



Programación Evolutiva

Tema 2: AGs: Estructura y componentes básicos

Carlos Cervigón. Lourdes Araujo 2023-2024

- ❑ Los Algoritmos Genéticos ocupan un lugar central en la Computación Evolutiva
 - **Completo**: reúnen las ideas fundamentales de la Computación Evolutiva.
 - **Flexibles**: pueden adoptar con facilidad nuevas técnicas y combinarse con otros métodos.
 - **Generales**: no requieren conocimiento específico sobre la aplicación y pueden incorporar conocimiento específico con facilidad.
 - Implementación sencilla.
 - Muy utilizados.

- ❑ Los AGs tradicionales son métodos de búsqueda:
 - Ciega: no disponen de ningún conocimiento específico del problema, de manera que la búsqueda se basa exclusivamente en los valores de la función objetivo.
 - Codificada: no trabajan directamente sobre el dominio del problema, sino sobre representaciones de sus elementos.
 - Múltiple: procesan simultáneamente un conjunto de candidatos.
 - Estocástica referida tanto a las fases de selección como a las de transformación.

- Al ejecutar un AG:
 - Una **población** de individuos, que representan a un conjunto de candidatos a soluciones de un problema, es sometida a un proceso de **selección** que favorece a los mejores individuos.
 - En la selección:
 - A corto plazo los mejores tienen más posibilidades de sobrevivir
 - A largo plazo los mejores tienen más posibilidades de tener descendencia.
 - Después se somete a una serie de **transformaciones** con las que se actualiza la búsqueda.
 - Cada ciclo constituye una **generación**.
- Se espera que después de una serie de generaciones, el mejor individuo represente a un candidato lo suficientemente próximo a la solución buscada o la solución óptima.



Esquema básico

```
t=0;  
Generar poblacion inicial(P(t));  
Evaluar población(P(t));  
mientras (t<Num_max_gen) y no CondTermina() {  
    t++;  
    Poblacion(t) = Selección(P(t-1));  
    Reproducción(P(t));;  
    Mutacion(P(t));  
    Evaluar población(P(t));  
}
```

Esquema paralelizado

```
t=0;  
Generar poblacion inicial(P(t));  
Evaluar población(P(t)) en paralelo;  
mientras (t<Num_max_gen) y no CondTermina() {  
    t++;  
    Poblacion(t) = Selección(P(t-1));  
    Reproducción(P(t));  
    Mutacion(P(t));  
    Evaluar población(P(t)) en paralelo;  
}
```

Bucle básico Evolución

```
i = 0; //i es la generación actual
population[i] = initializePopulation(populationSize);
evaluatePopulation(population[i]);
While isTerminationConditionMet() == false do
    parents = selectParents(population[i]);
    population[i+1] = crossover(parents);
    population[i+1] = mutate(population[i+1]);
    evaluatePopulation(population[i]);
    i++;
End loop;
```


Representación en algoritmos genéticos

- ❑ **Individuos o cromosomas**: son las soluciones candidatas codificadas originalmente como cadenas de bits.

I_1

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

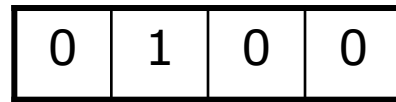
I_2

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

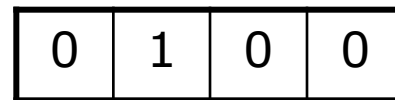
- ❑ Los cromosomas contienen **genes** que, normalmente, se encuentran en posiciones fijas (**locus**) y tienen un determinado valor (**alelo**).
- ❑ Un **gen** es una subsección de un cromosoma que (usualmente) codifica el valor de un parámetro.

Representación

- **Genotipo**: codificación (p.ej, binaria) de los parámetros que representan una solución del problema a resolver.



- **Fenotipo**: es la decodificación del cromosoma: el valor obtenido al pasar de la representación binaria a la usada por la función objetivo

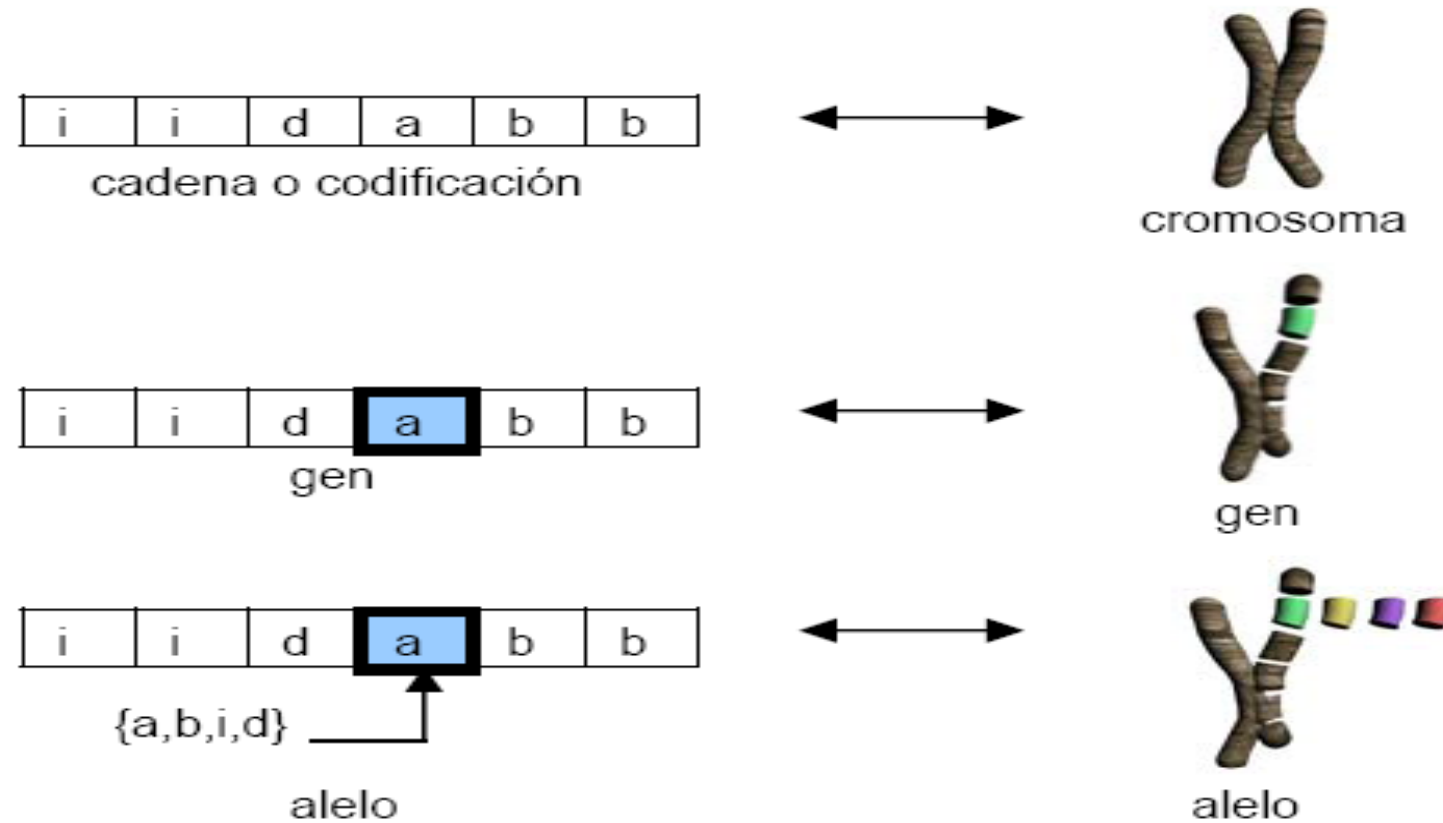


4

genotipo

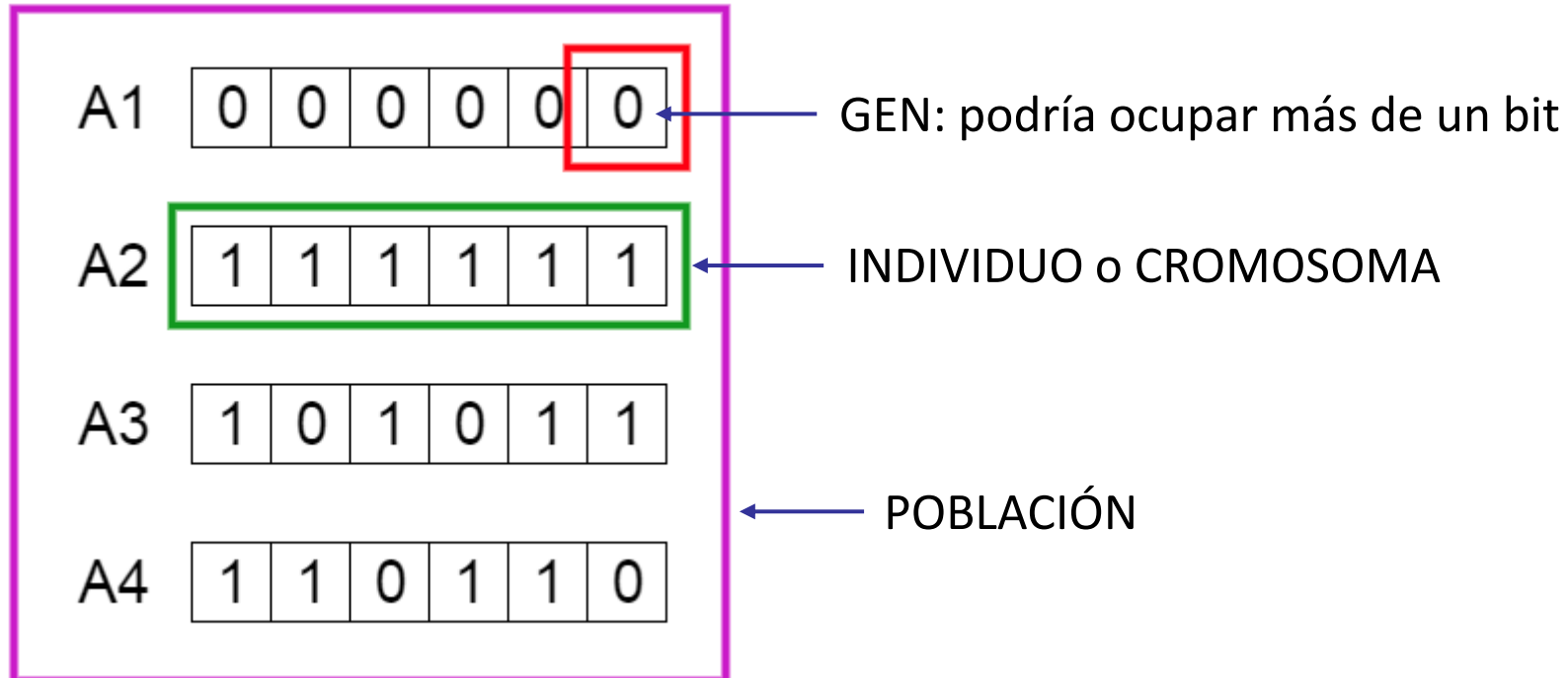
fenotipo

Generalizando los cromosomas



* Diego-Mas, J.A., "Optimización de la distribución en planta de instalaciones industriales mediante algoritmos genéticos. Aportación al control de la geometría de las actividades.", Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, 2006

Elementos básicos



Población: colección de individuos

Individuo:

- Se denomina individuo a un solo miembro de la población de soluciones potenciales a un problema.
- Cada individuo es un cromosoma que representa una solución posible al problema a resolver.

