

# Algoritmos Genéticos

## SIA-TP2

### 2022 1C

Sicardi, Julián Nicolás - Legajo 60347

Quintairos, Juan Ignacio - Legajo 59715

Zavalía Pángaro, Salustiano J. - Legajo 60312



# Descripción del problema

- Valores de entrada : vectores de 3 componentes ( $\xi$ )
- Reacción de reactivo: 1 o 0
- Definición de función  $F$  con  $W$  vector 1x3,  $w$  matriz 2x3 y  $w_0$  vector 1x2

$$F(W, w, w_0, \xi) = g\left(\sum_{j=1}^2 W_j g\left(\sum_{k=0}^2 w_{jk} \xi_k - w_{0j}\right) - W_0\right)$$

$$W = \begin{pmatrix} W_0 \\ W_1 \\ W_2 \end{pmatrix}$$

$$w = \begin{pmatrix} w_{11} & w_{12} & w_{13} \\ w_{21} & w_{22} & w_{23} \end{pmatrix}$$

$$w_0 = (w_{01}, w_{02})$$

$$g(x) = \frac{e^x}{1 + e^x}$$



# Descripción del problema

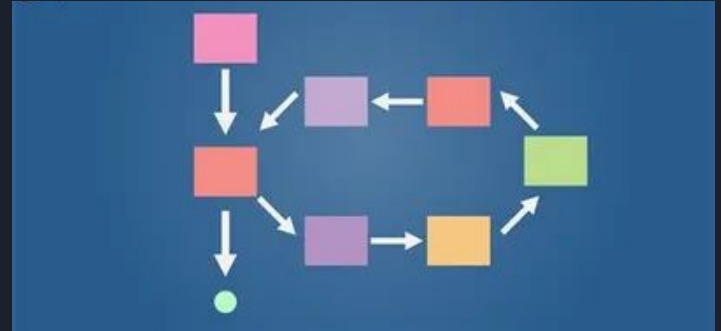
- Objetivo: obtener valores de  $W$ ,  $w$  y  $w_0$  que minimicen error de  $F$ .
- Uso de algoritmo genético:
  - Función de fitness:  $f(i) = -E(i)$
  - Cromosoma del individuo:  $W$ ,  $w$  y  $w_0$  como vector de 11 componentes ( $X$ )

$$E(W, w, w_0) = \sum_{k=1}^3 (\zeta^k - F(W, w, w_0, \xi^k))^2$$

$$X = (W_0, W_1, W_2, w_{11}, w_{12}, w_{13}, w_{21}, w_{22}, w_{23}, w_{01}, w_{02})$$

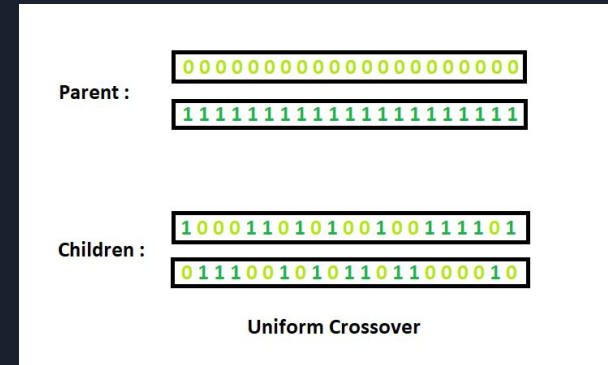
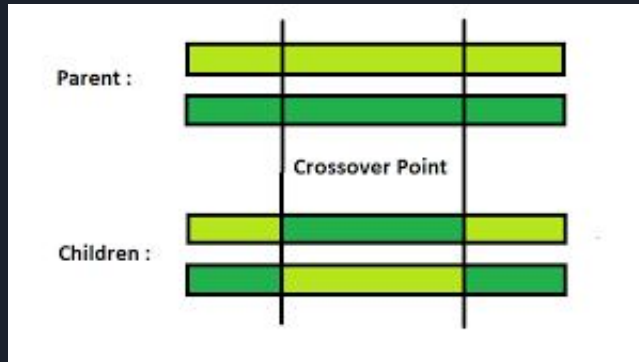
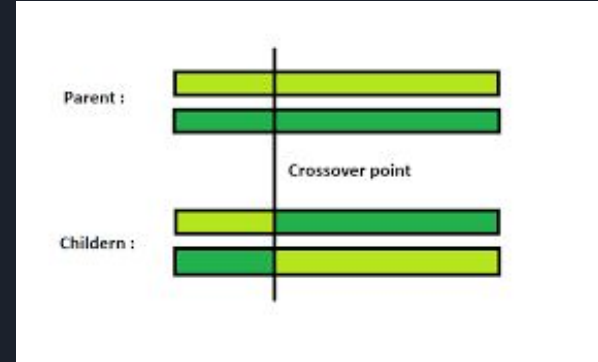
# Mecanismo de solución

- Pasos de algoritmo :
  1. Generar población inicial de tamaño P (Distribución uniforme con límite parametrizado) y calcular fitness de la población inicial
  2. Aplicar mecanismo de cruza para generar P individuos nuevos
  3. Aplicar mecanismo de mutación sobre los P individuos nuevos
  4. Calcular fitness de la población
  5. Aplicar mecanismo de selección para seleccionar P individuos
  6. Evaluar criterios de corte
    - i. Generaciones máximas
    - ii. Límite aceptable de error
  7. Iterar hasta llegar a un corte



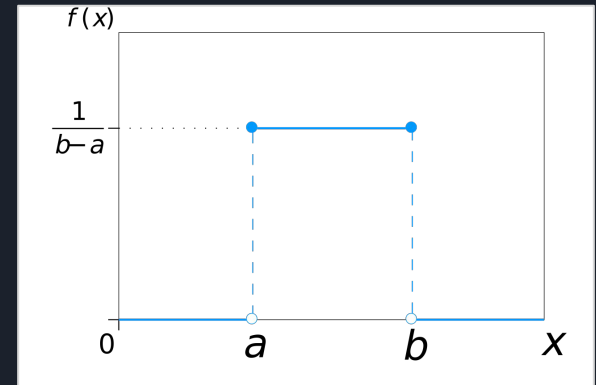
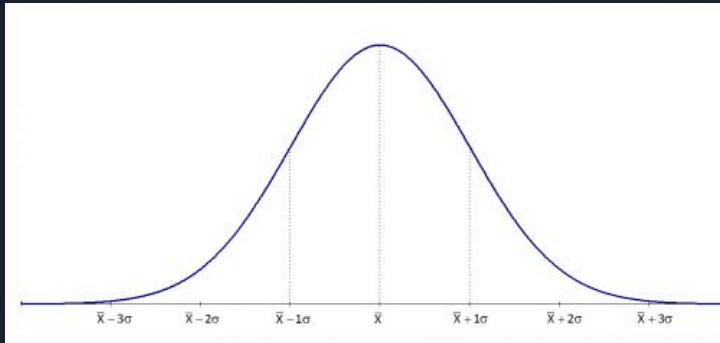
# Métodos de cruzamiento

- Métodos de cruce:
  - Simple
  - Múltiple
    - n: puntos a tomar
  - Uniforme



# Métodos de mutación

- Métodos de mutación:
  - Uniforme:
    - $a$ : distribución uniforme en  $[-a,a]$
  - Normal:
    - $\sigma$ : distribución normal en  $[0,\sigma]$



# Métodos de selección

- Elitistas
  - Elite
- Estocásticos
  - Roulette
  - Rank
  - Tournament (con y sin reemplazo):
    - umbral
  - Truncation:
    - $k$ : valor de corte
  - Boltzmann:
    - $k$
    - $T_0$
    - $T_c$





# Configuración inicial

- Archivo config.json

```
{
  "initial_values": [[4.4793,-4.0765,-4.0765],[-4.1793,-4.9218,1.7664],[-3.9429,-0.7689,4.883]],
  "initial_results": [0,1,1],
  "limit_first_generation": 10,
  "population_size": 50,
  "generations": 1000,
  "error_threshold": 1e-50,
  "output_path": "resources/output1",
  "crossbreeding": {
    "method": "uniform"
  },
  "mutation": {
    "method": "normal",
    "probability": 0.5,
    "sigma": 2
  },
  "selection": {
    "method": "tournament_wr",
    "tournament_threshold": 0.8
  }
}
```





# Configuración inicial: Parámetros

- Generales

- initial\_results
- limit\_first\_generation
- generations
- error\_threshold
- output\_path

- Cruza

- crossbreeding
  - method
  - multiple\_point\_n

- Mutación

- mutation
  - method
  - probability
  - sigma
  - a

- Selección

- selection
  - method
  - truncation\_k
  - tournament\_threshold
  - boltzmann\_k
  - boltzmann\_tc
  - boltzmann\_t0



# Ejecución


- python3 main.py

```
First population's allele values: [-10, 10]
Population's size: 50
Generations limit: 1000
Error Threshold: 1e-50
Crossbreeding: uniform
Mutation: normal, probability: 0.5, sigma: 2
Selection: tournament_wr, threshold: 0.8
W: [7.714243422760603, 47.06737362474332, -50.68331596854343]
w: [[-8.559207502826949, -3.4729295117905568, 4.4823858444496505], [0.3904053390333626, 1.3970113322187978, -14.554789659016887]]
w0: [0.5838678723794644, 4.599854758640223]
Func val:[
  E1: 4.3477263336757e-26
  E2: 1.0
  E3: 1.0
]
Error val: 1.8902724272537144e-51
Generations: 59
Time: 0.0623 s
```



# Análisis de resultados

- Objetivo: Encontrar la combinación óptima de métodos y parámetros para alcanzar el menor valor de error
- Idea básica: primero encontrar los parámetros óptimos para cada método y luego comparar estas formas optimizadas entre sí.
- Observables: [ObservableHQ](#)
  - Fitness máximo y mínimo (-E) en cada generación, con la generación como criterio de corte.
  - Cantidad de generaciones hasta la solución, con un error máximo como criterio de corte.



# Experimentación: Características

- En todos los experimentos se toman como valores:
  - Población : 50 individuos
  - Corte de generaciones: 1000 generaciones
  - Individuos iniciales generados random con distribución uniforme entre  $[-10, 10]$
  - Para experimentos de generaciones, criterios de error tomados son  $1e-1$   $1e-10$ ,  $1e-50$
  - Valores iniciales y resultados iniciales como la consigna



## Experimentación: definición de experimentos

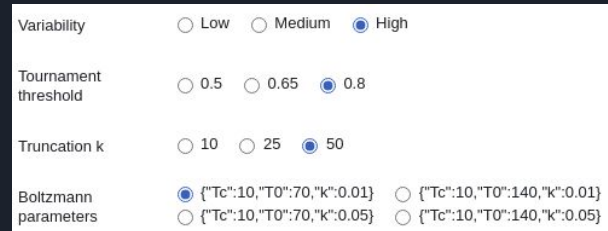
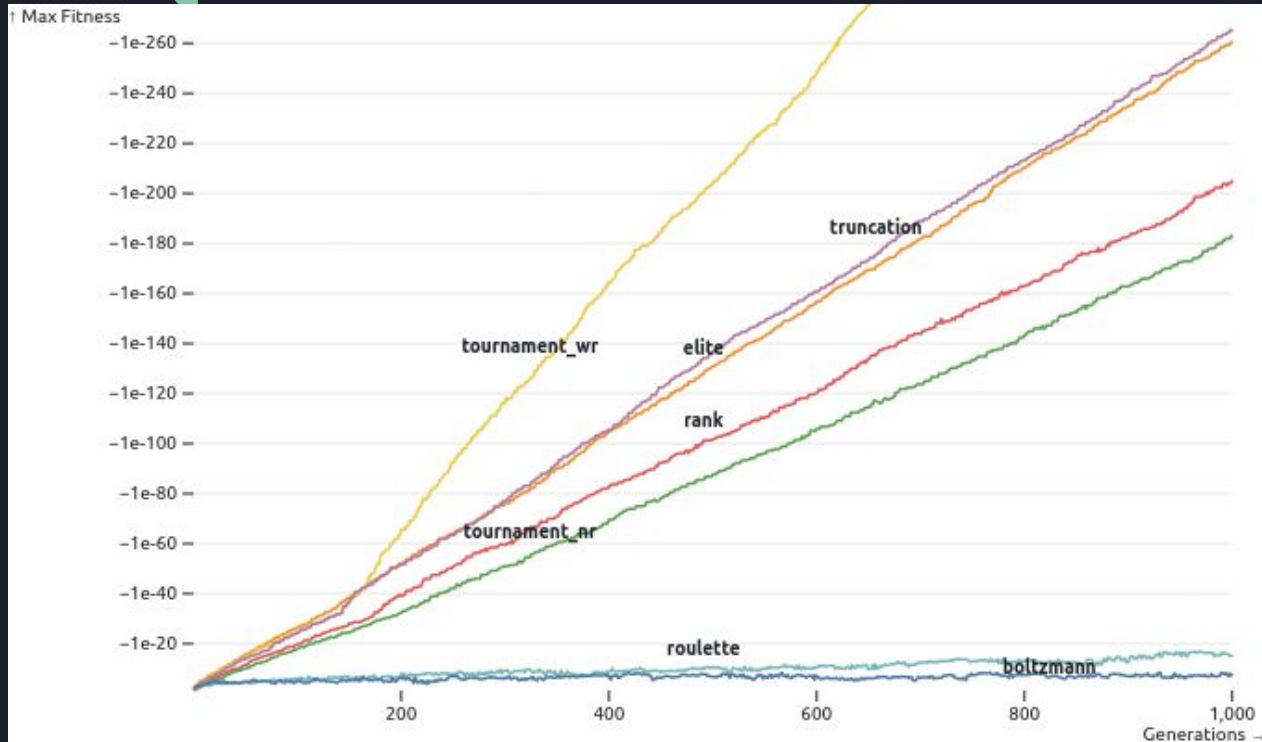
- Análisis de los métodos para intentar encontrar las variantes óptimas de estos y luego compararlos entre sí para definir cuál es el más apto.
- Experimento 1: Análisis de los métodos de selección.
- Experimento 2: Análisis de los métodos de cruza.
- Experimento 3 y 4: Análisis de los métodos de mutación.
  - Experimento 3: variación de parámetro  $\alpha$  y  $\sigma$ .
  - Experimento 4: variación de parámetro  $p$ .



