

# Metaheurísticas

## Guión de prácticas 3

Grupo 5 de prácticas

Álvaro Martín Bacas - 76737859S

[amb00093@red.ujaen.es](mailto:amb00093@red.ujaen.es)

- 
- Sistemas de colonia de hormigas (SCH)
  - Sistema de hormigas Mejor-Peor (SHMP)
  - Sistema de hormigas Max-Min (SHMM)



# Universidad de Jaén

<b>1. Introducción</b>	<b>3</b>
<b>3. Sistema de colonia de hormigas.</b>	<b>4</b>
<b>4. Sistema de hormigas Max-Min.</b>	<b>6</b>
<b>5. Sistema de hormigas Mejor-Peor.</b>	<b>9</b>
<b>6 .Conclusión.</b>	<b>11</b>
<b>7. Bibliografía.</b>	<b>13</b>

## 1. Introducción

Las metaheurísticas basadas en **adaptación social** se inspiran en el comportamiento colectivo de colonias de insectos sociales u otros animales.

Estos insectos sociales llevan a cabo tareas que **no podrían ser realizadas individualmente**, como por ejemplo cargar un objeto pesado, alcanzar ciertos lugares, etc. Esto hace que aunque cada

individuo tiene un comportamiento limitado, mediante una correcta **distribución** de la tarea a llevar a cabo, consigan ser de gran utilidad.

En esta práctica, nos centramos en el **comportamiento de las hormigas** en concreto, ya que tienen unas características interesantes para la programación de ciertos algoritmos. Las hormigas son ciegas, por lo que mientras buscan comida, depositan **feromonas** que atraen a otras hormigas. Estas feromonas van creando un rastro que el resto de hormigas seguirán. Las hormigas siguen los rastros con **mayor cantidad de feromona**, es decir, eligen un camino con cierta probabilidad asociada a la cantidad de feromona que detectan.

Esto es interesante, ya que los caminos más prometedores, es decir, los más cercanos a la comida acumulan mayor cantidad de feromona, y los menos interesantes (lejos de la comida) la pierden por evaporación y por tanto no se vuelven a recorrer. Es así como poco a poco se va encontrando el **camino más corto** desde el hormiguero a la comida.

Aplicando estos conceptos a nuestro problema, el **TSP**, podemos trasladar que las ciudades son nodos, y los caminos son las aristas entre ellas. En cada ciudad, la hormiga decide a qué ciudad va a ir según la **probabilidad de transición**, basada en la preferencia heurística y de la feromona que detecte. Cada hormiga en cada iteración recorre todas las ciudades generando una solución. Dependiendo de la **calidad de la solución**, el agente aporta **mayor o menor** cantidad de **feromona**.

En la tercera práctica, se utiliza una aplicación ya desarrollada que ejecuta una serie de modelos de optimización para unas configuraciones establecidas desde el archivo de configuración.

Cada ejecución genera unos archivos de registro que nos permiten visualizar el mejor coste obtenido y tiempo necesitado para ejecutar el modelo. Con estos datos elaboramos una serie de tablas con el fin de comparar modelos entre sí y ver cuál es el mejor y las diferencias entre ellos. Se realizan 3 ejecuciones (*Semillas: 76737859, 56737879, 96737875*) por cada set de parámetros y para cada una de los dos archivos de ciudades (*ch130.tsp, a280.tsp*).

Estos modelos son:

1. **Sistema de colonias de hormigas:** Este modelo basa su funcionamiento en el depósito de feromonas y la búsqueda probabilística de caminos más prometedores. Cada hormiga contribuye al aprendizaje colectivo dejando feromonas en las rutas que recorre, mientras una heurística guía

