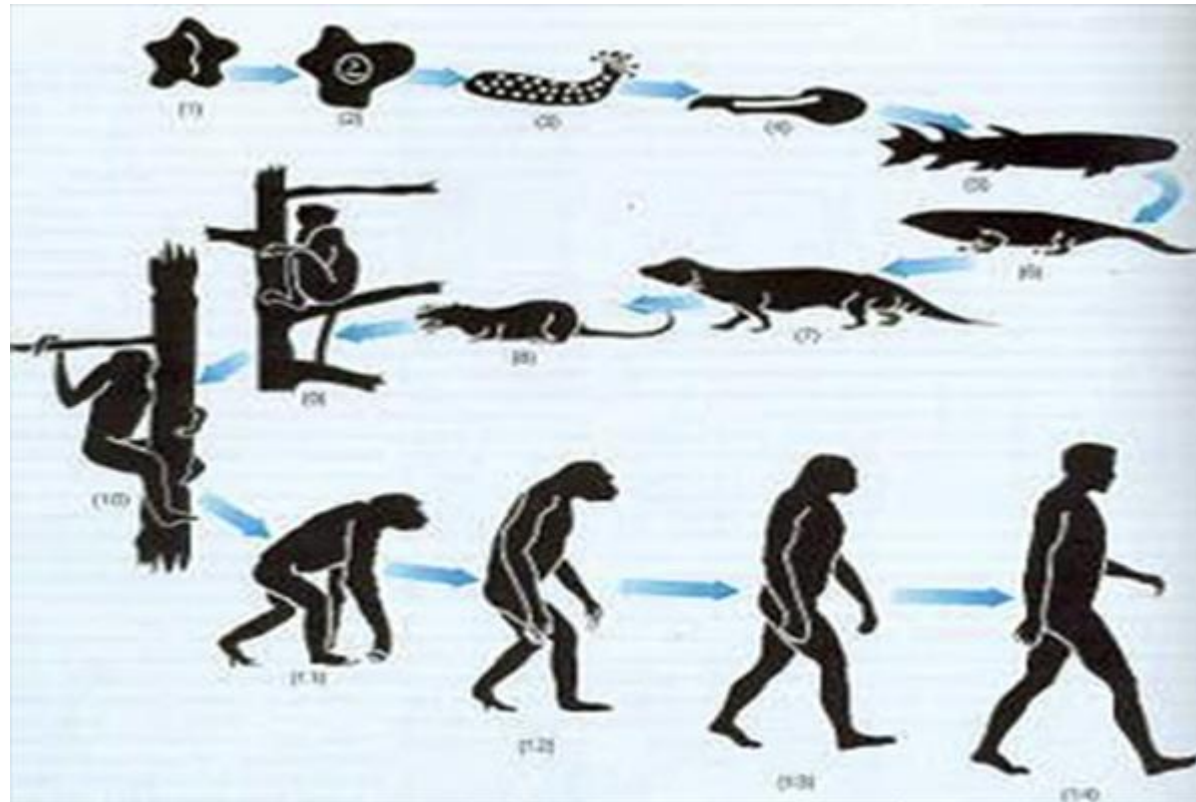


Algoritmos geneticos

Otilia Alejandro

Que es un algoritmo genetico

- Son algoritmos de **optimizacion, busqueda y aprendizaje** inspirados en los procesos de **evolucion natural y evolucion genetica**.



Algoritmos geneticos se basan

- **Proceso genetico** de los organismos vivos
- A lo largo de las generaciones las **poblaciones evolucionan** en la naturaleza de acuerdo con los principios de **seleccion natural y supervivencia** de los mas Fuertes (Darwin , 1859)
- Los algoritmos geneticos pueden crear soluciones para problemas del mundo real. La evolucion de las soluciones hacia los valores optimos depende de la codificacion de las soluciones

- **No han evolucionado:** Como el celacanto, el cangrejo cacerola, la cucaracha, el escorpión, el pez pulmón australiano, el ornitorrinco, la rana púrpura, el panda rojo, el tiburón anguila o el ganso overo
- **Han evolucionado:** Pingüino Adelaida, Tuatara, Zosterops vanikoro, raton cierverlo , ciclido, polilla de abedul



Conocer mas a detalles

- Principios basicos establecidos por
 - Holland (1975)

Libros

- Goldgerg(1989)
- Davis(1991)
- Michalewicz(1992)
- Reeves(1993)

En la naturaleza

- Individuos **compiten** por recursos (comida, agua , refugio)
- Los miembros de una **misma especie compiten en la búsqueda** de un companero
- Los que tienen mas **exito en sobrevivir y en atraer companeros** tienen mayor probabilidad de generar un gran numero de descendientes
- En cambio los **pocos dotados** produzcan **menor cantidad de descendientes**
- Es decir que los **genes de los mas dotados** se propagaran en sucesivas generaciones hacia un numero de individuos creciente

