

- Se desea encontrar el máximo de la función  $f(x) = x^2$  sobre los enteros  $\{1, 2, \dots, 32\}$  (Goldberg89).
- Suponiendo que el alfabeto utilizado para codificar los individuos esté constituido por  $\{0,1\}$ , se necesitaran listas de longitud 5 para representar los 32 puntos del espacio de búsqueda.

	Población inicial (fenotipo)	$x$ valor genotipo	$f(x)$ valor (función de adaptación)	$f(x)/\Sigma f(x)$ (probabilidad de selección)	Probabilidad de selección acumulada
1	01101	13	169	0.14	0.14
2	11000	24	576	0.49	0.63
3	01000	8	64	0.06	0.69
4	10011	19	361	0.31	1.00
Suma			1170		
Media			293		
Mejor			576		

Población en el tiempo 0

# Población Tiempo 0

Mejor valor: 576 (correspondiente a  $x = 24$ )

$f(x)/\Sigma f(x)$  = Probabilidad de selección de cada individuo

Probabilidad acumulada = Suma de las probabilidades hasta ese individuo

#	Genotipo	x valor genotipo	f(x) valor	f(x)/ $\Sigma f(x)$	Probabilidad acumulada
1	01101	13	169	0.14	0.14
2	11000	24	576	0.49	0.63
3	01000	8	64	0.06	0.69
4	10001	19	361	0.31	1
Suma			1170		
Media			293		
Mejor			576		

Generamos 4 números aleatorios: 0.58, 0.84, 0.11, 0.43

Individuos seleccionados basado en prob. acumulada:

- 0.58 → Individuo 2 (11000)
- 0.84 → Individuo 4 (10011)
- 0.11 → Individuo 1 (01101)
- 0.43 → Individuo 2 (11000)

2. Emparejamos los individuos seleccionados:

- Pareja 1: Individuos 2 y 4 (11000 y 10011)
- Pareja 2: Individuos 1 y 2 (01101 y 11000)

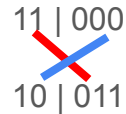
3. **CRUCE:** Para cada pareja, verificamos si se produce cruce (con probabilidad  $P_c = 0.8$ ):

Seleccionamos puntos de cruce aleatorios para cada pareja:

- Pareja 1: punto de cruce 2 (después del segundo bit)
- Pareja 2: punto de cruce 3 (después del tercer bit)

Realizamos el cruce:

- Pareja 1 (11|000 y 10|011):
  - Descendiente 1: 11011
  - Descendiente 2: 10000
- Pareja 2 (011|01 y 110|00):
  - Descendiente 3: 01100
  - Descendiente 4: 11001



4. **MUTACIÓN:** Con una probabilidad baja ( $P_m$  cercana a 0), algunos bits pueden mutar:

- Supongamos que muta el primer bit del tercer descendiente:
  - 01100  $\rightarrow$  11100

# Población Tiempo 1

Nueva Población:

Emparejamiento de los individuos seleccionados	Puntos de Cruza	Descendientes	Nueva Población (Descendientes mutados)	x valor genotipo	f(x), función de adaptación
11000	2	11011	11011	27	729
10011	2	10000	10000	16	256
01101	3	01100	11100	28	784
11000	3	11101	11101	29	841
Suma					2610
Media					652.5
Mejor					841

# Población Tiempo 2

## Selección para el tiempo 2

- Números aleatorios: 0.25, 0.65, 0.35, 0.90
- Seleccionamos:
  - Individuo 1 (11011)
  - Individuo 3 (11100)
  - Individuo 2 (10000)
  - Individuo 4 (11001)

## Cruce para el tiempo 2

- Parejas a cruzar:
  - Pareja 1: Individuos 1 y 3 (11011 y 11100)
  - Pareja 2: Individuos 2 y 4 (10000 y 11001)

## Puntos de cruce

- Pareja 1: punto de cruce 4
- Pareja 2: punto de cruce 3

## Descendientes

- Pareja 1: 11010 y 11101
- Pareja 2: 10001 y 11000

## Mutación

- Ninguna.

Emparejamiento de los individuos seleccionados	Puntos de Cruza	Descendientes	Nueva Población (Descendientes mutados)	x valor genotipo	f(x), función de adaptación
11011, 11100	4	11010	11010	26	676
11011, 11100	4	11101	11101	29	841
10000, 11001	3	10001	10001	17	289
10000, 11001	3	11000	11000	24	576
Suma					2382
Media					595.5
Mejor					841

# Población Tiempo 2

Emparejamiento de los individuos seleccionados	Puntos de Cruza	Descendientes	Nueva Población (Descendientes mutados)	x valor genotipo	f(x), función de adaptación
11011, 11100	4	11010	11010	26	676
11011, 11100	4	11101	11101	29	841
10000, 11001	3	10001	10001	17	289
10000, 11001	3	11000	11000	24	576
Suma					2382
Media					595.5
Mejor					841

# Población Tiempo 3

## Selección para el tiempo 3

- Números aleatorios: 0.42, 0.60, 0.22, 0.88
- Seleccionamos:
  - Individuo 2 (11101)
  - Individuo 2 (11101)
  - Individuo 1 (11010)
  - Individuo 4 (11000)

