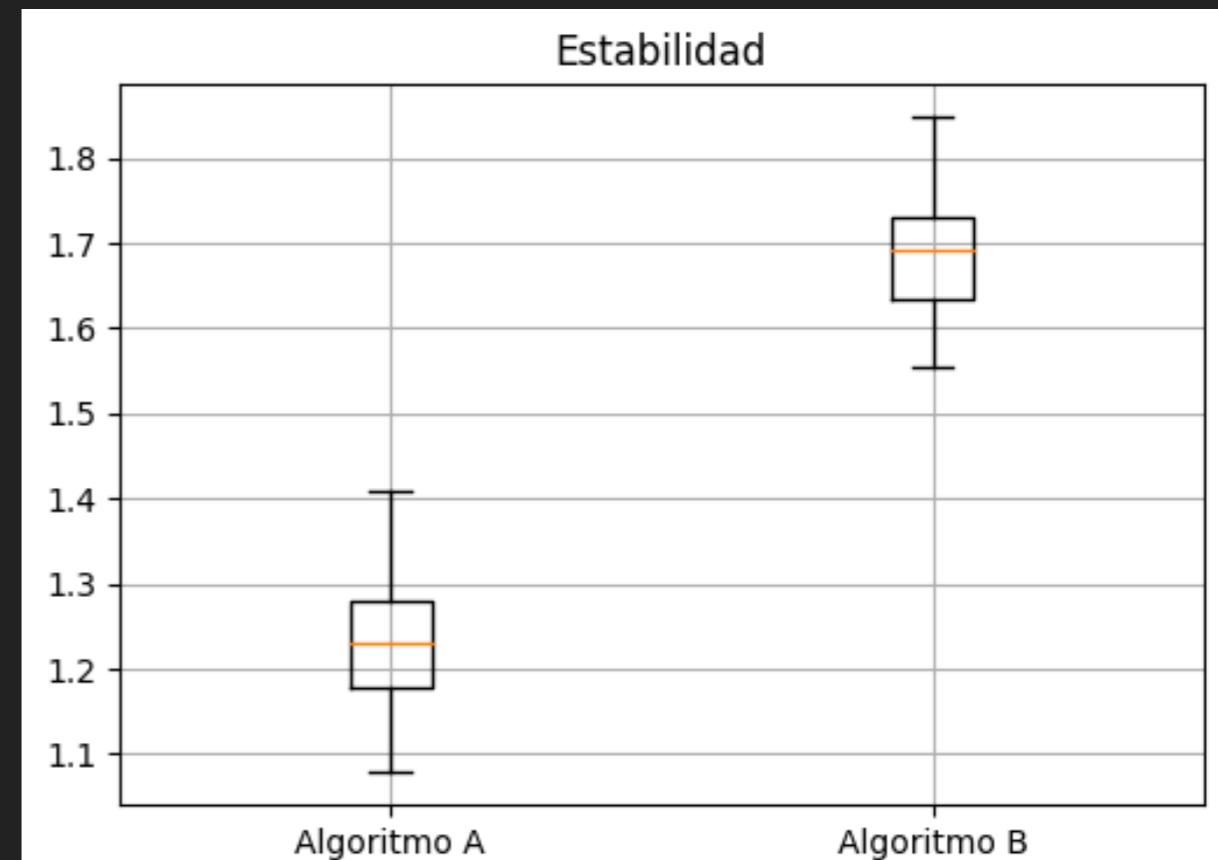
- ▶ **Ejemplo:** Un algoritmo con una **caja larga y bigotes largos** en el box plot tiene **alta variabilidad**, lo que significa que **los resultados pueden variar significativamente entre ejecuciones**.
- ▶ **Interpretación:** La **variabilidad alta** sugiere que el algoritmo puede ser **inestable o sensible a las condiciones iniciales**, ya que produce resultados diversos en diferentes ejecuciones.



MÉTRICA DE ESTABILIDAD

Es la capacidad de un algoritmo para mantener un **rendimiento constante** a lo largo de múltiples ejecuciones. Se evalúa frente a **variaciones en los parámetros**.

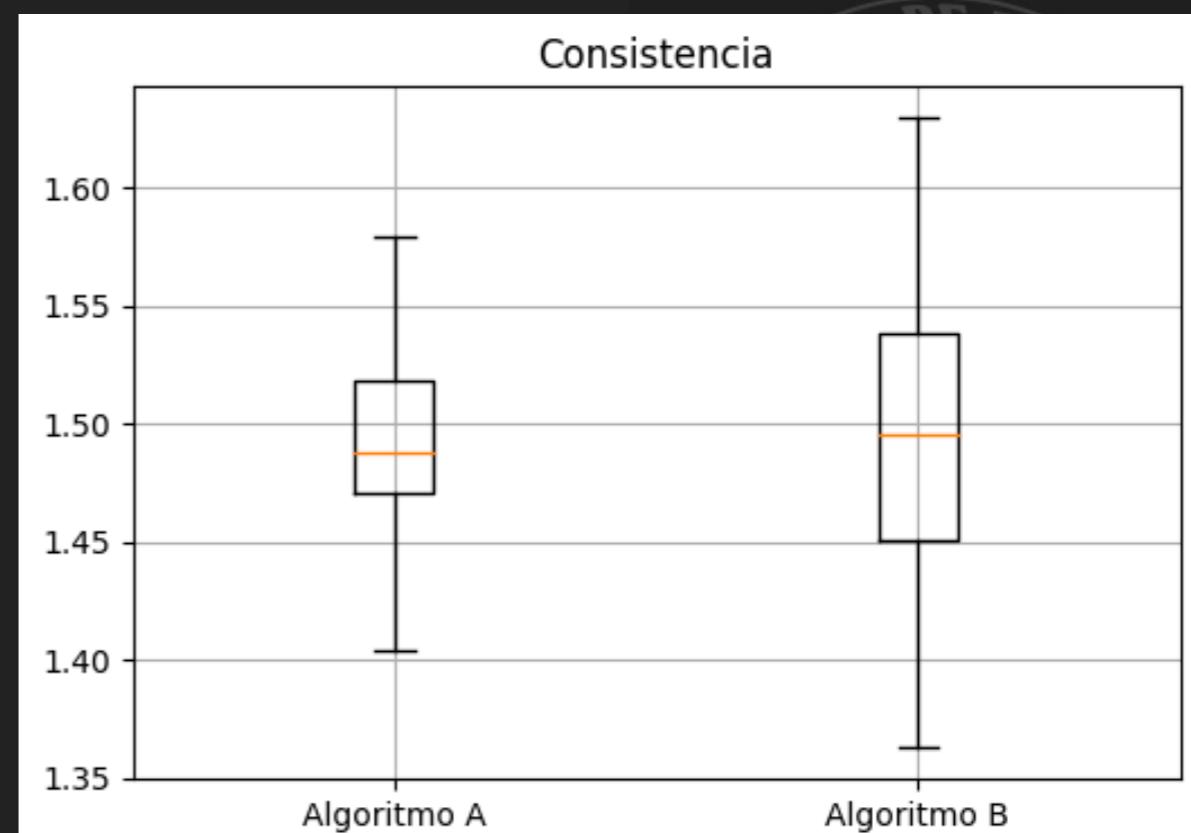
- ▶ **Ejemplo:** Si un box plot muestra una **caja pequeña con bigotes cortos y sin valores atípicos**, el algoritmo **es estable**.
- ▶ **Interpretación:** Un algoritmo estable produce resultados similares independientemente de las ejecuciones, lo que se refleja en un **box plot compacto sin valores atípicos**.