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

Población :

- Conjunto de todos los individuos
- Normalmente tiene un tamaño fijo y puede tener individuos repetidos

01101
11000
01000
10011

Función de evaluación (fitness)

Fitness

- ❑ El **fitness** es un valor de idoneidad o calidad que se obtiene para cada individuo (es la base para los mecanismos de selección)
- ❑ Puede buscarse la maximización o minimización **fitness**.
- ❑ **Ejemplo:** buscar el valor de x que maximiza la función:

$$f(x) = x^2$$

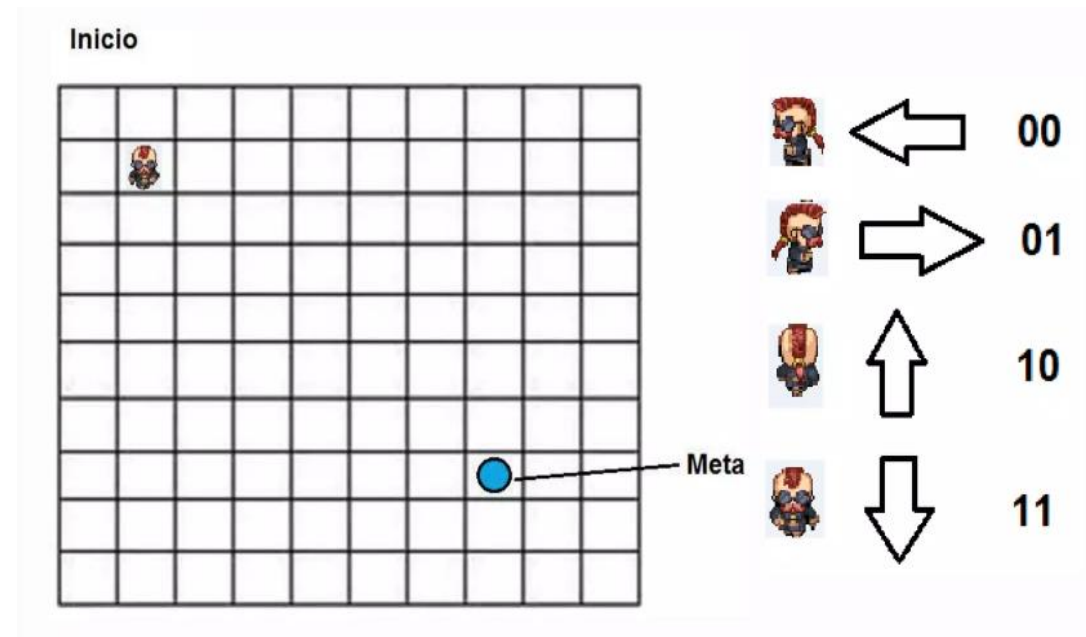
- ❑ El fitness de un individuo será el valor que produce ese individuo en la función. Por ejemplo el individuo 1010

$$\text{fitness}(1010_2) = 100$$

Valor de
idoneidad del
individuo 1010

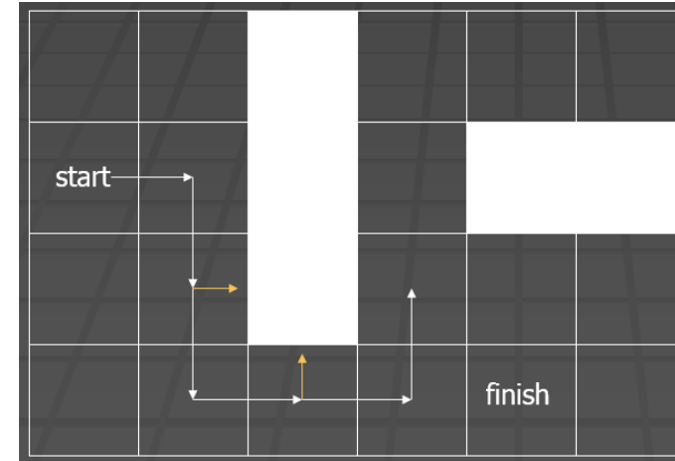
Ejemplo Laberinto

- Ejemplo de algoritmo genético para buscar la solución que represente el camino a seguir para salir de un laberinto
 - Representación del individuo
 - Función de fitness
 - Operadores a utilizar....



Ejemplo Laberinto

- 2D grid
- Obstáculos arbitrarios
- 1 punto inicial y 1 punto final
- Codificación binaria de movimientos
 - 00 = arriba
 - 01 = derecha
 - 10 = abajo
 - 11 = izquierda

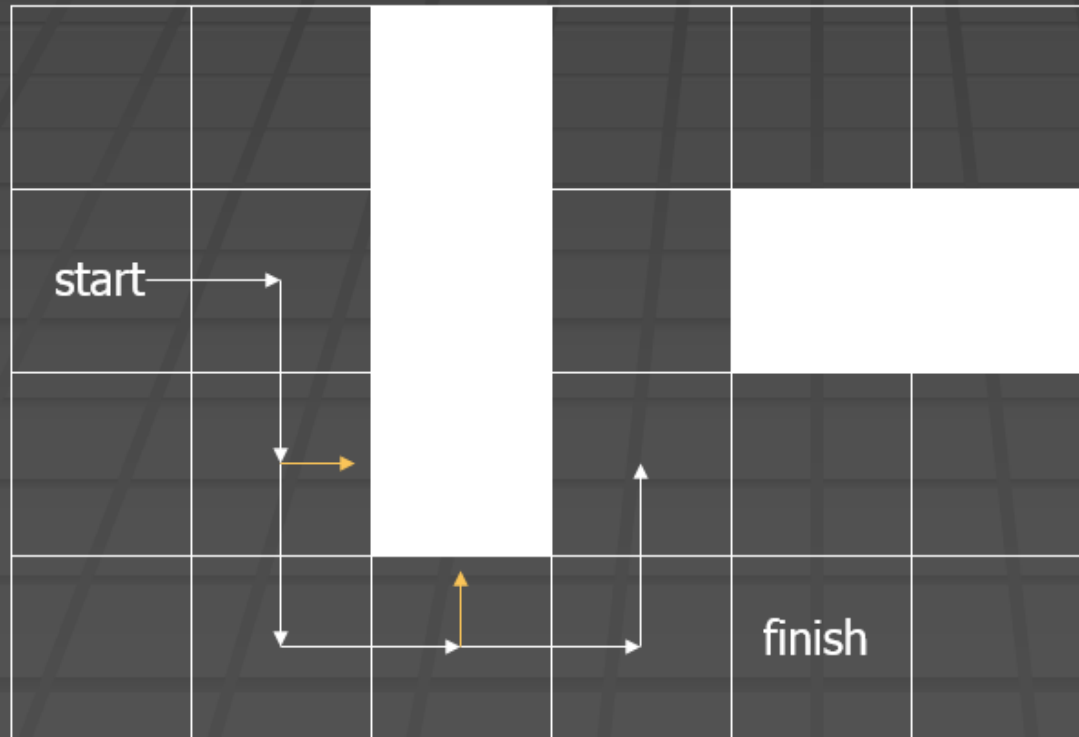


0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	...
d	a	a	d	d	a	a	d	d	a	.	.	.

- **Fitness:** $1 - \frac{\text{distancia_A_fin}}{\text{distancia_Máxima}}$

Ejemplo Laberinto

Genome A: 01 10 01 10 01 00 01 00



01 = Right

10 = Down

01 = Right (Bump)

10 = Down

01 = Right

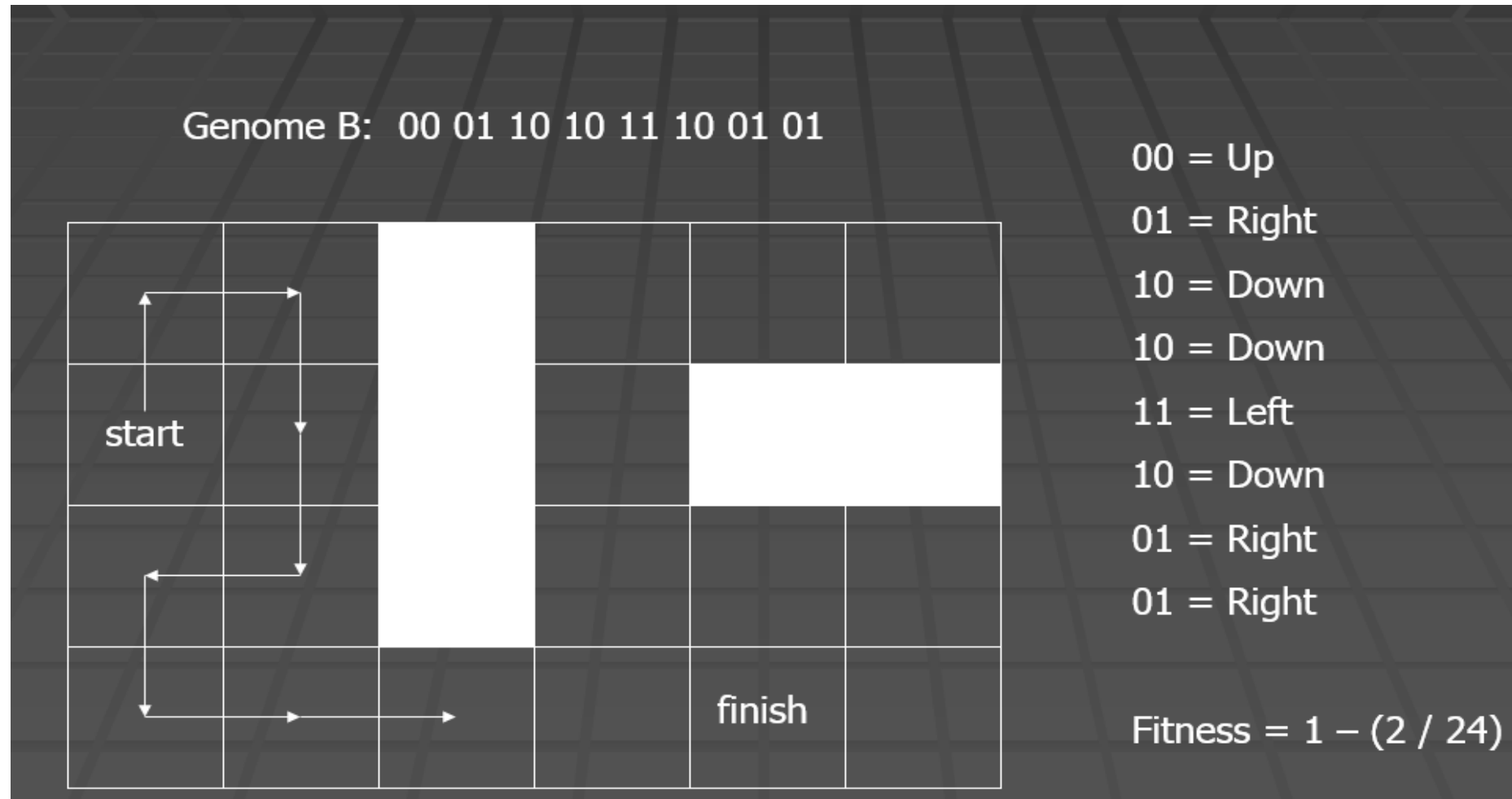
00 = Up (Bump)

