

General Relativity Search Algorithm (GRSA)

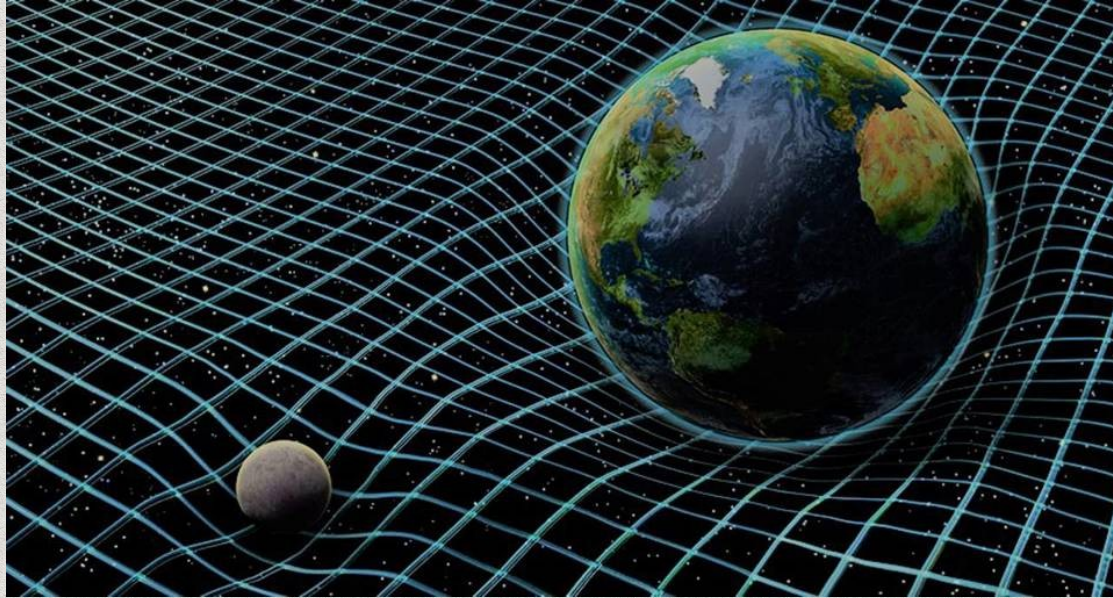
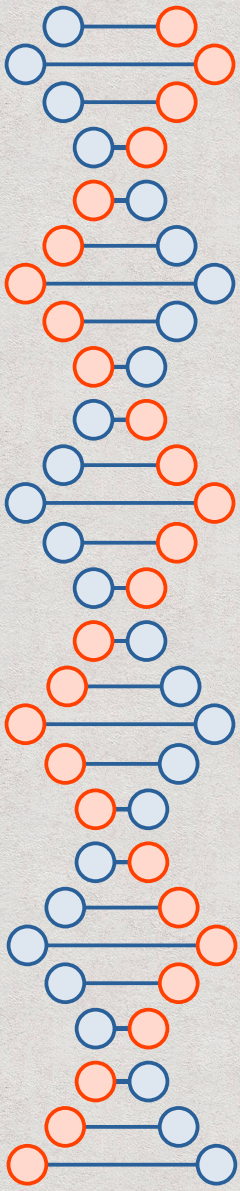
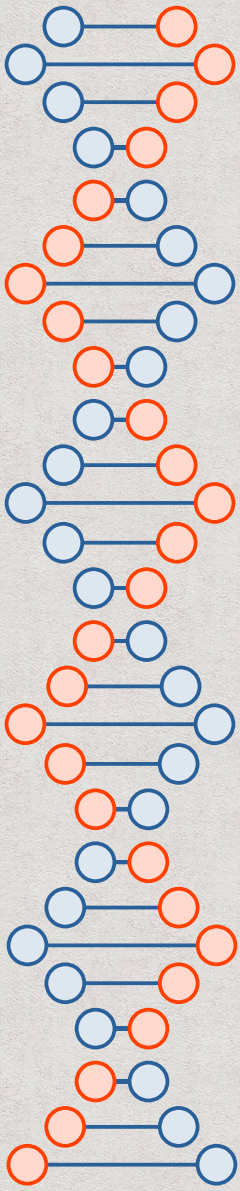


