

Septiembre 30
Oct. 2 y 3 - 2014

VI Encuentro interuniversitario sobre
Complejidad
Biología e Ingeniería de Sistemas Complejos

ALGORITMOS GENÉTICOS

Ph.D. Deicy Alvarado

Co-Directora Grupo de Complejidad

Universidad Distrital



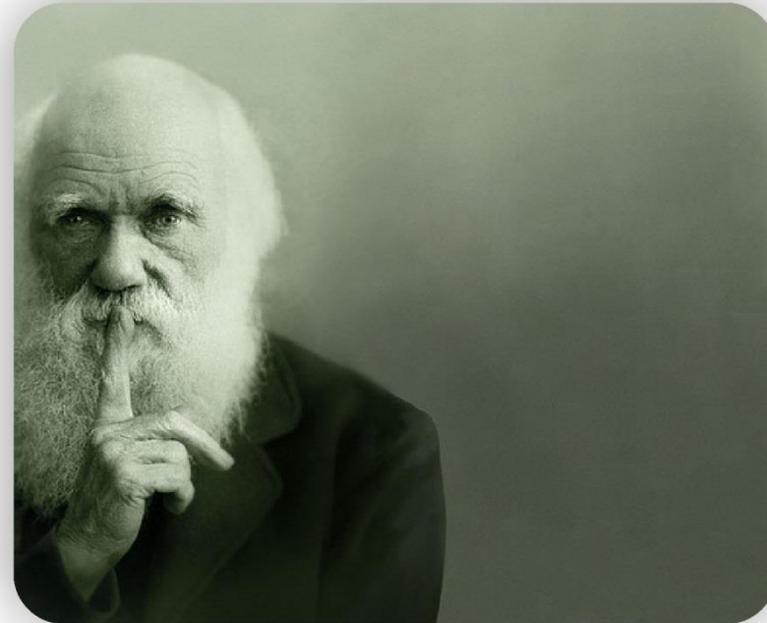
Entonces... ¿Qué son los AEs?

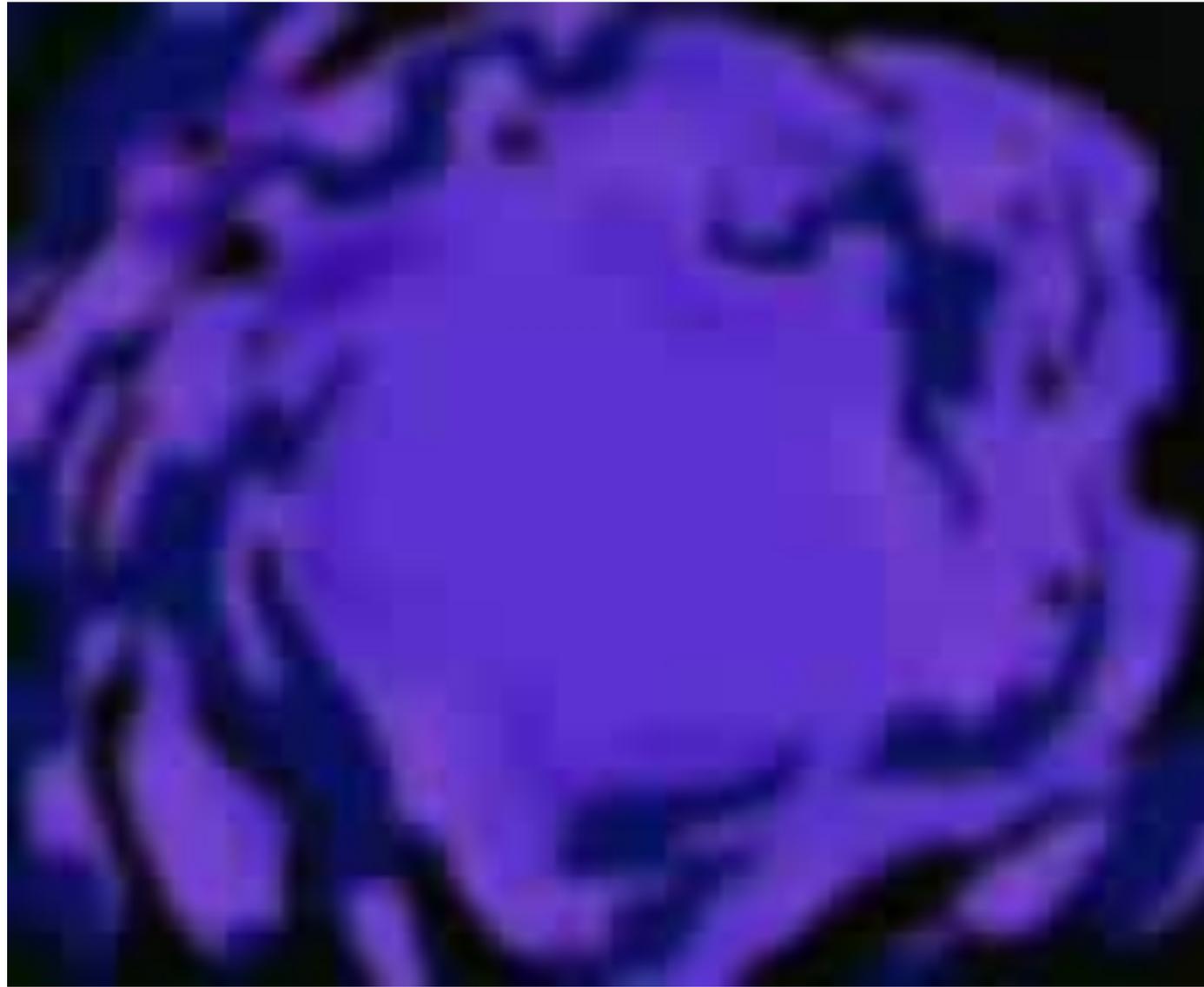
- Los Algoritmos Evolutivos (AEs) son un conjunto de algoritmos de búsqueda de soluciones.
- También pueden considerarse algoritmos de optimización estocásticos, inspirados por la biología
- Se basan en los procesos biológicos que permiten a las poblaciones de organismos adaptarse a su entorno.