MÉTRICA DE CONSISTENCIA

Es la capacidad de un algoritmo para producir **resultados similares en múltiples ejecuciones**. Se evalúa en **condiciones idénticas**.

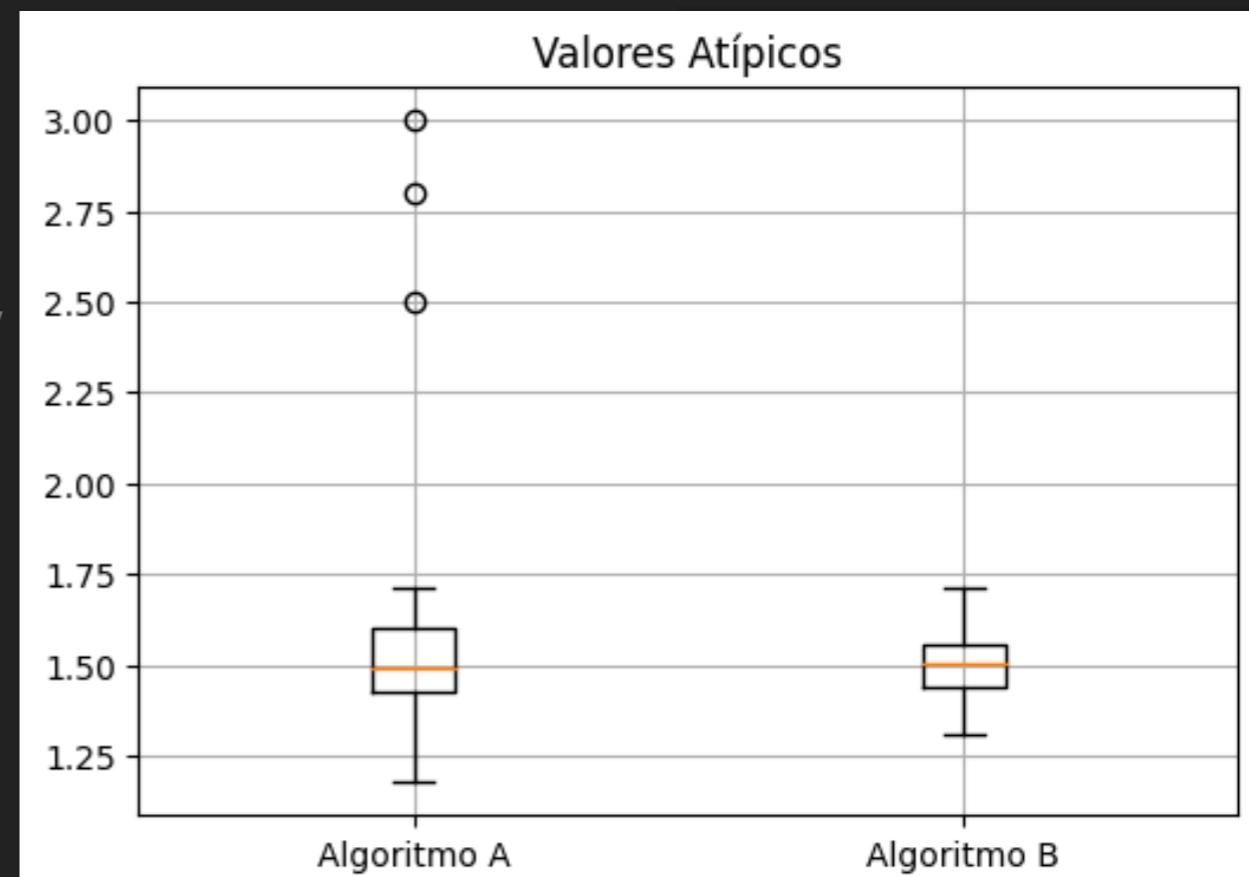
- ▶ **Ejemplo:** una **caja pequeña y bigotes cortos** en el box plot indica **alta consistencia**.
- ▶ **Interpretación:** Una caja pequeña con bigotes cortos muestra que las ejecuciones del algoritmo **producen valores de fitness muy similares**, lo que sugiere que el algoritmo es confiable porque es consistente.



MÉTRICA DE OUTLIERS

Los Outliers o Valores atípicos son ejecuciones que producen resultados significativamente diferentes del resto, a menudo considerados anomalías.

- ▶ **Ejemplo:** Si en un box plot se observan puntos individuales alejados de los bigotes, esos puntos representan ejecuciones que produjeron valores de fitness anómalos.
- ▶ **Interpretación:** La presencia de muchos valores atípicos podría indicar que el algoritmo es sensible a ciertas condiciones, lo que puede comprometer su fiabilidad.