Imagen extraída de la web de [National Geographic](#)



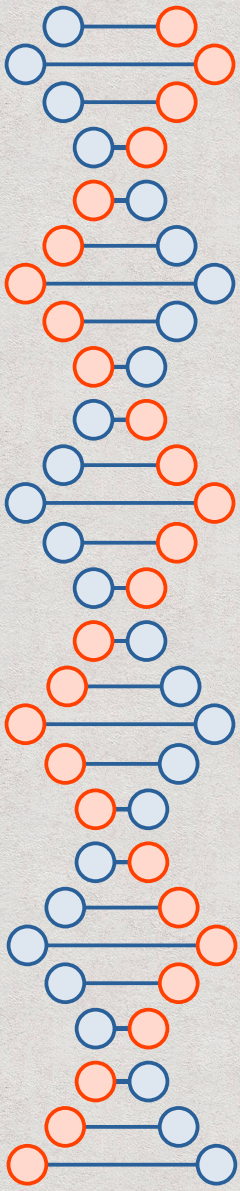
Motivación

- Varios algoritmos de búsqueda basados en gradientes tienen limitaciones para obtener **óptimos globales** en:
 - Problemas no lineales.
 - Problemas con funciones discontinuas.
 - Restricciones.



Motivación

- Varios algoritmos de búsqueda basados en gradientes tienen limitaciones para obtener **óptimos globales** en:
 - Problemas no lineales.
 - Problemas con funciones discontinuas.
 - Restricciones.
- Soluciones propuestas: **Algoritmos basados en la naturaleza** (algoritmos genéticos, AG, optimización por colonia de hormigas, ACO, algoritmo de búsqueda gravitacional, GSA,,...).



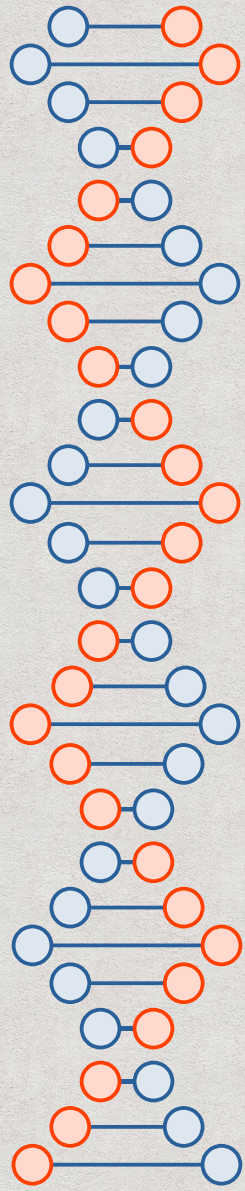
Motivación

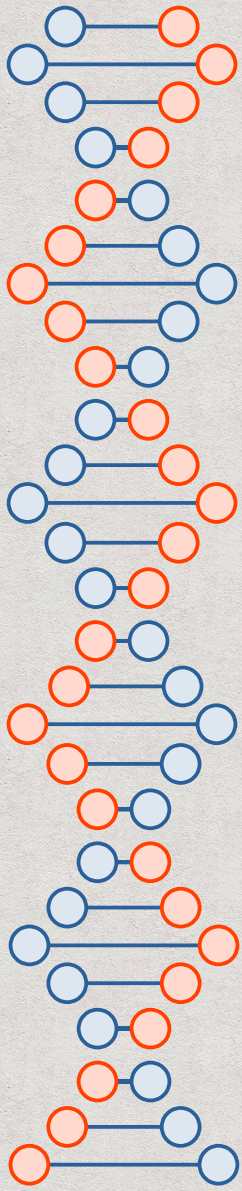
- Varios algoritmos de búsqueda basados en gradientes tienen limitaciones para obtener **óptimos globales** en:
 - Problemas no lineales.
 - Problemas con funciones discontinuas.
 - Restricciones.
- Soluciones propuestas: **Algoritmos basados en la naturaleza** (algoritmos genéticos, AG, optimización por colonia de hormigas, ACO, algoritmo de búsqueda gravitacional, GSA,,...).
- **¡La Relatividad General describe parte de la naturaleza!**

