
Algoritmos Exactos y Metaheurísticas

Primer Semestre 2025

Universidad Diego Portales
Prof. Víctor Reyes Rodríguez

Objetivos

- Algoritmos basados en poblaciones
 - Algoritmos genéticos
-

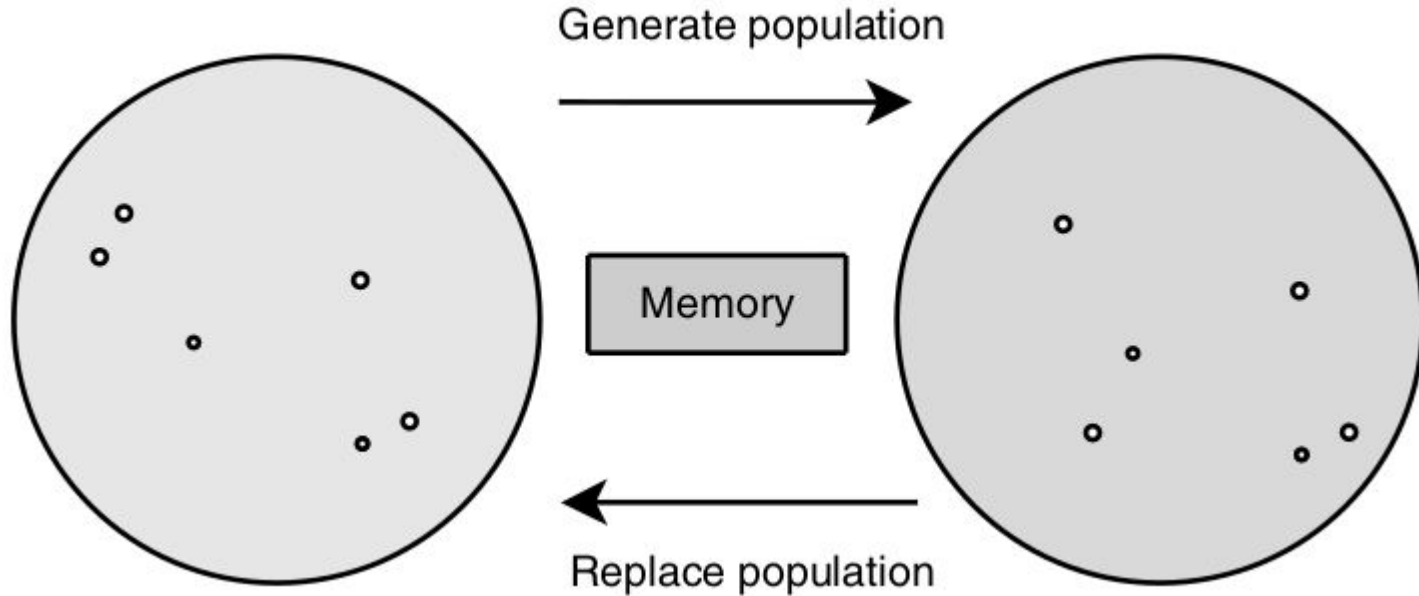
Introducción

- Hasta la fecha hemos visto: Hill-Climbing (HC), Tabu Search(TS), Simulated Annealing(SA). Estos algoritmos buscan ir mejorando iterativamente una solución
 - Ahora estudiaremos otro grupo de técnicas, que se basan en ir mejorando una población de soluciones.
 - Estudiaremos dos grupos de técnicas: Algoritmos evolutivos y de inteligencia de enjambre.
 - Al igual que SA, estos pertenecen a la categoría estocástica y tienen uno o varios parámetros.
-

Conceptos comunes de MH-P

- Comienzan con una población inicial de soluciones.
 - Luego, iterativamente se genera un grupo de individuos y un reemplazo de la población actual.
 - La generación y reemplazo puede o no involucrar memoria.
 - La gran mayoría de estas técnicas están basadas en procesos inspirados en la naturaleza.
-

Conceptos comunes de MH-P



Conceptos comunes de MH-P

Algorithm 3.1 High-level template of P-metaheuristics.