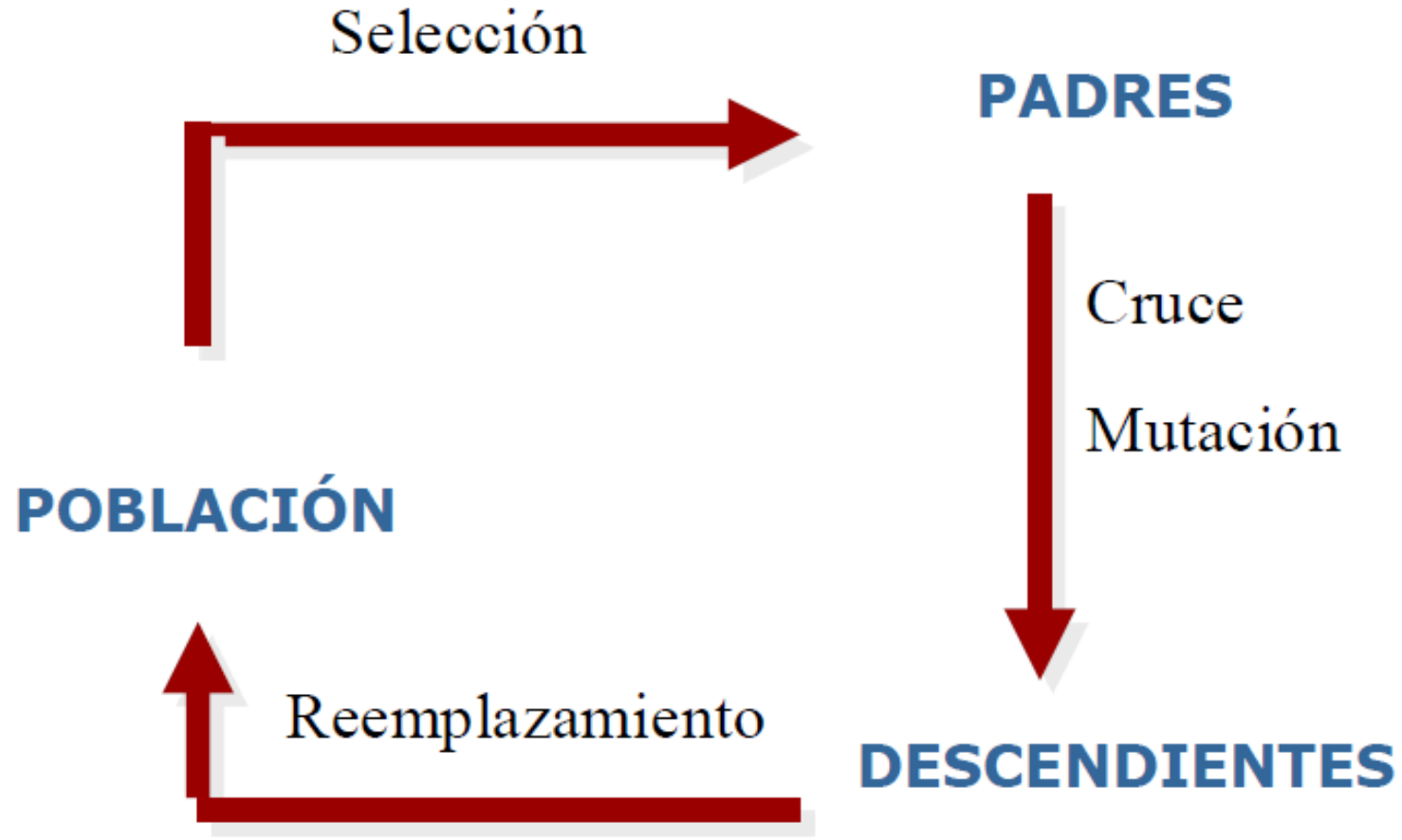
Superindividuos

- La combinacion de buenas características provenientes de diferentes ancestros puede producir descendientes “**superindividuos**”
- La **adaptacion de un superindividuo es mucho mayor que la de cualquiera de sus ancestros**
- Las **especies evolucionan** logrando unas características cada vez mejor adaptadas al entorno en el que viven

Analogia entre AG y Comportamiento natural

- LOS AG trabajan con una **poblacion de individuos**
- Cada **individuo** representa una **solucion factible a un problema** dado
- A **cada individuo se le asigna un valor o puntuacion relacionada** con la bondad de dicha solucion
- Este valor equivale **al grado de efectividad** de un organism para competir por unos determinados recursos **adaptacion de un individuo al problema es mayor**
- Si la, la probabilidad de que este individuo sea seleccionado para reproducirse cruzando su material genetico con otro individuo seleccionado de igual forma sera alta

El ciclo de la Evolución



Modelos: generacional vs estacionario

- **Modelo generacional:** durante **cada iteracion** se crea una **poblacion completa con nuevos individuos**
 - La nueva poblacion **reemplaza directamente a la antigua**
- **Modelo estacionario:** Durante cada iteracion se escogen **dos padres de la poblacion** (diferentes mecanismos de muestreo) y se les aplican los operadores geneticos
 - El/los descendiente/s reemplazan a uno/dos cromosomas de la poblacion inicial
 - El modelo estacionario es elitista. Ademas produce una presion selectiva alta(convergencia rapida) cuando **se reemplazan los peores cromosomas** de la poblacion.

Poder de los AG

- Es una **tecnica robusta**
- Trata gran variedad de problemas de diferentes areas incluyendo aquellos en los que otros metodos encuentran dificultades
- EL AG puede conseguir la **solucion optima a un problema** dentro de un tiempo aceptable
- En caso de que **existan tecnicas especializadas** para resolver un problema estas podrian supercar al AG tanto en rapidez como en eficacia
- Por lo tanto los AG se enfocan **en las areas en donde no hay tecnicas especializadas**
- Y si existen y se las hibridan con los AG pueden mejorarse.

