

Algoritmos Genéticos

La optimización computacional inspirada en la evolución biológica.

Modelos predictivos y optimización de estructuras.



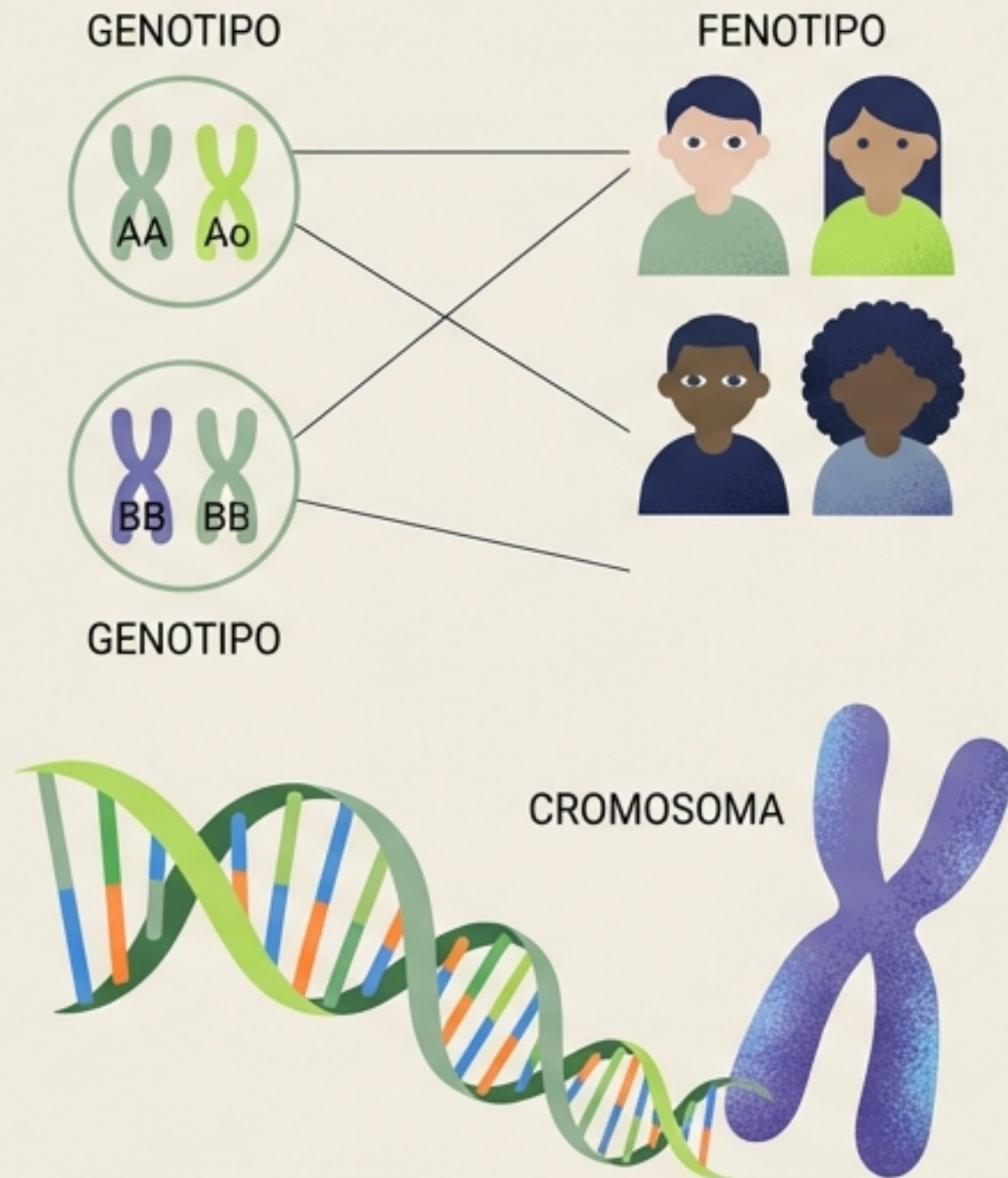
El optimizador original de la Naturaleza

En 1859, Charles Darwin postuló el origen de las especies basándose en un principio implacable: la supervivencia del más apto.

Selección Natural: Los individuos más adaptados a su entorno sobreviven para reproducirse.