Introducción

- Basados en la teoría de la Evolución mediante selección Natural de Darwin.
- **Charles Darwin:**
- **El Origen de las Especies. 1859.**





- **Teoría de la Evolución de Darwin mediante selección natural**



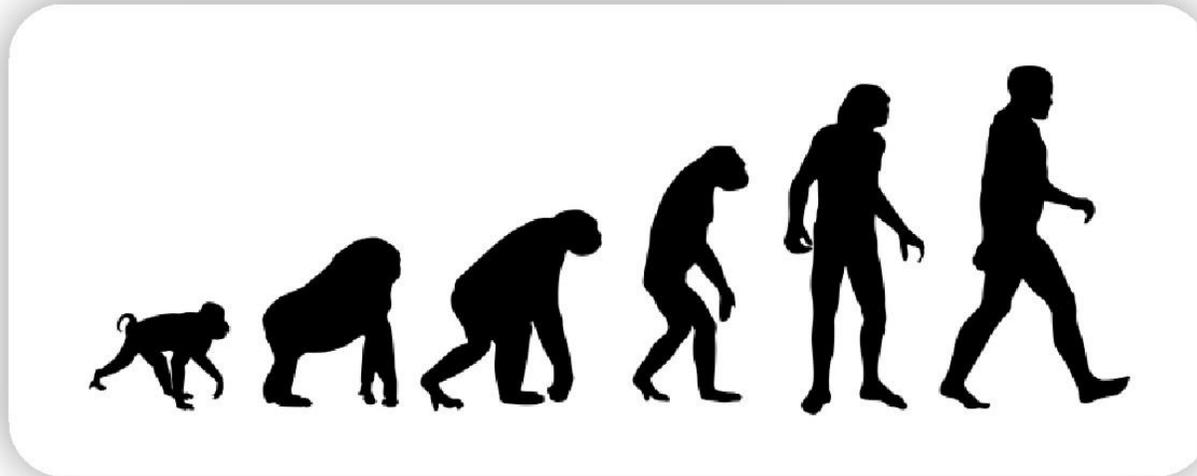
Evolución mediante selección natural

- Cada individuo tiende a transmitir rasgos a su progenie.
- La naturaleza produce individuos con rasgos diferentes.
- Los individuos más adaptados (rasgos más favorables) tienden a tener más progenie, conduciendo a la población (como un todo) hacia un mejoramiento generalizado.
- Durante largos periodos se puede acumular la variación, produciendo especies nuevas adaptadas a nichos ecológicos particulares.



Selección Natural

- Una población mejora progresivamente al reproducir sus mejores individuos y eliminar los peor adaptados.



Problemas



- Darwin no conocía el proceso subyacente de la herencia.
- A falta de esto, la teoría de la selección natural como motor de la evolución se movió en terreno poco firme.



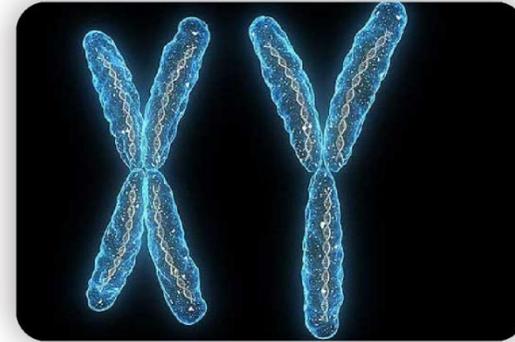
Mejoras de la Teoría



- En 1900 se descubre el trabajo del monje austriaco Gregor Mendel (1822 - 1884), y se incorporan a la biología las reglas básicas de la herencia.
- A Mendel se le considera el padre de la genética.

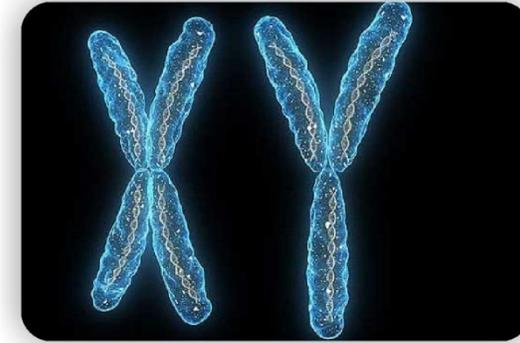


Los cromosomas determinan los rasgos hereditarios



- Cada ser vivo → Una o más células.
- En plantas y animales: cada célula un solo núcleo con cromosomas.
- Cromosomas encargados de agrupar a los genes.
- Los genes se transmiten cuando las células se dividen.

