

Computación Bioinspirada

Dr. Edward Hinojosa Cárdenas
ehinojosa@unsa.edu.pe

Computación Evolutiva – Origen de las Especies

- Darwin presentó una teoría para explicar porque de la existencia de una variedad (diversidad) tan grande de seres vivos (organismos) en la naturaleza.
- Su teoría presenta la “selección natural” como el principal mecanismo para la manutención de las variaciones favorables a la supervivencia y reproducción de un organismo en su ambiente.

Computación Evolutiva – Origen de las Especies

- La acumulación de esas variaciones favorables a través de la selección natural permite, a lo largo de un gran intervalo de tiempo, la aparición de nuevos organismos tan distintos de sus antecesores al punto de ser caracterizados como una nueva especie.
- Darwin describe: “Una ley general, resultando en la mayoría de seres orgánicos: multiplique (reproduzca), varíe (mute), deje que los más fuertes sobreviven y los más débiles mueren”.

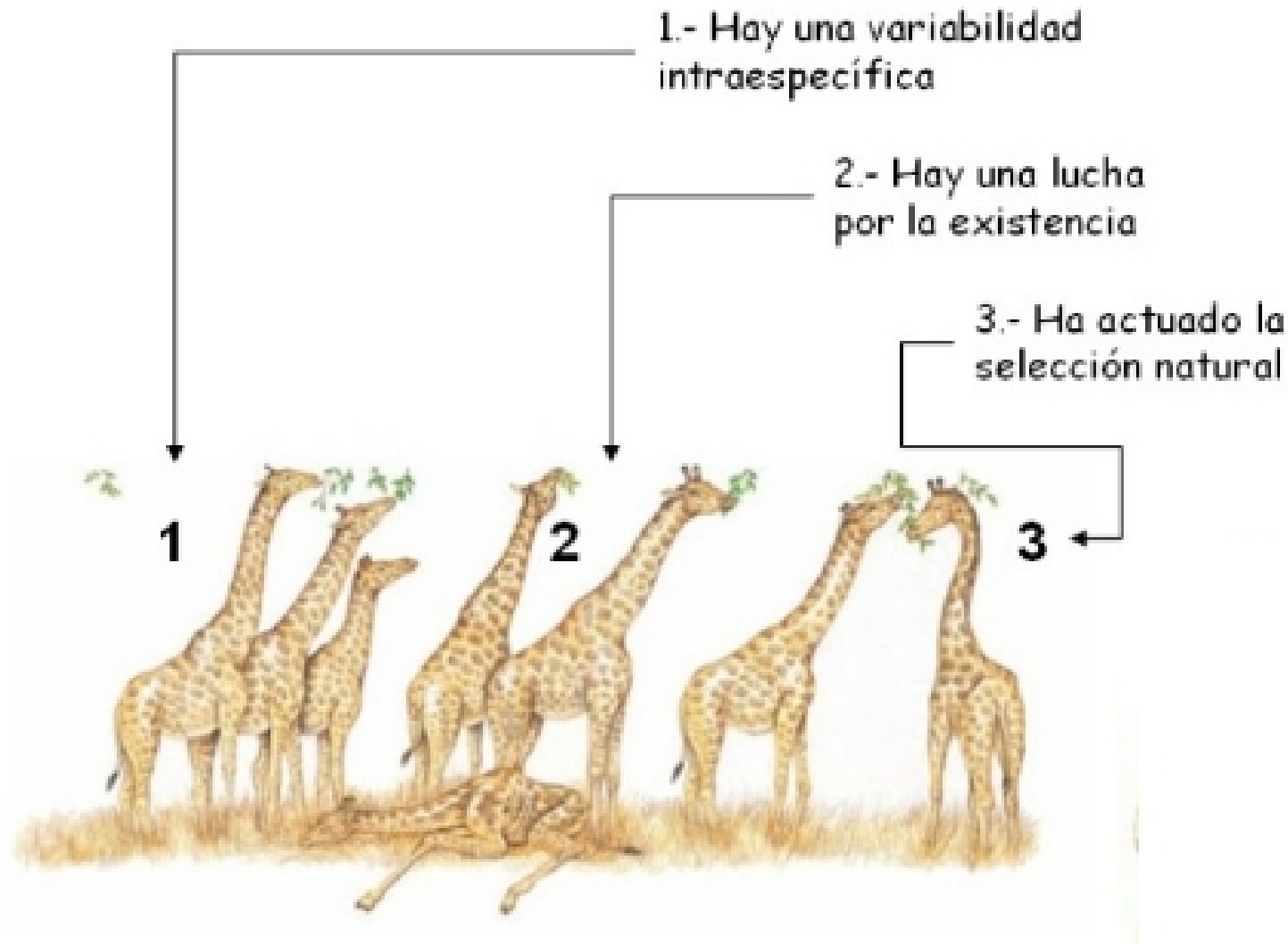
Computación Evolutiva – Origen de las Especies

- En resumen, la teoría Darwiniana propone que la evolución y el resultado de una (o más) poblaciones de individuos sujeta a los siguientes procesos:
 - Reproducción con herencia.
 - Variación.
 - Selección natural.

