

ALGORITMOS GENÉTICOS

- ♦ Técnica de *búsqueda* estocástica basada en los mecanismos de la selección natural y la genética natural.[Goldberg,1969]
- ♦ Desarrollados por John Holland en 1970 en la Universidad de Michigan.
- ♦ Las metas iniciales para su creación:
 - Abstraer y rigurosamente explicar los procesos adaptativos de los sistemas naturales.
 - Diseñar sistemas artificiales de software que retengan los mecanismos importantes de los sistemas naturales.

Ariel López Rojas

ALGORITMOS GENÉTICOS

- ♦ La primera monografía sobre **AG** => Holland (1975) => *Adaptation in Natural and Artificial Systems*.
- ♦ Usan analogías de la selección natural para desarrollar mejores soluciones.
- ♦ Ampliamente utilizados en problemas de optimización no lineal y de alta dimensionalidad.

ALGORITMOS GENÉTICOS

Historia

- ♦ **DARWIN** => Formulación del principio de la *selección natural* => *Primer principio Evolutivo* => mucho antes de descubrir los mecanismos de la *genética*.
- ♦ Darwin => supuso fusión o herencia ciega => mezcla de las cualidades de los padres con los fluidos líquidos => *descendientes*.

ALGORITMOS GENÉTICOS

Historia

- ♦ *G. MENDEL (1865)* => descubre los principios básicos de la transferencia de factores hereditarios de los *padres* hacia los *descendientes*.
- ♦ *Leyes de Mendel* => conocidas por la comunidad científica después de redescubiertas en 1900 por H. Vries, K. Correns y K. Von Tschermak.

ALGORITMOS GENÉTICOS

Historia

- ♦ T. Morgan(y colaboradores) => desarrollaron completamente la **GENÉTICA**.
- ♦ Probaron experimentalmente que:
 - **Cromosomas** => principales portadores de l información genética.
 - **Genes** => contienen los factores hereditarios => están contenidos en los cromosomas.
 - Otrs experimentos => mostraron que las leyes de Mendel válidas para todos los organismos de reproducción sexual.

ALGORITMOS GENÉTICOS

Historia

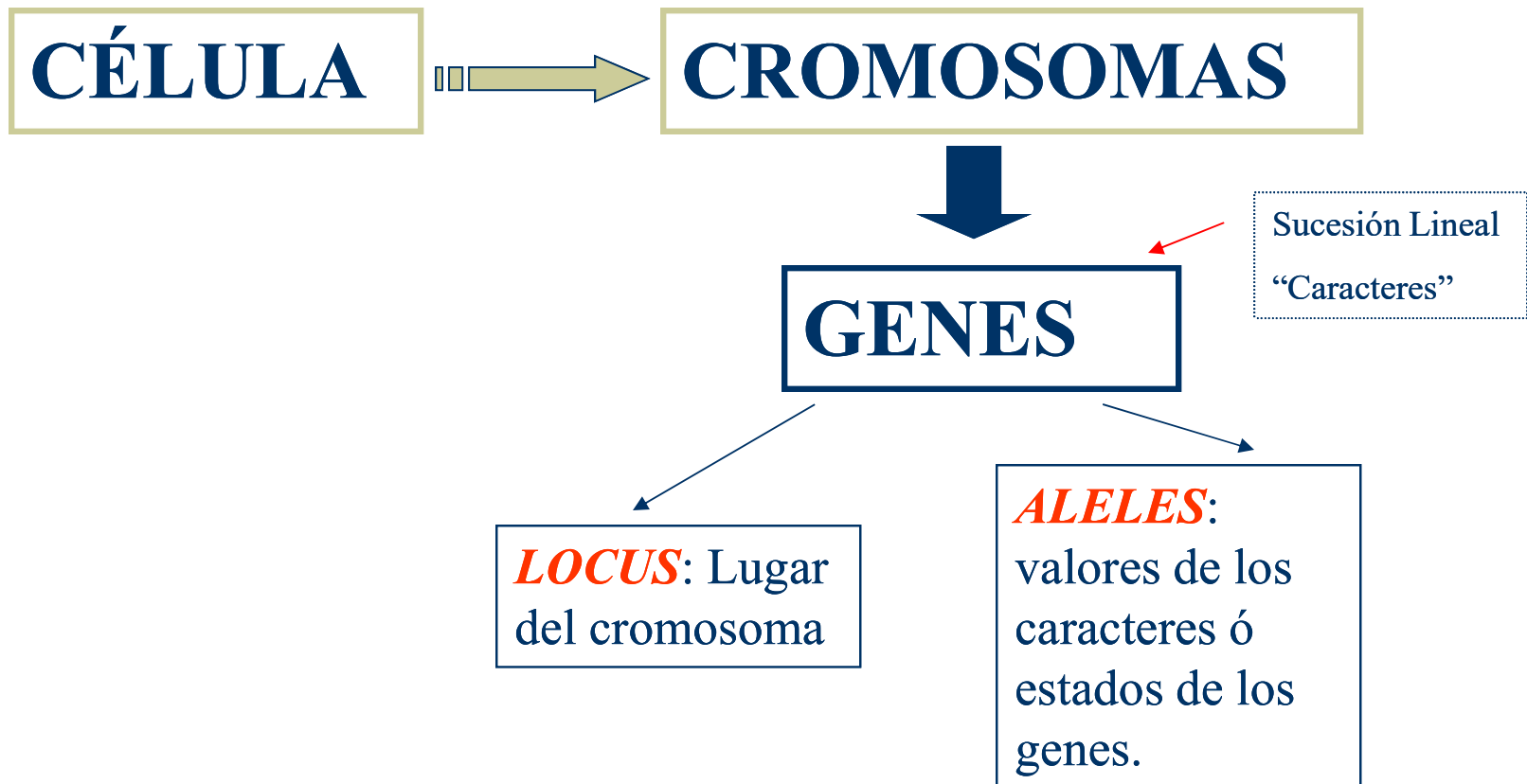
- ♦ Leyes de Mendel y Teoría de Darwin => permanecen independientes como conceptos diferentes y opuestos.
- ♦ En 1920 Cetverikov => se prueba no son conflictivas entre sí => **TEORÍA EVOLUTIVA MODERNA.**
- ♦ *La idea de la **Computación Evolutiva** introducida por I. Rechenberg 1960 en el trabajo "Evolution strategies"*