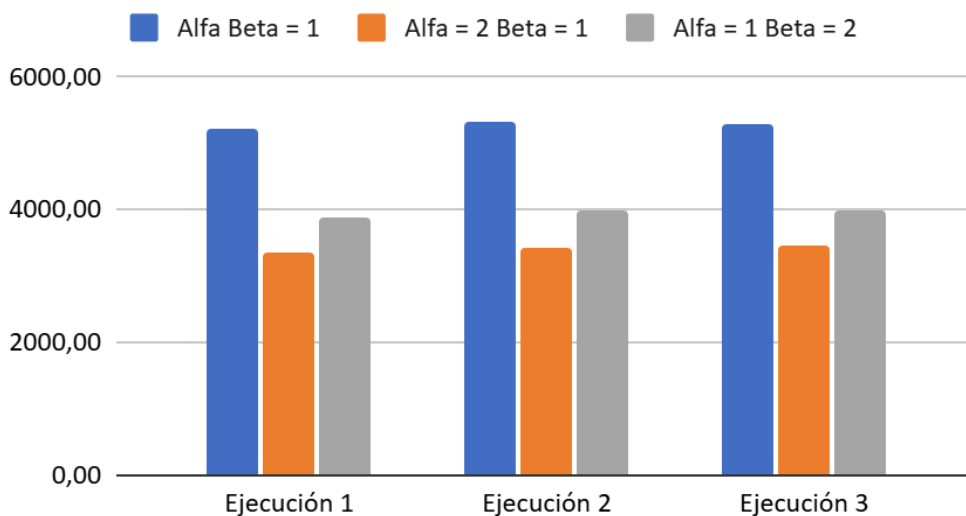
la exploración de caminos cortos. Este sistema combina la actualización local y global de feromonas para equilibrar la exploración y explotación del espacio de búsqueda.

2. **Sistema de hormigas max-min:** Este modelo introduce límites máximos y mínimos en las feromonas para evitar el visitar en exceso rutas poco prometedoras. El refuerzo de feromonas se realiza exclusivamente en los mejores caminos encontrados, lo que acelera la convergencia hacia soluciones óptimas o cercanas.
3. **Sistema de la mejor-peor hormiga:** Este modelo refuerza las rutas de la mejor solución encontrada, mientras penaliza o reduce las feromonas de las rutas asociadas a las peores soluciones. Este enfoque introduce un mecanismo de presión adicional que ayuda a evitar soluciones de baja calidad, promoviendo una búsqueda más eficaz hacia el óptimo global.

### 3. Sistema de colonia de hormigas.

Procedemos a analizar los resultados de las diferentes ejecuciones:

#### SCH A280

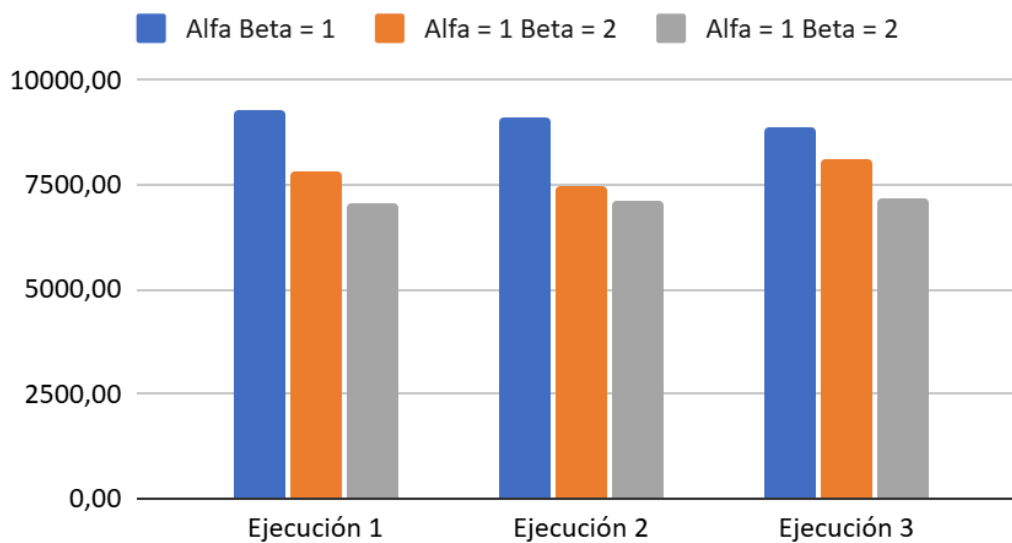


Al analizar los resultados sobre el archivo A280, encontramos que la configuración con  $\alpha = 2$  y  $\beta = 1$  encuentra los mejores resultados, esto es debido a que los resultados obtenidos sobre los archivos, la configuración con  $\alpha = 2$  y  $\beta = 1$  produce las mejores soluciones en términos de coste. Esto se debe a:

- **Equilibrio entre feromonas y heurística:** La influencia de la feromona permite reforzar rutas exitosas, mientras que la heurística guía la búsqueda hacia soluciones cercanas al óptimo global sin converger prematuramente.
- **Estabilidad:** En las **3 ejecuciones con distintas semillas**, se logra una convergencia constante y valores cercanos, demostrando la robustez del algoritmo con esta configuración.

En contraste, configuraciones alternativas como  $\alpha = 1, \beta = 2$  o valores desbalanceados tienden a priorizar demasiado la heurística, limitando la exploración de rutas menos evidentes y dificultando la mejora global de la solución.

### SCH CH130



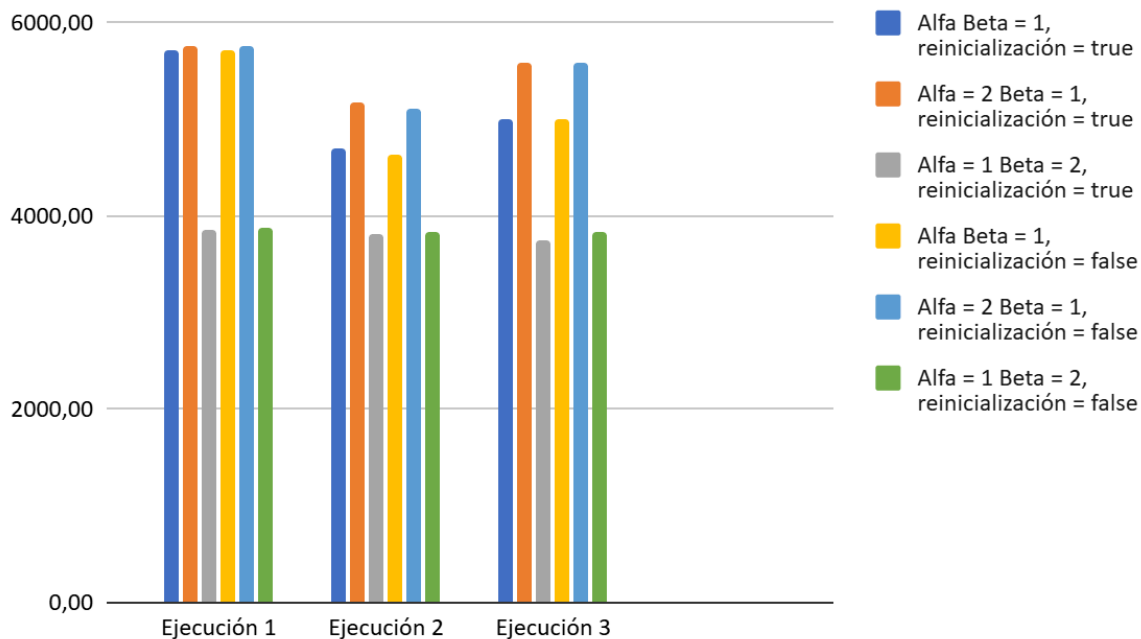
En el archivo CH130 sin embargo ocurre lo contrario, aunque no con mucha diferencia entre ello, debido a que el archivo encuentra soluciones peores debido a la distancia amplia entre ciudades de este archivo, con lo cual la configuración adecuada para este archivo sería  $\alpha = 1$  y  $\beta = 2$ , y con esto podemos concluir que no hay una configuración mejor en general, sino que depende de cada archivo y de la disparidad entre datos.