## Cruce para el tiempo 3

- Parejas a cruzar:
  - Pareja 1: Individuos 2 y 2 (11101 y 11101)
  - Pareja 2: Individuos 1 y 4 (11010 y 11000)

## Puntos de cruce

- Pareja 1: punto de cruce 3 (los padres son idénticos)
- Pareja 2: punto de cruce 2

## Descendientes

- De 11101 y 11101: 11101 y 11101 (idénticos)
- De 11010 y 11000: 11000 y 11010

## Mutación

- Mutación en el segundo bit del primer descendiente:
  - 11101 → 10101 (equivalente a  $x=21$ )

Emparejamiento de los individuos seleccionados	Puntos de Cruza	Descendientes	Nueva Población (Descendientes mutados)	x valor genotipo	f(x), función de adaptación
11101, 11101	3	11101	10101	21	441
11101, 11101	3	11101	11101	29	841
11010, 11000	2	11000	11000	24	576
11010, 11000	2	11010	11010	26	676
Suma					2534
Media					633.5
Mejor					841

# Población Tiempo 3

Emparejamiento de los individuos seleccionados	Puntos de Cruza	Descendientes	Nueva Población (Descendientes mutados)	x valor genotipo	f(x), función de adaptación
11101, 11101	3	11101	10101	21	441
11101, 11101	3	11101	11101	29	841
11010, 11000	2	11000	11000	24	576
11010, 11000	2	11010	11010	26	676
Suma					2534
Media					633.5
Mejor					841



# Población Tiempo 4

## Selección para el tiempo 4

- Números aleatorios: 0.45, 0.82, 0.18, 0.62
- Seleccionamos:
  - Individuo 2 (11101)
  - Individuo 4 (11010)
  - Individuo 1 (10101)
  - Individuo 3 (11000)

## Cruce para el tiempo 4

- Parejas a cruzar:
  - Pareja 1: Individuos 2 y 4 (11101 y 11010)
  - Pareja 2: Individuos 1 y 3 (10101 y 11000)

## Puntos de cruce

- Pareja 1: punto de cruce 3
- Pareja 2: punto de cruce 2

## Descendientes

- De 11101 y 11010: 11110 y 11001
- De 10101 y 11000: 10000 y 11101

## Mutación

- Mutación importante en el último bit del primer descendiente:
  - 11110 → 11111 (equivalente a  $x=31$ )

Emparejamiento de los individuos seleccionados	Puntos de Cruza	Descendientes	Nueva Población (Descendientes mutados)	x valor genotipo	f(x), función de adaptación
11101, 11010	1	11110	11111	31	961
11101, 11010	3	11001	11001	25	625
10101, 11000	2	10000	10000	16	256
10101, 11000	2	11101	11101	29	841
Suma					2683
Media					570.75
Mejor					961

# Población Tiempo 4

Emparejamiento de los individuos seleccionados	Puntos de Cruza	Descendientes	Nueva Población (Descendientes mutados)	x valor genotipo	f(x), función de adaptación
11101, 11010	1	11110	11111	31	961
11101, 11010	3	11001	11001	25	625
10101, 11000	2	10000	10000	16	256
10101, 11000	2	11101	11101	29	841
Suma					2683
Media					570.75
Mejor					961

# Población Tiempo 5

## Selección para el tiempo 5

- Números aleatorios: 0.30, 0.75, 0.55, 0.10
- Seleccionamos:
  - Individuo 1 (11111)
  - Individuo 4 (11101)
  - Individuo 2 (11001)
  - Individuo 1 (11111)

## Cruce para el tiempo 5

- Parejas a cruzar:
  - Pareja 1: Individuos 1 y 4 (11111 y 11101)
  - Pareja 2: Individuos 2 y 1 (11001 y 11111)

## Puntos de cruce

- Pareja 1: punto de cruce 4
- Pareja 2: punto de cruce 3

## Descendientes

- De 11111 y 11101: 11111 y 11101
- De 11001 y 11111: 11011 y 11101

## Mutación

- Mutación crucial en el primer descendiente:
  - 11111 → 10000 (equivalente a  $x=32$ )

Emparejamiento de los individuos seleccionados	Puntos de Cruza	Descendientes	Nueva Población (Descendientes mutados)	x valor genotipo	f(x), función de adaptación
11111, 11101	4	11111	10000	32	1024
11111, 11101	4	11101	11101	29	841
11001, 11111	3	11011	11011	27	729
11001, 11111	3	11101	11101	29	841
Suma					3435
Media					858.75
Mejor					1024

# Población Tiempo 5

Emparejamiento de los individuos seleccionados	Puntos de Cruza	Descendientes	Nueva Población (Descendientes mutados)	x valor genotipo	f(x), función de adaptación
11111, 11101	4	11111	10000	32	1024
11111, 11101	4	11101	11101	29	841
11001, 11111	3	11011	11011	27	729
11001, 11111	3	11101	11101	29	841
Suma					3435
Media					858.75
Mejor					1024