ALGORITMOS GENÉTICOS

Historia

- ♦ *John Koza 1992* empleó A.G para desarrollar programas que hacían ciertas tareas => él las denominó "*genetic programming*" (GP).
- ♦ *Programas en LISP* => usados ya que se podían expresar éstos en forma "*parse tree*" => objeto sobre el que trabaja un AG.

VOCABULARIO DE LOS A.G.



Ariel López Rojas

VOCABULARIO DE LOS A.G.

CÉLULA



CROMOSOMAS

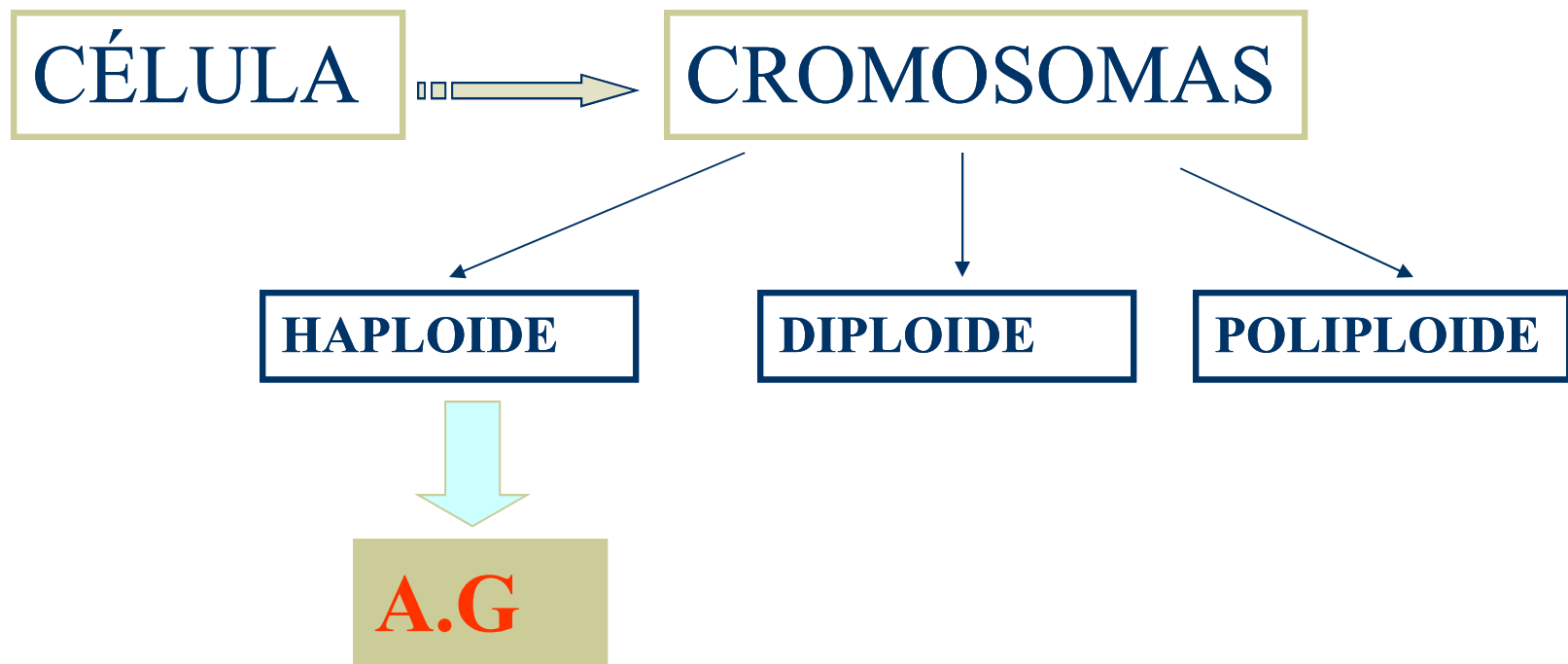


Hombre: 46 cromosomas.