01 = Right

00 = Up

Fitness = $1 - (2 / 24)$

Ejemplo Laberinto



Ejemplo Laberinto

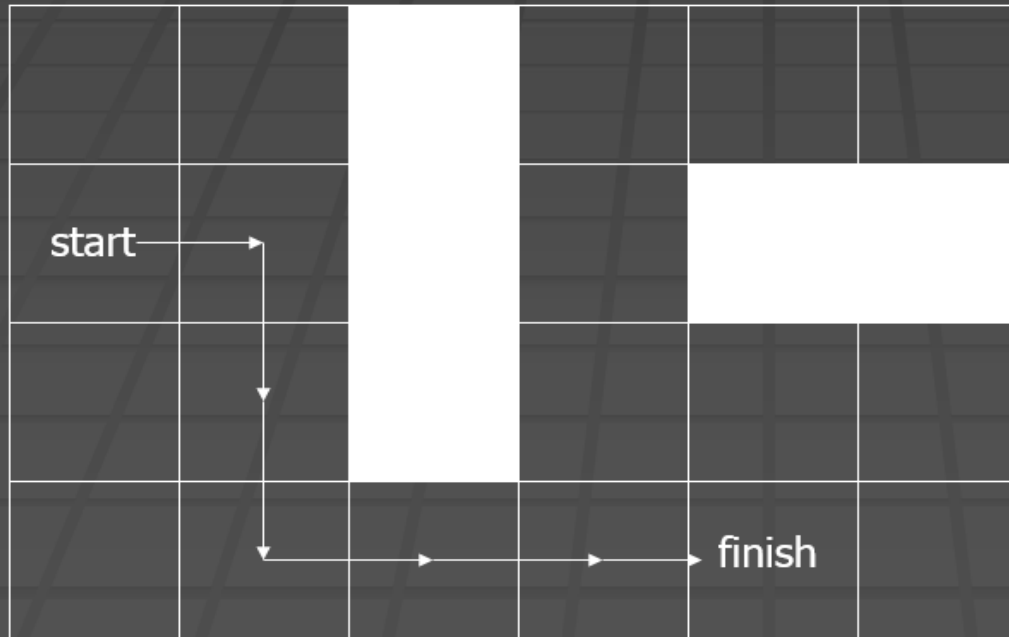
Genome A: 01 10 01 10 01 00 01 00

Genome B: 00 01 10 10 11 10 01 01

Genome C: 01 10 01 10 01 00 01 01

← Cruce

Genome C: 01 10 01 10 01 00 01 01



01 = Right

10 = Down

01 = Right (Bump)

10 = Down

01 = Right

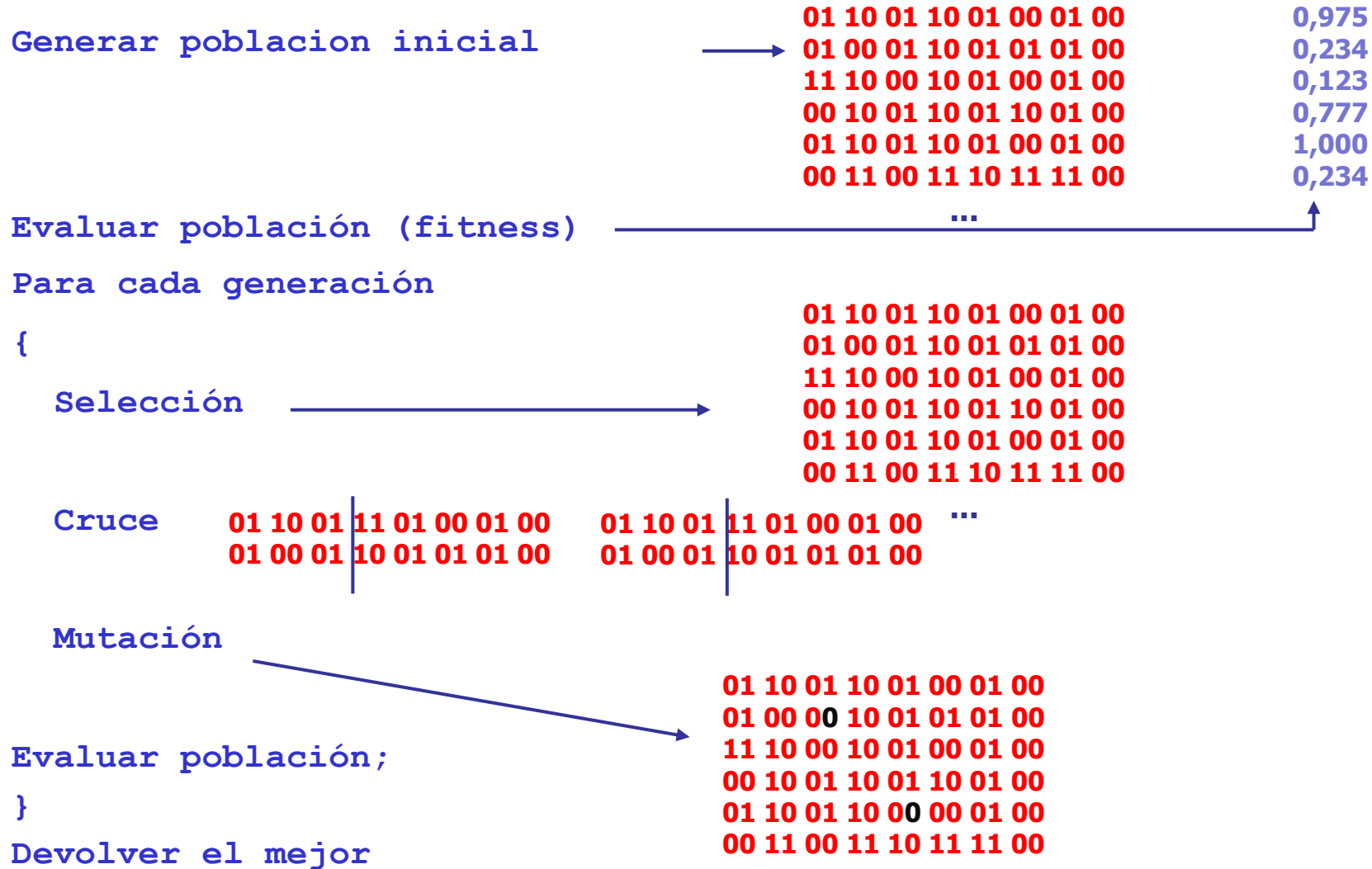
00 = Up (Bump)

01 = Right

01 = Right

Fitness = $1 - (0 / 24)$

Proceso



Paralelismo implícito

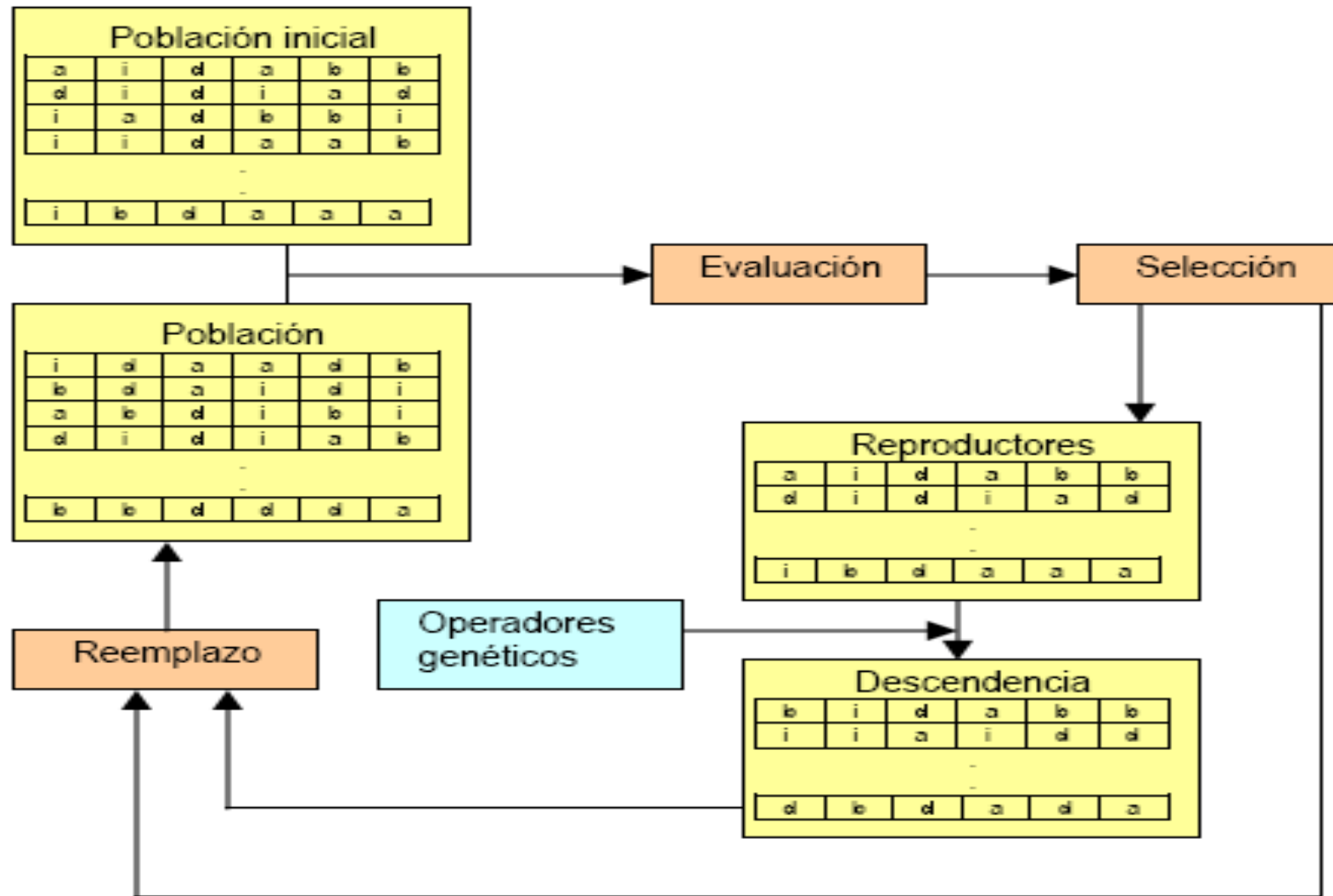
- Una característica de los AGs es su capacidad de intercambio estructurado de información en paralelo (paralelismo implícito):
 - Los AGs procesan externamente cadenas, sin embargo, lo que se está procesando internamente son similitudes entre cadenas.
 - Al procesar cada una de las cadenas de la población se están procesando a la vez todos los patrones de similitud que contienen.