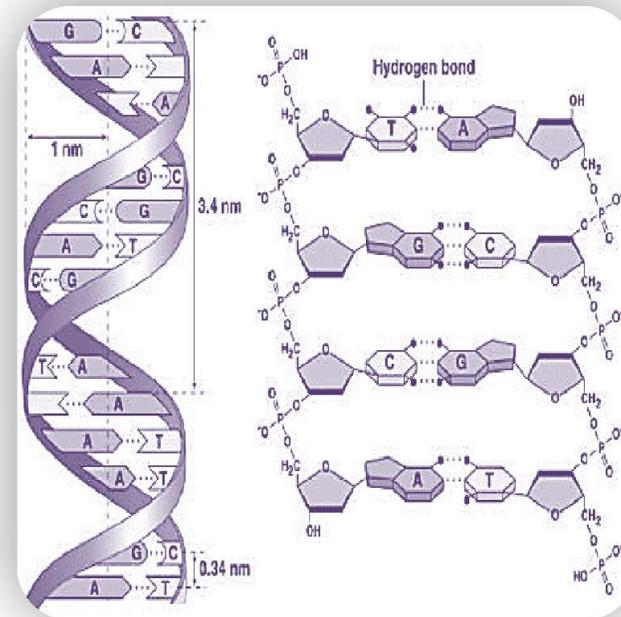
Los cromosomas determinan los rasgos hereditarios



- En el pareamiento, los cromosomas homólogos se juntan, duplican y trenzan, dividiéndose y reconectándose, mezclando los genes (recombinación)
- Ocasionalmente en el proceso de copiado de cromosomas un gene se altera y se vuelve diferente del padre → mutación.

Estructura atómica del ADN

La molécula de ADN fue descubierta en 1951 por James Watson, Francis Crick y Maurice Wilkins. En 1953, Watson y Crick describieron la estructura molecular de doble hélice del ADN y en 1962 recibieron, junto con Maurice Wilkins, el Premio Nobel de Medicina por su trabajo.



Referencia

<http://www.efn.uncor.edu/dep/biologia/intrbiol/macromoleculas/adn.htm>

<http://www.paginasprodiqy.com/cats890/html/biologia.html>

Mejoras de la Teoría



- La teoría de la evolución ha incorporado estos descubrimientos. El neodarwinismo es el darwinismo que incorpora los conocimientos sobre la herencia y el ADN.



Recombinación y mutación

- La selección natural se realiza mediante variaciones
- La recombinación y mutación producen variaciones
- Recombinación: Integra genes existentes en nuevas combinaciones
- Mutación: Produce nuevos genes.



Neodarwinismo

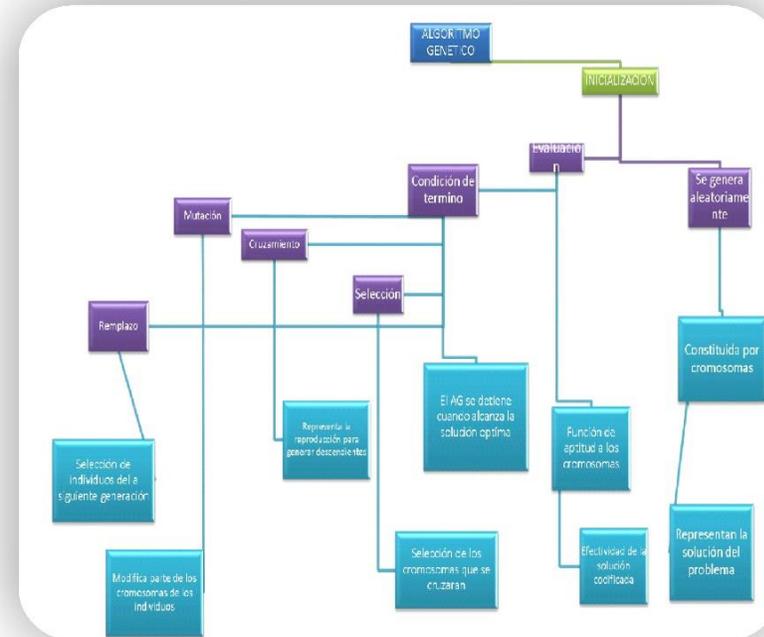


- La selección natural es el resultado de **tres** hechos básicos:
 - Superpoblación: Se producen más descendientes de los que pueden sobrevivir.
 - Variabilidad: En toda especie existe variabilidad de estructura y función corporal.
 - Herencia: Muchos caracteres del individuo pasan a su descendencia por transmisión genética.