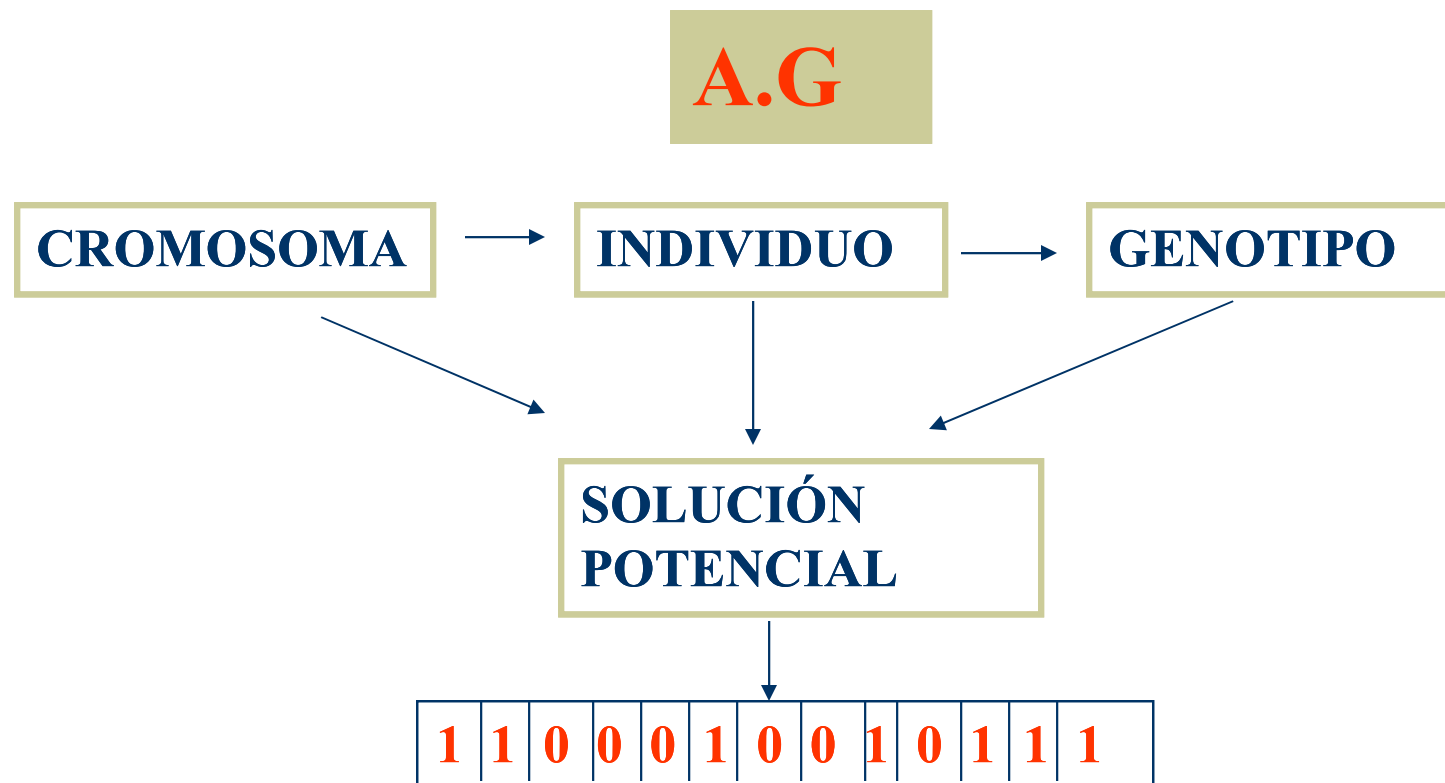


ESTRUCTURA POLIPLOIDE

VOCABULARIO DE LOS A.G.



VOCABULARIO DE LOS A.G.



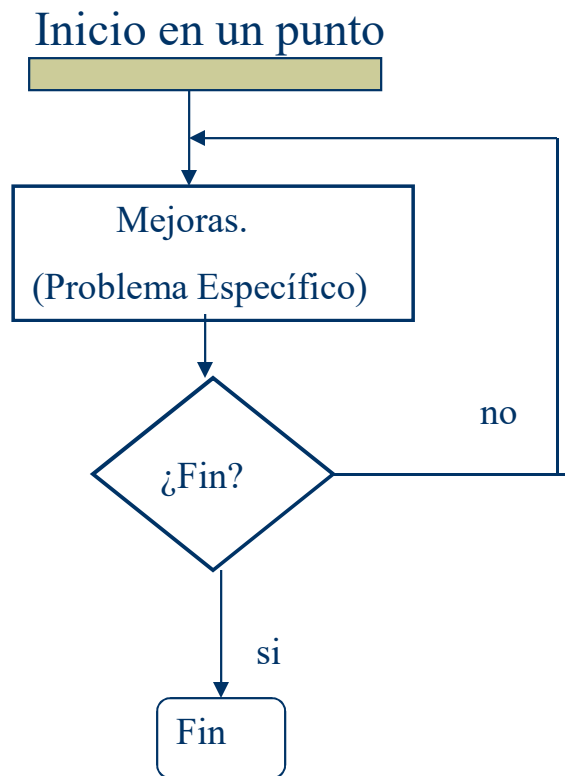
VOCABULARIO DE LOS A.G.

Algoritmo Genético	Significado
Cromosomas(cadena, individuo)	Solución (<i>código</i>)
Genes (bits)	Parte de la solución.
Locus	Posición del Gene
Aleles	Valor del Gene
Fenotipo	Solución decodificada (<i>Apariencia Externa</i>)
Genotipo	Solución Codificada. (<i>Estructura Interna</i>)