Reproducción Sexual: Garantiza la recombinación y mezcla de genes, creando diversidad genotípica y fenotípica para superar nuevos desafíos ecológicos.

El lenguaje de la herencia genética



Genotipo vs. Fenotipo: El genotipo es la combinación genética interna; el fenotipo es la expresión física y visible (los rasgos).

Cromosoma: La estructura principal que determina la adaptación global del individuo.

Gen y Locus: El gen es la unidad básica de herencia. El locus es su posición exacta en el cromosoma.

Alelo: Las variantes posibles que un gen puede tomar para controlar un carácter.

Del Carbono al Silicio: El nacimiento del Algoritmo

Introducidos por John Holland en 1975, los Algoritmos Genéticos (AG) establecen una analogía matemática directa con la evolución natural.



La evolución opera en los cromosomas, no en los individuos. Los AG imitan esto codificando posibles soluciones como un vector o 'string'.

El Diccionario Evolutivo

Naturaleza

Fenotipo

Genotipo

Cromosoma

Gen

Alelo

Locus

Aptitud

Algoritmos Genéticos

Solución (El resultado final evaluable)

Estructura (La arquitectura de la solución)

Vector (Generalmente una cadena binaria)

Elemento del vector (La variable)

Valor del elemento (El dato concreto)

Posición del elemento (El índice en el vector)

Función objetivo (La meta matemática)

Anatomía de un Algoritmo Genético

Todo AG requiere 6 elementos fundamentales para construir su motor de búsqueda adaptativa:



1. Representación y Población Inicial

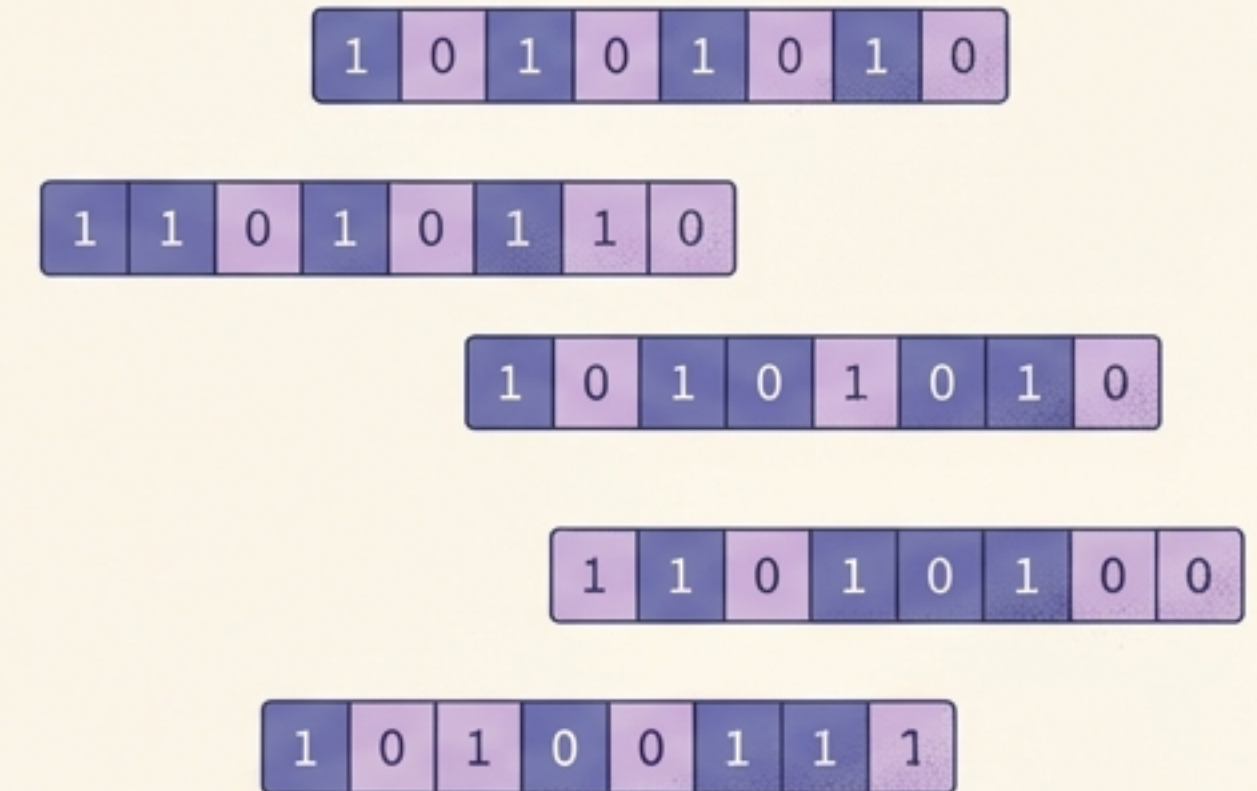
El primer paso es definir cómo se codifica el problema (tradicionalmente cadenas binarias, expandido a grafos o árboles por De Jong en 1985).

