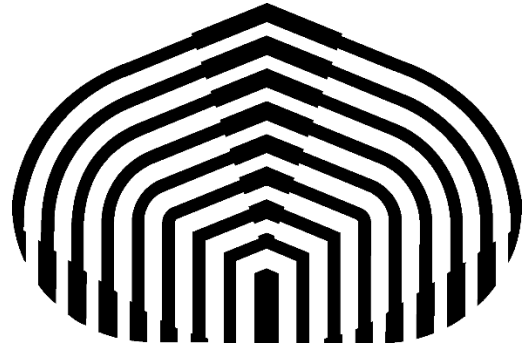


Universidad Simón Bolívar

EC5723 – Algoritmos Genéticos

Profesor: José Cappelletto



## **Planificación Celular utilizando AG**

Luis Muñoz 11-10681

Daniel Neri 11-10691

Caracas, 31 de marzo de 2017

## **Descripción del problema**

Este proyecto consistió en dimensionar un sistema celular de acuerdo con las características de un mapa genérico proporcionado por el usuario, para que, por medio de algoritmos genéticos, sea posible poder proveer la solución para obtener la mayor cobertura posible en dicha región, con distintos tipos de antenas, las cuales pueden variar según ciertas características, minimizando los costos del sistema.

## **Tipo de codificación**

Para la apropiada representación de este problema en código y poder lograr su resolución se utilizó codificación simbólica binaria ya que su estructura se representó como un árbol de decisiones en donde se toman acciones de acuerdo al tipo de antena, si está presente o no, radio de cobertura, entre otras variantes. En conjunto con codificación gray para la zona de coordenadas X,Y para evitar saltos muy grandes.

## **Función de Fitness**

$$Fitness = \frac{100}{1 + Penalizacion_{Total}}$$

Ésta es la ecuación utilizada para el cálculo del fitness o el valor óptimo de la solución final, en función de la penalización total, la cual se representa de la siguiente manera:

$$Penalizacion_{Total} = \frac{AreaTotal}{1 + AreaCubierta} + Penalizacion_{FueraP} + \frac{Antenas_usadas}{1 + N^{\circ}max\_antenas} + \frac{Costo}{1 + Presupuesto}$$

En donde el área total va a ser el área menor entre, el área que proporciona el mapa (polígono) recibido como parámetro por el usuario, y el área máxima que puede cubrir el sistema, esto en caso de que el número de antenas no pueda cubrir el área del polígono, el área cubierta va a ser el área real de cobertura por la suma de las áreas de las antenas utilizadas en la solución final.

La penalización fuera del polígono, se refiere a que, si una de las antenas llega a estar fuera del perímetro, se proceder a calcular la distancia mínima hasta el mapa y esa será la penalización para dicho punto. La razón de esto es que no se quiere eliminar por completo esa solución porque se necesita que el algoritmo pueda atacar el espacio de búsqueda tanto por dentro como por fuera.

El número máximo de antenas es un valor fijo para el algoritmo (32 antenas) y las antenas usadas serán la cantidad de antenas que dará el algoritmo.

El presupuesto también es fijo, el cual variara según sea el tamaño del mapa, es decir, mientras más grande sea el área a cubrir, mayor será el presupuesto. El costo va a depender de cual antena (entre las cuatro posibles) sea la que se va a utilizar.

Es decir, si la solución final contiene dichas prohibiciones, habrá penalizaciones.

## **Mutación**

Para efectos del análisis y resolución de este ejercicio, se realizaron las corridas con mutación variable ya que tasas de mutación muy pequeñas pueden implicar que el algoritmo genético se quede estancado en mínimo local, mientras que tasas de mutación muy elevadas implican añadirle mucho ruido a la solución final y ésta puede que nunca converja.

Este inciso será explicado más adelante con ayuda de gráficas.

## **Cromosoma**

La longitud de la cadena o del cromosoma es  $[N_{max}/8 + N_{max}*2 + N_{max}/4]$ , es decir, va a depender directamente del número máximo de antenas que se desee utilizar, para este caso el número máximo de antenas utilizadas es de 32.