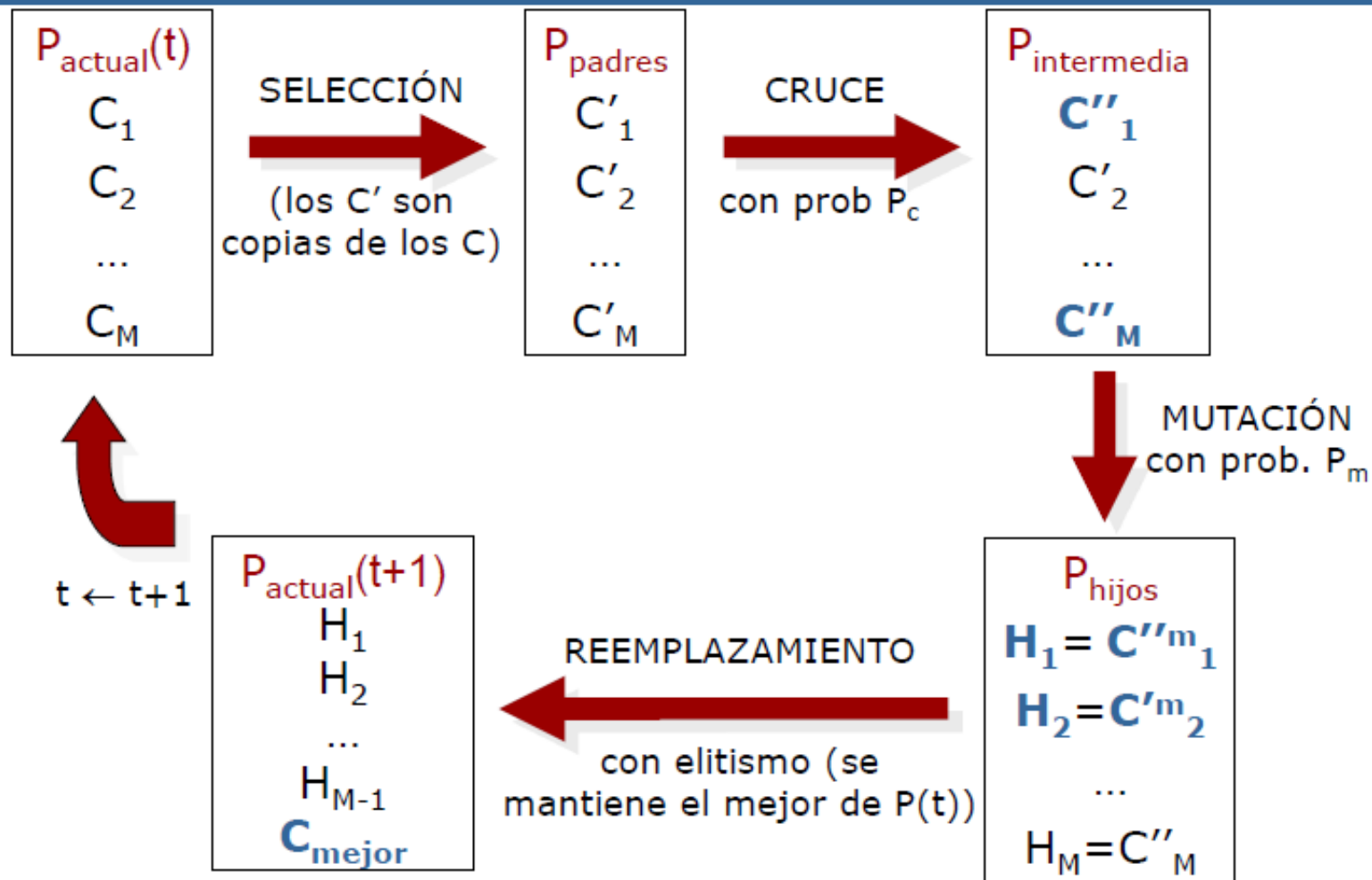
Poblacion nueva

- Se produce una poblacion de posibles soluciones
- Estas soluciones reemplazan a la anterior
- Esta solcuion verifica la propiedad de tener una proporcion alta de buenas características en comparacion con la anterior
- Las buenas características se propagan a traves de la poblacion
- Se exploran las areas mas prometedoras de los espacios de busqueda
- Si el algoritmo genetico ha sido disenado bien, la poblacion convergera hacia una solucion optima del problema