Beiranvand H, Rokrok E. General Relativity Search Algorithm: A Global Optimization Approach. International Journal of Computational Intelligence and Applications. 2015;14(3); p. 1–29

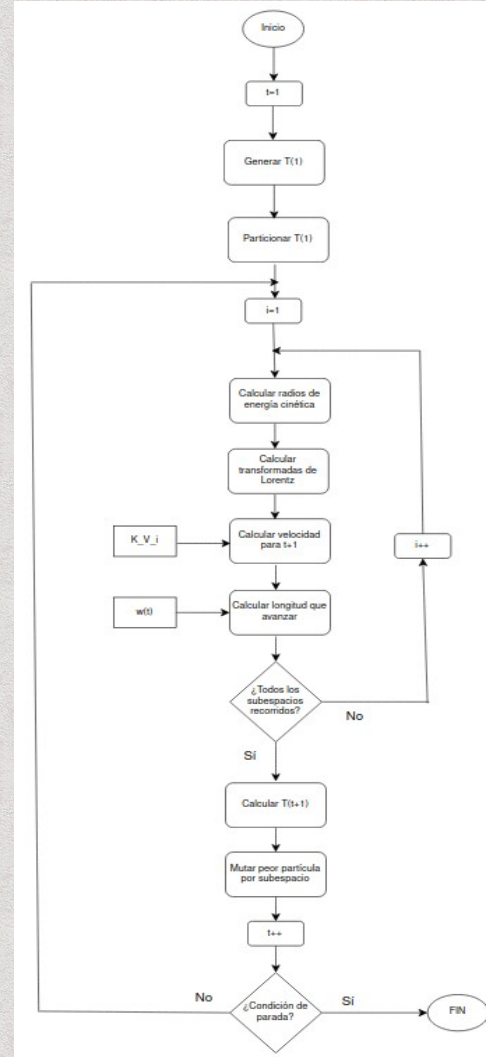
Elementos del algoritmo

- **Partícula:** Elemento básico del problema. Representa una posible solución. Abstracción de un cuerpo en la realidad, ya sea un planeta o un neutrón.
- **Espacio-tiempo:** Conjunto de partículas. El algoritmo separa **aleatoriamente** este conjunto en pequeños espacios-tiempo con el objetivo de representar fielmente la **interacción entre partículas** más cercanas (por ejemplo, si tenemos un espacio-tiempo con el Sol, la Tierra, el exoplaneta K2-18 b y la estrella fría K2-18, es normal suponer que el Sol tendrá mayor interacción con la Tierra y la estrella K2-18 con el exoplaneta, pero como no tenemos esta información en el problema, se hace de forma aleatoria).
- **Geodésicas:** Camino que sigue una partícula. Tres tipos:
 - Temporal:** Partículas con masa. Se fija el tiempo y se mueve en el espacio.
 - Espacial:** Partículas con masa. Se fija el espacio y se mueve en el tiempo.
 - Nula:** Para partículas sin masa. Esto se traduce en aleatoriedad: si no se mueve en el espacio y/o tiempo, se mueve según esta geodésica.