El termino anterior se debe a que los primeros 4 bytes (0-3) van a estar dedicados a la presencia o no presencia (1's y 0's) de las antenas, razón por la cual el termino  $N_{max}/8$ . Los siguientes bytes (4-67) van a ser para las coordenadas de cada antena, un byte para la coordenada X y otro para la coordenada Y, es decir, dos bytes para cada posición de cada antena, a esto se debe el termino  $N_{max}*2$ . Los siguientes bytes (68-75) van a ser para la potencia de las antenas, donde se dedicarán dos bits de cada byte para cada potencia, las cuales son 12dBm, 15dBm, 18dBm y 21dBm, a esto se debe el termino  $N_{max}/4$ . En conclusión, la longitud del cromosoma será de 76 bytes.

Vale acotar que, para su correcta decodificación y representación de las distintas combinaciones de posibles antenas, se realizó de la siguiente manera:

$$(i*2) / 8 + N_{max}*2 + N_{max}/8] \& (mask << (i*2\%8))) >> (i*2\%8)$$

Donde el contador "i" se refiere a los primeros 32 bits que corresponden a las 32 antenas, es decir, i se moverá de 0 a  $N_{max}-1$ , en este caso 31. Luego vendrán los bits correspondientes a las posiciones y por último los bits de las potencias (la cual nos dirá qué tipo de antena se utilizará) y como se explicó anteriormente son 2 bits para cada potencia y 4 tipos de potencias, por eso nos movemos con  $(i*2/8)$ , es decir, con ese término estaremos sabiendo al byte que tenemos que ir y se le suma  $(N_{max}*2 + N_{max}/8)$  para poder llegar del inicio del cromosoma hasta ese byte deseado que es donde se encuentran los bytes de las potencias.

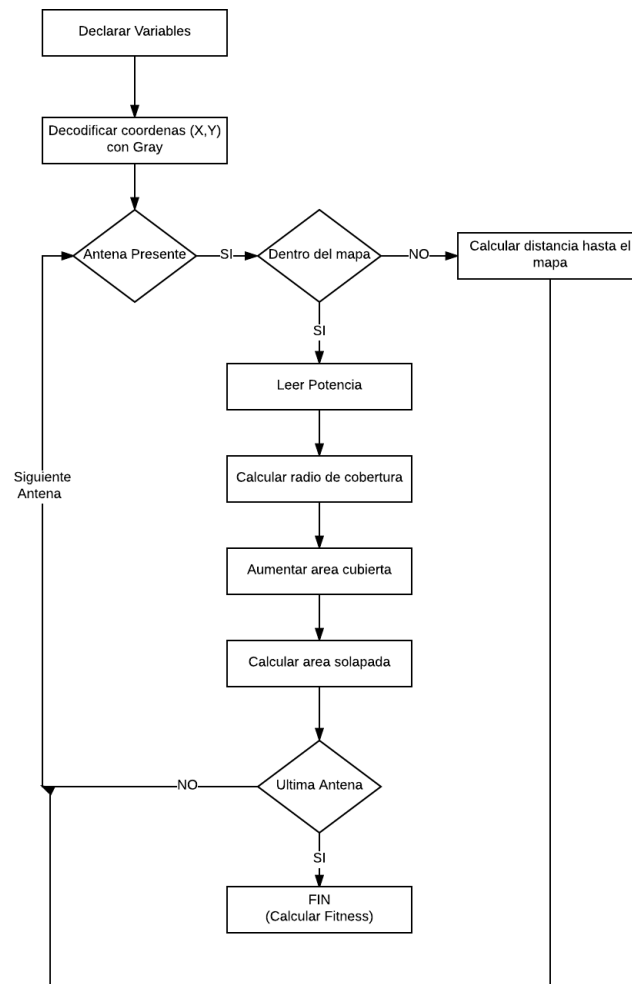
Para entender mejor esto, se explicará con el siguiente ejemplo: Se tiene  $i=10$  que corresponderá a la antena número 11, se multiplica por dos, que nos da 20. Luego se hace la división entera entre 8, dando como resultado 2. Eso nos está diciendo que necesitamos llegar al tercer byte correspondiente a las potencias, y para poder desplazarnos hasta allá, se le suma los dos términos restantes calculados arriba  $(N_{max}*2 + N_{max}/8)$ .

