

# **Programación Evolutiva**

## **Práctica 1**

*Roberto Plaza Hermira*  
*Gorka Silva Ramón*

## Función 1.

Encontrar el máximo de la función:

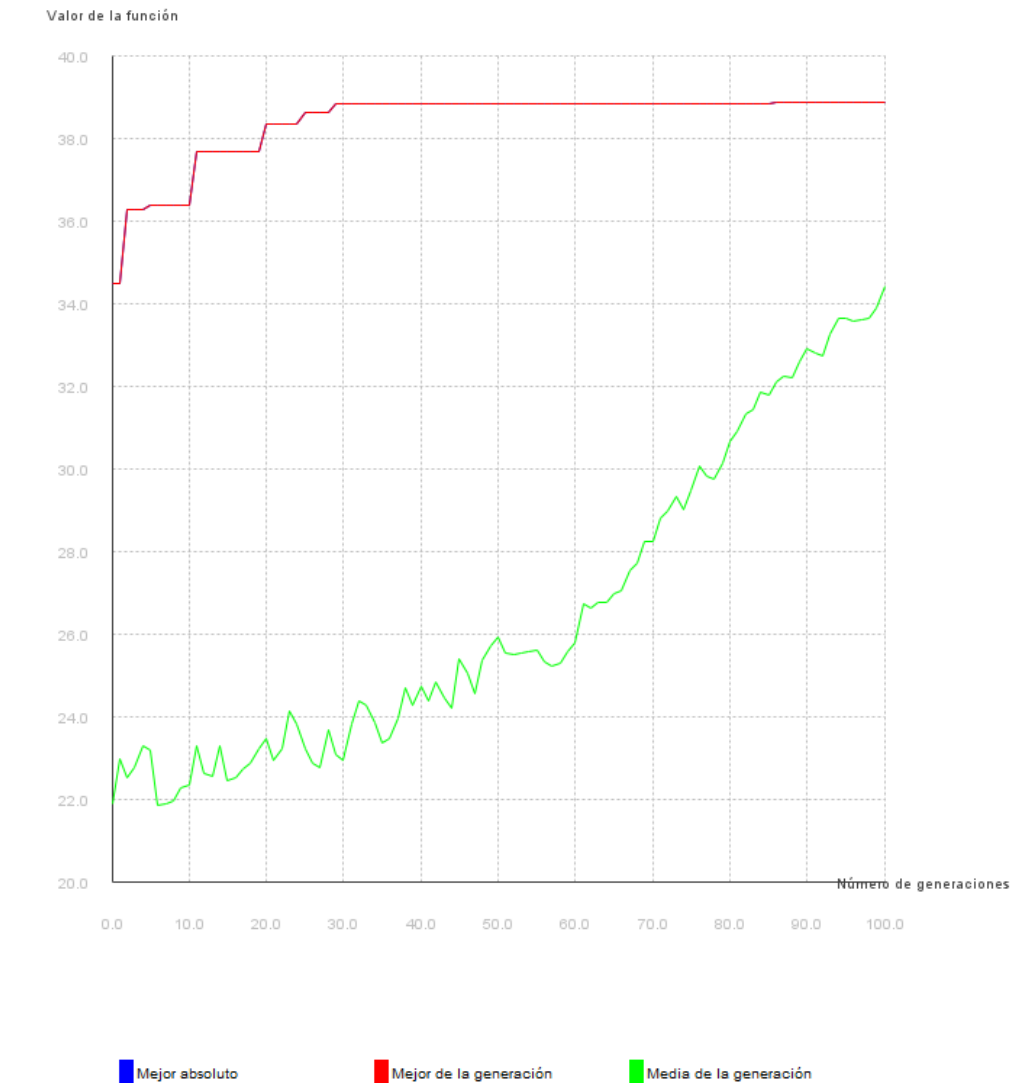
$$f(x_1, x_2) = 21.5 + x_1 \cdot \sin(4\pi x_1) + x_2 \cdot \sin(20\pi x_2) :$$

que presenta un máximo de **38.809** en 11.625 y 5.726  $x_1 \in [-3.0, 12.1]$   $x_2 \in [4.1, 5.8]$

En esta función hemos encontrado el máximo (38.849) con varias funciones. En general muestran resultados muy parecidos. La mejor selección y el mejor cruce son:

- Selección por Torneo Determinístico.
- Cruce Monopunto

Aunque la mejor combinación ha sido Selección Torneo Determinístico con cruce Uniforme que ha dado una media de 38.8478 en varias ejecuciones. Aquí se muestra una gráfica en la que alcanza el máximo.