John Holland (Universidad de Michigan)

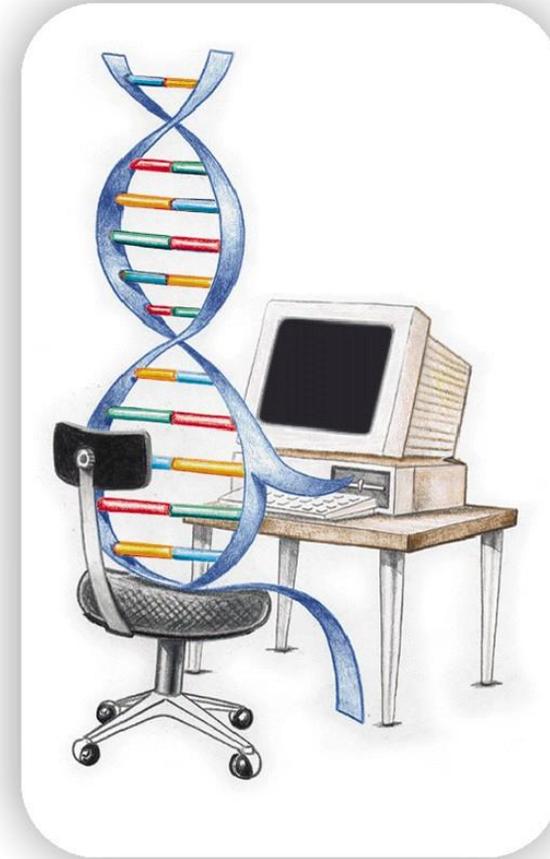
- **Planteó la idea de los algoritmos genéticos:** inspirados en la biología, la evolución no solo puede darse en la naturaleza sino también al interior de los computadores. Libro: *Adaptation in natural and artificial systems* (1975)



- Su propósito era estudiar de manera formal la adaptación natural y estrapolar los mecanismos a los sistemas computacionales

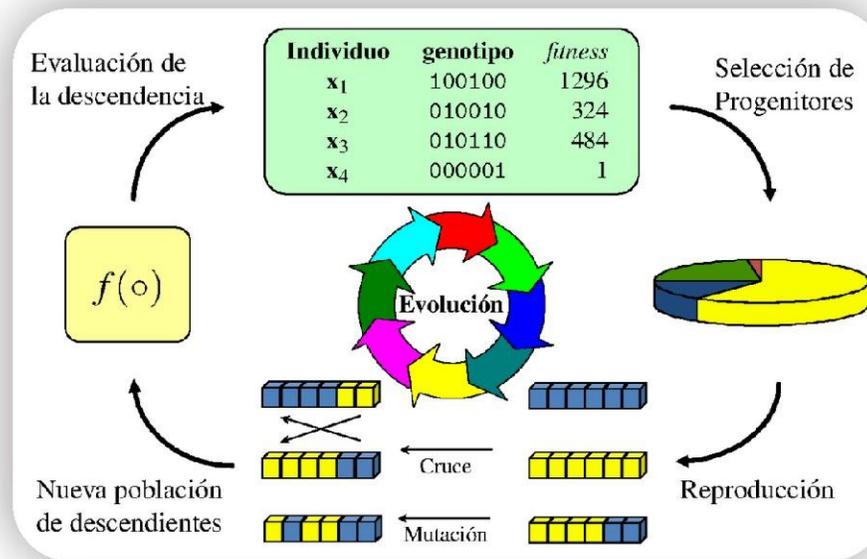
Algoritmos genéticos

- Pueden simular características de la herencia y la evolución.
- Implican una serie de términos análogos entre los que se encuentran la especificación de cromosoma.



Correspondencias en un algoritmo evolutivo.

- Genotipo.
- Fenotipo.
- Individuo.
- Población.
- Generación.



Referencia

<http://escritura.proyectolatin.org/inteligencia-artificial/algoritmo-genetico-clasico/>

Seudo código de un algoritmo evolutivo

En términos de código, el planteamiento general de Holland es similar al presentado por Michalewicz.

```
t=0;
Inicializar y Evaluar [P(t)]
While condición_fin no alcanzada do
    P'(t)=variation [P(t)]
    Evaluate P'(t)
    P(t+1)=select [P'(t),P(t)]
    t=t+1
end while
```

Evolución

- **Para que la evolución actúe se deben cumplir cuatro condiciones:**
 - Los individuos de la población deben ser capaces de reproducirse.
 - La supervivencia de los individuos depende de caracteres afectados por variaciones.
 - Los caracteres pasan de padres a hijos mediante la herencia.
 - Los individuos de la población compiten por los recursos.
- **En resumen:**
 - VARIACIÓN.
 - HERENCIA
 - SUPERPOBLACIÓN



¿Cómo construir un algoritmo evolutivo?

- Cualquier Programa Evolutivo debe poseer los siguientes atributos:
 - Una representación genética de posibles soluciones al problema (cromosoma).
 - Una forma de crear la población inicial que contenga soluciones potenciales.
 - Una función de evaluación que tome el papel de entorno (fitness).
 - Operadores genéticos que alteren la composición de los descendientes.
 - Valores para los diferentes parámetros que se utilizan en el algoritmo genético. (Michalewicz 1996)



Especificación de cromosoma

Cromosoma: representación en la que...

