



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO - IPN

ALGORITMOS BIOINSPIRADOS

OPTIMIZACION GLOBAL Y LOCAL BASES BIOLÓGICAS DE LOS ALGORITMOS GENÉTICOS

Presenta

DANIEL MOLINA PÉREZ

danielmolinaperez90@gmail.com

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL



ESCOM

CIUDAD DE MÉXICO

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA:

1. Diseño de Redes de Comunicación:

Optimización de la topología de redes para maximizar la eficiencia en la transmisión de datos y minimizar la latencia.

2. Optimización en Ingeniería de Software:

Se utilizan algoritmos para mejorar el rendimiento y la eficiencia de los programas, reduciendo el tiempo de ejecución y el consumo de recursos.

3. Optimización de Procesos de Manufactura:

Algoritmos aplicados para optimizar la programación de máquinas y la asignación de recursos en procesos de fabricación.

ECONOMÍA:

1. Optimización en Marketing:

Algoritmos que optimizan la segmentación de mercado para dirigir estrategias de marketing de manera más efectiva, maximizando la penetración del mercado.

2. Gestión de Carteras de Inversión:

Utilización de algoritmos para optimizar la gestión de carteras de inversión, maximizando el rendimiento esperado y minimizando el riesgo.

3. Optimización en Mercados Financieros:

Algoritmos aplicados para analizar y optimizar estrategias en los mercados financieros, maximizando las ganancias y minimizando las pérdidas.

MEDICINA:

1.Diseño de Moléculas en Investigación Farmacéutica:

Optimización de la estructura molecular de compuestos para mejorar la eficacia de fármacos y reducir posibles efectos adversos.

2.Programación de Citas y Recursos en Hospitales:

Algoritmos aplicados para optimizar la programación de citas médicas y la asignación eficiente de recursos en entornos hospitalarios.

3.Detección y Diagnóstico de Enfermedades:

Aplicación de algoritmos para optimizar modelos de aprendizaje automático que mejoran la precisión en la detección y diagnóstico de enfermedades a partir de datos médicos.

OPTIMIZACIÓN LOCAL Y GLOBAL

La optimización global y la optimización local son dos enfoques diferentes para abordar problemas de optimización, y se diferencian en la escala del espacio de búsqueda que exploran y en los objetivos que persiguen.

