



**Facultad de Ciencias**  
Licenciatura en  
Ciencias de la Computación

# Cómputo Evolutivo

.....

## Algoritmo Genético

M. en C. Oscar Hernández Constantino  
([constantino92@ciencias.unam.mx](mailto:constantino92@ciencias.unam.mx))

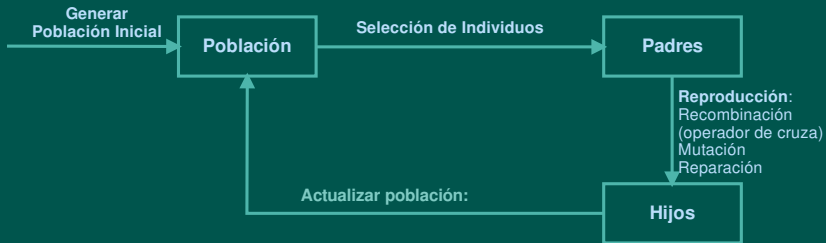
# Contenido de la Presentación

1. Esquema General
2. Selección de Padres
3. Operadores Genéticos
4. Pseudocódigo

## Esquema General

# Diseño de Metaheurísticas

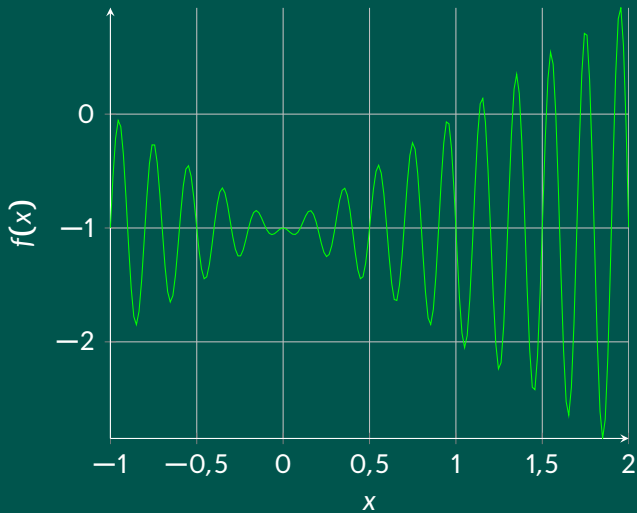




# Metáfora

- Una población de **individuos** (soluciones) existen en un ambiente (problema) con recursos limitados
- La **competencia** por los recursos fuerza una selección de los individuos **mejor adaptados** (función de evaluación) al ambiente
- Estos individuos (padres) se **reproducen** (cruza y mutación)
- Se evalúa la aptitud de los nuevos individuos (hijos) y compiten (posiblemente también con los padres) para sobrevivir
- Con el tiempo, la **selección natural** provoca un aumento en la aptitud de la población

$$f(x) = -x \sin(10\pi x) - 1,0$$



# Representación

- Cromosoma: vector binario  $v$ , para representar número real  $x$
- la longitud de  $v$  determina la precisión

Ejemplo,  $x \in [-1,0, 2,0]$  con 6 dígitos de precisión:

- Necesitamos dividir el intervalo en  $3 \times 10^6$
- Se requieren 22 bits para representar el vector binario (cromosoma):

$$2097152 = 2^{21} < 3 \times 10^6 \leq 2^{22} = 4194304.$$



# Mapeo

El mapeo de la cadena binaria  $\langle b_{21}b_{20} \dots b_0 \rangle$  a un número real  $x$  es como sigue:

$$1. (\langle b_{21}b_{20} \dots b_0 \rangle)_2 = (\sum_{i=0}^{21} b_i 2^i)_{10} = x'$$

$$2. x = -1,0 + x' \frac{3}{2^{22}-1}$$

Ejemplo: (1000101110110101000111)

- $x' = (1000101110110101000111)_2 = 2288967$

- $x = -1,0 + 2288967 \frac{3}{4194303} = 0,637197$

## Inicialización de la Población

Cada bit se inicializa de manera independiente y uniformemente aleatoria.

Ejemplo de 3 Individuos en la Población:

- $v_1 = (1000101110110101000111)$ ,  
 $eval(v_1) = f(x_1) = f(0,637197) = -1,586345$
- $v_2 = (0000001110000000010000)$ ,  
 $eval(v_2) = f(x_2) = f(-0,958973) = -0,078878$
- $v_3 = (1110000000111111000101)$ ,  
 $eval(v_3) = f(x_3) = f(1,627888) = -2,250650$

