

Sistemas de Inteligencia Artificial

**Trabajo Práctico Especial 3**

# **Algoritmos Genéticos**

Junio 2016

## **Integrantes**

Cavo, María Victoria - 53202

Di Nucci, Nicolás Santiago - 54091

Kljenak, Iván - 54019

## Introducción

El presente informe describe la implementación de un motor de algoritmos genéticos para obtener la mejor configuración para un personaje de un juego. En el desarrollo fueron incluidos métodos de selección, cruce, mutación y reemplazo aplicados a una población de personajes, con el objetivo de permitir su evolución hacia nuevas generaciones con mejores aptitudes.

La aptitud de los personajes está definida en función de su capacidad de ataque y su capacidad de defensa. A la vez, estas capacidades están condicionadas por diferentes características propias del personaje (fuerza, agilidad, pericia, resistencia, vida). Es posible equipar a un personaje con diferentes artículos que potencian cada una de sus propiedades, mejorando, por tanto, sus habilidades de ataque y defensa.

La ejecución de los algoritmos implementados permite hallar, para el personaje, un equipamiento tal que su aptitud sea lo suficientemente aceptable.

## Ecuación de aptitud

La aptitud de los personajes es una función de sus habilidades para atacar y para defender. Cómo inciden estos dos componentes está determinado por la clase a la que pertenecen los personajes. Así, por ejemplo, si el personaje fuera un arquero, sería significativamente mayor el peso asignado al ataque, porque es crucial que sea efectivo en este aspecto, en tanto que no es una parte fundamental de la defensa. Contrariamente, en un defensor, lógicamente, se pondera más su habilidad para la defensa.

Los asesinos se infiltran en las tropas enemigas sigilosamente para atacarlas, su habilidad para el ataque es muy importante por esta razón, pero también deberían estar preparados para defenderse si su presencia es revelada. Entonces, la ecuación de aptitud para un asesino queda definida de la siguiente manera:

$$Aptitud = 0,7 * ataque + 0,3 * defensa$$

Las habilidades de ataque y defensa de las características de los personajes, según las siguientes fórmulas:

$$Ataque = (agilidad + pericia) * fuerza * ATM$$

$$Defensa = (resistencia + pericia) * vida * DEM$$

Siendo *ATM* y *DEM* modificadores de ataque y defensa, respectivamente, que dependen de la altura del personaje. Las alturas de los personajes varían en el rango de 1,3 m a 2 m. Las figuras 1 y 2 en la sección anexa muestran la variación de estos dos factores.

Sería esperable que para personajes como el *arquero*, donde el peso del ataque es mucho mayor que el de la defensa, la altura tienda a maximizar el coeficiente *ATM*. Inversamente, para el personaje de la clase *defensor*, la altura debería ser tal que maximice el factor *DEM*. No resulta tan sencillo establecer una hipótesis para casos donde la preponderancia de una habilidad por sobre la otra no es tan evidente, con lo cual, se discutirá cuál es la altura que optimiza ambos factores en la sección de análisis de resultados.

Por otro lado, cada una de las características que intervienen en las ecuaciones mostradas, depende del equipamiento de los personajes. Cada artículo que un personaje suma a su inventario, aporta un valor adicional a cada propiedad, según la siguiente serie de ecuaciones:

$$Fuerza_{personaje} = 100 * \tanh(0,01 * \Sigma Fuerza_{item})$$

$$Agilidad_{personaje} = \tanh(0,01 * \Sigma Agilidad_{item})$$

$$Pericia_{personaje} = 0,6 * \tanh(0,01 * \Sigma Pericia_{item})$$

$$Resistencia_{personaje} = \tanh(0,01 * \Sigma Resistencia_{item})$$

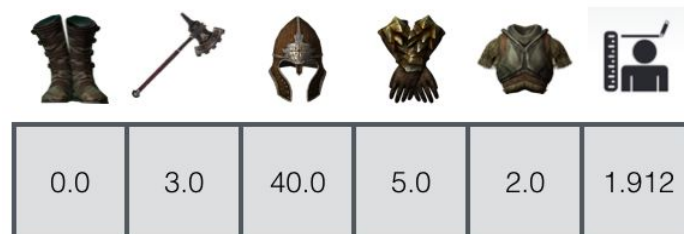
$$Vida_{personaje} = 100 * \tanh(0,01 * \Sigma Vida_{item})$$