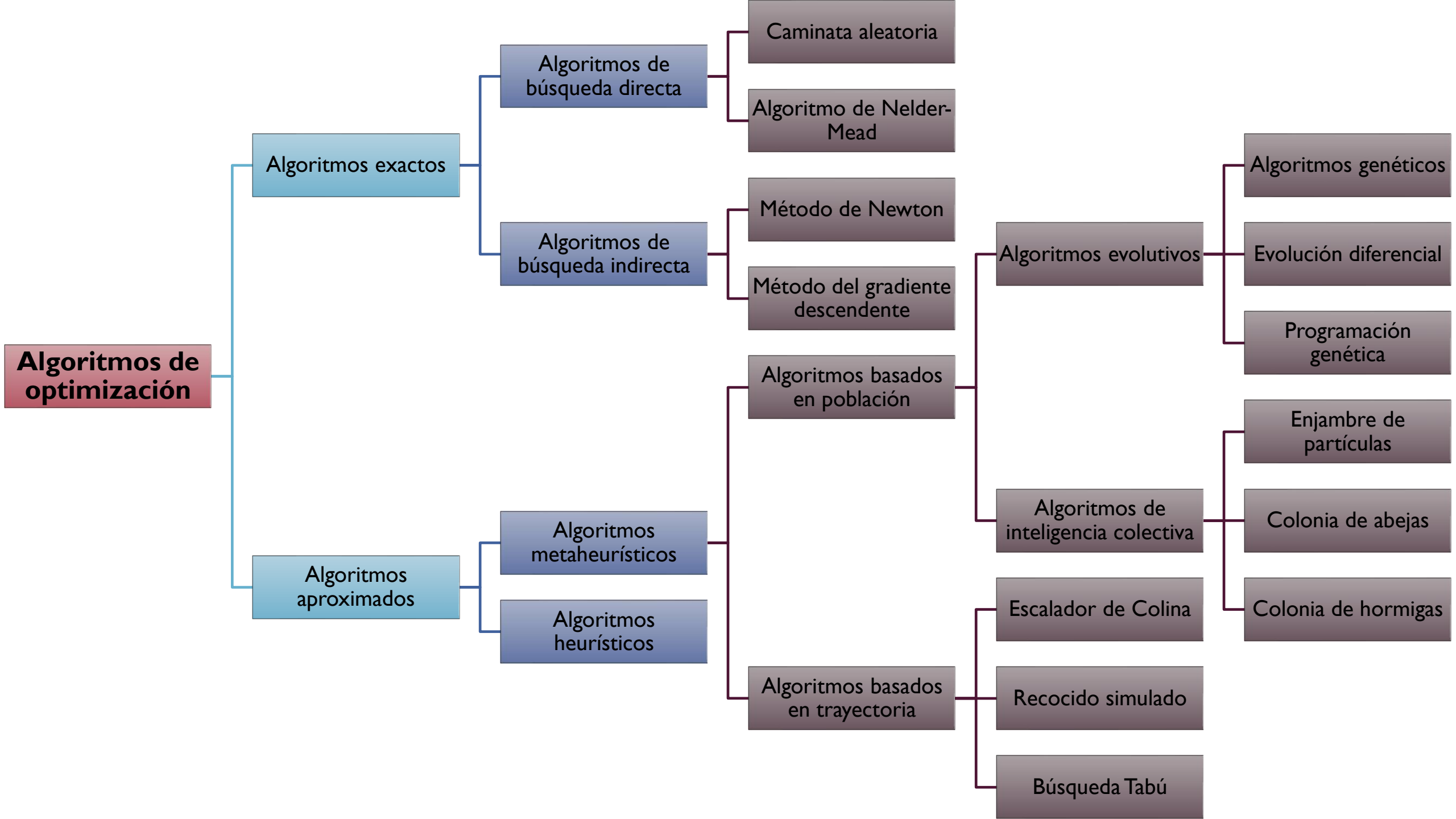
OPTIMIZACIÓN LOCAL:

1. **Definición:** En la optimización local, el enfoque se centra en encontrar la mejor solución dentro de una vecindad cercana a un punto específico en el espacio de búsqueda. Se busca mejorar iterativamente una solución inicial mediante pequeños ajustes.
2. **Desafíos:** Este enfoque puede quedar atrapado en óptimos locales y no garantiza encontrar la solución global. Sin embargo, es computacionalmente más eficiente que la optimización global y es útil cuando se tiene información sobre la topología de la función objetivo en una región cercana.
3. **Métodos:** Método del descenso del gradiente, algoritmos de búsqueda local.

OPTIMIZACIÓN LOCAL Y GLOBAL

OPTIMIZACIÓN GLOBAL:

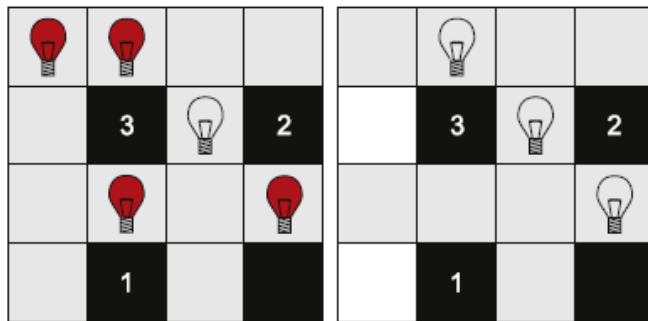
1. **Definición:** En la optimización global, el objetivo es encontrar la mejor solución posible en todo el espacio de búsqueda. Se busca la solución óptima global que maximiza o minimiza la función objetivo, considerando todas las posibles soluciones factibles.
2. **Desafíos:** Este enfoque enfrenta desafíos adicionales debido a la necesidad de explorar un espacio de búsqueda extenso y a menudo complejo. Puede haber múltiples óptimos locales, y la tarea es identificar el óptimo global, lo que puede requerir un mayor esfuerzo computacional.
3. **Métodos:** Algoritmos genéticos, búsqueda aleatoria, y métodos de optimización basados en poblaciones.



