

Tema 2: Algoritmos Genéticos

Abdelmalik Moujahid, Iñaki Inza y Pedro Larrañaga

Departamento de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial

Universidad del País Vasco

<http://www.sc.ehu.es/isg/>

Índice

- Introducción
- El algoritmo genético simple
- Extensiones y modificaciones del algoritmo genético simple
- Algoritmos genéticos paralelos

Introducción

Algunos paradigmas de la Inteligencia Artificial inspirados en la Naturaleza:

- Redes Neuronales (McCulloch y Pitts 1943)
- Simulated Annealing (Kirkpatrick y col. 1983)
- Búsqueda Tabú (Glover 1986)
- Computación Evolutiva

Introducción

Dentro de la computación evolutiva tenemos:

- Algoritmos genéticos (Holland 1975)
- Estrategias evolutivas (Rechenberg 1973)
- Programación evolutiva (Fogel 1962)
- Programación genética (Koza 1992)
- Sistemas clasificatorios (Holland 1962)

Introducción

- Algoritmos genéticos métodos adaptativos
- Basados en la evolución natural (Darwin 1859, *On the Origin of the Species by Means of Natural Selection*)
- Poblaciones evolucionan en la Naturaleza de acuerdo con los principios de selección natural y supervivencia de los más fuertes
- Problemas de optimización combinatoria
- Técnica robusta. Hibridación

El algoritmo genético simple

BEGIN /* Algoritmo Genético Simple */

Generar una población inicial y computar la función
de evaluación de cada individuo

WHILE NOT Terminado DO

BEGIN /* Producir nueva generación */

FOR Tamaño poblacion/2 **DO**

BEGIN /*Ciclo Reproductivo */

Seleccionar dos individuos de la anterior generación, para el cruce (probabilidad de
de selección proporcional a la función de evaluación del individuo)