Generación Aleatoria:

Fundamental para contrastar hasta qué punto funciona y converge el algoritmo.

Heurística (GRASP):

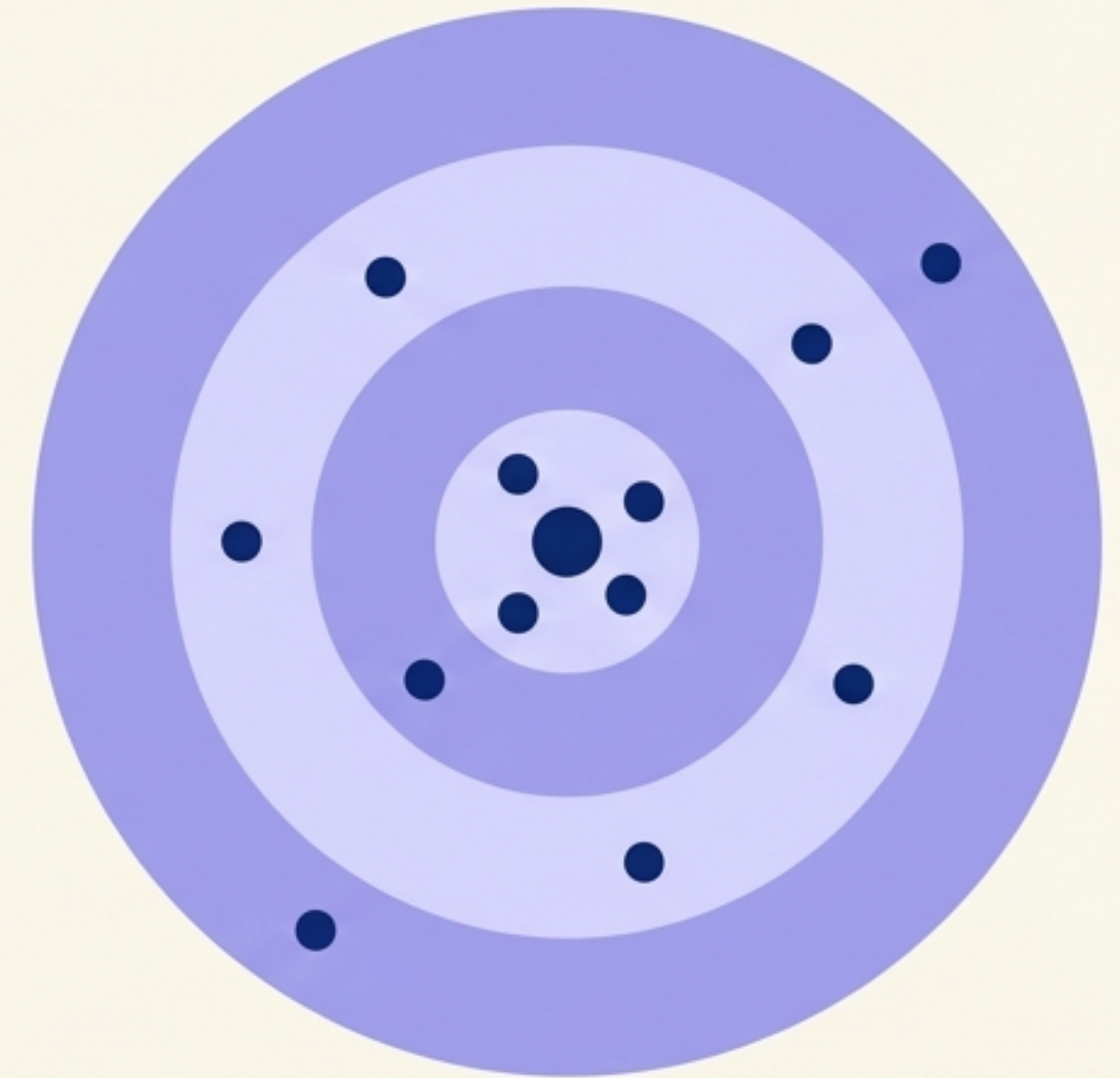
Genera soluciones iniciales de alta calidad para acelerar el proceso.