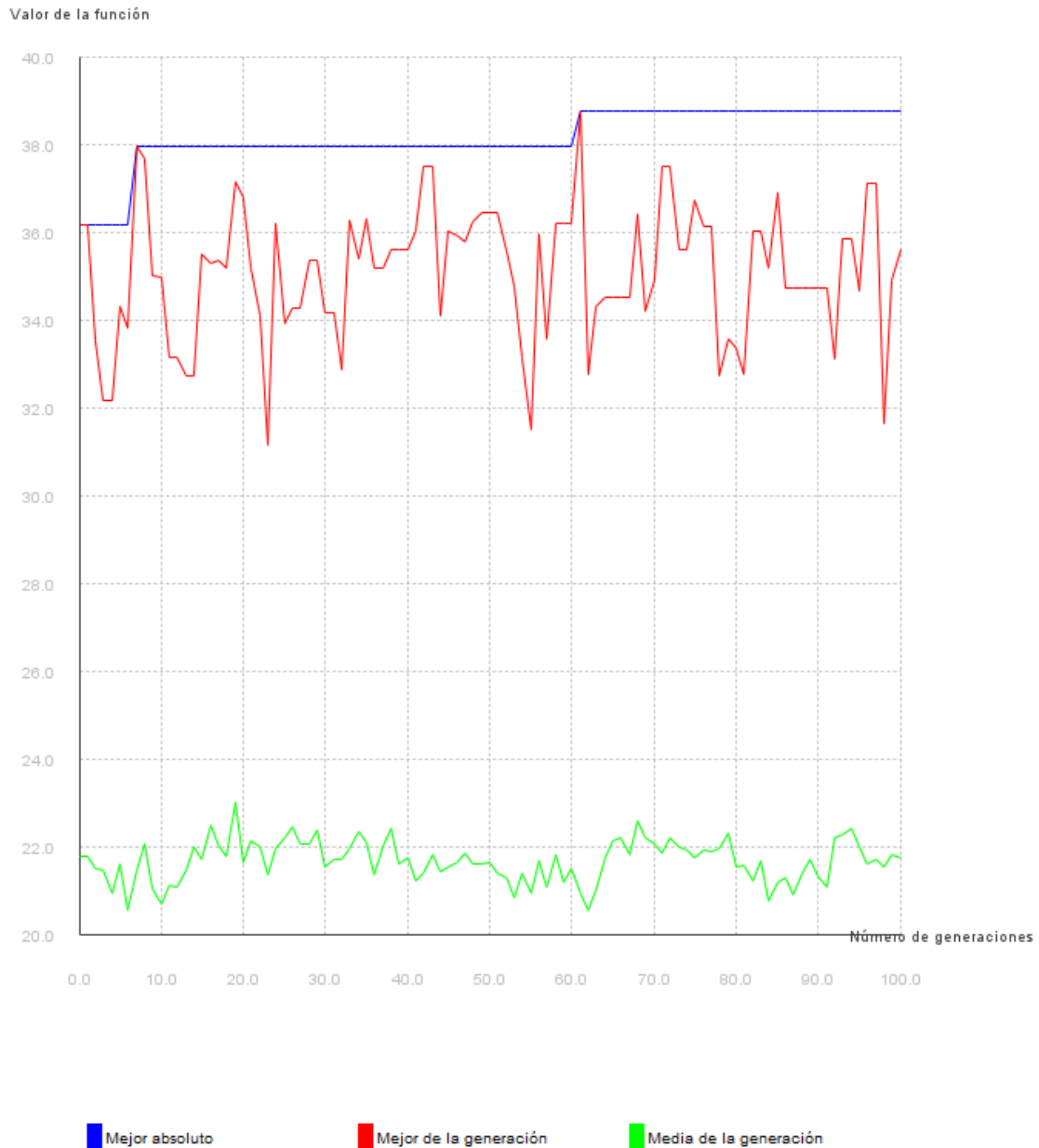


Solución:  $X_0 = 11.626223904285192$ ,  $X_1 = 5.725219941348973$

Valor de la función: 38.84952213298394

Estos datos han sido calculados con un 2% de elitismo. En esta práctica el elitismo funciona de tal manera que mantiene a los individuos elite en el proceso de selección cruce y mutación. Por eso hace que la media de la generación converja rápidamente.

Los resultados obtenidos sin elitismo son significativamente peores para este problema. Tras varias ejecuciones el mejor resultado ha sido 38.7512 conseguido con Selección Torneo Determinístico y Cruce Uniforme.



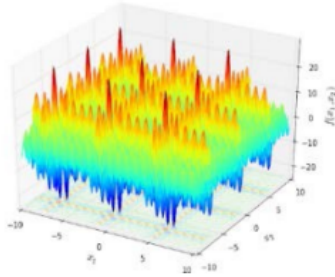
$X_0 = 11.615162983762666$ ,  $X_1 = 5.725219941348973$

Valor de la función: 38.751204624921186

## Función 2.

Encontrar el mínimo de la función:

$$f(x_i, i = 1..2) = \left( \sum_{i=1}^5 i \cdot \cos((i+1)x_1 + i) \right) \left( \sum_{i=1}^5 i \cdot \cos((i+1)x_2 + i) \right)$$