Esquema general



Exploración vs Explotación

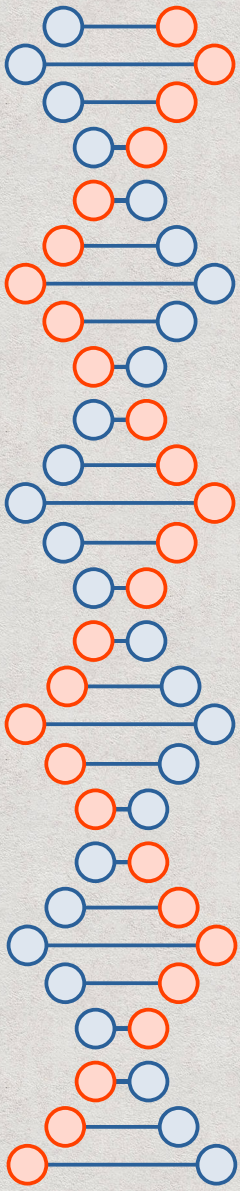
- Estrategias de **exploración**:
 - **Inicialización** con soluciones aleatorias: Población diversa para **explorar distintas soluciones**.
 - **Movimiento** en torno al resto de partículas según partición: Exploración (**limitada**) del espacio de búsqueda.

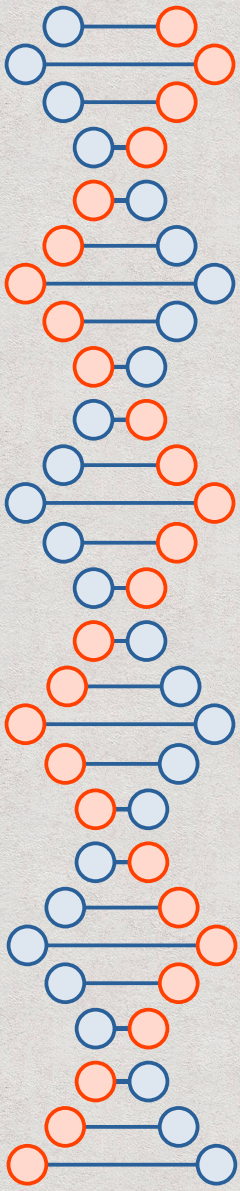
Exploración vs Explotación

- Estrategias de **exploración**:
 - **Inicialización** con soluciones aleatorias: Población diversa para **explorar distintas soluciones**.
 - **Movimiento** en torno al resto de partículas según partición: Exploración (**limitada**) del espacio de búsqueda
- Estrategias de **explotación**:
 - Interacción local una vez hecha la partición: Llevar las partículas **lo más cerca posible** al punto de mayor potencial (**óptimo**).
 - Bajo cierta probabilidad, **un óptimo es el global**..

Exploración vs Explotación

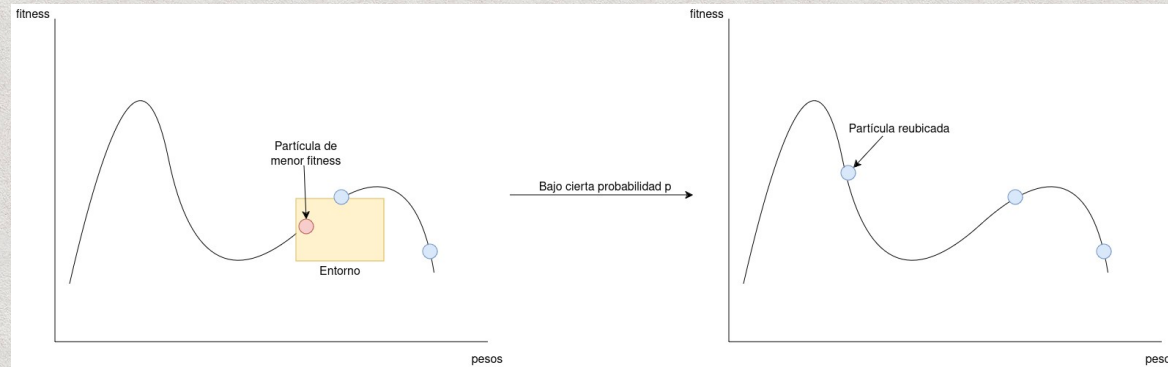
- Estrategias de **exploración**:
 - **Inicialización** con soluciones aleatorias: Población diversa para **explorar distintas soluciones**.
 - **Movimiento** en torno al resto de partículas según partición: Exploración (**limitada**) del espacio de búsqueda.
- Estrategias de **explotación**:
 - Interacción local una vez hecha la partición: Llevar las partículas **lo más cerca posible** al punto de mayor potencial (**óptimo**).
 - Bajo cierta probabilidad, **un óptimo es el global**.
- **Conclusión**: GRSA **favorece ligeramente la explotación sobre la exploración** (una vez hecha la partición, la exploración es pobre en comparación a la intención de llevar partículas al óptimo). Sin embargo, es un **algoritmo equilibrado**.