Imperativo: Garantizar la diversidad estructural. Una población sin diversidad no puede explorar la totalidad del espacio de soluciones y sufre convergencia prematura.

2. Evaluación: Midiendo la Aptitud

La función de adaptación asigna un número real a cada cromosoma. Este número determina su bondad matemática frente al problema.



$$\text{Aptitud} = \text{Valor Objetivo Normalizado} - (\text{Penalización} \times \text{Medida de Infactibilidad})$$

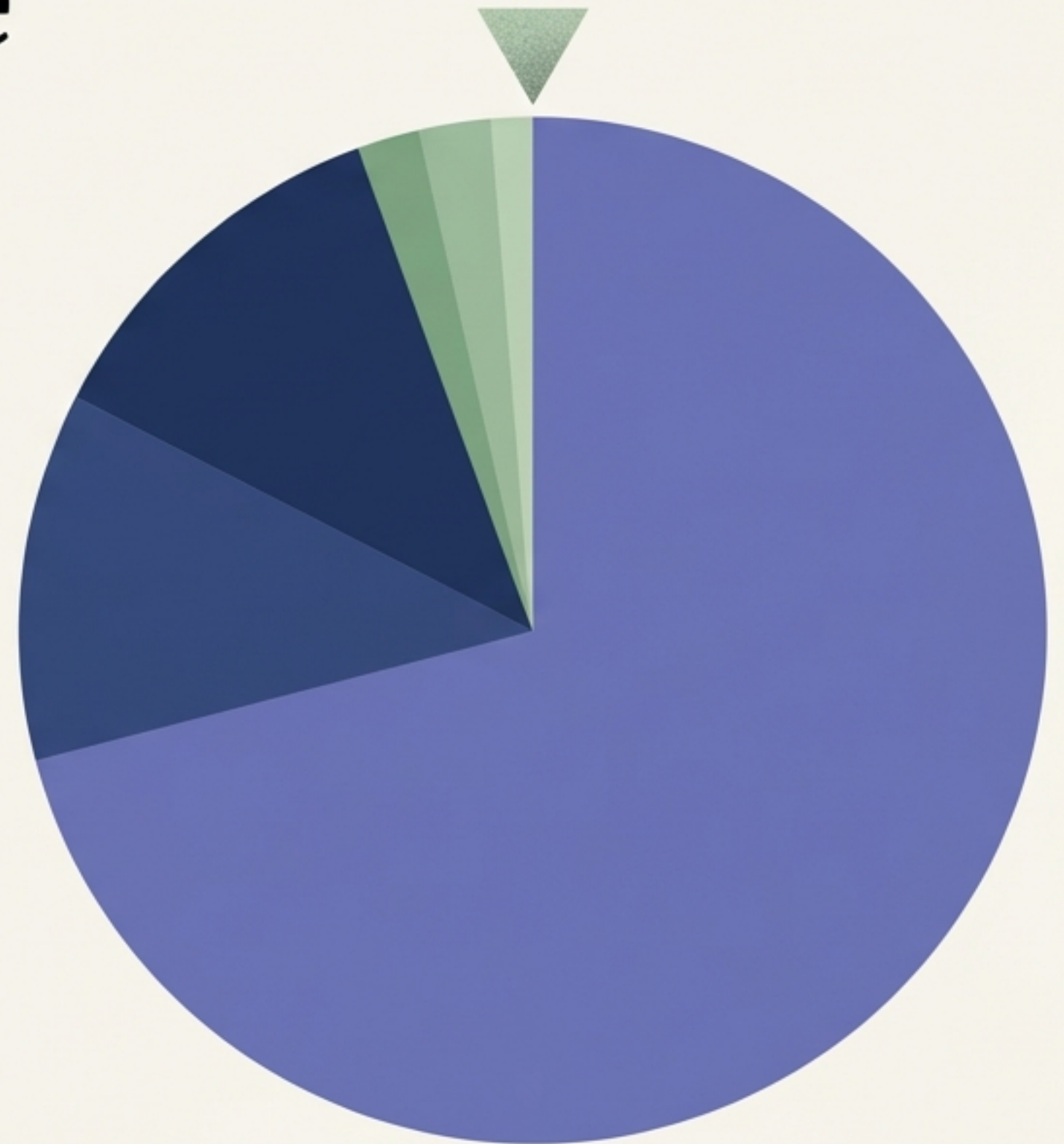
Las penalizaciones son cruciales para castigar y descartar variaciones genéticas que resultan en soluciones inviables (infactibles).

