


Algoritmos genéticos: Búsqueda y Optimización por Selección Natural



Dra. Cecilia Reyes



Introducción

En su obra “El origen de las especies”, Charles Darwin propuso el mecanismo evolutivo para explicar la aparición de las diversas formas de vida existentes

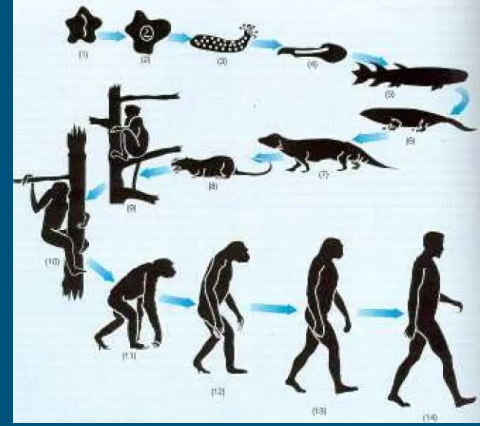
En la teoría de Darwin podemos considerar tres elementos fundamentales:

1. Población de individuos (una especie concreta)
2. Mecanismos competitivos (que determinarán si el individuo sobrevivirá o será reemplazado)
3. Mecanismos genéticos (para obtener nuevos individuos a partir de los actuales)

Introducción

Evolución Darwiniana:

1. La población consiste en un conjunto diverso de individuos.
2. Las combinaciones de rasgos mejor adaptados tienden a aumentar su representación en la población.
3. Los individuos son las "unidades de selección".
4. Las variaciones ocurren a través de cambios aleatorios que proporcionan una fuente constante de diversidad, y la selección significa que la población es la "unidad de evolución".
5. Se destaca la ausencia de una "fuerza guía" en este proceso evolutivo.



Introducción

En 1992, J.C. Holland observa un paralelismo entre los mecanismos de evolución de las especies descritos por Darwin y el concepto de aprendizaje, puesto que las especies evolucionan para adaptarse mejor al medio y conseguir así mayor funcionalidad.

Holland se plantea mecanismos computacionales para el aprendizaje que reflejen la misma filosofía que la evolución: algoritmos genéticos

Algoritmos genéticos

Los algoritmos genéticos son una técnica de optimización y búsqueda inspirada en la evolución biológica. Estos algoritmos pertenecen a la familia de algoritmos evolutivos y se utilizan para encontrar soluciones aproximadas o exactas a problemas de optimización y búsqueda.

Algoritmos geneticos

De acuerdo con algún criterio se decide cual de los individuos son mas adaptados que sobreviven y cuales son los menos adaptados que se descartan.



Algoritmos genéticos vs Búsqueda no informada

Un entorno determinado está con una población de individuos que luchan por la supervivencia y la reproducción

Un problema debe resolverse mediante prueba y error al azar (estocástico), partiendo de un conjunto de soluciones candidatas



Algoritmos genéticos vs Búsqueda no informada

Entorno	↔	Problema (espacio de búsqueda)
Individuo	↔	Solución candidata
Oportunidades de sobrevivir y reproducirse (fitness)	↔	Calidad de la solución (oportunidades de mejorar la solución)



Algoritmos genéticos

Generan un conjunto con algunas de las posibles soluciones.

Cada posible solución es llamada individuo o cromosoma y a todo el conjunto de individuos se le llama población.

Cada cromosoma tiene información asociada a él, como el valor de la función de adaptación o fitness y el valor de las características codificadas (genes).

Cromosoma

a	f	e	k	j	f	b	d
---	---	---	---	---	---	---	---

↑
Gen

(a)

Población

c	g	a	h	f	b	d	e
a	g	e	f	d	b	h	c
g	f	b	e	c	a	h	d
f	c	g	h	e	b	d	a
f	d	h	c	a	b	e	g
b	a	d	c	g	f	h	e
e	c	d	g	h	f	b	a
b	e	g	a	c	h	f	d