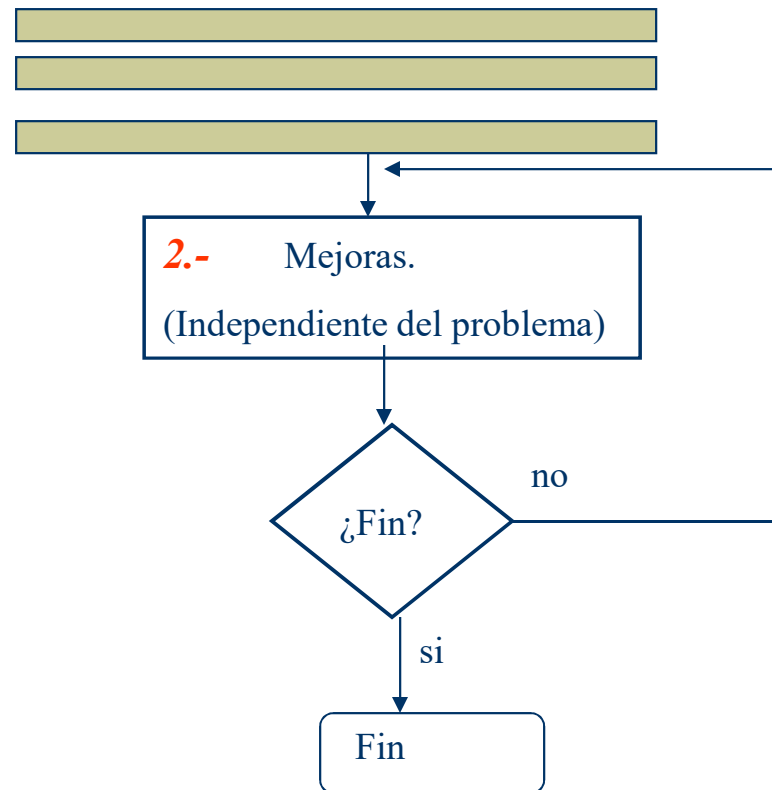
PRINCIPALES VENTAJAS.

- ♦ No tienen muchos requerimientos matemáticos del problema de optimización.
- ♦ Debido a su naturaleza evolutiva => buscan soluciones sin considerar específico conocimiento del problema.
- ♦ Proporcionan una gran flexibilidad para hibridizarse con heurísticas dependiente del dominio => *eficientes implementaciones.*
- ♦ Pueden manejar toda clase de función objetivo y restricciones definidas sobre un espacio de búsqueda discreto, continuo o mezclado.
- ♦ La estructura de los operadores los hace muy efectivos al realizar búsquedas global.

DIFERENCIAS CON MÉTODOS TRADICIONALES DE BÚSQUEDA.



1.- Inicio en una **Población** de Puntos



Ariel López Rojas

DIFERENCIAS CON MÉTODOS TRADICIONALES DE BÚSQUEDA.

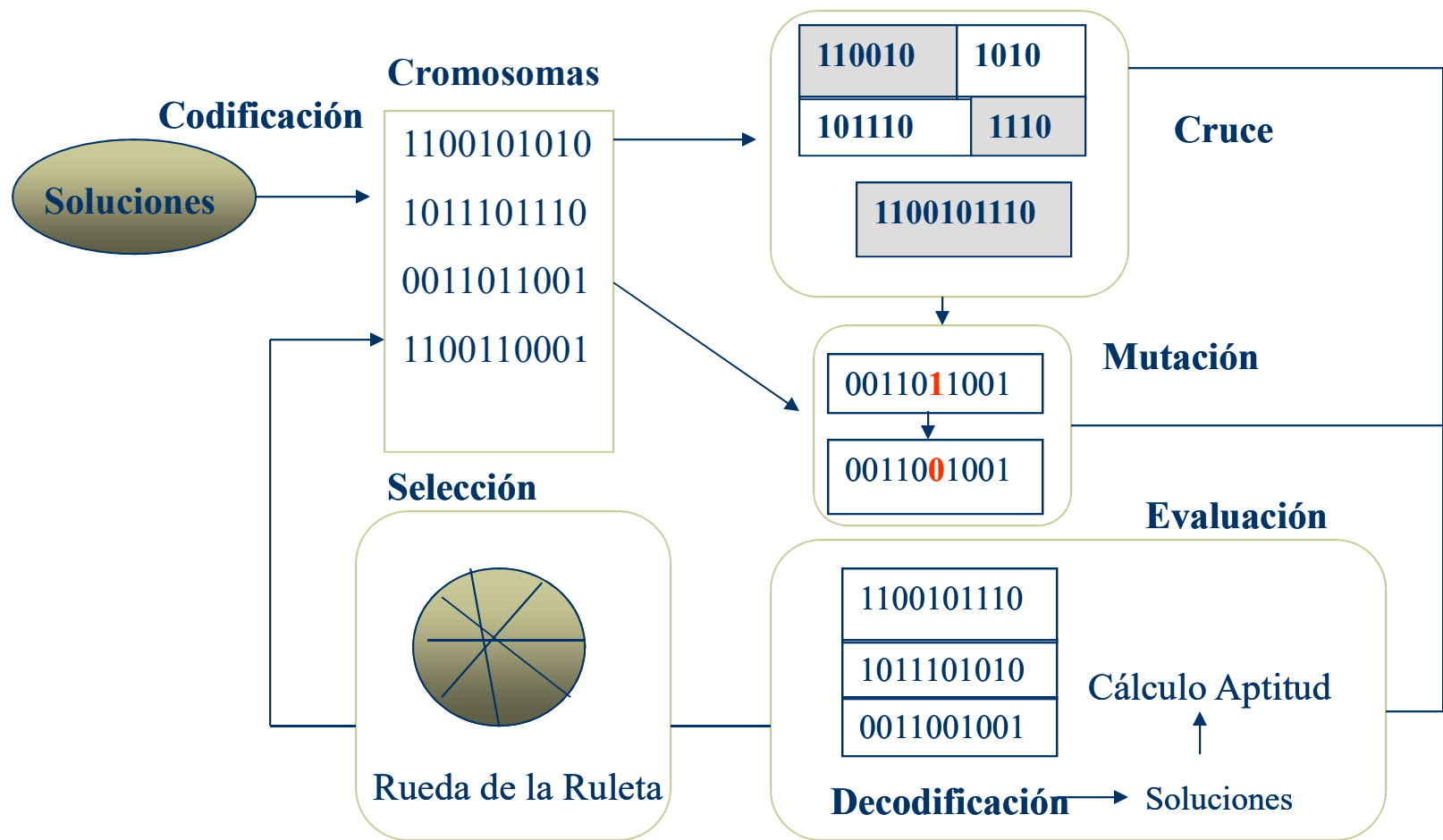
Tradicionales

- 3.- Trabaja con los propios parámetros.
- 4.- Usa información de las derivadas u otro conocimiento adicional.
- 5.- Emplean reglas de transición deterministas.