3. Selección: La Ruleta de la Supervivencia

La selección natural dicta qué miembros sobrevivirán para reproducirse. En el algoritmo, esto se logra mediante probabilidad basada en la aptitud.

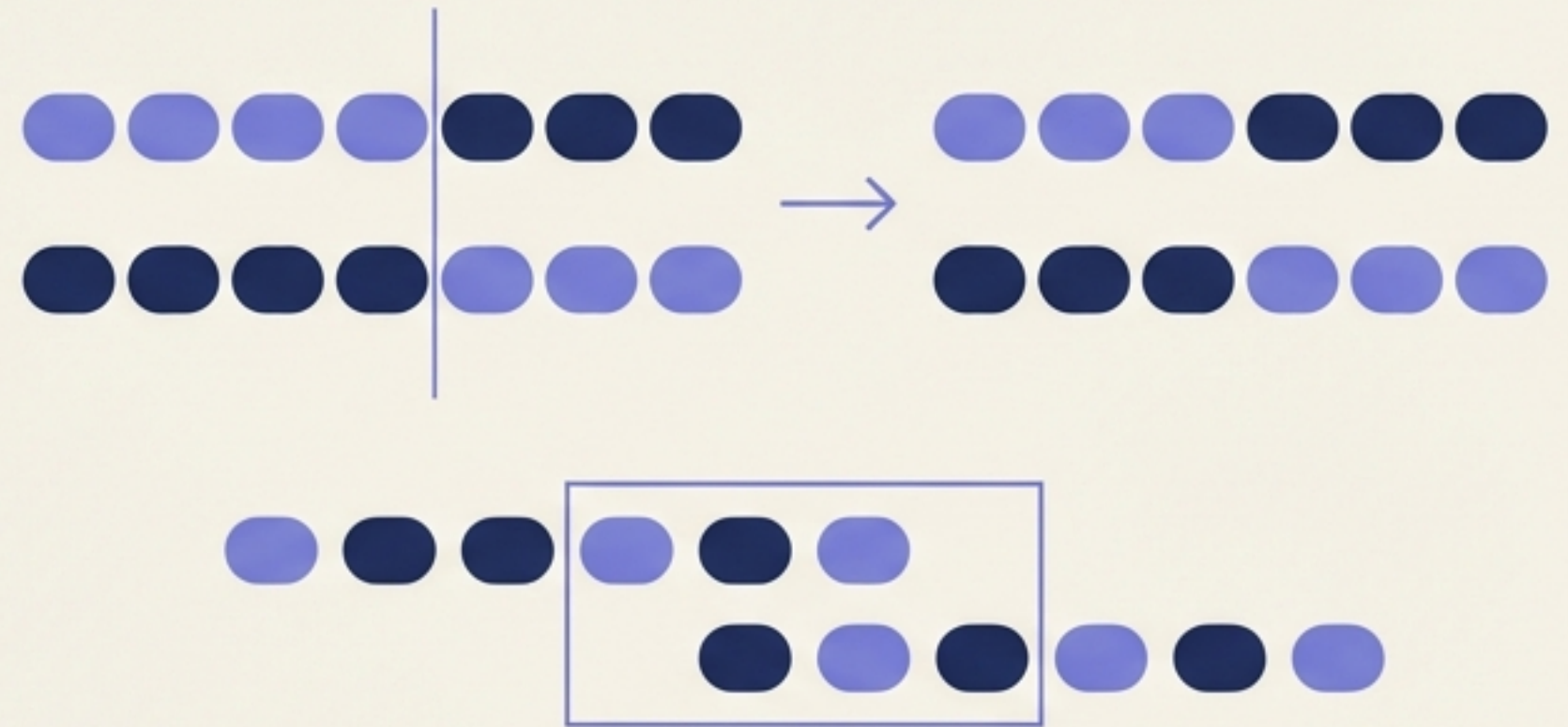
El Mecanismo de la Ruleta

Cada individuo recibe una sección circular proporcional a su puntuación de evaluación. Girar la ruleta computacional garantiza que los mejores genotipos tengan más probabilidades de propagar su información genética.