0011011010

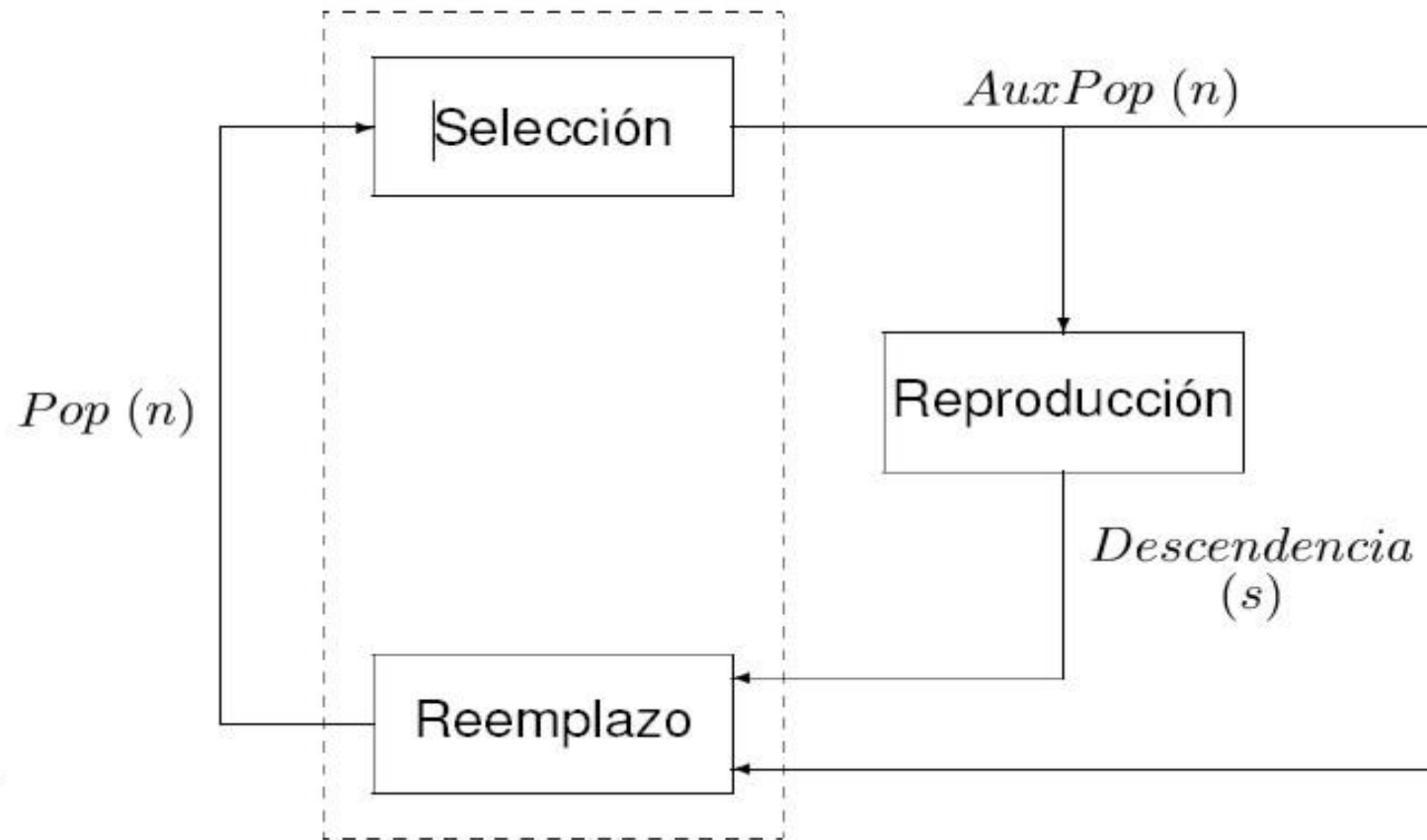
1111011001

Esquema general del AG

Fuente: Diego-Mas, J.A., "Optimización de la distribución en planta de instalaciones industriales mediante algoritmos genéticos. Aportación al control de la geometría de las actividades.", Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, 2006



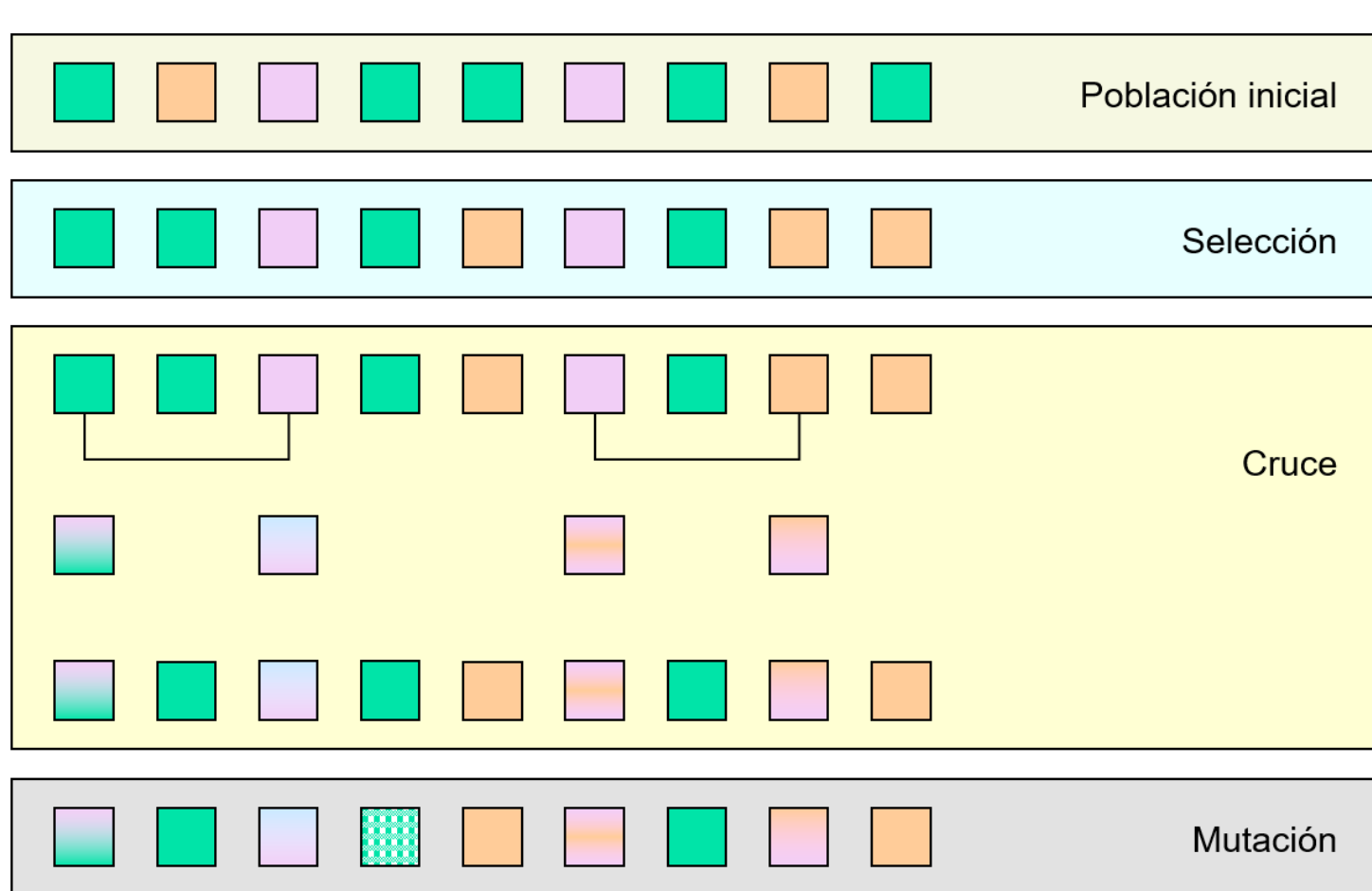
Esquema general del AG



Algoritmo genético: Estructura

- ❑ Una población **Pop**, que consta de **n** miembros
- ❑ **Selección**: se somete a un proceso de selección para constituir una población intermedia **AuxPop** de **n** progenitores.
- ❑ De la población intermedia se extrae un grupo reducido de individuos llamados progenitores que son los que se van a reproducir (seleccionados para el cruce).
- ❑ Los seleccionados son sometidos a transformaciones de cruce y mutación (operadores genéticos) mediante las que se generan **s** nuevos individuos que constituyen la **Descendencia**
- ❑ Para formar la nueva población **Pop[$t+1$]** se deben seleccionar **n** supervivientes de entre los **$n+s$** de la población auxiliar y la descendencia; eso se hace en la fase de reemplazo.

Esquema general



Algoritmo genético: codificación

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

Gen 1

Gen 2

Gen 3

- ❑ Cada individuo consta de m posiciones que son ocupadas por atributos o genes.
- ❑ Los genes se codifican en $L = L_1 + \dots + L_m$ bits.
- ❑ Si un atributo puede tomar más de dos valores se deberá representar mediante varios bits.
- ❑ Si el j -ésimo gen consta de a_j alelos, entonces se deberá codificar mediante $L_j = \log_2 a_j$ bits

Algoritmo genético: evaluación

Sea x un individuo, podemos tratar diferentes medidas de calidad:

- Función de evaluación $f(x)$:
 - Se denomina evaluación o bien aptitud bruta
- Fitness, función de aptitud o adaptación $u(x)$:
 - Se obtiene a partir de la $f(x)$ del problema. Puede coincidir con $f(x)$
- Puntuación $p(x)$:
 - Puede ser una medida basada en la aptitud relativa (probabilidad de selección)

Ejemplo

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

Temperatura Humedad Iluminación

- Si el fitness fuera la suma de los valores de los atributos codificados:

000000000	$f(x) = 0$
000111010	$f(x) = 9$
111111111	$f(x) = 21$
000101101	$f(x) = 10$
. . . .	