Computación Evolutiva – Origen de las Especies

- Darwin resume en los siguiente argumentos la defensa a la teoría de la selección natural (entre otros):
 - Perfección gradual de cualquier órgano o instinto existen o podrían haber existido;
 - Todos los órganos e instintos son variables;
 - Existe una lucha por la supervivencia que lleva la preservación de las variaciones favorables a la vida y reproducción de un organismo;

Computación Evolutiva – Origen de las Especies



Algoritmos Evolutivos

- Los procesos evolutivos, que sirven de inspiración, se distinguen por sus cuatro características clave, que son:
 - Una población de entidades,
 - Mecanismos de selección,
 - Adaptación, y
 - La generación de la variedad.

Algoritmos Evolutivos

- En la evolución biológica, las especies se seleccionan positiva o negativamente en función de su éxito relativo en la supervivencia y reproducción en el medio ambiente.
- La supervivencia diferencial y la generación de variedades durante la reproducción son el motor de la evolución.

Algoritmos Evolutivos

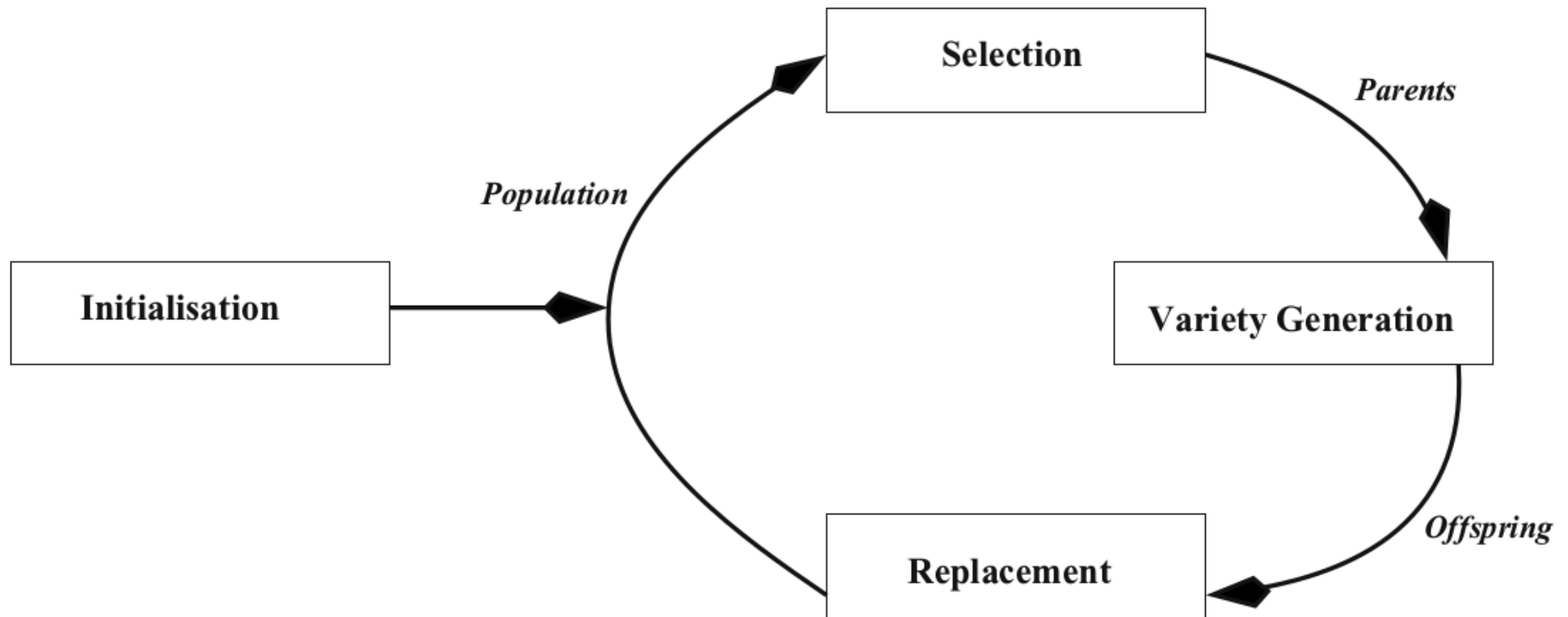


Fig. 2.1. Evolutionary cycle

Algoritmos Evolutivos

- Estos conceptos han inspirado metafóricamente el campo de la Computación Evolutiva (EC).
- El siguiente algoritmo describe el algoritmo evolutivo.

