**Trabajo Práctico Nº 1**

**Algoritmos Genéticos**

**2020**

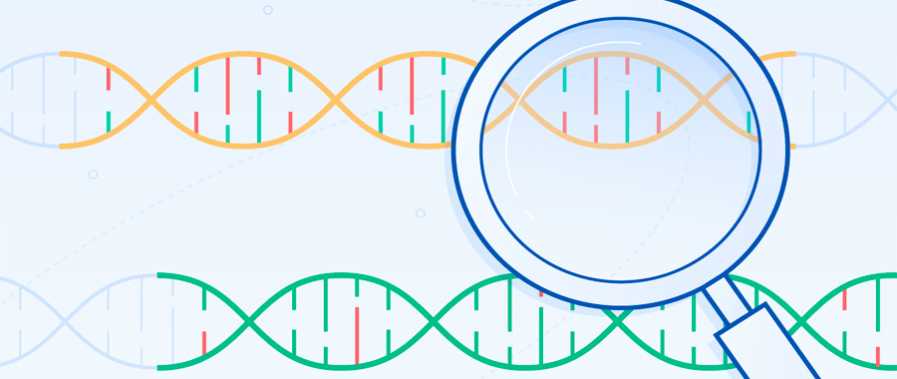
**Integrantes**

**Luciano Vannelli 45744 - lucianovannelli@gmail.com**

**Manuel Bahamonde - 45699 - manuelbahamonde6@gmail.com**

**Franco Ceschan - 42737 - francoceschan@gmail.com**

**Milena Lebedinsky - 43982 - milenalebedin@gmail.com**

****

Índice

[**Enunciado**](#_24dgeib92370) **3**

[**Desarrollo**](#_7lkxjfybkuhl) **4**

[**Metodología de desarrollo abordada**](#_tki74f9jvvjc) **4**

[**Herramientas de programación utilizadas**](#_97q22qijm8q6) **5**

[**Forma de trabajo en equipo**](#_s0gespfx72ek) **6**

[**El programa**](#_2pe9l9f2k2z2) **6**

[**Código del programa**](#_yjhqaka506pz) **6**

[**Salida**](#_g7yhsnqpxq6b) **6**

[**Gráficas**](#_abcysgtz8fz0) **7**

[**Conclusiones**](#_m47l6a6h69n) **9**

# Enunciado

Hacer un programa que utilice un Algoritmo Genético Canónico para buscar un máximo de la función:

f(x) = (x/coef)2 en el dominio [0 , 230 -1]

donde coef = 230 -1

teniendo en cuenta los siguientes datos:

–Probabilidad de Crossover = 0,75

–Probabilidad de Mutación = 0,05

–Población Inicial: 10 individuos

–Ciclos del programa: 20

–Método de Selección: Ruleta

–Método de Crossover: 1 Punto

–Método de Mutación: invertida

**Opción A:**

El programa debe mostrar, finalmente, el Cromosoma correspondiente al valor máximo, el valor máximo, mínimo y promedio obtenido de cada población.

Mostrar la impresión de las tablas de mínimos, promedios y máximos para 20, 100 y 200 corridas.

Deben presentarse las gráficas de los valores Máximos, Mínimos y Promedios de la función objetivo por cada generación luego de correr el algoritmo genético 20, 100 y 200 iteraciones (una gráfica por cada conjunto de iteraciones)

Realizar comparaciones de las salidas corriendo el mismo programa en distintos ciclos de corridas y además realizar todos los cambios que considere oportunos en los parámetros de entrada de manera de enriquecer sus conclusiones.

**Opción B:**

Se entiende por elite a un grupo pequeño que por algún motivo, característica, facultad o privilegio es superior o mejor en comparación al grueso de una población determinada; con cualidades o prerrogativas de las que la gran mayoría no disfrutan.

Un algoritmo genético, desde el punto de vista de la optimización, es un método poblacional de búsqueda dirigida basada en probabilidad. Bajo una condición bastante débil, que el algoritmo mantenga elitismo, es decir, guarde siempre al mejor elemento de la población sin hacerle ningún cambio, se puede demostrar que el algoritmo converge en probabilidad al óptimo. En otras palabras, al aumentar el número de iteraciones, la probabilidad de tener el óptimo en la población tiende a uno.

Luego el método más utilizado para mejorar la convergencia de los algoritmos genéticos es el elitismo.

Este método consiste básicamente para nuestro trabajo en realizar la etapa de selección de la siguiente manera:

\* Se realiza un muestreo en una élite de “ere” miembros es decir para nuestro ejercicio se seleccionan dos cromosomas que posean el mejor fitness de entre los mejores de la población inicial y se incorporan directamente a la población siguiente, sin pasar por la población intermedia.

\*El proceso se repite para cada población que se va generando hasta completar el número de veces que se ejecutará el algoritmo genético. Se solicita la ejecución de 100 iteraciones.

Para esta segunda parte del trabajo se deberá utilizar elitismo, mostrar nuevamente las salidas por pantalla y las gráficas solicitadas en la PARTE A pero en este caso considerando la aplicación de elitismo.

Resolver el ejercicio realizando 100 iteraciones del algoritmo.

# Desarrollo

## Metodología de desarrollo abordada

**Clase población**

Guarda en sus atributos información sobre los resultados de las corridas.

**Clase cromosoma**

Guarda en sus atributos información sobre los cromosomas.

**Generación de la población inicial:**

Consta de 3 funciones que se llaman entre ellas de forma iterativa para generar los genes y cromosomas de la población inicial

**Guardado de datos:**

Esta función la dividimos en el **cálculo de los datos de los cromosomas** y luego el **seteo de los datos de la población y el fitness**. Al crear cada cromosoma, en el mismo constructor de la clase, calculamos el valor que este tiene y lo evaluamos en la función objetivo, guardando ambos datos. Luego, en el seteo de los datos de la población, iteramos sobre todos los cromosomas de la misma para encontrar:

* El que tiene mayor y menor función objetivo, guardando tanto el valor como el cromosoma en un objeto de la clase Cromosoma
* La suma de los valores que cada cromosoma obtenía en la función objetivo
* El valor promedio de los valores de función objetivo de toda la población
* El fitness de cada cromosoma (es el único valor que no podemos calcular en el constructor del mismo ya que necesitamos primero calcular el promedio de función objetivo)

**Método de selección**

En este método realizamos la selección con el método de ruleta: creamos un array de pares de cromosomas y vamos agregando elementos que contienen dos cromosomas los cuales elegimos aleatoriamente teniendo en cuenta el fitness. Luego los devolvemos para la siguiente etapa.

**Crossover y mutación**

Contiene una función que se encarga de realizar tanto el crossover como la mutación en caso de corresponder.

**Mensaje final con datos de la generación:**

Incluímos una función que muestra los datos finales de la generación que acaba de finalizar.

**Helpers:**

Dentro de esta región incluimos funciones que realizan tareas relacionadas con la forma de presentar la información e interactuar con el usuario y no con el AG en sí.

Al correr el programa nos pregunta primero si queremos realizar las corridas con elitismo o no, luego de las corridas muestra un gráfico informativo y al cerrar este se abre un archivo excel con la información más detallada.

## Herramientas de programación utilizadas

**Lenguaje de programación** : Python

**Librerías utilizadas:**

**random** : Ofrece generadores de números aleatorios que utilizamos para múltiples funciones del programa.

**numpy :** Agrega soporte para vectores y matrices, constituye una biblioteca de funciones matemáticas de alto nivel para operar con ellos.

**xlsxwriter** : Utilizado para editar archivos Excel.

**operator :** Ofrece herramientas útiles para hacer referencia con facilidad a datos organizados en listas y atributos de clases.

**os :** Permite realizar operaciones dependiente del Sistema Operativo, como crear una carpeta,finalizar un proceso, etc. La utilizamos para crear y abrir archivos de excel.

**pandas:** es una biblioteca para manipulación y análisis de datos. La utilizamos para convertir el archivo de excel en un archivo de valores separados por comas (csv).

**matplotlib:** es una biblioteca para la generación de gráficos a partir de datos contenidos en listas o arrays.

## Forma de trabajo en equipo

Para afrontar la virtualidad, nos manejamos con aplicaciones de mensajería, de chat de voz, con aplicaciones de almacenamiento en la nube y con una extensión para el IDE que utilizamos para poder editar y ver el código todos en tiempo real.

* **Visual Studio Code:** el IDE con el que escribimos el algoritmo
* **Extensión Live Share:** la extensión del IDE que permitió que todos podamos editar y ver el código en tiempo real
* **Repositorios en Google Drive:** lo utilizamos para guardar el código del algoritmo actualizado
* **Grupo de Whatsapp:** utilizado para coordinar reuniones y notificar cambios y modificaciones realizadas en el código.
* **Discord:** lo utilizamos para discutir el código que escribíamos por voz.