$P = P_0$; /* Generation of the initial population */

$t = 0$;

Repeat

 Generate(P'_t); /* Generation a new population */

$P_{t+1} = \text{Select-Population}(P_t \cup P'_t)$; /* Select new population */

$t = t + 1$;

Until Stopping criteria satisfied

Output: Best solution(s) found.

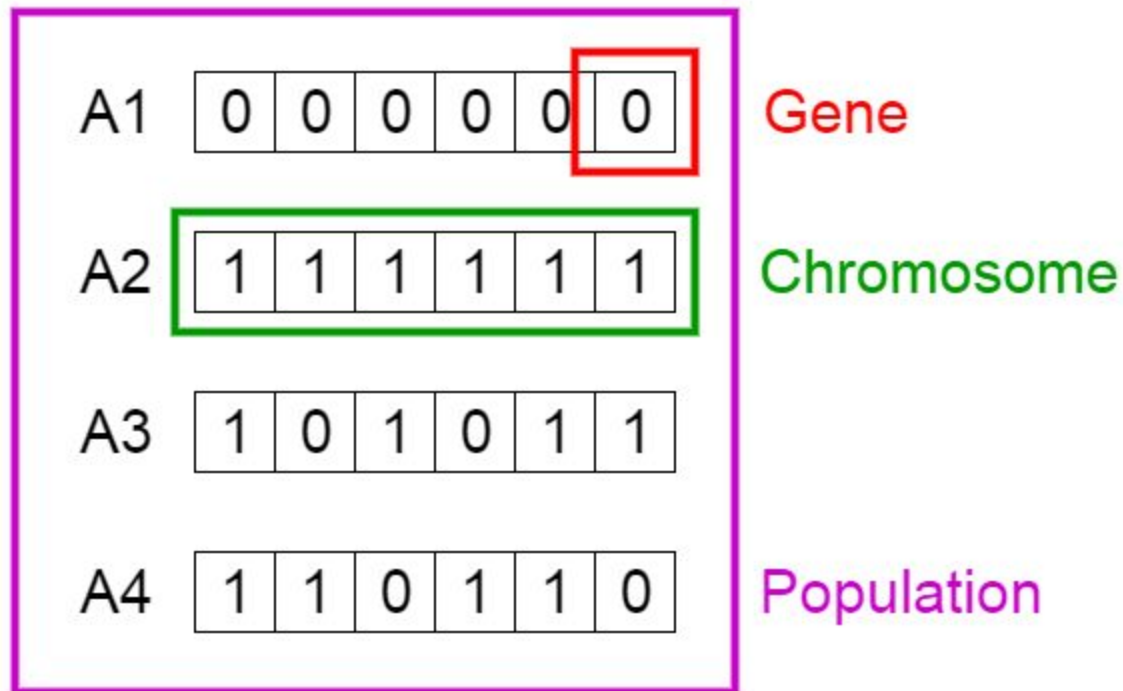
Población inicial

- Dada la gran diversidad de soluciones iniciales, las metaheurísticas basadas en poblaciones tienden a explorar más.
 - Este paso es crucial en la efectividad del algoritmo: Si no es diversa, puede existir convergencia prematura.
-

Algoritmos evolutivos : Genético

- La teoría de la evolución muestra que los seres vivos evolucionan bajo el efecto del medio ambiente: los que están mejor adaptados tienen más posibilidad de sobrevivir y reproducirse.
 - En cada generación las características de los individuos mejor adaptados tienen más posibilidades de estar presente en la población
 - La genética cuyo objetivo es estudiar los mecanismos de herencia propone un modelo que permite explicar la transmisión de estas características de una generación a otra.
-