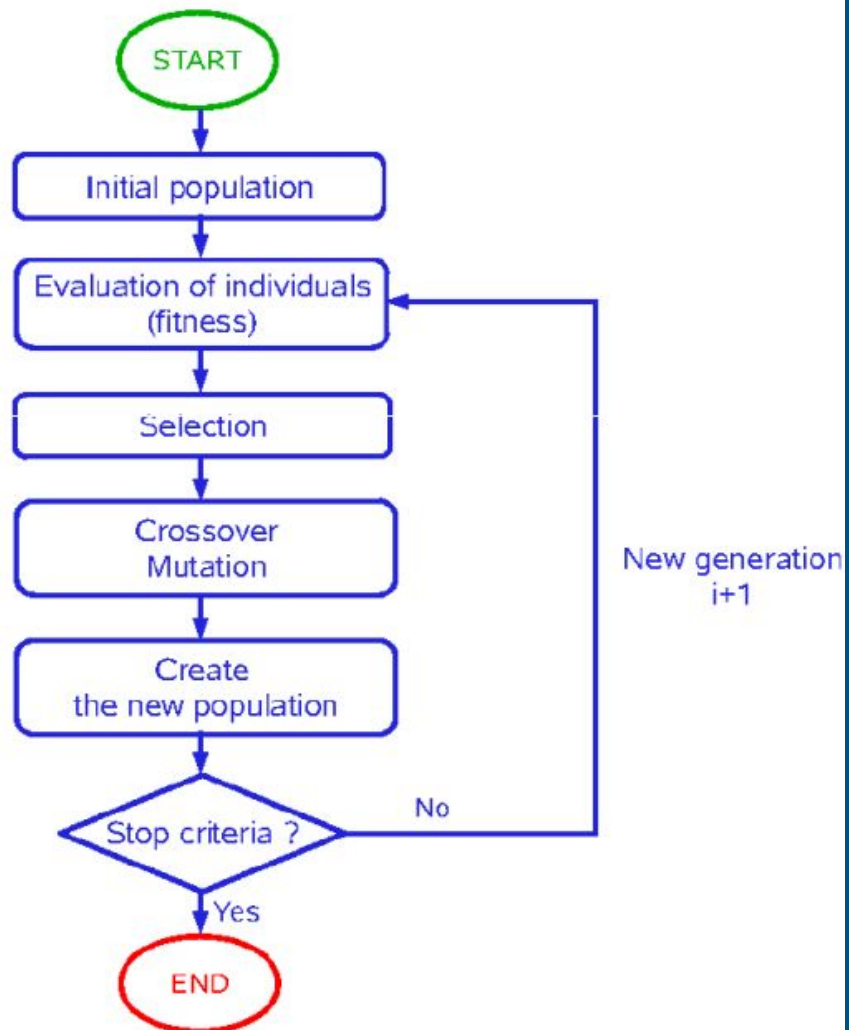
(b)

Algoritmos geneticos

Genotipo: Se refiere a la información genética que está presente en los genes de un individuo. y se representa a por la secuencia de genes en un cromosoma.

Fenotipo: Es la manifestación física o funcional de la información genética. Representa las características observables de una solución dada al problema que se está abordando. El fenotipo puede ser cualquier cosa, desde una configuración específica de parámetros hasta la estructura de una solución.

El genotipo es la información genética subyacente, mientras que el fenotipo es la expresión observable de esa información en términos de las características relevantes para el problema en cuestión. En el contexto de los algoritmos genéticos, el objetivo es evolucionar y mejorar los fenotipos a lo largo de las generaciones para encontrar soluciones óptimas al problema dado.



Operadores genéticos: Selección

El proceso de selección de cromosomas es para determinar los más aptos de la población.

El procedimiento más común es implementar una ruleta con truco para elegir a los individuos, donde los más aptos tienen una mayor parte de la ruleta, por lo tanto mayor probabilidad de ser escogidos.

Existen otros métodos como el torneo en que dos individuos son elegidos al azar y se escoge el más apto.



Operadores genéticos: Selección

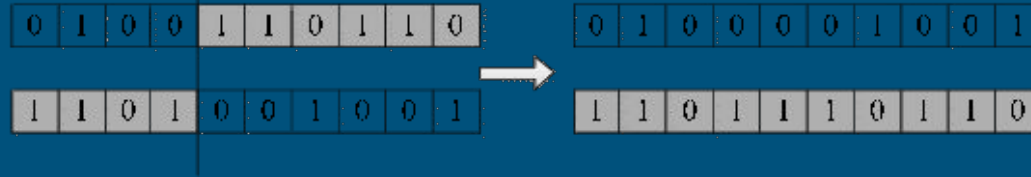
La selección permite:

1. Identificar soluciones prometedoras
2. Mantener la diversidad genética
3. Impulsar la evolución hacia soluciones óptimas
4. Eliminar soluciones no viables
5. Adaptación a cambios del entorno

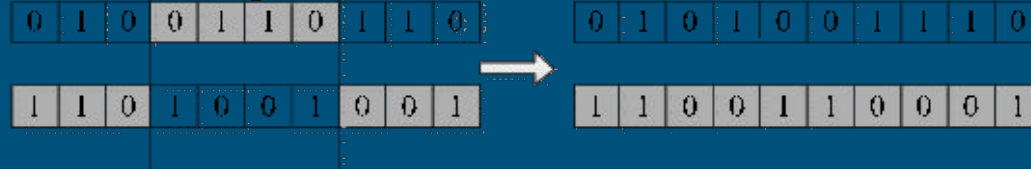
Operadores genéticos: Cruza

Se encargan de unir en alguna forma los cromosomas de dos padres para formar dos descendientes.

Cruce con un punto



Cruce con dos puntos



Operadores genéticos: Cruza

Cruce aleatorio

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

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

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



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

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

Método propio

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

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



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

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

Operadores genéticos: Cruza (crossover)

La cruce permite:

1. Explorar el espacio de búsqueda (genera nuevas regiones)
2. Explotación de buenas soluciones
3. Intensificación de la búsqueda (mejora la calidad de la población prometiéndole soluciones más óptimas)
4. Preservación de información relevante
5. Adaptación al entorno

Operadores genéticos: Mutación

Se encarga de modificar en forma aleatoria uno o más genes del cromosoma de un descendiente.