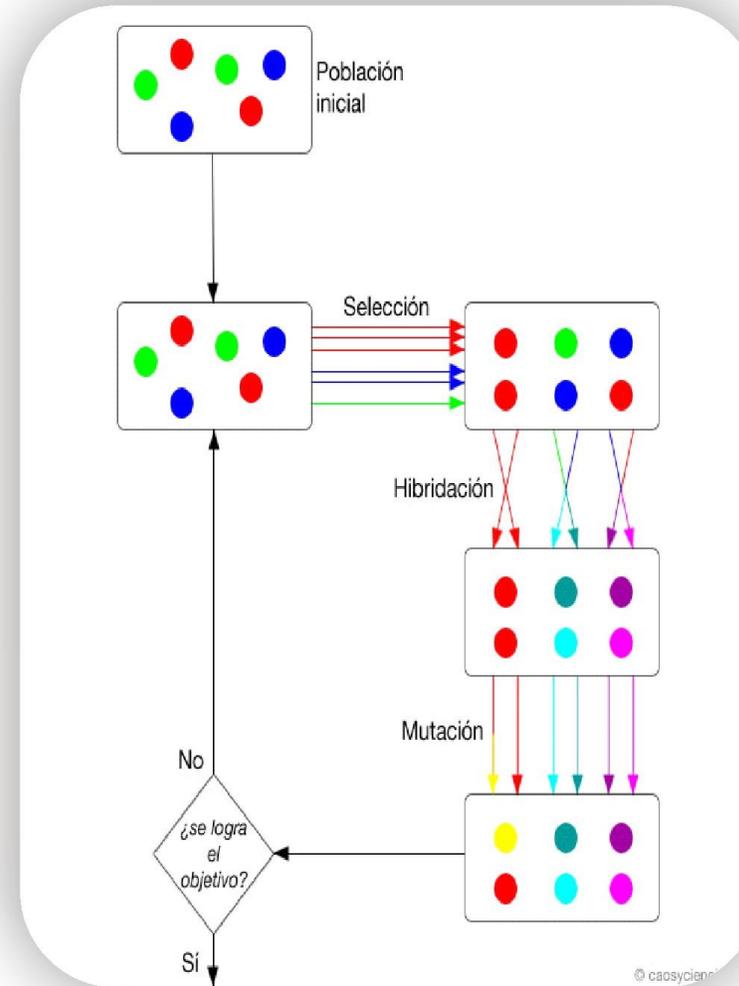
- Existe una lista de elementos llamados genes.
- El cromosoma determina la adaptación global a través de algún mecanismo que usa genes como una especie de huella.

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

1	5
---	---

Operaciones Básicas

Evaluación, selección (diversos tipos), cruce y mutación (explicación de cada una).



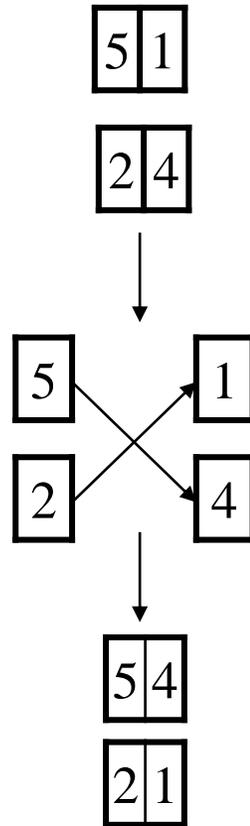
Referencia

http://www.caosyciencia.com/visual/imagen.php?id_img=475

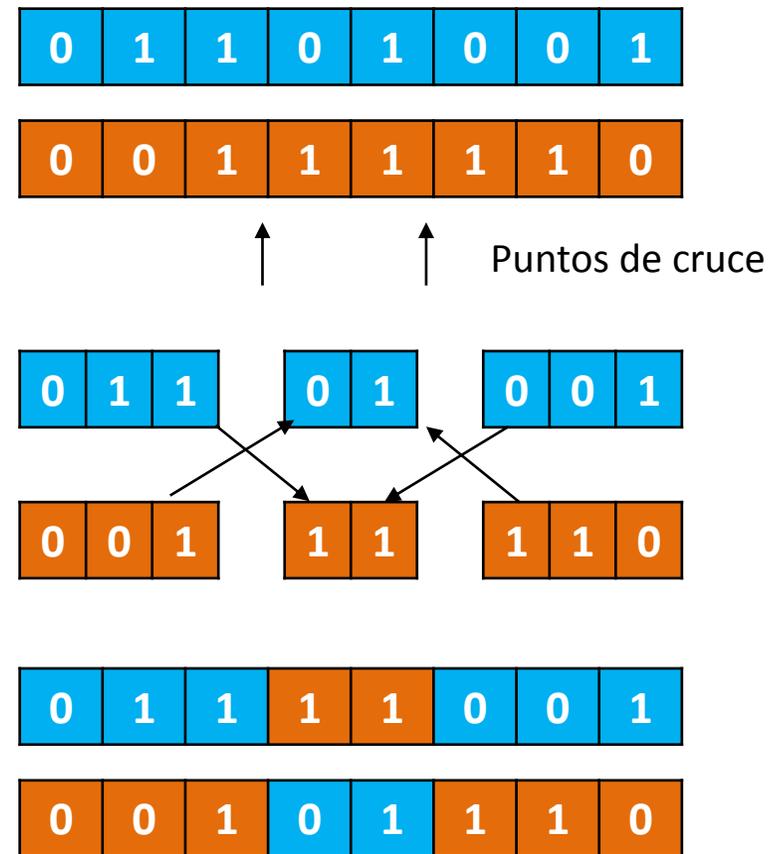
Cruce

Para imitar la recombinación se separan los cromosomas y se vuelven a unir con los genes de otro cromosoma para ver si hay una combinación afortunada