A. G.

- 3.- Emplea codificación de los parámetros.
- 4.- Usa información de la función objetivo.
- 5.- Emplean reglas de transición probabilísticas.

ESTRUCTURA DE UN ALGORITMO GENÉTICO SIMPLE (AGS)



Ariel López Rojas

COMPONENTES DE UN ALGORITMO GENÉTICO SIMPLE

- ◆ Representación Genética.
- ◆ Forma de generar una población inicial de soluciones.
- ◆ Una función de Evaluación que juegue el rol del “ambiente” => ordenando las soluciones en términos de su “aptitud”.
- ◆ Operadores Genéticos que alteren la composición de los “hijos”.
- ◆ Valores para los parámetros que el AG utiliza: tamaño de la población, probabilidad de aplicar operadores genéticos.

ESTRUCTURA GENERAL DE UN A.G. SIMPLE

❖ Individuo \Rightarrow Cromosoma \Rightarrow población \Rightarrow desarrolla en iteraciones: **Generación** \Rightarrow evaluación aptitud.

❖ Nueva **Generación** \Rightarrow producto de **cruce- mutación** \Rightarrow hijos (offspring) y /o padres mejor aptitud _ eliminar resto \Rightarrow tamaño población constante.

❖ Después de varias generaciones \Rightarrow el algoritmo converge hacia el mejor cromosoma \Rightarrow representa la **solución óptima o subóptima**.

```
t := 0;
Inicializar P(t);
Evaluar P(t)
While no se termine do
begin
    recombinación P(t)  $\Rightarrow$  C(t)
    evaluar C(t)
    seleccionar[P (t+1) de P(t) y C(t)
    t:=t+1;
end
```

ESTRUCTURA GENERAL DE UN A.G. SIMPLE

Representación

1. ***Cromosoma***: Cadena de símbolos.
2. Los símbolos usualmente son *cadena de bits* => *representación binaria*.
3. Se emplean también otros símbolos como *números de punto flotante* => ***problemas multidimensionales, problemas con alta precisión numérica.***

ESTRUCTURA GENERAL DE UN A.G. SIMPLE

Inicialización

1. Creación de una población inicial de cromosomas.
2. Aleatoriamente.
3. Proporcionada externamente.

Evaluación

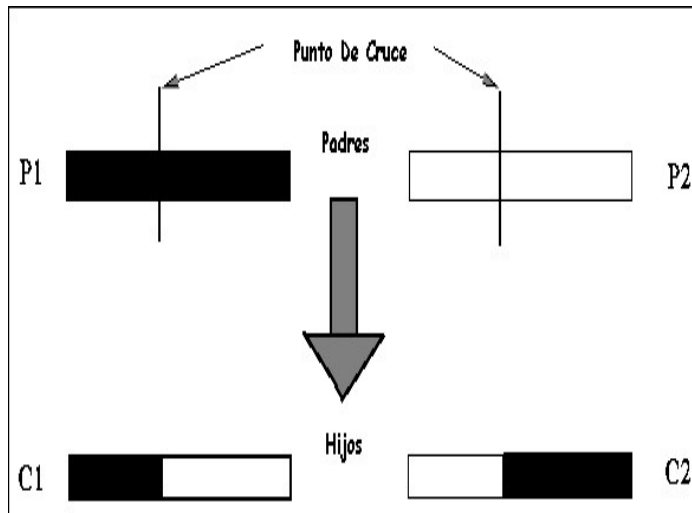
1. Convertir el *genotipo* del cromosoma => *fenotipo*: cadena de bits => valores reales
2. Evaluar la función objetivo.
3. Convertir el valor de la función objetivo en *aptitud*.
4. La *función de evaluación* => rol del “ambiente” => ordena los cromosomas en término de sus aptitudes.

ESTRUCTURA GENERAL DE UN A.G. SIMPLE

Operaciones:

1. **Genéticas:** *cruce y Mutación.* => emulan el proceso de herencia de los genes => crear hijos en cada generación.
2. **Evolución:** *selección.* => emula evolución Darwin => crear población de una generación a otra. => difiere de **Holland** => **selección** crea padres para recombinación.

ESTRUCTURA GENERAL DE UN A.G. SIMPLE



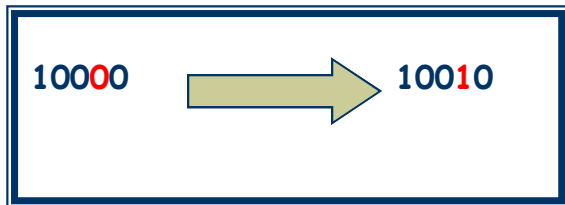
Cruce: opera sobre 2 cromosomas => genera dos hijos combinando características => el desempeño del AG depende altamente de ésta operación.

Rata de cruce => p_c : número de hijos producidos cada generación/ tamaño de la población. => número esperado de cromosomas que se cruzaran =>

Alta: permite mayor exploración del espacio de búsqueda => reduce la posibilidad de quedar atrapado en un óptimo local.

Muy Alta: pérdida de tiempo computacional explorando regiones no prometedoras del espacio de búsqueda.

ESTRUCTURA GENERAL DE UN A.G. SIMPLE



Mutación: opera sobre 1 cromosoma => produce cambios aleatorios espontáneos en un cromosoma => exploración del espacio.