Cruzar con cierta probabilidad los dos individuos obteniendo dos descendientes

Mutar los dos descendientes con cierta probabilidad

Computar la función de evaluación de los dos descendientes mutados

Insertar los dos descendientes mutados en la nueva generación

END

IF la población ha convergido **THEN**

Terminado := TRUE

END

END

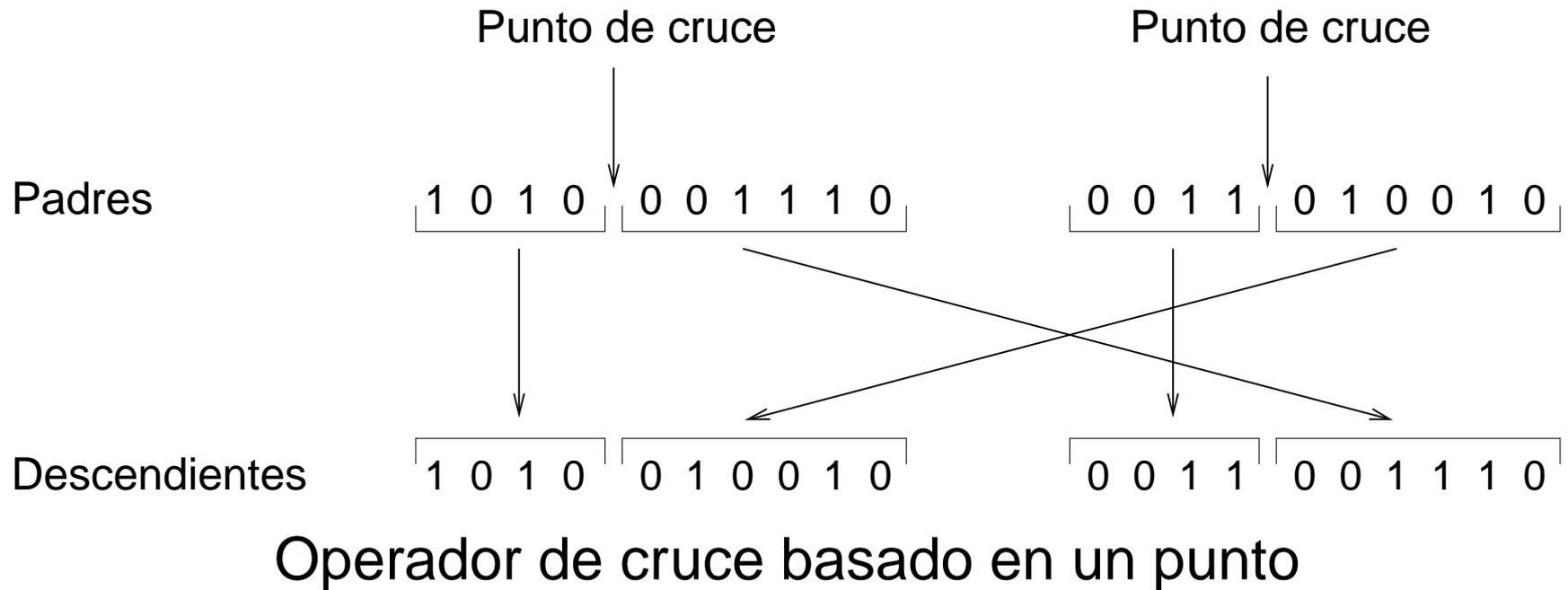
El algoritmo genético simple

- **Individuos** de la población -*cromosomas*- representados por un conjunto de parámetros -*genes*- utilizando un cierto *alfabeto* - $\{0, 1\}$ -. Individuo = *genotipo*, representación = *fenotipo*.
Se infiere la adaptación al problema de un individuo, a partir de la evaluación de su fenotipo
- **Función de adaptación** para cada cromosoma devuelve un número real, que se supone es proporcional a la adaptación del individuo al problema

El algoritmo genético simple

- **Fase reproductiva** se efectúa la *selección de padres* - favoreciendo a los mejor adaptados -, para a continuación *cruzarlos*, y *mutar* los hijos
- **Convergencia práctica** (De Jong) (α, β) gen convergido, población convergido