Algoritmo genético: notación

- Podemos utilizar notaciones generales

$f(\mathbf{x})$	$Eval(\mathbf{x})$	Función de evaluación
$u(\mathbf{x})$	$Aptitud(\mathbf{x})$	Función de aptitud
$p(\mathbf{x})$	$Punt(\mathbf{x})$	Puntuación
$q(\mathbf{x})$	$PuntAcu(\mathbf{x})$	Puntuación acumulada
n	$TamPob$	Tamaño de la población
ℓ	Lon	Tamaño del individuo
m	NG	Número de genes
L_j	L_j	Tamaño del j-ésimo gen
r	$TamElite$	Tamaño de la élite
s	$TamDesc$	Tamaño de la descendencia

Algoritmo genético: Criterios de implementación

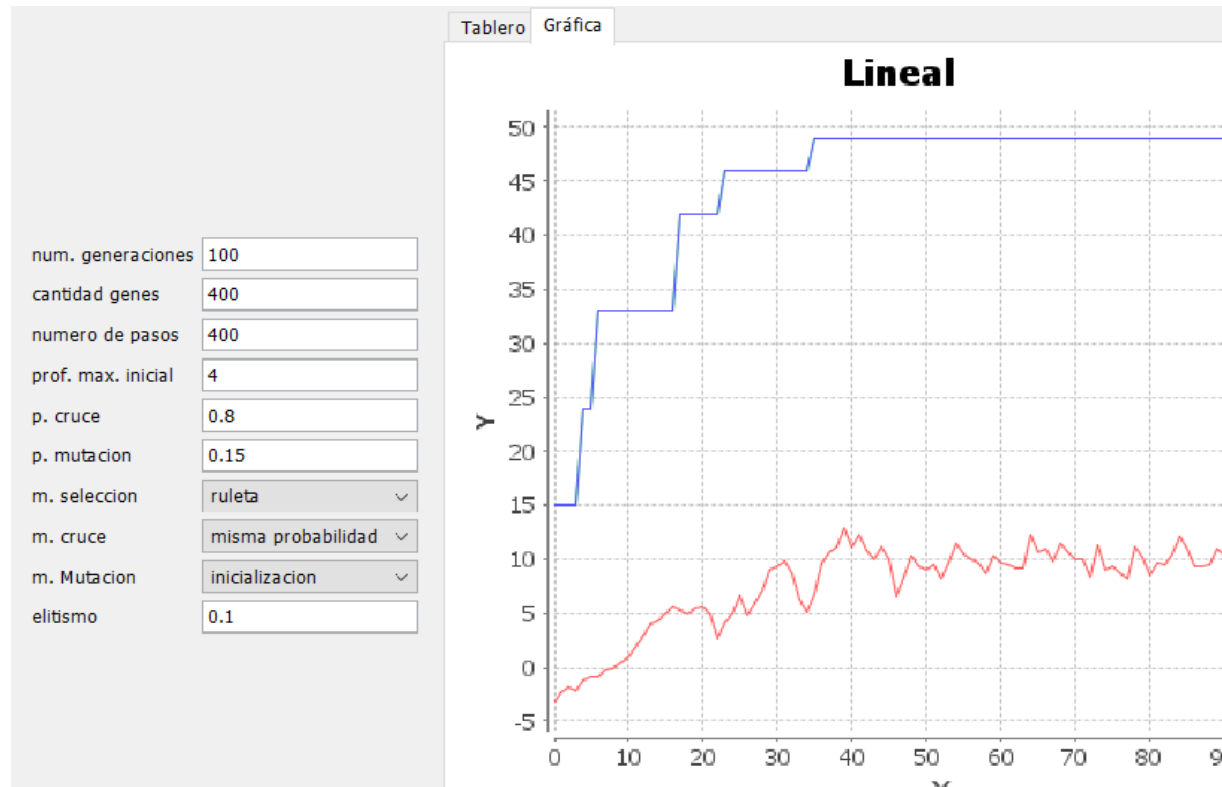
- ❑ Criterio de codificación:
 - Procedimiento que hace corresponder una cadena de bits a cada punto del dominio (paso del genotipo al fenotipo).
- ❑ Criterio de tratamiento de los individuos no factibles:
 - ¿Qué hacemos con los individuos no válidos?
- ❑ Criterio de inicialización:
 - ¿Cómo generamos los individuos de la población inicial?
- ❑ Criterio de parada:
 - ¿Cuándo paramos?

Algoritmo genético: Criterios de implementación

- ❑ Funciones de evaluación y aptitud:
 - Definición de la función de evaluación y función de aptitud de los individuos para el problema.
- ❑ Operadores genéticos:
 - Descripción de los operadores de cruce y mutación.
- ❑ Criterios de selección:
 - Mecanismos para la selección de los individuos favoreciendo a los más aptos:
 - Ruleta, torneo, ranking, restos, etc..

Algoritmo genético: Criterios de implementación

- ❑ Criterios de reemplazo:
 - ¿Cómo se reintegran en la población los descendiente o supervivientes?
- ❑ Parámetros de funcionamiento:
 - Tamaño de la población
 - Número de generaciones
 - Probabilidad de cruce
 - Probabilidad de mutación
 - Precisión de la codificación
 - Tamaño de la élite
 - . . .



- Se aplican en operaciones sobre los individuos de
 - **Selección**
 - **Cruce**
 - **Mutación**
- Existen varios casos
 1. Ejecutar una opción con probabilidad **p**
 2. Elegir entre N alternativas **equiprobables**
 3. Elegir entre N alternativas **no equiprobables**

AG: Métodos de elección aleatoria

1. Ejecutar una opción con probabilidad p



```
if (random() < p) ...
```

- Se emplea por ejemplo en
 - Determinar si un individuo debe participar del cruce o no
 - Determinar si un individuo debe mutar o no
 - ...

Ejemplo mutación

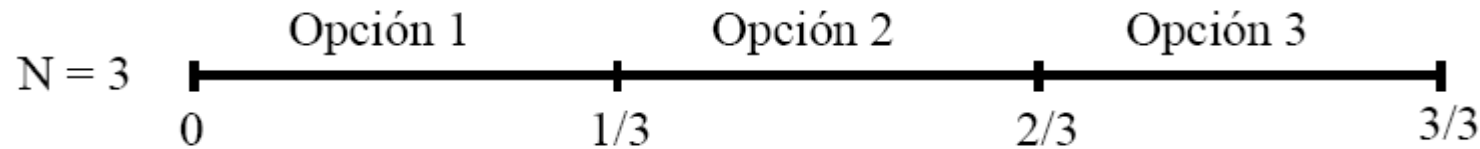
```
public void mutacion(double probMutacion, Random r) {  
    boolean cambios = false;  
    for (int i=0; i < cromosoma.length; i++) {  
        if (r.nextDouble() < probMutacion) {  
            bits[i] = r.nextBoolean();  
            cambios = true;  
        }  
    }  
    if (cambios) {  
        refrescaFenotipo();  
    }  
}
```

Parámetro del
algoritmo

p. cruce	<input type="text" value="0.8"/>
p. mutacion	<input type="text" value="0.15"/>
m. seleccion	<input type="text" value="ruleta"/>

2. Elegir entre **N alternativas equiprobables**

- Dividir el segmento $[0,1]$ en **N** partes iguales, calculando los puntos
- Se elige un valor al azar y se ve en qué segmento cae



```
r = random();  
if (r < 1/N) opcion1  
else if (r < 2/N) opcion2  
else ...
```

- Se emplea para determinar el punto de cruce en el operador *cruce*

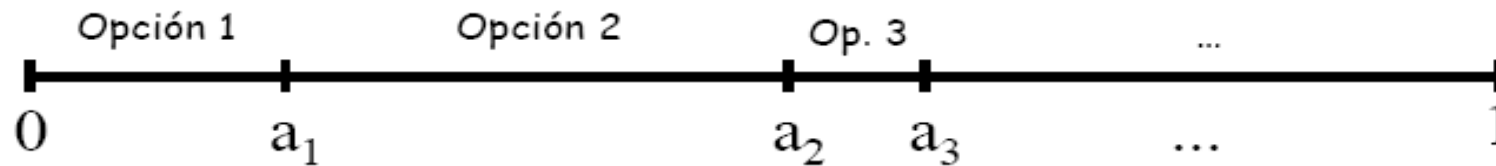
0000110101|011111101

3. Elegir entre **N alternativas no equiprobables**

- Calcular las probabilidades acumuladas a_i y dividir el segmento

$$a_i = \sum_{k=1}^i p_k$$

- Se elige un valor al azar y se ve en qué segmento cae



```
r = random();  
if (r <  $a_1$ ) opcion1  
else if (r <  $a_2$ ) opcion2 ...
```

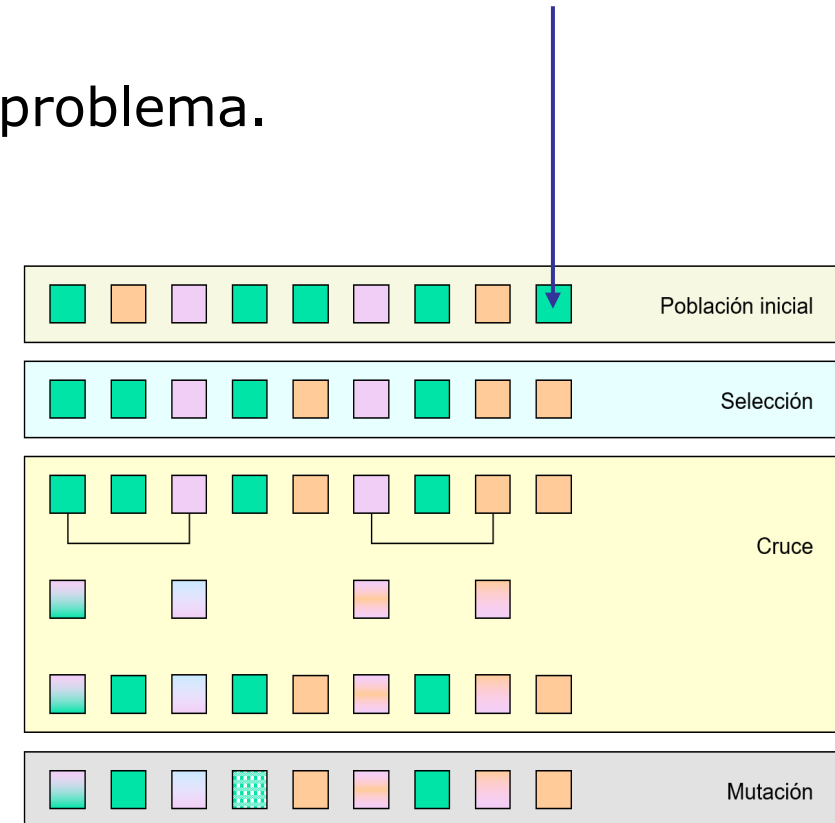
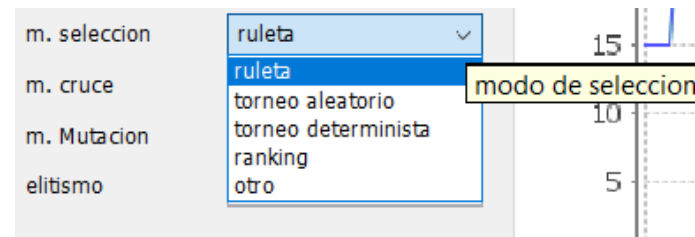
- Se emplea normalmente en la **selección** de progenitores

- **Selección** de progenitores
 - Selección proporcional : Método de ruleta
 - Muestreo universal estocástico
 - Truncamiento, Torneo, Ranking, Restos...

- **Reproducción** o transformación
 - Cruce
 - Mutación

- **Reemplazo** o selección de supervivientes

- ❑ Consiste en muestrear en la población los ***n*** elementos de la población de progenitores.
- ❑ El criterio específico de muestreo depende del problema.
- ❑ Los criterios de muestreo más usados son
 - Selección proporcional (Ruleta)
 - Muestreo universal estocástico
 - Truncamiento
 - Torneo
 - Ranking
 - Restos...



Para la elección de un subconjunto de individuos de una población podemos clasificar los métodos según el grado de aleatoriedad:

- **Muestreo directo:** Se toma un subconjunto de individuos de la población siguiendo un criterio fijo: "los k mejores", "los k peores", etc...
- **Muestreo aleatorio simple o equiprobable:** Se asignan a todos los elementos de la población base las mismas probabilidades de formar parte de la muestra y se hace una selección aleatoria.
- **Muestreo estocástico:** Se asignan probabilidades de selección o puntuaciones a los elementos de la población base en función (directa o indirecta) de su aptitud.