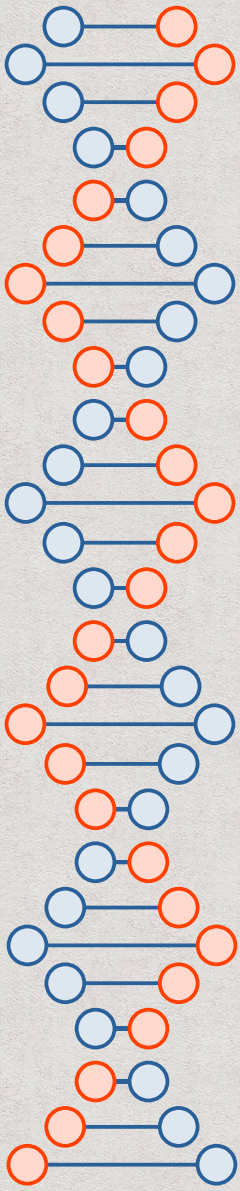




Mejora propuesta

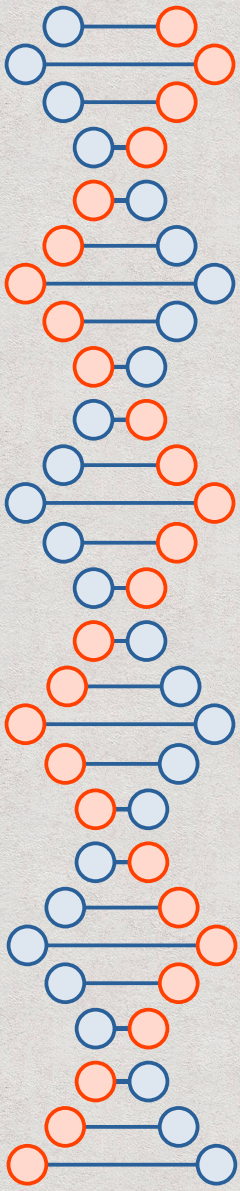
- **Hipótesis:** “Si una partícula de menor fitness está en el entorno de otra con mayor fitness, convergerá al mismo óptimo”.
- **Propuesta:** Eliminar partículas de menor fitness en el entorno (según una norma) de otra de mayor fitness. Bajo cierta probabilidad puede que si ese óptimo fuese local, la reubicación haga que converja a uno global. **Aumenta la exploración de soluciones.**
- **Parámetros:** Norma y radio del vecindario.





Hibridación

- **Intención:** Añadir **mayor exploración** en el espacio de soluciones.
- **Propuesta:** Aplicar búsqueda local cada 10 generaciones.
- Analogía a la realidad: Universo en constante evolución, por lo que conjuntos de planetas (partículas que interactúan localmente) también se mueven según la mencionada evolución.