El algoritmo genético simple



El algoritmo genético simple

gen mutado

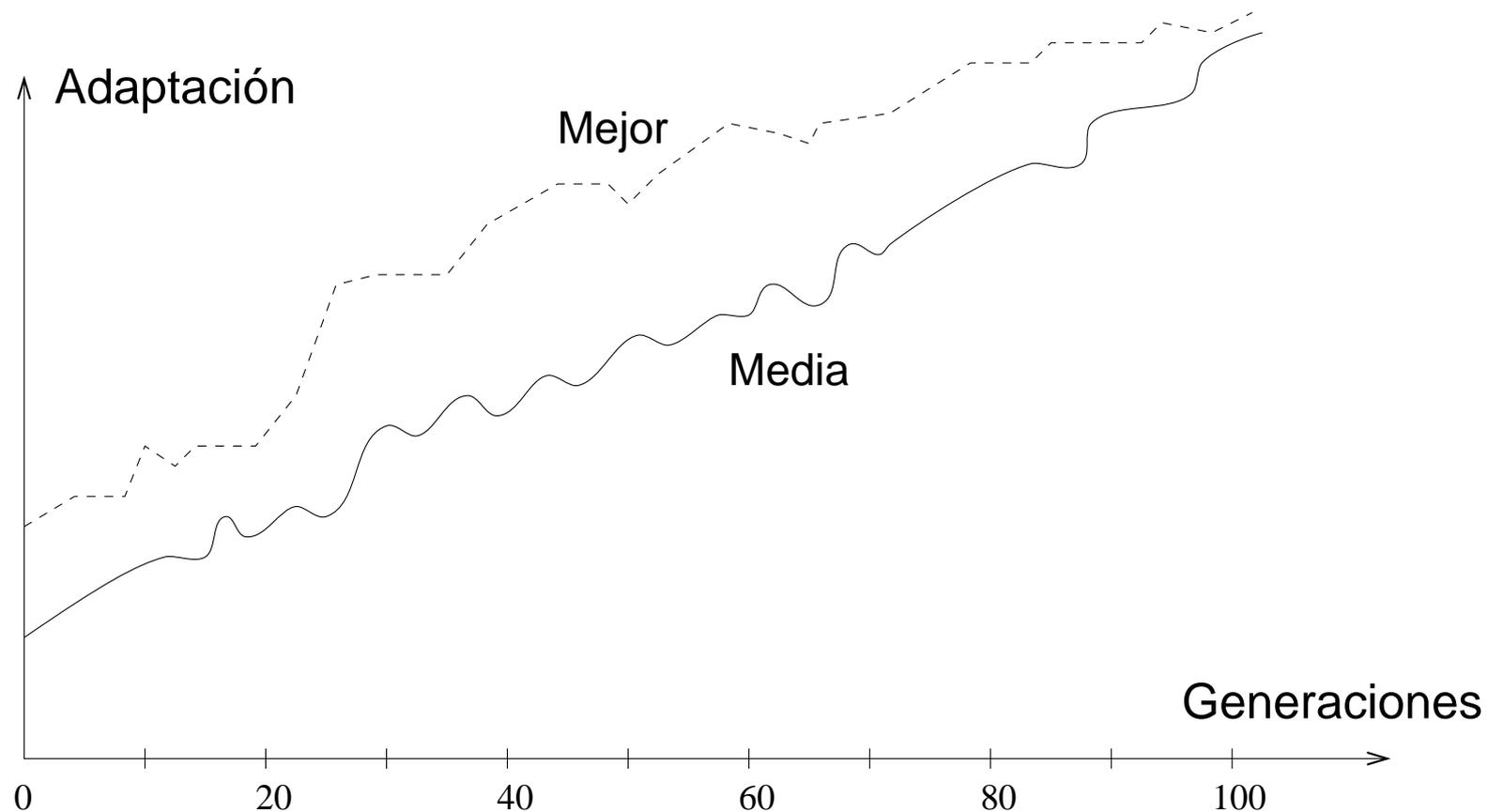


Descendiente 1 0 1 0 **0** 1 0 0 1 0

Descendiente mutado 1 0 1 0 **1** 1 0 0 1 0

Operador de mutación

El algoritmo genético simple



Adaptación media y mejor adaptación en un algoritmo genético simple

El algoritmo genético simple

Ejemplo: Máximo de $f(x) = x^2$ sobre los enteros $\{1, 2, \dots, 32\}$

	Población inicial (fenotipos)	x valor genotipo	$f(x)$ valor (función adaptación)	$f(x) / \sum f(x)$ (probabilidad selección)	Probabilidad de selección acumulada
1	01101	13	169	0.14	0.14
2	11000	24	576	0.49	0.63
3	01000	8	64	0.06	0.69
4	10011	19	361	0.31	1.00
Suma			1170		
Media			293		
Mejor			576		

El algoritmo genético simple

Emparejamiento de los individuos seleccionados	Punto de cruce	Descen- dientes	Nueva población descendientes mutados	x valor genotipo	$f(x)$ función adaptación
11000	2	11011	11011	27	729
10011	2	10000	10000	16	256
01101	3	01100	11100	28	784
11000	3	11001	11101	29	841
Suma					2610
Media					652.5
Mejor					841

Extensiones del algoritmo genético simple

BEGIN AGA

Obtener la población inicial

WHILE NOT stop **DO**

BEGIN

Seleccionar padres de la población

Producir hijos a partir de los padres seleccionados

Mutar los individuos hijos

Extender la población añadiendo los hijos

Reducir la población extendida

END

END AGA

Extensiones del algoritmo genético simple

Población

- **Tamaño**
 - poblaciones pequeñas riesgo de no cubrir adecuadamente el espacio de búsqueda
 - poblaciones grandes excesivo costo computacional
 - Alander estudios empíricos, tamaño comprendido entre l y $2l$
- **Población inicial**
 - Al azar
 - Resultado de búsqueda por medio de un optimizador local
 - Ventaja: aceleración del algoritmo
 - Desventaja: prematura convergencia hacia óptimos locales