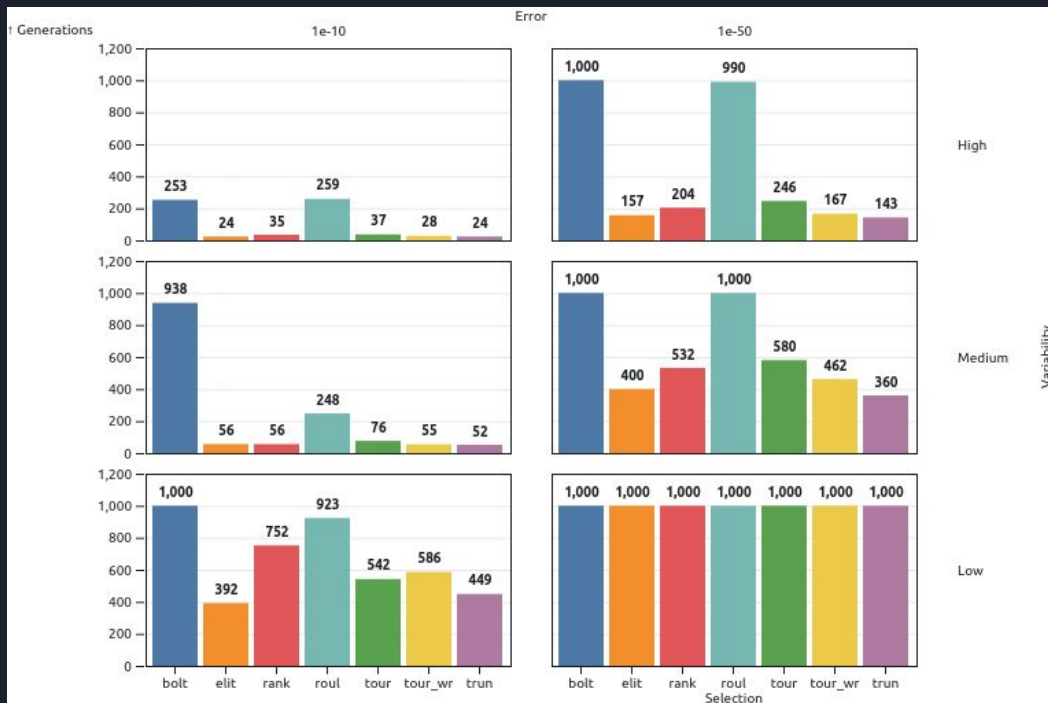
# Experimento 1: Selección

- Método de selección óptimo
- Variabilidad: 3 escenarios de variabilidad, con mutación uniforme y cruce simple: baja ( $p=0.05$ ,  $a=0.1$ ), media ( $p=0.1$ ,  $a=1$ ), alta ( $p=0.2$ ,  $a=2$ )
- Umbral de torneos (con y sin reemplazo): 0.5, 0.65, 0.80
- K de truncación: 10, 25, 50
- Parámetros de boltzmann: se utilizan como  $T_c$ ,  $T_0$  y  $k$  respectivamente los valores
  - $T_c=10, T_0=70, k=0.01$
  - $T_c=10, T_0=140, k=0.01$
  - $T_c=10, T_0=70, k=0.05$
  - $T_c=10, T_0=140, k=0.05$

# Experimento 1: Fitness máximo



# Experimento 1: Generaciones



Tournament threshold

☐ 0.5 ☐ 0.65 ☒ 0.8

Truncation k

☐ 10 ☐ 25 ☒ 50

Boltzmann parameters

☒ {"Tc":10,"T0":70,"k":0.01} ☐ {"Tc":10,"T0":140,"k":0.01}  
☐ {"Tc":10,"T0":70,"k":0.05} ☐ {"Tc":10,"T0":140,"k":0.05}

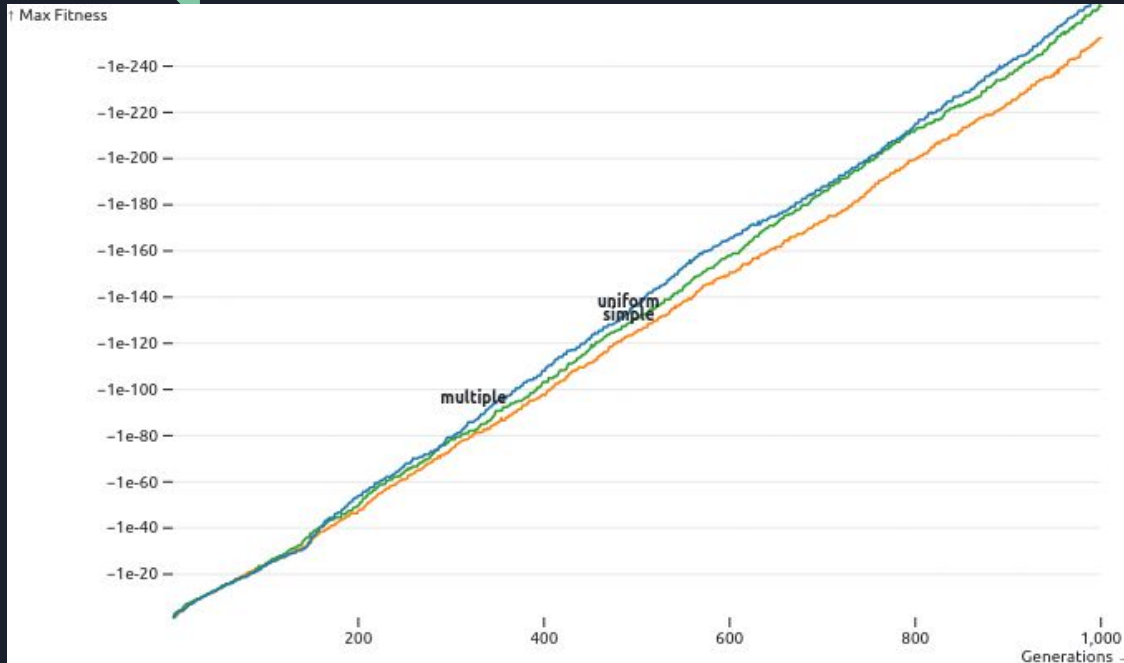




## Experimento 2: Cruza

- Método de cruza óptimo
- Mutación: Igual al anterior (alta, media y baja)
- Selección: El óptimo del experimento anterior (torneo sin reemplazo con umbral de 0.8)
- Número de puntos para la cruza múltiple: 2, 4, 6

## Experimento 2: Fitness máximo



Variability

☐ Low

☐ Medium

☒ High

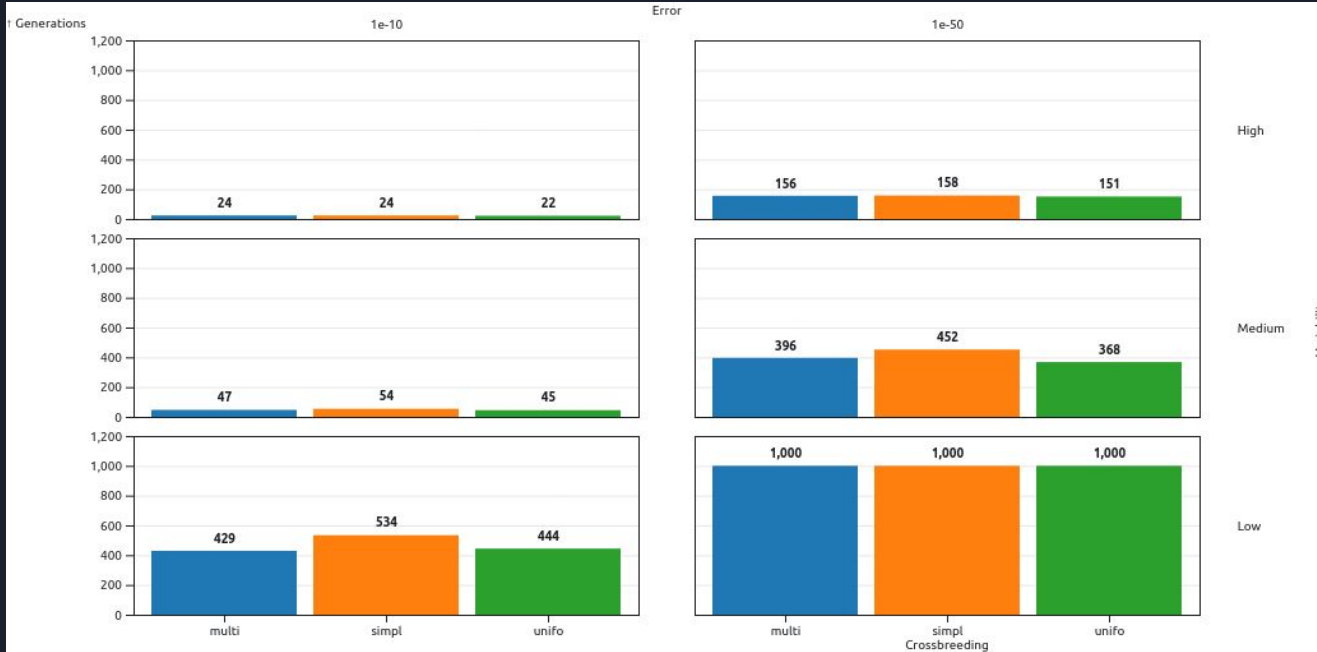
Number of points for  
multiple

☐ 2

☒ 4

☐ 6

## Experimento 2: Generaciones



Number of points for multiple

☐ 2

☒ 4

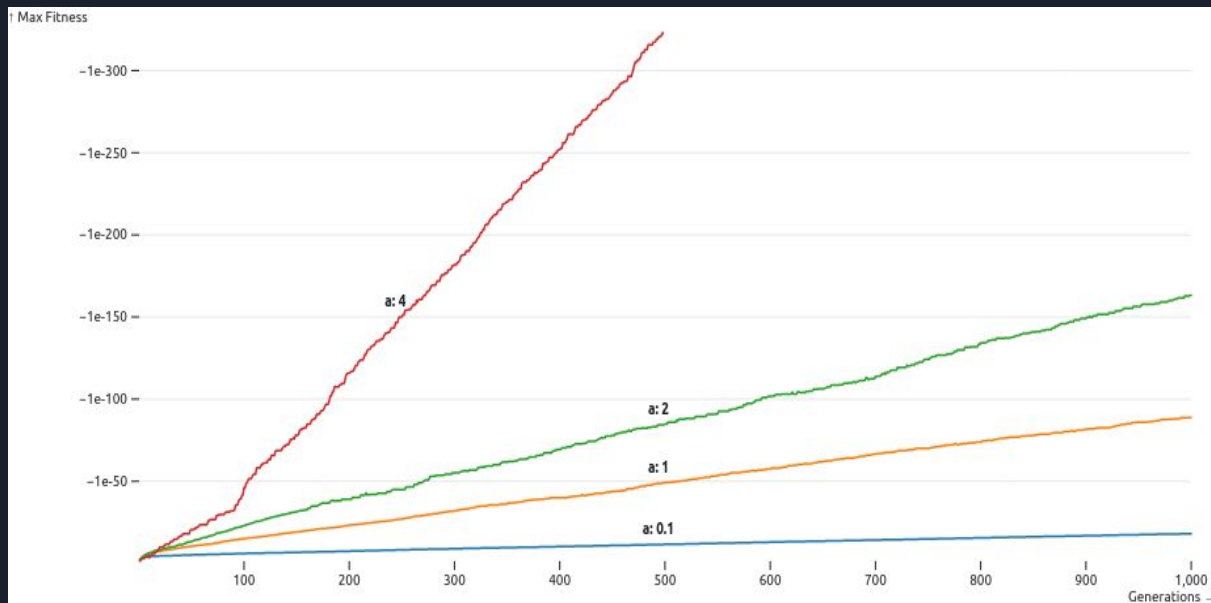
☐ 6



## Experimento 3: Mutación ( $a / \sigma$ )

- Método de mutación óptimo, variando los parámetros  $a$  y  $\sigma$
- Selección: El óptimo del experimento 1 (torneo sin reemplazo con umbral de 0.8)
- Cruza: La óptima del experimento 2 (cruza múltiple con 4 puntos)
- Probabilidad: 0.1
- Valores de  $a/\sigma$ : (0.1,0.05), (1,0.5), (2,1), (4,2)
- Relación  $\sigma$ :  $a/2$  (para mantener amplitud)