Como puede apreciarse, en todas las ecuaciones se utiliza la función tangente hiperbólica. A partir de esto, es posible que ocurra una saturación si se buscara mejorar la aptitud del personaje incrementando una sola de sus características; si para alguna de las propiedades se llegase a esta condición de saturación, no tendría sentido seguir intentando mejorar esa propiedad y, en cambio, tendría sentido adoptar una estrategia que trabaje sobre las demás.

## Representación de los personajes

Como se mencionó previamente, los personajes están definidos por una serie de características que dependen de su equipamiento y de su altura. Esta información es la que se utiliza como entrada de los algoritmos genéticos implementados.

Los datos son representados como cromosomas, cada uno con 6 genes. Los primeros 5 representan el equipamiento de los personajes (botas, casco, arma, pechera y guantes) y el restante corresponde a la altura del personaje.



*Esquema de la representación de los cromosomas*

## Representación de la diversidad

Un concepto interesante para analizar es la diversidad de la población. En un grupo de personajes donde todos son iguales, el índice de diversidad es igual a 0.

A lo largo de la ejecución del algoritmo, podría ocurrir la situación de que al cabo de una determinada cantidad de generaciones, los individuos de la población tengan características similares. En tales circunstancias, el concepto de diversidad puede resultar provechoso, dado que en estas condiciones se inducirán mutaciones en los individuos que permitan al algoritmo explorar diferentes alternativas. El análisis de la diversidad permite evaluar el comportamiento de la población después de una mutación y además puede ser utilizado como criterio de corte del algoritmo, ya que si en una población todos los individuos son

parecidos, al cruzarlos se obtienen individuos parecidos, es decir, la población no se diversifica.

Se decidió adoptar tres métodos diferentes de cálculo de la diversidad, para poder realizar comparaciones.

El primero de ellos, consiste en calcular el desvío estándar de la aptitud de los personajes y luego dividir ese resultado por el valor medio. De esa forma, obtenemos la incerteza relativa, representada como un porcentaje.

En el segundo, la diversidad se calcula en base a las propiedades de los personajes. En principio, se podría analizar la varianza de cada una de las propiedades. Sin embargo, el problema que se presenta está relacionado con la dificultad para comparar los valores debido a los diferentes rangos de valores posibles para cada una de las propiedades. Entonces, se optó por calcular, también, la incerteza relativa. Así para cada propiedad se obtuvo un porcentaje que cuantifica cuán dispersos están los valores de los personajes. Promediando los porcentajes de cada características, se consiguió una medida de la diversidad de la población.

El tercer método de cálculo de la diversidad consiste en, para cada tipo de artículo, realizar la división entre la cantidad de artículos diferentes que usan los individuos de la población y la cantidad de artículos diferentes para ese tipo. Por ejemplo si hubiera un universo de 10 botas diferentes y hay 8 que están siendo usadas en la población, esta cuenta arroja un resultado de 0.8. Finalmente, se promedian los resultados obtenidos para cada tipo y el valor final es la medida de la diversidad.

En la sección anexa, las figuras 3 y 4 muestran gráficos que ejemplifican los métodos de cálculo de la diversidad.