# El programa

## Código del programa

import random

import time

import numpy

import xlsxwriter

from operator import attrgetter

import os

import pandas as pd

import matplotlib.pyplot as plt

"EJERCICIO: Método de Selección: Ruleta. Método de Crossover: 1 Punto. Método de Mutación: invertida."

"Datos del algoritmo genetico (para distintos ejercicios, a menos que cambie el metodo de crossover y mutacion, solo hay que modificar estos datos y f(x))"

pCrossover = 0.75

pMutacion = 0.05

cantIndividuos = 10

cantGenes = 30

ciclos = 200

tamanoElite = 2

nombreExcel = 'ag.xlsx'

"Variables globales"

class Poblacion:

def \_\_init\_\_(self,cromosomas):

self.cromosomas = cromosomas

self.cromMaxCiclo = Cromosoma() #Inicializamos el cromosoma maximo del ciclo un cromosoma con objetivo 0 (para fxMax usamos el objeto del cromosoma maximo)

self.fxMin = 100

self.fxSum = 0

self.fxProm = 0

#Etapa 2: Guardado de datos

def calcularYSetearDatos(self):

for cromosoma in self.cromosomas:

#Calculo del fxMax

if(cromosoma.fx > self.cromMaxCiclo.fx):

self.cromMaxCiclo = cromosoma

#Calculo del fxMin

if(cromosoma.fx < self.fxMin):

self.fxMin = cromosoma.fx

#Calculo de la suma

self.fxSum += cromosoma.fx

#Calculo del promedio

self.fxProm = (self.fxSum/len(self.cromosomas))

#Calculo del fitness de cada cromosoma

for cromosoma in self.cromosomas:

cromosoma.calcularFitness(self.fxSum)

#Etapa 3: Seleccion

def seleccionRuleta(self,elitismo):

individuos = cantIndividuos

if(elitismo):

individuos -= 2

pares = []

for i in range(int(individuos/2)):

pares.append([])

for j in range(2):

pares[i].append(random.choices(self.cromosomas,self.getListaFtn())[0])

return pares

#Etapa 4: Crossover y mutación

def aplicarCrossoverMutacion(self,pares):

#Aplica tanto el crossover como la mutacion (solo en caso de que hayan sido aprobados)

sigPoblacion = []

for par in pares:

if(self.realizar(pCrossover)):

puntoCorte = random.randint(0,cantGenes)

else:

puntoCorte = cantGenes

for i in range(2):

bits = []

for j in range(puntoCorte):

bits.append(par[i].bits[j])

for j in range(puntoCorte,cantGenes):

bits.append(par[abs(i-1)].bits[j])

if(self.realizar(pMutacion)):

puntoAMutar = random.randint(0,cantGenes-1)

bits[puntoAMutar] = abs(bits[puntoAMutar]-1)

cromosoma = Cromosoma(bits)

sigPoblacion.append(cromosoma)

return sigPoblacion

def realizar(self,probabilidadTrue):

#Recibe una probabilidad para realizar algo y devuelve True si se debe realizar o False si no (usado para decidir crossover y mutacion)

return (random.choices([0,1],[1-probabilidadTrue,probabilidadTrue])[0] == 1)

#Helpers

def aplicarElitismo(self,tamanoElite):

cromosomasElite = []

for i in range(tamanoElite):

unMaximo = max(self.cromosomas,key=attrgetter('ftn')) #Sacamos el cromosoma con mayor fitness

#Lo eliminamos de los cromosomas de la pobl actual y a la vez lo asignamos a la lista de elite (pop elimina el objeto y a su vez lo devuelve)

cromosomasElite.append(self.cromosomas.pop(self.cromosomas.index(unMaximo)))

return cromosomasElite

def getListaFtn(self):

listaFtn = []

for cromosoma in self.cromosomas:

listaFtn.append(cromosoma.ftn)

class Cromosoma:

def \_\_init\_\_(self,bits=None):

#Para el cromosoma maximo inicial, lo inicializamos con bits = None, en ese caso lo unico que nos interesa es el Fx para luego poder compararlo

if(bits != None):

self.bits = bits

self.x = (int(self.getBinario(),2)) #int(string,2=base binario)

self.fx = self.f()

self.ftn = 0

else:

self.fx = 0

def calcularFitness(self,sumaFx):

self.ftn = (self.fx/sumaFx)

def f(self):

#Evalua la x del cromosoma en una funcion

return (self.x/(pow(2,30) - 1))

def getBinario(self):

#Concatena en un string todos los elementos del cromosoma (genes) y los devuelve

binario = ""

for gen in self.bits:

binario += str(gen)

return binario

def empezar():

global poblacion,cromosomaMaximoCorrida

#Inicializaciones

inicializarExcel() #Para tabla y graficos

cromosomaMaximoCorrida = Cromosoma() #Inicializamos el cromosoma maximo como un cromosoma con objetivo 0

elitismo = preguntarElitismo()

poblacion = Poblacion(getPoblacionInicial())

print("Comenzando algoritmo con "+str(ciclos)+" ciclos solicitados")

for i in range(ciclos):

print()

print()

sigCromosomas = [] #Lista de cromosomas siguientes (utilizados cuando se activa elitismo)

poblacion.calcularYSetearDatos()

#Actualizacion del cromosoma maximo de la corrida

if(poblacion.cromMaxCiclo.fx > cromosomaMaximoCorrida.fx):

cromosomaMaximoCorrida = poblacion.cromMaxCiclo

if(elitismo):

#Sacamos los cromosomas con mejor fitness

sigCromosomas = poblacion.aplicarElitismo(tamanoElite)

pares = poblacion.seleccionRuleta(elitismo)

#Final del ciclo actual

agregarDatos(i+1)

finCiclo(i+1)

poblacion = Poblacion(poblacion.aplicarCrossoverMutacion(pares))

poblacion.cromosomas += sigCromosomas #Si hay elitismo, sigCromosomas va a tener cromosomas y aca se agregan, sino va a estar vacio y no se va a agregar nada

workbook.close()

agregaGrafico()

os.system(nombreExcel) #Abrimos el archivo recien creado

#Etapa 1: Generación de la población inicial

def getPoblacionInicial():

cromosomas = []

for bits in generarPoblacionInicial():

cromosomas.append(Cromosoma(bits))

return cromosomas

def generarPoblacionInicial():

return [generarCromosomaInicial() for i in range(cantIndividuos)]

def generarCromosomaInicial():

return [random.randint(0, 1) for i in range(cantGenes)]

#Etapa 5: Mensaje final con los datos de la generacion

def finCiclo(numCiclo):

#Muestra los datos finales de la generacion que acaba de finalizar

print("CICLO "+str(numCiclo)+" COMPLETADO. Datos del mismo:")

print("FX --> SUMA = "+str(poblacion.fxSum)+" - VALOR MAXIMO = "+str(poblacion.cromMaxCiclo.fx)+" - VALOR MINIMO = "+str(poblacion.fxMin)+" - VALOR PROMEDIO = "+str(poblacion.fxProm))

print("CROMOSOMA MAXIMO --> "+str(poblacion.cromMaxCiclo.bits))

if(numCiclo == ciclos):

print("Algoritmo finalizado: se cumplieron los ciclos solicitados")

print("Cromosoma maximo de toda la corrida: "+str(cromosomaMaximoCorrida.bits))

print("Funcion objetivo del cromosoma maximo de toda la corrida: "+str(cromosomaMaximoCorrida.fx))

#Helpers

def esperarEntrada():

#Pide un input para continuar la ejecucion del algoritmo

print("Presione enter para continuar")

input()

def ingresarOpcion(min,max):

resp = -1

while(resp < min or resp > max):

try:

resp = int(input())

except:

print("Entrada no valida")

resp = -1

return resp

def agregaGrafico():

excel=pd.read\_excel(nombreExcel)

excel.to\_csv('ag.csv', index=None, header=True)

datos=pd.read\_csv('ag.csv',header=0)

fix, ax = plt.subplots()

ax.plot(datos['Minimo'], label='Minimo')

ax.plot(datos['Maximo'], label='Maximo')

ax.plot(datos['Promedio'], label='Promedio')

plt.legend(loc='lower right')

plt.show()

def agregarDatos(i):

cont = i

worksheet.write(cont,0,i)

worksheet.write(cont,1,poblacion.fxMin)

worksheet.write(cont,2,poblacion.cromMaxCiclo.fx)

worksheet.write(cont,3,poblacion.cromMaxCiclo.getBinario())

worksheet.write(cont,4,poblacion.fxProm)

def inicializarExcel():

global worksheet,chart,workbook

os.popen('del '+nombreExcel) #A veces se da que cuando ya hay un archivo con el mismo nombre del que vamos a crear, no se crea. Entonces lo eliminamos

workbook = xlsxwriter.Workbook(nombreExcel)

worksheet = workbook.add\_worksheet()

chart = workbook.add\_chart({'type': 'line'})

worksheet.write(0,0, 'Ciclo')

worksheet.write(0,1, 'Minimo')

worksheet.write(0,2, 'Maximo')

worksheet.write(0,3, 'Cromosoma maximo')

worksheet.write(0,4, 'Promedio')

def preguntarElitismo():

print("Desea incluir elitismo en el algoritmo? (0 no, 1 si)")

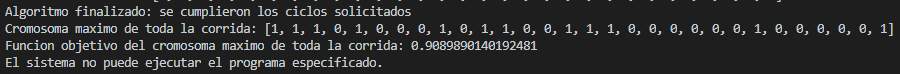
return (ingresarOpcion(0,1) == 1)

empezar()

## Salida

Se muestra, para cada generación, el cromosoma máximo y su valor, el valor del cromosoma mínimo y el valor promedio.