## Experimento 3: Fitness máximo



Mutation

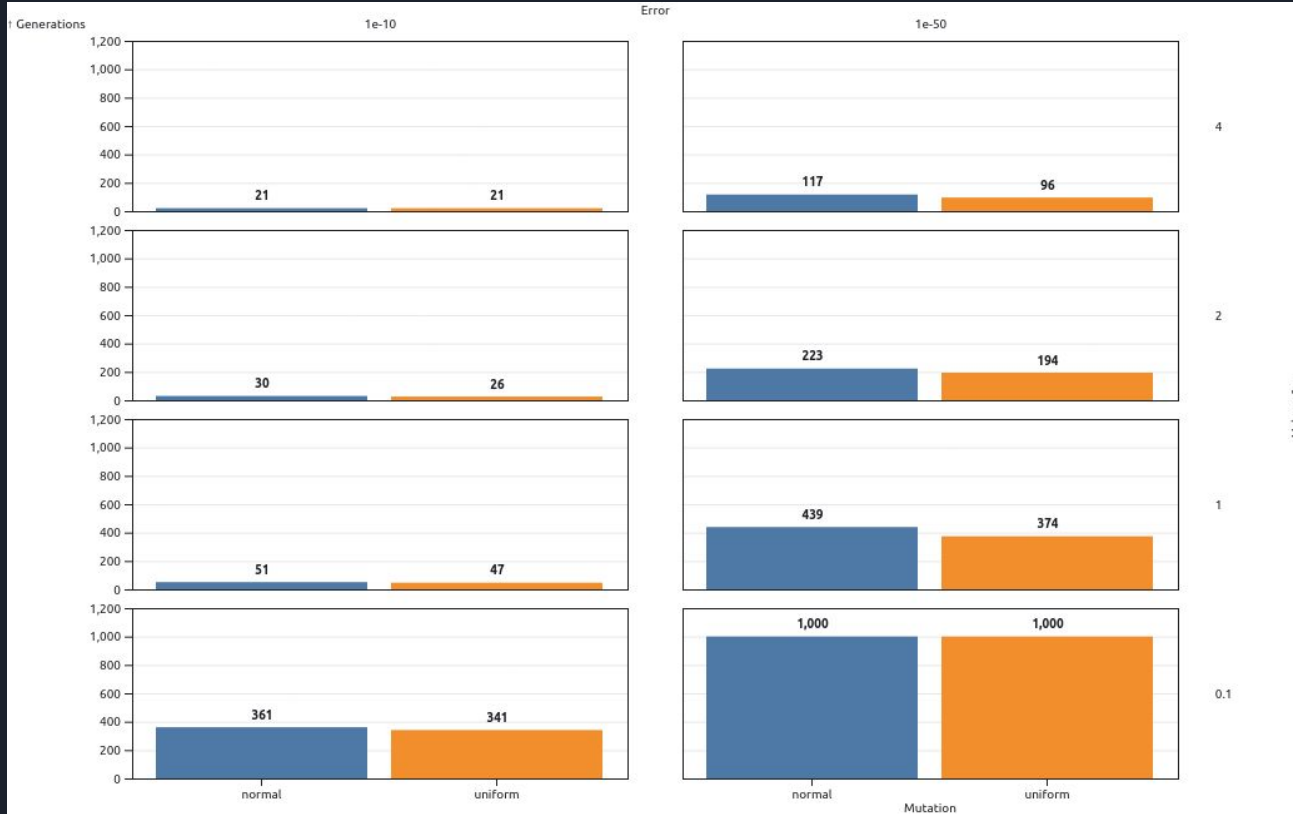


uniform



normal

# Experimento 3: Generaciones

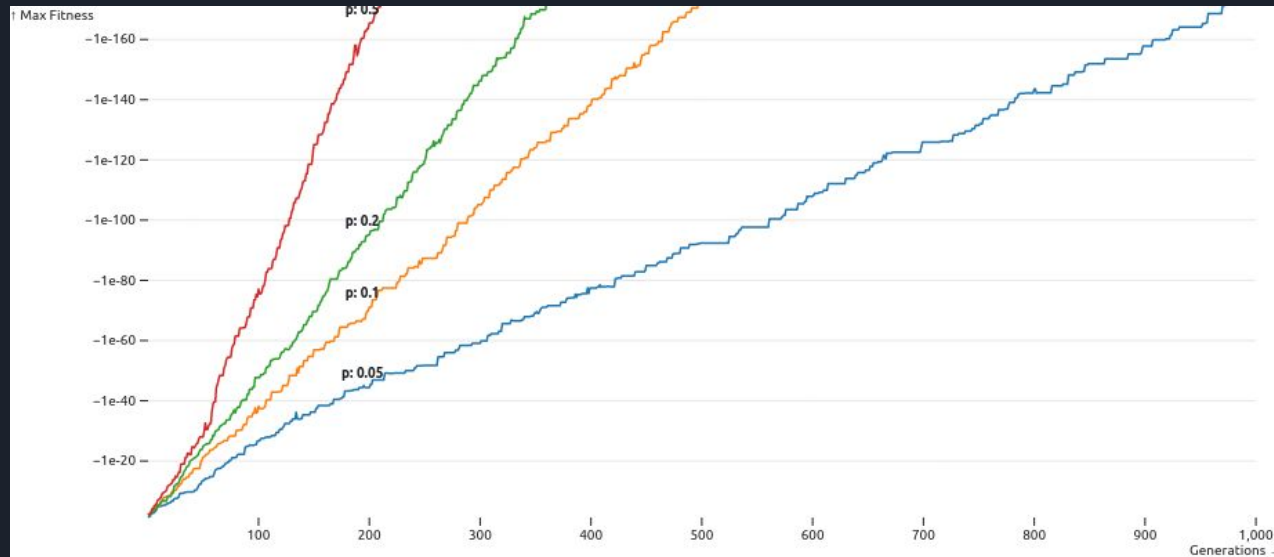




## Experimento 4: Mutación (p)

- Método de mutación óptimo, variando el parámetro  $p$
- Selección: El óptimo del experimento 1 (torneo sin reemplazo con umbral de 0.8)
- Cruza: La óptima del experimento 2 (cruza múltiple con 4 puntos)
- Valor de  $a/\sigma$ : El óptimo del experimento 3 ( $a = 4$ ,  $\sigma=2$ )
- Probabilidades: 0.05, 0.1, 0.2, 0.5

# Experimento 4: Fitness

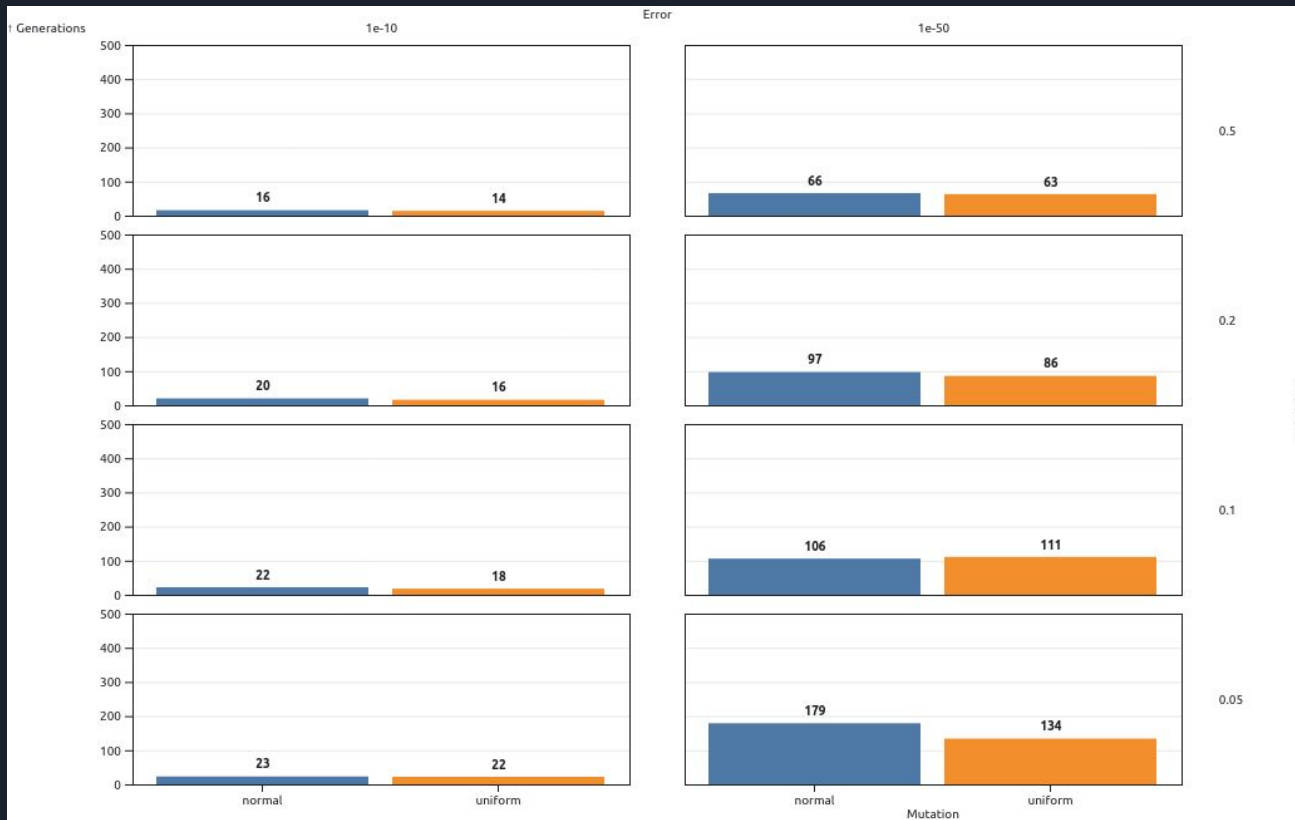


Mutation

☒ uniform ☐ normal



# Experimento 4: Generaciones





# Conclusiones

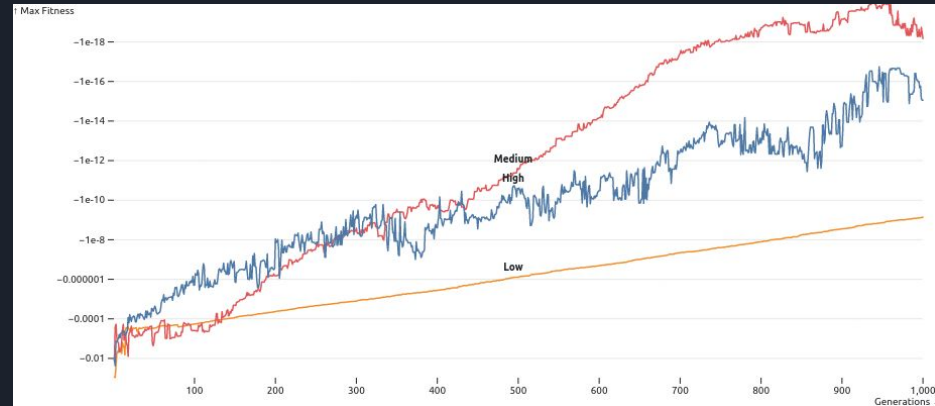
- Metodo de seleccion: torneo con reemplazo y umbral 0.8
- Método de cruza: cruza múltiple con 4 puntos
- Método de mutación: uniforme con  $p=0.5$
- ¿Y para un problema más complejo?  
<https://observablehq.com/@a3152d54413ef2ed/tp-2-sia-2022q1#cell-1276>



¡Muchas  
Gracias!