## 4. Sistema de hormigas Max-Min.

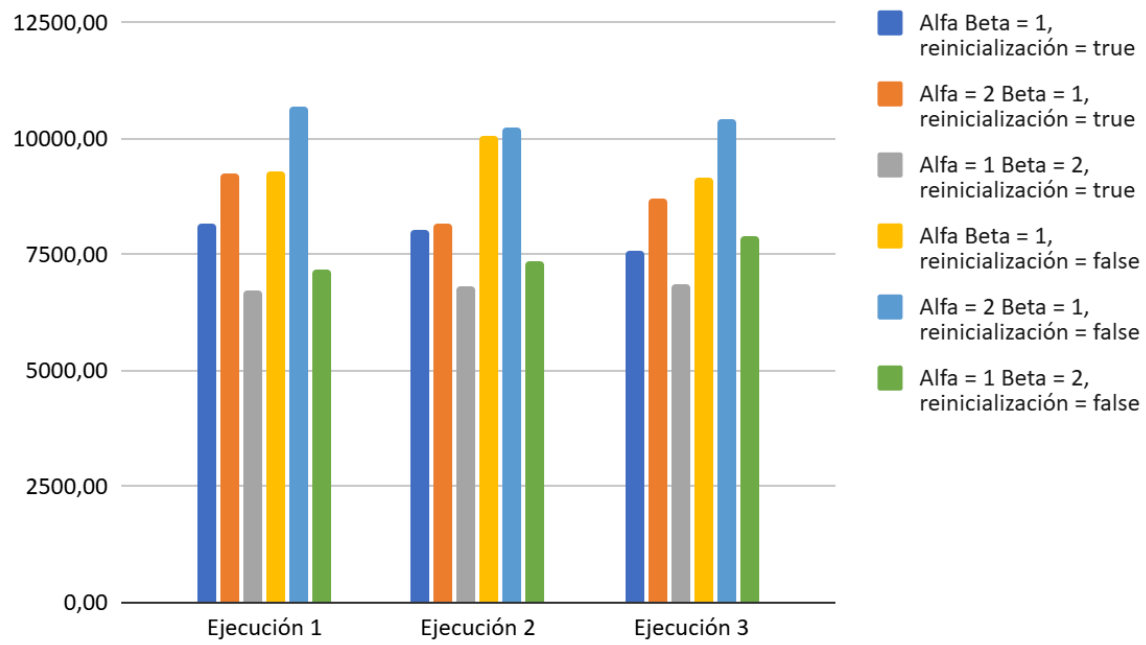
Para el modelo **Max-Min (SHMM)**, se observa que las rutas encontradas tienden a converger **más rápidamente** en comparación con el SCH estándar. Esto se debe a:

1. **Restricciones de feromona:** Al limitar los valores máximos y mínimos, se evita la acumulación excesiva de feromonas en rutas subóptimas, promoviendo una búsqueda más enfocada.
2. **Refuerzo de mejores soluciones:** La feromona se deposita únicamente en las **mejores rutas**, lo que acelera la convergencia hacia caminos más prometedores.