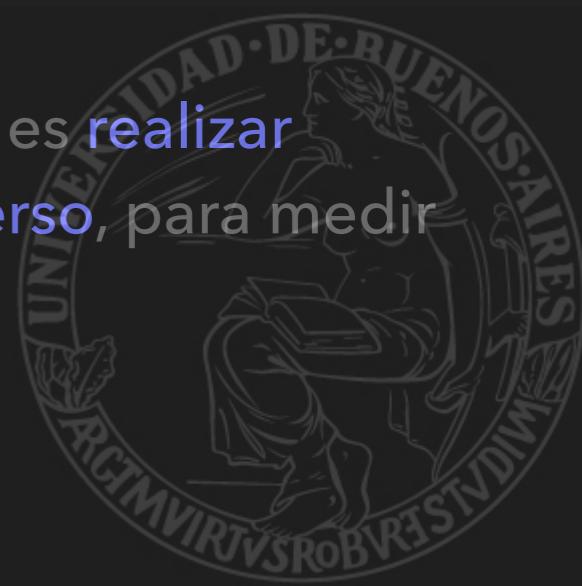
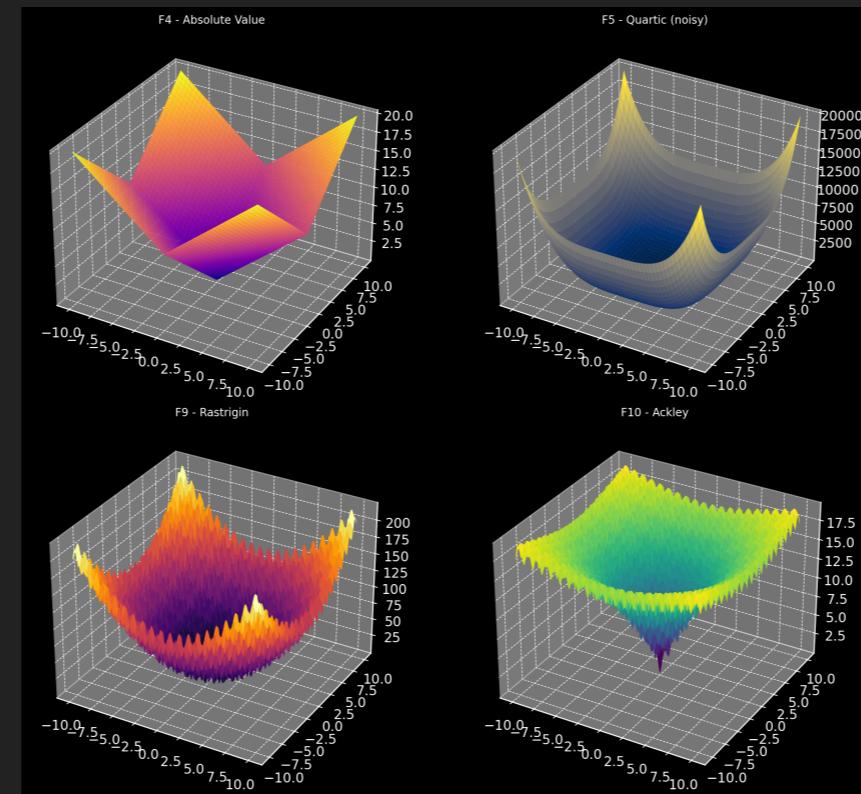
RECURSOS MAS USADOS PARA ANÁLISIS Y COMPARATIVA

- ▶ Tablas comparativas
- ▶ Curvas de Convergencia
- ▶ Diagramas de Caja (Box Plot)
- ▶ **Benchmark functions** (Funciones de prueba o referencia)



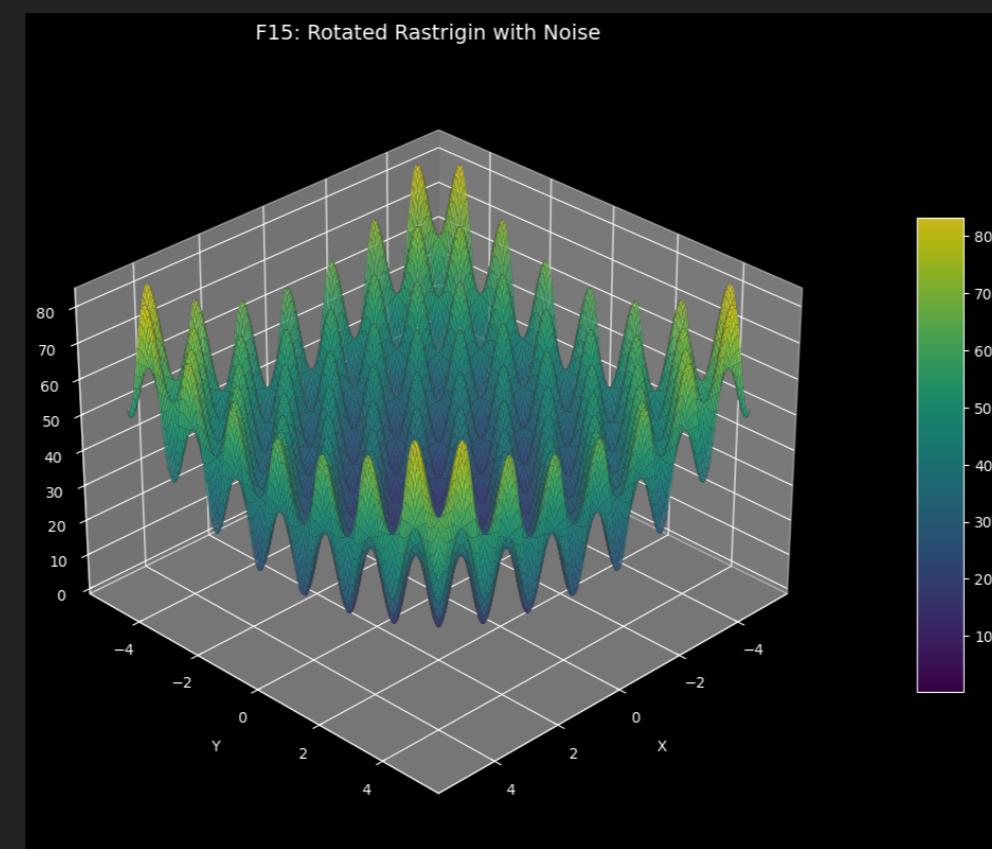
QUE SON LAS BENCHMARK FUNCTIONS?

- ▶ Son conjuntos estándar de **funciones matemáticas de pruebas** que se utilizan con el objetivo de **evaluar y comparar la performance de los algoritmos de búsqueda y optimización**.
- ▶ Un requerimiento esencial de las investigaciones en el campo de AE es **realizar evaluaciones justas y sobre un conjunto de funciones de prueba diverso**, para medir el desempeño bajo diferentes condiciones.