## Anexo: Selección Ruleta

Fitness máximo

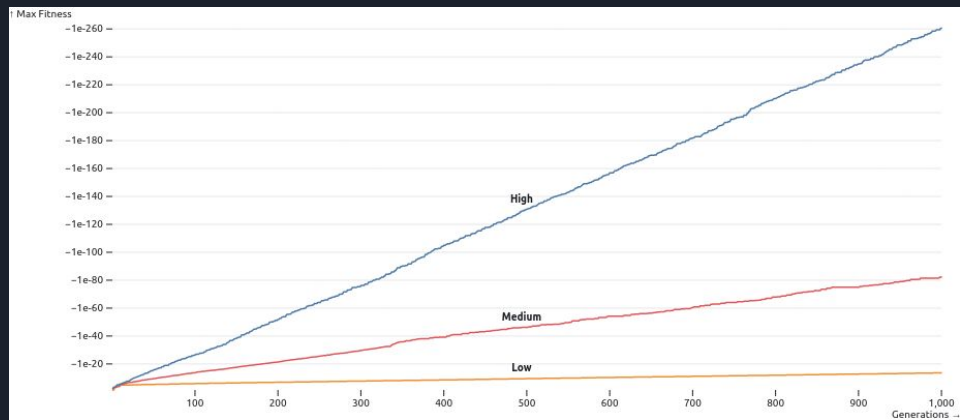


Fitness mínimo

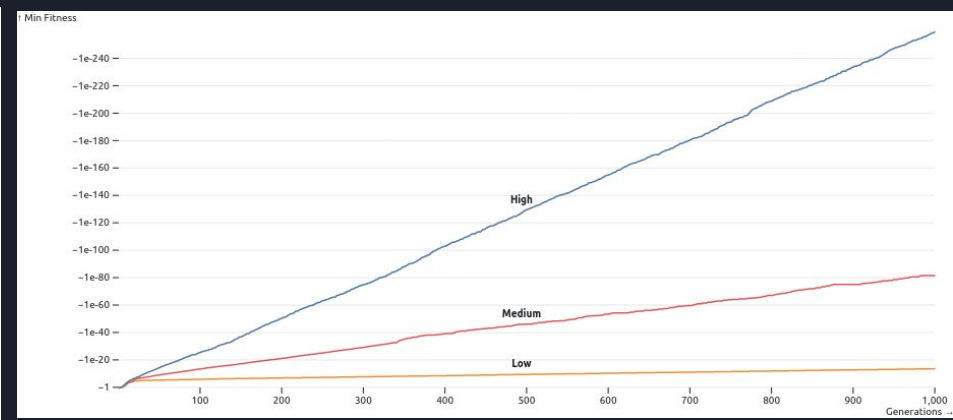


# Anexo: Selección Elite

## Fitness máximo

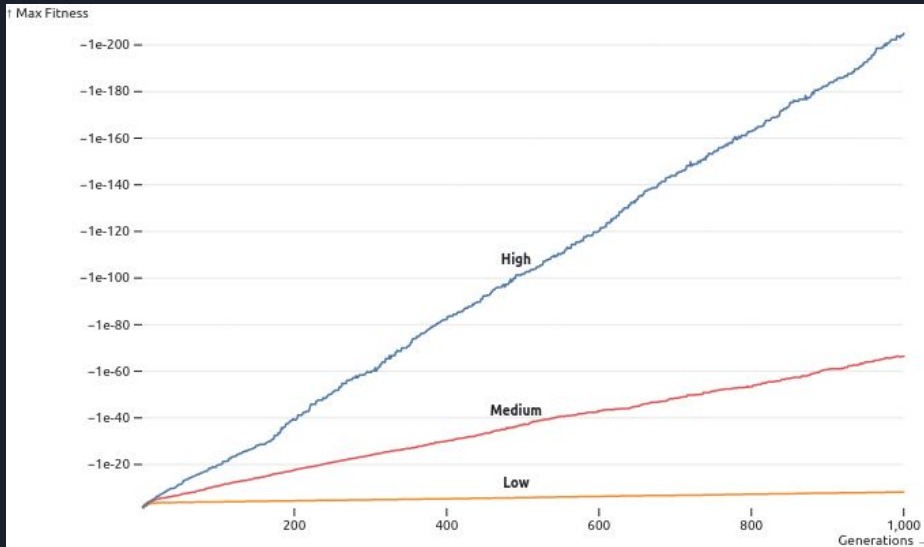


## Fitness mínimo

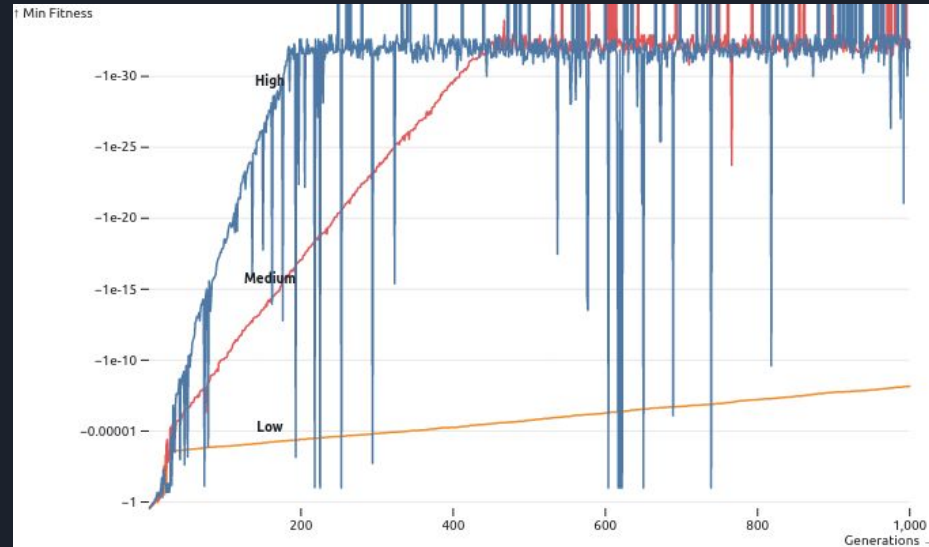


# Anexo: Selección Rank

## Fitness máximo



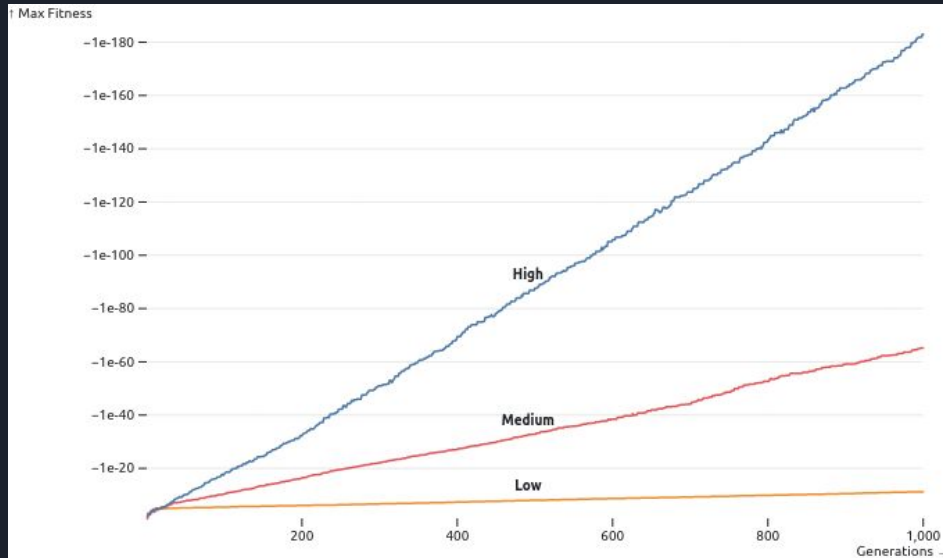
## Fitness mínimo



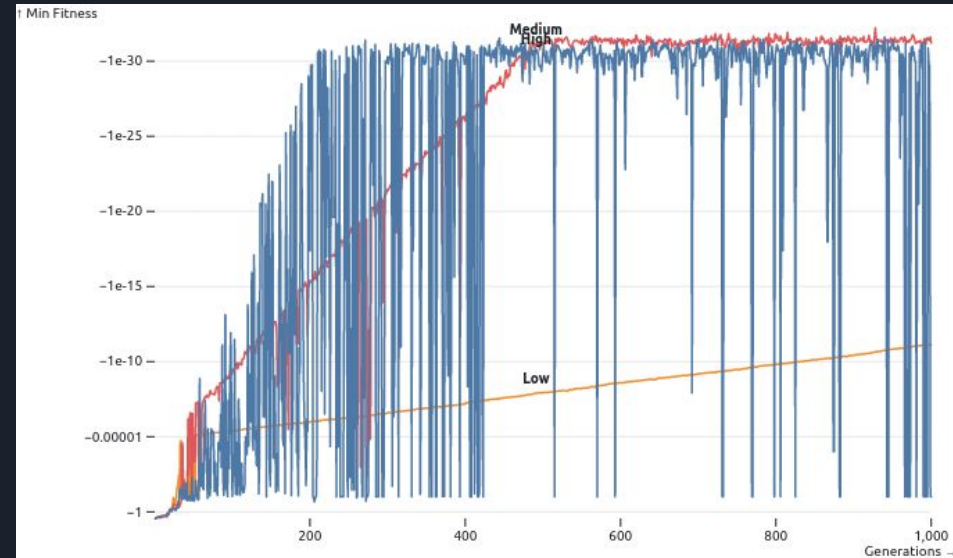
# Anexo: Selección Torneo sin reemplazo

Umbral = 0.8

Fitness máximo



Fitness mínimo

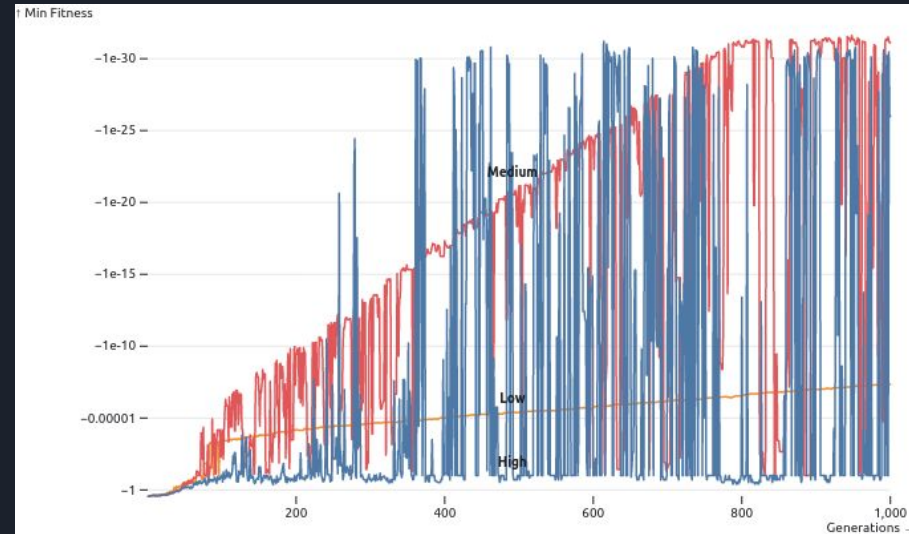
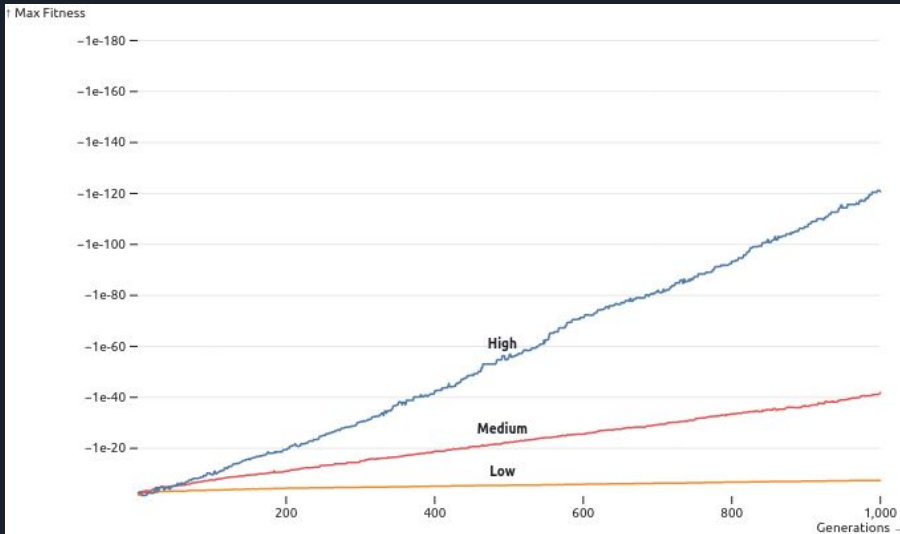