Y luego el posterior AND con la máscara para que nos pueda dar un resultado valido.

## Técnica de selección

Para la resolución de este proyecto, se escogió Elitismo como técnica de selección, ya que como el número de posibles combinaciones al haber utilizado el cromosoma del tamaño que se explicó en el inciso anterior, se hace muy grande, y el espacio de búsqueda también, razón por la cual se necesitaba que de algún modo la población inicial de nuestro algoritmo pueda contener algunos individuos óptimos. También ya que se utiliza una tasa de mutación variable es vital tener elitismo ya que si la mutación aumenta considerablemente puede eliminar al mejor dando como resultado un cromosoma errado.

## Código



## Casos de prueba

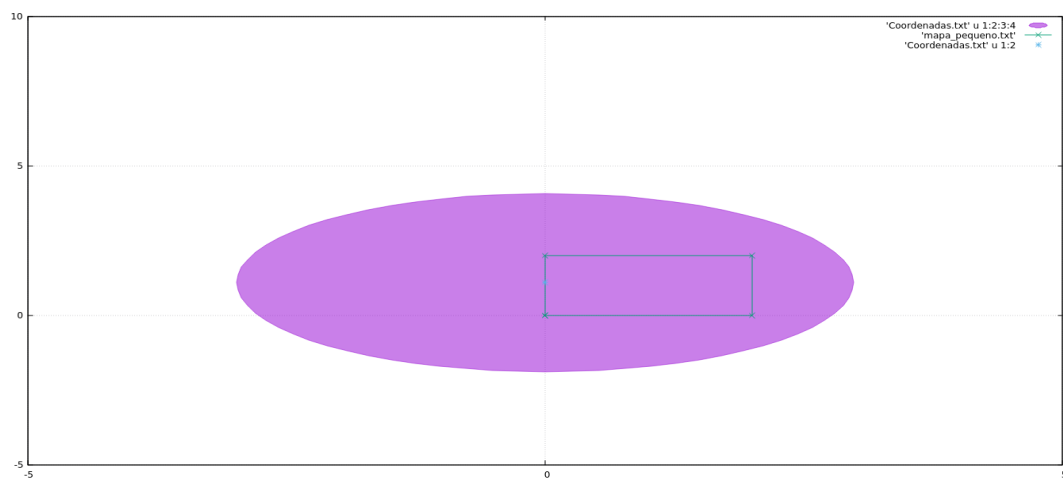
En todos los casos se utilizó tasa de mutación variable hasta máximo 20%, con elitismo, se utilizaron diferentes presupuestos dependiendo del tamaño del mapa.

Se probó el código en 4 casos:

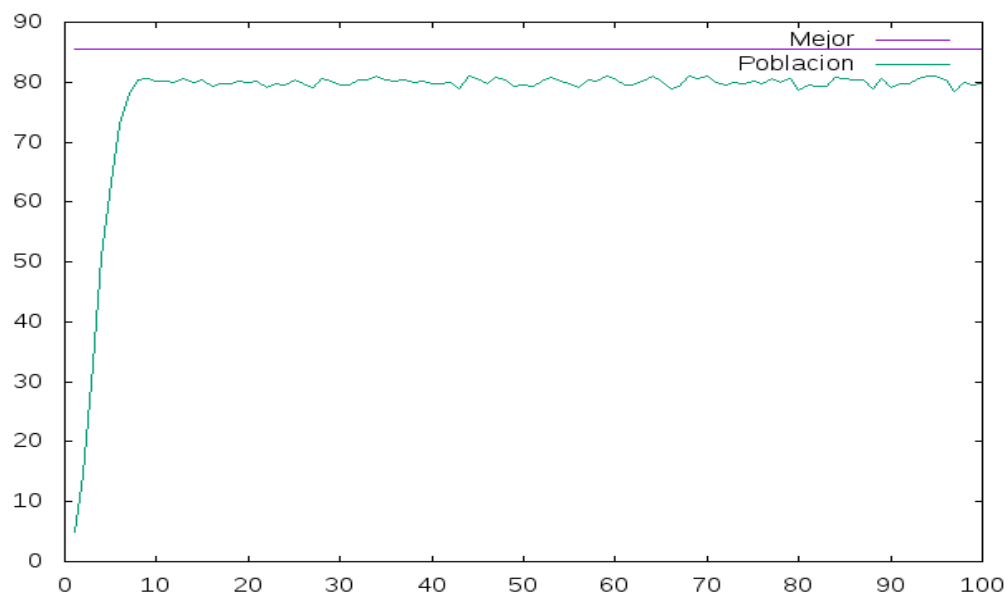
**Caso 1:** mapa pequeño, 100 generaciones, 100 individuos, presupuesto 500\$.

Mejor cromosoma:

Px:	Py:	Diámetro Mayor:	Diámetro menor	Tipo de antena:	N_antenas:	costo:
0	0	5.96	5.96	21	1	500



- En este caso podemos observar que con una sola antena se cubre la demanda.

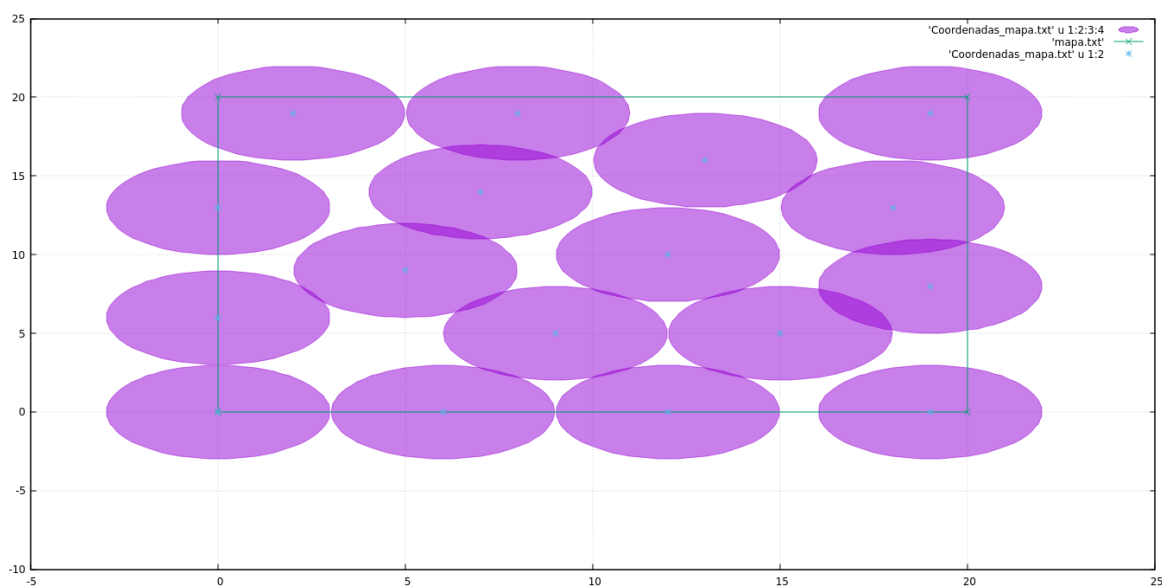


- Se puede observar como aumenta la mutación debido a la caída del fitness de la población en búsqueda de una mejor solución.