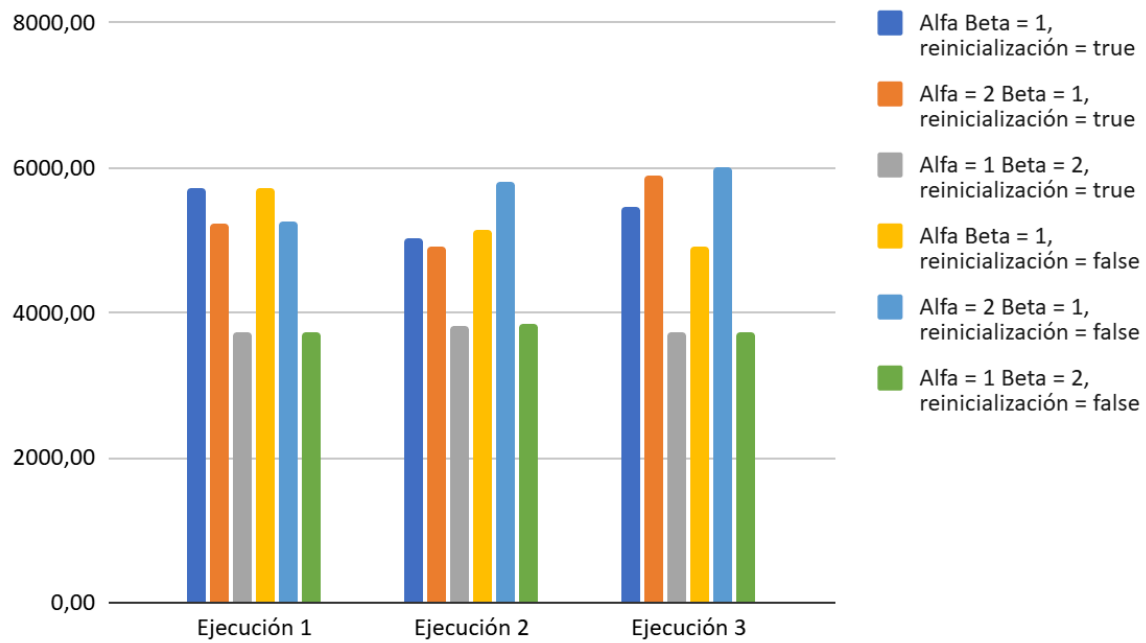
SHMM A280, Suavizado = true



## SHMM CH130, suavizado = true

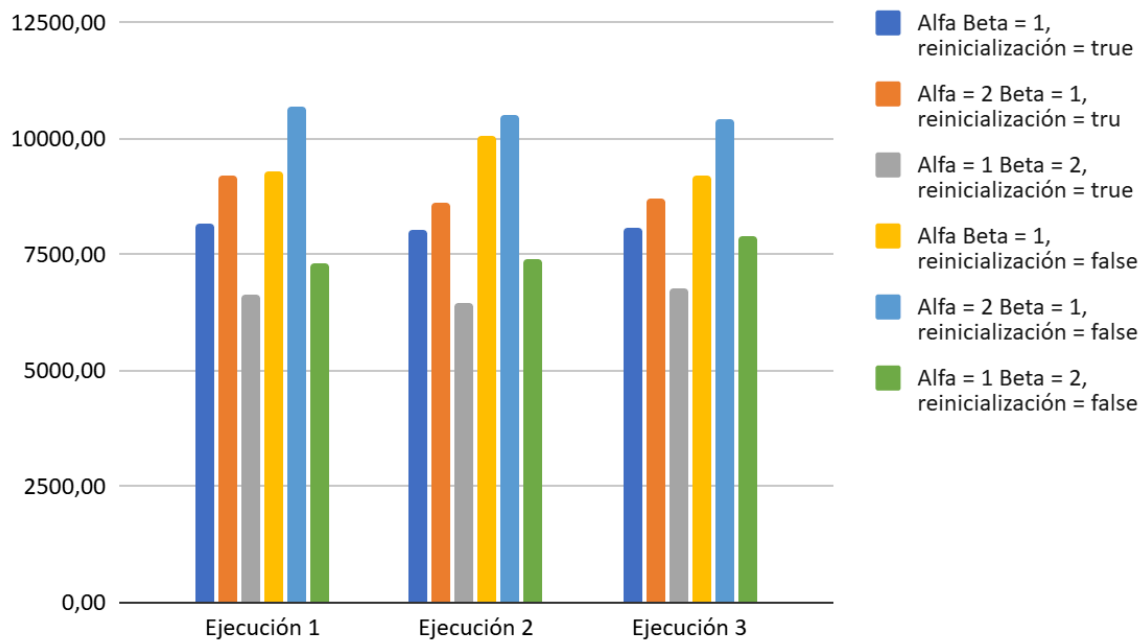


## SHMM A280, suavizado = false





## SHMM CH130, suavizado = false



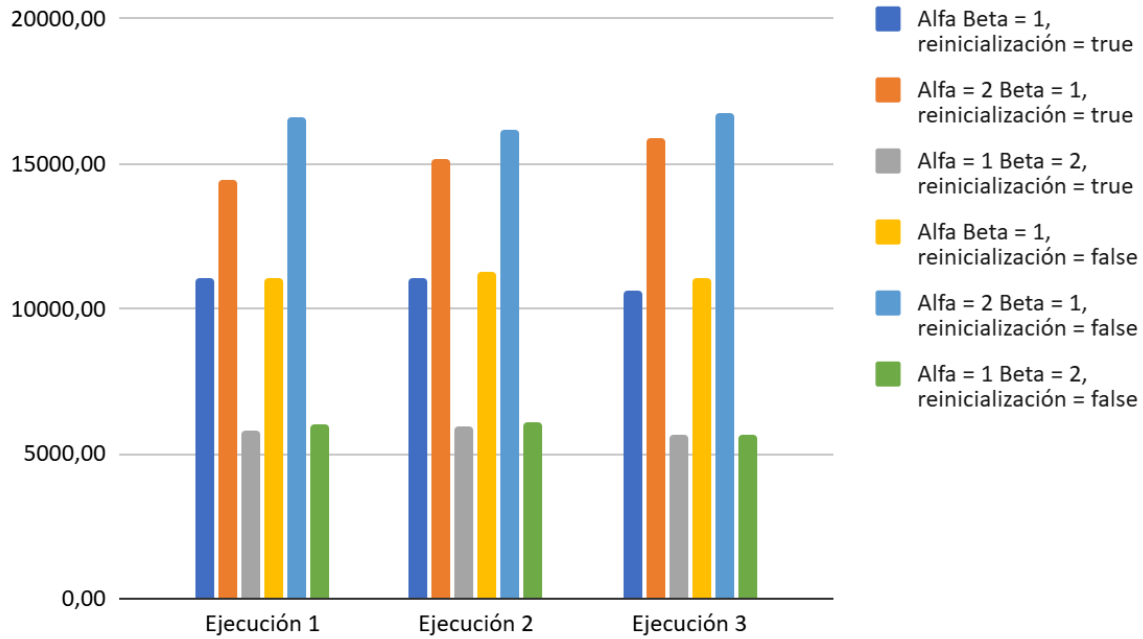
Sin embargo, en archivos como **A280**, donde el espacio de búsqueda es más complejo, esta convergencia rápida puede derivar en soluciones locales, especialmente si el parámetro de evaporación no está ajustado adecuadamente.