Extensiones del algoritmo genético simple

Función objetivo (i)

- **Funciones regulares:** para dos individuos cercanos en el espacio de búsqueda, sus respectivos valores en las funciones objetivo similares
- **Individuos sometidos a restricciones:**
 - absolutista
 - penalización de la función objetivo
 - número de restricciones violadas
 - coste esperado de reconstrucción
- **Transformación de la función objetivo**
 - convergencia prematura: comprensión
 - finalización lenta: expansión

Extensiones del algoritmo genético simple

Función objetivo (ii)

- **Modificación de la función objetivo por devaluación de cromosomas muy cercanos**

$d(I_t^j, I_t^i)$ distancia de Hamming entre los individuos I_t^j e I_t^i ,
 $K \in \mathbb{R}^+$ a un parámetro

$$h(d(I_t^j, I_t^i)) = \begin{cases} K - d(I_t^j, I_t^i) & \text{si } d(I_t^j, I_t^i) < K, \\ 0 & \text{si } d(I_t^j, I_t^i) \geq K. \end{cases}$$

Para cada individuo I_t^j , definimos $\sigma_j^t = \sum_{i \neq j} h(d(I_t^j, I_t^i))$, valor que utilizaremos para devaluar la función objetivo del individuo en cuestión. $g^*(I_t^j) = g(I_t^j) / \sigma_j^t$

Extensiones del algoritmo genético simple

Selección (i)

- **Selección proporcional a la función objetivo**

Denotando por $p_{j,t}^{\text{prop}}$ la probabilidad de que el individuo I_t^j sea seleccionado como padre, se tiene que:

$$p_{j,t}^{\text{prop}} = \frac{g(I_t^j)}{\sum_{j=1}^{\lambda} g(I_t^j)}.$$

Invariante ante un cambio de escala, pero no ante una traslación

- **Selección proporcional al rango del individuo**

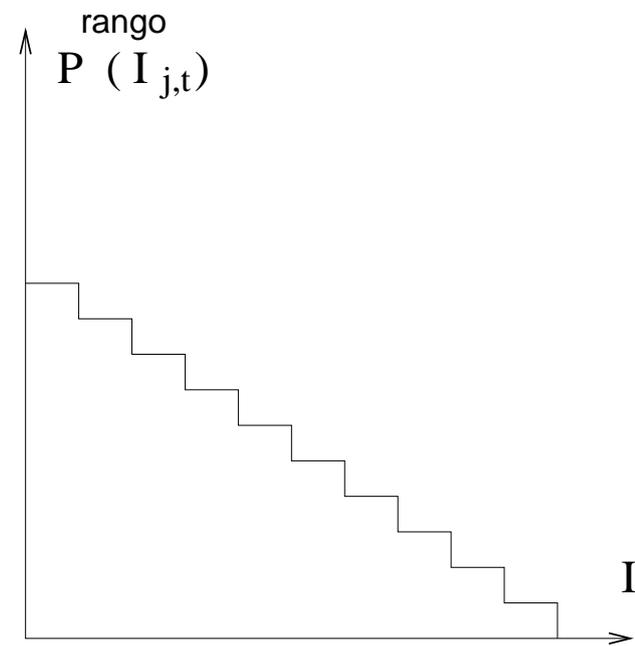
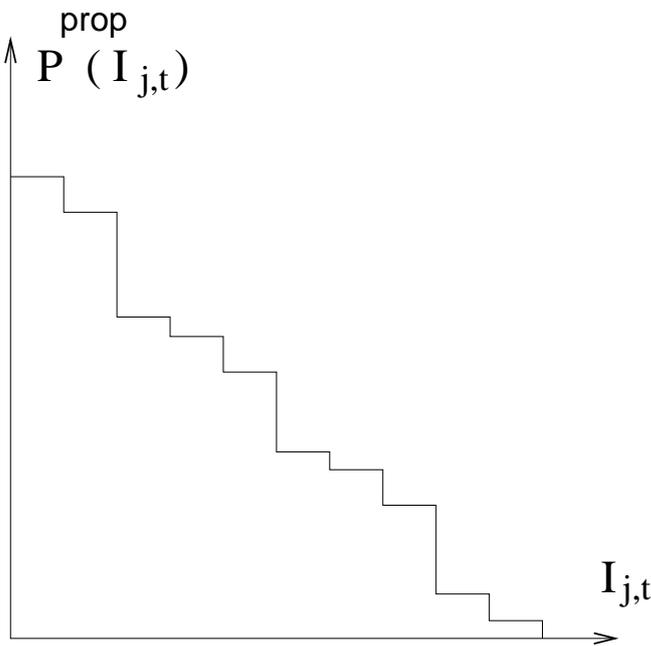
Produce una repartición más uniforme de la probabilidad de selección.