Algoritmos Evolutivos

Algorithm 2.1: Evolutionary Algorithm

Initialise the population of candidate solutions;

repeat

 Select individuals (parents) for breeding from the current population;

 Generate new individuals (offspring) from these parents;

 Replace some or all of the current population with the newly generated individuals;

until *terminating condition*;

Algoritmos Evolutivos

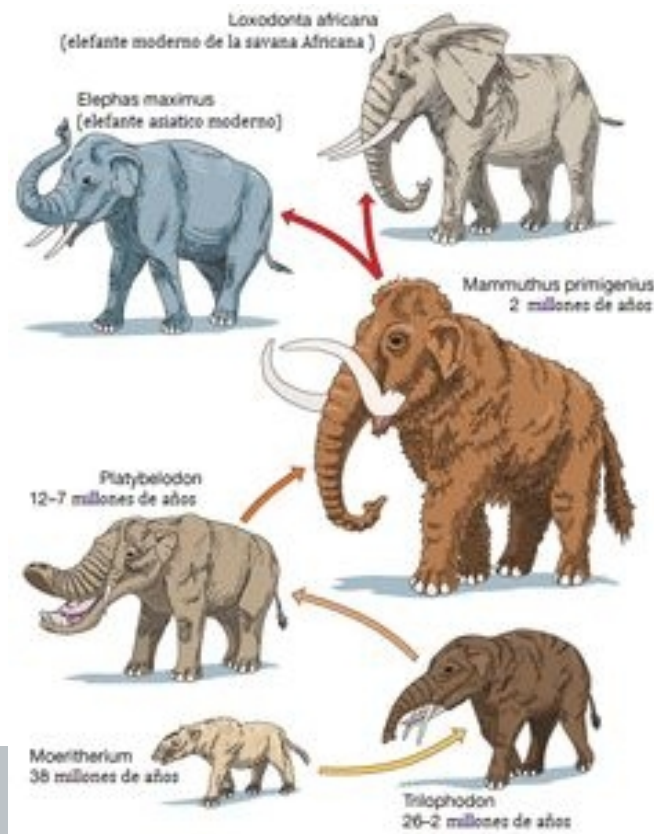
- Existen muchas formas de operacionalizar cada uno de los pasos de este algoritmo; en consecuencia, existen muchos algoritmos evolutivos diferentes, pero relacionados.
- Al igual que en la evolución biológica, el paso de selección es un fundamental en el funcionamiento del algoritmo. El paso de selección está sesgado con el fin de seleccionar preferentemente a los mejores (o'más aptos') miembros de la población actual.

Algoritmos Evolutivos

- La generación de nuevos individuos crea descendientes o hijos que tienen alguna similitud con sus padres pero que no son idénticos a ellos.
- Por lo tanto, cada individuo representa una solución de ensayo en el medio ambiente, con mejores individuos que tienen más posibilidades de influir en la composición de los individuos en las generaciones futuras.

Algoritmos Evolutivos

- Este proceso puede ser considerado como un proceso de "búsqueda", donde el objetivo es mejorar continuamente la calidad de los individuos en la población.



CE en Ciencia de la Computación

- La idea de un proceso evolutivo simulado (por ordenador) se remonta a los albores de la informática digital, introducida en los escritos de Alan Turing en 1948-1950
- Uno de los primeros trabajos publicados sobre la implementación de un algoritmo evolutivo fue realizado por Friedberg en 1958.

CE en Ciencia de la Computación

- En el primero de estos estudios, se realizaron cambios aleatorios y rutinarios en cadenas binarias.
- Los estudios de Friedberg fueron posteriormente compilados en una colección editada que proporciona una instantánea de los documentos fundamentales que dieron lugar al campo de la Computación Evolutiva.
- La obra de Friedberg representa el origen de lo que ahora se conoce como Programación Genética.

CE en Ciencia de la Computación

- Durante las décadas de 1960 y 1970 se emprendieron dos importantes líneas de investigación, independientes, que desarrollaron algoritmos evolutivos en Europa y los Estados Unidos.
- Los europeos (Rechenberg y Schwefel) desarrollaron Estrategias Evolutivas y los americanos (Fogel et al. y Holanda) desarrollaron Programación Evolutiva y Algoritmos Genéticos. En 1995, Storn y Price han añadido Differential Evolution a la familia de algoritmos evolutivos.