## 5. Sistema de hormigas Mejor-Peor.

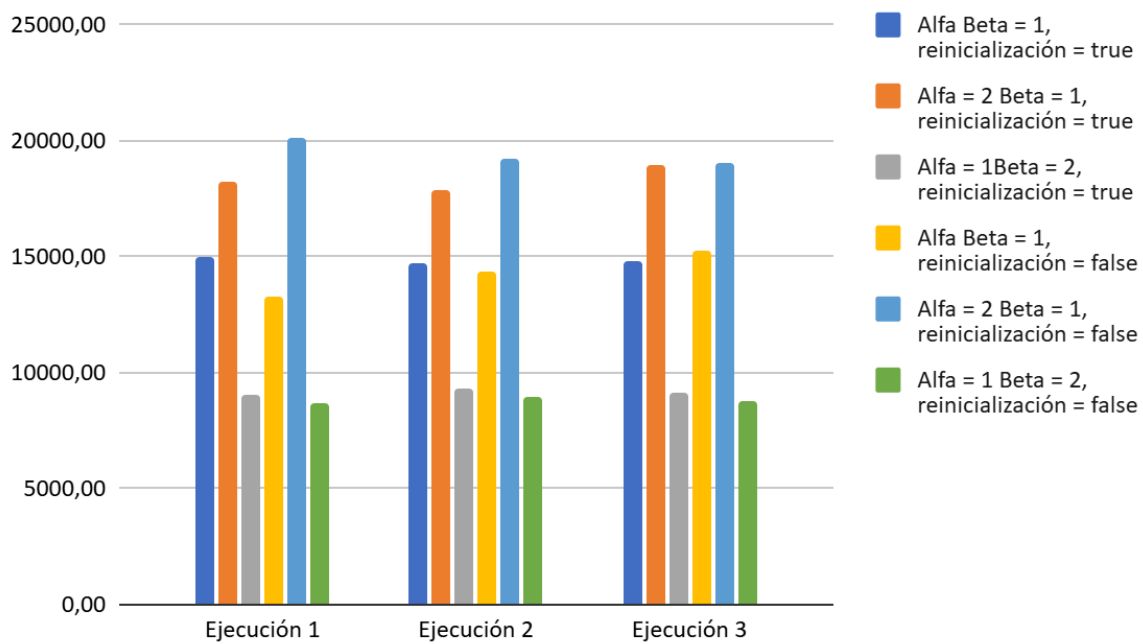
En el **SHMP (Sistema Mejor-Peor)**, los resultados muestran que este enfoque introduce una **presión adicional** que mejora la exploración del espacio de búsqueda:

- **Penalización de peores rutas:** La evaporación intensificada en caminos asociados a soluciones de baja calidad permite **diversificar** la búsqueda, reduciendo la probabilidad de estancamiento en mínimos locales.
- **Refuerzo de la mejor solución:** Similar al Max-Min, las mejores rutas reciben un refuerzo positivo, guiando la búsqueda hacia regiones más prometedoras.