$$p_{j,t}^{\text{rango}} = \frac{\text{rango}(g(I_t^j))}{\lambda(\lambda + 1)/2}.$$

Invariante frente a la translación y al cambio de escala

Extensiones del algoritmo genético simple

Selección (ii)



Esquemas de selección de padres proporcional a la función objetivo (izquierda) y proporcional al rango de la función objetivo (derecha)

Extensiones del algoritmo genético simple

Selección (iii)

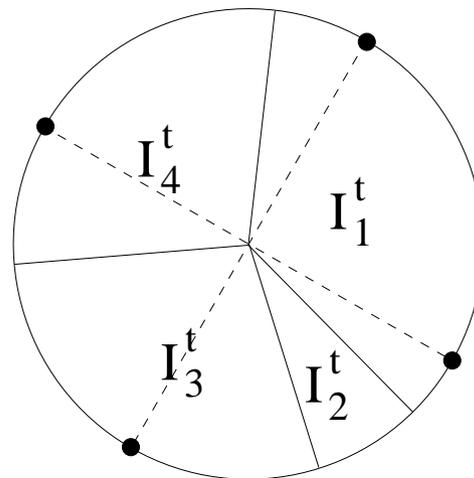
- **modelo de selección del valor esperado**

para cada individuo I_t^j , un contador inicializado en $g(I_t^j)/\bar{g}_t$. Si el individuo I_t^j es seleccionado para el cruce, dicho contador decrece en una cantidad c ($c \in (0, 5; 1)$). El individuo dejará de poder ser seleccionado, cuando contador negativo

Extensiones del algoritmo genético simple

Selección (iv)

- **muestreo universal estocástico**



El individuo I_1^t se escoge 2 veces, mientras que I_3^t e I_4^t son elegidos una única vez

Extensiones del algoritmo genético simple

Selección (v)

- **modelo de selección elitista**

el mejor individuo de la población en el tiempo t ,
seleccionado como padre

- **selección por torneo**

tamaño del torneo, (con o sin reemplazamiento),
seleccionar el mejor individuo de este grupo, y repetir
el proceso hasta que el número de individuos
seleccionados coincida con el tamaño de la población

Extensiones del algoritmo genético simple

Selección (vi)

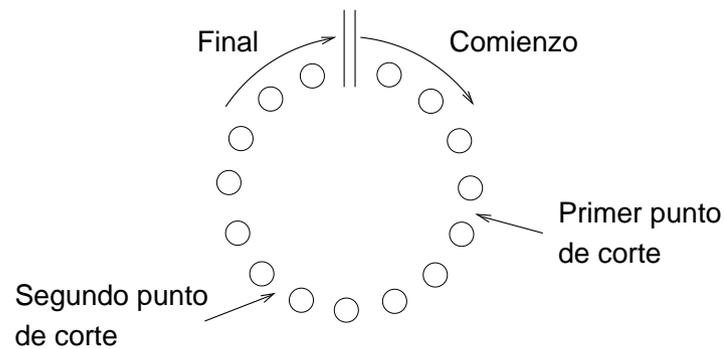
Clasificaciones de métodos de selección:

- **Probabilidad de selección:**
 - *dinámicos*: variable (ej. proporcional función objetivo)
 - *estáticos*: fija (ej. rango función objetivo)
- **Tasa de reemplazamiento generacional:**
 - $t_{rg} = 1$ (Goldberg)
 - $t_{rg} = \lambda^{-1}$ (Holland, Whitley)
 - MOD_{GA} (Michalewicz)
 r_1 para reproducción, r_2 para morir, $\lambda - (r_1 + r_2)$ pasan a la siguiente generación

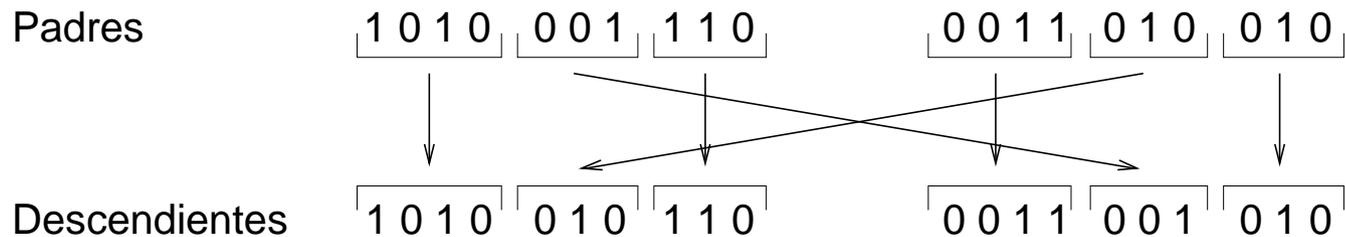
Extensiones del algoritmo genético simple

Cruce (i)

- Cruce basado en un punto
- Cruce basado en dos puntos



Individuo visto como un circuito



Operador de cruce basado en dos puntos

Extensiones del algoritmo genético simple

Cruce (ii)

- **Cruce uniforme**

máscara de cruce generada aleatoriamente.

distribución de probabilidad de Bernouilli de parámetro 1/2

Máscara de cruce 1 0 0 1 0 0 1

Padre 1 1 1 0 1 1 0 1

↓ ↓ ↓

Descendiente 1 0 0 1 1 1 1

↑ ↑ ↑ ↑

Padre 2 0 0 0 1 1 1 0

Operador de cruce uniforme

Extensiones del algoritmo genético simple

Cruce (iii)

- **Cruce uniforme**

Máscara de cruce	1 1 1 0 0 0 0	1 1 0 0 0 1
Padre 1	1 0 1 1 0 0 1	1 0 1 1 0 0
Descendiente	1 0 1 0 1 1 1	1 0 0 0 1 0
Padre 2	1 0 0 0 1 1 1	1 0 0 0 1 1

Máscaras de cruce para los operadores de cruce basados en 1 punto y en 2 puntos

Extensiones del algoritmo genético simple

Cruce (iv)