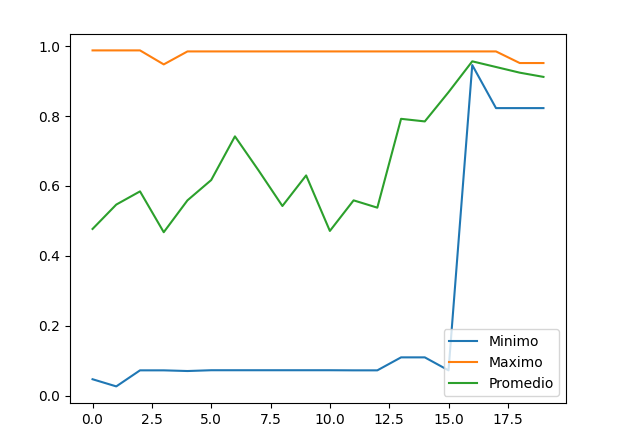
  


Al finalizar todos los ciclos se muestra el cromosoma máximo de toda la corrida, y su correspondiente valor para la función objetivo.  


Se obtienen un excel y un gráfico, generados a partir de estos datos.

## Gráficas

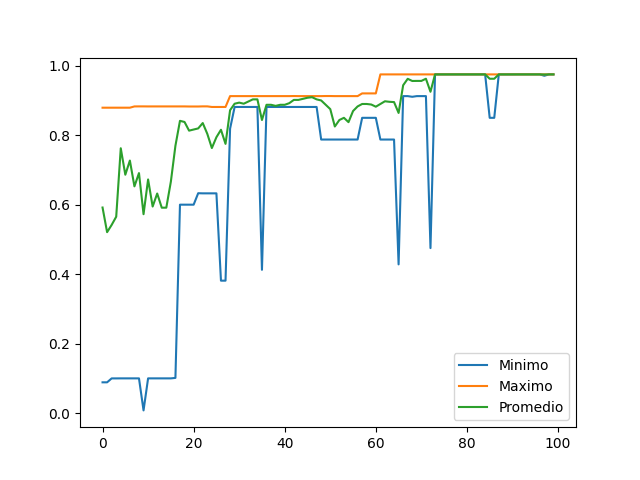
**20 ciclos sin elitismo**





|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Ciclo | Mínimo | Máximo | Cromosoma máximo | Promedio |
| 1 | 0,047233899167957 | 0,987689812656203 | 111111001101100100111101010100 | 0,477033292853305 |
| 2 | 0,026727993066169 | 0,987689919758299 | 111111001101100100111111000111 | 0,546741380958577 |
| 3 | 0,072646084309226 | 0,987689919758299 | 111111001101100100111111000111 | 0,584491940200787 |
| 4 | 0,072646084309226 | 0,947646085124133 | 111100101001100011101111000011 | 0,467697224735932 |
| 5 | 0,070697731404284 | 0,984760232255571 | 111111000001100100111111000111 | 0,558876564315405 |
| 6 | 0,072966869057125 | 0,984760232255571 | 111111000001100100111111000111 | 0,616883136720288 |
| 7 | 0,072966869057125 | 0,984760232255571 | 111111000001100100111111000111 | 0,741820505766031 |
| 8 | 0,072966869057125 | 0,984755460158694 | 111111000001100011101111000011 | 0,643968180235446 |
| 9 | 0,072966816903061 | 0,984763089553232 | 111111000001100101101111000011 | 0,54266619825984 |
| 10 | 0,072966995716996 | 0,984755460158694 | 111111000001100011101111000011 | 0,630134119866541 |
| 11 | 0,072966995716996 | 0,984755460158694 | 111111000001100011101111000011 | 0,471346131219851 |
| 12 | 0,072646084309226 | 0,984755460158694 | 111111000001100011101111000011 | 0,558814040160565 |
| 13 | 0,072646084309226 | 0,984755460158694 | 111111000001100011101111000011 | 0,537914434390063 |
| 14 | 0,109763088738325 | 0,984751645461425 | 111111000001100010101111000011 | 0,791983929827794 |
| 15 | 0,109763088738325 | 0,984751645461425 | 111111000001100010101111000011 | 0,784562817760336 |
| 16 | 0,072653713703764 | 0,984763089553232 | 111111000001100101101111000011 | 0,868156567838189 |
| 17 | 0,945700589516853 | 0,984763089553232 | 111111000001100101101111000011 | 0,956437819410523 |
| 18 | 0,822653714402256 | 0,984763089553232 | 111111000001100101101111000011 | 0,940227643344764 |
| 19 | 0,822653714402256 | 0,951552335127771 | 111100111001100011101111000011 | 0,924017850238847 |
| 20 | 0,822653714402256 | 0,951552335127771 | 111100111001100011101111000011 | 0,911907712288115 |