Muestreo de poblaciones: Selección

- ❑ **Muestreos estocásticos:** Se asignan probabilidades de selección o puntuaciones a los elementos de la población base en función (directa o indirecta) de su aptitud.
- ❑ Consiste en elegir entre N alternativas no equiprobables

Individuo	u_i	p_i
1	2	0,18
2	1.8	0,16
3	1.6	0,15
4	1.4	0,13
5	1.2	0,11
6	1.0	0,09
7	0.8	0,07
8	0.6	0,06
9	0.4	0,03
10	0.2	0,02
	11	1

$$p_i \stackrel{\text{def}}{=} \frac{u_i}{u_1 + \dots + u_n} \quad (\forall i = 1, \dots, n)$$

Muestreo de poblaciones: Selección

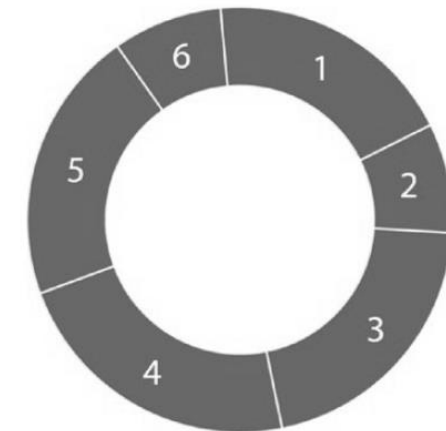
- ❑ **Muestreos estocásticos:** Se asignan probabilidades de selección o puntuaciones a los elementos de la población base en función (directa o indirecta) de su aptitud.
- ❑ Consiste en elegir entre N alternativas no equiprobables
 - Siendo u_1, \dots, u_n las respectivas aptitudes de los individuos, la puntuación p_i asociada al individuo x_i , se calcula como la aptitud relativa de cada individuo:

$$p_i \stackrel{\text{def}}{=} \frac{u_i}{u_1 + \dots + u_n} \quad (\forall i = 1, \dots, n)$$

- Así se garantiza que $p_1 + \dots + p_n = 1$, como corresponde a una distribución de probabilidades..

Selección: Método de ruleta

- ❑ Es un método de selección que usa la analogía de una ruleta para seleccionar individuos de una población.
- ❑ La idea es que los individuos de la población se colocan en una ruleta dependiendo de su valor de fitness.
- ❑ Cuanto más alto es el fitness del individuo más espacio se le asigna en la ruleta.
 - ❑ Cada número representa a un individuo de la población. Cuanto mayor es la aptitud del individuo, mayor es su porción de la ruleta.
 - ❑ Al girar la ruleta, es más probable seleccionar a los individuos que tienen más porción de ruleta.
 - ❑ Se llama selección proporcional de aptitud pues las soluciones se seleccionan en función de su aptitud respecto al resto.



p. cruce	0.8
p. mutacion	0.15
m. seleccion	ruleta

Selección proporcional: Método de ruleta

- ❑ Para ver el tamaño de cada porción se calculan las puntuaciones acumuladas de los individuos:

$$q_0 := 0$$

$$q_i := p_1 + \dots + p_i \quad (\forall i = 1, \dots, n)$$

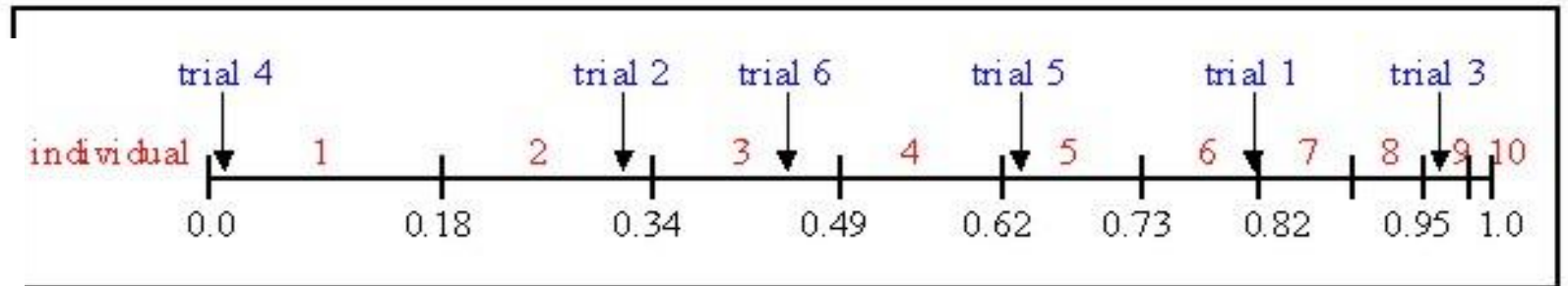
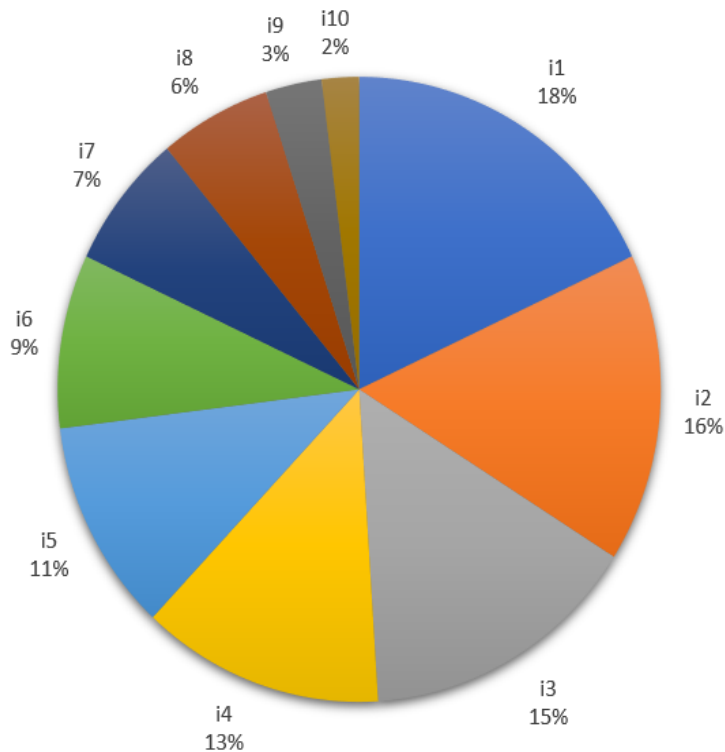
- ❑ Para cada individuo a seleccionar, se genera un número aleatorio r entre $[0..1]$ y ese número decide qué individuo se selecciona. Se elige el individuo i que verifique

$$q_{i-1} < r < q_i$$

- ❑ Algunos cromosomas pueden seleccionarse más de una vez y los mejores cromosomas obtienen más copias.
- ❑ Los peores mueren (no se seleccionan).

Selección proporcional: Método de ruleta

individuo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
u_i : Fitness	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2
p_i : Prob. selección	0.18	0.16	0.15	0.13	0.11	0.09	0.07	0.06	0.03	0.02



Para **seleccionar 6 individuos** el proceso se repite 6 veces:

0.81 0.32 0.96 0.01 0.65 0.42.

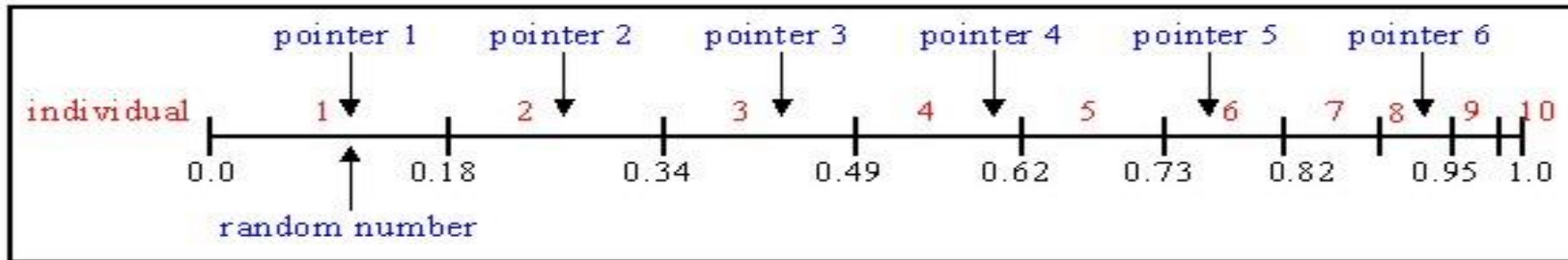
Ind 6 Ind 2 Ind 9 Ind 1 Ind 5 Ind 3

Selección Universal Estocástica

- ❑ Similar al muestreo proporcional pero ahora se genera un único número aleatorio simple r y a partir de él se calculan los restantes.
- ❑ Los individuos se mapean en segmentos continuos cuyo tamaño es el de su aptitud.
- ❑ Se colocan tantas marcas espaciadas por igual como individuos queremos seleccionar **N**
- ❑ La distancia entre las marcas es **$1/N$**
- ❑ La posición de la primera marca se obtiene a partir de un número aleatorio entre **0** y **$1/N$** .
- ❑ Veamos un ejemplo para **seleccionar 6 individuos**

Selección Universal Estocástica

individuo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
fitness	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2
Prob. selección	0.18	0.16	0.15	0.13	0.11	0.09	0.07	0.06	0.03	0.02

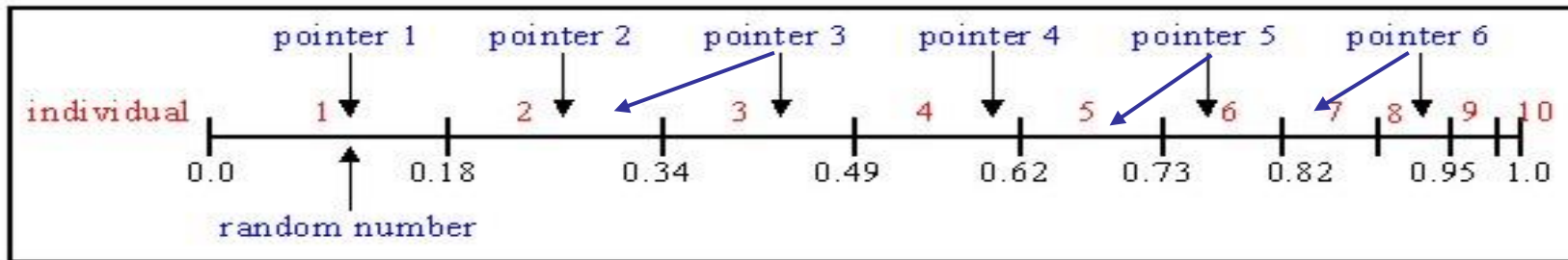


- La distancia entre las marcas es $1/6=0.167$.
- La figura anterior muestra la selección de la primera marca al obtener el valor 0.1 en el intervalo $[0,0.167]$
- El resto de punteros indican los individuos seleccionados (según el número de punteros que caen dentro de cada segmento) :

Ind1, Ind2, Ind3, Ind4, Ind6, Ind8.