Sirve para: a) reemplazar genes perdidos en la selección y lograr que sean tratados en otro contexto; b) proveer genes no presentes en la población inicial.

Rata de Mutación => *pm* : % del número total de genes en la población. => controlar la tasa a la cual se introducen nuevos genes en la población.

Muy Baja: genes útiles no serán tratados.

Muy Alta: mucha perturbación aleatoria=> los hijos pierden parecido con sus padres=> algoritmo pierde habilidad de aprender del pasado.

Ariel López Rojas

EJEMPLO CON UN ALGORITMO GENÉTICO SIMPLE

- ♦ **Problema de Optimización:** Ejemplo numérico de optimización.
- ♦ $\text{Max } f(x_1, x_2) = 21.5 + x_1 \sin(4\pi x_1) + \sin(20\pi x_2)$
- ♦ $-3.0 \leq x_1 \leq 12.1$
- ♦ $4.1 \leq x_2 \leq 5.8$
- ♦ **Representación:** la cadena depende de la precisión \Rightarrow si el dominio de la variable x_j es $[a_j, b_j]$ y la precisión requerida es 4 dígitos después del punto decimal \Rightarrow rango del dominio debe ser dividido en al menos $(b_j - a_j) * 10^4$ rangos de igual tamaño. Los bits requeridos (m_j) serán:

$$2^{m_j - 1} < (b_j - a_j) * 10^4 \leq 2^{m_j} - 1$$

EJEMPLO CON UN ALGORITMO GENÉTICO SIMPLE

Bits necesarios para x_1 y x_2 :

$$X_1: (12.1 - (-3.0)) * 10.000 = 151.000 \Rightarrow 2^{17} < 151000 \leq 2^{18} \Rightarrow m_1 = 18$$

$$X_2: (5.8 - 4.1) * 10.000 = 17.000 \Rightarrow 2^{14} < 17.000 \leq 2^{15} \Rightarrow m_2 = 15 \Rightarrow$$

Longitud Total del cromosoma : $m_1 + m_2 = 33$ bits.

← 33 →

000001010100101001 101111011111110

← 18 → ← 15 →

EJEMPLO CON UN ALGORITMO GENÉTICO SIMPLE

- ♦ Conversión de string => número real:

$$x_j = a_j + decimal(substring) * \frac{b_j - a_j}{2^{m_j} - 1}$$

	Número Binario	Número Decimal
X ₁	000001010100101001	5417
X ₂	1011110111111110	24318
X ₁	= -3.0+5417*[12.1-(-3.0)]/ [2 ¹⁸ -1] = -2.687969	
X ₂	= 4.1+24318*[5.8 -4.1]/ [2 ¹⁵ -1] = 5.361653	

EJEMPLO CON UN ALGORITMO GENÉTICO SIMPLE

- ◆ **Población Inicial:**

$V_1 = [00000101010010100110111101111110]$

$V_2 = [001110101110011000000010101001000]$

$V_3 = [111000111000001000010101001000110]$

- **Lo que corresponde a:**

$V_1 = [x_1, x_2] = [-2.687969, 5.361653]$

$V_2 = [x_1, x_2] = [0.474101, 4.170144]$

$V_3 = [x_1, x_2] = [10.419457, 4.661461]$

EJEMPLO CON UN ALGORITMO GENÉTICO SIMPLE

Evaluación:

$$f(x_1, x_2) = 21.5 + x_1 \sin(4\pi x_1) + \sin(20\pi x_2)$$

$$\text{Eval}(v_1) = f(-2.687969, 5.361653) = 19.805119$$

$$\text{Eval}(v_2) = f(0.474101, 4.170144) = 17.370896$$

$$\text{Eval}(v_3) = f(10.419457, 4.661461) = 9.590546$$

1. Convertir Genotipo en fenotipo
2. Evaluar la función objetivo
3. Convertir el valor de la función objetivo en aptitud.

EJEMPLO CON UN ALGORITMO GENÉTICO SIMPLE

Selección: *Método de la Rueda de la Ruleta.*

- ♦ Calcular aptitud total de la población:

$$(ATP) = \sum_{i=1}^{poblacion} Eval(\mathbf{V}_i) = 46.76656$$

- ♦ Calcular probabilidad de selección para cada cromosoma p_k :

$$p_k = \frac{Eval(v_k)}{ATP}; \quad p_1 = \frac{19.805119}{46.76656} = 0.4234888$$
$$p_2 = \frac{17.370896}{46.76656} = 0.3714383, \quad p_3 = \frac{9.590546}{46.76656} = 0.2050727$$

EJEMPLO CON UN ALGORITMO GENÉTICO SIMPLE

- ♦ Calcular probabilidad acumulada q_k de cada cromosoma:

$$q_k = \sum_{j=1}^k p_j; \quad q_1 = 0.4234888$$

$$q_2 = 0.7949271$$

$$q_3 = 1.0000000$$

Procedimiento Selección:

Paso 1: Generar n (tamaño de la población) números aleatorios r en $[0,1]$

Paso 2: Si $r \leq q_1 \Rightarrow$ seleccionar el primer cromosoma v_1 ; sino seleccionar el k cromosoma tal que $q_{k-1} < r \leq q_k$

Si los números generados son:
0.177618, 0.897577, .032685 \Rightarrow

nueva población: $\left\{ \begin{array}{l} v'_1 = v_1 \\ v'_2 = v_3 \\ v'_3 = v_1 \end{array} \right\}$

Ariel López Rojas

EJEMPLO CON UN ALGORITMO GENÉTICO SIMPLE

♦ Procedimiento de Cruce

Begin

$k \leq 0$;

While ($k \leq n$) do begin

$r_k \leq$ número aleatorio en $[0,1]$;

if ($r_k < p_c$) then

seleccione v_k como un padre;

end

$K \leq k+1$;

end

end

Cruce de un Punto

• Generar número aleatorio entero entre $[2, n^\circ \text{ de bit}-1]$ para determinar el punto de cruce para cada par de padres a cruzar.