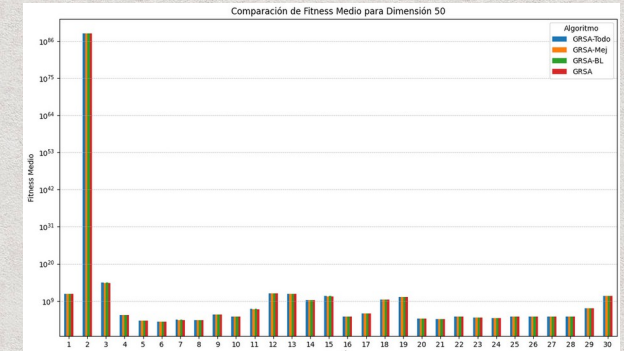
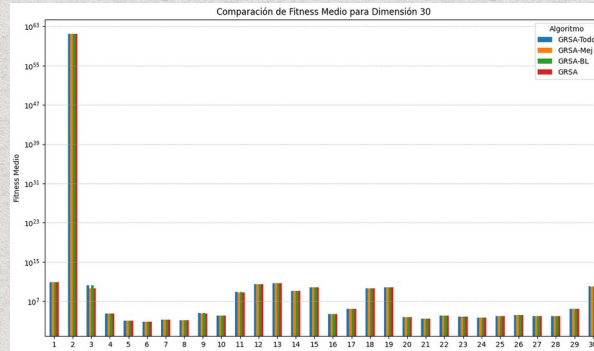
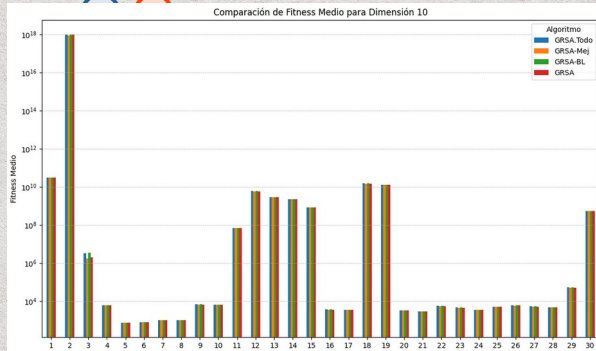


Hibridación

- **Intención:** Añadir **mayor exploración** en el espacio de soluciones.
- **Propuesta:** Aplicar búsqueda local cada 10 generaciones.
- Analogía a la realidad: Universo en constante evolución, por lo que conjuntos de planetas (partículas que interactúan localmente) también se mueven según la mencionada evolución.
- Dos propuestas:
 - GRSA-BL: Algoritmo GRSA al que cada 10 generaciones se aplica búsqueda local a todas las partículas.
 - GRSA-Todo: Algoritmo GRSA con la mejora propuesta que cada 10 generaciones aplica búsqueda local a todas las partículas.

Resultados

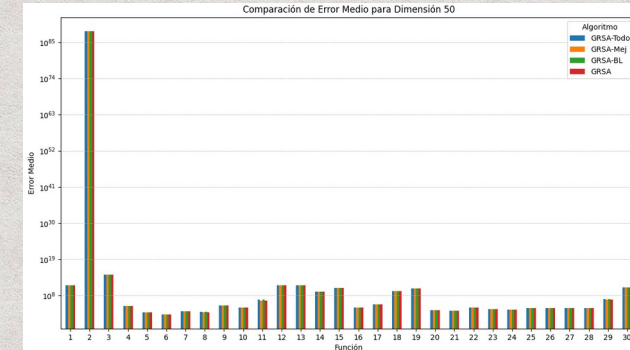
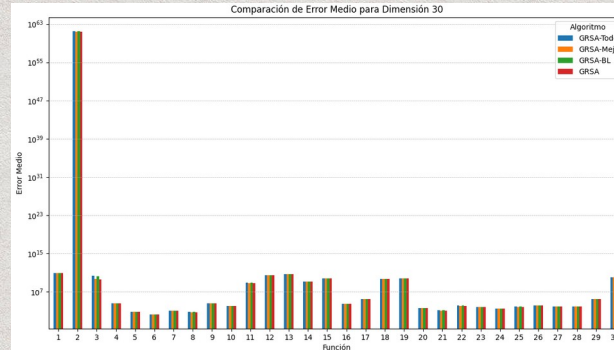
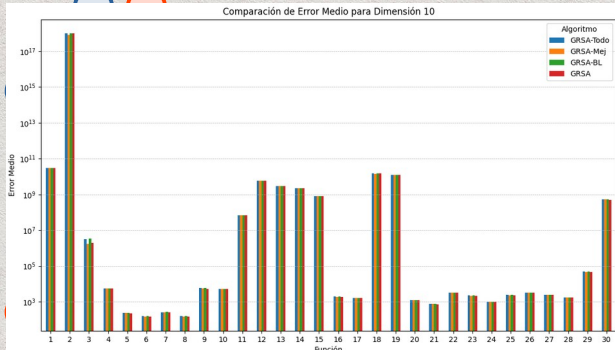
- Fitness medio