## Selección de Padres

## Selección Proporcional (Ruleta)

1. Calcular el valor de aptitud  $eval(v_i)$  para todo  $v_i (i = 1 \dots pop_{size})$
2. Encontrar la aptitud total de la población:

$$F = \sum_{i=1}^{pop_{size}} eval(v_i)$$

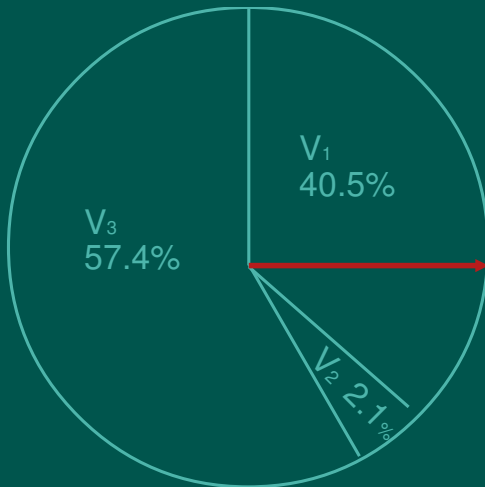
3. Calcular la probabilidad de selección  $p_i$  para cada individuo  $v_i$

$$p_i = eval(v_i)/F$$

4. Calcular la probabilidad acumulativa  $q_i$  para cada individuo  $v_i$

$$q_i = \sum_{j=1}^i p_j$$

## Selección Proporcional



## Selección Proporcional (Ruleta) II

Girar la ruleta:

- Generar un número aleatorio  $r \in [0, 1]$
- Si  $r < q_1$ , seleccionar a  $v_1$
- En otro caso, seleccionar a  $v_i$  ( $2 \leq i \leq pop_{size}$ ) tal que  $q_{i-1} < r \leq q_i$

Algunas observaciones:

- Los mejores individuos obtienen más copias
- El promedio se mantiene uniforme
- Los peores no sobreviven

# Operadores Genéticos

## Cruza de 1 punto

- Se generarán dos nuevos individuos (hijos)
- De manera aleatoria se selecciona 1 punto para dividir los genes de ambos padres
- El primer hijo se genera utilizando los genes de la primera mitad del primer padre y los genes de la segunda mitad del segundo
- El segundo hijo se genera utilizando los genes de la primera mitad del segundo padre y los genes de la segunda mitad del primero



## Cruza de 1 punto (II)

Ejemplo:

- Supongamos que seleccionas a  $v_2$  y  $v_3$  como padres, además, se ha seleccionado el quinto gen como punto de cruce:

$v_2$	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
$v_3$	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1

- Hijos:

$H_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1
$H_2$	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

$$eval(H_1) = f(-0,998113) = -0,940865$$

$$eval(H_2) = f(1,666028) = -2,459245$$

# Mutación

La mutación altera uno o más genes con una probabilidad igual a la tasa de mutación  $p_m$ .

Ejemplo:

- Supongamos que se mutará el quinto gen de  $v_3$ :

$v_3$ 

1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

$$eval(v_3) = f(1,627888) = -2,250650$$

$v'_3$ 

1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

$$eval(v'_3) = f(x_3) = f(1,721638) = 0,082257$$

- Ahora supongamos que se mutará el décimo gen de  $v_3$ :

$v''_3$ 

1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

$$eval(v''_3) = f(x_3) = f(1,630818) = -2,343555$$

# Reemplazo Generacional

## Población Actual:

- $v_1 =$   
(1000101110110101000111),  
 $eval(v_1) =$   
 $f(0,637197) =$   
-1,586345
- $v_2 =$   
(0000001110000000010000),  
 $eval(v_2) =$   
 $f(-0,958973) =$   
-0,078878
- $v_3 =$   
(1110000000111111000101),  
 $eval(v_3) =$   
 $f(1,627888) =$   
-2,250650

## Nueva Población (Hijos):

- $H_1 =$   
(0000000000111111000101),  
 $eval(H_1) = f(-0,998113) =$   
-0,940865
- $H_2 =$   
(1110001110000000010000),  
 $eval(H_2) = f(1,666028) =$   
-2,459245
- $v_3'' =$   
(1110000001111111000101),  
 $eval(v_3'') = f(1,630818) =$   
-2,343555

# Pseudocódigo

---

### Algoritmo 1: Algoritmo Genético

---

**Entrada:** función objetivo  $f : \rightarrow \mathbb{R}$

```
1  $P =$  Inicializar Población( );
2 evaluar Población( $P$ ) ;
3 mientras Condición de Término hacer
    /* Selección de padres, por Ruleta */
4    $P' =$  Seleccionar Padres (  $P$  );
    /* Recombinación, cruza de 1 pto con prob  $p_c$  */
5    $H =$  Generar Hijos(  $P'$  );
    /* Mutación, intercambio 1 bit con prob  $p_m$  */
6    $H'' =$  Mutar Hijos(  $H'$  );
    /* Reemplazo, generacional */
7    $P = H''$ 
8 devolver Mejor solución encontrada
```

---

# Parámetros

- $pop_{size}$ , tamaño de la población
- $p_c$ , probabilidad de cruce
- $p_m$ , probabilidad de mutación

## Componentes del AG:

- Estrategia de Selección de Padres: **Selección Proporcional (Ruleta)**
- Operador de Recombinación: **cruce de 1 pto**
- Operador de Mutación: **Intercambio aleatorio de 1 bit**
- Estrategia de Reemplazamiento: **Generacional**

¿ Preguntas ?