• Si punto de cruce = 9 y se cruzan los cromosomas v_1' y v_3' quedan los hijos:

$V_1' = [001110101 | 110011000000010101001000]$

$V_3' = [000001010 | 100101001101111011111110]$

$V_1'' = [00111010110010100110111101111110]$

$V_3'' = [000001010 110011000000010101001000]$

$V_2'' = [0011101011100110000000010101001000] = V_2'$

Ariel López Rojas

EJEMPLO CON UN ALGORITMO GENÉTICO SIMPLE

Procedimiento de Mutación

1. **Total de bits** = n (tamaño población)*número de bits por cromosoma.
2. Generar una secuencia de números aleatorios r_k ($k=1 \dots$ **Total bits**) en $[0,1]$.
3. Si $r_k < p_m \Rightarrow$ mutar bit k .

Para el ejemplo es necesario generar 3×33 números aleatorios $\Rightarrow 99$; suponiendo que luego de hacerlo queda:

pos. Bit	Nº Crom.	Nº bit	na
39	2	6	0.009857

\Rightarrow **Mutar bit 6 del cromosoma 2:**

$V_2''' = [01110101110011000000010101001000]$

↓
0

ESTRUCTURA GENERAL DE UN A.G. SIMPLE

Selección : Proporciona la fuerza que maneja al algoritmos => la presión de ésta es crítica para el AG=>**alta** => la búsqueda termina prematuramente – **baja** => el progreso es más lento de lo necesario.Lo adecuado es mantener =>:

Baja Presión => inicio => amplia exploración, **Alta Presión** => al final => explotar áreas más prometedoras.

Selección: dirige a un AG en dirección a regiones prometedoras.

ALGORITMOS GENÉTICOS

Selección

Elementos Básicos en la Selección

1.- Espacio Muestral:

- Regular
- Aumentado

2.- Mecanismo Muestral:

- Muestreo Estocástico.
- Muestreo Determinístico
- Muestreo Mezclado

3.- Presión Selectiva:

- Estabilizada
- Direccional
- Quebrantada.

4.- Probabilidad de Selección:

(Mecanismos de Escalamiento y Orden)

- Escalamiento Estático
- Escalamiento Dinámico
- Escalamiento Lineal
- Escalamiento Lineal Dinámico
- Escalamiento “Ley De Poder”
- Escalamiento Logarítmico
- Windowing
- Selección de Boltzmann
- Ranqueo u ordenamiento

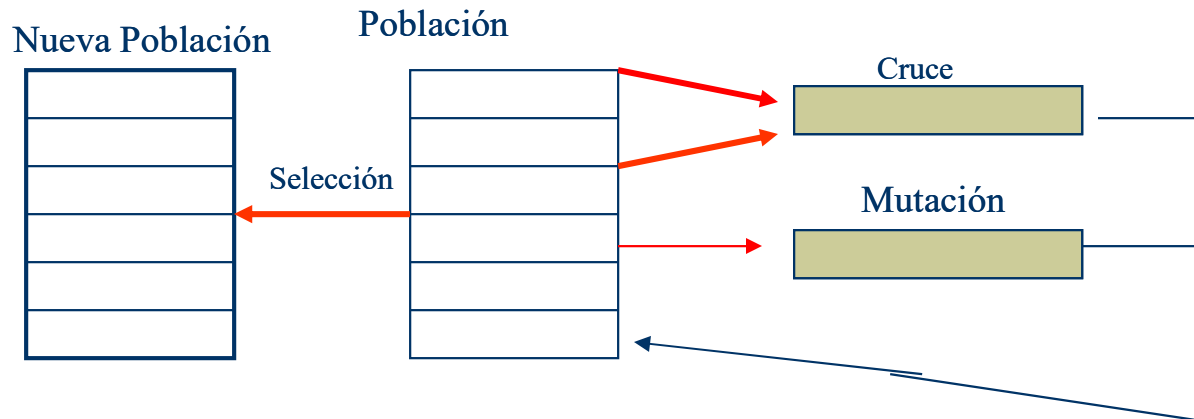
Ariel López Rojas

ALGORITMOS GENÉTICOS

Selección

Espacio Muestral

Basada en espacio muestral REGULAR



Características del Espacio Muestral:

- 1.- **Tamaño de la Nueva Población** = Tamaño anterior población
- 2.- **Ingredientes:** Todos los descendientes (hijos) y solo parte de los padres.

En los AG originales (Hollan) => hijos reemplazan a los padres en lo que nacen => **Reemplazo Generacional o Plan Reproductivo.**