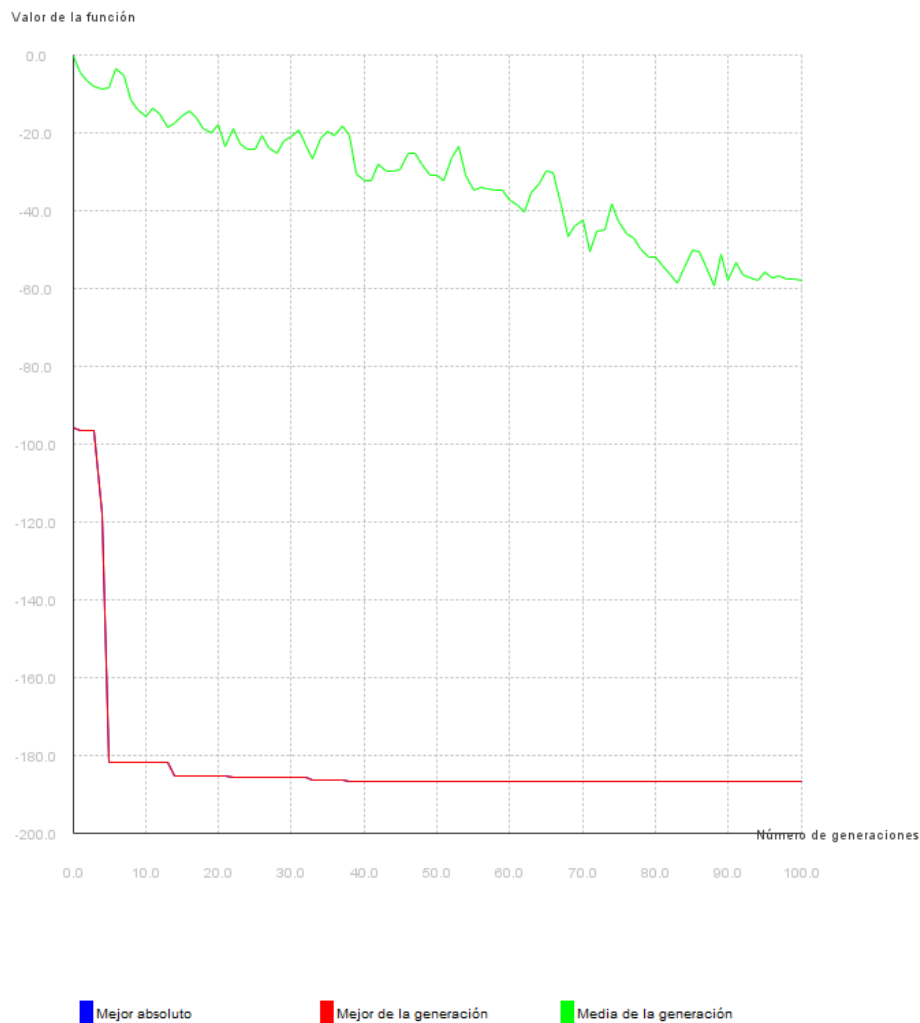


$x_i \in [-10, 10]$  que presenta 18 mínimos de **-186.7309**

En esta función hemos encontrado el mínimo (-186.7308) con varias funciones. Ha habido una diferencia en los resultados obtenidos con diferentes cruces. El Cruce Monopunto ha demostrado ser más eficaz en este problema que el Uniforme

- Media Cruce Monopunto: -186.72585
- Media Cruce Uniforme: -186.60255

Han llegado al mínimo las selecciones Estocástica Universal y Torneo Determinístico junto con el Cruce Monopunto. Gráfica con selección Estocástica Universal:



$X0 = -1.4252578892754677$ ,  $X1 = -7.083562229139963$

Valor de la función: -186.73086288400202

En este problema la falta de elitismo afecta a los resultados mucho más que en los resultados del problema 1. El mejor resultado obtenido ha sido -186.439 con Selección Estocástica Universal y Cruce Monopunto:

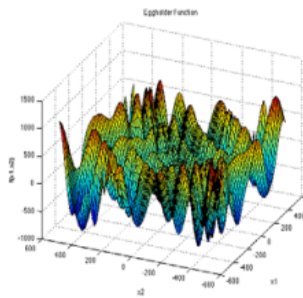


$X0 = 5.485564304461942$ ,  $X1 = -1.414270890557285$

Valor de la función: -186.43925055019176

### Función 3.

Encontrar el mínimo de la función:

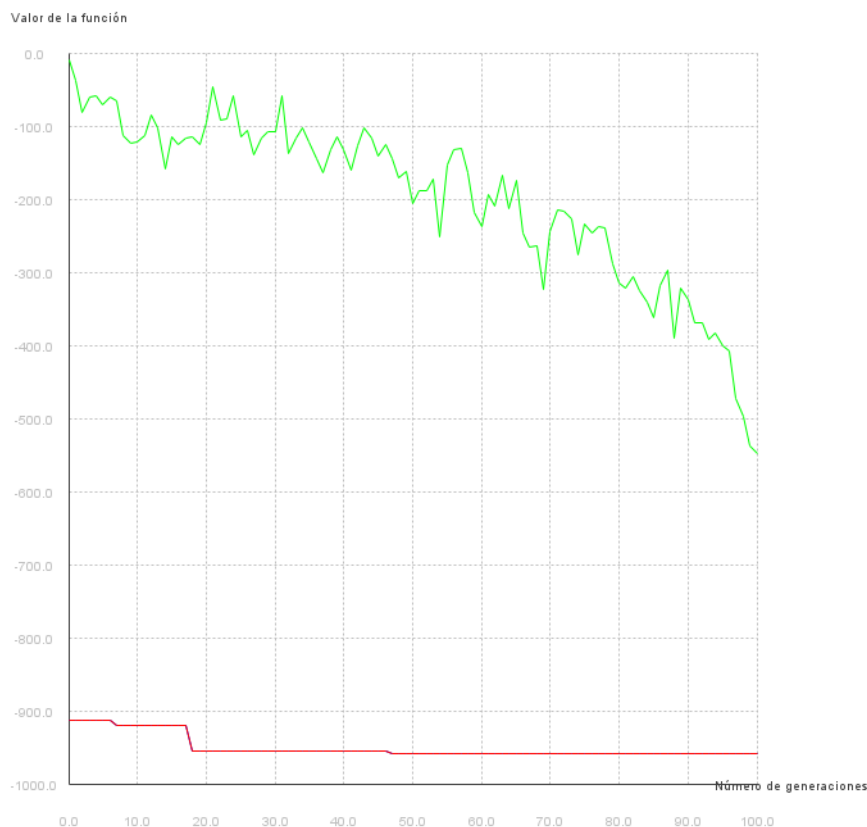


$$f(\mathbf{x}) = -(x_2 + 47) \sin \left( \sqrt{\left| x_2 + \frac{x_1}{2} + 47 \right|} \right) - x_1 \sin \left( \sqrt{\left| x_1 - (x_2 + 47) \right|} \right)$$

que presenta un mínimo de -959.6407 en (512, 404.2319)  $x_1, x_2 \in [-512, 512]$

El mínimo encontrado ha sido -959.577 con la Selección por Truncamiento y el Cruce Uniforme. La mejor selección ha sido la Selección por Truncamiento. En este problema se ha comportado mucho mejor el Cruce Uniforme que el Cruce Monopunto.

- Media Cruce Monopunto: -935.4645
- Media Cruce Uniforme: -949.5231

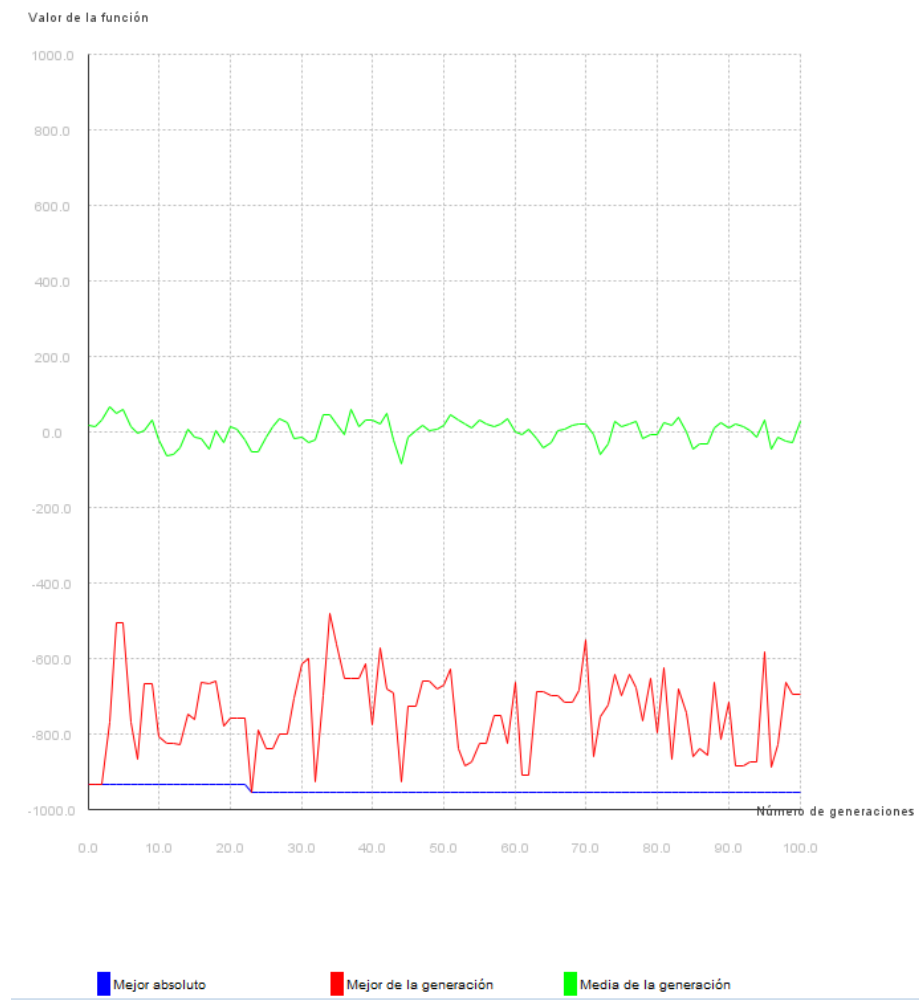


■ Mejor absoluto      ■ Mejor de la generación      ■ Media de la generación

X0 = 512.0, X1 = 403.9958877485042

Valor de la función: -959.5774905032591

El pequeño porcentaje de elitismo ha conseguido resultados mucho mejores, como pasaba en el problema 2. Aun así se ha podido llegar a un buen resultado con Selección por Truncamiento y el Cruce Uniforme.