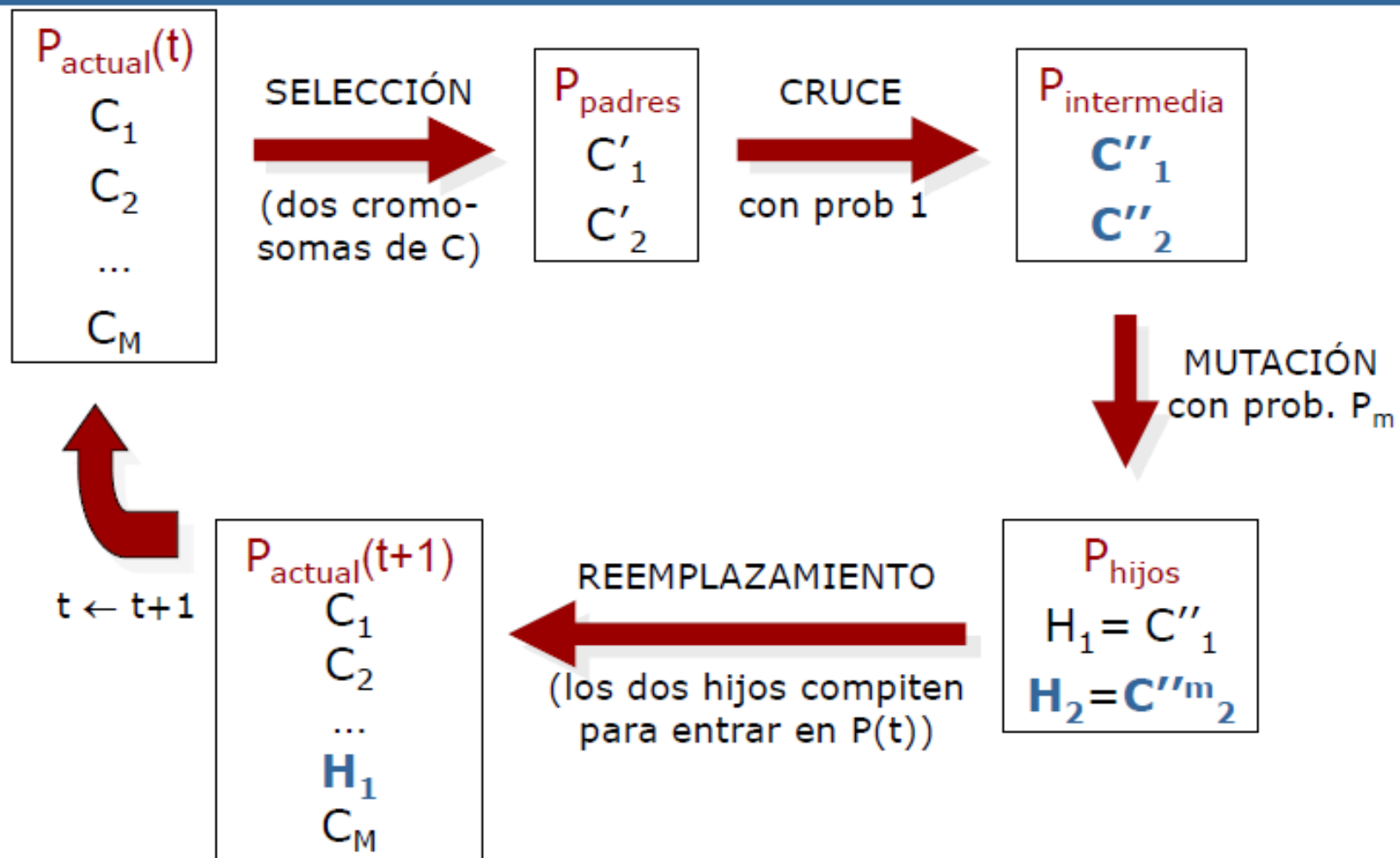
Tamano de la poblacion

- Tamano idoneo de la poblacion
- Si es pequena no cubre el espacio de busqueda, si es demasiado grande puede acarrear problemas con el excesivo costo computacional
- El tamano optimo de la poblacion para ristra de longitud l , con codificacion binaria crece exponencialmente con el tamano de la ristra (Goldberg, 1989)
- Aplicabilidad de AG en problemas reales seria limitado, por no ser competitivos con otros metodos de optimizacion combinatorio
- Sugerencia que el tamano de la ristra sea de l y $2l$ (Alander, 1992)

Modelo Generacional



Modelo Estacionario



Como se construye un AG

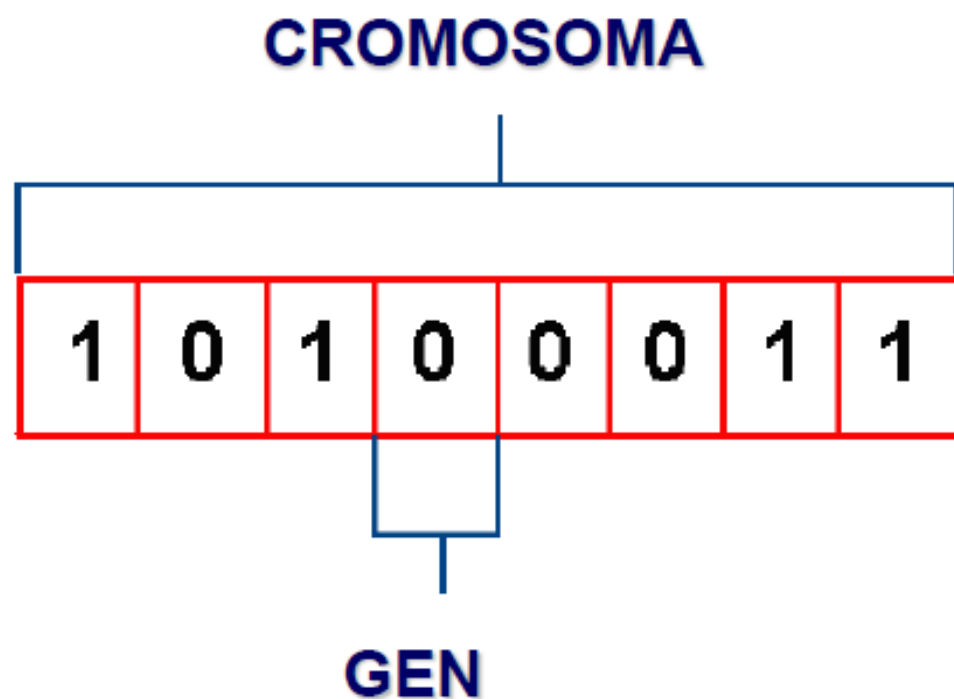
- Diseñar una representacion
- Decidir como inicializar una poblacion
- Diseñar una correspondencia entre genotipo y fenotipo
- Diseñar una forma de evaluar un individuo
- Diseñar un operador de mutacion adecuado
- Diseñar un operador de cruce adecuado
- Decidir como seleccionar los individuos para ser padres
- Decidir como reemplazar a los individuos
- Decidir la condicion de parade

Representacion

- Debemos disponer de un **mecanismo para codificar un individuo como un genotipo**
- Existen muchas maneras de hacer esto y se ha de elegir la mas relevante para el problema en cuestion
- Una vez elegida una representacion hemos de tener en mente como los **genotipos (codificacion) seran evaluados** y que **operadores geneticos** hay que utilizar

Ejemplo: Representación binaria

- La representación de un individuo se puede hacer mediante una codificación discreta, y en particular binaria.



Representacion binaria: Codificacion

- Individuos (soluciones del problema) -» se representan como un conjunto de parametros (**genes**)-» agrupados los genes forman -» ristra de valores (**cromosoma**)
- Se pueden representar por medio de 0 y 1

Ejemplo: Representación binaria

8 bits Genotipo

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

Fenotipo

- **Entero**
- **Número real**
- **secuencia**
- ...
- **Cualquier otra?**

Ejemplo: Representación Real

- Una forma natural de codificar una solución es utilizando valores reales como genes
- Muchas aplicaciones tienen esta forma natural de codificación

Ejemplo: Representación Real

- Los individuos se representan como vectores de valores reales:

$$X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}, x_i \in R$$

- La función de evaluación asocia a un vector un valor real de evaluación:

$$f : R^n \rightarrow R$$

Ejemplo: Representación de orden

- Los individuos se representan como permutaciones.