4. Cruzamiento: Recombinando el Código

El cruzamiento mezcla el patrimonio de dos progenitores. Existen diversos operadores estratégicos:



1 Punto / 2 Puntos

Intercambio de bits a partir de puntos de ruptura aleatorios.

Uniforme

Selección aleatoria bit a bit de cada padre.

PMX (Partially-Matched)

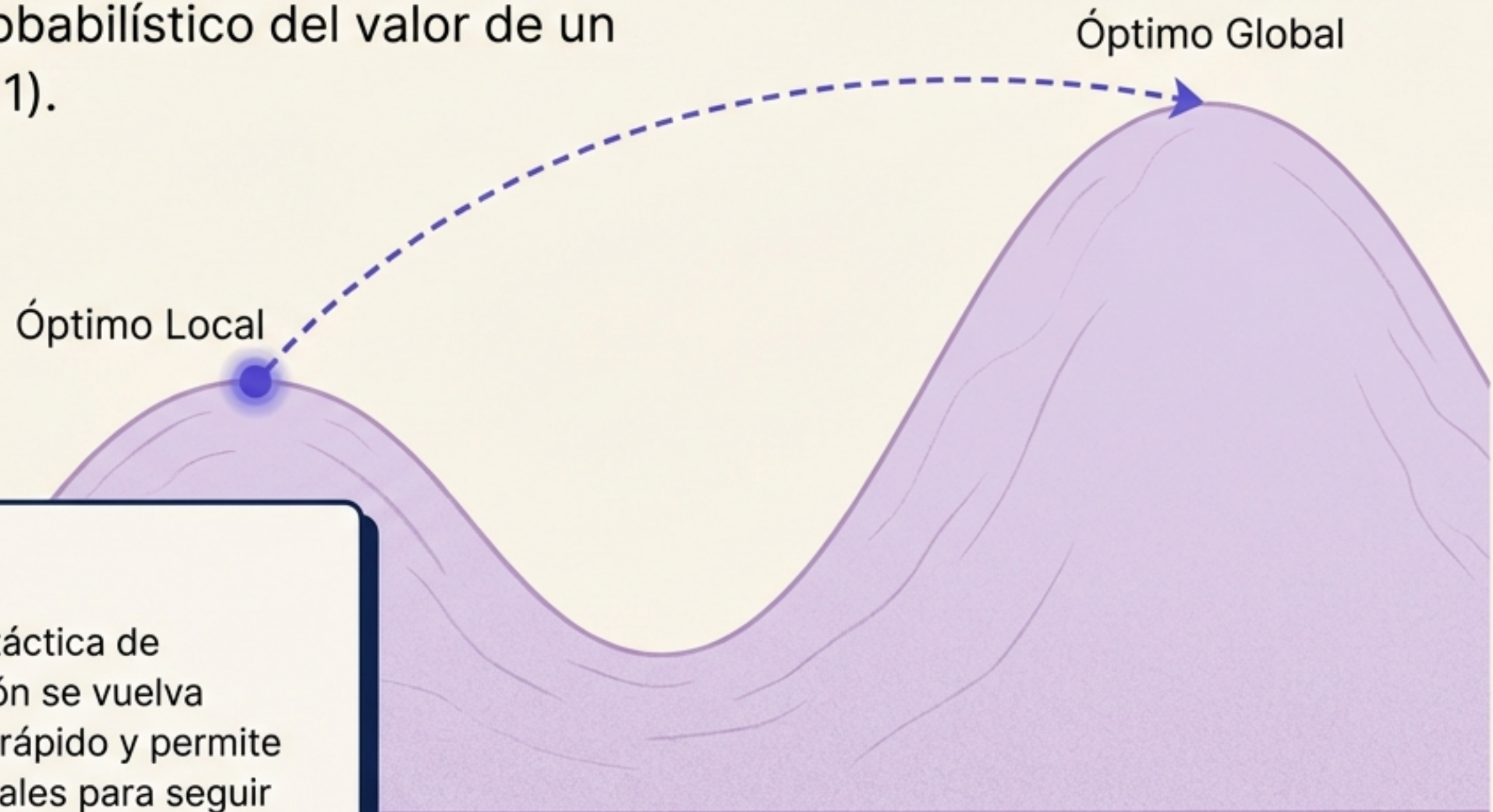
Copia un 'substring' de un padre y rellena el resto secuencialmente con el otro.