¿POR QUÉ USAR MÉTODOS APROXIMADOS COMO LOS BIOINSPIRADOS?

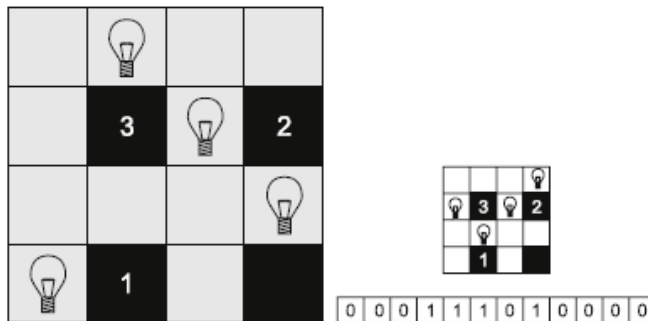
1. Estructura Matemática:

Son aplicables a problemas complejos cuya estructura matemática es difícil de modelar de manera tradicional. La adaptabilidad de estos algoritmos permite lidiar con funciones objetivo no lineales, no convexas o incluso discontinuas, ampliando la gama de problemas que pueden abordar.



a

b



c

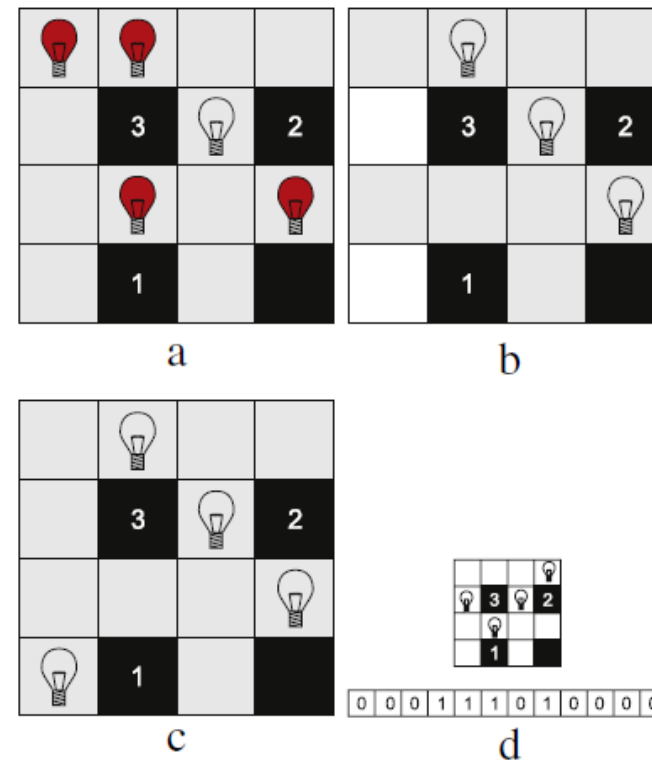
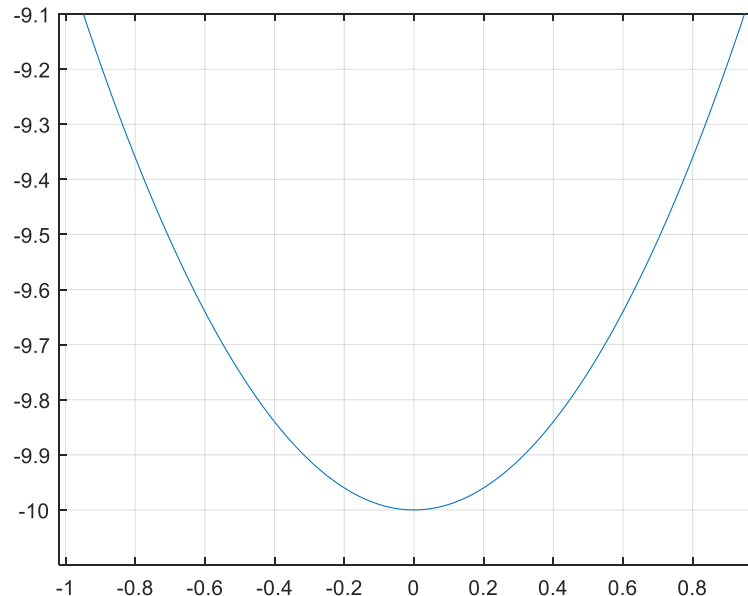
d

0 0 0 1 1 1 0 1 0 0 0 0

¿POR QUÉ USAR MÉTODOS APROXIMADOS COMO LOS BIOINSPIRADOS?