Cruce monopunto



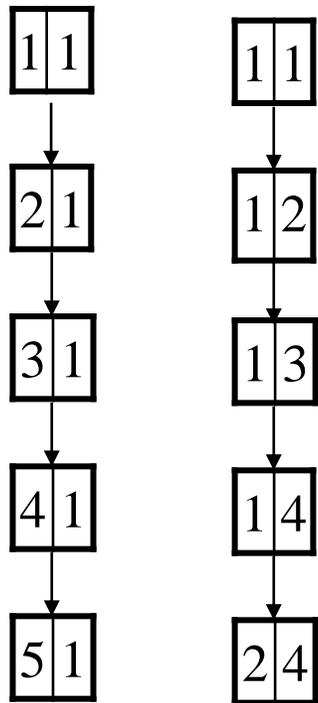
Cruce multipunto



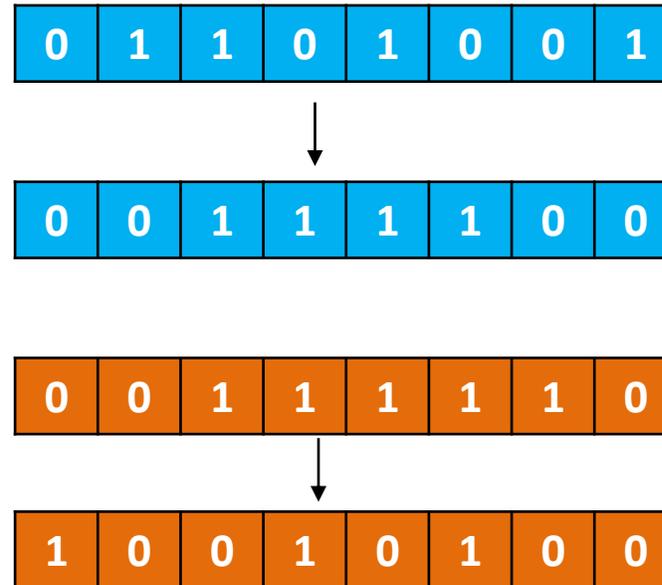
Mutación

Para imitar mutación: seleccionar al azar uno de los genes de un cromosoma y alterarlo sumando o restando 1

Mutación Aleatoria



Tasa de mutación del 50%



Imitación de la selección natural

- Crear una población inicial de un cromosoma.
- Mutar uno o más genes de uno o más cromosomas produciendo una nueva progenie.
- Cruzar uno o más pares de cromosomas.
- Añadir los cromosomas mutados y de la progenie a la población actual.
- Crear una nueva generación manteniendo lo mejor de los cromosomas. La selección es influenciada por la adaptación evaluada.



Método de Selección por torneo

- Se realizan varios torneos entre algunos individuos escogidos de manera aleatoria entre la población.
- Se selecciona el ganador de cada torneo (aquel con el mejor fitness)
- La presión de selección es fácilmente ajustable cambiando el tamaño del torneo, si el tamaño es grande solo se seleccionan pocos individuos.



Método de selección: Roulette-wheel Selection

- Una vez imitada la mutación y la recombinación, se deben establecer análogos para la adaptación y selección natural.
- Adaptación de un cromosoma: probabilidad de que sobreviva a la siguiente generación → fórmula que relacione adaptación del cromosoma i una probabilidad $[0,1]$ con la calidad

$$f_i = \frac{q_i}{\sum_j q_j}$$



Ejemplo

- Suponga 4 cromosomas:

1-4, 3-1, 1-2, 1-1 la calidad y la adaptación:

cromosomas	Calidad	Adaptación estándar
1 4	4	0.40
3 1	3	0.30
1 2	2	0.20
1 1	1	0.10



Método de rango

- Controlar la derivación hacia el mejor cromosoma.
- La adaptación del candidato con calidad más alta es una constante p , se continúa seleccionando hasta que solo queda un candidato a seleccionar.



Selección usando Método de rango

- Ordenar los n individuos por calidad
- Sea p la probabilidad de elegir al i -ésimo candidato dado que los $i-1$ candidatos no han sido seleccionados.
- Seleccionar un candidato mediante las probabilidades calculadas.