CE en Ciencia de la Computación

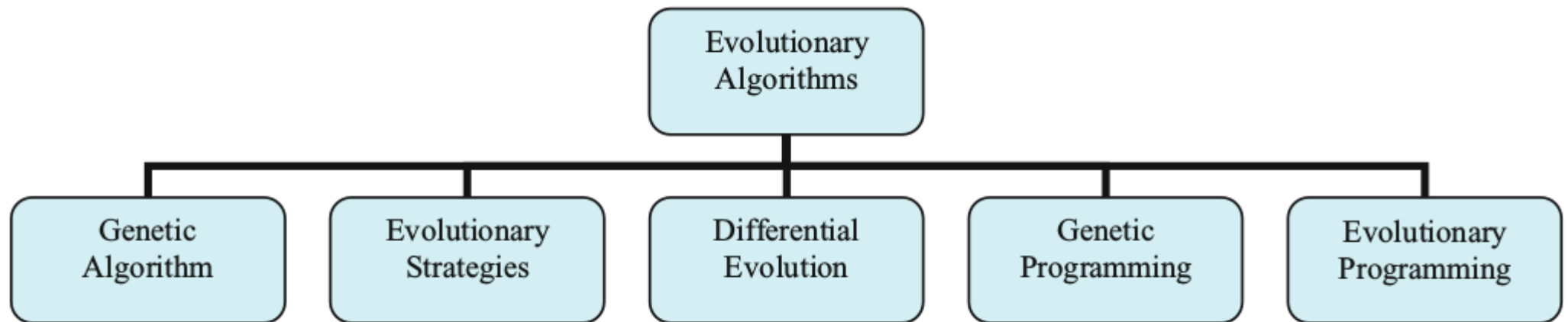


Fig. 2.2. Main branches of evolutionary computation

CE en Ciencia de la Computación

- Aunque las ramas anteriores son distintas, y cada una de ellas tenía sus propios autores, las líneas entre todos estos enfoques inspirados en la evolución se están desdibujando con representaciones y estrategias que se utilizan indistintamente entre los distintos algoritmos. Como tal, hoy en día es común utilizar el término algoritmo evolutivo para abarcar todos los enfoques anteriores.

Algoritmos Genéticos

- Antes de comenzar con el concepto de Algoritmos Genéticos, primero veremos resumidamente el concepto de Optimización Combinatoria.
- Enumeraremos también las técnicas de Inteligencia Artificial para tratar problemas de optimización combinatoria.

Algoritmos Genéticos

- Un problema de Optimización Combinatoria puede ser definido como (Blum y Roli - 2003):
 - Un conjunto de variables $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$;
 - Restricciones sobre las variables;
 - Una función objetivo f a ser minimizada.
 - Encontrar una solución que considere todas las variables, satisfaga todas las restricciones y tenga el menor valor para la función objetivo f .

Algoritmos Genéticos

- Algunos problemas de optimización combinatoria son:
 - El problema del viajante.
 - El problema de la mochila.
 - El problema del parqueo de vehículos.
 - Programación de compras.

Algoritmos Genéticos

- Debido a la importancia de los problemas de Optimización Combinatoria muchos algoritmos han sido desarrollados, y pueden ser clasificados como Métodos Exactos y Métodos Aproximados.

Complejidad	Cantidad de Datos				
	10	20	30	40	50
n	0,00001 s	0,00002 s	0,00003 s	0,00004 s	0,00005 s
n^2	0,0001 s	0,0004 s	0,0009 s	0,0016 s	0,0036 s
n^3	0,001 s	0,008 s	0,027 s	0,064 s	0,12 s
2^n	0,001 s	1,0 s	17,19 min	12,7 días	35,7 años
3^n	0,059 s	58 min	6,5 años	3.855 siglos	200,000,000 siglos

Algoritmos Genéticos

- Se basan en la teoría de la evolución natural de las especies.
- Los individuos son mejorados a través de un proceso evolutivo y los mejor adaptados al medio sobreviven.
- Sufren influencia del medio en que viven.
- Se reproducen y sufren alteraciones genéticas.