- **Mejora muy leve** respecto al algoritmo básico. Carácter de aproximación al óptimo global de GRSA.

Resultados

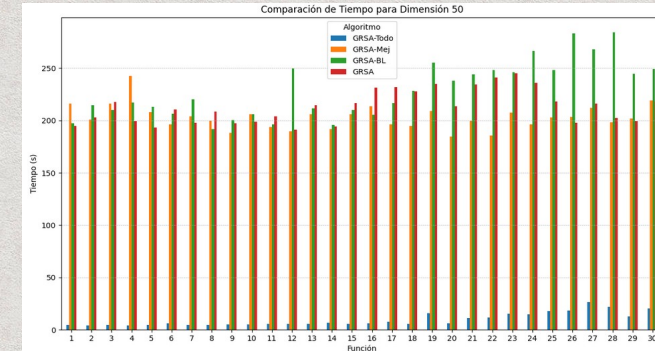
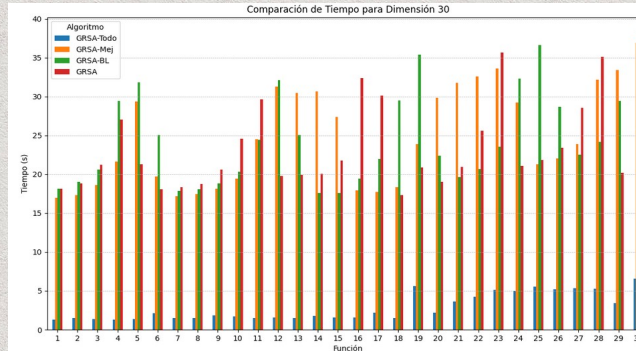
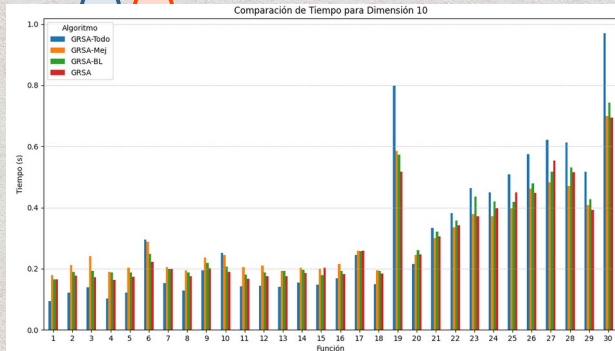
- Error medio



- **Mejora muy leve** respecto al algoritmo básico. Carácter de aproximación al óptimo global de GRSA.