## Implementación

El algoritmo está compuesto por una serie de métodos:

- Selección: recibe un número entero  $n$  y retorna  $n$  individuos de la población, elegidos con un criterio determinado. Se implementaron los siguientes métodos de selección: elite, ruleta, universal, boltzmann, torneos (ambas versiones) y ranking.
- Mutación: recibe un cromosoma y devuelve el mismo cromosoma con una mutación aplicada. Se implementó mutación clásica y no uniforme.
- Condición de corte: tienen un método que puede ser invocado para saber si debe seguir aplicándose el algoritmo para evaluar nuevas generaciones. La condición de corte podría ser alguna de las siguientes: máxima cantidad de generaciones, estructura, contenido, entorno a un óptimo.
- Cruza: Recibe dos cromosomas, los aparea y retorna una lista de los cromosomas generados. Los métodos implementados fueron: cruza de un punto, cruza de dos puntos, cruza uniforme, cruza anular.
- Reemplazo: devuelve una nueva generación de la población, luego de haber aplicado los pasos anteriores. Se implementaron los métodos de reemplazo 1, 2 y 3, mencionados en las clases.
- Diversidad: modelado a través de una interfaz, que permite intercambiar las implementaciones descriptas para el cálculo de la diversidad.

Cada uno de los métodos fue desarrollado definiendo una interfaz, lo cual permite intercambiar y combinar las diferentes implementaciones a discreción. Asimismo, todas las clases de personajes pueden ser modelados a partir de una interfaz común, lo que permite ejecutar el algoritmo fácilmente para cualquiera de los tipos de personaje.

## Pruebas realizadas

Con una población inicial de 200 individuos, se realizaron 10 pruebas para cada uno de los tipos personajes y se obtuvo la aptitud de los personajes al finalizar la ejecución. Se usó un método de selección compuesto, donde el 80% de los cromosomas a cruzar fueron seleccionados con el método ruleta y el 20% restante con el método elite. Se aplicó una mutación no uniforme con probabilidad  $pm = 0,01$ . Se eligió el método de cruce uniforme con una probabilidad  $pc = 0,5$ . Se utilizó como condición de corte que la aptitud del mejor cromosoma se mantenga constante durante 1000 generaciones. Finalmente, se optó por el método de reemplazo 2, utilizando los métodos de selección Boltzmann (80%,  $t_o = 400$ ) y elite (20%). En la figura 5 de la sección anexa constan los resultados de esta prueba.

A continuación se intentó evaluar cómo incide la modificación de la probabilidad de mutación. Se ejecutaron 10 pruebas para 3 valores diferentes de probabilidad de mutación ( $p1 = 0$ ;  $p2 = 0,1$ ;  $p3 = 0,3$ ) con los siguientes parámetros:

- Tamaño de la población: 150
- Selección: 80% Ruleta - 20% Elite
- Mutación: No uniforme
- Cruza: Uniforme con probabilidad  $pc = 0,5$
- Condición de corte: 100 generaciones
- Reemplazo: Método 1

En las figuras 6, 7 y 8 de la sección anexa se pueden observar los resultados obtenidos.

Luego, se intentó evaluar la condición de corte por contenido. Se hicieron pruebas para identificar un buen parámetro de corte: con una aproximación de la aptitud máxima, se buscó un  $n$  que permitiera alcanzar un valor parecido. Los valores de la configuración fueron los siguientes:

- Tamaño de la población: 20
- Selección: 80% Ruleta - 20% Elite
- Mutación: No uniforme con probabilidad  $pm=0.01$
- Cruza: Uniforme con probabilidad  $pc=0.5$
- Condición de corte: Contenido , 1000 generaciones
- Reemplazo: Método 2 (80% Boltzmann con  $t_o=400$  - 20% Elite)

La figura 9 del anexo refleja los resultados obtenidos.