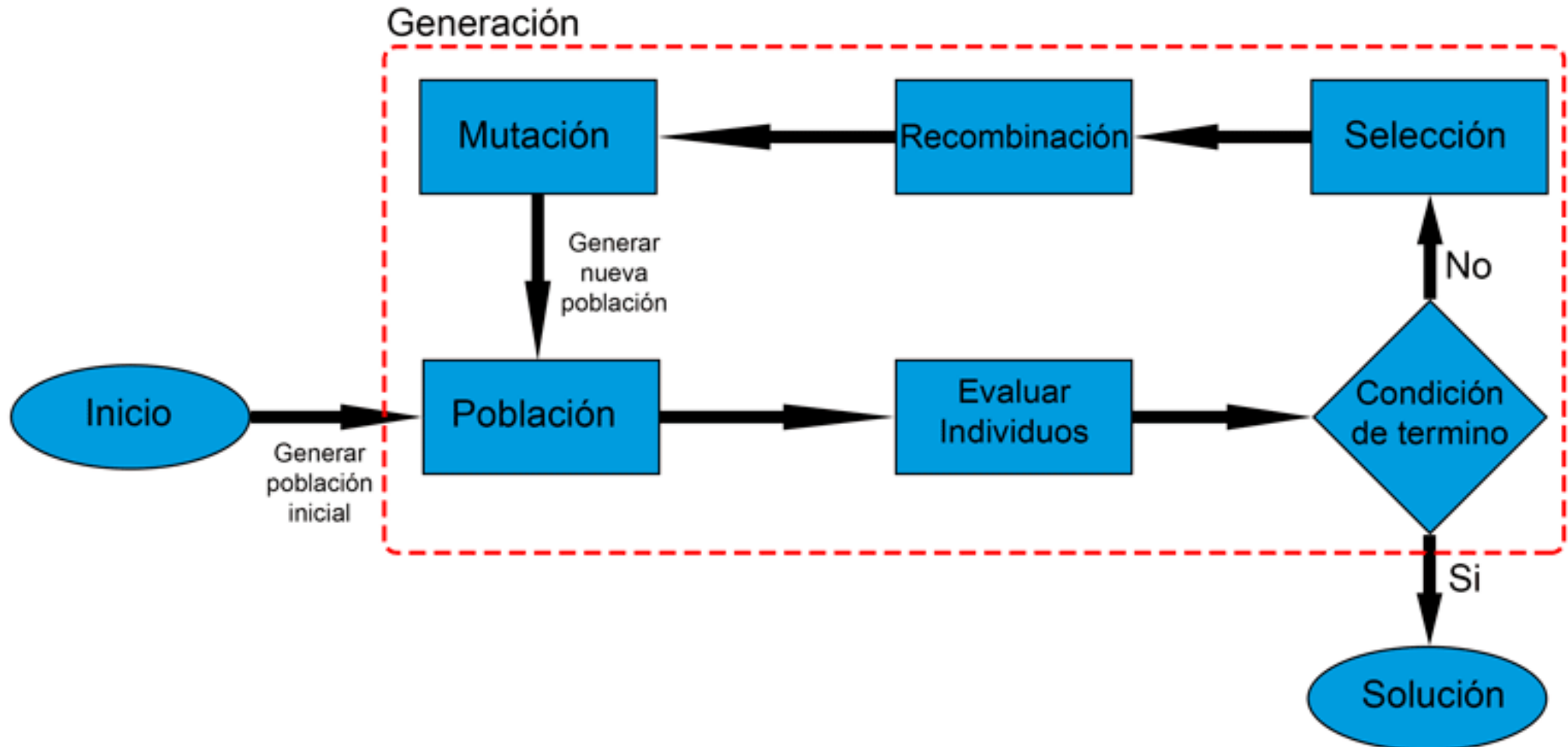
Algoritmos Genéticos

- Como mencionamos anteriormente, los Algoritmos Genéticos tienen una analogía con la naturaleza al basarse en la evolución natural:

Evolución Natural	Algoritmos Genéticos
Individuo	Solución
Genótipo (Cromosoma)	Representación
Reproducción	Cruzamiento
Mutación	Mutación
Población	Conjunto de Soluciones
Generaciones	Ciclos del Algoritmo

Algoritmos Genéticos

- Un Algoritmo Genético generalmente sigue el siguiente flujograma:



Algoritmos Genéticos: Estructura del Cromosoma

- Existen diferentes formas de representar un cromosoma. Entre las más conocidas tenemos la representación binaria y la representación decimal:

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

Representación Binaria

3	1	2	5	0	1	1	2	3	0	2	2	3	4	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Representación Decimal

Algoritmos Genéticos: Función de Aptitud

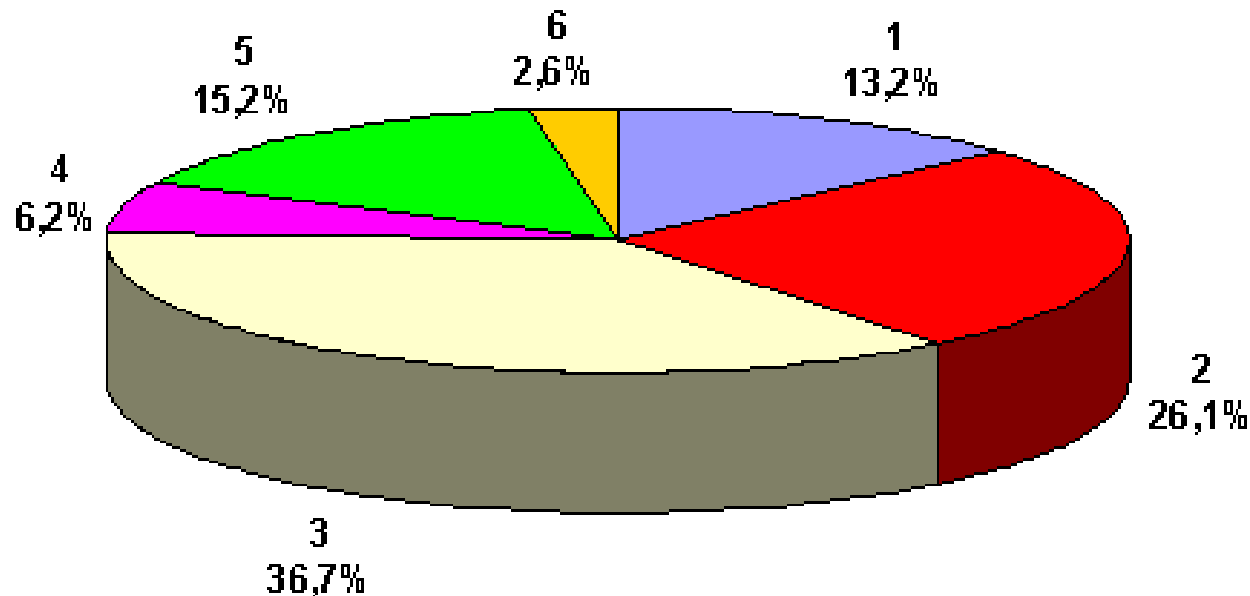
- La función de aptitud (o fitness) atribuye un valor a cada individuo, determinando su potencial.
- Es constituida por la información del problema que lleva a una función objetivo a ser minimizada.