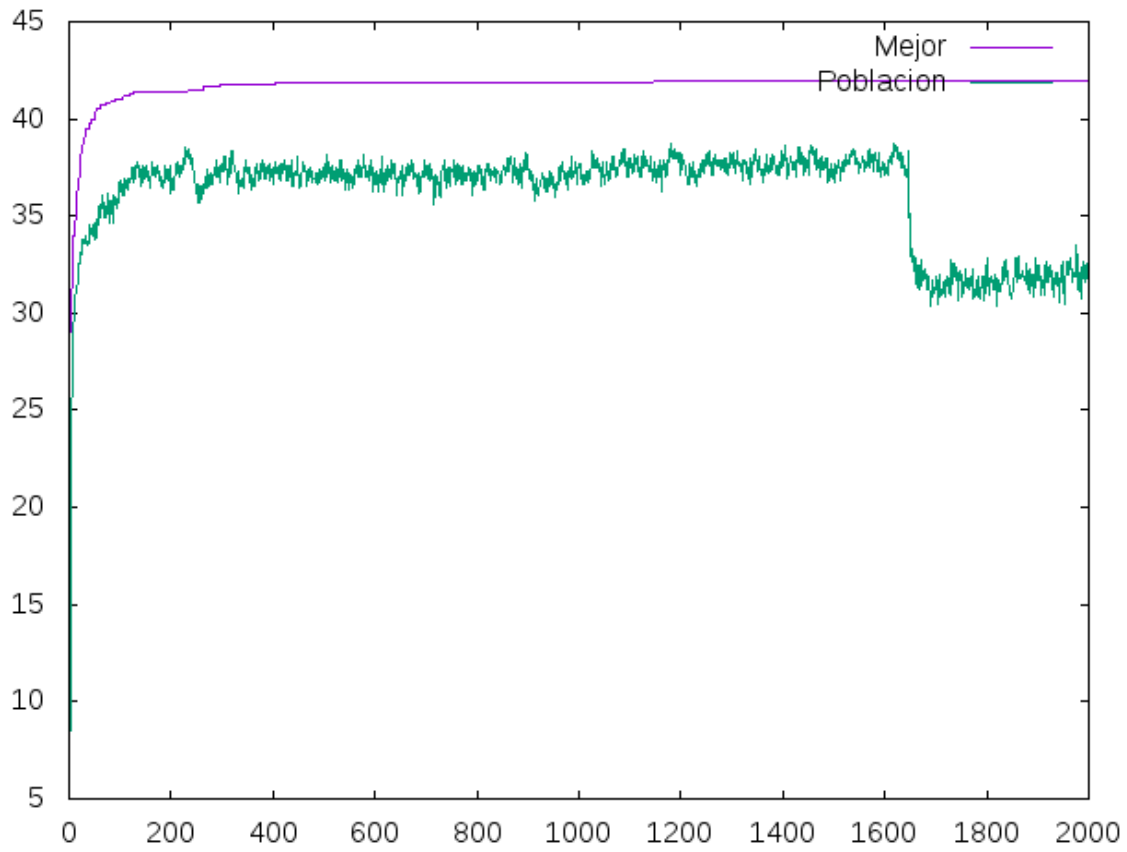
**Caso 2:** mapa grande y sencillo, 2000 generaciones, 1000 individuos, presupuesto 10000\$.

Mejor cromosoma

Px:	Py:	Diámetro Mayor:	Diámetro menor	Tipo de antena:	N_antenas:	costo:
6	11	5.96	5.96	21	1	500
0	12	5.96	5.96	21	2	1000
19	18	5.96	5.96	21	3	1500
12	0	5.96	5.96	21	4	2000
6	0	5.96	5.96	21	5	2500
7	5	5.96	5.96	21	6	3000
0	19	5.96	5.96	21	7	3500
13	19	5.96	5.96	21	8	4000
12	13	5.96	5.96	21	9	4500
18	12	5.96	5.96	21	10	5000
19	0	5.96	5.96	21	11	5500
0	0	5.96	5.96	21	12	6000
19	6	5.96	5.96	21	13	6500
6	17	5.96	5.96	21	14	7000
13	7	5.96	5.96	21	15	7500
0	6	5.96	5.96	21	16	8000



- En este caso se puede apreciar que no cubre completamente la zona deseada, sin embargo, cubre gran parte de ella, se puede observar en la tabla del mejor cromosoma que el área cubierta es casi igual al área total, esto se debe a que no se tomó en cuenta el área de cobertura que queda fuera del polígono, y se toma como área cubierta cuando en verdad no lo es, alterando el fitness.

