

# TEORIA

Existe una población de individuos en un entorno con recursos limitados y la competencia por esos recursos provoca la selección de aquellos individuos más en forma que están mejor adaptados al ambiente. Estos tienen más posibilidades de reproducción.

Estos individuos actúan como semillas para la generación de nuevos individuos mediante recombinación y mutación. Los nuevos individuos compiten (posiblemente también con los padres) para sobrevivir. Con el tiempo, la selección natural provoca un aumento en la aptitud de la población.

La población está formada por conjuntos de individuos. Aquellos rasgos más bien adaptados tienden a aumentar la representación en la población. Además, se producen variaciones a través de cambios aleatorios. De esta manera, la evolución es una fuente constante de diversidad. La **población es la unidad de la evolución**.

**Recombinación (crossover):** Se une la información genética de los 2 padres para generar nueva descendencia. Existen muchas técnicas diferentes de recombinación.

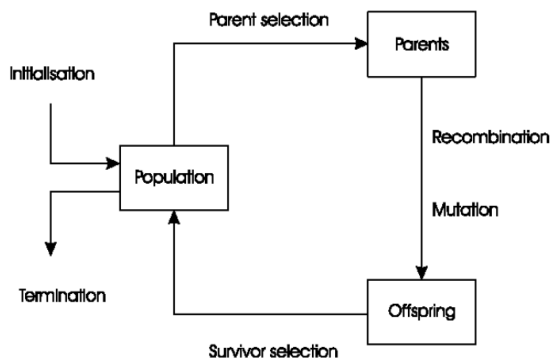


**Mutación:** Mantiene la diversidad genética de una población. El material genético cambia ligeramente. El niño puede tener material genético que no ha sido heredado de ninguno de sus padres. Esto puede ser de 3 formas:

- Catastrófico: la descendencia no es viable
- Neutral: la nueva característica no influye en la aptitud
- Ventajoso: se produce una nueva característica fuerte

## Algoritmo evolutivo (EA)

El esquema básico de un algoritmo evolutivo es:



**INICIALIZAR** población con soluciones aleatorias  
**EVALUAR** cada candidato  
 REPETIR hasta conseguir condición **TERMINACIÓN**  
**SELECCIONAR** padres  
**RECOMBINAR** los padres  
**MUTAR** la nueva generación  
**EVALUAR** nuevos candidatos  
**SELECCIONAR** individuos para nueva generación

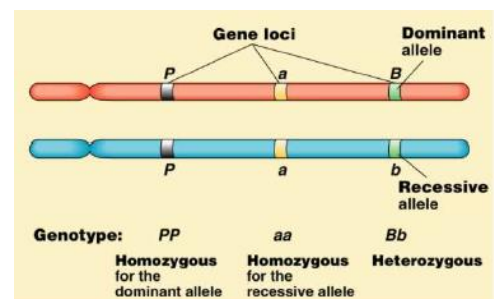
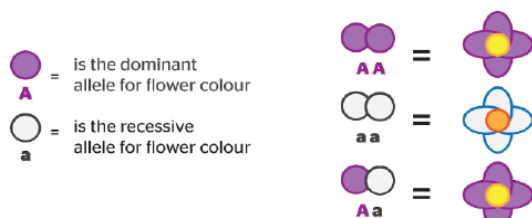
La mejor estrategia es elegir la representación que se adapte al problema:

- algoritmos genéticos simples → cadenas binarias
- programación genética → árboles LISP
- estrategias evolutivas → vectores con valores reales

Además, hay que elegir los operadores de variación que se adaptan a la representación. Los operadores de selección son independientes del tipo de representación.

### Componentes

**Representación:** Los individuos candidatos existen en el espacio fenotipo, codificados con cromosomas que se encuentran en el espacio genotipo. Los cromosomas contienen genes, que se sitúan en posiciones fijas conocidas como **loci** y tienen un valor (**alelo**). Para encontrar el óptimo global, cada posible solución debe estar representada en el espacio genotipo.



**Función de evaluación (fitness):** Representa los requisitos a los que se adapta la población. También se conoce como función de calidad o función objetivo. Asigna una aptitud física de valor real a cada fenotipo o individuo que constituye la base para la selección. Normalmente, hablamos de encontrar la máxima condición física, pero algunos problemas pueden plantearse mejor como minimización.

**Población:** Representa posibles soluciones. Generalmente tiene un tamaño fijo y es un conjunto múltiple de genotipos. Los operadores de selección generalmente toman a toda la población. La diversidad de una población se refiere al número de fenotipos/genotipos distintos.

**Selección de padres:** Las soluciones de alta calidad son más propensas a convertirse en padres. Aún así, esto no está garantizado. Incluso la probabilidad de los peores de la población generalmente no es 0.