Algoritmos Genéticos: Métodos de Selección

- Consiste en definir la forma de como se seleccionarán los individuos que deben sufrir operaciones genéticas y, o participar de una nueva generación:
- Los métodos más utilizados son:
 - Selección por Ruleta
 - Selección por Torneo

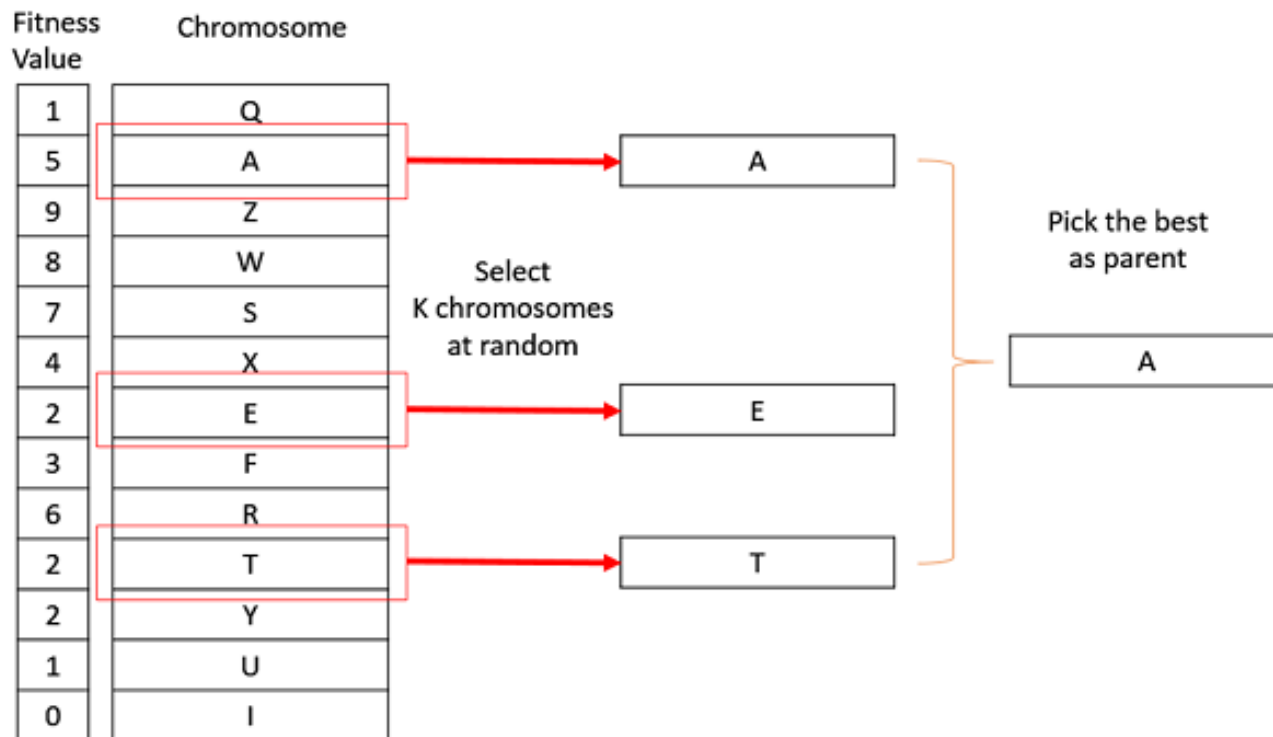
Algoritmos Genéticos: Métodos de Selección - Ruleta

- Donde el intervalo es inversamente proporcional al valor de fitness, dando a los mejores individuos mayor oportunidad de ser escogidos:



Algoritmos Genéticos: Métodos de Selección - Torneo

- Debemos definir un valor N que indica el tamaño del torneo.
- En este método, N individuos son escogidos con una misma probabilidad, siendo el mejor de los N individuos seleccionado.