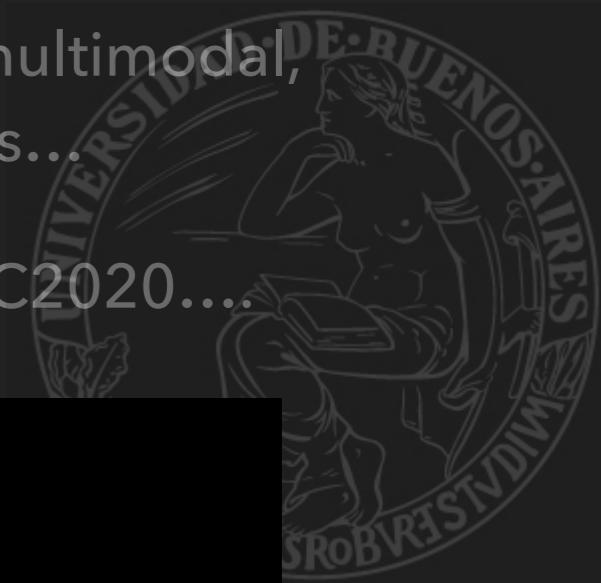
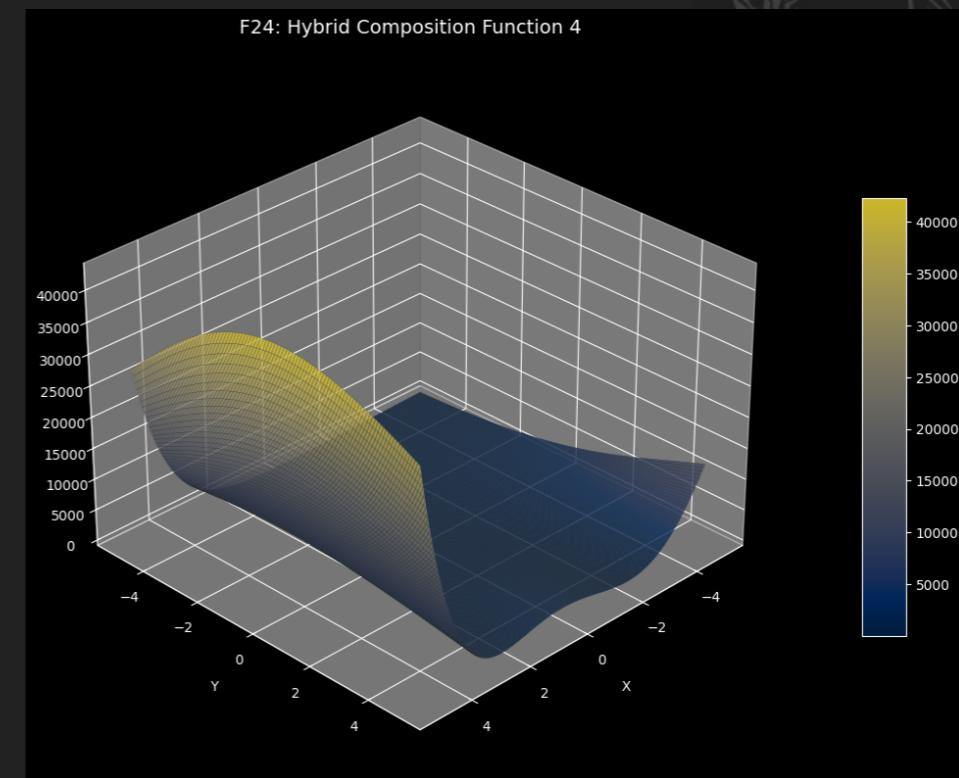
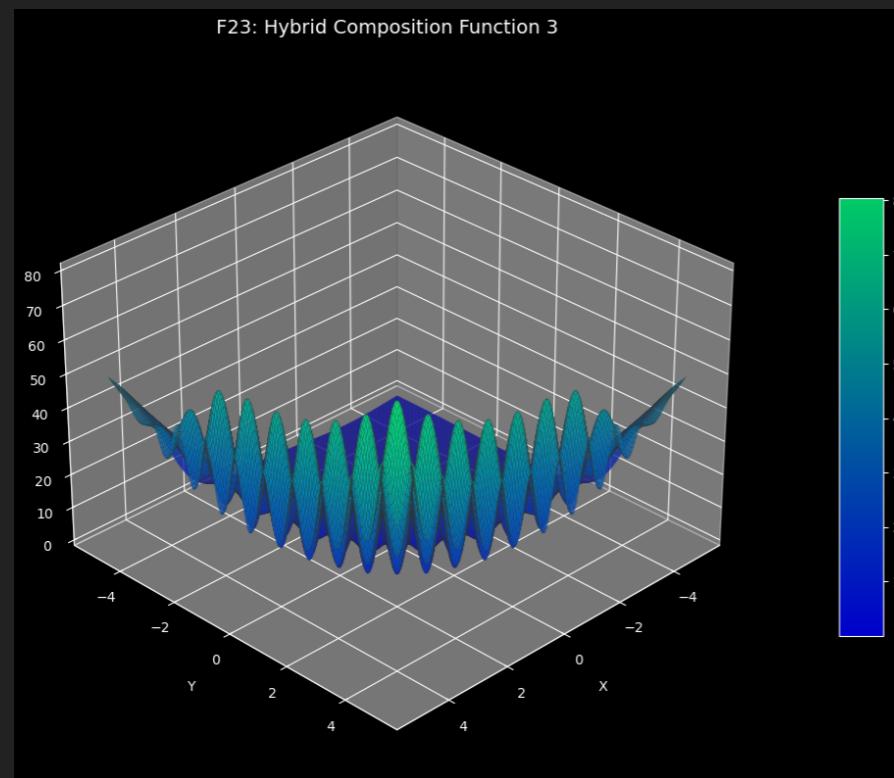
QUE SON LAS BENCHMARK FUNCTIONS?

- ▶ Las BF evitan que un algoritmo que sepa explotar alguna propiedad en particular se destaque por sobre los demás.
- ▶ Son diseñadas por comités científicos especializados en optimización computacional.



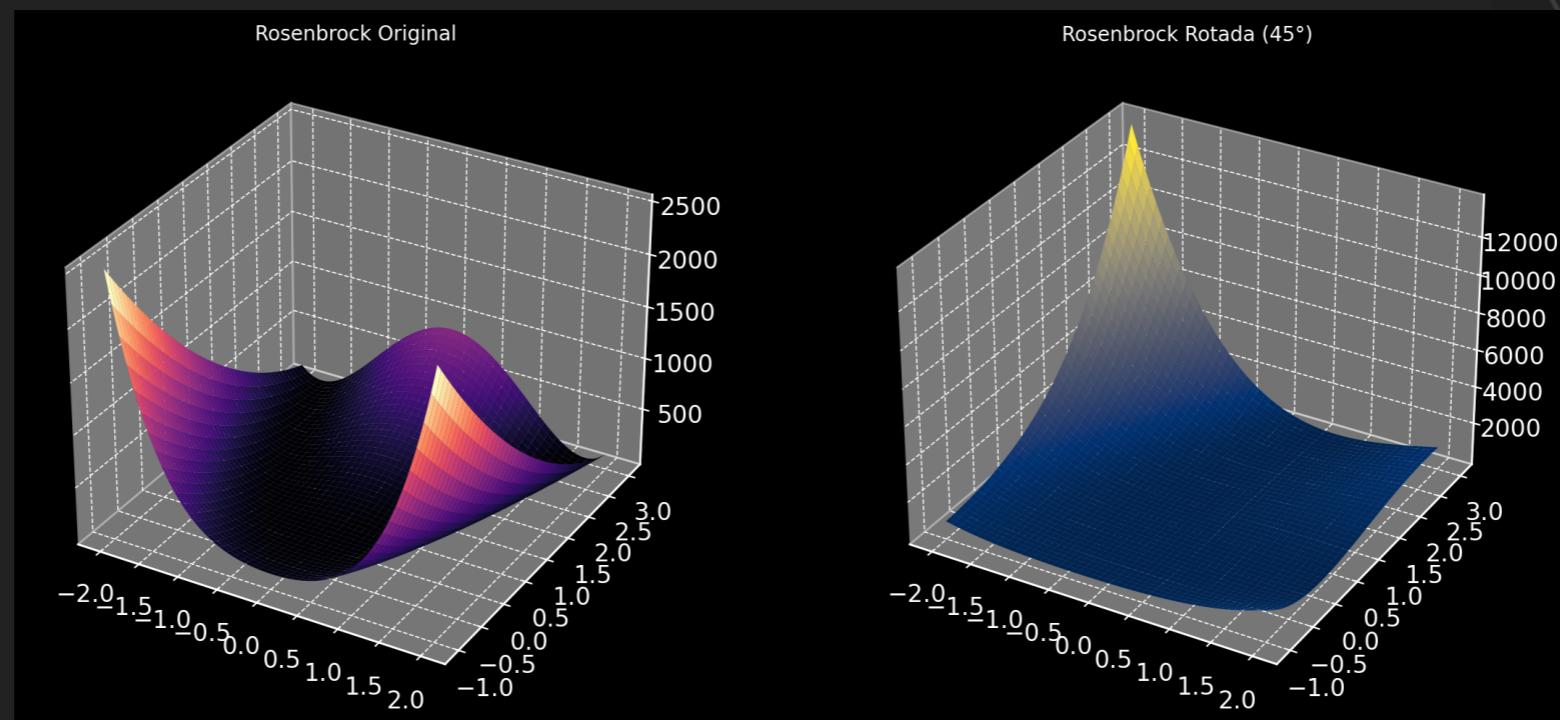
QUIENES DISEÑAN LAS FUNCIONES DE BENCHMARK?