2. Diferenciabilidad:

A diferencia de algunos métodos de optimización clásicos que dependen de la diferenciabilidad de las funciones objetivo, muchos algoritmos bioinspirados no requieren que la función sea diferenciable. Esto los hace aptos para problemas en los que la función objetivo es no diferenciable o incluso cuando no se tiene acceso directo a la formulación matemática precisa.



¿POR QUÉ USAR MÉTODOS APROXIMADOS COMO LOS BIOINSPIRADOS?

3. Desconocimiento del Problema:

Pueden adaptarse a entornos en los que la información es incompleta o ruidosa. La capacidad de explorar el espacio de soluciones de manera eficiente permite que estos algoritmos se adapten y aprendan sobre el problema a medida que avanzan en la búsqueda.

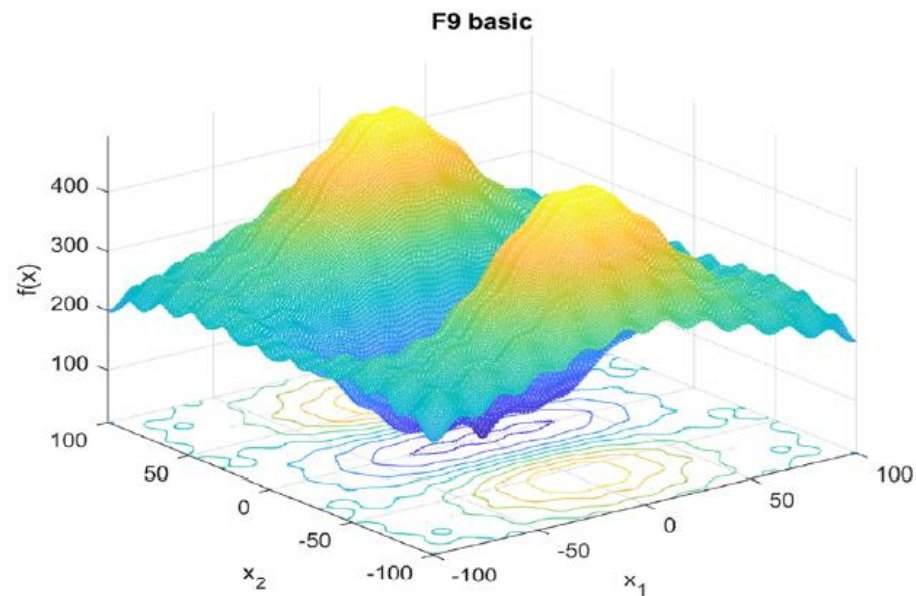
Mercado cambiante



¿POR QUÉ USAR MÉTODOS APROXIMADOS COMO LOS BIOINSPIRADOS?