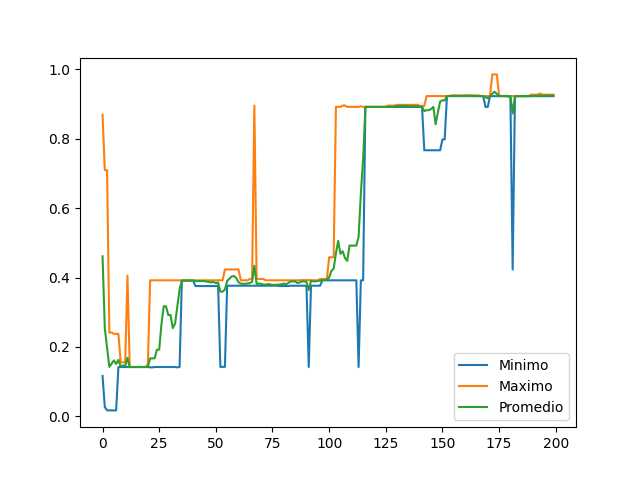
**100 ciclos sin elitismo**





|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Ciclo | Mínimo | Máximo | Cromosoma máximo | Promedio |
| 1 | 0,08846389231129 | 0,879017141534963 | 111000010000011101000100011100 | 0,591642463385726 |
| 2 | 0,088465453207926 | 0,879017141534963 | 111000010000011101000100011100 | 0,520709990636176 |
| 3 | 0,099754323344449 | 0,879017141534963 | 111000010000011101000100011100 | 0,541583313645407 |
| 4 | 0,09975078338734 | 0,879020681492072 | 111000010000011101111111110101 | 0,565177269992584 |
| 5 | 0,099846167582875 | 0,879018774143438 | 111000010000011101011111110101 | 0,762250227166573 |
| 6 | 0,099846167582875 | 0,879018774143438 | 111000010000011101011111110101 | 0,686046574717431 |
| 7 | 0,099846166651553 | 0,87901877507476 | 111000010000011101011111110110 | 0,726826480428527 |
| 8 | 0,099846352916068 | 0,88264360919841 | 111000011111010011101110011110 | 0,65255144727654 |
| 9 | 0,099848656076797 | 0,882765679511023 | 111000011111110011101110011110 | 0,690788639980171 |
| 10 | 0,007643608383502 | 0,882765700931443 | 111000011111110011101110110101 | 0,572436749816348 |
| 11 | 0,099848737101861 | 0,882641315350906 | 111000011111010011000111111111 | 0,6724273609672 |
| 12 | 0,099848656076797 | 0,882674126776563 | 111000011111011011101110011110 | 0,594489893498355 |
| 13 | 0,099848730582603 | 0,882674126776563 | 111000011111011011101110011110 | 0,631948978483629 |
| 14 | 0,099848730582603 | 0,882673164720343 | 111000011111011011011110010101 | 0,591166438899158 |
| 15 | 0,099848730582603 | 0,882681756171101 | 111000011111011101101110011110 | 0,591190282340339 |
| 16 | 0,099848737101861 | 0,882681756171101 | 111000011111011101101110011110 | 0,666189423823906 |
| 17 | 0,10117902336752 | 0,882681756171101 | 111000011111011101101110011110 | 0,769423606218233 |
| 18 | 0,59983625039443 | 0,882681756171101 | 111000011111011101101110011110 | 0,84116575190906 |
| 19 | 0,599836303479817 | 0,882687469835102 | 111000011111011111001110010101 | 0,837931562343548 |
| 20 | 0,599836303479817 | 0,882444282884192 | 111000011110011111011110010101 | 0,812932515156393 |
| 21 | 0,5998353498055 | 0,882444282884192 | 111000011110011111011110010101 | 0,816193587254913 |
| 22 | 0,632810493589202 | 0,882444281952869 | 111000011110011111011110010100 | 0,819356728921976 |
| 23 | 0,632444281720039 | 0,882810493822033 | 111000011111111111011110010101 | 0,834810915249224 |
| 24 | 0,632444284514006 | 0,882810493822033 | 111000011111111111011110010101 | 0,803731535006065 |
| 25 | 0,632437605999818 | 0,881101518758667 | 111000011000111111011110011111 | 0,762875275372411 |
| 26 | 0,632437605999818 | 0,881101518758667 | 111000011000111111011110011111 | 0,794003206020224 |
| 27 | 0,381101510842425 | 0,881101518758667 | 111000011000111111011110011111 | 0,815476333550621 |
| 28 | 0,38110150897978 | 0,881101518758667 | 111000011000111111011110011111 | 0,774851465760592 |
| 29 | 0,818601509387234 | 0,912351509474545 | 111010011000111111011110010101 | 0,871726511671884 |
| 30 | 0,881101509445441 | 0,912351509474545 | 111010011000111111011110010101 | 0,890476509826702 |
| 31 | 0,881101509445441 | 0,912351509474545 | 111010011000111111011110010101 | 0,893601510015876 |
| 32 | 0,881101390236152 | 0,912351509474545 | 111010011000111111011110010101 | 0,890476497905772 |
| 33 | 0,881097694748172 | 0,91235151133719 | 111010011000111111011110010111 | 0,896726128362795 |
| 34 | 0,881101509445441 | 0,91235151133719 | 111010011000111111011110010111 | 0,902976509838343 |
| 35 | 0,881101509445441 | 0,91235151133719 | 111010011000111111011110010111 | 0,902976128554881 |
| 36 | 0,412351509008884 | 0,912351509474545 | 111010011000111111011110010101 | 0,843601104285196 |
| 37 | 0,881101271026862 | 0,912351509474545 | 111010011000111111011110010101 | 0,887351056642226 |
| 38 | 0,881101271026862 | 0,912351509474545 | 111010011000111111011110010101 | 0,88735139098703 |
| 39 | 0,881101271026862 | 0,912351509474545 | 111010011000111111011110010101 | 0,884226318713488 |
| 40 | 0,881101271026862 | 0,912351271055966 | 111010011000111111011010010101 | 0,887351342558257 |
| 41 | 0,881101271026862 | 0,912351509474545 | 111010011000111111011110010101 | 0,887351342558257 |
| 42 | 0,881101271026862 | 0,912351509474545 | 111010011000111111011110010101 | 0,892038818720764 |
| 43 | 0,881101271026862 | 0,912595411681193 | 111010011001111111011010010101 | 0,901438256633876 |
| 44 | 0,881101271026862 | 0,912351509474545 | 111010011000111111011110010101 | 0,901413723362064 |
| 45 | 0,881101271026862 | 0,912351509474545 | 111010011000111111011110010101 | 0,904538842574264 |
| 46 | 0,881101271026862 | 0,912351509474545 | 111010011000111111011110010101 | 0,907663484949305 |
| 47 | 0,881097694748172 | 0,912351509474545 | 111010011000111111011110010101 | 0,909226056476334 |
| 48 | 0,881097694748172 | 0,912351509474545 | 111010011000111111011110010101 | 0,90297529353106 |
| 49 | 0,787351270939551 | 0,912351509474545 | 111010011000111111011110010101 | 0,899851366411756 |
| 50 | 0,787351270939551 | 0,912595411681193 | 111010011001111111011010010101 | 0,88737575662078 |
| 51 | 0,787351270939551 | 0,912595411681193 | 111010011001111111011010010101 | 0,874875708925422 |
| 52 | 0,787351270939551 | 0,912351509474545 | 111010011000111111011110010101 | 0,824875708878856 |
| 53 | 0,787351256038389 | 0,912351509474545 | 111010011000111111011110010101 | 0,843625755089918 |
| 54 | 0,78735150935813 | 0,912351509474545 | 111010011000111111011110010101 | 0,84987585046317 |
| 55 | 0,78735150935813 | 0,912351271055966 | 111010011000111111011010010101 | 0,837400264514052 |
| 56 | 0,787351270939551 | 0,912351509474545 | 111010011000111111011110010101 | 0,869407028955787 |
| 57 | 0,787351270939551 | 0,912351509474545 | 111010011000111111011110010101 | 0,882662339026725 |
| 58 | 0,849851270997758 | 0,920163771063242 | 111010111000111111011010010101 | 0,889695089580207 |
| 59 | 0,849851270997758 | 0,920163771063242 | 111010111000111111011010010101 | 0,889695089580207 |
| 60 | 0,849851256096597 | 0,920164009481821 | 111010111000111111011110010101 | 0,888131899654988 |
| 61 | 0,849851256096597 | 0,920164009481821 | 111010111000111111011110010101 | 0,881881947332883 |
| 62 | 0,787343641545012 | 0,974851509532753 | 111110011000111111011110010101 | 0,889694472672133 |
| 63 | 0,787343879963592 | 0,974851509532753 | 111110011000111111011110010101 | 0,897506972679409 |
| 64 | 0,787343879963592 | 0,974851509532753 | 111110011000111111011110010101 | 0,895944472677954 |
| 65 | 0,787343879963592 | 0,974851509532753 | 111110011000111111011110010101 | 0,895163223422284 |
| 66 | 0,427976270604856 | 0,974851509532753 | 111110011000111111011110010101 | 0,863913079596975 |
| 67 | 0,912343880080007 | 0,974851509532753 | 111110011000111111011110010101 | 0,943599220685288 |
| 68 | 0,912343880080007 | 0,974851509532753 | 111110011000111111011110010101 | 0,962153145263114 |
| 69 | 0,910398384472726 | 0,974851509532753 | 111110011000111111011110010101 | 0,955904671136201 |
| 70 | 0,912343880080007 | 0,974851509532753 | 111110011000111111011110010101 | 0,956099983636383 |
| 71 | 0,912343880080007 | 0,974851509532753 | 111110011000111111011110010101 | 0,956099983636383 |
| 72 | 0,912343880080007 | 0,974851509532753 | 111110011000111111011110010101 | 0,962350746488525 |
| 73 | 0,474851508135769 | 0,974851509532753 | 111110011000111111011110010101 | 0,924851509393054 |
| 74 | 0,974851509532753 | 0,974851569137398 | 111110011000111111011111010101 | 0,974851515493217 |
| 75 | 0,974851509532753 | 0,974851509532753 | 111110011000111111011110010101 | 0,974851509532753 |
| 76 | 0,974851509532753 | 0,974851539335075 | 111110011000111111011110110101 | 0,974851512512985 |
| 77 | 0,974851509532753 | 0,974851539335075 | 111110011000111111011110110101 | 0,974851512512985 |
| 78 | 0,974851509532753 | 0,974851539335075 | 111110011000111111011110110101 | 0,974851512512985 |
| 79 | 0,974851271114174 | 0,974851509532753 | 111110011000111111011110010101 | 0,974851485690895 |
| 80 | 0,974851271114174 | 0,974851509532753 | 111110011000111111011110010101 | 0,974851461849037 |
| 81 | 0,974851271114174 | 0,974851509532753 | 111110011000111111011110010101 | 0,974851438007179 |
| 82 | 0,974851271114174 | 0,974851509532753 | 111110011000111111011110010101 | 0,974851438007179 |
| 83 | 0,974851271114174 | 0,974851509532753 | 111110011000111111011110010101 | 0,974851485597763 |
| 84 | 0,974851271114174 | 0,974851509532753 | 111110011000111111011110010101 | 0,974851485690895 |
| 85 | 0,974851509532753 | 0,974851509532753 | 111110011000111111011110010101 | 0,974851509532753 |
| 86 | 0,849851509416338 | 0,974851509532753 | 111110011000111111011110010101 | 0,962351509521111 |
| 87 | 0,849851509416338 | 0,974851509532753 | 111110011000111111011110010101 | 0,962351509521111 |
| 88 | 0,974729439220139 | 0,974851509532753 | 111110011000111111011110010101 | 0,974839302501491 |
| 89 | 0,974729439220139 | 0,974851509532753 | 111110011000111111011110010101 | 0,97482709547023 |
| 90 | 0,974729435494849 | 0,974851509532753 | 111110011000111111011110010101 | 0,974827071255843 |
| 91 | 0,974729439220139 | 0,974851509532753 | 111110011000111111011110010101 | 0,974839302501491 |
| 92 | 0,974851509532753 | 0,974851509532753 | 111110011000111111011110010101 | 0,974851509532753 |
| 93 | 0,974851509532753 | 0,974851509532753 | 111110011000111111011110010101 | 0,974851509532753 |
| 94 | 0,974851509532753 | 0,974851509532753 | 111110011000111111011110010101 | 0,974851509532753 |
| 95 | 0,974851390323463 | 0,974851509532753 | 111110011000111111011110010101 | 0,974851497611824 |
| 96 | 0,974851509532753 | 0,974851509532753 | 111110011000111111011110010101 | 0,974851509532753 |
| 97 | 0,974851509532753 | 0,974851509532753 | 111110011000111111011110010101 | 0,974851509532753 |
| 98 | 0,970945259529115 | 0,974851509532753 | 111110011000111111011110010101 | 0,974460884532389 |
| 99 | 0,974851509532753 | 0,974851509532753 | 111110011000111111011110010101 | 0,974851509532753 |
| 100 | 0,974851509532753 | 0,974851509532753 | 111110011000111111011110010101 | 0,974851509532753 |