# Anexo: Selección Torneo sin reemplazo

Umbral = 0.65

Fitness máximo

Fitness mínimo

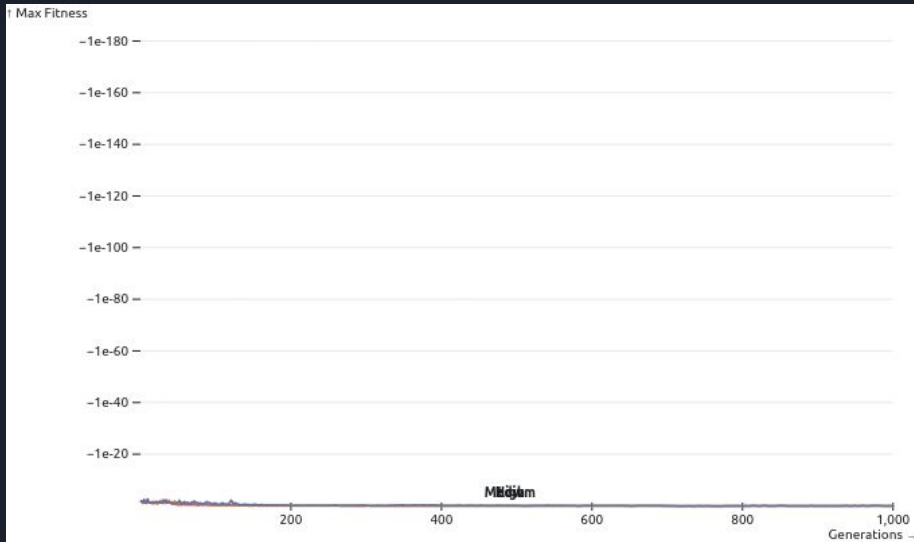




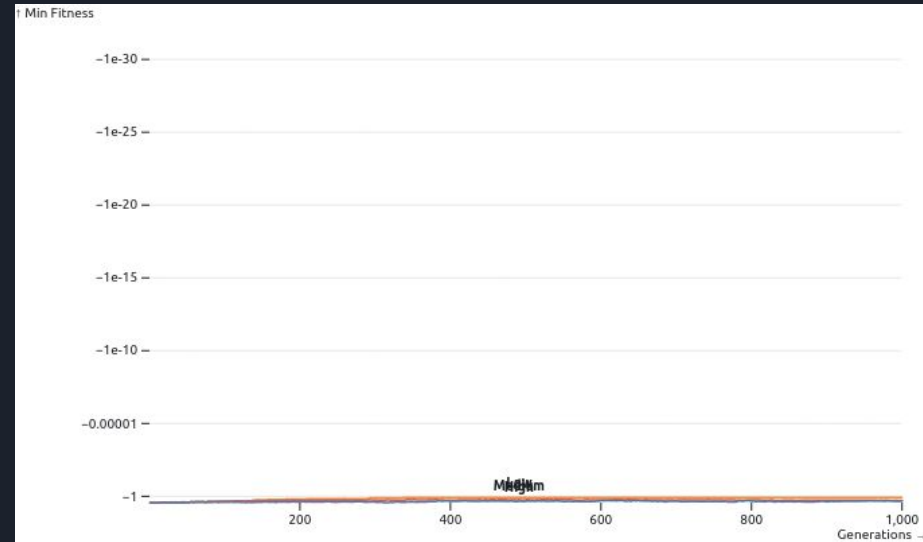
# Anexo: Selección Torneo sin reemplazo

Umbral = 0.5

Fitness máximo



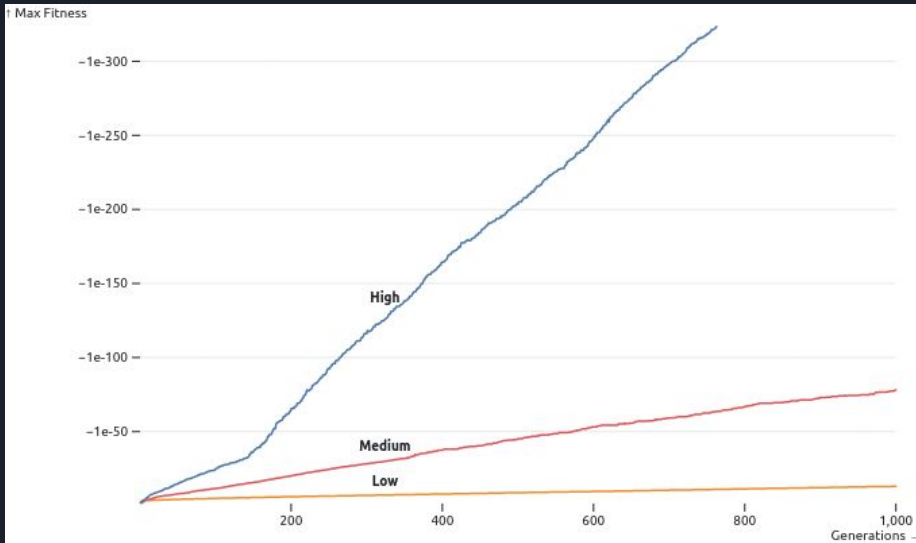
Fitness mínimo



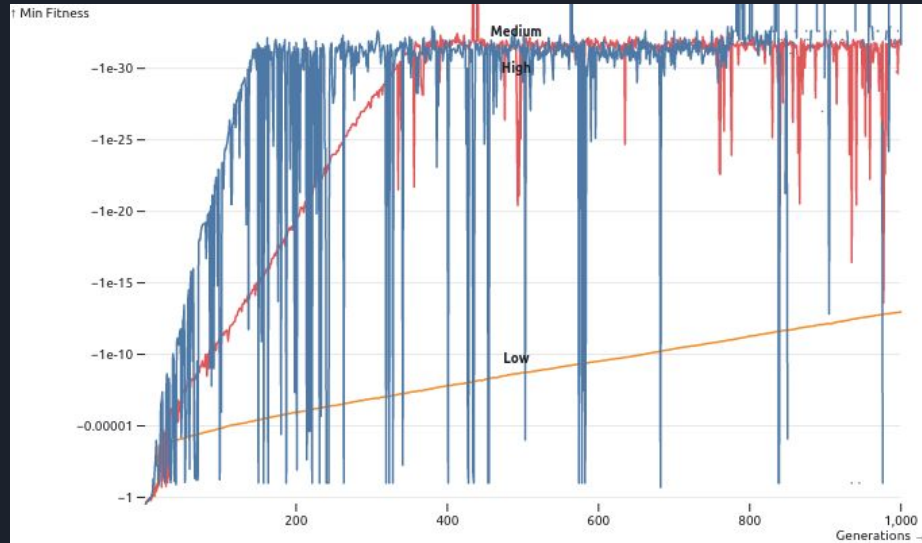
# Anexo: Selección Torneo con reemplazo

Umbral = 0.8

## Fitness máximo



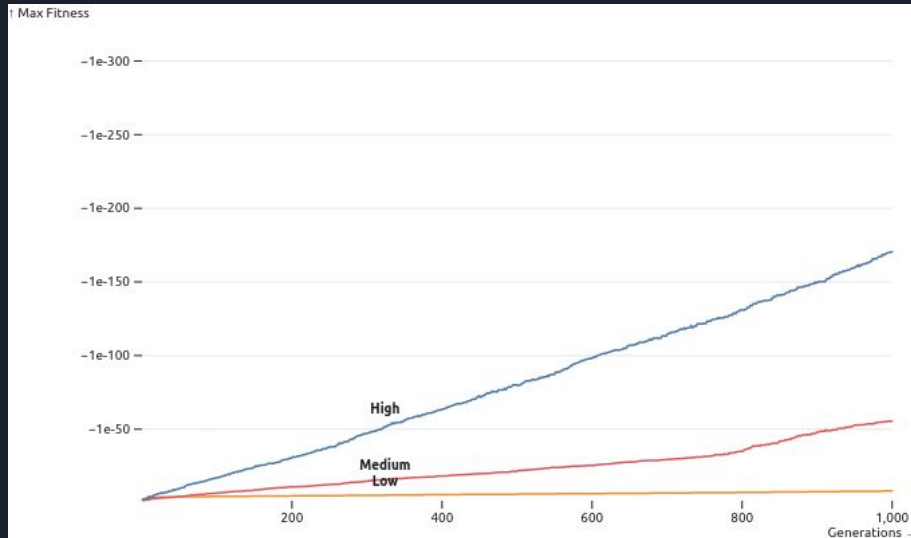
## Fitness mínimo



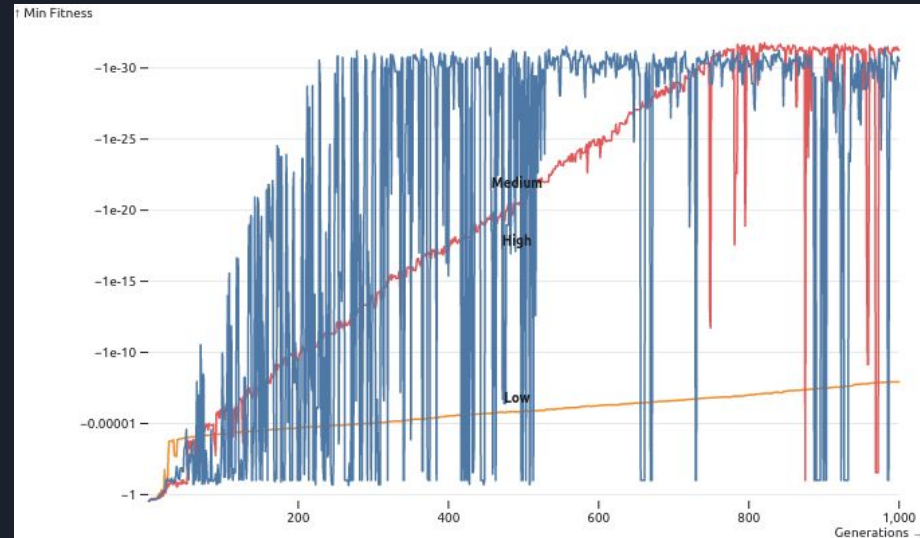
# Anexo: Selección Torneo con reemplazo

Umbral = 0.65

Fitness máximo



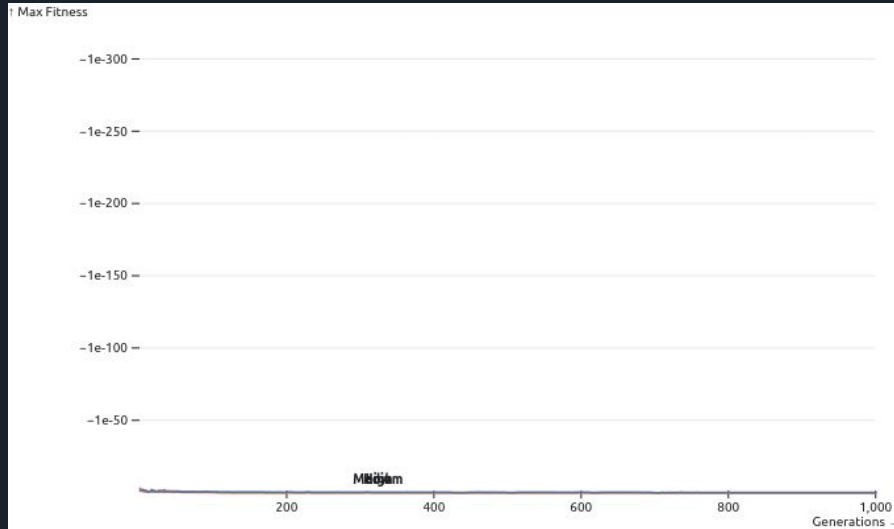
Fitness mínimo



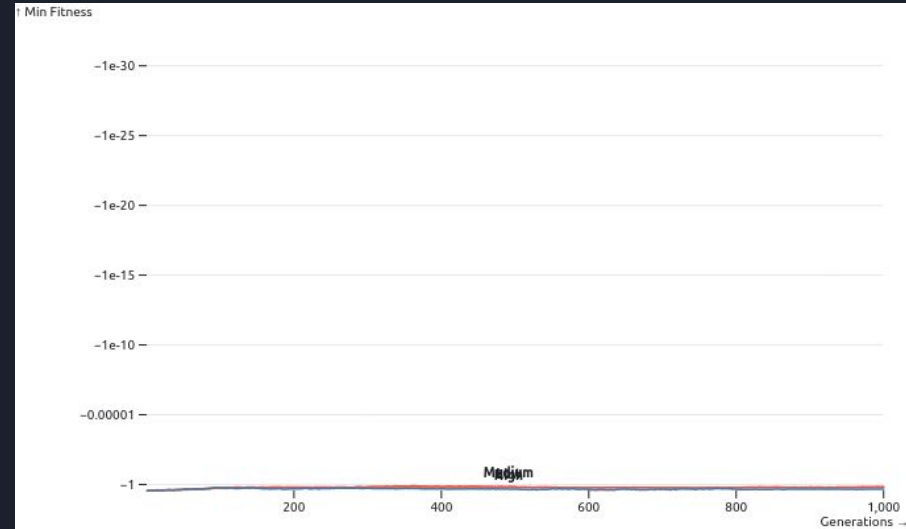
# Anexo: Selección Torneo con reemplazo

Umbral = 0.5