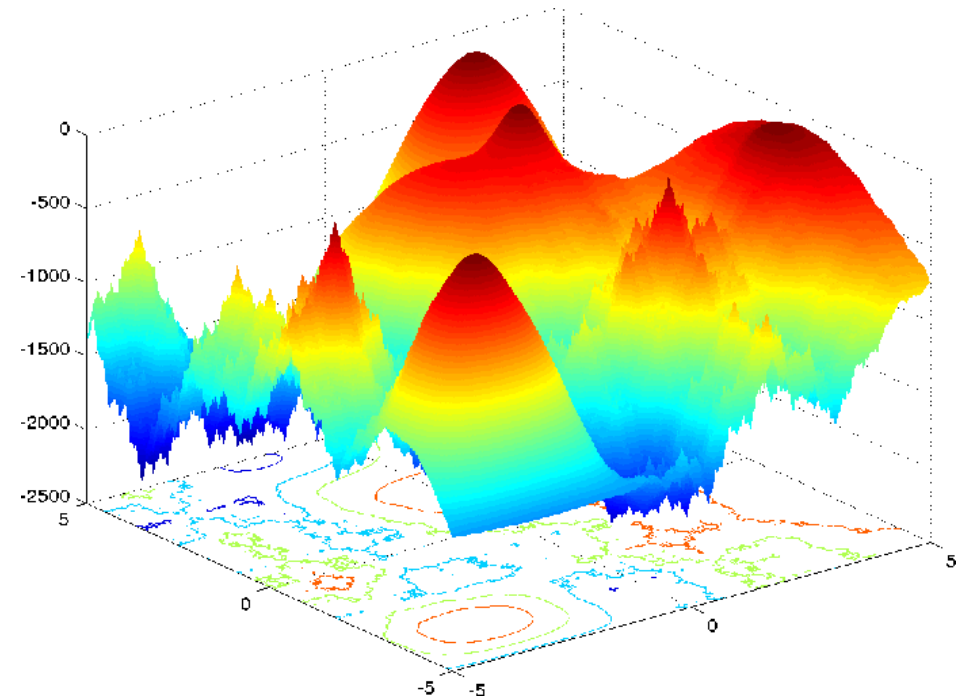
4. Existencia de Multimodalidad:

Son efectivos en la resolución de problemas multimodales, donde hay múltiples óptimos locales en el espacio de soluciones. Estrategias como la exploración poblacional y la diversidad genética inherentes a estos algoritmos los hacen capaces de identificar y explorar diferentes regiones del espacio de la función objetivo.



(a) Basic function

Activ



ORIGEN DE LOS ALGORITMOS GENÉTICOS



Los catalíticos 1960's

En la U. de Michigan, Holland vió a un proceso evolutivo como la clave en el diseño e implementación de sistemas adaptativos robustos, capaces de lidiar con un ambiente cambiante e incierto. Remarcó la necesidad de los sistemas de auto-adaptarse al interaccionar con el ambiente. Sus ideas originaron los “**Planes reproductivos**”, mejor conocidos como el paradigma de los “**Algoritmos Genéticos**”

ORIGEN DE LOS ALGORITMOS GENÉTICOS

Los catalíticos 1960's



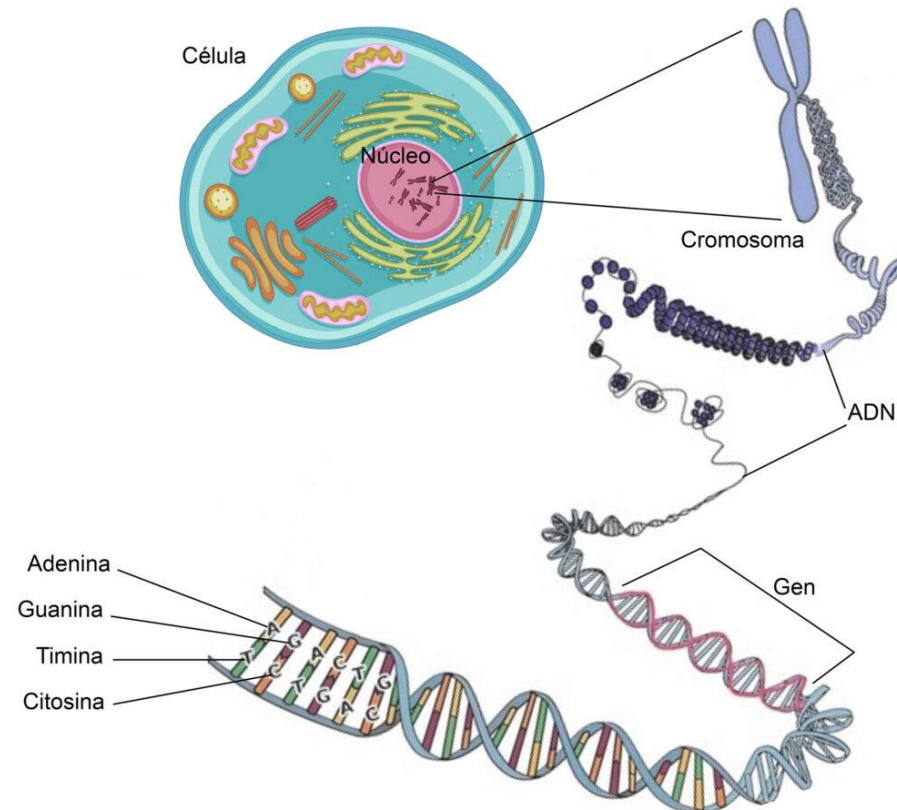
En la U. de Berlín, Rechenberg y Schwefel formularon ideas sobre cómo un proceso evolutivo puede usarse para resolver problemas numéricos de optimización complejos. De estas ideas surge un paradigma conocido como **“Estrategias Evolutivas”**