En el mismo sentido, se decidió buscar cuál sería un buen parámetro de corte para el método de corte por cantidad. Se utilizaron los siguientes parámetros:

- Tamaño de la población: 20
- Selección: 80% Ruleta - 20% Elite
- Mutación: No uniforme con probabilidad  $pm=0.01$
- Cruza: Uniforme con probabilidad  $pc=0.5$

- Condición de corte: Cantidad de Generaciones, N generaciones
- Reemplazo: Método 2 (80% Boltzmann con  $t_0=400$  - 20% Elite)

Los resultados están en la figura 10 de la sección anexa

## Conclusiones

En primer lugar, habiendo probado tres métodos de cálculo de diversidad en la población diferentes, se descubrió que el que mejor representa este concepto es el que realiza cuentas sobre la cantidad de artículos usados por individuos de la población y la cantidad de artículos totales.

Por otro lado, las clases de personajes en los que la capacidad de defensa tiene una mayor precedencia por sobre el ataque, logran alcanzar aptitudes mayores. Se atribuye esta condición al hecho de que no exista una combinación que pueda subir la fuerza, que es una de las características que afectan a la habilidad de atacar de los personajes.

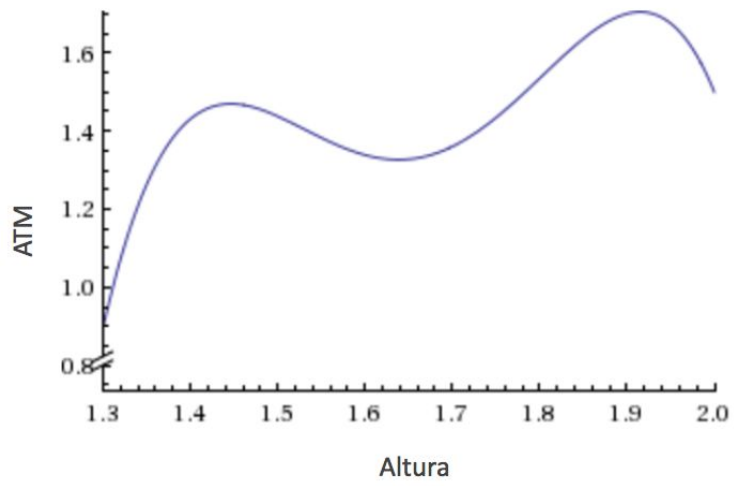
Asimismo, los tipos en los que una de las habilidades no predomina por sobre la otra, tendieron a enfocarse en mejorar sólo una de las dos habilidades, en lugar de intentar buscar un balance entre las dos.

Además, cuando un personaje se avoca a mejorar su ataque o su defensa, exhibe una tendencia a alcanzar una altura óptima (cerca de 1,3m en el caso de la defensa y alrededor de 1,9 en el del ataque). Esto valida lo hipotetizado con respecto a los factores *DEM* y *ATM*. Los valores hallados coinciden con los máximos de las funciones que definen esos factores.

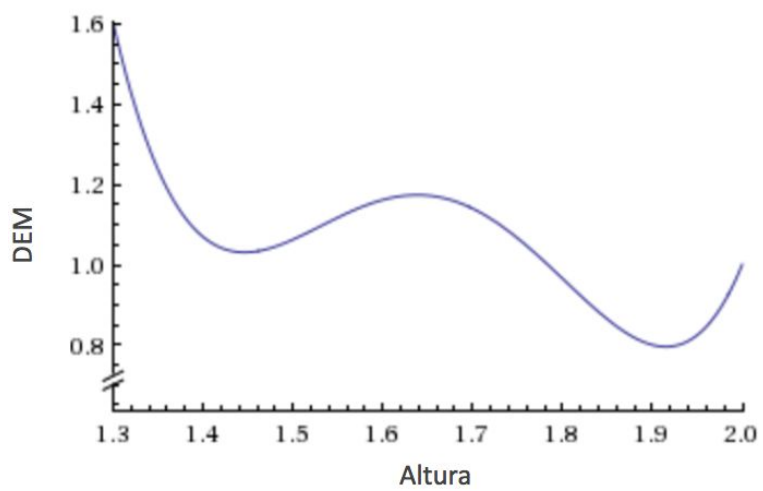
En caso de no realizar mutaciones, eventualmente todos los individuos de la población son iguales, haciendo que la diversidad se mantenga constante en 0. Mientras más alta sea la probabilidad de mutar, más varía la diversidad de la población a lo largo de las generaciones.