- **Cruce uniforme basado en la función objetivo**

máscara de cruce generada aleatoriamente

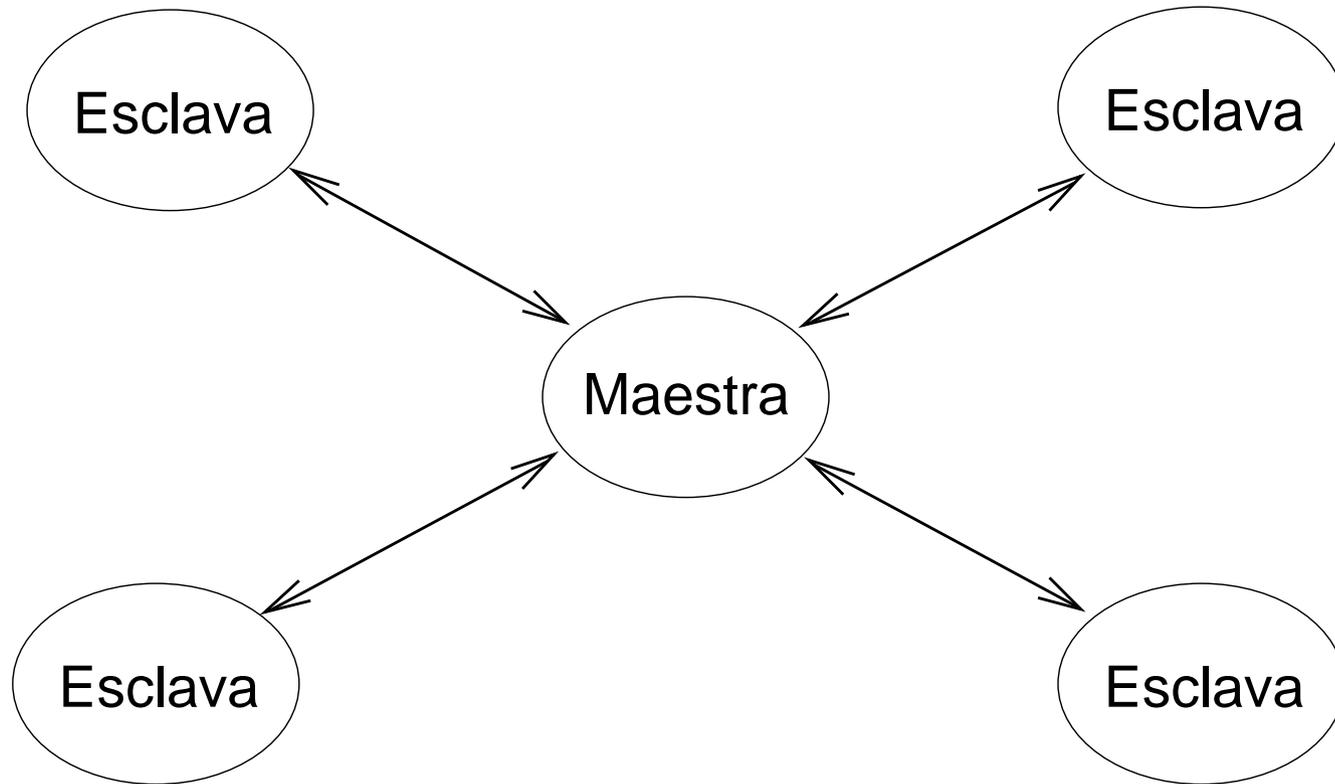
distribución de probabilidad de Bernouilli de parámetro

$$p = g(I_t^j) / (g(I_t^j) + g(I_t^i))$$

donde I_t^j y I_t^i denotan los padres seleccionados para ser cruzados.