Representación



Función de fitness

- La función de fitness determina que tan apto es un individuo (la habilidad/aptitud de un individuo de competir con otros individuos).
 - Generalmente se utiliza la función objetivo y el fitness debe calcularse para cada individuo.
 - La probabilidad de selección para reproducción se basa en el valor de fitness.
 - ¿Qué hacer cuando un individuo no cumple con ciertas restricciones? ¿No lo consideramos parte de la población?
-

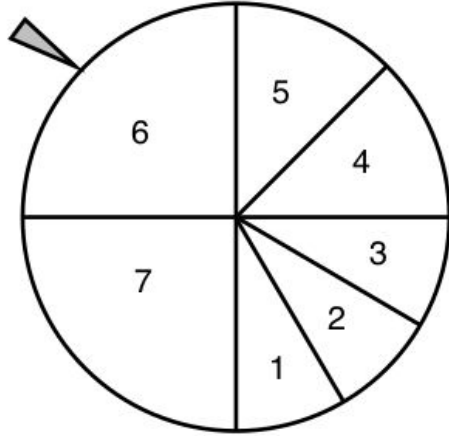
Estrategia de selección: Ruleta

- Es la estrategia más común. A cada individuo se le asigna una probabilidad proporcional a su fitness.
 - Supongamos que estamos maximizando. Sea f_i el fitness del individuo p_i de la población P . Su probabilidad de selección será $p_i = f_i / (\sum f_j)$
 - Pensarlo como un gráfico de torta, en donde a cada individuo se le da espacio en el gráfico proporcional a su fitness.
 - Individuos excepcionales introducirán bias al principio de la búsqueda, y pueden llevar a una convergencia prematura y pérdida de diversidad.
-