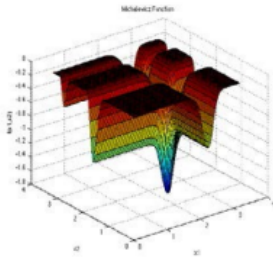


$X_0 = 510.9238260723612$ ,  $X_1 = 402.4822129863986$

Valor de la función: -955.1107264509658

## Función 4 con representación binaria.

Encontrar el mínimo de la función:



$$f(x_i|i = 1..n) = - \sum_{i=1}^n \sin(x_i) \sin^{20} \left( \frac{(i+1)x_i^2}{\pi} \right) : x_i \in [0, \pi]$$

$x_i \in [0, \pi]$  que presenta los siguientes mínimos en función de  $n$ :

$n$	1	2	3	4	5	6	7
Mínimo	-1	-1.959091	-2.897553	-3.886358	-4.886358	-5.879585	-6.862457

Cuanto mayor era la  $n$ , peores han sido los resultados obtenidos en general. Hemos calculado las medias en la  $n=7$  para determinar cuál era el mejor tipo de selección y el mejor cruce en este problema. La mejor selección ha sido Selección por Torneo Determinístico y el mejor cruce ha sido Cruce Monopunto, donde las medias en  $n=7$  con diferentes selecciones, han sido:

- Media Cruce Monopunto: -6.287
- Media Cruce Uniforme: -6.147

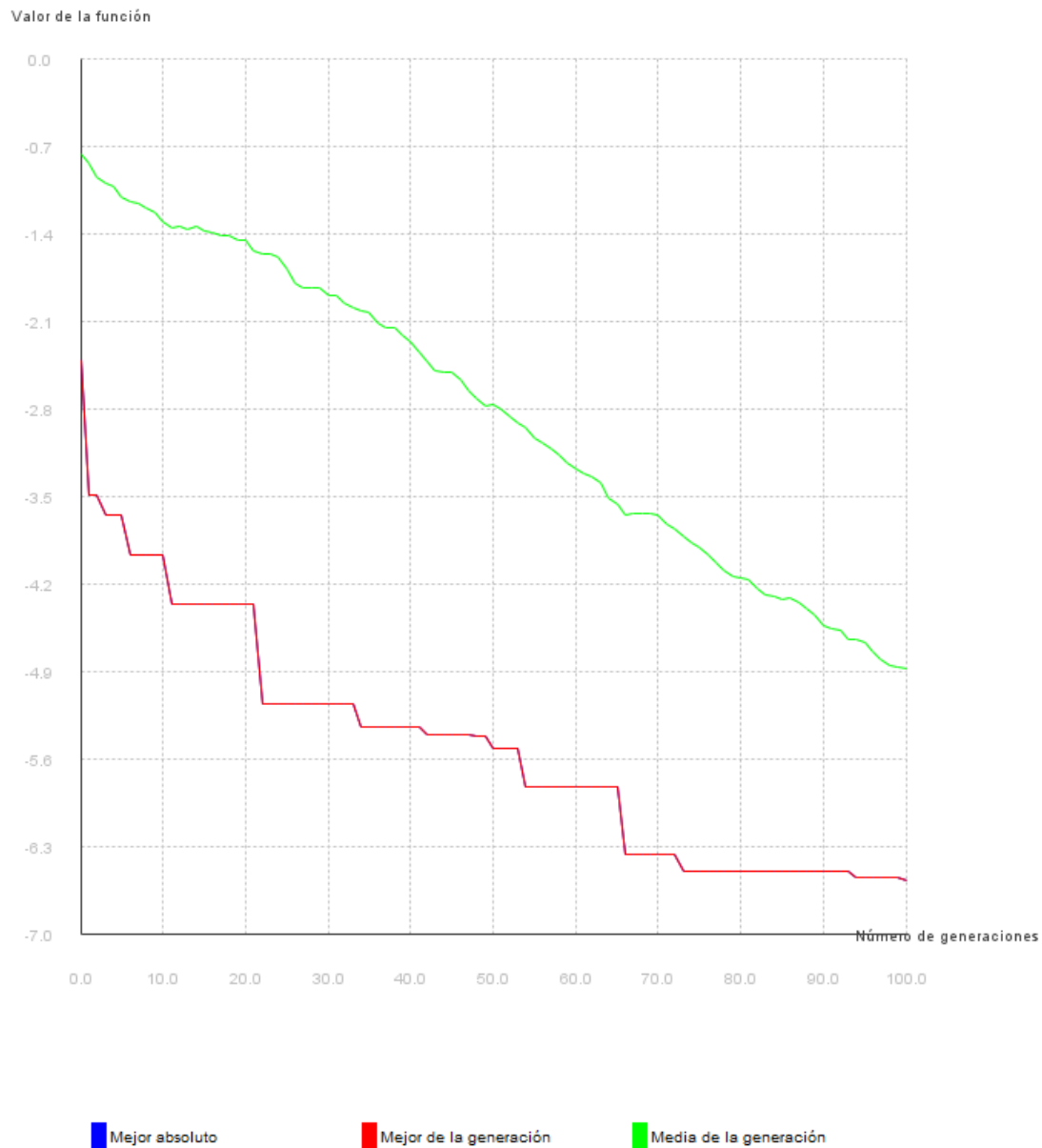
La diferencias entre cruces han sido mínimas y también ha sido difícil distinguir la mejor selección ya que los resultados dependían en parte por la suerte.