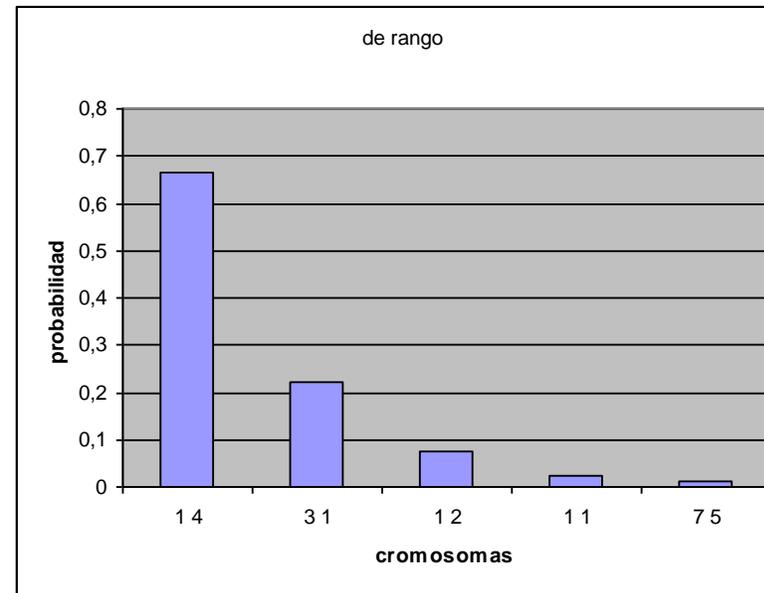
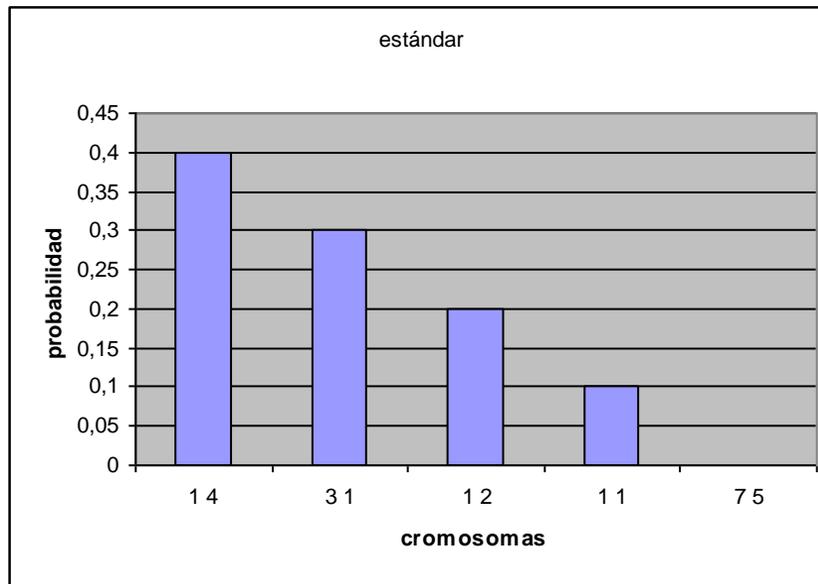
Ejemplo

- $P = 0.667$. Prob. del sig: $(1-P)P$ (suma de las prob=1)
- Cromosomas: 1-4, 3-1, 1-2, 1-1. Contexto foso
- Añadir cromosoma 7-5 calidad = 0

Cromosoma	calidad	rango	Adaptac. estándar	Adaptac. De rango
1-4	4	1	0.40	0.667
1-3	3	2	0.30	0.222
1-2	2	3	0.20	0.074
5-2	1	4	0.10	0.025
7-5	0	5	0.0	0.012



Método estándar vs. Método de rango



El espacio de rango muestra adaptaciones diferentes de cero para todos los cromosomas, incluso para el de calidad 0

Inclusión de la diversidad

- Principio de la diversidad: Puede ser tan bueno ser diferente como lo es estar adaptado.
- Una forma de medir la diversidad a la cual contribuiría un cromosoma candidato:

Rango de diversidad de un cromosoma

$$\sum_i \frac{1}{d_i^2}$$

Donde d= distancia entre el cromosoma y los otros cromosomas ya seleccionados.



Ejemplo

- Considérese los candidatos 5-1, 1-4, 3-1, 1-2, 1-1 y 7-5. El mejor candidato es 5-1, respecto a él se calcula el rango de diversidad, teniendo en cuenta también la calidad se tiene:

Cromosoma	Nota de calidad	$1/d^2$	Rango de Diversidad	Rango de Calidad
1 4	4	0.040	1	1
3 1	3	0.250	5	2
1 2	2	0.059	3	3
1 1	1	0.062	4	4
7 5	0	0.050	2	5