Resultados

- Tiempo medio (segundos)



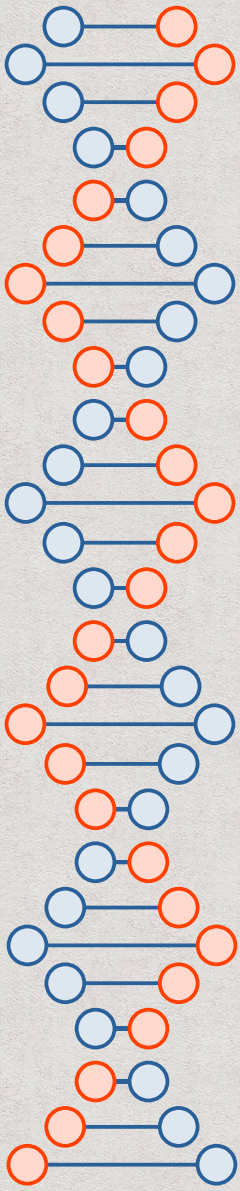
- **Gran convergencia en alta dimensión** de GRSA-Todo (hibridación+mejora propuesta). Posible causa: el elevado número de evaluaciones tanto en búsqueda local como en la mejora.

Comparación con otros algoritmos

- Web: Tacolab

	1	2	3	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
AEO	6,76667	8,9	9,96667	11,2	12,1333	12,6667	12,7333	12,7667	12,8	12,8	12,8667	12,9333	12,9333	12,9
DE	12,9667	13,0667	12,6333	11,6	10,7667	10,2	10,2667	10,2	10,0333	9,93333	9,83333	9,7	9,5	9,36667
DYYPO	7,9	9,63333	10,0667	10,4667	9,86667	8,53333	7,43333	7,1	7	7,43333	7,63333	7,83333	7,86667	8
WithCM	11,5333	9,9	9,26667	8,56667	7,26667	5,86667	5,7	5,26667	4,71667	4,61667	4,15	3,21667	3,11667	2,8
ADE_SPA	12,4333	11,7	10,8667	9,4	7,63333	5,56667	4,8	3,7	2,38333	1,85	1,81667	1,83333	1,91667	2,26667
GRSA-Todo	14,8333	14,9	14,9667	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
GSKA	4,36667	4,6	4,7	5,2	6,36667	8	8,53333	8,63333	8,7	8,73333	8,7	8,7	8,86667	8,83333
MM_OED	9,23333	7,3	6,93333	5,7	4,73333	3,53333	2,93333	3,36667	3,5	2,86667	3,01667	3,45	3,45	4,01667
MOS	1,83333	2,36667	2,6	2,43333	3,1	4,96667	6,1	6,86667	7,76667	8,06667	8,03333	8,06667	8,2	8,2
PPSO	6,36667	5,63333	5,33333	5,23333	5,36667	5,96667	6,83333	7,2	7,56667	7,73333	8,1	8,23333	8,3	8,33333
PSO	10,0667	11,4667	12	12,7333	13,0667	12,9667	12,9	12,8	12,7667	12,7333	12,7333	12,7333	12,7333	12,7333
POP-CM	2,8	2,6	2,53333	2,63333	2,33333	3,1	3,23333	3,33333	3,65	3,98333	4,16667	4,33333	4,3	4,45
SSA	4,86667	5,43333	5,83333	6,73333	8,46667	9,86667	10,4333	10,8333	11,0333	11,1	11,2667	11,4333	11,5333	11,5
TLBO-FL	3,9	3,9	4,16667	4,5	5,4	6,66667	7,23333	7,6	7,86667	8,13333	8,36667	8,53333	8,6	8,66667
JSO	10,1333	8,6	8,13333	8,6	8,5	7,1	5,86667	5,33333	5,21667	5,01667	4,31667	4	3,68333	2,93333

- GRSA-Todo (dimensión 50) es **bueno en el contexto de GRSA**, pero en comparación con otras metaheurísticas no se escogería (ídem resultados con GRSA básico tal y como se muestra en la memoria).



Conclusiones

- En el contexto de GRSA, se **aproxima a un óptimo global**.
- GRSA-Todo mejora levemente GRSA, pero en cuanto al tiempo la mejora es sustancial, por lo que dentro de GRSA, es una buena mejora.
- Bueno en ciertos contextos, pero en otros es **preferible usar otras metaheurísticas** como GSKA.