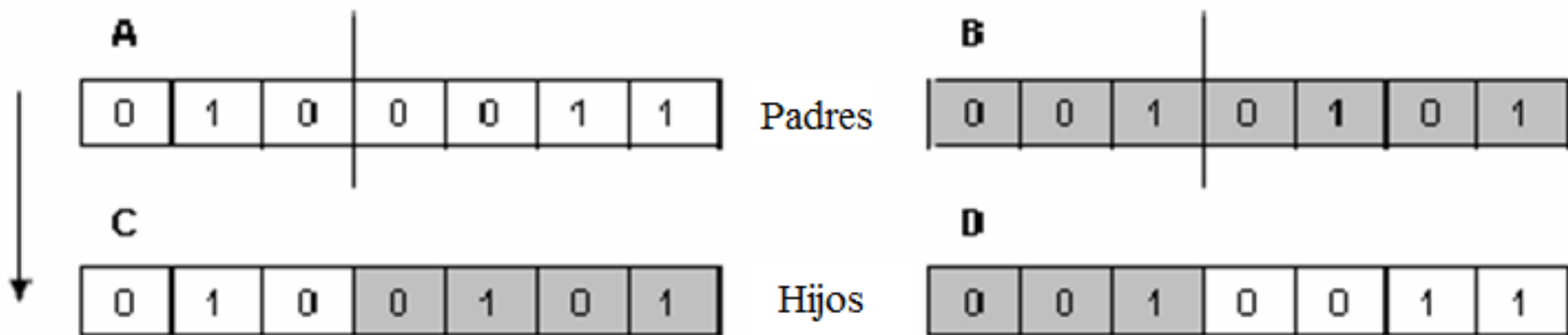


Algoritmos Genéticos: Operadores Genéticos - Cruzamiento

- Dos individuos progenitores son escogidos entre los individuos de la población a través de un método de selección.
- El operador de cruzamiento produce generalmente dos individuos descendientes.
- Formas de cruzamiento:
 - Cruzamiento con un punto de corte
 - Cruzamiento con n puntos
 - Cruzamiento uniforme

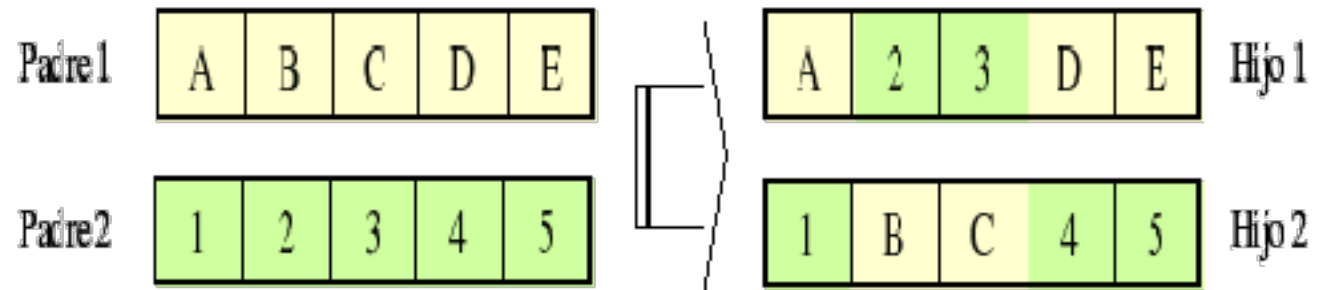
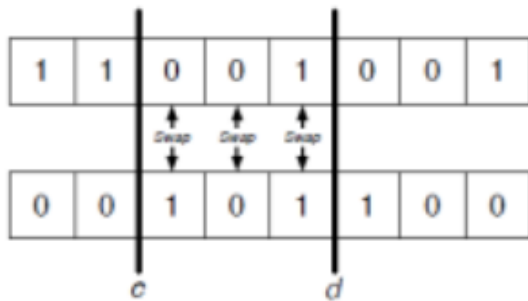
Algoritmos Genéticos: Operadores Genéticos – Cruzamiento de un Punto

- Un punto de cruzamiento es escogido, los genes del cromosoma desde el comienzo hasta ese punto son copiados del primer padre (A) y el resto copiado del otro padre (B).



Algoritmos Genéticos: Operadores Genéticos – Cruzamiento de 2 Puntos

- Consiste en definir dos puntos c y d , e intercambiar índices entre ellos. La siguiente figura muestra la idea general del cruzamiento de dos puntos.



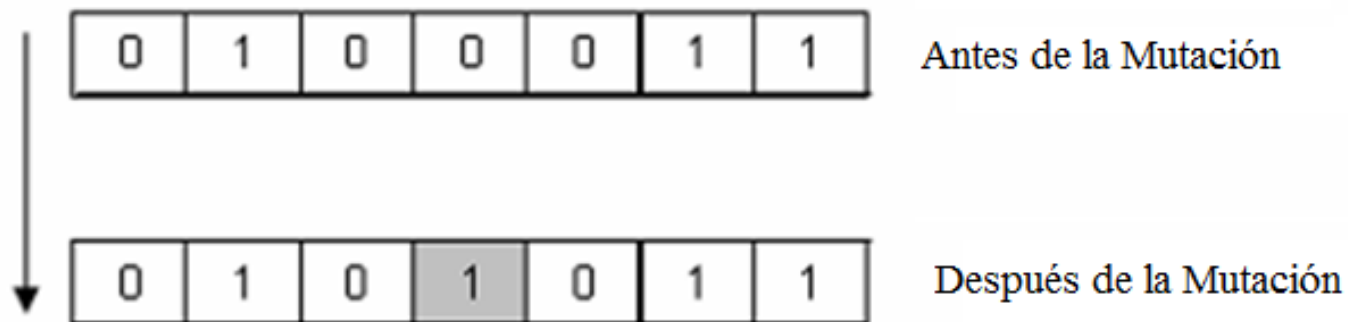
Algoritmos Genéticos: Operadores Genéticos – Cruzamiento Uniforme

- Determina a través de una máscara cuáles genes los hijos heredan de los padres. Un valor de 1 en la máscara indica que el gen correspondiente al padre A será heredado por el hijo C y el gen correspondiente al padre B será heredado por el hijo D. Para el valor 0 ocurre lo inverso.