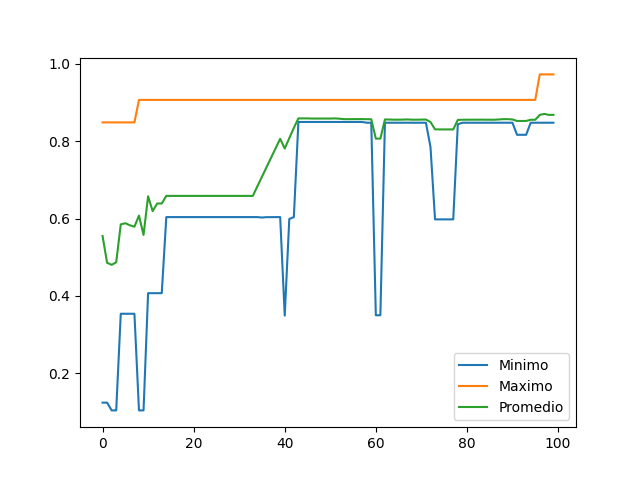
**200 ciclos sin elitismo**





|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Ciclo | Minimo | Maximo | Cromosoma maximo | Promedio |
| 1 | 0,116287680451095 | 0,869415006478704 | 110111101001000111111011010110 | 0,461083050315346 |
| 2 | 0,026611288102913 | 0,709510924955374 | 10110101101000101000001000001 | 0,253231824984059 |
| 3 | 0,016962391340139 | 0,709511252780921 | 101101011010001010000111100010 | 0,196476971634176 |
| 4 | 0,016845663093818 | 0,241287352741964 | 001111011100010100000010000010 | 0,142266210953022 |
| 5 | 0,016845663093818 | 0,241289478951403 | 001111011100010100100101101101 | 0,151429129905467 |
| 6 | 0,016845663093818 | 0,237548788299364 | 001111001100111111111111010101 | 0,16102809641606 |
| 7 | 0,01684556623627 | 0,237548691441816 | 001111001100111111111101101101 | 0,150871894090317 |
| 8 | 0,141845670660814 | 0,23754343878249 | 001111001100111110100101100101 | 0,162382620165481 |
| 9 | 0,141845670660814 | 0,155351978871368 | 001001111100010100100101101101 | 0,143449525854969 |
| 10 | 0,141845670660814 | 0,155351978871368 | 001001111100010100100101101101 | 0,145967634530708 |
| 11 | 0,141845663210233 | 0,155352075728916 | 001001111100010100100111010101 | 0,145967644216463 |
| 12 | 0,141962393319199 | 0,405352075961746 | 011001111100010100100111010101 | 0,168301418580396 |
| 13 | 0,141962393319199 | 0,141962488314102 | 001001000101011110100111010101 | 0,141962478814612 |
| 14 | 0,141962393319199 | 0,141962488314102 | 001001000101011110100111010101 | 0,141962478814612 |
| 15 | 0,141962393319199 | 0,141962488314102 | 001001000101011110100111010101 | 0,141962469315121 |
| 16 | 0,141962484588812 | 0,141962488314102 | 001001000101011110100111010101 | 0,141962487941573 |
| 17 | 0,141962484588812 | 0,141962488314102 | 001001000101011110100111010101 | 0,141962487941573 |
| 18 | 0,141962484588812 | 0,141962488314102 | 001001000101011110100111010101 | 0,141962487941573 |
| 19 | 0,141718347688875 | 0,141962488314102 | 001001000101011110100111010101 | 0,141937883516716 |
| 20 | 0,141960580965467 | 0,141962488314102 | 001001000101011110100111010101 | 0,141961916109512 |
| 21 | 0,141960580965467 | 0,149774988321378 | 001001100101011110100111010101 | 0,142743356845103 |
| 22 | 0,140984018464558 | 0,391962488546933 | 011001000101011110100111010101 | 0,16686406914784 |
| 23 | 0,140984018464558 | 0,391962488546933 | 011001000101011110100111010101 | 0,16686406914784 |
| 24 | 0,141960580965467 | 0,391962488546933 | 011001000101011110100111010101 | 0,166961725397931 |
| 25 | 0,141952951570929 | 0,391962488546933 | 011001000101011110100111010101 | 0,191961343951487 |
| 26 | 0,141952951570929 | 0,391962488546933 | 011001000101011110100111010101 | 0,19196039027717 |
| 27 | 0,141962488314102 | 0,391962488546933 | 011001000101011110100111010101 | 0,265790613429426 |
| 28 | 0,141962488314102 | 0,391962488546933 | 011001000101011110100111010101 | 0,317353113477447 |
| 29 | 0,141962488314102 | 0,391962488546933 | 011001000101011110100111010101 | 0,316962488477083 |
| 30 | 0,141962488314102 | 0,391962488546933 | 011001000101011110100111010101 | 0,2919624884538 |
| 31 | 0,141962488314102 | 0,391962488546933 | 011001000101011110100111010101 | 0,291864832203709 |
| 32 | 0,141947229525025 | 0,391962488546933 | 011001000101011110100111010101 | 0,254259546524155 |
| 33 | 0,141947229525025 | 0,391962488546933 | 011001000101011110100111010101 | 0,266570337551246 |
| 34 | 0,140970667024116 | 0,391962488546933 | 011001000101011110100111010101 | 0,316277368847539 |
| 35 | 0,141962488314102 | 0,391962488546933 | 011001000101011110100111010101 | 0,366156824460399 |
| 36 | 0,390985926046023 | 0,391962488546933 | 011001000101011110100111010101 | 0,391278870954438 |
| 37 | 0,390985687627444 | 0,391962488546933 | 011001000101011110100111010101 | 0,391278870954438 |
| 38 | 0,390985926046023 | 0,391962488546933 | 011001000101011110100111010101 | 0,391376551046387 |
| 39 | 0,390985926046023 | 0,391962488546933 | 011001000101011110100111010101 | 0,391278894796296 |
| 40 | 0,390985866441378 | 0,391962488546933 | 011001000101011110100111010101 | 0,391474201336013 |
| 41 | 0,390985911144862 | 0,391962488546933 | 011001000101011110100111010101 | 0,391474199845897 |
| 42 | 0,375360926031471 | 0,391962488546933 | 011001000101011110100111010101 | 0,389710286995126 |
| 43 | 0,375360926031471 | 0,391962488546933 | 011001000101011110100111010101 | 0,38990560247554 |
| 44 | 0,375360926031471 | 0,391962488546933 | 011001000101011110100111010101 | 0,389801842709819 |
| 45 | 0,375360926031471 | 0,391962488546933 | 011001000101011110100111010101 | 0,389801842709819 |
| 46 | 0,375360926031471 | 0,391962488546933 | 011001000101011110100111010101 | 0,389814048064699 |
| 47 | 0,375360926031471 | 0,391962488546933 | 011001000101011110100111010101 | 0,38805623258283 |
| 48 | 0,37536091113031 | 0,391962488546933 | 011001000101011110100111010101 | 0,387470298062517 |
| 49 | 0,37536091113031 | 0,391962488546933 | 011001000101011110100111010101 | 0,386005454311152 |
| 50 | 0,375360926031471 | 0,391962488546933 | 011001000101011110100111010101 | 0,386786702821764 |
| 51 | 0,37536091113031 | 0,391962488546933 | 011001000101011110100111010101 | 0,383850911803405 |
| 52 | 0,376337473631219 | 0,391962488546933 | 011001000101011110100111010101 | 0,385712482580647 |
| 53 | 0,141962488314102 | 0,391962488546933 | 011001000101011110100111010101 | 0,35914693228821 |
| 54 | 0,142450769564557 | 0,391962488546933 | 011001000101011110100111010101 | 0,359194236024464 |
| 55 | 0,142450769564557 | 0,423212488576036 | 011011000101011110100111010101 | 0,365448053707786 |
| 56 | 0,376337488532381 | 0,423212488576036 | 011011000101011110100111010101 | 0,390399988545477 |
| 57 | 0,376337488532381 | 0,423212488576036 | 011011000101011110100111010101 | 0,396649988551298 |
| 58 | 0,376337488532381 | 0,423212488576036 | 011011000101011110100111010101 | 0,402899988557119 |
| 59 | 0,376337488532381 | 0,423212488576036 | 011011000101011110100111010101 | 0,404462488558574 |
| 60 | 0,376337488532381 | 0,423212488576036 | 011011000101011110100111010101 | 0,398603114205043 |
| 61 | 0,376337488532381 | 0,423212496026617 | 011011000101011110100111011101 | 0,386493740777014 |
| 62 | 0,376337488532381 | 0,391962488546933 | 011001000101011110100111010101 | 0,382196864282896 |
| 63 | 0,376337488532381 | 0,391962488546933 | 011001000101011110100111010101 | 0,382196865027954 |
| 64 | 0,376337488532381 | 0,391962488546933 | 011001000101011110100111010101 | 0,381415615772284 |
| 65 | 0,376337488532381 | 0,391962488546933 | 011001000101011110100111010101 | 0,382978114283623 |
| 66 | 0,376337488532381 | 0,39586873855057 | 011001010101011110100111010101 | 0,384149988539657 |