7	3	6	8	2	4	1	5
---	---	---	---	---	---	---	---

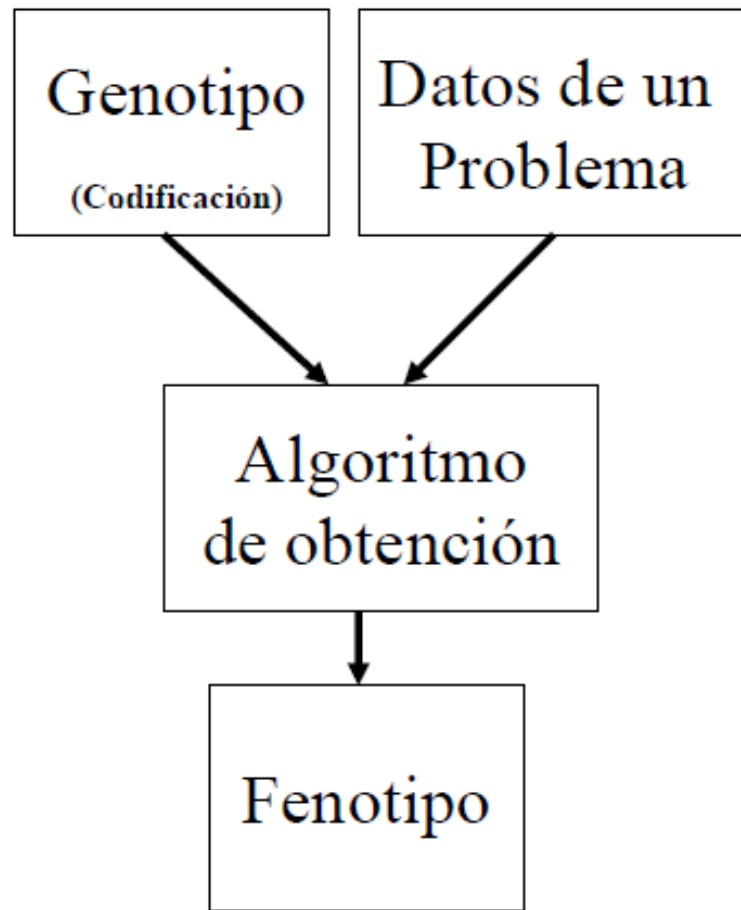
- Se utilizan para problemas de secuenciación.
- Ejemplo famoso: Viajante de Comercio, donde cada ciudad tiene asignado un único número entre 1 y n .
- Necesita operadores especiales para garantizar que el resultado de aplicar un operador sigue siendo una permutación.

Inicializacion

- Distribucion uniforme sobre el espacio de busqueda
 - Cadena binario : 0,1 con probabilidad de 0.5
 - Representacion real: uniforme sobre un interval dado (para valores acotados)
- Elegir la poblacion a partir de los resultados de una heuristica previa

Correspondencia entre Genotipo y Fenotipo

- Algunas veces la obtención del fenotipo a partir del genotipo es un proceso obvio.
- En otras ocasiones el genotipo puede ser un conjunto de parámetros para algún algoritmo, el cual trabaja sobre los datos de un problema para obtener un fenotipo



Evaluacion de un individuo

- Este es el paso mas costoso para una aplicacion real
- Puede ser una subrutina , un simulador o cualquier proceso externo (ej. Experimentos en un robot,...)
- Se pueden utilizar funciones aproximadas para reducir el costo de evaluacion
- Cuando hay restricciones , estas se pueden introducir en el costo como penalizacion
- Con multiples objetivos se busca una solucion de compromise

¿CÓMO SE CONSTRUYE UN AG?



Estrategia de seleccion

- Debemos de garantizar que los mejores individuos tienen una mayor posibilidad de ser padres(reproducirse) frente a los individuos menos buenos
- Debemos de ser cuidadosos para dar una oportunidad de reproducirse a los individuos menos buenos. Estos pueden incluir material genetico util en el proceso de reproduccion
- Esta idea nos define la presion selectiva que determina en que grado la reproduccion esta dirigida por los mejores individuos

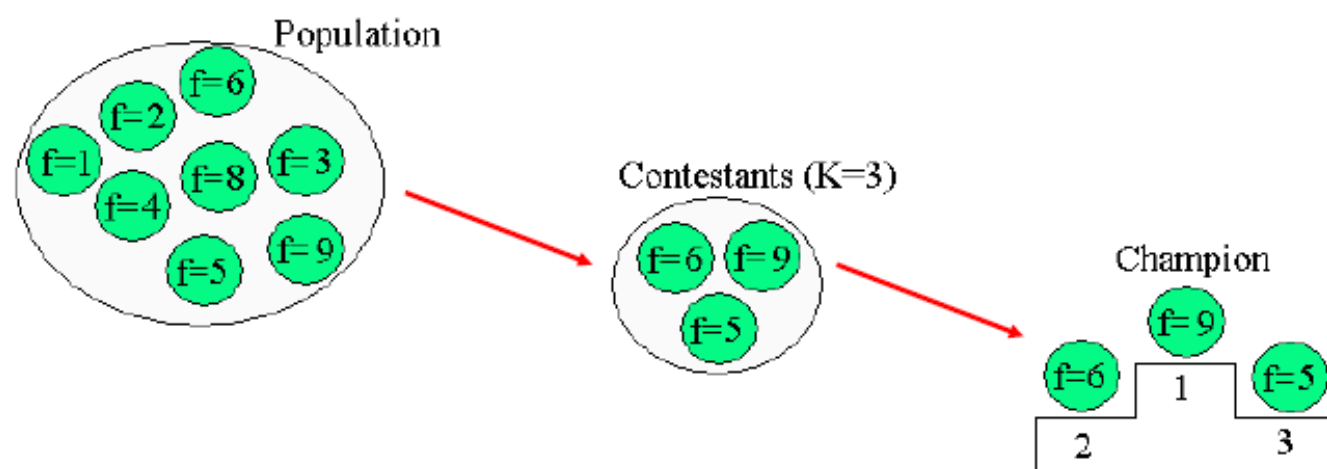
Estrategia de Selección

Selección por torneo

Para cada padre a seleccionar:

- Escoger aleatoriamente k individuos, con reemplazamiento
- Seleccionar el mejor de ellos

k se denomina **tamaño del torneo**. A mayor k , mayor presión selectiva y viceversa.



Algunos esquemas de selección

- **Selección por Torneo (TS):** Escoge al individuo de mejor fitness de entre N_{ts} individuos seleccionados aleatoriamente ($N_{ts}=2,3,\dots$).
- **Orden Lineal (LR):** La población se ordena en función de su fitness y se asocia una probabilidad de selección a cada individuo que depende de su orden.
- **Selección Aleatoria (RS).**
- **Emparejamiento Variado Inverso (NAM):** Un padre lo escoge aleatoriamente, para el otro selecciona N_{nam} padres y escoge el más lejano al primer ($N_{nam}=3,5, \dots$). Está orientado a generar diversidad.
- **Selección por Ruleta:** Se asigna una probabilidad de selección proporcional al valor del fitness del cromosoma. (Modelo clásico)

Ruleta sesgada

- Segun dicho esquema , los individuos bien adaptados se escogieran probablemente varias veces por generacion, mientras que los pobremente adaptados al problema no se escogieran mas que de vez en cuando

¿CÓMO SE CONSTRUYE UN AG?