El mejor resultado en  $n=7$  se ha conseguido con Cruce Uniforme y Selección por Torneo Determinístico.

$n$	1	2	3	4	5	6	7
Mínimos	-0.9999	-1.95905	-2.89688	-3.8546	-4.8604	-5.7032	-6.5763

*Mínimos son los mejores valores obtenidos después de ejecutar varias veces y con varios tipos de selección y cruce los algoritmos con diferente  $n$ .*





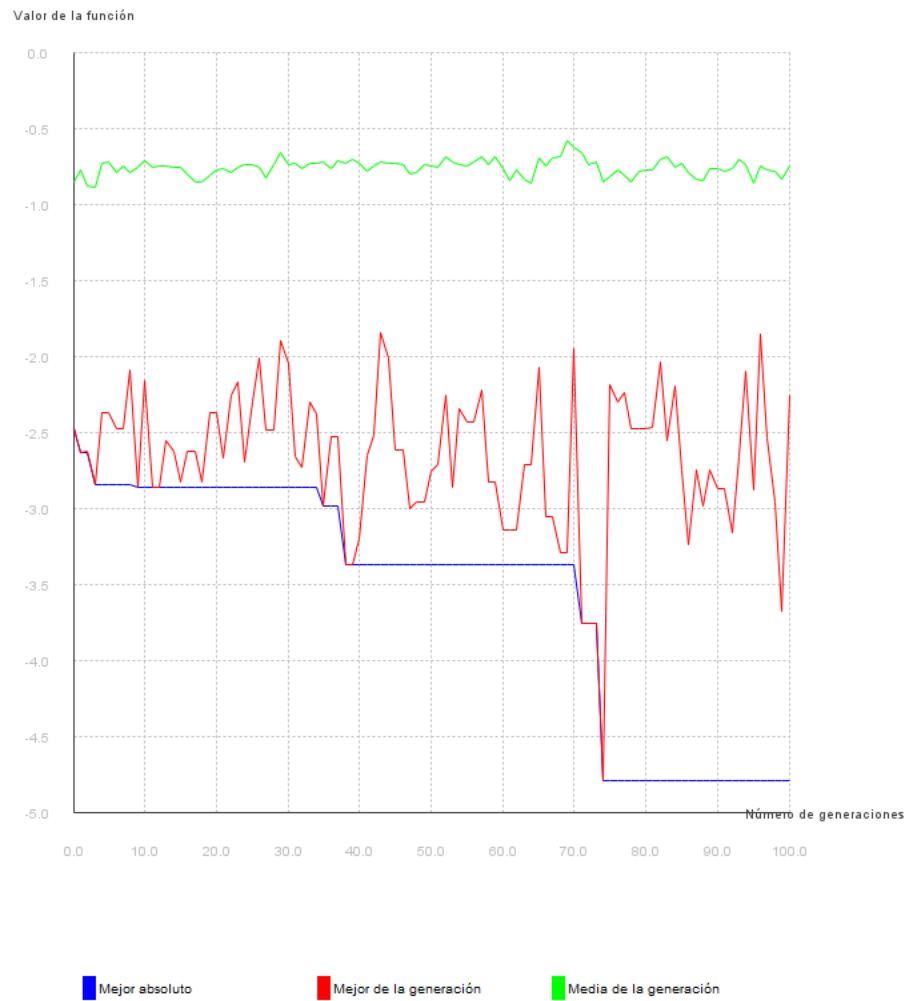
$X0 = 1.5715636918788218$ ,  $X1 = 1.2983817220014484$ ,  $X2 = 1.9230169003165662$ ,  
 $X3 = 1.0236650219562247$ ,  $X4 = 1.5777026125502234$ ,  $X5 = 1.4625978499614425$ ,  
 $X6 = 1.75112712151732$

Valor de la función: -6.576365222941088

Se puede observar en este problema que el algoritmo necesita más generaciones para llegar a un nivel alto de rendimiento. Esto no ocurría en los problemas anteriores donde lo normal era encontrar una solución bastante buena en las primeras generaciones y luego mejorar muy poco a poco.