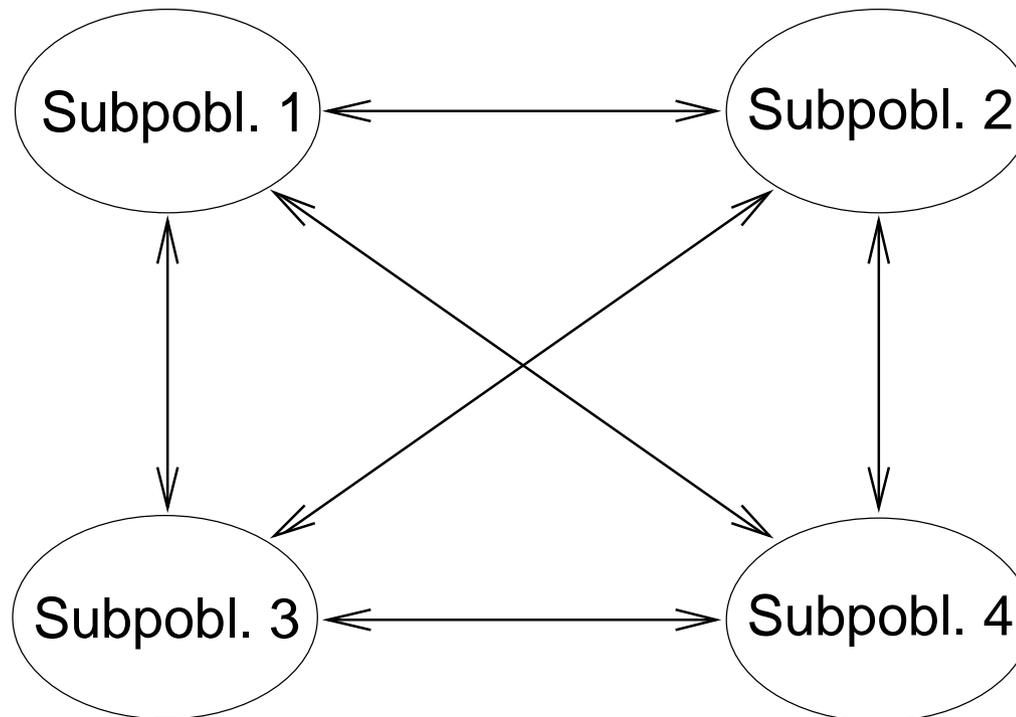
- **Cruces dependientes del tipo de problema: TSP**

Algoritmos genéticos paralelos. Modelo de islas



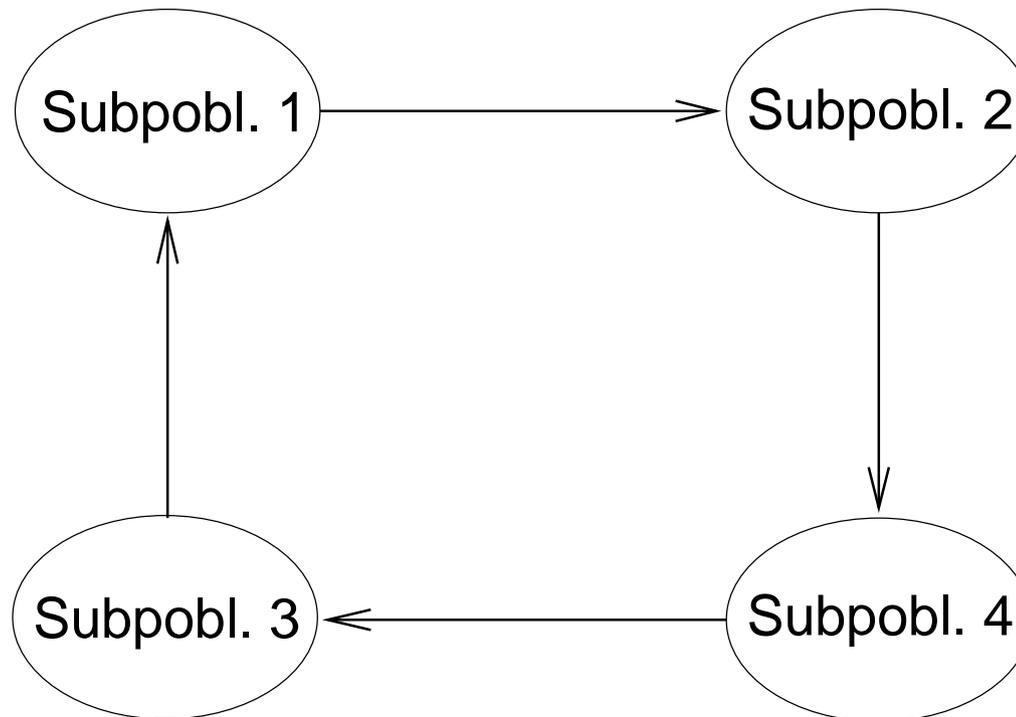
Comunicación en estrella

Algoritmos genéticos paralelos. Modelo de islas



Comunicación en red

Algoritmos genéticos paralelos. Modelo de islas



Comunicación en anillo