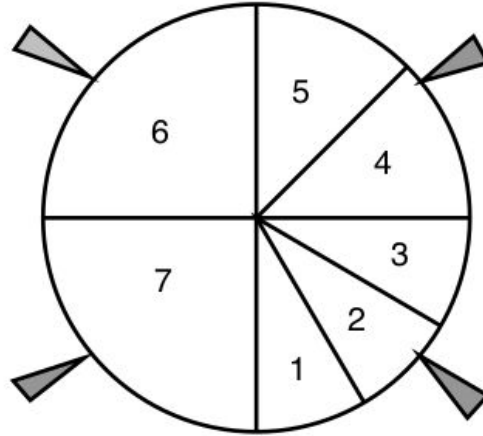
Estrategia de selección: Ruleta

Individuals:	1	2	3	4	5	6	7
Fitness:	1	1	1	1.5	1.5	3	3

Outer



Roulette selection

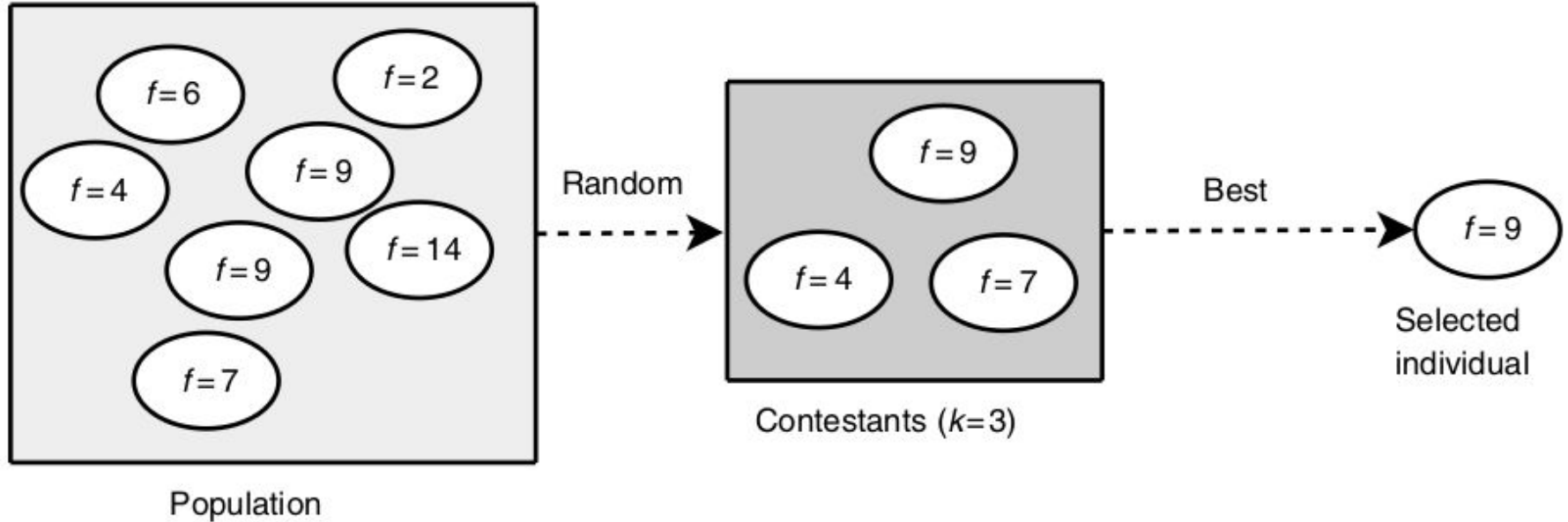


Stochastic universal sampling

Estrategia de selección: Torneo

- Consiste en seleccionar aleatoriamente K individuos. Al parámetro k se le conoce como tamaño de grupo del torneo.
 - Un torneo es aplicado a los K individuos del grupo, y se elige aquel con el mejor fitness.
 - Si necesito elegir T individuos, entonces se deben realizar T torneos.
-