En UCLA Fogel visualizo a la evolución como un medio para alcanzar las metas de la IA, por lo que evoluciono agentes inteligentes representados como maquinas de estado finito. De ello se derivó el paradigma conocido como **“Programación Evolutiva”**



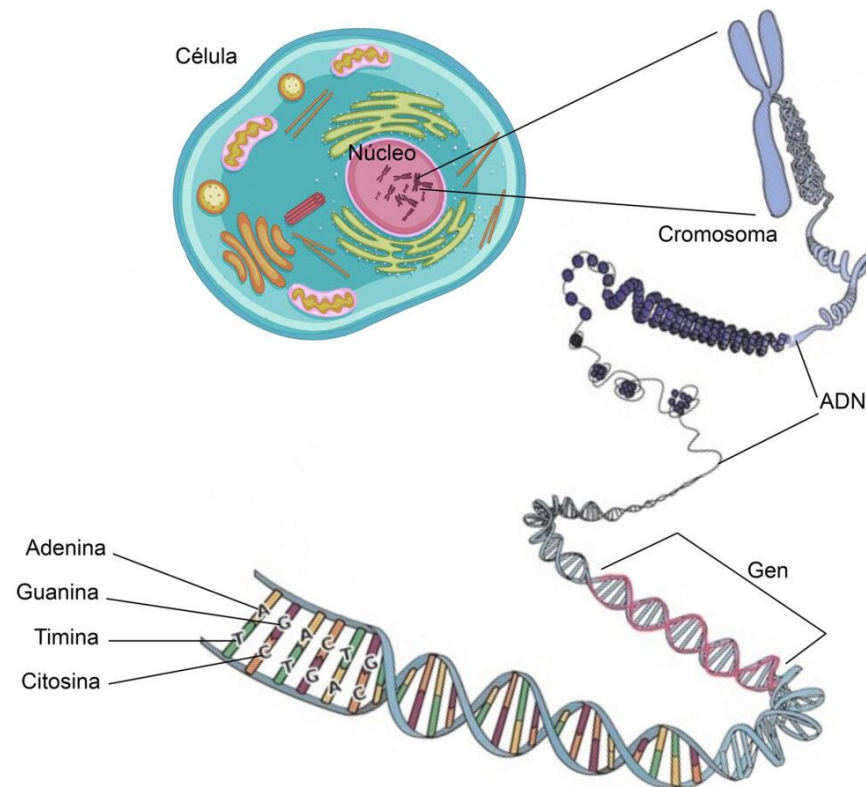
TERMINOLOGÍA BIOLÓGICA DE LOS ALGORITMOS GENÉTICOS

El Ácido Desoxirribonucleico (ADN) es el material genético fundamental de todos los organismos vivos. El ADN es una macromolécula doblemente trenzada que tiene una estructura helicoidal.