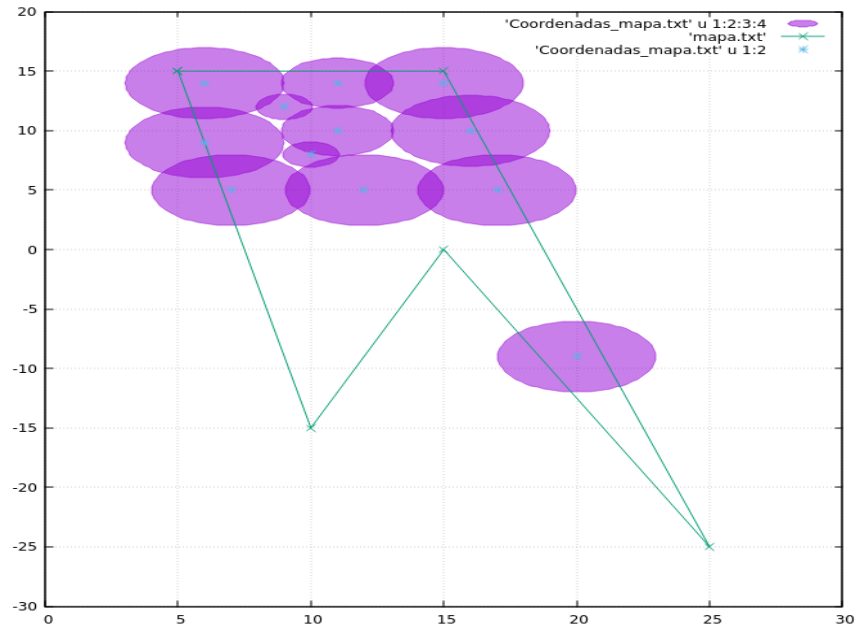


- Se puede observar como aumenta la mutación debido a la caída del fitness de la población en búsqueda de una mejor solución.

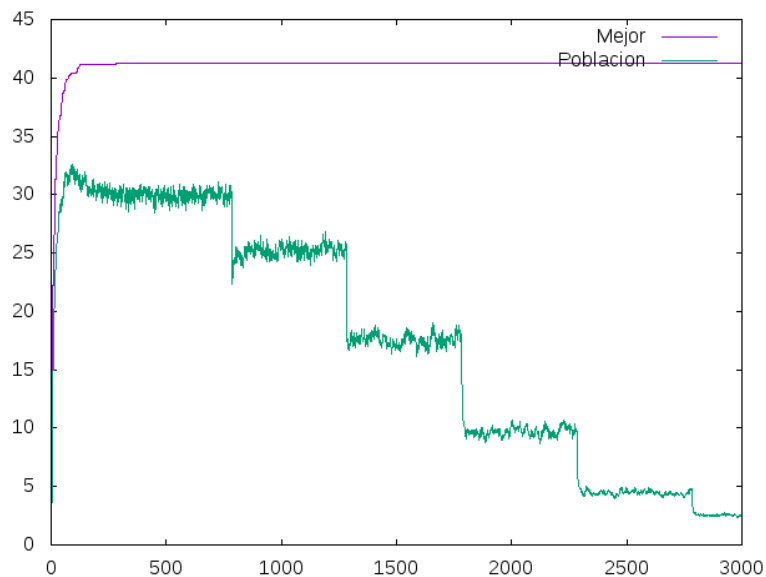
**Caso 3:** mapa grande y con picos, 3000 generaciones, 1000 individuos, presupuesto 10000\$

Mejor cromosoma:

Px:	Py:	Diámetro Mayor:	Diámetro menor	Tipo de antena:	N_antenas:	costo:
16	9	5.96	5.96	21	1	500
7	5	5.96	5.96	21	2	1000
11	11	5.96	5.96	21	3	1500
17	5	5.96	5.96	21	4	2000
6	9	5.96	5.96	21	5	2500
15	14	5.96	5.96	21	6	3000
12	5	5.96	5.96	21	7	3500
6	14	5.96	5.96	21	8	4000
9	-2	5.96	5.96	21	9	4500
9	12	1.25	1.25	12	10	4600
10	7	1.25	1.25	12	11	4700
20	-9	5.96	5.96	21	12	5200



- En este caso al igual que el caso anterior no se cubre en la totalidad el polígono debido a las zonas de cobertura que se encuentran fuera del polígono, sin embargo en este caso particular se puede observar que la mayoría de los puntos se encuentran en zonas superiores, se intuye que es debido a que en un principio una variedad de puntos en la zona inferior, entre los dos picos, se encuentran fuera del polinomio, bajando el fitness, por ello el algoritmo prefiere colocar puntos lejos de los picos.



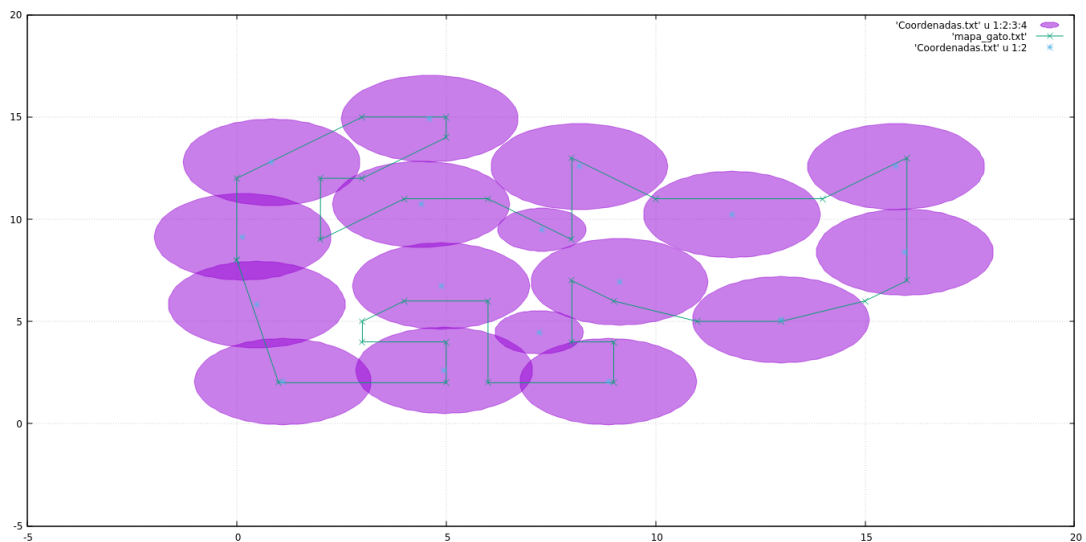
- Se puede observar como aumenta la mutación debido a la caída del fitness de la población en búsqueda de una mejor solución.