En este problema es donde más se ha demostrado la importancia del elitismo. Sin elitismo los resultados conseguidos con  $n > 4$  son bastante mediocres. Aquí mostramos

una gráfica del mejor resultado con  $n=7$  conseguido sin elitismo. Esto demuestra que depende en gran medida de la suerte.

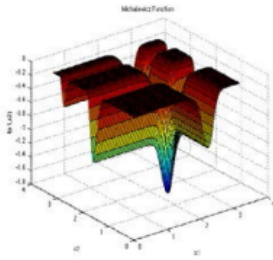


$X_0 = 1.5592858505360185$ ,  $X_1 = 1.0865889588380917$ ,  $X_2 = 0.5386902889154946$ ,  
 $X_3 = 1.7188977879924614$ ,  $X_4 = 1.5899804538930267$ ,  $X_5 = 1.4718062309685451$ ,  
 $X_6 = 1.7495923913494695$

Valor de la función: -4.795991564146021

## Función 4 con representación real.

Encontrar el mínimo de la función:



$$f(x_i|i = 1..n) = - \sum_{i=1}^n \sin(x_i) \sin^{20} \left( \frac{(i+1)x_i^2}{\pi} \right) : x_i \in [0, \pi]$$

$x_i \in [0, \pi]$  que presenta los siguientes mínimos en función de  $n$ :

$n$	1	2	3	4	5	6	7
Mínimo	-1	-1.959091	-2.897553	-3.886358	-4.886358	-5.879585	-6.862457

En este problema hemos conseguido los peores resultados. En comportamiento general se parece al problema 4 con representación binaria, pero los resultados han sido peores. La mejor selección ha sido Selección por Truncamiento, con unas medias con  $n = 7$  (los peores resultados) de:

- Media Selección Estocástica Universal: -5.063
- Media Selección por Restos: -4.983
- Media Selección por Ruleta: -5.139
- Media Selección por Torneo Determinístico: -4.912
- Media Selección por Torneo Probabilístico: -4.863
- Media Selección por Truncamiento: -5.395

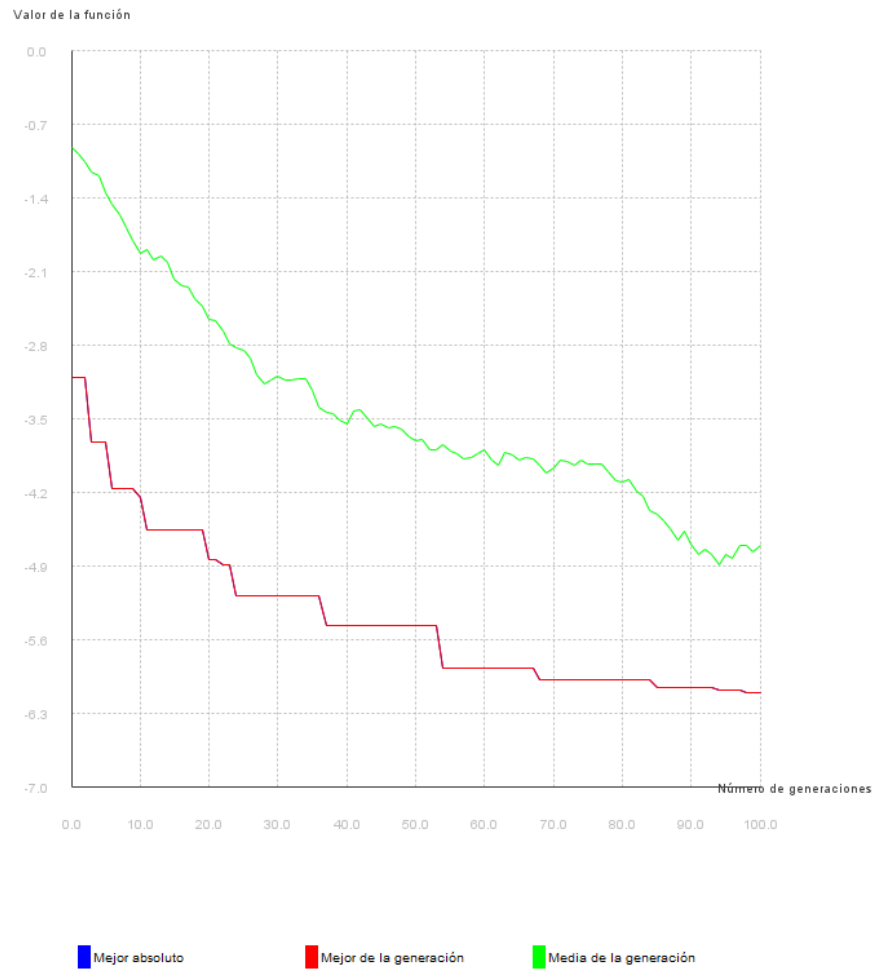
El mejor cruce, con diferencia en este caso, ha sido Cruce Discreto Uniforme. Las medias con  $n = 7$  han sido:

- Media Cruce Monopunto: -4.378
- Media Cruce Discreto Uniforme: -5.650
- Media Cruce Aritmético: -5.150
- Media Cruce BLX: -4.156

El mejor resultado en  $n=7$  se ha conseguido con Cruce Discreto Uniforme y Selección Estocástica, aunque en general haya conseguido mejores resultados las Selección por Truncamiento.