## SHMP A280



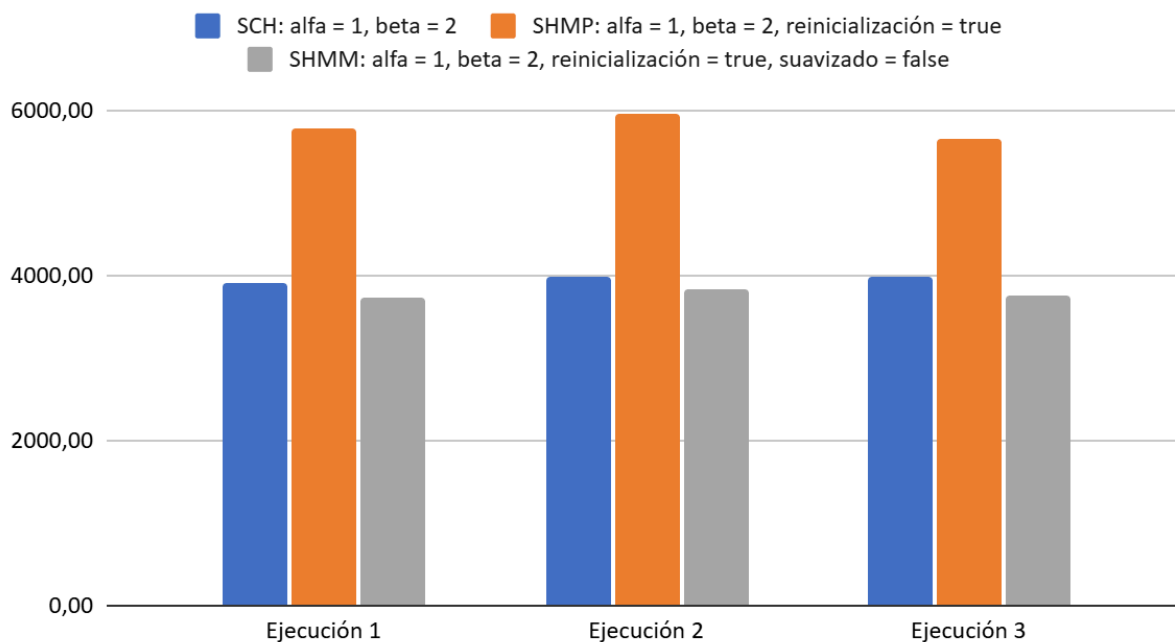
## SHMP CH130



Este comportamiento es especialmente beneficioso en archivos grandes como **A280**, donde se requiere un mayor grado de exploración antes de converger. Los resultados obtenidos son competitivos con los del SCH estándar, aunque la variabilidad entre ejecuciones puede ser ligeramente mayor debido a la penalización dinámica.

## 6 .Conclusión.

### Comparación global



Se compararon tres variantes del algoritmo de colonia de hormigas (**SCH**, **SHMM** y **SHMP**) aplicados al problema del viajante de comercio (TSP) utilizando los archivos de ciudades **A280** y **CH130**. A partir de los resultados y de la gráfica comparativa global de todas las ejecuciones, se pueden extraer las siguientes conclusiones generales:

#### 1. Sistema de Colonia de Hormigas (SCH):

- La configuración con  $\alpha = 2$  y  $\beta = 1$  es **óptima** para el archivo **A280**, donde el equilibrio entre la influencia de feromonas y heurística permite obtener soluciones de buena calidad con estabilidad entre las diferentes ejecuciones.
- Sin embargo, para el archivo **CH130**, esta configuración no se adapta tan bien debido a la mayor disparidad en las distancias entre ciudades, donde  $\alpha = 1$  y  $\beta = 2$  ofrece un mejor rendimiento.
- Esto demuestra que no existe una configuración universal para todos los problemas, ya que su eficacia depende de la naturaleza de los datos.

## 2. Sistema de Hormigas Max-Min (SHMM):

- El modelo SHMM logra una **convergencia más rápida** gracias al refuerzo exclusivo de las mejores soluciones y a las restricciones en los niveles de feromonas. La configuración destacada es la que contiene reinicialización activada y el suavizado desactivado en nuestras ejecuciones
- No obstante, en problemas grandes como **A280**, esta rápida convergencia puede llevar a soluciones subóptimas al reducir la exploración, especialmente si no se ajustan adecuadamente parámetros como la evaporación.

## 3. Sistema de Hormigas Mejor-Peor (SHMP):

- El SHMP introduce una presión adicional sobre la búsqueda al penalizar rutas asociadas a las peores soluciones, permitiendo una exploración más amplia del espacio de búsqueda.
- Este enfoque es **eficaz** para problemas grandes como **A280**, donde la penalización de rutas subóptimas ayuda a evitar mínimos locales y promueve una mejora progresiva hacia el óptimo global. Como se ha podido comprobar, la mejor configuración es la que contiene  $\alpha = 1$ ,  $\beta = 2$ , y reinicialización activada.
- La variabilidad en los resultados es ligeramente mayor debido a la dinámica de penalización y refuerzo.

## 4. Comparativa Global:

- De la **gráfica comparativa global**, se observa que el **SCH** estándar y el **SHMM** son los modelos que obtienen mejores resultados en términos de coste y tiempo, superando por muy poco el SHMM al SCH, siendo el mejor en los resultados globales, con la configuración:  $\alpha = 1$ ,  $\beta = 2$ , reinicialización = true, suavizado = false.
- El **SHMP**, aunque eficiente en convergencia, requiere un ajuste cuidadoso de sus parámetros para evitar un estancamiento prematuro en soluciones locales.

- La **naturaleza del problema** (disparidad de distancias en CH130 o complejidad de A280) influye directamente en el rendimiento de cada modelo.

## 7. Bibliografía.

Fichero de datos de las tablas de ejecuciones para cualquier consulta:

[pr3.xlsx](#)