**Operadores de variación:** Su rol es generar nuevas soluciones candidatas. Generalmente divididos en dos tipos según su número de entradas:

- 1 entrada: operadores de mutación.
- Más de una entrada: operadores de recombinación.

Hoy en día la mayoría de los EA usan ambos.

**Mutación:** El elemento de aleatoriedad es esencial y lo diferencia de otros operadores. Convierte un genotipo en otro distinto.

**Recombinación:** Fusiona la información de los padres en la descendencia. La elección de qué información fusionar es estocástica. La mayoría de las crías pueden ser peores o iguales a las de los padres, pero se espera que algunos sean mejores al combinar genotipos que conducen a buenos rasgos.

**Selección de supervivientes (reemplazo):** La mayoría de los EA utilizan un tamaño de población fijo, por lo que necesitan una forma de pasar a la siguiente generación (padres + descendencia). Existen diferentes modos:

- Basado en el estado físico: evaluar a los padres y los hijos y elegir los mejores
- Basado en la edad: tener tantos descendientes como padres y borrar todos los padres

**Inicialización:** Normalmente se hace al azar. Se pueden usar soluciones existentes, o usar problemas específicos.

**Terminación:** Se verifica en cada generación. Puede ser:

- Alcanzar alguna aptitud (conocida / esperada)
- Alcanzar un número máximo permitido de generaciones.
- Alcanzar un nivel mínimo de diversidad.
- Alcanzar un número determinado de generaciones sin mejora de la condición física

### Ejemplo de las 8 reinas

**Representación:** el fenotipo es la configuración del tablero y los genotipos son las permutaciones de los números del 1 al 8.

**Función de evaluación:** Para cada reina se miran cuantas reinas puede comprobar. La función de evaluación suma el resultado de todas las reinas y se busca minimizarlo.

1 3 5 2 6 4 7 8



1 3 7 2 6 4 5 8

**Mutación:** Se intercambian valores de 2 posiciones aleatorias.

**Recombinación:** Se usa la técnica de corte y empalme. Se elige un punto aleatorio y se copia la primera parte en cada hijo y la segunda parte se rellena en orden a partir del punto de corte, sin repetir los valores que ya están en el hijo.



**Selección de padres:** Se eligen los 2 mejores padres de cada grupo de 5 aleatorio.

**Selección de supervivientes:** Se reemplaza el nuevo hijo por el que peor fitness tiene.

**Población:** 100

**Inicialización:** aleatoria

**Probabilidad de recombinación:** 100%

**Descendencia:** 2

**Terminación:** encontrar la solución o un fitness de 10.000

**Probabilidad de mutación:** 80%

### Algoritmos genéticos (GA)

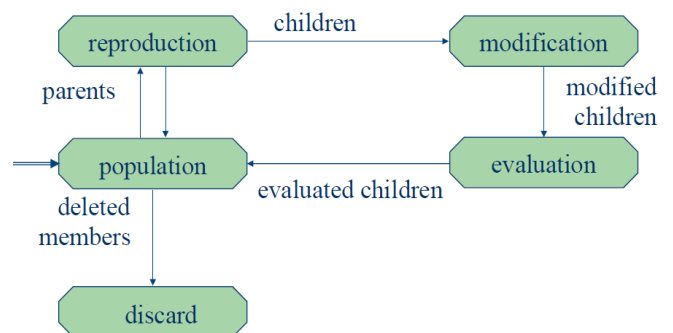
**Pseudo-código** (igual que el de antes)

```
INICIALIZAR población
EVALUAR población
mientras no se cumplen los criterios de TERMINACIÓN {
    SELECCIONAR padres para reproducirse
    RECOMBINAR y MUTAR
    EVALUAR población
}
```

### Ciclo de reproducción de un GA

**Población:** pueden ser cadenas binarias (0101...1100), números reales (43.2 -33.1 ... 0.0 89.2), permutaciones (E11 E3 ...E1 E15), listas de reglas (R1 R2 R3...R22 R23),etc.

**Reproducción:** Los padres son seleccionados al azar. Existe la posibilidad de selección en relación con las evaluaciones cromosómicas.



**Modificación:** Las modificaciones son estocásticamente activadas (mutación o recombinación).

**Evaluación:** El evaluador decodifica un cromosoma y le asigna una medida de aptitud. El evaluador es el enlace entre el GA y el problema a resolver.

**Descarte:** Puede ser un GA generacional (poblaciones enteras reemplazadas con cada iteración) o un GA de estado estable (se reemplazan algunos miembros en cada generación).