Selección Universal Estocástica

individuo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
fitness	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2
Prob. selección	0.18	0.16	0.15	0.13	0.11	0.09	0.07	0.06	0.03	0.02



- También podemos calcular cada punto j con la siguiente fórmula:

$$a_j = (a + j - 1) / N$$

- $a_1 = (0,1 + 1 - 1) / 6 \rightarrow 0,016 \rightarrow i1$
- $a_2 = (0,1 + 2 - 1) / 6 \rightarrow 0,183 \rightarrow i2$
- $a_3 = (0,1 + 3 - 1) / 6 \rightarrow 0,333 \rightarrow i2$
- $a_4 = (0,1 + 4 - 1) / 6 \rightarrow 0,516 \rightarrow i4$
- $a_5 = (0,1 + 5 - 1) / 6 \rightarrow 0,683 \rightarrow i5$
- $a_6 = (0,1 + 6 - 1) / 6 \rightarrow 0,85 \rightarrow i7$

□ Determinístico

- Cada elemento de la muestra se toma eligiendo el mejor de los individuos de un conjunto de **k** elementos (2 ó 3) tomados al azar de la población base.
- El proceso se repite n veces hasta completar la muestra.

□ Probabilístico

- Se diferencia en el paso de selección del ganador del torneo.
- En vez de escoger siempre el mejor se genera un número aleatorio del intervalo $[0..1]$, si es mayor que un parámetro **p** se escoge el individuo más alto y en caso contrario el menos apto. Generalmente **p** toma valores en el rango $[0.5, 1]$

Selección por Truncamiento

- ❑ Los individuos se ordenan por su fitness.
- ❑ El parámetro utilizado es el umbral de truncamiento ***trunc***.
- ❑ ***trunc*** indica la proporción de los vecinos a seleccionar como padres. Varía entre el 50% y el 10%. Estos se reproducen $1/p$ veces (1/0,5) o bien (1/0,1)
- ❑ De 100 individuos,
 - Si ***trunc*** es el 50%, seleccionamos los 50 mejores y cada uno se selecciona 2 veces
 - Si ***trunc*** es el 10%, seleccionamos los 10 mejores y cada uno se selecciona 10 veces
- ❑ Los individuos por debajo del umbral no producen descendientes: es el método más elitista

Individuo	p_i
7	0.25
1	0.2
5	0.15
6	0.1
4	0.1
8	0.1
2	0.05
3	0.05

En este caso me quedo con la mitad mejor y selecciono dos copias de cada

Selección por Restos

- Del individuo x_i se seleccionan $p_i \cdot k$ copias
 - k el número de individuos a seleccionar
 - p_i la probabilidad de selección del individuo i
- Los que faltan se seleccionan por cualquier otro método de selección

Individuo	p_i	$P_i \cdot k$
1	0.2	1.6
2	0.05	-
3	0.05	-
4	0.1	-
5	0.15	1.2
6	0.1	-
7	0.25	2
8	0.1	-

$K=8$
Seleccionamos
el 1, 5 y el 7

- ❑ **Muestreo diferenciado:**

- Cada elemento de la población base se puede tomar para formar la muestra a lo sumo una vez.

- ❑ **Muestreo conservador:**

- Todos los elementos de la población base tienen alguna oportunidad (probabilidad no nula) de ser elegidos.

- ❑ **Muestreo excluyente:**

- Se excluyen a priori algunos individuos del proceso de muestreo.

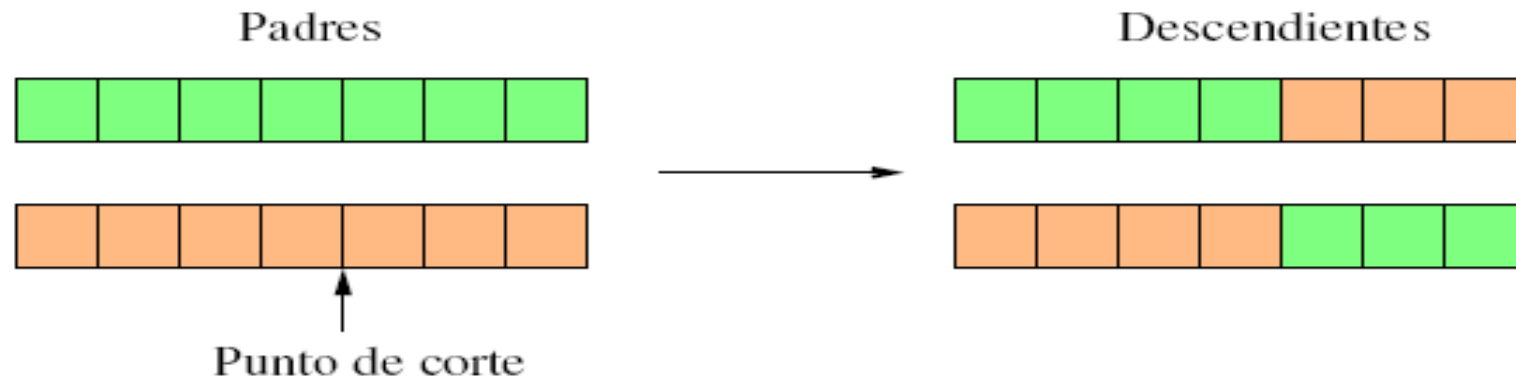
Reproducción

- ❑ Mecanismo que permite obtener descendientes, aplicando los operadores de transformación (**cruce**, **mutación** ...) sobre ciertos miembros de la población de progenitores.
- ❑ Obtendremos una descendencia de **s** nuevos miembros.
- ❑ No es habitual especificar el valor de **s**: su valor viene dado en promedio por las probabilidades de aplicación de los operadores genéticos.
- ❑ El valor esperado de **s** no suele ser mayor del 60% de **n**

p. cruce	0.8
p. mutacion	0.15
m. seleccion	ruleta ▼
m. cruce	misma probabilidad ▼
m. Mutacion	inicializacion ▼

Operador de cruce

- ❑ El operador de cruce actúa sobre parejas de individuos y suelen producir un par de individuos que combinan características de los progenitores.
- ❑ El operador crea un nuevo par de individuos combinando partes de los dos cromosomas padre.
- ❑ En el AG los individuos están representados a través de cadenas binarias, por lo que el cruce se lleva a cabo por intercambio de segmentos.

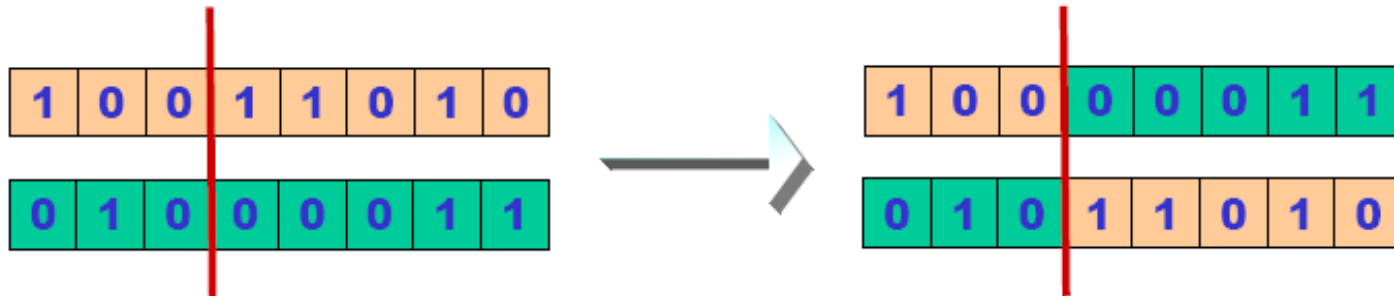
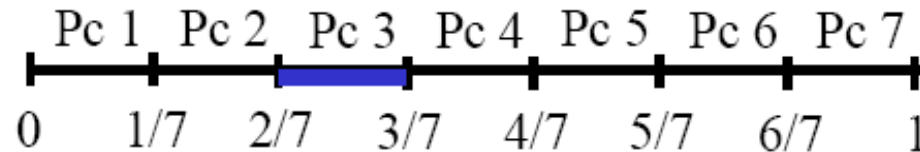


Operador de cruce

- ❑ Decidimos si cruzamos con una probabilidad P_c
- ❑ Si hay cruce, seleccionamos el punto de corte de forma equiprobable entre 1 y $L-1$
- ❑ Cortamos cadenas y pegamos cruzadas

random() = 0.55
 $0.55 < P_e \rightarrow$ emparejamiento
random() = 0.36
 $2/7 < 0.36 < 3/7 \rightarrow P_{c3}$

$L = 8 \rightarrow 7 P_c$
 $P_e = 0.7$



Tipos de cruce: Cruce Monopunto

- Cruce Monopunto:

Antes del cruce

0011|011010
1110|010001



Después del cruce

0011010001
1110011010

Tipos de cruce: Cruce Multipunto

□ Cruce Multipunto:

Antes del cruce

001|101|1010

111|001|0001



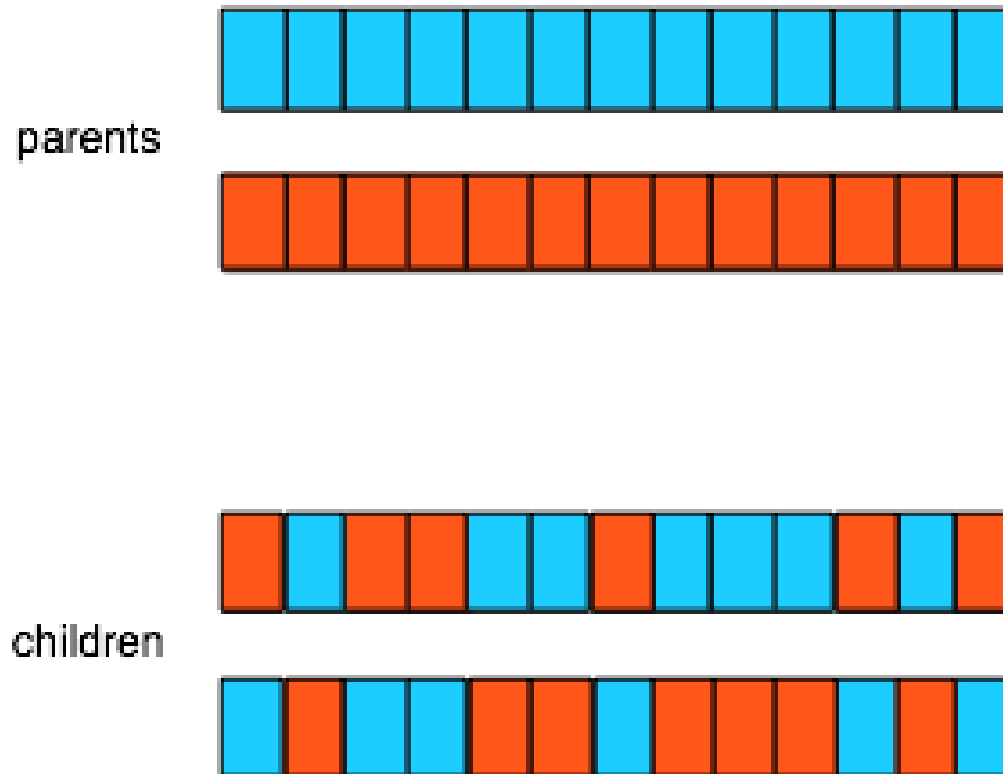
Después del cruce

0010011010

1111010001

Tipos de cruce: Cruce Uniforme

- Para cada posición, intercambiamos los alelos con una probabilidad dada (0.5).
- He aquí un ejemplo con '1011001000101' (1 = intercambio, 0 = no intercambio)