Finalmente, todos los personajes que se enfocan en ataque o en defensa terminan con combinaciones de artículos similares.

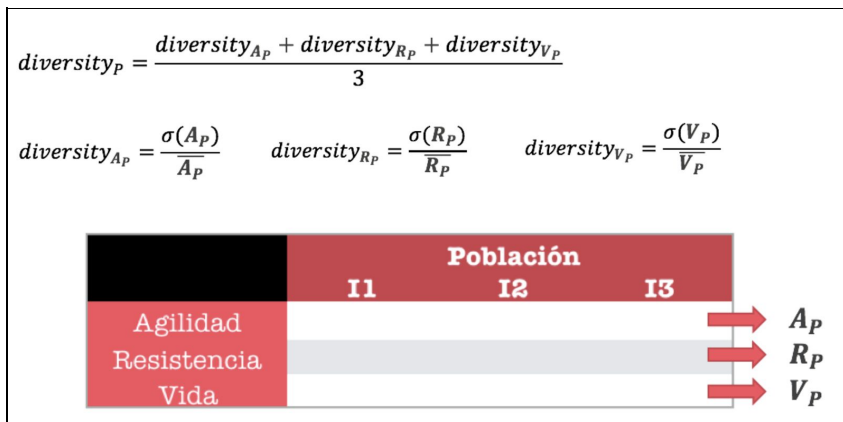
## Anexo



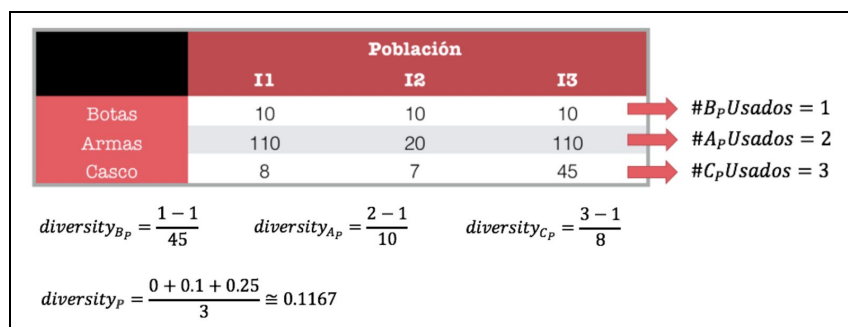
**Figura 1.** ATM vs. Altura



**Figura 2.** DEM vs. Altura



**Figura 3.** Cálculo de diversidad según características



**Figura 4.** Cálculo de diversidad de acuerdo a artículos



	Arquero1	Arquero2	Guerrero1	Guerrero2	Guerrero3	Defensor1	Defensor2	Asesino1	Asesino2
<b>Botas</b>	130	130	130	130	130	68	68	130	130
<b>Armas</b>	110	110	110	110	110	0	0	110	110
<b>Casco</b>	13	13	18	18	18	23	23	154	13
<b>Guantes</b>	11	11	11	11	11	48	48	11	11
<b>Pechera</b>	190	190	190	190	190	65	65	169	190
<b>Altura</b>	1.9152	1.9154	1.9151	1.9152	1.9156	1.3000	1.3000	1.9152	1.9152
<b>Agilidad Ítem</b>	0.6044	0.5579	0.3506	0.2921	0.3506	0.0558	0.0478	0.6467	0.5114
<b>Fuerza Ítem</b>	0.3422	0.2852	0.6115	0.6625	0.5606	0.0924	0.1092	0.3664	0.3993
<b>Pericia Ítem</b>	0.2835	0.3071	0.0536	0.0536	0.0893	0.0779	0.1169	0.2791	0.3544
<b>Resistencia Ítem</b>	0.0194	226	0.0429	0.0471	0.0515	0.6859	0.5879	0.0478	0.0355
<b>Vida Ítem</b>	0.0481	0.0577	0.0761	0.0676	0.0930	0.6619	0.6067	0.0207	0.0673
<b>Ataque</b>	39.6390	32.4293	34.2932	31.2652	33.8260	0.8452	1.1458	43.8141	43.6549
<b>Defensa</b>	0.7071	0.9226	0.4530	0.4258	0.7736	59.6884	51.9905	0.3481	1.2810
<b>Aptitud</b>	35.7458	29.2786	20.7571	18.9294	20.6051	53.8041	46.9060	30.7743	30.9427