- ▶ Se publican entre 28 y 30 funciones en competencias internacionales organizadas por la [IEEE Congress on Evolutionary Computation \(CEC\)](#).
- ▶ Se agrupan en una **suite de funciones** por propiedades: unimodal, multimodal, rotadas, desplazadas, ruidosas, con múltiples óptimos, no separables...
- ▶ Existen diferentes suites según el año de publicación: CEC2013, CEC2020....



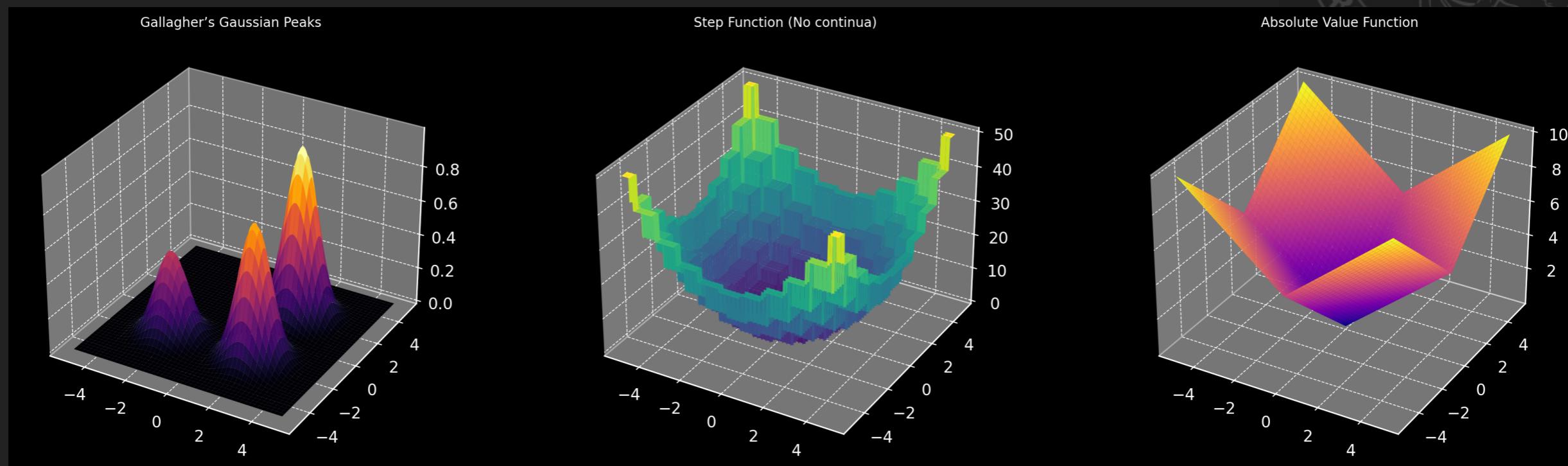
PROPIEDADES DE LAS FUNCIONES DE REFERENCIA

1. Unimodales.
2. Multimodales.
3. Con óptimos globales/locales en la región central.
4. Con óptimos globales/locales en los límites del dominio.
5. Rotadas.



TIPOS DE FUNCIONES DE REFERENCIA

6. Con el centro desplazado.
7. Funciones con diferentes entornos para los puntos óptimos.
8. Funciones no continuas.
9. Funciones no diferenciables.