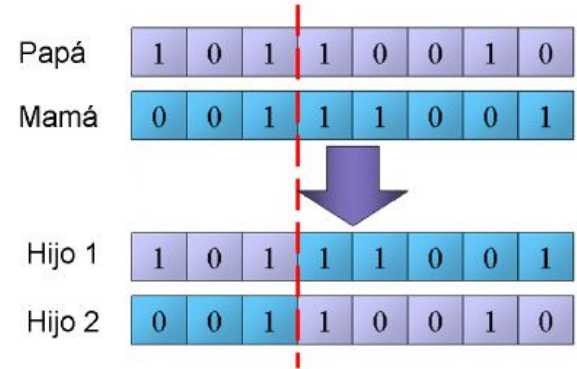


Figura 1. Intercambio de información genética entre dos individuos.

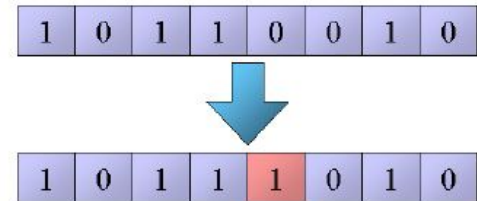


Figura 2. Una mutación modifica al azar parte del cromosoma de los individuos.

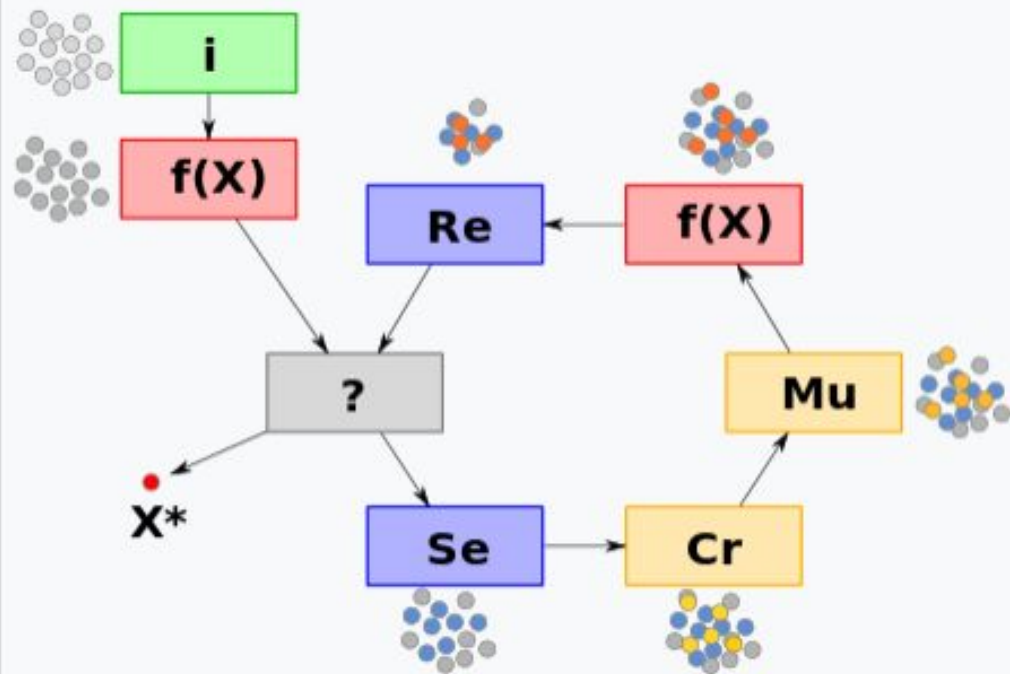
Operaciones genéticos: Mutación

La mutación permite:

1. Introducir variabilidad genética
2. Evitar la convergencia prematura (permite escapar de minimos locales)
3. Exploración del espacio de búsqueda
4. Adaptación al entorno
5. Complementar otros operadores genéticos (mejora de rendimiento)

Operadores genéticos: Reemplazo

Es el método por el cual se insertan los hijos en la población siguiente, por ejemplo mediante eliminación del individuo más débil o al azar.



Algoritmo genético i: inicialización, $f(X)$:
evaluación, ?: condición de término, Se: [selección](#),
Cr: cruzamiento, Mu: mutación, Re: reemplazo, X^* :
mejor solución.



Evaluación de
la descendencia

Individuo	genotipo	<i>fitness</i>
x_1	100100	1296
x_2	010010	324
x_3	010110	484
x_4	000001	1

Selección de
Progenitores

$f(\circ)$

Evolución

Nueva población
de descendientes



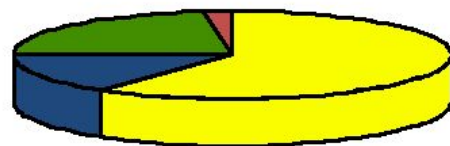
Cruce



Mutación



Reproducción



Ejemplo

Se tiene una mochila donde se necesita llevar objetos que tienen un valor y un peso asociado. Se debe maximizar el valor total sin rebasar la capacidad de peso de la mochila.