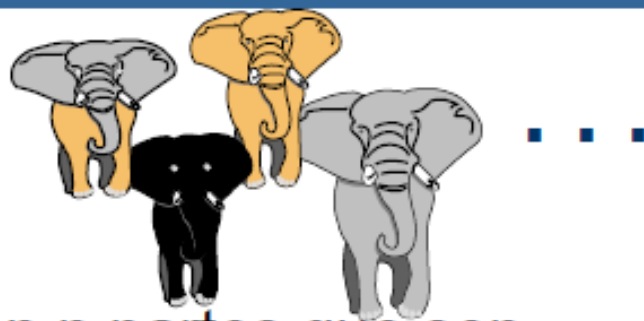


Cruce

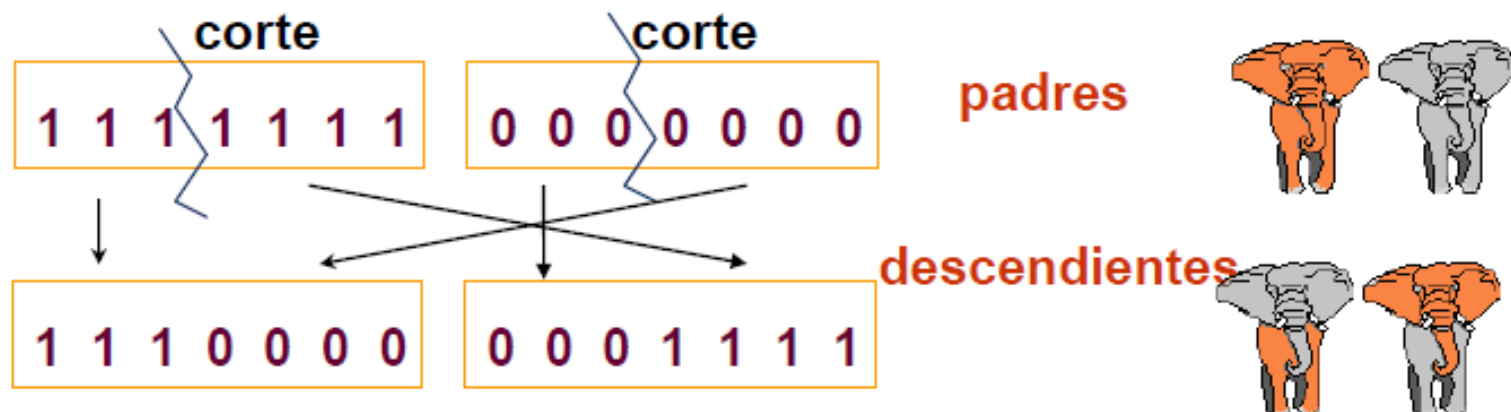
- Este cruce produce nuevos individuos –descendientes de los anteriores
- Comparten algunas características de sus padres

Ejemplo: Operador de cruce para representación binaria

Población:



Cada cromosoma se corta en n partes que son recombinadas. (Ejemplo para $n = 1$).



Un tipo de algoritmo genetico : Simple

```
BEGIN /* Algoritmo Genetico Simple */  
  Generar una poblacion inicial.  
  Computar la funcion de evaluacion de cada individuo.  
  WHILE NOT Terminado DO  
    BEGIN /* Producir nueva generacion */  
      FOR Tamaño poblacion/2 DO  
        BEGIN /*Ciclo Reproductivo */  
          Seleccionar dos individuos de la anterior generacion,  
          para el cruce (probabilidad de seleccion proporcional  
          a la funcion de evaluacion del individuo).  
          Cruzar con cierta probabilidad los dos  
          individuos obteniendo dos descendientes.  
          Mutar los dos descendientes con cierta probabilidad.  
          Computar la funcion de evaluacion de los dos  
          descendientes mutados.  
          Insertar los dos descendientes mutados en la nueva generacion.  
        END  
      IF la poblacion ha convergido THEN  
        Terminado := TRUE  
      END  
    END  
  END
```

Algoritmo genetico simple o canonico

- Se necesita una codificacion o representacion del problema
- Se require de una funcion de ajuste o adaptacion al problema
- La function de ajuste asigna un numero real a cada possible solucion codificada
- Durante la ejecucion del algoritmo los padres deben ser seleccionados para la reproduccion
- Los padres seleccionados se cruzaran generando 2 hijos
- Sobre cada hijo actua un operador de mutacion
- El resultado sera un conjunto de individuos (posibles soluciones) que formaran parte de la siguiente poblacion.

Codificacion

- Conjunto de parametros que representan un cromosoma -» fenotipo
- Un fenotipo contiene la informacion requerida para construir un organism
- El nuevo organism construido -» se denomina genotipo
- La adaptacion al problema de un individuo depende de la evaluacion del genotipo
- La evaluacion del genotipo se puede inferir a partir de la del fenotipo, es decir se lo puede computar desde el cromosoma usando la function de evaluacion.

Funcion de adaptacionu objetivo

- La funcion de adaptacion se disena para cada problema de manera especifica
- Dado un cromosoma , la función de adaptación le asigna un numero real
- Este numero refleja el nivel de adaptación al problema del individuo representado por el cromosoma

Fase reproductiva

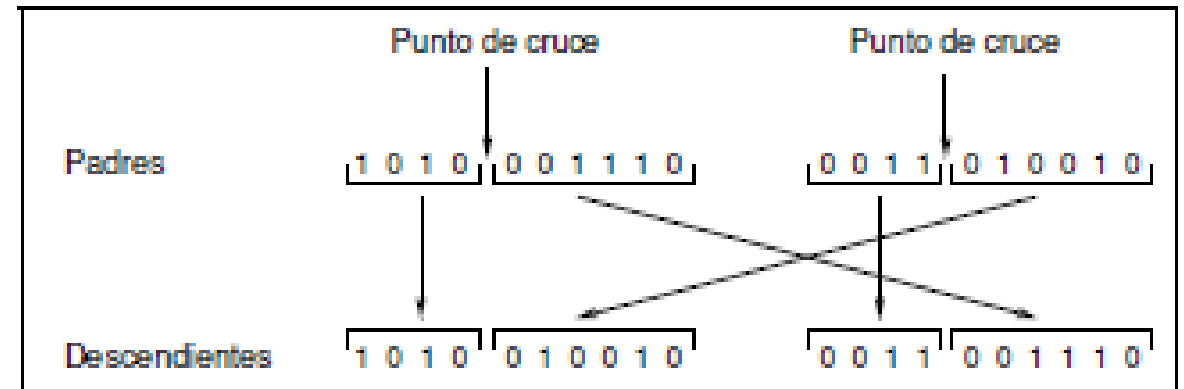
- Durante esta fase se **seleccionan los individuos** de la poblacion para cruzarse y producir descendientes
- Esta nueva generacion despues de mutados constituiran la siguiente generacion de individuos
- La seleccion de padres se hace al azar, usando un procedimiento que favorezca a los individuos mejor adaptados , ya que a cada individuo se le asigan una probabilidad de ser seleccionado que es proporcional a su función de adaptación. Mientras mas se adapte, mas alto es el valor proporcional de la adaptación.