Fitness máximo

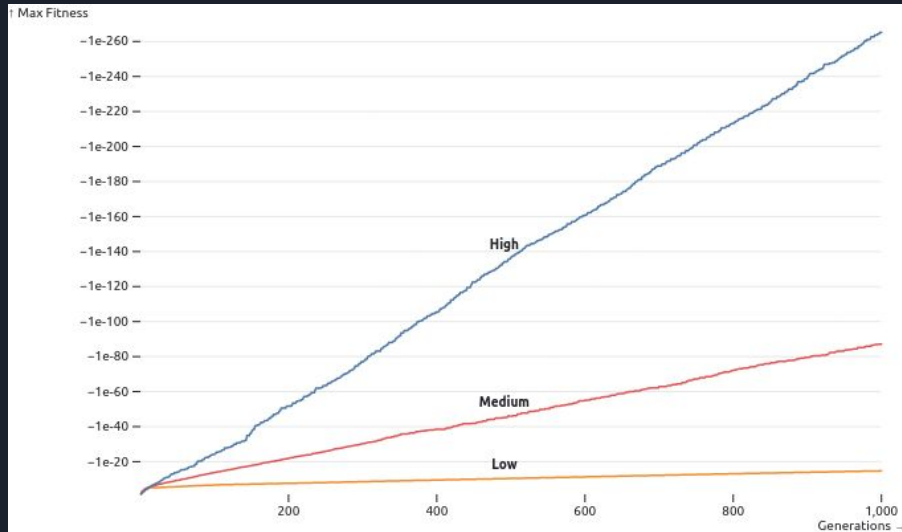


Fitness mínimo

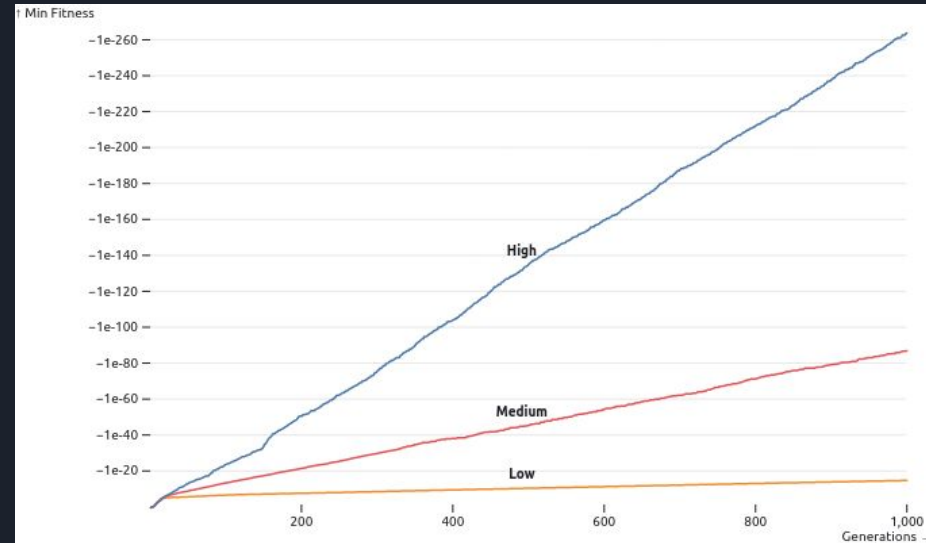


# Anexo: Selección Truncamiento k=50

## Fitness máximo

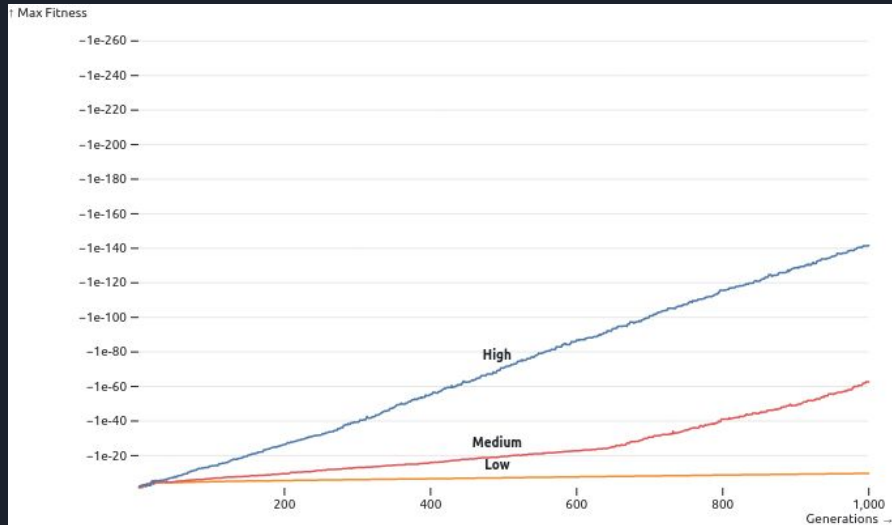


## Fitness mínimo

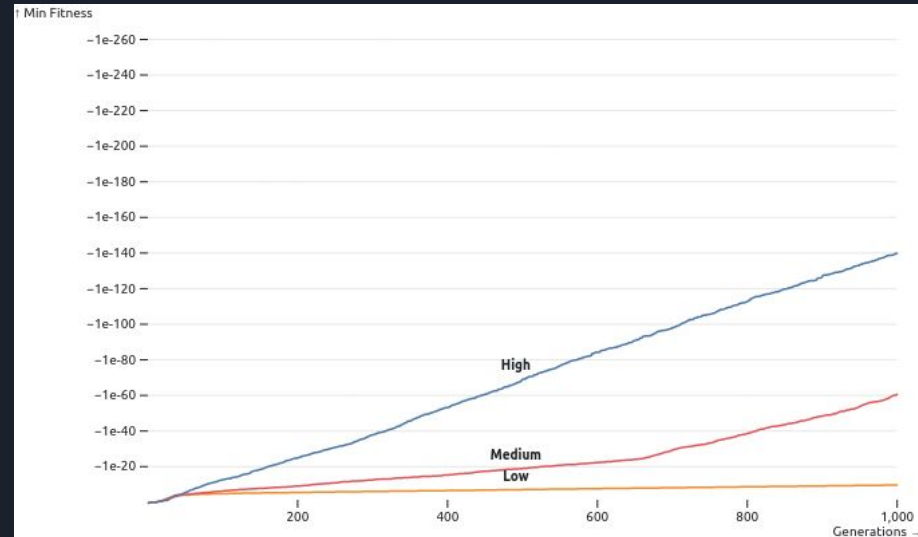


# Anexo: Selección Truncamiento k=25

Fitness máximo

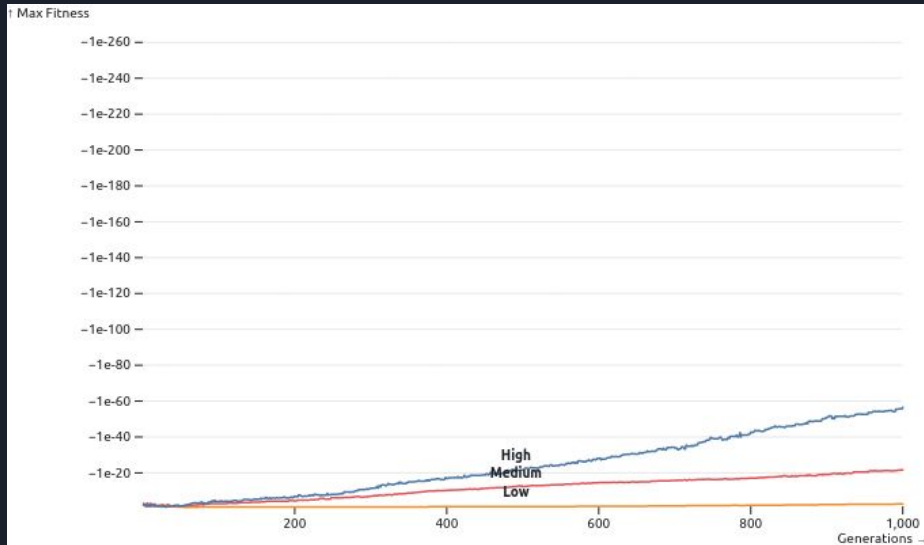


Fitness mínimo

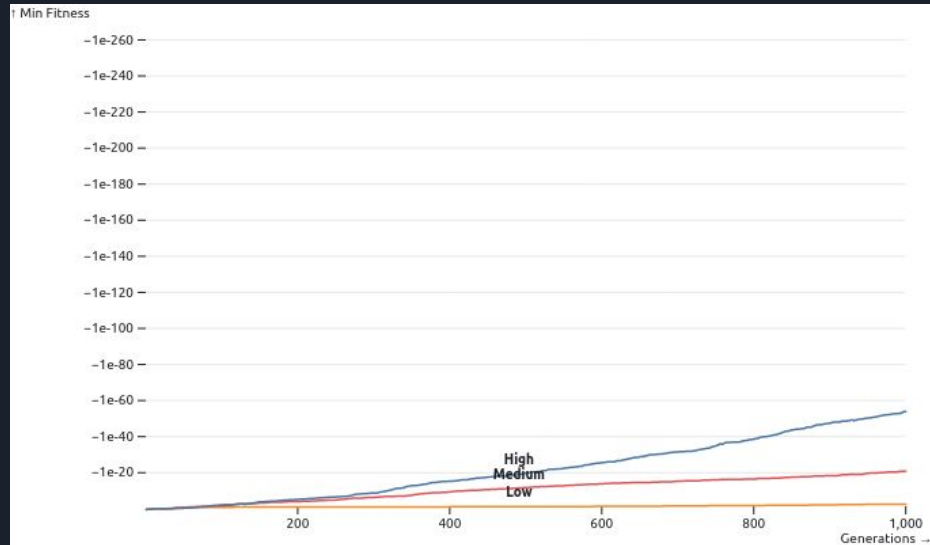


# Anexo: Selección Truncamiento k=10

## Fitness máximo



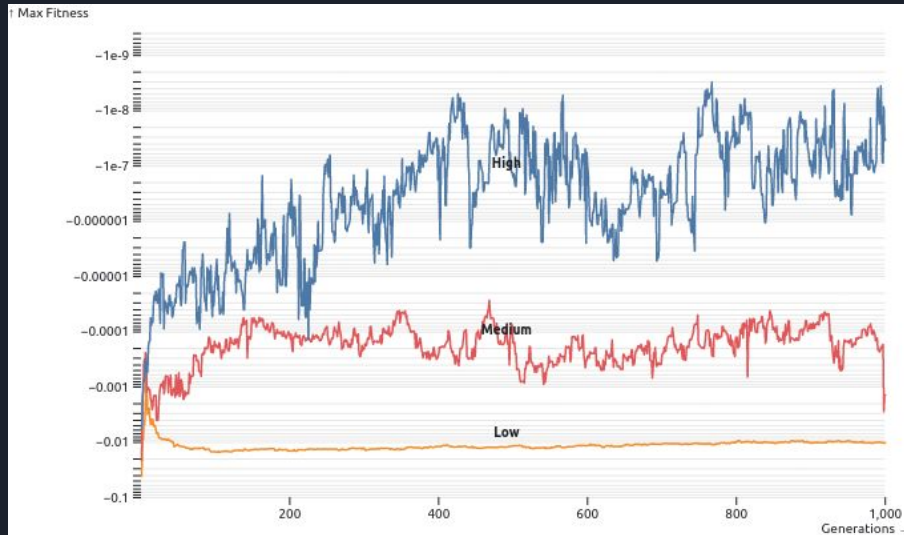
## Fitness mínimo



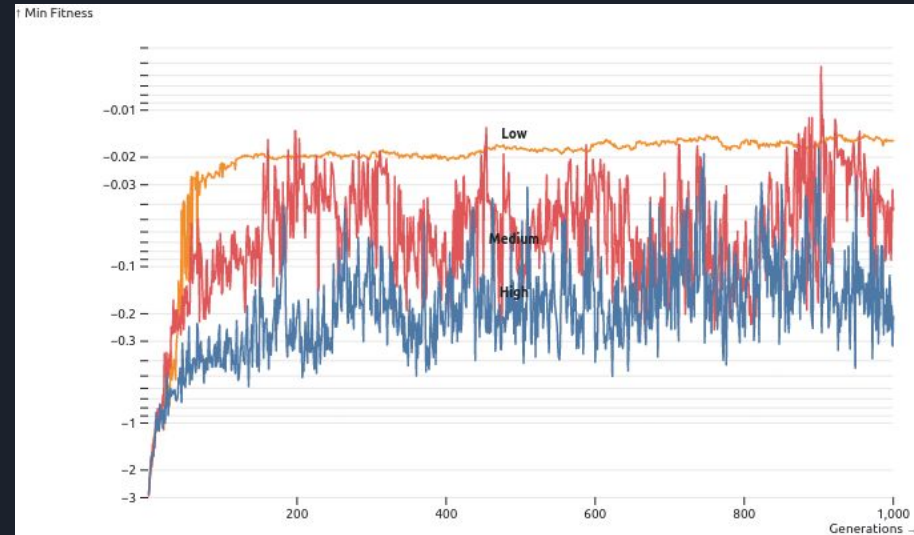
# Anexo: Selección Boltzmann

$T_c=10$ ,  $T_0=70$ ,  $k=0.01$

Fitness máximo



Fitness mínimo

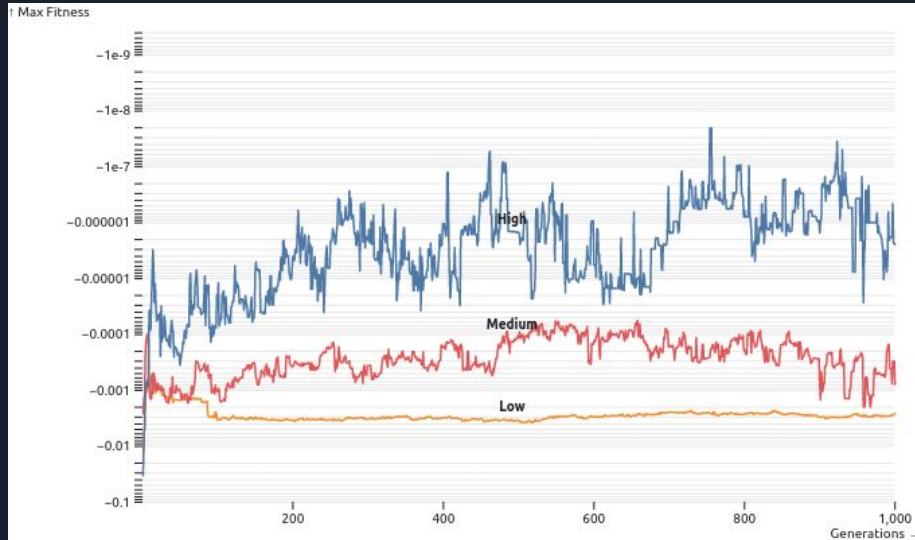