En un problema básico de GA, hay que elegir:

- representación
- tamaño de la población
- porcentajes de mutación y recombinación
- políticas de selección y eliminación.
- criterios de terminación
- función de evaluación

## Beneficios de los GA

- El concepto es fácil de entender
- Modular, separado de la aplicación
- Bueno para ambientes "ruidosos"
- Siempre una respuesta; que mejora con el tiempo
- Fácil de explotar soluciones anteriores o alternativas

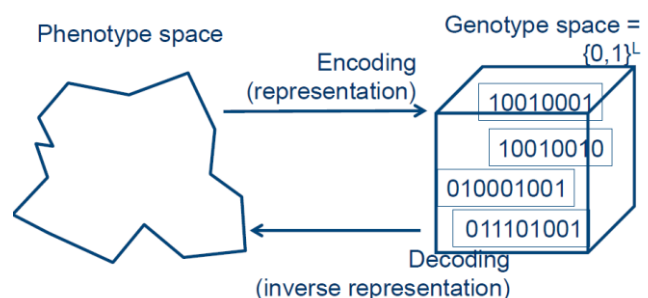
## Cuando usar un GA

- Cuando las soluciones alternativas son demasiado lentas o excesivamente complicadas
- Cuando se necesita una herramienta exploratoria para examinar nuevos enfoques
- Cuando el problema es similar a uno que ya ha sido resuelto con éxito utilizando un GA
- Cuando se quiere hibridar con una solución existente

### Algoritmos genéticos Simples (SGA)

**Representación:** cadenas binarias

**Mutación:** Se altera el gen independientemente con una probabilidad de  $p_m$  (mutation rate). Probabilidad de que un gen pase de 0 a 1 o al revés.



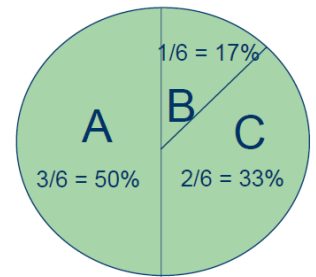
parent	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
child	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1

**Recombinación:** Se elige un punto al azar en los padres. Se divide a los padres en ese punto y se reparte cada parte en un hijo.

Diagram illustrating the inheritance of a trait from parents to children. The parents row shows 16 boxes: 8 dark grey (dominant) and 8 light grey (recessive). The children row shows 16 boxes: 8 light grey (recessive) and 8 dark grey (dominant).

**Selección de padres:** Posibilidades proporcionales a la forma física. Se aplica la técnica de la ruleta:

- Se asigna a cada individuo una parte de la ruleta
- Se gira la ruleta  $n$  veces para elegir  $n$  individuos.



**Selección de supervivientes:** Los hijos reemplazan a los padres.

### Ciclo de reproducción de los SGA

1. Seleccione los padres para el grupo de apareamiento
2. Se mezcla el grupo de apareamiento
3. Con cada par se aplica la recombinación con probabilidad  $p_c$ , de lo contrario se copian los padres.
4. Para cada descendencia se aplica la mutación (probabilidad  $p_m$  para cada bit)
5. Reemplazar a toda la población con la descendencia

### Ejemplo TSP

Encuentra un recorrido por un conjunto dado de ciudades de manera que cada ciudad es visitada sólo una vez y se minimiza la distancia total recorrida.

**Representación:** lista ordenada de los números de ciudades.

**CityList (3 5 7 2 1 6 4 8)**

1. London	2. Venice	3. Dunedin	4. Singapore	5. Beijing	6. Phoenix	7. Tokyo	8. Victoria
-----------	-----------	------------	--------------	------------	------------	----------	-------------

**Mutación:** Se reordena la lista

Before: (5 8 7 2 1 6 3 4)

After: (5 8 6 2 1 7 3 4)

**Recombinación:** Se elige un punto al azar en los padres. Se divide a los padres en ese punto y se reparte cada parte en un hijo.

Parent1	(3 5 7 2 1 6 4 8)
Parent2	(2 5 7 6 8 1 3 4)
Child	(5 8 7 2 1 6 3 4)

Se elige la mejor solución (la de menor distancia)

## PREGUNTAS EXAMEN MASIP

1. En computación evolutiva, la función de evaluación o de fitness NO puede asignar uno o más valores reales a cada individuo de la población.
2. En computación evolutiva, la mutación es el mecanismo por el cual el genotipo de un solo individuo se transforma en otro distinto.
3. La representación de cada cromosoma se hace mediante un string binario, en el llamado Algoritmo Genético Simple (SGA) en su forma más básica según el original de Holland.
4. El parámetro llamado "mutation rate" indica la probabilidad de que cada gen pase independientemente de 1 a 0, o de 0 a 1 en el llamado Algoritmo Genético Simple (SGA).

## PRACTICAS

- Session 5 → Rastrigin y TSP
- Session 6 → Robot Crawling