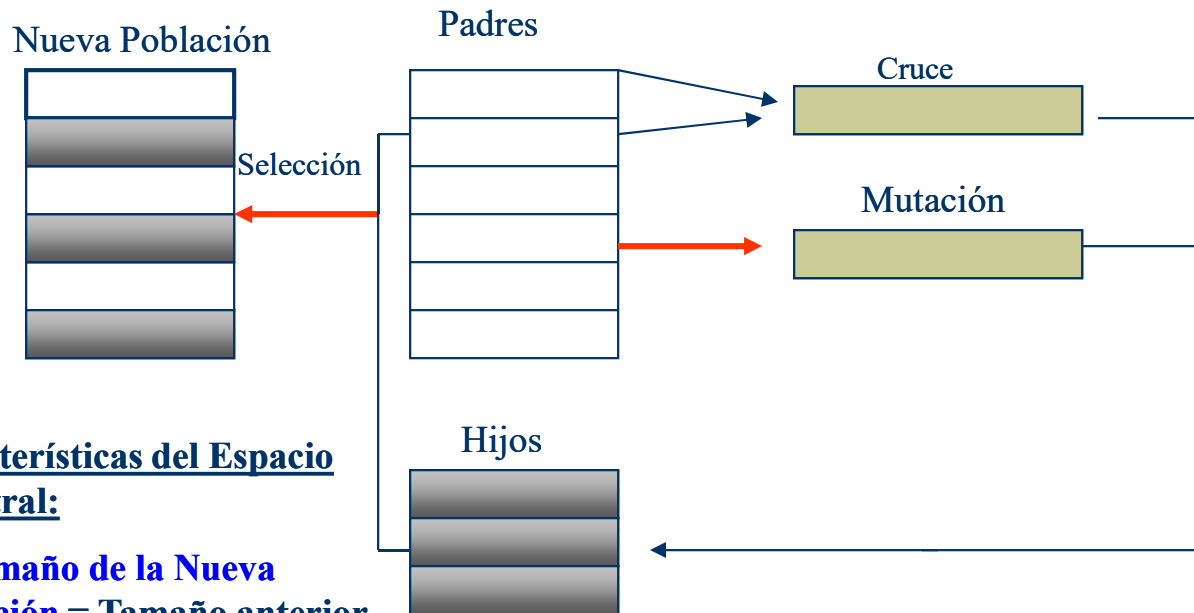
Ariel López Rojas

ESTRUCTURA GENERAL DE UN A.G.

Selección

Espacio Muestral

Basada en espacio muestral AUMENTADO



Características del Espacio Muestral:

- 1.- **Tamaño de la Nueva Población** = Tamaño anterior población + Cantidad de Hijos
- 2.- **Ingredientes**: Todos los descendientes (hijos) y padres.

Ariel López Rojas

ESTRUCTURA GENERAL DE UN A.G.

Selección

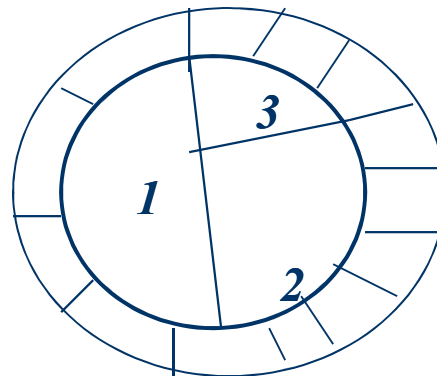
Mecanismo Muestral

•Se refiere a la forma en que se seleccionan los cromosomas del *espacio muestral* :

1.- **Muestreo Estocástico** => La selección tiene dos fases:

- a) Determinar el *valor esperado de un cromosoma*.
- b) Convertir el valor esperado en un número de hijos.

El más conocido => ***Rueda de la Ruleta (Holland)***.



Baker => **Muestreo Estocástico Universal** => no duplicados => 1)
Prevenir super cromosomas, 2)
Mantener diversidad

Ariel López Rojas

ESTRUCTURA GENERAL DE UN A.G.

Selección

Mecanismo Muestral

3.- **Muestro Mezclado:** Contiene características deterministas y aleatorias:

- **Selección Torneo (Goldberg)** \Rightarrow de un conjunto aleatorio toma el mejor. Tamaño del conjunto \Rightarrow **torneo**
- **Selección Torneo Estocástica** \Rightarrow usando método ruleta toma un par y el mejor de ellos es insertado en la nueva población.

2.- **Muestreo Determinístico** \Rightarrow Ordena todos los cromosomas de acuerdo a su **aptitud** y selecciona los mejores como padres.

- **Selección Truncada** \Rightarrow **T%** mejores y reciben **100/T** copias
- **Selección en Bloque** \Rightarrow **s** copias para los **n/s** mejores.
- **Selección Elitista** \Rightarrow asegura que el mejor permanezca.
- **Reemplazo Generacional** \Rightarrow reemplaza todos los padres por sus hijos. Otra versión reemplaza los peores solamente.

Ariel López Rojas

ESTRUCTURA GENERAL DE UN A.G.

Selección

Presión Selectiva

Presión Selectiva: Según el Neo – Darwinismo los procesos de evolución pueden ser divididos en tres categorías:

- a) ***Selección Estabilizada o Normalizada*** => tiende a eliminar cromosomas con valores extremos.
 - b) ***Selección Direccional*** => Incrementa o decrementa el valor medio de la población;
 - c) ***Quebrantada*** => Tiende a eliminar cromosomas con valor moderado.
- ❖ La mayoría de los métodos están basados en ***Selección Direccional***

ESTRUCTURA GENERAL DE UN A.G.

Selección

Probabilidad de Selección

¿ Cómo Determinar la probabilidad de selección para cada cromosoma?

En los métodos proporcionales \Rightarrow es proporcional a su aptitud \Rightarrow tiene problemas : a) en las primeras generaciones \Rightarrow pocos super cromosomas dominan el proceso de selección; b) en las últimas generaciones (población ha convergido) la competencia se hace débil y se observará solo una búsqueda aleatoria como comportamiento del A.G.

¿ **Solución a problemas?**: \Rightarrow mecanismos de *Escalamiento y Ordenamiento*.

- **Escalamiento** \Rightarrow determina la *probabilidad de supervivencia* de un cromosoma de acuerdo a algunos valores reales de la función objetivo.

- **Ordenamiento** \Rightarrow Ignora los valores de la función objetivo actual y usa un ordenamiento de los cromosomas en lugar de determinar la probabilidad de supervivencia.