| 67 | 0,376337488532381 | 0,39586873855057 | 011001010101011110100111010101 | 0,387665613542931 |
| 68 | 0,376337488532381 | 0,895868739016232 | 111001010101011110100111010101 | 0,433759363585859 |
| 69 | 0,376337488532381 | 0,39586873855057 | 011001010101011110100111010101 | 0,38141561353711 |
| 70 | 0,376337488532381 | 0,39586873855057 | 011001010101011110100111010101 | 0,382978113538565 |
| 71 | 0,376337488532381 | 0,39586873855057 | 011001010101011110100111010101 | 0,38141561353711 |
| 72 | 0,376337250113801 | 0,39586873855057 | 011001010101011110100111010101 | 0,379853092674029 |
| 73 | 0,376337250113801 | 0,391962488546933 | 011001000101011110100111010101 | 0,379462443831807 |
| 74 | 0,376337488532381 | 0,391962488546933 | 011001000101011110100111010101 | 0,381024994497211 |
| 75 | 0,376337488532381 | 0,391962488546933 | 011001000101011110100111010101 | 0,380243744496483 |
| 76 | 0,376337488532381 | 0,391962488546933 | 011001000101011110100111010101 | 0,37868124747526 |
| 77 | 0,376337488532381 | 0,391962518349255 | 011001000101011110100111110101 | 0,378681243004912 |
| 78 | 0,376337488532381 | 0,391962488546933 | 011001000101011110100111010101 | 0,379462493005639 |
| 79 | 0,375360926031471 | 0,391962488546933 | 011001000101011110100111010101 | 0,379364838245665 |
| 80 | 0,375360926031471 | 0,391962518349255 | 011001000101011110100111110101 | 0,380927339737236 |
| 81 | 0,375360926031471 | 0,391962503448094 | 011001000101011110100111100101 | 0,382392179018252 |
| 82 | 0,375360926031471 | 0,391962503448094 | 011001000101011110100111100101 | 0,380927339737236 |
| 83 | 0,375482996344085 | 0,39196344222125 | 011001000101011110110111010101 | 0,384064640648723 |
| 84 | 0,376337488532381 | 0,39196344222125 | 011001000101011110110111010101 | 0,388837588381802 |
| 85 | 0,376337488532381 | 0,39196344222125 | 011001000101011110110111010101 | 0,388837774646317 |
| 86 | 0,376337488532381 | 0,39196344222125 | 011001000101011110110111010101 | 0,388837870013749 |
| 87 | 0,376337488532381 | 0,39196344222125 | 011001000101011110110111010101 | 0,384162577040645 |
| 88 | 0,376337488532381 | 0,39196344222125 | 011001000101011110110111010101 | 0,385761888870748 |
| 89 | 0,376337488532381 | 0,392451723471705 | 011001000111011110110111010101 | 0,388886888873658 |
| 90 | 0,376337488532381 | 0,392451723471705 | 011001000111011110110111010101 | 0,388935562026627 |
| 91 | 0,376337488532381 | 0,392451723471705 | 011001000111011110110111010101 | 0,387373157392603 |
| 92 | 0,141962488314102 | 0,392451708570543 | 011001000111011110110111000101 | 0,363935655880659 |
| 93 | 0,376338442206698 | 0,392451723471705 | 011001000111011110110111010101 | 0,390497631384523 |
| 94 | 0,376338322997408 | 0,39196344222125 | 011001000101011110110111010101 | 0,388837571990525 |
| 95 | 0,376338322997408 | 0,39196344222125 | 011001000101011110110111010101 | 0,388837273967301 |
| 96 | 0,376338322997408 | 0,39196344222125 | 011001000101011110110111010101 | 0,390393777741486 |
| 97 | 0,376338322997408 | 0,395862062830349 | 011001010101011100110111010101 | 0,390777727021629 |
| 98 | 0,391902407064943 | 0,395869692224888 | 011001010101011110110111010101 | 0,392341001883467 |
| 99 | 0,391902407064943 | 0,395808657068581 | 011001010101001110110111010101 | 0,392340143576581 |
| 100 | 0,391902407064943 | 0,395869692224888 | 011001010101011110110111010101 | 0,393878420250377 |
| 101 | 0,391902407064943 | 0,458308657126789 | 011101010101001110110111010101 | 0,400122310780103 |
| 102 | 0,391902407064943 | 0,458308657126789 | 011101010101001110110111010101 | 0,419262941758393 |
| 103 | 0,391955812826711 | 0,458308657126789 | 011101010101001110110111010101 | 0,425712831901119 |
| 104 | 0,391955812826711 | 0,891963442686911 | 111001000101011110110111010101 | 0,469658525911773 |
| 105 | 0,391955812826711 | 0,891963442686911 | 111001000101011110110111010101 | 0,505809267522589 |
| 106 | 0,391955812826711 | 0,891963442686911 | 111001000101011110110111010101 | 0,468297823395857 |
| 107 | 0,391955812826711 | 0,895808657534242 | 111001010101001110110111010101 | 0,475714357826593 |
| 108 | 0,391955812826711 | 0,895869692690549 | 111001010101011110110111010101 | 0,456188829854306 |
| 109 | 0,391902407064943 | 0,891959627989642 | 111001000101011101110111010101 | 0,448002108044924 |
| 110 | 0,391955812826711 | 0,891902407530604 | 111001000101001110110111010101 | 0,49233842696281 |
| 111 | 0,391902407064943 | 0,891959627058319 | 111001000101011101110111010100 | 0,491947801589917 |
| 112 | 0,391902407064943 | 0,891902406599282 | 111001000101001110110111010100 | 0,491941698074286 |
| 113 | 0,391902407064943 | 0,891902407530604 | 111001000101001110110111010101 | 0,491941698167419 |
| 114 | 0,14190240590079 | 0,891955813292373 | 111001000101011100110111010101 | 0,516941692137105 |
| 115 | 0,391898592367674 | 0,893908938294192 | 111001001101011100110111010101 | 0,642135485114656 |
| 116 | 0,391898592367674 | 0,891955813292373 | 111001000101011100110111010101 | 0,741933687908513 |
| 117 | 0,891894778136066 | 0,891959627989642 | 111001000101011101110111010101 | 0,891927203062854 |
| 118 | 0,891894778136066 | 0,891955813292373 | 111001000101011100110111010101 | 0,89192033660777 |
| 119 | 0,891894778136066 | 0,891955813292373 | 111001000101011100110111010101 | 0,891913851622412 |
| 120 | 0,891894778136066 | 0,891955813292373 | 111001000101011100110111010101 | 0,891932162169304 |
| 121 | 0,891879519346989 | 0,891959627989642 | 111001000101011101110111010101 | 0,891919573668316 |
| 122 | 0,891879519346989 | 0,891959627989642 | 111001000101011101110111010101 | 0,891902789000331 |
| 123 | 0,891898592833335 | 0,891898592833335 | 111001000101001101110111010101 | 0,891898592833335 |
| 124 | 0,891898592833335 | 0,891898592833335 | 111001000101001101110111010101 | 0,891898592833335 |
| 125 | 0,891898592833335 | 0,891898592833335 | 111001000101001101110111010101 | 0,891898592833335 |
| 126 | 0,891898592833335 | 0,891898592833335 | 111001000101001101110111010101 | 0,891898592833335 |
| 127 | 0,891898592833335 | 0,895804842836973 | 111001010101001101110111010101 | 0,892289217833699 |
| 128 | 0,891898592833335 | 0,895804842836973 | 111001010101001101110111010101 | 0,892289217833699 |
| 129 | 0,891898592833335 | 0,895804842836973 | 111001010101001101110111010101 | 0,892289217833699 |
| 130 | 0,891898592833335 | 0,895804842836973 | 111001010101001101110111010101 | 0,89346109283479 |
| 131 | 0,891898354414756 | 0,897757967838792 | 111001011101001101110111010101 | 0,894437631493842 |
| 132 | 0,891898354414756 | 0,897757967838792 | 111001011101001101110111010101 | 0,894632943994024 |
| 133 | 0,891898354414756 | 0,897757967838792 | 111001011101001101110111010101 | 0,89482825500409 |