Combinacion

- Una vez seleccionados los dos padres sus cromosomas se combina utilizando operadores
 - Cruce
 - Mutacion

Operador de cruce

- Coge dos padres seleccionados y corta sus ristas de cromosomas en una posicion escogida al azar, produciendo dos subristas iniciales y finales
- Luego se intercambian las subristas finales produciendose dos nuevos cromosomas completos
- Ambos descendientes heredan genes de cada uno de sus padres
- Este operados se lo conoce como “operador de cruce basad en un punto”
- El operador de cruce no siempre se aplica a todos los pares de individuos que han sido seleccionados para emparejarse sino que se aplica de manera aleatoria , con una probabilidad entre 0.5 y 1
- Si el operador de cruce no se aplica entonces la descendencia se obtiene duplicando los padres.



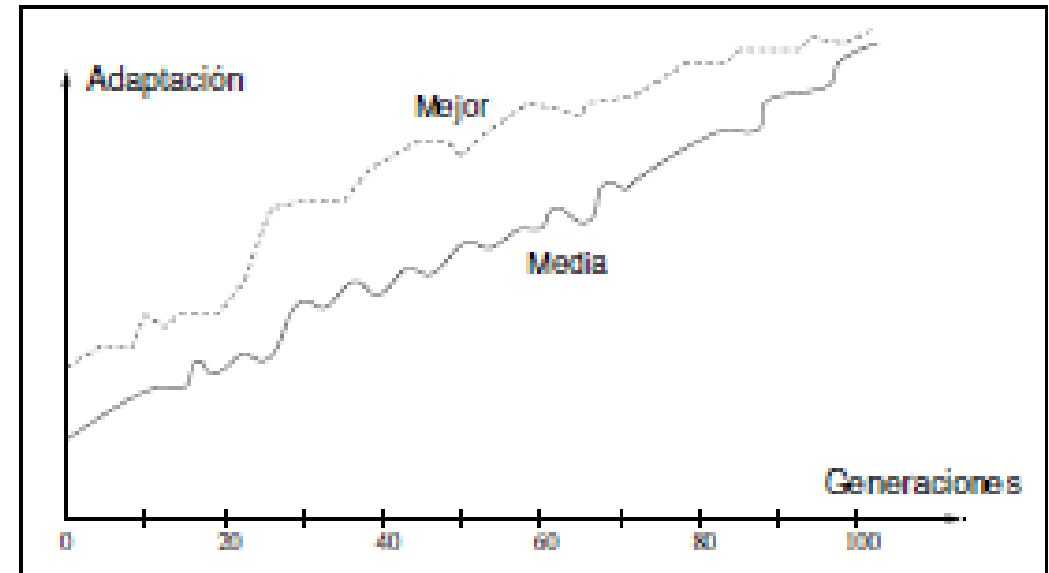
Operador de mutacion

- El operador de mutacion se aplica a cada hijo de manera individual y consiste en la alteracion aleatoria (con probabilidad pequena) de cada gen componente del cromosoma
- El operador de cruce puede parecer mas importante que el de mutacion porque el primero proporciona una exploracion rapida del espacio de busqueda, el de mutacion asegura que ningun punto del espacio de busqueda tenga probabilidad cero de ser examinado

	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

Convergencia

- La población evolucionará a lo largo de las generaciones sucesivas de tal manera que la adaptación media extendida a todos los individuos, así como la adaptación del mejor individuo se irán incrementando hacia el óptimo global
- Se refiere a la progresión hacia la uniformidad, un gen ha convergido cuando al menos un 95% de los individuos de la población comparten el mismo valor para dicho gen
- Se dice que la población converge cuando todos los genes han convergido



Ejemplo

- Encontrar el máximo de la función $f(x) = x^2$ sobre los enteros $\{1, 2, \dots, 32\}$
- Podemos realizarlo por búsqueda exhaustiva
- 1) determinamos el tamaño de la población inicial
- 2) obtenemos la población
- 3) se computa la función de evaluación de cada uno de sus individuos

Ejemplo

- Si la poblacion esta conformada por 0 y 1
- Las ristas deben tener longitudes de 5 para poder representar los 32 puntos del espacio de busqueda
- Se identifica la poblacion inicial
- La probabilidad de que sea seleccionado cada uno de ellos (ruleta sesgada)
- Probabilidad uniforme: 0.58, 0.84, 0.11 y 0.43
- Comparandolos con la table

Ejemplo

- 0.58, 0.84, 0.11 y 0.43

	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		

- Los individuos seleccionados para el cruce han sido 2 y 4 ; 1 y 2

Ejemplo

- Determinar la probabilidad de cruce, fijandola en $P_c=0.8$
- Si la nueva distribucion uniforme determina dos valores por debajo de 0.8 entonces las dos parejas se Cruzan
- Si l es la longitud de la ristra utilizada para representar al individuo, inicialmente era 5
- Para escoger el numero donde se deben de cruzar se debe determinar que los numeros esten entre 1 y $l-1$, para que los descendientes no coincidan con los padres.
- Supuestamente el numero es 2 y 3

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	11101	11101	29	841
Suma					2610
Media					652.5
Mejor					841

	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		

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	11101	11101	29	841
Suma					2610
Media					652.5
Mejor					841