SEX (Strategic Edge)

Identifica secuencias exitosas presentes en ambos padres, las asegura en el hijo y completa la solución.

5. Mutación: El Salto Estratégico

Reemplazo espontáneo y probabilístico del valor de un gen (ej. cambiar un 0 por un 1).



El Propósito Vital

La mutación no es un error; es una táctica de diversificación. Evita que la población se vuelva genéticamente idéntica demasiado rápido y permite al algoritmo escapar de óptimos locales para seguir buscando la solución absoluta.

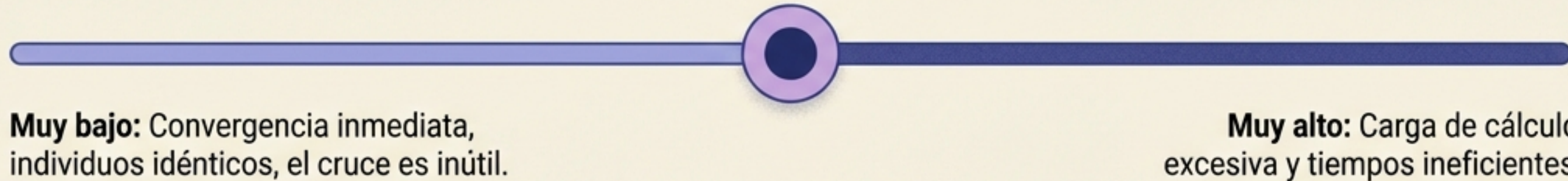
El Ciclo Vital Computacional



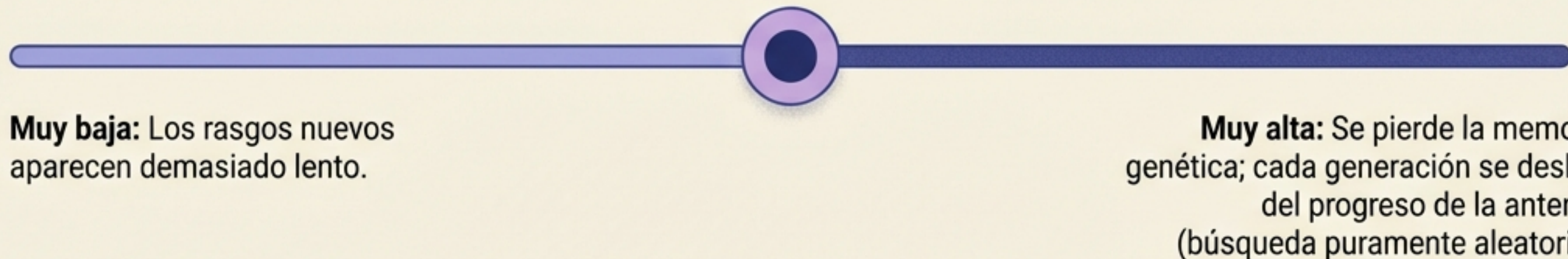
Decisiones Críticas de Diseño

La configuración humana del entorno define el éxito de la evolución artificial.

Tamaño de la Población



Tasa de Mutación



Convergencia: El Destino Final

El éxito de un Algoritmo Genético ocurre cuando la población evoluciona hacia una similitud extrema, convergiendo en un único superindividuo que representa la solución óptima global.

El Teorema de Esquemas

Para los vectores binarios tradicionales, este teorema prueba matemáticamente que la población siempre convergerá en el límite a un único código.

Para representaciones no binarias, se exige que las operaciones de cruce y selección respeten la descendencia de la misma clase.