| 134 | 0,891898577932174 | 0,897757967838792 | 111001011101001101110111010101 | 0,895218878514337 |
| 135 | 0,891898577932174 | 0,897757967838792 | 111001011101001101110111010101 | 0,894632963365534 |
| 136 | 0,891898577932174 | 0,897757967838792 | 111001011101001101110111010101 | 0,893851713364806 |
| 137 | 0,891898577932174 | 0,897757967838792 | 111001011101001101110111010101 | 0,894047025864988 |
| 138 | 0,891898577932174 | 0,897757967838792 | 111001011101001101110111010101 | 0,893461089854558 |
| 139 | 0,891896685484701 | 0,897757967838792 | 111001011101001101110111010101 | 0,894046826189428 |
| 140 | 0,891896685484701 | 0,897757967838792 | 111001011101001101110111010101 | 0,892777294938245 |
| 141 | 0,891898473624046 | 0,894828280336064 | 111001010001001101110111010101 | 0,893076356773336 |
| 142 | 0,891898473624046 | 0,894828280336064 | 111001010001001101110111010101 | 0,89249041927279 |
| 143 | 0,766896685368285 | 0,894828280336064 | 111001010001001101110111010101 | 0,879996296279129 |
| 144 | 0,766896685368285 | 0,923148473653149 | 111011000101001101110101010101 | 0,882535179967559 |
| 145 | 0,76689847350763 | 0,923148473653149 | 111011000101001101110101010101 | 0,882534822246558 |
| 146 | 0,76689847350763 | 0,923207720670111 | 111011000101011101010111010101 | 0,885720464015119 |
| 147 | 0,76689662576364 | 0,923209508809456 | 111011000101011101110101010101 | 0,891927912264995 |
| 148 | 0,76689662576364 | 0,923209508809456 | 111011000101011101110101010101 | 0,841915502624507 |
| 149 | 0,76689662576364 | 0,923209508809456 | 111011000101011101110101010101 | 0,876308646310408 |
| 150 | 0,76689662576364 | 0,923207720670111 | 111011000101011101010111010101 | 0,907564761776072 |
| 151 | 0,798207720553696 | 0,923209508809456 | 111011000101011101110101010101 | 0,910695871255077 |
| 152 | 0,798207720553696 | 0,923209508809456 | 111011000101011101110101010101 | 0,910701795956773 |
| 153 | 0,923146685513804 | 0,923209508809456 | 111011000101011101110101010101 | 0,923195871266719 |
| 154 | 0,923146685513804 | 0,923209508809456 | 111011000101011101110101010101 | 0,923195871266719 |
| 155 | 0,923146685513804 | 0,92516084567193 | 111011001101011101010111010101 | 0,923391183766901 |
| 156 | 0,923146685513804 | 0,92516084567193 | 111011001101011101010111010101 | 0,923586138639214 |
| 157 | 0,923146685513804 | 0,92516084567193 | 111011001101011101010111010101 | 0,923403033170293 |
| 158 | 0,923146685513804 | 0,92516084567193 | 111011001101011101010111010101 | 0,923378619107771 |
| 159 | 0,923146685513804 | 0,92516084567193 | 111011001101011101010111010101 | 0,923360308560878 |
| 160 | 0,923146685513804 | 0,92516084567193 | 111011001101011101010111010101 | 0,923757037076873 |
| 161 | 0,923146685513804 | 0,92516084567193 | 111011001101011101010111010101 | 0,924159869108498 |
| 162 | 0,923146685513804 | 0,92516084567193 | 111011001101011101010111010101 | 0,924367388639942 |
| 163 | 0,923146685513804 | 0,92516084567193 | 111011001101011101010111010101 | 0,923970660123947 |
| 164 | 0,923146685513804 | 0,92516084567193 | 111011001101011101010111010101 | 0,923775347623765 |
| 165 | 0,923146685513804 | 0,925099810515623 | 111011001101001101010111010101 | 0,923390826139032 |
| 166 | 0,923146685513804 | 0,925099810515623 | 111011001101001101010111010101 | 0,923378619852829 |
| 167 | 0,923146447095225 | 0,925099817966204 | 111011001101001101010111011101 | 0,923366389911032 |
| 168 | 0,923146447095225 | 0,923207728120692 | 111011000101011101010111011101 | 0,923169503848226 |
| 169 | 0,922902544888577 | 0,923207720670111 | 111011000101011101010111010101 | 0,923142060752159 |
| 170 | 0,891896447066121 | 0,92319246374368 | 111011000101011001010111010111 | 0,920010909549902 |
| 171 | 0,891896447066121 | 0,92319246374368 | 111011000101011001010111010111 | 0,916856941875869 |
| 172 | 0,922902544888577 | 0,92319246374368 | 111011000101011001010111010111 | 0,923111542056419 |
| 173 | 0,922948321255807 | 0,985646687434657 | 111111000101001101010111010111 | 0,92936609567084 |
| 174 | 0,922902306469998 | 0,985646687434657 | 111111000101001101010111010111 | 0,935631354652002 |
| 175 | 0,922902544888577 | 0,985646449016078 | 111111000101001101010011010111 | 0,92938593377302 |
| 176 | 0,922902544888577 | 0,924855669890396 | 111011001100001101010111010101 | 0,923253473940541 |
| 177 | 0,922902544888577 | 0,923192461881034 | 111011000101011001010111010101 | 0,923058137598502 |
| 178 | 0,922902544888577 | 0,923634966764259 | 111011000111001101010111010101 | 0,923151192928805 |
| 179 | 0,922902546751222 | 0,92314668737645 | 111011000101001101010111010111 | 0,92307334982145 |
| 180 | 0,921925984250313 | 0,92314668737645 | 111011000101001101010111010111 | 0,922926841604455 |
| 181 | 0,921925984250313 | 0,92314644895787 | 111011000101001101010011010111 | 0,92295123182512 |
| 182 | 0,423146448492209 | 0,92314668737645 | 111011000101001101010111010111 | 0,872853575528463 |
| 183 | 0,921925984250313 | 0,92314668737645 | 111011000101001101010111010111 | 0,922902475225648 |
| 184 | 0,922902546751222 | 0,92314668737645 | 111011000101001101010111010111 | 0,922987948286336 |
| 185 | 0,922902546751222 | 0,92314668737645 | 111011000101001101010111010111 | 0,922951374876268 |
| 186 | 0,922902427541932 | 0,92314668737645 | 111011000101001101010111010111 | 0,922926948892816 |
| 187 | 0,922902427541932 | 0,92314668737645 | 111011000101001101010111010111 | 0,922975777017862 |
| 188 | 0,922902427541932 | 0,92314668737645 | 111011000101001101010111010111 | 0,922926936971887 |
| 189 | 0,922902427541932 | 0,92314668737645 | 111011000101001101010111010111 | 0,922926936971887 |
| 190 | 0,922902427541932 | 0,927052818170798 | 111011010101001101010101010111 | 0,923323665487882 |
| 191 | 0,922902546751222 | 0,927052818170798 | 111011010101001101010101010111 | 0,923738704550768 |
| 192 | 0,922902427541932 | 0,927052937380087 | 111011010101001101010111010111 | 0,923738704550768 |
| 193 | 0,922902546751222 | 0,927052937380087 | 111011010101001101010111010111 | 0,923744819987328 |
| 194 | 0,922902308332643 | 0,930715046758498 | 111011100100001101010111010111 | 0,924519942630567 |
| 195 | 0,922902306469998 | 0,927052937380087 | 111011010101001101010111010111 | 0,924568782490277 |
| 196 | 0,922902306469998 | 0,927052937380087 | 111011010101001101010111010111 | 0,924153719399268 |
| 197 | 0,922902306469998 | 0,927052937380087 | 111011010101001101010111010111 | 0,924581037205254 |
| 198 | 0,922902546751222 | 0,927114449373553 | 111011010101011101011111010111 | 0,924581299651956 |
| 199 | 0,922902546751222 | 0,927114389768908 | 111011010101011101011110010111 | 0,92541776143519 |
| 200 | 0,922904452237212 | 0,927113972536394 | 111011010101011101010111010111 | 0,924587832134765 |