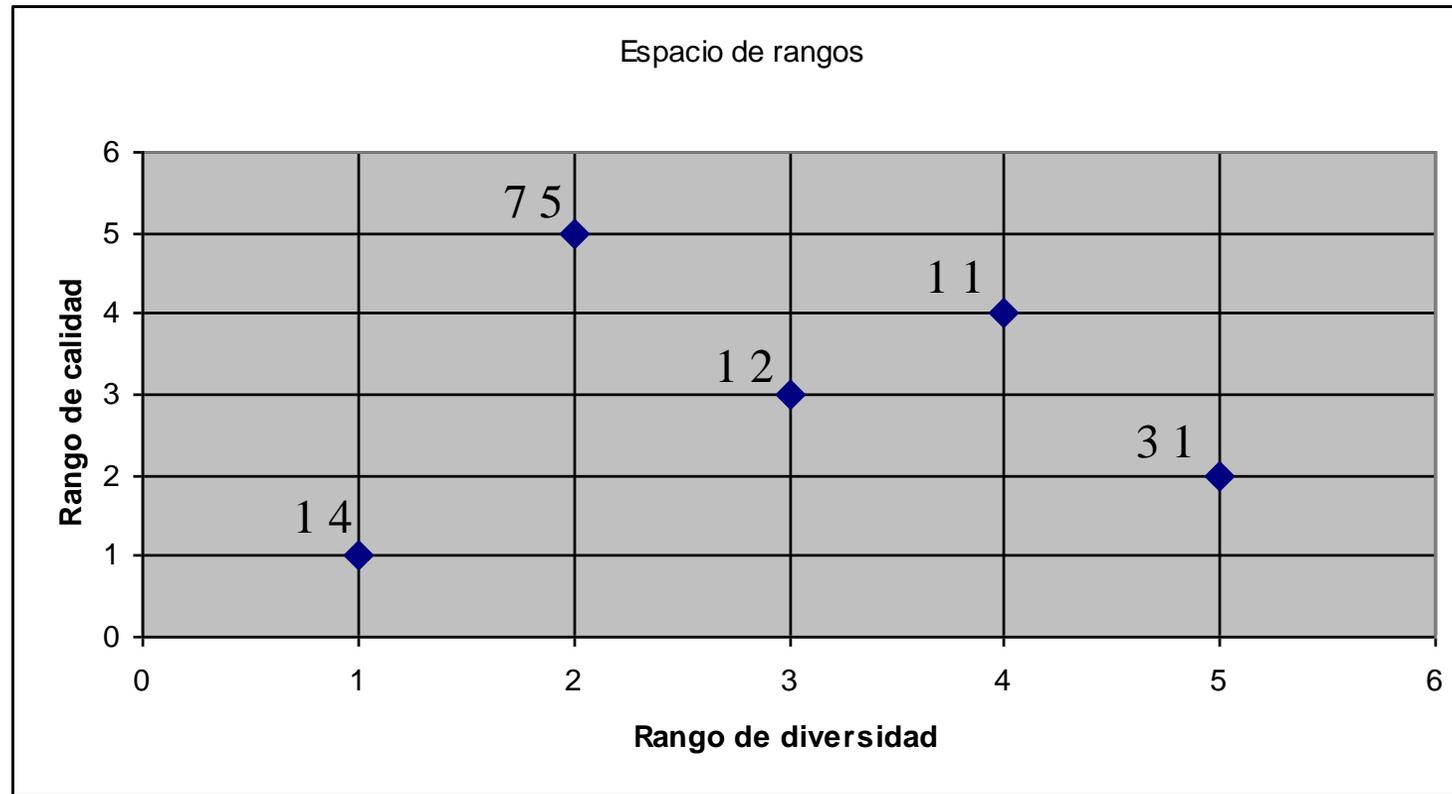


Método de espacio de rangos

- Una forma de combinar calidad y diversidad consiste en clasificar cada cromosoma de acuerdo con la suma de sus rangos de calidad y de diversidad.
- Procedimiento para seleccionar un candidato usando espacio de rangos
 - Ordenar los n individuos por calidad
 - Ordenar los n individuos según la suma del inverso del cuadrado de su distancia a los cromosomas ya seleccionados
 - Usar método de rango pero ordenando sobre la suma de los rangos de calidad y diversidad en lugar de solo por calidad.



Diagrama espacio de rangos



Espacio de rangos

- Lo mejor: esquina inferior izquierda del espacio de rangos. Está un cromosoma si se clasifica bien en calidad y diversidad.
- Una vez combinadas la calidad y diversidad, la selección se puede hacer : adaptación del primer candidato : p



Continuando con el ejemplo...

- Si se elige el cromosoma más probable (1-4) para que acompañe al 5-1 a la siguiente generación, quedan dos más por ser seleccionados.
- El siguiente elegido debe estar lejos de 1-4 y 5-1.
- Los dos siguientes elegidos son 7 5 y 1 1



Máximos locales y diversidad

- La mayoría de las búsquedas asumen máximos locales como trampas → Mecanismos de escape (retroceso, tamaño del paso, etc)
- En los algoritmos genéticos, cuando se trabaja diversidad, algunos individuos tienden a quedarse en máximos locales alejando a los otros
- Principio puebla y conquistarás: Los máximos locales deben poblarse, no evitarse, cuando se está buscando el máximo global.



Trabajos desarrollados.

- Job shop scheduling dinámico usando algoritmos genéticos: un caso de estudio en el proceso de distribución de contenido digital para la industria del entretenimiento. **Autora:** Alejandra Galeano
- Herramienta basada en técnicas de inteligencia artificial, para la asignación de horarios y recursos académicos, en el proyecto curricular de ingeniería de sistemas de la universidad distrital francisco José de caldas. **Autores:** Wilmar Díaz, Cristian García, Jimmy Hernández.



Bibliografía

- Araujo, L. & Cervigon, C. (2009). Algoritmos Evolutivos. Un enfoque práctico. Mexico. Alfaomega Grupo Editor.
- Darwin, C.R. (1859). The Origin of Species by Means of Natural Selection or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life. London. John Murray Albemarle Street.
- Diaz, W., García, C & Hernández, J. (2014). Herramienta basada en técnicas de inteligencia artificial, para la asignación de horarios y recursos académicos, en el proyecto curricular de ingeniería de sistemas de la Universidad Distrital Francisco José de caldas. Documento de trabajo, Facultad de Ingeniería. Universidad Distrital
- Galeano, A. (2014). Job shop scheduling dinámico usando algoritmos genéticos: un caso de estudio en el proceso de distribución de contenido digital para la industria del entretenimiento. Tesis de Pregrado, Facultad de Ingeniería. Universidad Distrital.
- Holland, J.H. (1975). Adaptation in Natural and Artificial Systems. Ann Arbor, Michigan. University of Michigan Press.
- Mitchell, M. (1999). An Introduction to Genetic Algorithms. Massachusetts. MIT Press.
- Michalewicz, Z. (1999). Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs. New York. Springer-Verlag.
- Reeves, C.R. & Rowe, J.E (2003). Genetic Algorithms Principles and Perspectives a Gide to GA Theory. New York. Kluwer Academic Publishers.
- Sivanandam, S. N. & Deepa S. N (2008). Introduction to Genetic Algorithms. New York. Springer-Verlag.
- Winston P.H. (1992). Inteligencia Artificial. Wilmington, Delaware. Addison-Wesley Iberoamericana, S.A.