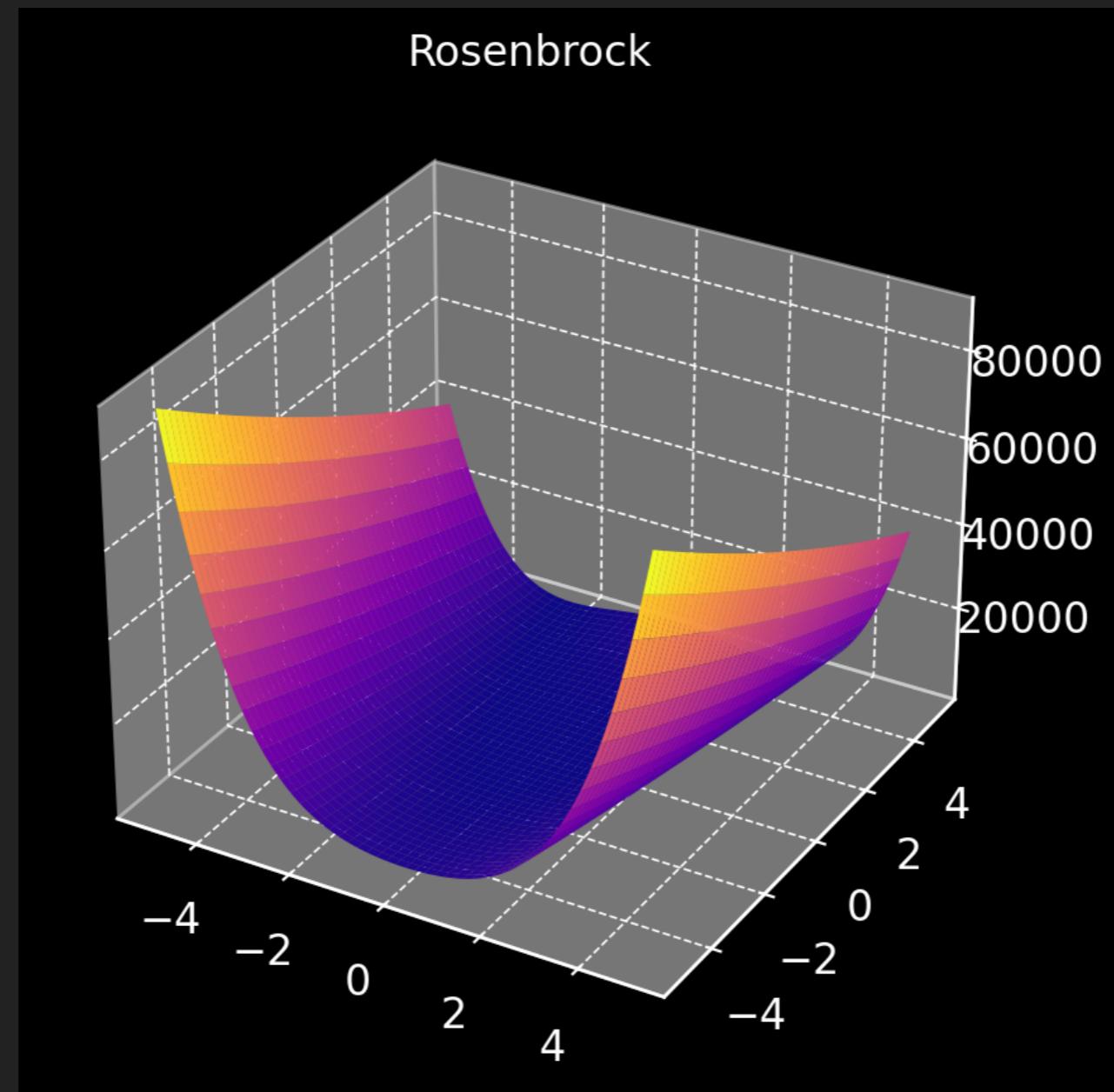


ALGUNOS EJEMPLOS DE FUNCIONES DE REFERENCIA

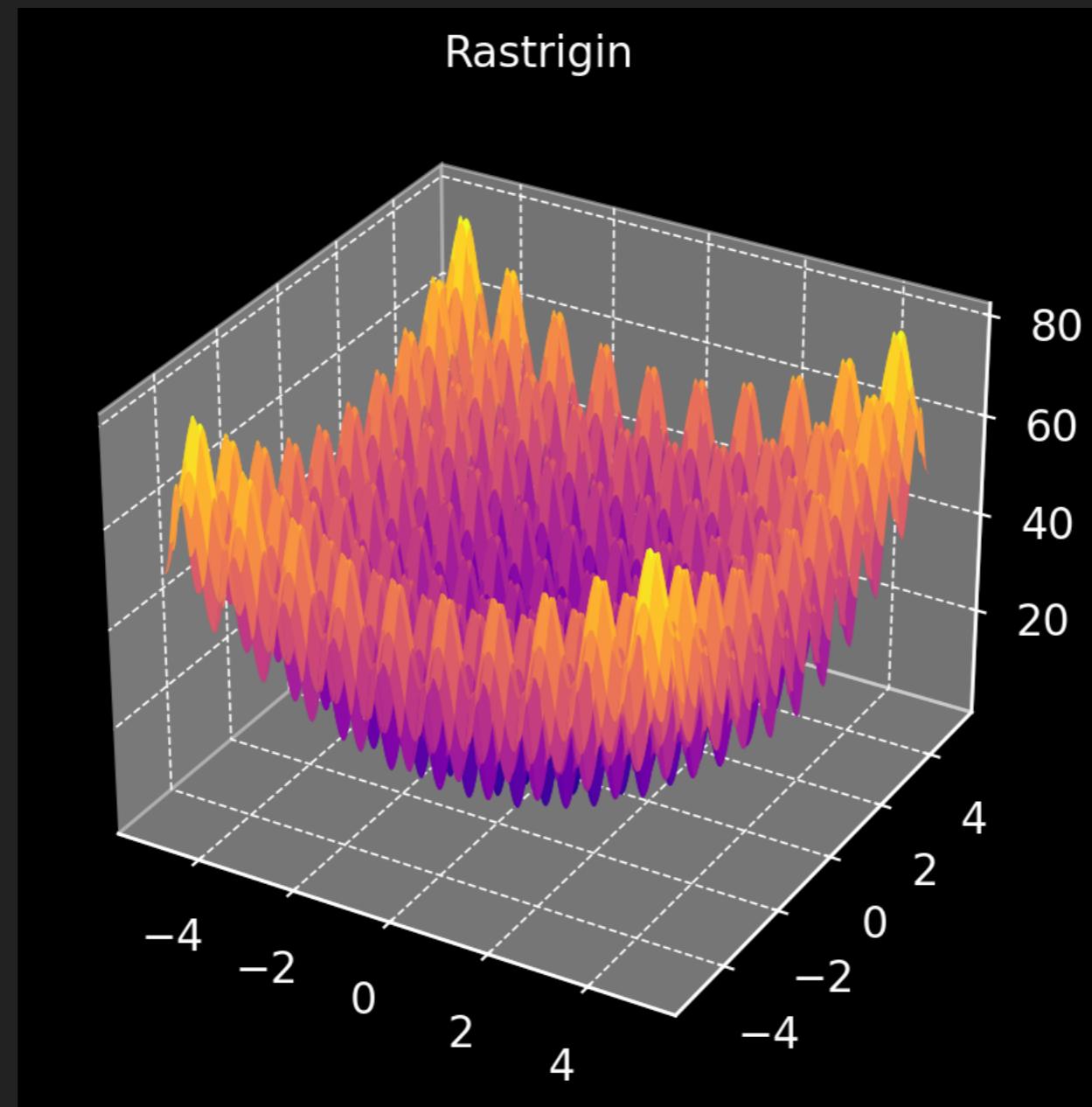
- C: categoría, Rango -> search space o dominio de búsqueda