$n$	1	2	3	4	5	6	7
Mínimos	-0.9999	-1.95900	-2.8950	-3.8704	-4.7508	-5.6112	-6.1072

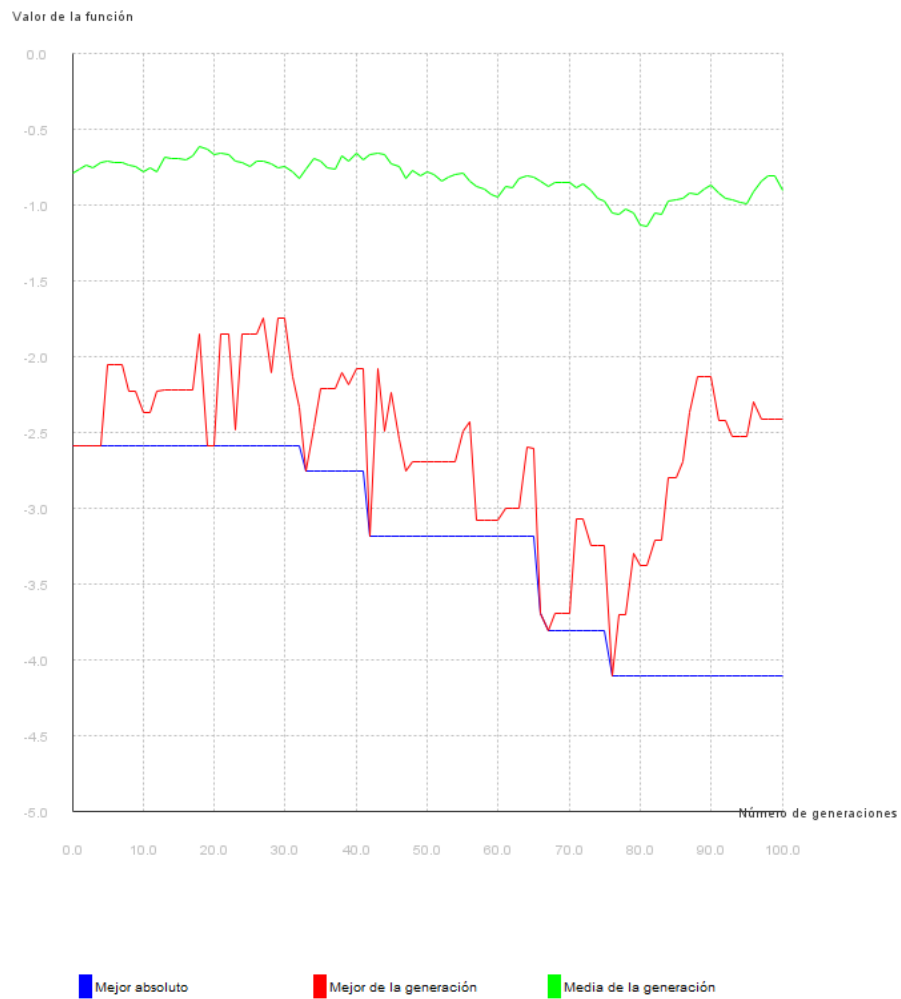
*Mínimos son los mejores valores obtenidos después de ejecutar varias veces y con varios tipos de selección y cruce los algoritmos con diferente  $n$ .*



$X_0 = 1.572896686513999$ ,  $X_1 = 1.3044892953530944$ ,  $X_2 = 1.1147361079516322$ ,  $X_3 = 0.9958208857925375$ ,  $X_4 = 0.9175974596819022$ ,  $X_5 = 1.446353841781929$ ,  $X_6 = 0.7742002574180024$

Valor de la función: -6.107216808033903

Este problema también obtiene resultados mediocres si no se incluye el elitismo, sobre todo para  $n > 4$ . El mejor resultado en  $n=7$  ha sido -4.113 que difiere mucho de -6.1072 que es el resultado obtenido con un 2% de elitismo.



$X_0 = 2.7092301876518237$ ,  $X_1 = 0.06321245687282266$ ,  $X_2 = 2.4790922260444312$ ,  
 $X_3 = 0.9505355666375215$ ,  $X_4 = 1.5463219706086302$ ,  $X_5 = 2.2119137719759125$ ,  
 $X_6 = 1.3447420148820097$

Valor de la función: -4.113552274614283

## **Reparto de tareas.**

Roberto se ha encargado de crear:

- Los diferentes Individuos.
- Las funciones de Selección, Cruce y Mutación.
- Algunas funciones de la clase AlgoritmoGenetico.

Gorka se ha centrado en:

- Hacer la GUI.
- Crear la estructura general del programa.
- Hacer la parte general de la clase AlgoritmoGenetico.
- Creación de funciones necesarias en diversas partes del programa.