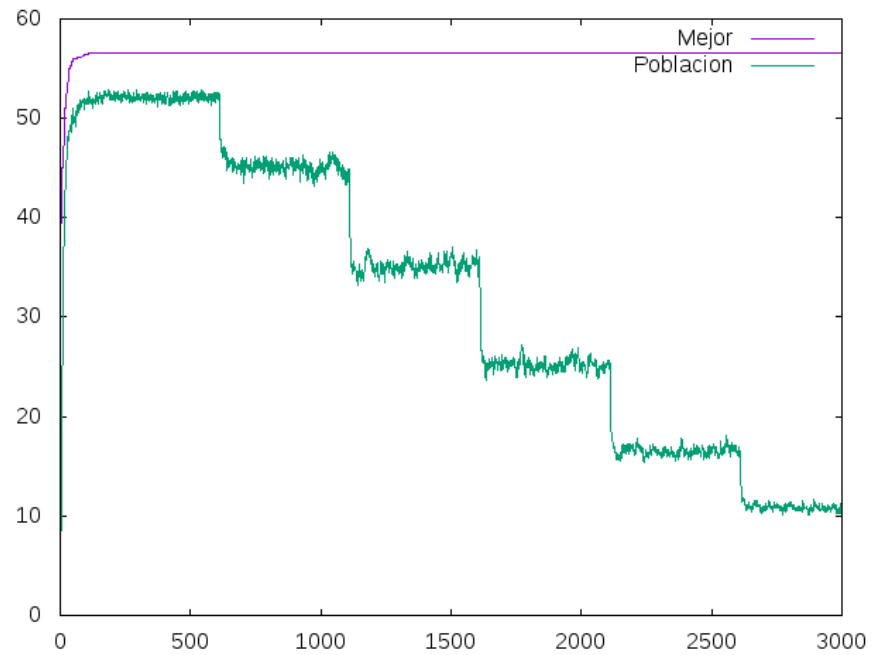
**Caso 4:** mapa mediano y complejo, 3000 generaciones, 1000 individuos, presupuesto 4000\$

Mejor cromosoma:

Px:	Py:	Diámetro Mayor:	Diámetro menor	Tipo de antena:	N_antenas:	costo
12	10	4.22	4.22	18	1	250
4	14	4.22	4.22	18	2	500
15	7	4.22	4.22	18	3	750
4	6	4.22	4.22	18	4	1000
0	8	4.22	4.22	18	5	1250
15	12	4.22	4.22	18	6	1500
4	10	4.22	4.22	18	7	1750
7	8	4.22	4.22	18	8	2000
1	4	4.22	4.22	18	9	2250
11	6	4.22	4.22	18	10	2500
8	3	4.22	4.22	18	11	2750
0	12	4.22	4.22	18	12	3000
4	2	4.22	4.22	18	13	3250
8	12	4.22	4.22	18	14	3500
7	8	2.21	2.21	15	15	3600
7	4	2.21	2.21	15	16	3700



- Para este caso se decidió utilizar una estructura más compleja para poner a prueba el algoritmo genético, se puede observar que se cubre la mayoría del área y cumple con los objetivos deseados.



- Se puede observar como aumenta la mutación debido a la caída del fitness de la población en búsqueda de una mejor solución.

Se decidió hacer una modificación en el código descrito anteriormente para tratar de hallar una mejor solución, dicha modificación se realizó en la librería clase\_ag, se decidió agregar una función llamada inicializar\_poblacion, la cual se encarga de inicializar la población de manera tal que todas las antenas se encuentren presente y estén centradas en 0,0 lo cual mostro muy buenos resultados ya que el algoritmo trata de separar todas las antenas y logra cubrir mayor área, aquí mostramos la mejor solución obtenida:

Mejor cromosoma: mapa grande, 1500 generaciones, 1000 individuos, presupuesto 500\$.

Px	Py	Diámetro mayor	Diámetro menor	Tipo de antena	N_antena	costo
-5.38	0.55	5.96	5.96	21	1	500
-6.5	7	5.96	5.96	21	2	1000
0.72	9.92	5.96	5.96	21	3	1500
0.55	1.32	5.96	5.96	21	4	2000
-4.43	-5.38	5.96	5.96	21	5	2500
-3.23	8.71	2.11	2.11	12	6	2600
5.79	-1.25	5.96	5.96	21	7	3100
-0.57	-7.18	4.22	4.22	18	8	3350
0.21	-2.46	5.96	5.96	21	9	3850
4.42	-6.67	5.96	5.96	21	10	4350
-1.77	5.28	5.96	5.96	21	11	4850
4.16	5.28	5.96	5.96	21	12	5350
0.29	-12.38	5.96	5.96	21	13	5850