No.	Nombre	Dimensión	C	Rango	Definición de la función	Mínimo
f ₁	Sphere	10,30,50	U	[-5.12,5.12] ^D	$f_1(x) = \sum (x_i^2)$	0.0
f ₂	Step	10,30,50	U	[-100,100] ^D	$f_2(x) = \sum (\lfloor x_i + 0.5 \rfloor^2)$	0.0
f ₃	Zakharov	10,30,50	U	[-5,10] ^D	$f_3(x) = \sum (x_i^2) + (\sum 0.5 \cdot i \cdot x_i)^2 + (\sum 0.5 \cdot i \cdot x_i)^4$	0.0
f ₄	Griewangk	10,30,50	M	[-600,600] ^D	$f_4(x) = (\sum x_i^2)/4000 - \prod \cos(x_i/\sqrt{i}) + 1$	0.0
f ₅	Rastrigin	10,30,50	M	[-15,15] ^D	$f_5(x) = \sum [x_i^2 - 10\cos(2\pi x_i) + 10]$	0.0
f ₆	Rosenbrock	10,30,50	U	[-15,15] ^D	$f_6(x) = \sum [100(x_{i+1} - x_i^2)^2 + (x_i - 1)^2]$	0.0
f ₇	Ackley	10,30,50	M	[-32,32] ^D	$f_7(x) = -20\exp(-0.2\sqrt{(\sum x_i^2)/d}) - \exp(\sum \cos(2\pi x_i)/d) + 20 + e$	0.0
f ₈	Schwefel	10,30,50	M	[-500,500] ^D	$f_8(x) = 418.9829 \cdot d - \sum (x_i \cdot \sin(\sqrt{ x_i }))$	0.0
f ₉	Easom	10,30,50	M	[-2π,2π] ^D	$f_9(x) = -(-1)^d \cdot \prod \cos^2(x_i) \cdot \exp(-\sum (x_i - \pi)^2)$	-1.0
f ₁₀	Michalewicz	10,30,50	M	[0,π] ^D	$f_{10}(x) = -\sum [\sin(x_i) \cdot \sin(ix_i^2/\pi)^2]$	NA