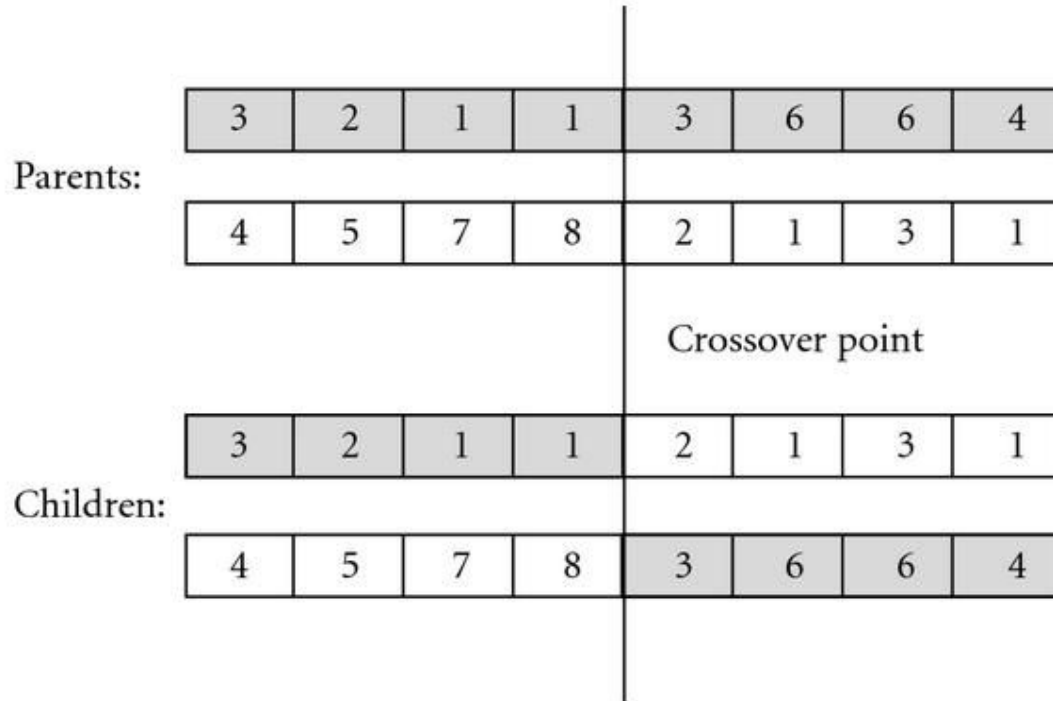
Estrategia de selección: Torneo



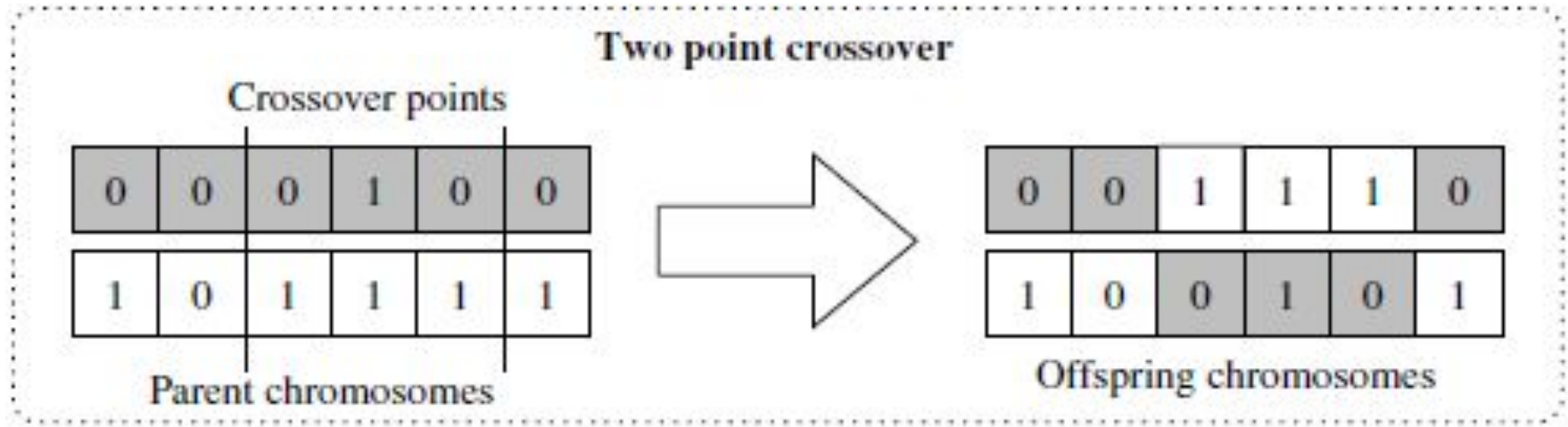
Reproducción: Cruzamiento

- Consiste en generar individuos para la siguiente generación.
 - Es la fase más significativa de un algoritmo genético.
 - Corresponde a utilizar un operador binario.
 - El rol del cruzamiento es heredar algunas características de los dos padres para la generación de hijos.
-