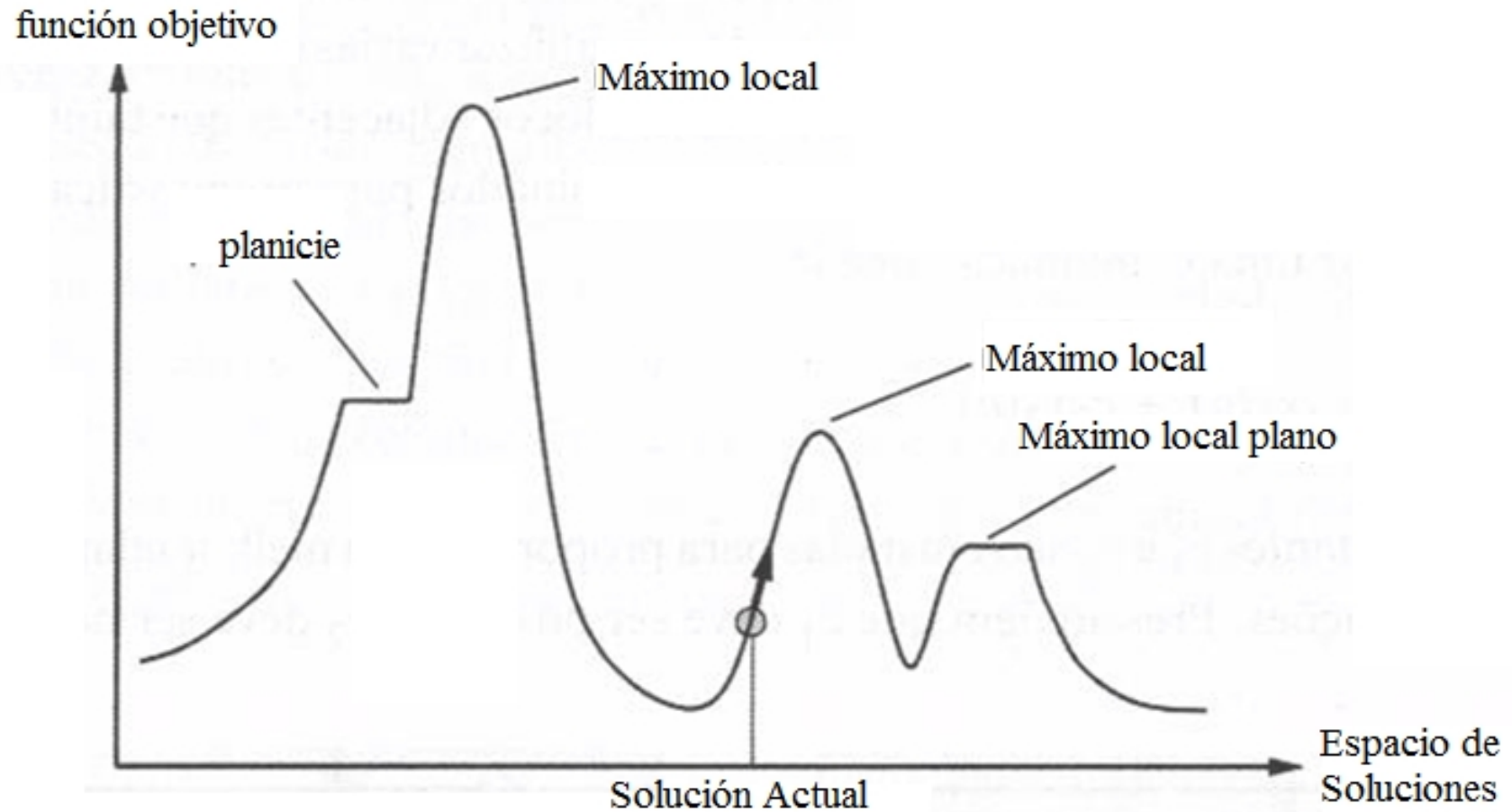


Algoritmos Genéticos: Operadores Genéticos – Mutación

- El operador de mutación es necesario para la introducción y manutención de la diversidad genética de la población, alterando arbitrariamente uno o más genes de un cromosoma.



Algoritmos Genéticos: Espacio de Búsqueda



Algoritmos Genéticos: Parámetros

- El desempeño de un Algoritmo Genético es influenciado por la definición de los parámetros que son utilizados. Es objetivo de varias investigaciones.
- Los principales parámetros son:
 - Tamaño de la población
 - Tasa de cruzamiento (Recomendado: 70% al 80%)
 - Tasa de mutación (Recomendado: 0,5% al 1%)
 - Criterios de parada

Algoritmos Genéticos: Parámetros

- No existe un criterio exacto para detener la ejecución de un Algoritmo Genético.
- Los criterios más utilizados son:
 - Número de generaciones
 - Tiempo de ejecución
 - Convergencia de la población

Algoritmos Genéticos: Ejemplo

- Algoritmo Genético para encontrar el punto máximo de la función $f(x) = x$, sujeta a las restricciones $0 \leq x \leq 31$, e x es un entero.

GRACIAS

Dr. Edward Hinojosa Cárdenas
ehinojosa@unsa.edu.pe