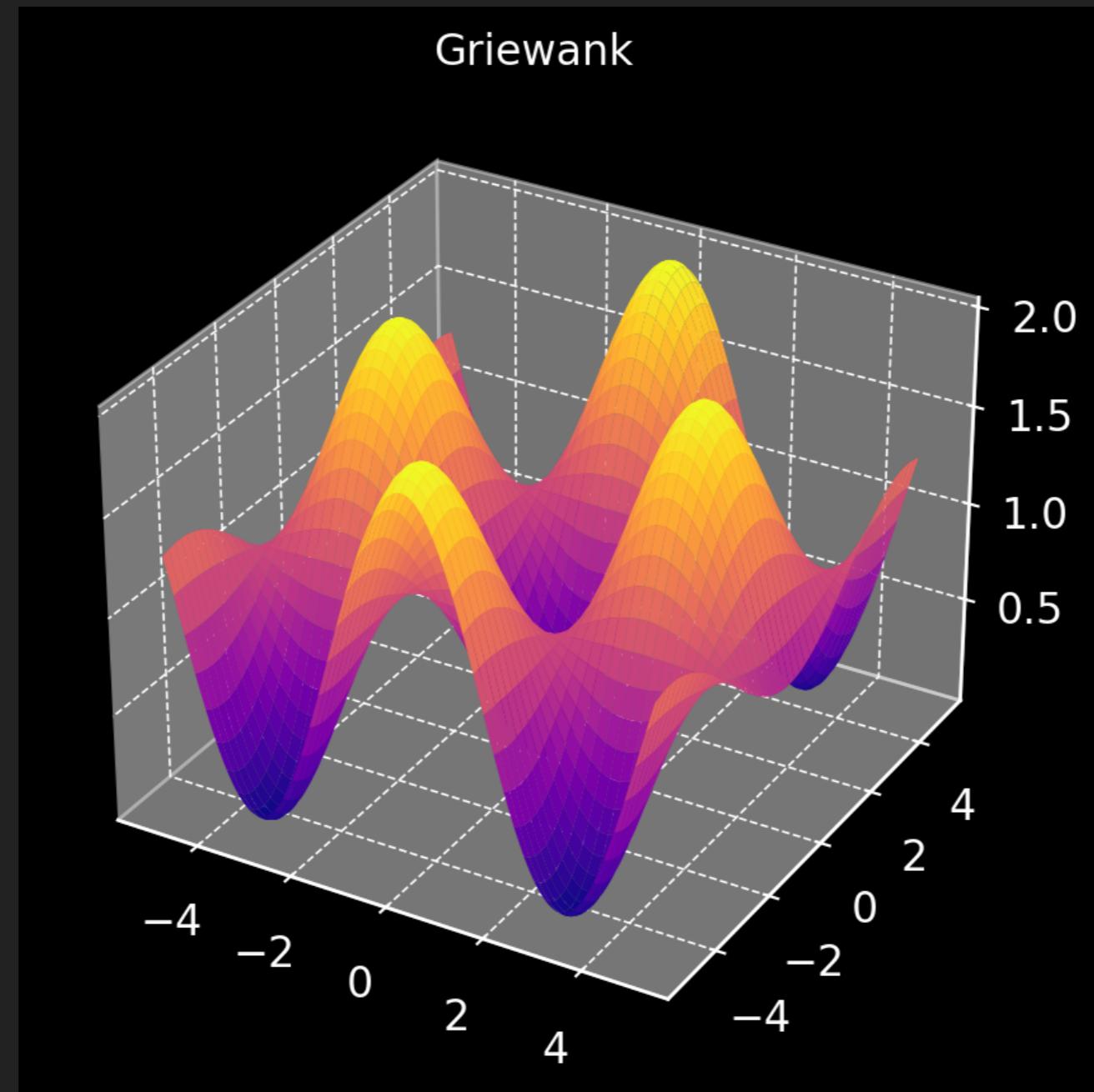
ALGUNOS EJEMPLOS DE FUNCIONES DE REFERENCIA



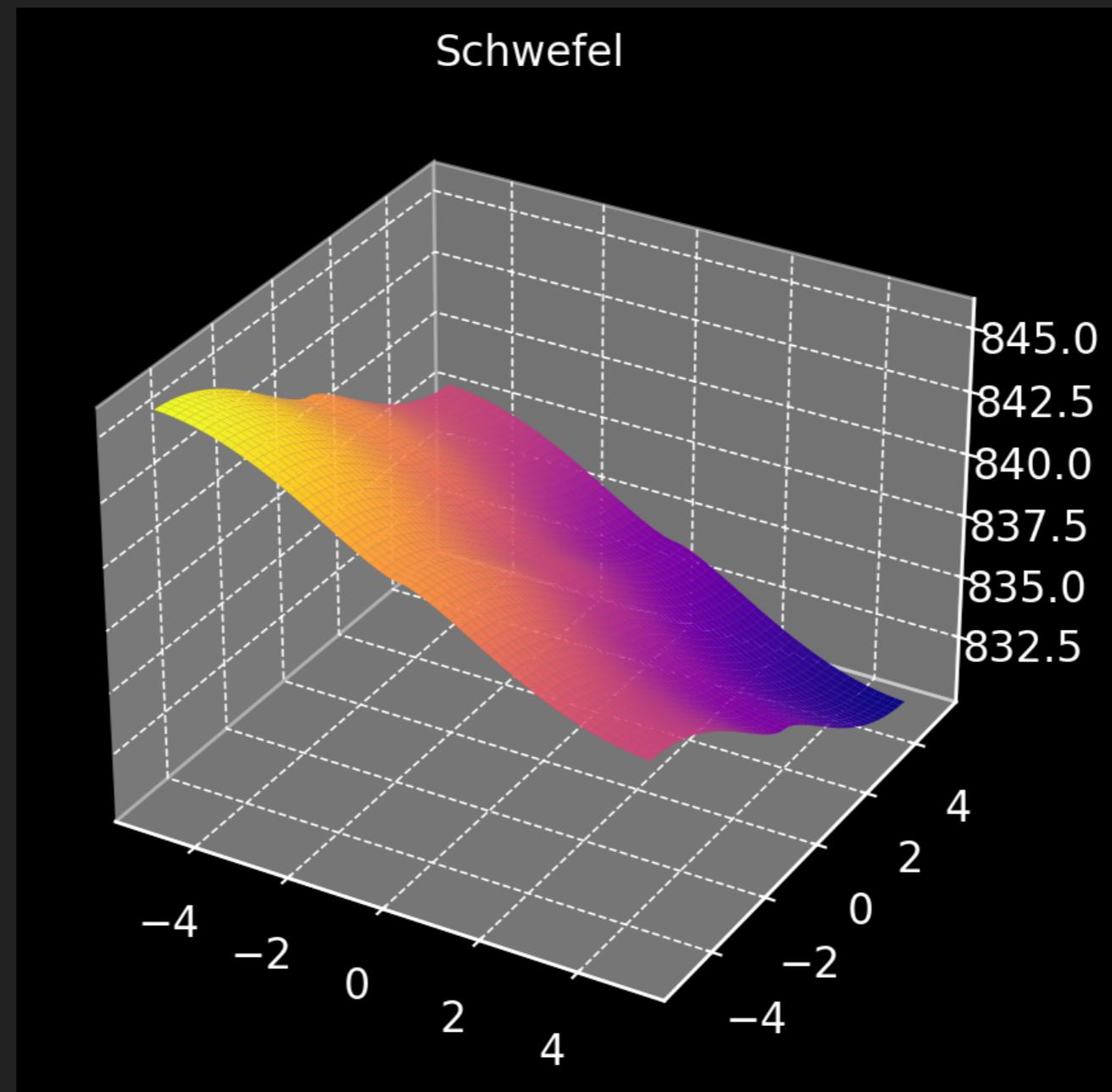
ALGUNOS EJEMPLOS DE FUNCIONES DE REFERENCIA



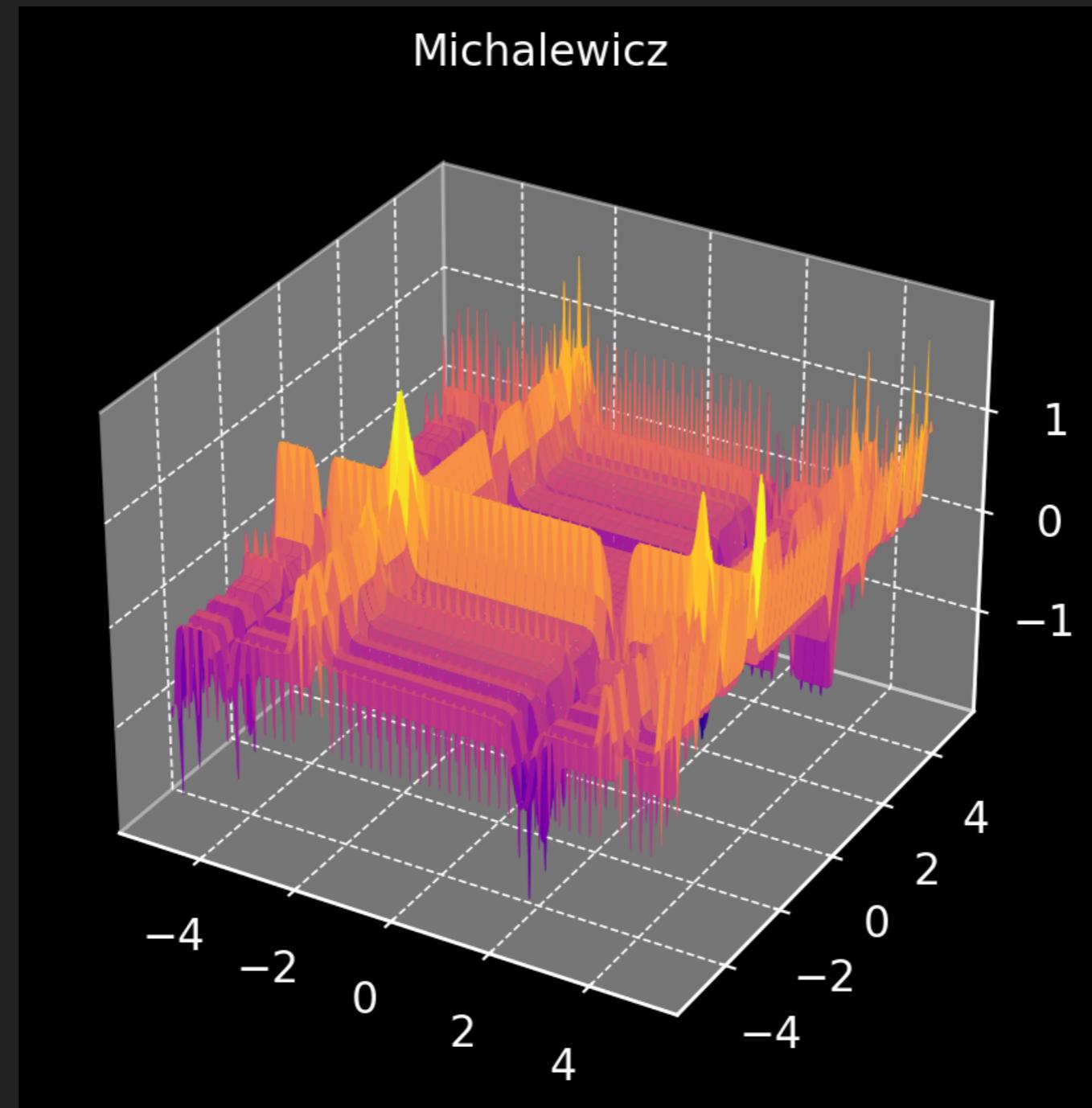
ALGUNOS EJEMPLOS DE FUNCIONES DE REFERENCIA



ALGUNOS EJEMPLOS DE FUNCIONES DE REFERENCIA



ALGUNOS EJEMPLOS DE FUNCIONES DE REFERENCIA



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y WEB (I)



- ▶ López, J. (2013). Optimización multiobjetivo: aplicaciones a problemas del mundo real. Buenos Aires, Argentina, Universidad Nacional de la Plata.
- ▶ Yucra López, Carlos Enrique (2021). Biblioteca para la comparación estadística de algoritmos evolutivos. Proyecto Fin de Carrera / Trabajo Fin de Grado, Madrid, España.
- ▶ <https://github.com/P-N-Suganthan/CEC2013>