# Anexo: Selección Boltzmann

$T_c=10$ ,  $T_0=70$ ,  $k=0.05$

Fitness máximo



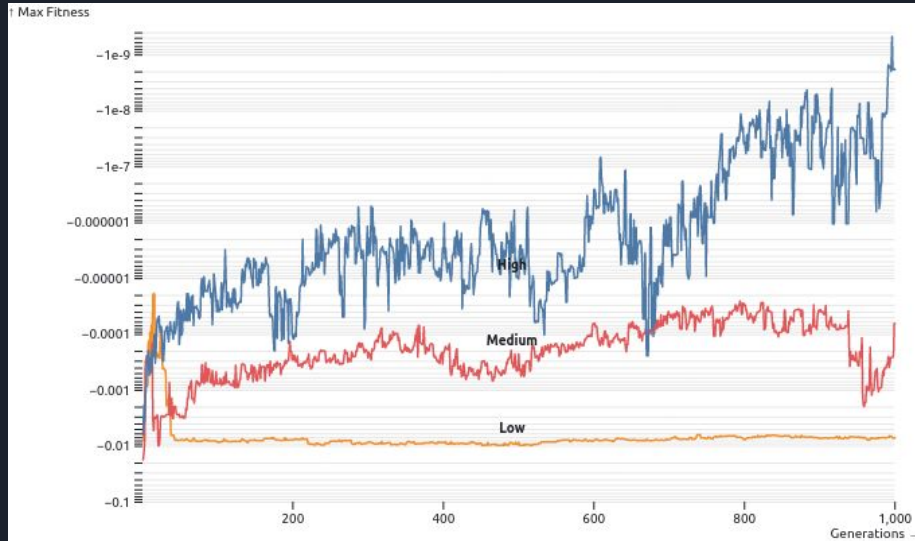
Fitness mínimo



# Anexo: Selección Boltzmann

$T_c=10$ ,  $T_0=140$ ,  $k=0.01$

Fitness máximo



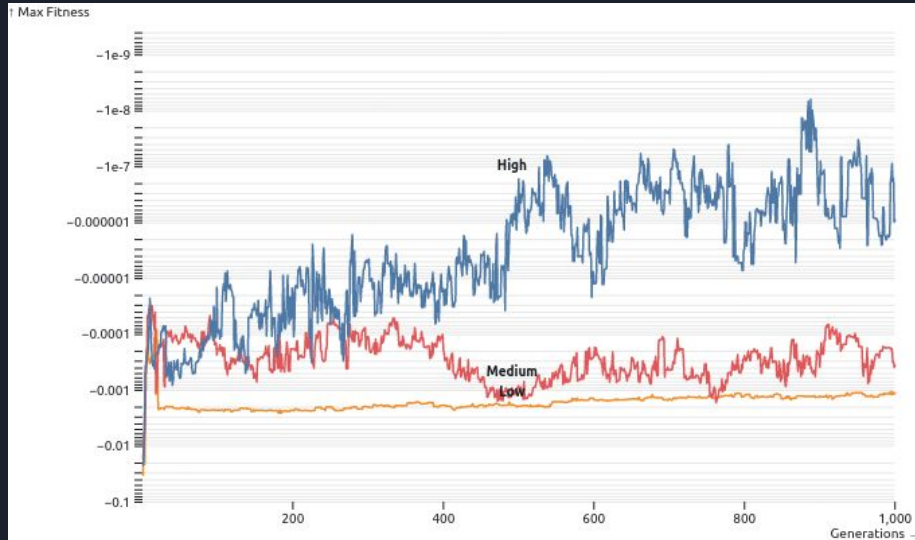
Fitness mínimo



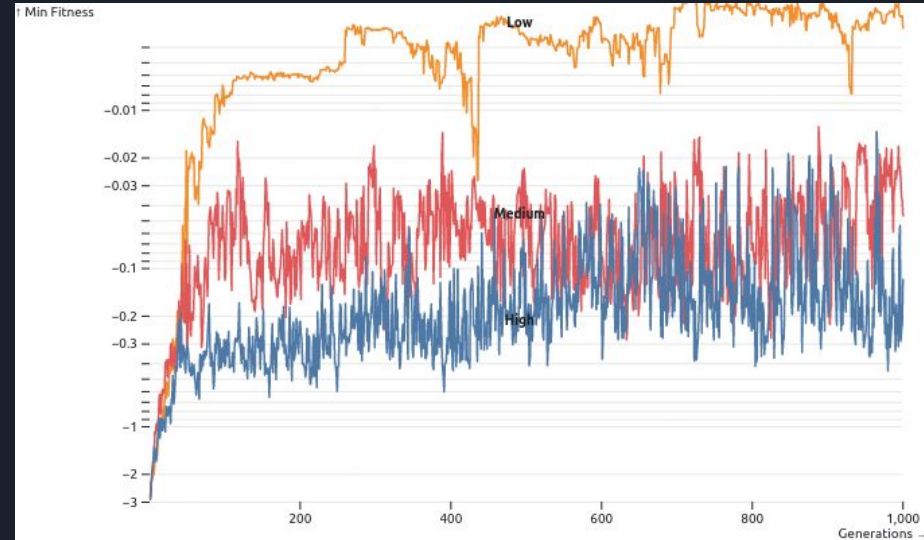
# Anexo: Selección Boltzmann

$T_c=10$ ,  $T_0=140$ ,  $k=0.05$

Fitness máximo



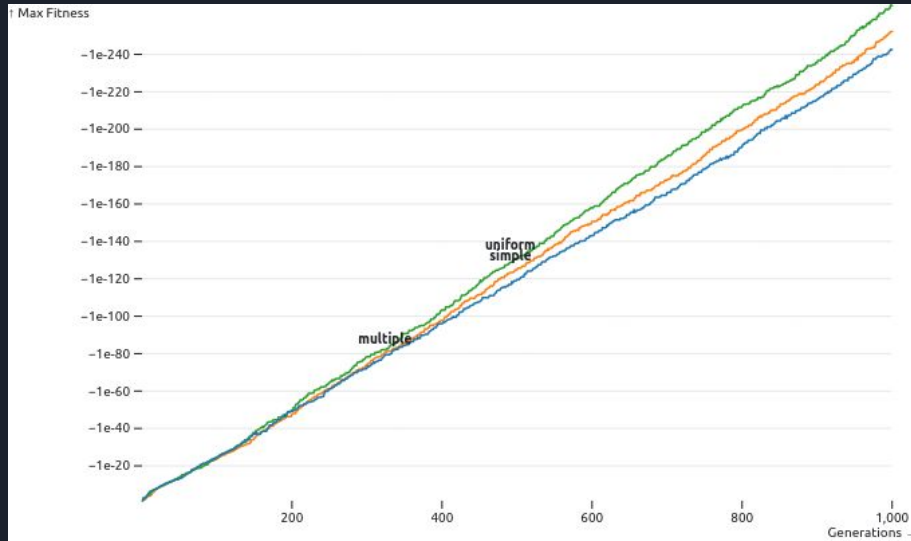
Fitness mínimo



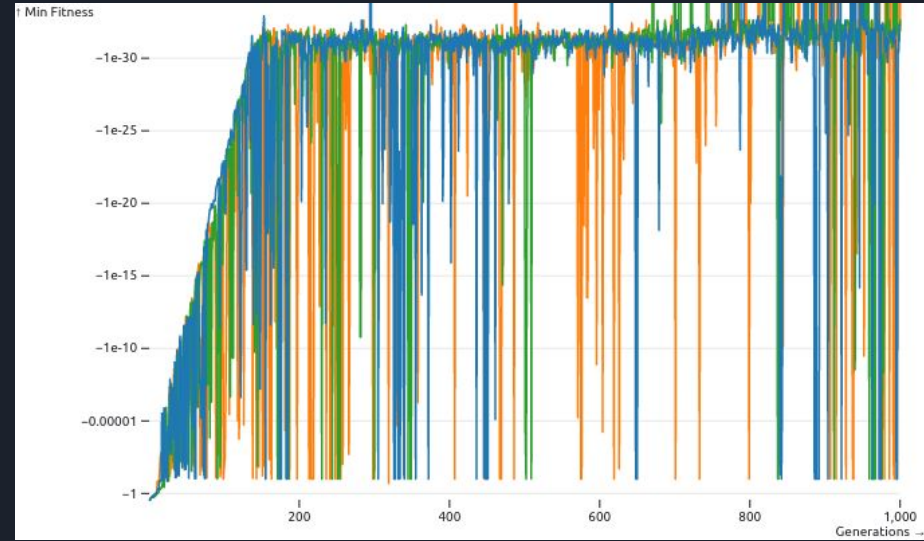
# Anexo: Cruza

## Número de puntos: 2

### Fitness máximo



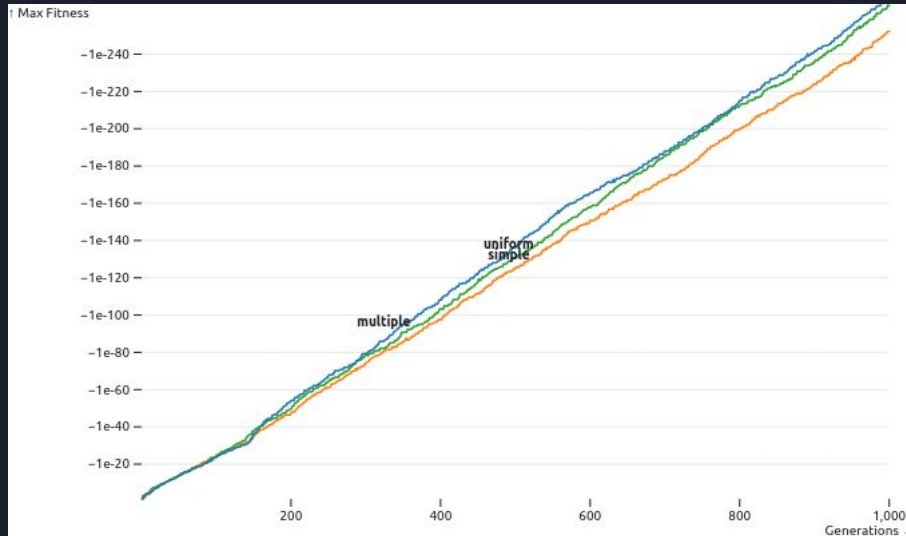
### Fitness mínimo



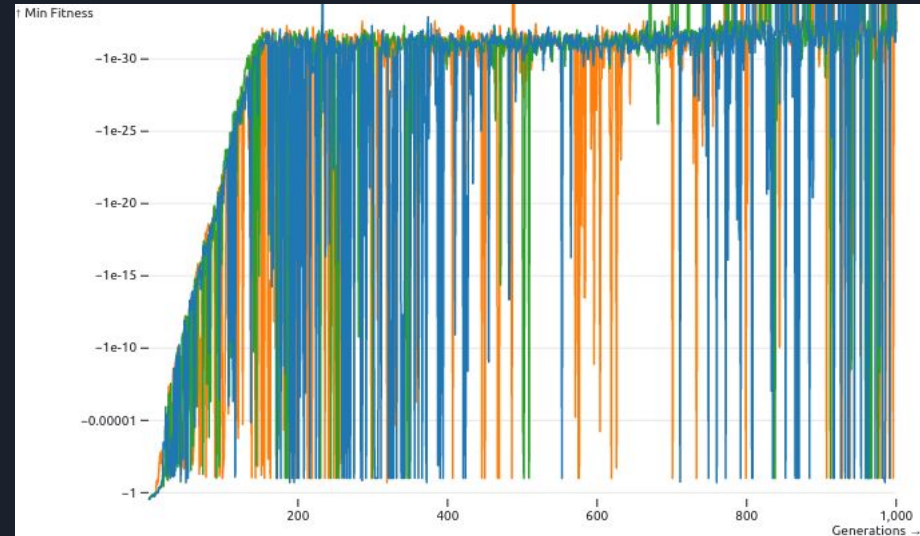
# Anexo: Cruza

Número de puntos: 4

Fitness máximo



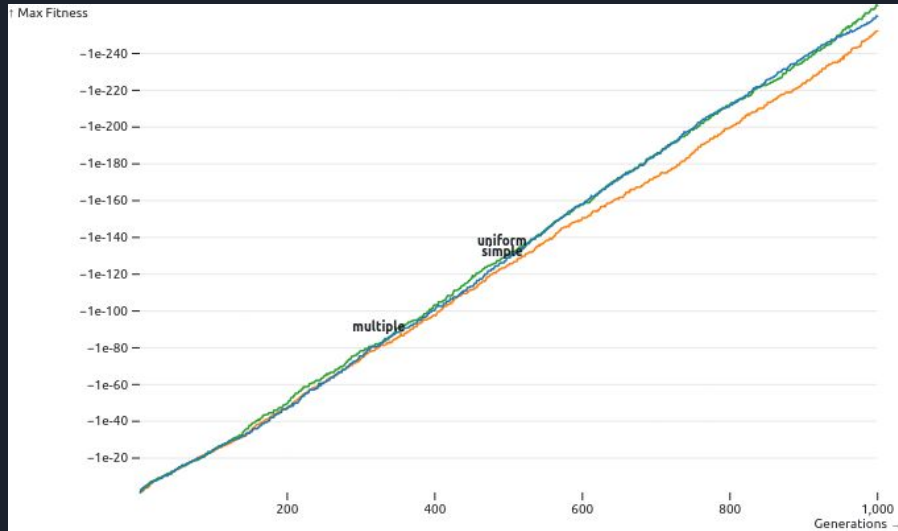