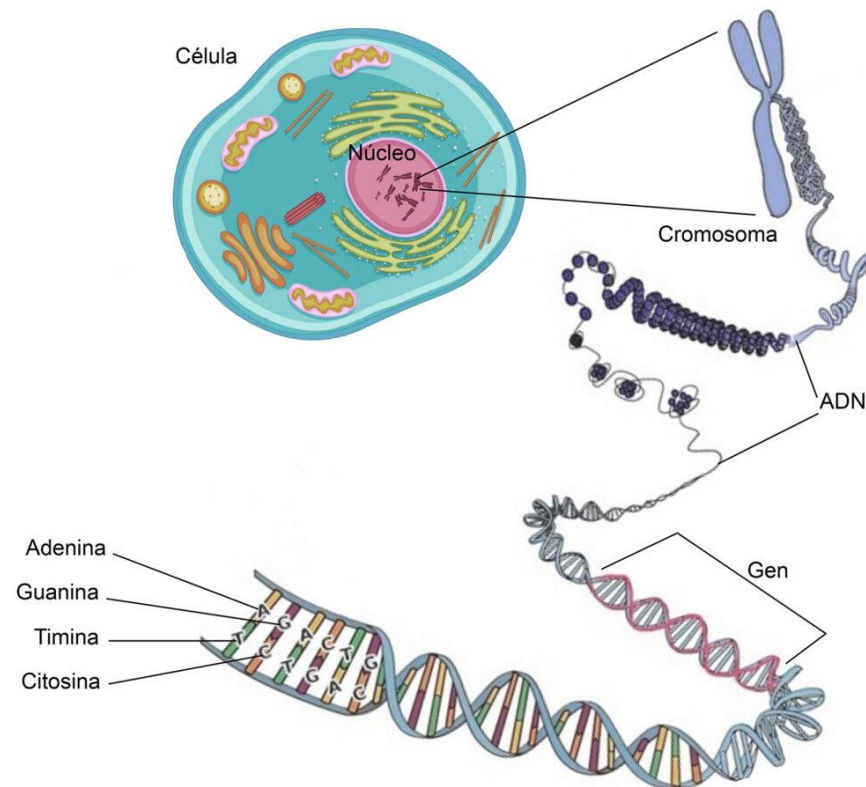
TERMINOLOGÍA BIOLÓGICA DE LOS ALGORITMOS GENÉTICOS

Un gen es una sección de ADN que codifica una cierta función bioquímica definida, usualmente la producción de una proteína. Es fundamentalmente una unidad de herencia. El ADN de un organismo puede contener desde una docena de genes (como un virus), hasta decenas de miles (como los humanos).



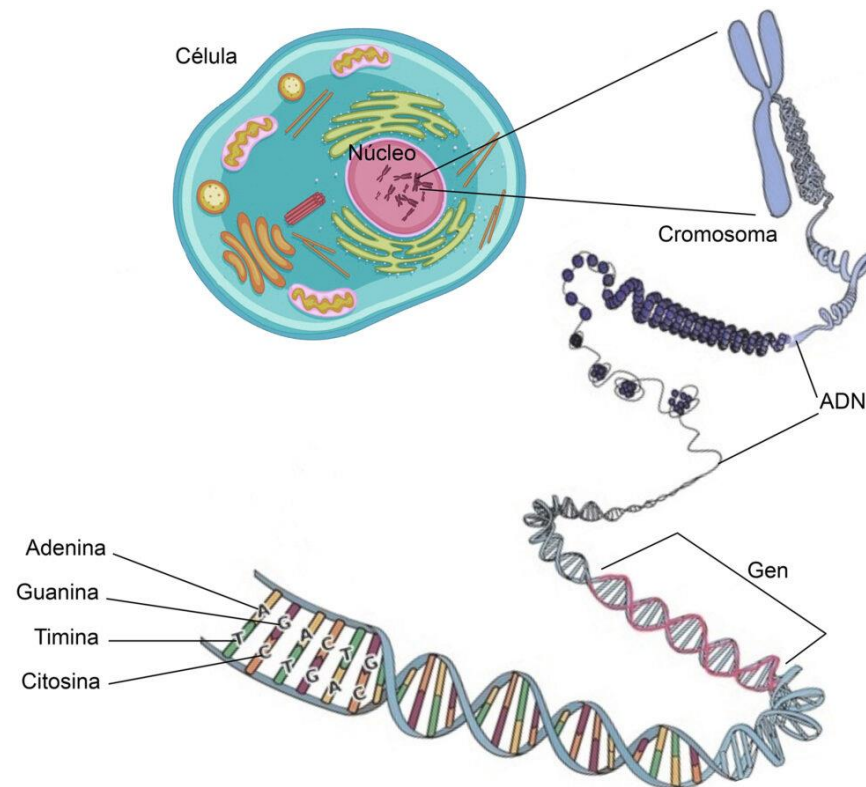
TERMINOLOGÍA BIOLÓGICA DE LOS ALGORITMOS GENÉTICOS

Se denomina cromosoma a una de las cadenas de ADN que se encuentra en el núcleo de las células. Los cromosomas son responsables de la transmisión de información genética.