Operador de mutación

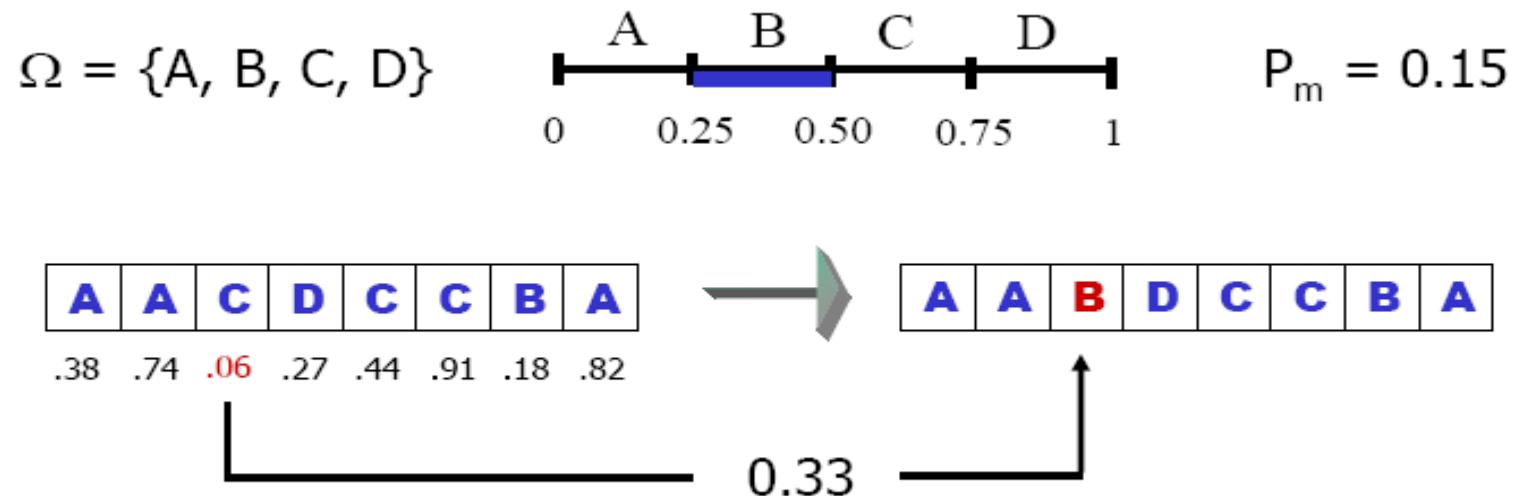
- La mutación es el operador básico de alteración.
- Se aplica a individuos solos, realizando una pequeña modificación en alguno de sus genes o en el conjunto.



- Los operadores de cruce se encargan de explotar y extender las mejores características de que disponga la población actual (búsqueda en profundidad).
- Los operadores de mutación permiten explorar nuevas zonas del espacio de búsqueda (búsqueda en anchura).

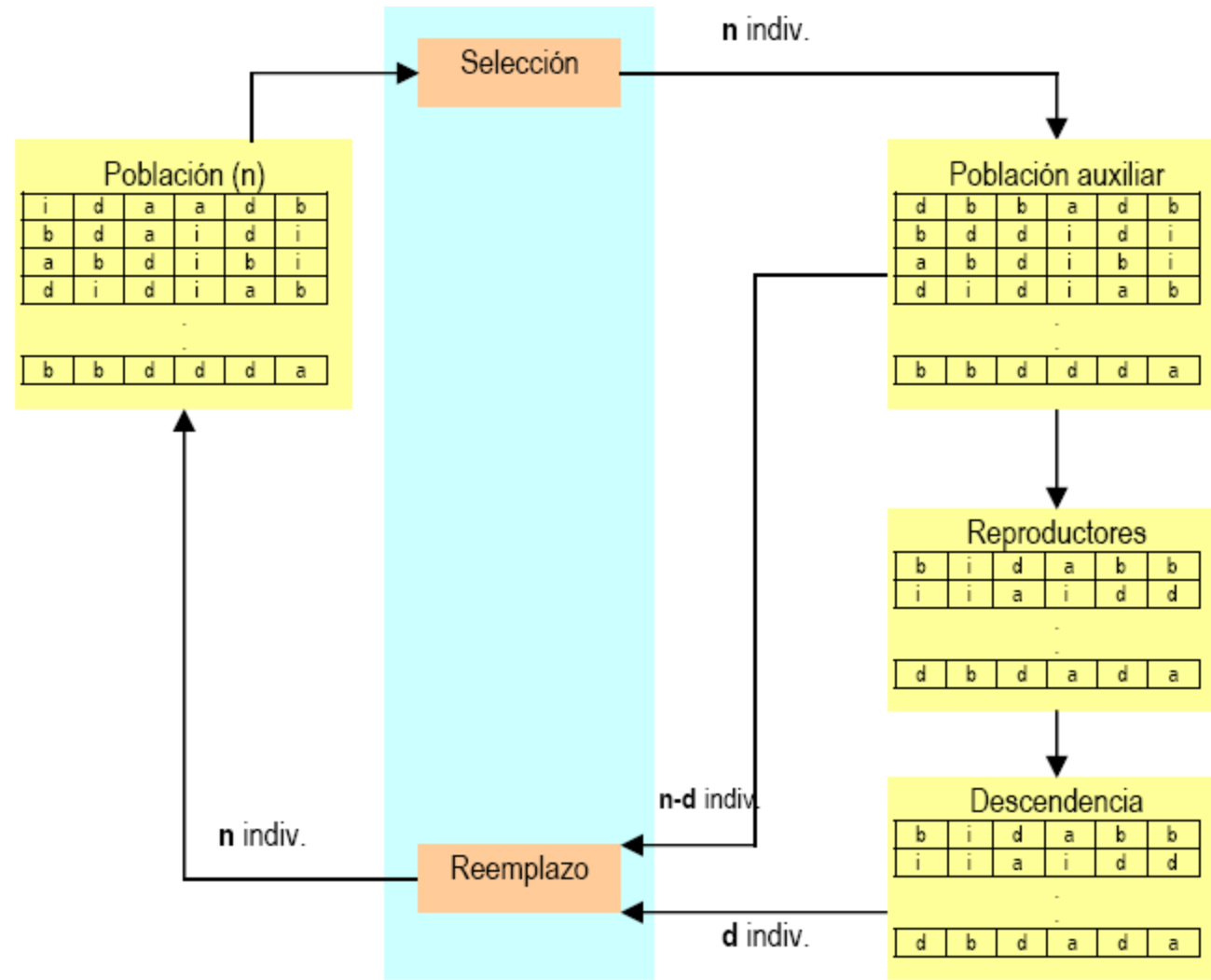
Operador de mutación generalizado

- ❑ Mutar con probabilidad P_m
- ❑ Se recorre toda la cadena, mutando cada gen con probabilidad P_m
- ❑ Mutar consiste en elegir un nuevo valor para el gen mediante una elección equiprobable sobre el alfabeto Ω



Proceso de reemplazo

Diego-Mas, J.A., "Optimización de la distribución en planta de instalaciones industriales mediante algoritmos genéticos. Aportación al control de la geometría de las actividades.", Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, 2006



Proceso de reemplazo

- ❑ La mayoría de los AEs utilizan tamaños fijos de población por lo que necesitan obtener dicho número de individuos para la próxima generación a partir de los progenitores + la descendencia
- ❑ Proceso habitualmente determinístico
 - Basado en la aptitud: ordenar padres e hijos y tomar los mejores
 - Basados en la edad: eliminar los de mayor edad (más tiempo activos)
- ❑ Normalmente se emplea **elitismo** (mantener siempre a los más aptos)

Proceso de reemplazo

- A partir de los n miembros de la población de progenitores y de los s miembros de la población de descendientes se debe obtener una nueva población de n miembros. Para hacerlo existen varios criterios:
 - Reemplazo inmediato: Los s descendientes sustituyen a sus respectivos progenitores.
 - Reemplazo con factor de llenado: Los s descendientes sustituyen a aquéllos miembros de la población de progenitores que más se les parezcan.
 - Reemplazo por inclusión: Se juntan los s descendientes con los n progenitores en una sola población, y en ella se muestrean n miembros (normalmente, los mejores).

Proceso de reemplazo

- Reemplazo por inserción: Según el tamaño relativo de la descendencia respecto de la población se distinguen dos casos,
 - $(s \leq n)$ Se muestrean para ser eliminados miembros de la población de progenitores (según cierto criterio; normalmente, los peores). Esos miembros serán sustituidos por los descendientes.
 - $(s > n)$ Se muestrean miembros de la población de descendientes y se constituye con ellos la nueva población. Nótese que de este modo cualquier individuo sólo puede vivir a lo sumo una generación.
- Los dos primeros criterios sólo se pueden usar cuando $(s \leq n)$

Proceso de reemplazo

- ❑ Reemplazar si es mejor: La descendencia reemplaza al individuo actual solo si su valor de aptitud es mayor.
- ❑ Reemplazar siempre: El descendiente reemplaza siempre al individuo actual.
- ❑ Reemplazar el peor: La descendencia reemplaza al peor individuo de la población.
- ❑ Reemplazar al azar: El descendiente reemplaza aleatoriamente a un individuo de la población.
- ❑ Reemplazar al padre: El hijo reemplaza a uno de sus padres.
- ❑ Reemplazar al más similar: La descendencia reemplaza al individuo de la población con la información cromosómica más cercana.

- A. Genético generacional:

- La población se renueva por completo de una generación a otra

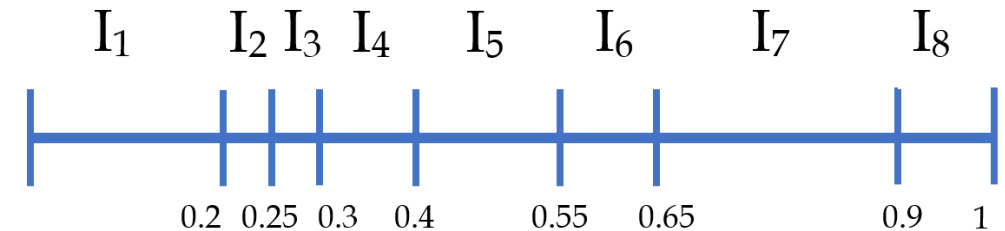
- A. Genético estacionario:

- La descendencia reemplaza a algunos individuos de la población anterior. Se conserva parte de la población.
 - Reemplazo de los padres
 - Reemplazo aleatorio
 - Reemplazo de los individuos peor adaptados
 - ...cualquiera de los métodos enumerados anteriormente

Ejercicio

- Dados los siguientes datos de una población de 8 individuos:

Individuo	Fitness u_i	puntuación p_i	acumulada q_i
1	4	0,2	0,2
2	1	0,05	0,25
3	1	0,05	0,3
4	2	0,1	0,4
5	3	0,15	0,55
6	2	0,1	0,65
7	5	0,25	0,9
8	2	0,1	1
	20		



- Pon ejemplo de selección de 8 individuos utilizando siguientes métodos:

- Ruleta
- Universal estocástico
- Torneo probabilístico
- Torneo determinístico con muestras de tamaño 3
- Restos
- Truncamiento del 50%