Fitness mínimo



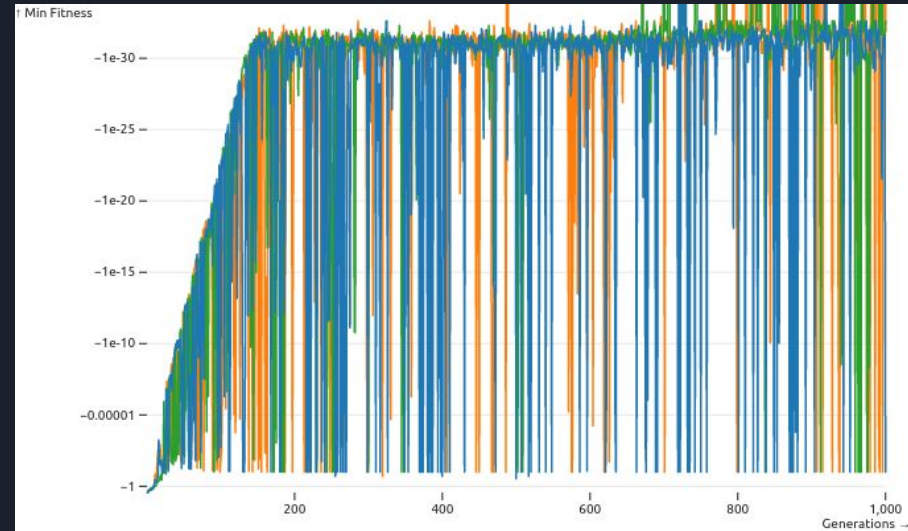
# Anexo: Cruza

Número de puntos: 6

Fitness máximo

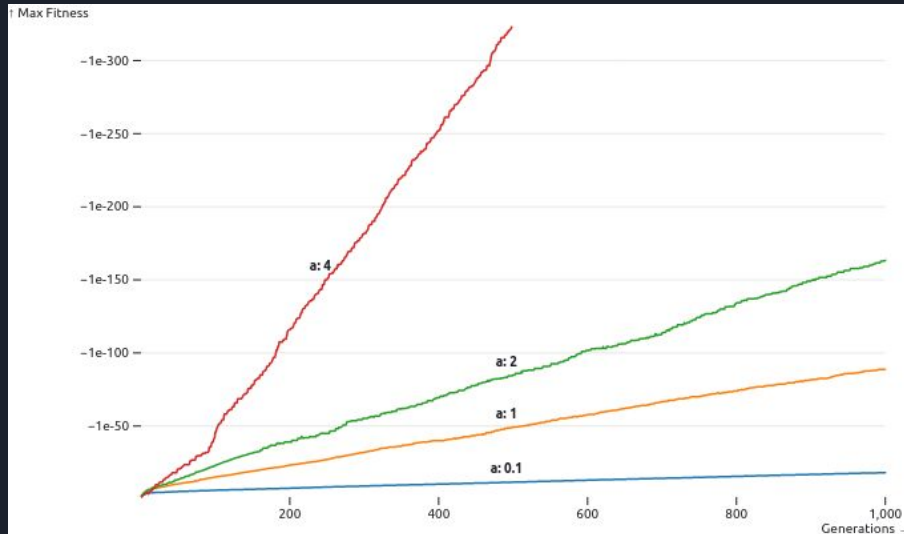


Fitness mínimo

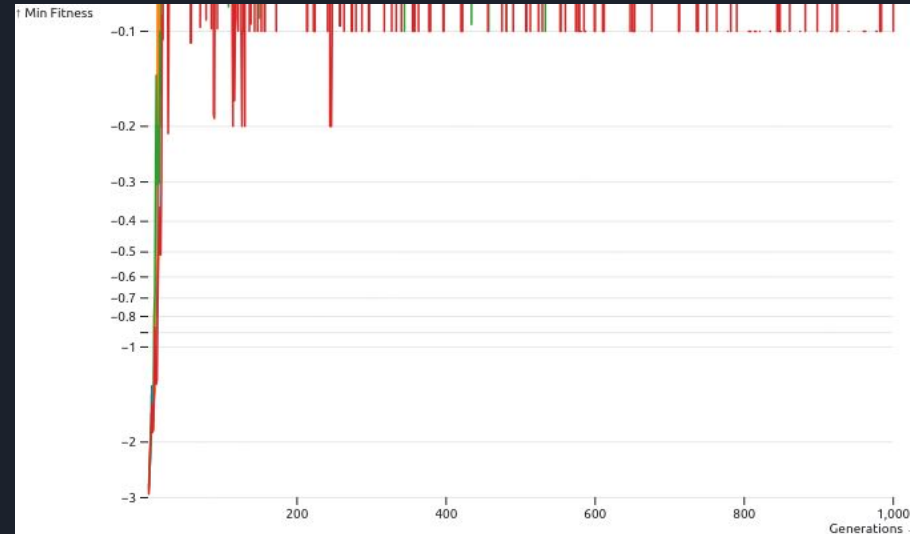


# Anexo: Mutación ( $\alpha$ y $\sigma$ ) Método uniforme

## Fitness máximo

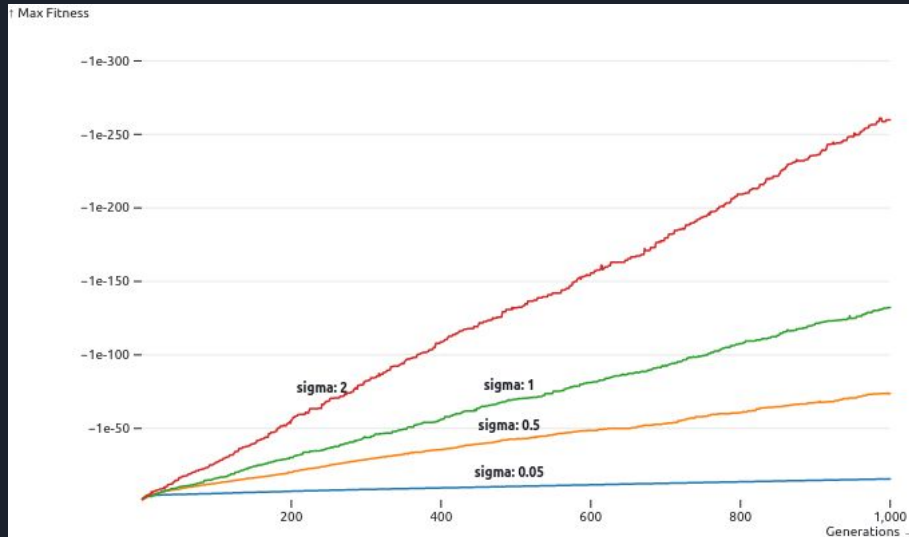


## Fitness mínimo

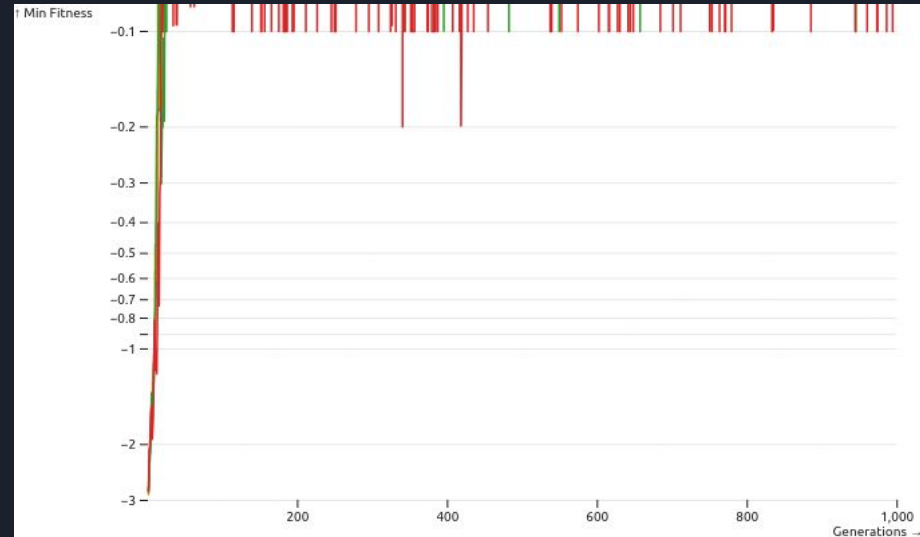


# Anexo: Mutación (a y sigma) Método normal

## Fitness máximo



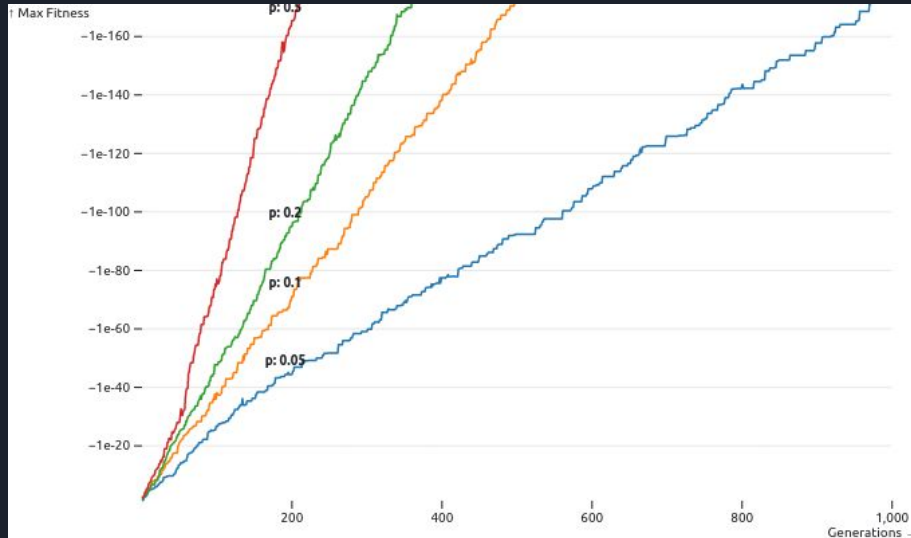
## Fitness mínimo



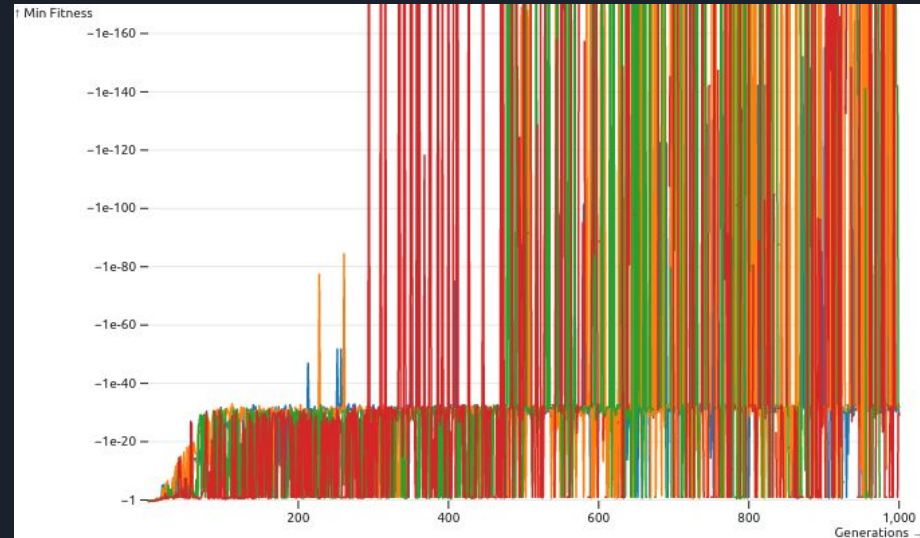


# Anexo: Mutación (p) Método uniforme

## Fitness máximo

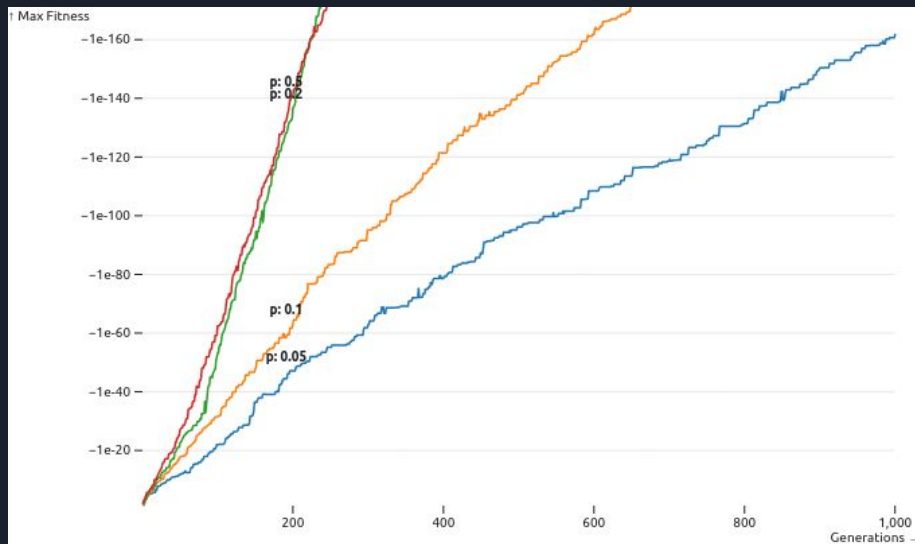


## Fitness mínimo



# Anexo: Mutación (p) Método normal

## Fitness máximo



## Fitness mínimo