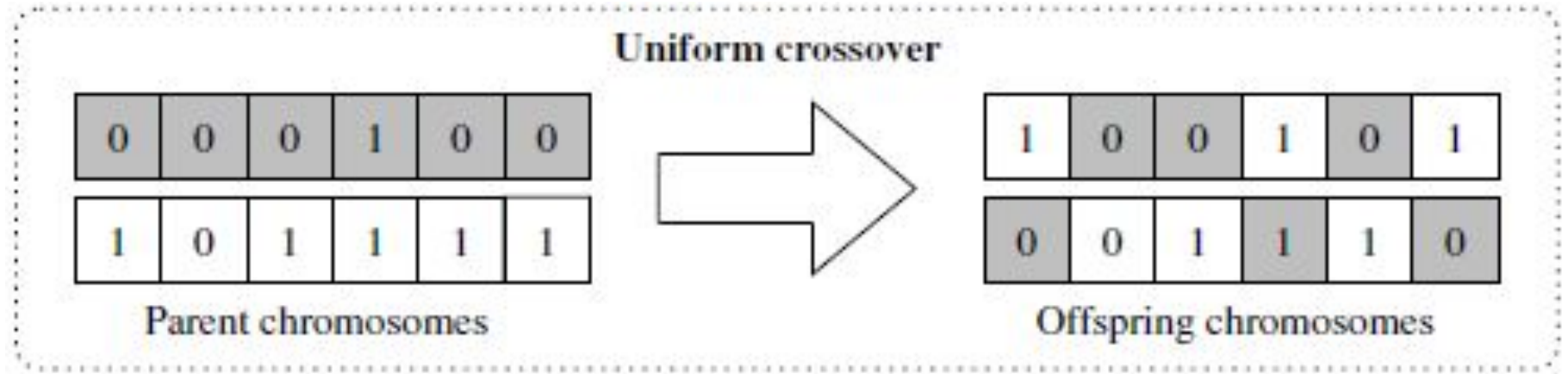
Reproducción: Cruzamiento en 1-Punto



Reproducción: Cruzamiento en 2-Puntos



Reproducción: Cruzamiento uniforme



Mutación

- Es un operador unario.
 - Algunos de los genes de un individuo estarán sujetos a mutaciones/cambios.
 - La probabilidad p_m define la probabilidad de cambio de cada uno de sus genes. También puede ser a un único gen.
 - Se recomiendan “valores bajos” para la mutación $p_m \in [0.01, 0.05]$. Depende mucho de la implementación y problema.
-

Mutación dominio binario

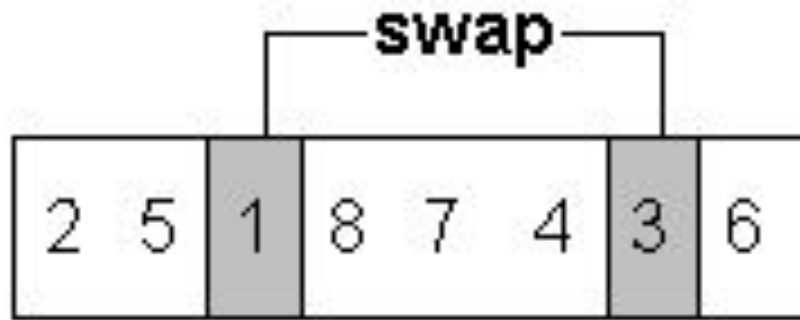
Before Mutation

A5	1	1	1	0	0	0
----	---	---	---	---	---	---

After Mutation

A5	1	1	0	1	1	0
----	---	---	---	---	---	---

Mutación: TSP y otros



Before mutation



After mutation

Estrategias de reemplazo

- Consiste en la selección de sobrevivientes, tanto de padres como hijos.
 - Como el tamaño de la población se debe mantener constante, esto nos permite eliminar individuos según una estrategia de selección.
 - Reemplazo Generacional: Los hijos reemplazan a todos los padres. Se aplica en el algoritmo genético clásico.
 - Elitismo: Un porcentaje de la población se mantiene para la siguiente generación (los mejores).
-

Pseudocódigo general

1. Generación de una población inicial N
 2. Evaluación de todos los individuos de la población
 3. Mientras no se cumpla el criterio de término (convergencia, generaciones, etc)
 - a. Se define si se realizará mutación o cruzamiento, según probabilidad.
 - b. Si es cruzamiento, elección de individuos según estrategia correspondiente.
 - c. Alternativas para la siguiente generación (tamaño N): Es completamente nueva, se crean M individuos nuevos y los K mejores de la generación actual se consideran para la siguiente generación $N=K+M$, se crean N individuos ($2N$ en total) se ordenan según fitness y pasan los N mejores, etc.
 - d. No olvidar guardar el mejor individuo! (incluido su fitness)
 4. Se entregan los resultados de la ejecución
-