Otros algoritmos geneticos

- Algoritmo genetico abstracto

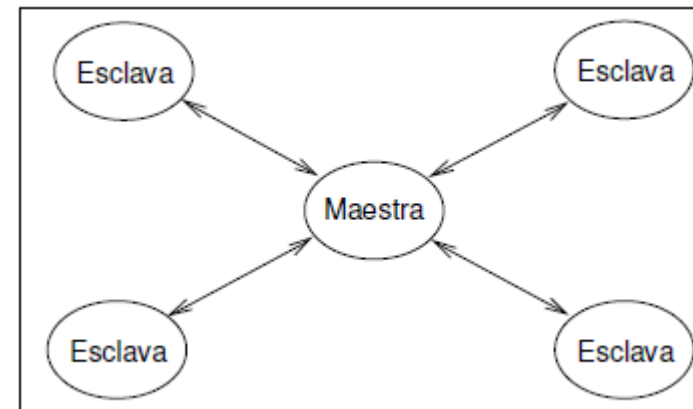
```
BEGIN AGA
  Obtener la poblacion inicial al azar.
  WHILE NOT stop DO
    BEGIN
      Seleccionar padres de la poblacion.
      Producir hijos a partir de los padres seleccionados.
      Mutar los individuos hijos.
      Extender la poblacion añadiendo los hijos.
      Reducir la poblacion extendida.
    END
  END AGA
```

Algoritmo genetico paralelo

- Se utiliza el **modelo de islas**
- Se divide la **poblacion total en varias subpoblaciones** en cada una de las cuales se lleva a cabo un algoritmo genetico
- Cada **cierto numero de generaciones** se efectua un **intercambio de informacion** entre **subpoblaciones**, proceso denominado **emigracion**
- La introduccion de la emigracion hace que los modelos de islas sean capaces de **explotar las diferencias entre las diversas subpoblaciones**, obteniendose de esta manera una Fuente de diversidad genetica.
- Cada subpoblacion es una isla definiendose un **procedimiento por medio del cual se mueve el material genetico** de una isla a otra

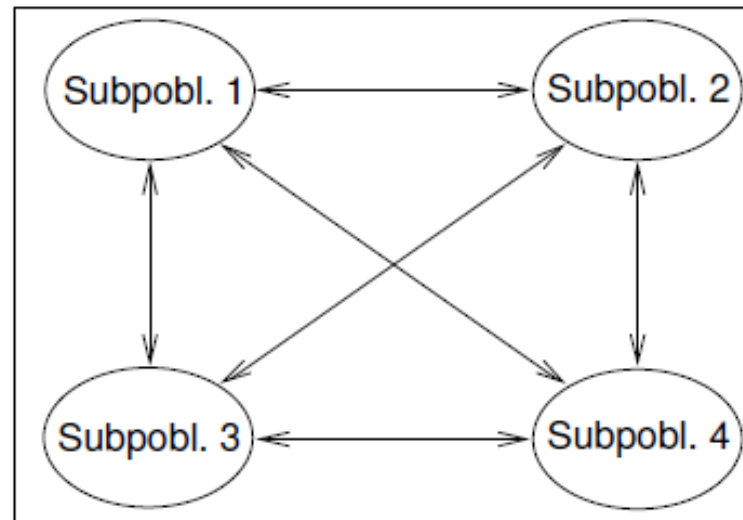
Diferentes modelos de islas

- En base a la comunicacion entre las poblaciones
 - **Comunicacion en Estrella:** existe una subpoblacion que es seleccionada como **maestra** (aquella que tiene **mejor medida en la valoracion** de la funcion objetivo) siendo las demas consideradas **como esclavas** . Cada subpoblacion **esclava manda sus mejores individuos a la poblacion maestra y viceversa**



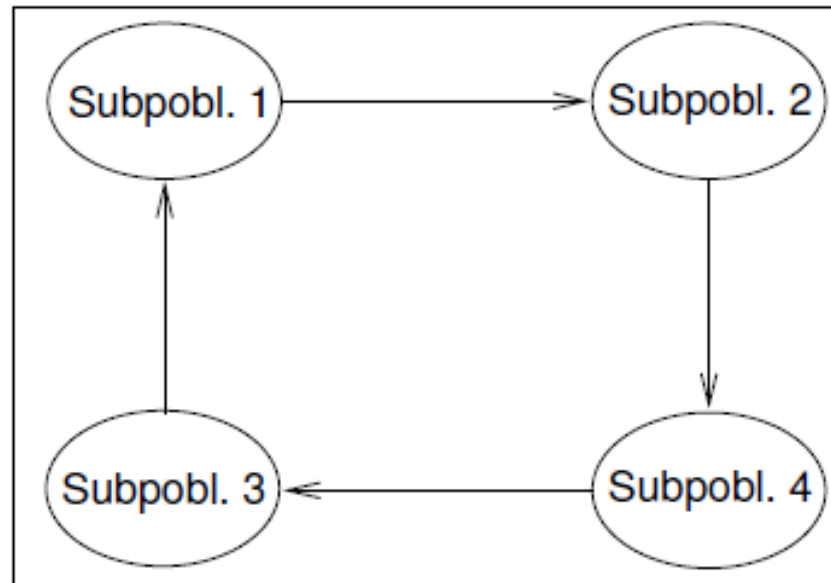
Diferentes modelos de islas

- **Comunicacion en red:** no existe jerarquia entre las subpoblaciones , enviando todas y cada una de ellas sus mejores individuos al resto de las subpoblaciones



Diferentes modelos de islas

- **Comunicacion en anillo** : en el cual cada subpoblacion envia sus mejores individuos a una poblacion vecina , efectuandose la migracion en **un unico sentido de flujo**



Evaluacion de algoritmos geneticos

- Evaluacion on line: mide el comportamiento medio de todas las ristras generadas hasta el tiempo T
- Evaluacion off line: se refiere al comportamiento del Algoritmo genetico en su proceso de convergencia hacia el punto optimo
- Evaluacion basada en el mejor

Software

- http://jclec.sourceforge.net/index.php?option=com_content&view=article&id=5&Itemid=9

Tarea

- Entrar al sitio web
- Barra izquierda/examples/
- Run de programs
- Leer el wiki de todos los ejemplos: knapsack problem,
- Va al examen.