**100 ciclos con elitismo**





|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Ciclo | Minimo | Maximo | Cromosoma maximo | Promedio |
| 1 | 0,123770761418874 | 0,848694079414656 | 110110010100010000000011111000 | 0,554871188900314 |
| 2 | 0,123768450807564 | 0,848694079414656 | 110110010100010000000011111000 | 0,485553352707581 |
| 3 | 0,103662439718528 | 0,848694079414656 | 110110010100010000000011111000 | 0,480206191148801 |
| 4 | 0,103662538438721 | 0,848694079414656 | 110110010100010000000011111000 | 0,486808247665696 |
| 5 | 0,353662439951359 | 0,848694079414656 | 110110010100010000000011111000 | 0,58481487770082 |
| 6 | 0,353662448333262 | 0,848694079414656 | 110110010100010000000011111000 | 0,587884584151101 |
| 7 | 0,353662418530939 | 0,848694079414656 | 110110010100010000000011111000 | 0,582575328631862 |
| 8 | 0,353662418530939 | 0,848694079414656 | 110110010100010000000011111000 | 0,578813893514512 |
| 9 | 0,103687362841971 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,607577846485728 |
| 10 | 0,103688607088932 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,557579279744606 |
| 11 | 0,406894806220098 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,657579155413042 |
| 12 | 0,406894806220098 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,61914917996074 |
| 13 | 0,406894806220098 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,638829875121666 |
| 14 | 0,406894806220098 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,638834557066518 |
| 15 | 0,603686931173957 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,658513812775271 |
| 16 | 0,603688838522591 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,658514280671733 |
| 17 | 0,603693085353536 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,658514367098468 |
| 18 | 0,603693085353536 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,658514219576972 |
| 19 | 0,603693085353536 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,658514376039165 |
| 20 | 0,603693085353536 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,658514280671733 |
| 21 | 0,603693085353536 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,658514280671733 |
| 22 | 0,603693070452375 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,658514332825797 |
| 23 | 0,60369301084773 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,658514386469977 |
| 24 | 0,603693070452375 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,658612476343859 |
| 25 | 0,603693606894178 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,658514493758338 |
| 26 | 0,603693606894178 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,658514493758338 |
| 27 | 0,603693606894178 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,658514495248454 |
| 28 | 0,603693606894178 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,658514878208297 |
| 29 | 0,603693606894178 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,658515258187908 |
| 30 | 0,603693606894178 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,65851526116814 |
| 31 | 0,603693621795339 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,658514881188529 |
| 32 | 0,603693621795339 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,65851526116814 |
| 33 | 0,603693621795339 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,658517161066194 |
| 34 | 0,603693621795339 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,658517149145265 |
| 35 | 0,603693621795339 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,683517149168548 |
| 36 | 0,602600329185464 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,708016814950869 |
| 37 | 0,603577258627468 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,73273624548012 |
| 38 | 0,603577258627468 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,757247929048955 |
| 39 | 0,603697054650352 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,781771667098414 |
| 40 | 0,603697436492608 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,806283447897326 |
| 41 | 0,34881462375523 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,780990441498338 |
| 42 | 0,598814623988061 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,807943605266459 |
| 43 | 0,603697293068932 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,834414550507827 |
| 44 | 0,84979105261135 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,859030030536493 |
| 45 | 0,84979105261135 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,859017837475071 |
| 46 | 0,84979105261135 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,859017809535393 |
| 47 | 0,84979105261135 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,858627184535029 |
| 48 | 0,84979105261135 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,858627279902461 |
| 49 | 0,84979105261135 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,858627375269893 |
| 50 | 0,849791192309736 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,858627389239732 |
| 51 | 0,84979117182064 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,858627307842138 |
| 52 | 0,84979105261135 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,859017920921573 |
| 53 | 0,84979105261135 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,858236765915749 |
| 54 | 0,849791184859156 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,857065174409249 |
| 55 | 0,849791192309736 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,857065023907521 |
| 56 | 0,849791192309736 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,857113689609909 |
| 57 | 0,849791192309736 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,857162613102386 |
| 58 | 0,849791192309736 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,85721134586 |
| 59 | 0,847839020982235 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,856967484631545 |
| 60 | 0,847839020982235 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,856772269733969 |
| 61 | 0,349792123166651 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,806674801191944 |
| 62 | 0,349792123166651 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,806674708059686 |
| 63 | 0,847838998630493 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,856284276820984 |
| 64 | 0,847838998630493 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,856088964320802 |
| 65 | 0,847838998630493 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,855698339320438 |
| 66 | 0,847838998630493 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,855698339320438 |
| 67 | 0,847839020982235 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,85589365182062 |
| 68 | 0,847838998630493 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,856284272350636 |
| 69 | 0,847838998630493 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,855698337085264 |
| 70 | 0,847838998630493 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,85569833485009 |
| 71 | 0,847838998630493 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,855893642879924 |
| 72 | 0,847838998630493 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,856088953144931 |
| 73 | 0,785338998572285 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,849643638403754 |
| 74 | 0,597838998397662 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,83069832588611 |
| 75 | 0,597838998397662 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,830503013385928 |
| 76 | 0,597839005848243 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,830503014130986 |
| 77 | 0,597838998397662 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,830503014130986 |
| 78 | 0,597838998397662 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,830503014130986 |
| 79 | 0,843932748626855 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,855112388408848 |
| 80 | 0,847838998630493 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,855551841534257 |
| 81 | 0,847838998630493 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,855600669659302 |
| 82 | 0,847838998630493 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,855649497784348 |
| 83 | 0,847838998630493 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,855649497784348 |
| 84 | 0,847838998630493 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,855747154034439 |
| 85 | 0,847838998630493 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,855655601299979 |
| 86 | 0,847838998630493 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,855570152081149 |
| 87 | 0,847835183933224 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,855520942486377 |
| 88 | 0,847835183933224 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,856296088971473 |
| 89 | 0,847835185795869 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,857077339158466 |
| 90 | 0,847835185795869 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,857077339158466 |
| 91 | 0,847835185795869 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,856289985642107 |
| 92 | 0,816588998601389 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,852378013406301 |
| 93 | 0,816588998601389 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,852378013406301 |
| 94 | 0,816588998601389 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,852378013406301 |
| 95 | 0,847835183933224 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,855502631939484 |
| 96 | 0,847835183933224 | 0,906901958311817 | 111010000010101010111010000010 | 0,855502250469758 |
| 97 | 0,847838998630493 | 0,972838998746908 | 111110010000101111111010000000 | 0,868100669670944 |
| 98 | 0,847838998630493 | 0,972838998746908 | 111110010000101111111010000000 | 0,870639638482258 |
| 99 | 0,847838998630493 | 0,972838998746908 | 111110010000101111111010000000 | 0,868100669857208 |
| 100 | 0,847838998630493 | 0,972838998746908 | 111110010000101111111010000000 | 0,868198326293564 |

# 

# 

# 

# Conclusiones

* Al aumentar el número de ciclos, aumenta la probabilidad de encontrar una población con cromosomas de un valor mayor.
* Se observa que sin elitismo, en algunas corridas el valor del máximo cromosoma de la última población es inferior a algunos máximos obtenidos previamente
* Al activar elitismo, con el paso de los ciclos, los valores aumentan en menor proporción ya que los cromosomas que forman parte de la élite van mejorando cada vez más y se hace muy difícil que surja un cromosoma nuevo con un mayor valor a los de la misma.
* Al activar elitismo, los valores máximos de la función nunca disminuyen y tienden a 1 cuando finaliza la ejecución
* Aumentar los valores de mutación incrementa mucho las variaciones de los valores y permite que el algoritmo no converja tan rápidamente.
* Si los valores de mutación se aumentan demasiado, aumenta la probabilidad de que el algoritmo pierda cromosomas con altos valores que podrían ser utilizados para mejorar los resultados obtenidos en las posteriores poblaciones, haciendo que al final de la ejecución del programa no se logre obtener el cromosoma óptimo en la población.
* Al disminuir la cantidad de cromosomas en la población, la probabilidad de obtener al cromosoma óptimo en la población es casi nula.
* Al aumentar la cantidad de cromosomas con elitismo, los valores tienden a variar menos hasta que, al llegar al tamaño de la población, los valores de la función dejan de evolucionar.
* Al disminuir la probabilidad de crossover, los cromosomas varían menos hasta que, cuando la probabilidad llega al 0%, los únicos cambios que se observan en los cromosomas son los realizados por las mutaciones.
* Al realizar pocos ciclos las probabilidades de encontrar al óptimo en la población son muy bajas.