Figura 5. Mejor configuración para cada personaje

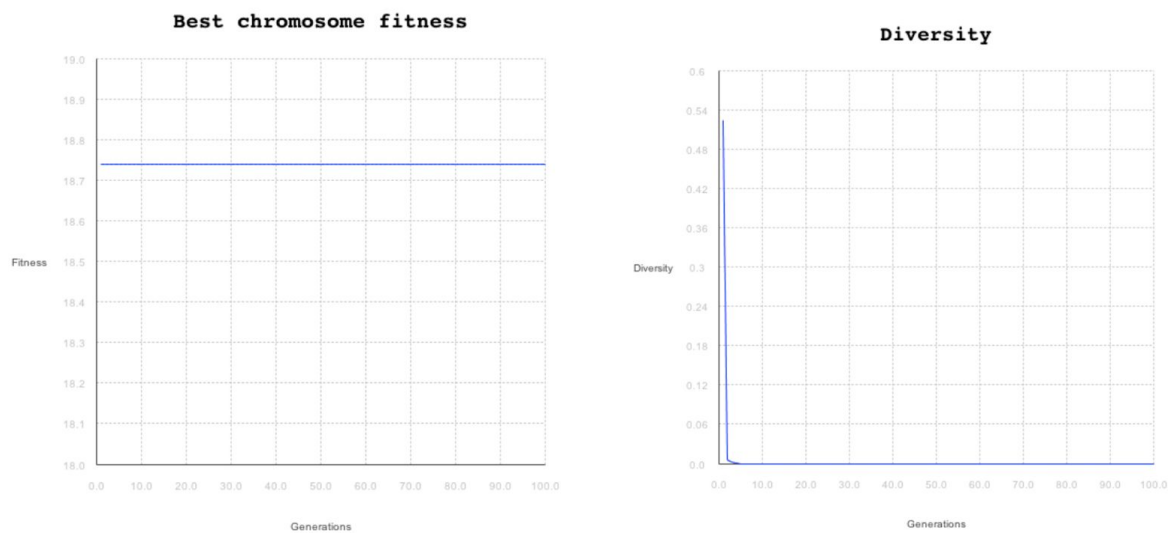
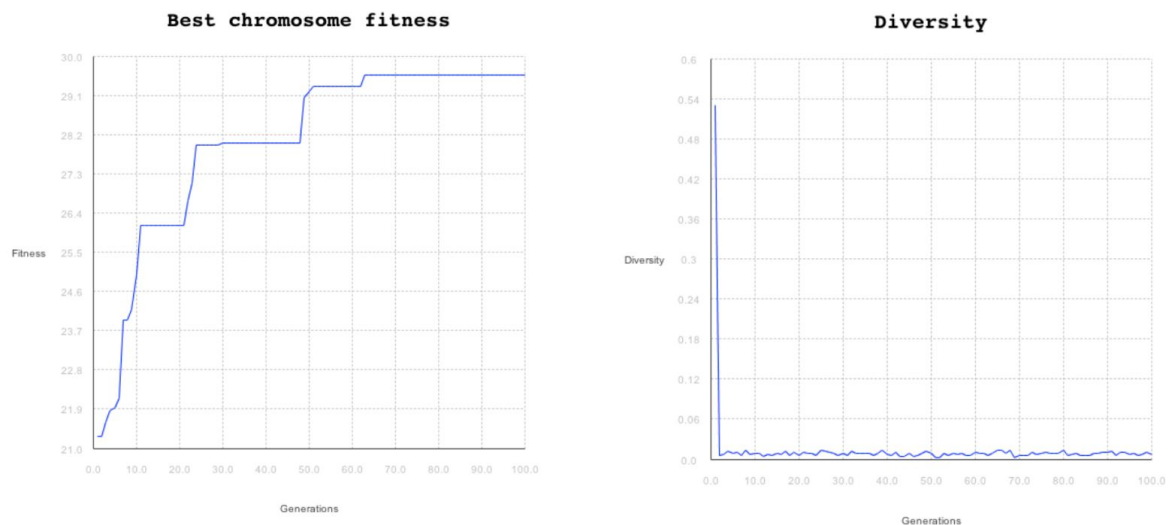
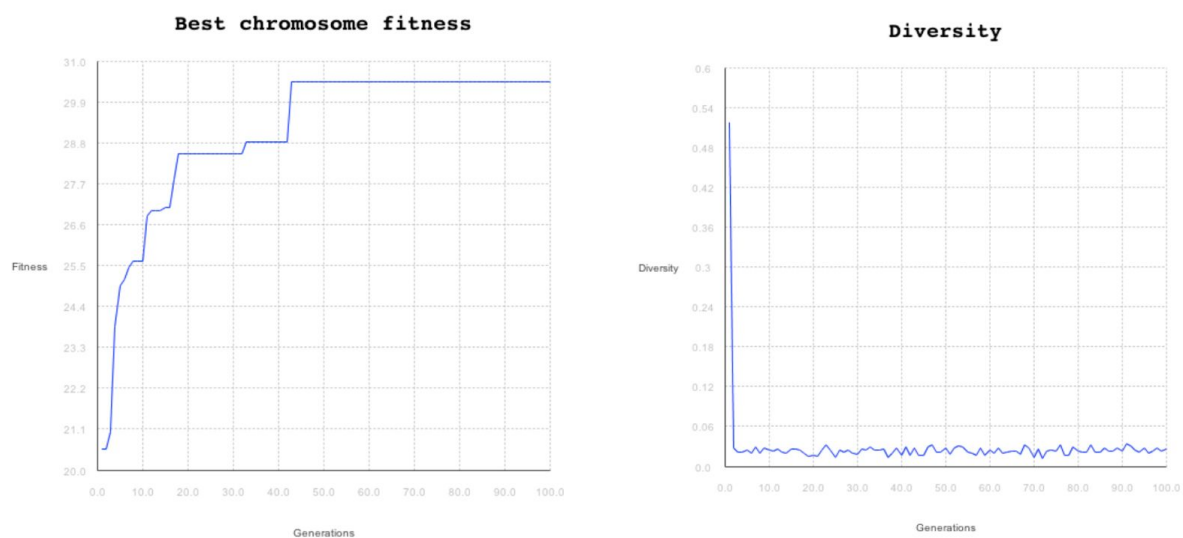


Figura 6. Aptitud máxima y diversidad de la población. Probabilidad de mutación  $pm = 0$



**Figura 7.** Aptitud máxima y diversidad de la población. Probabilidad de mutación  $pm = 0,1$



**Figura 8.** Aptitud máxima y diversidad de la población. Probabilidad de mutación  $pm = 0,3$

<b>N</b>	<b>Mejor aptitud</b>
5	18.3562
10	21.2164
50	25.3922
100	26.9686
500	30.8935
1000	30.9424
5000	30.9427

**Figura 9.** Tabla de la prueba de corte por contenido

<b>N</b>	<b>Mejor aptitud</b>
5	17.6170
10	18.5901
50	21.2269
100	24.5442
500	28.6186
1000	29.3421
5000	30.6306

**Figura 10.** Tabla de la prueba de corte por cantidad