TERMINOLOGÍA BIOLÓGICA DE LOS ALGORITMOS GENÉTICOS

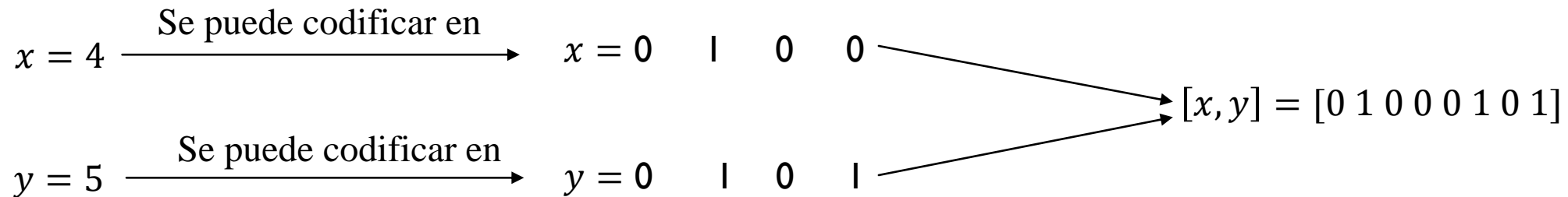
Un alelo es una de las variantes posibles de un gen: Ojos verdes como papá o marrones como mamá.



TERMINOLOGÍA BIOLÓGICA DE LOS ALGORITMOS GENÉTICOS

Cualquier solución potencial a un problema puede ser presentada dando valores a una serie de variables (variables de decisión). El conjunto de todas las variables se puede codificar en una cadena de bits.

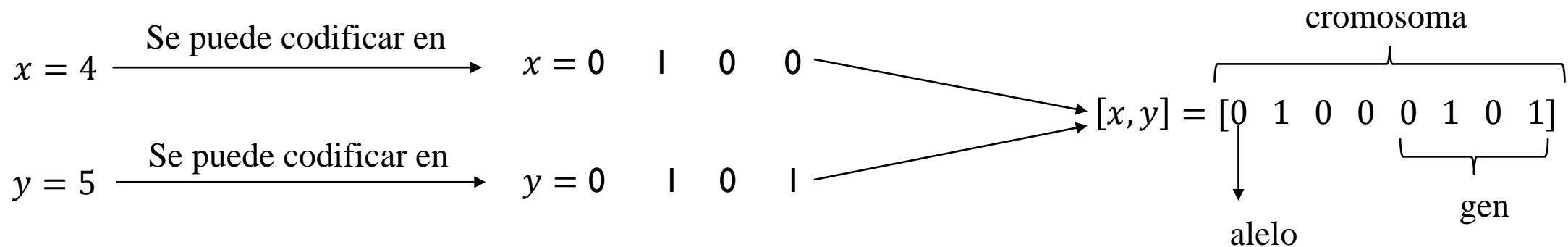
$[x, y] = [4, 5] \longrightarrow$ Vector de variables de decisión



TERMINOLOGÍA BIOLÓGICA DE LOS ALGORITMOS GENÉTICOS

En algoritmos genéticos cada solución potencial se representa por un conjunto de variables. El conjunto de variables se denomina **cromosoma**. Cada variable particular será considerada como una característica (un **gen**), cada variable o gen estará conformada por bits que denominamos alelos.

$[x, y] = [4, 5] \longrightarrow$ Vector de variables de decisión



TERMINOLOGÍA BIOLÓGICA DE LOS ALGORITMOS GENÉTICOS

Desde los primeros trabajos de John Holland la codificación suele hacerse mediante valores binarios. Se asigna un determinado número de bits a cada variable y se realiza una discretización de la variable representada por cada gen. **El número de bits asignados dependerá del grado de ajuste que se desee alcanzar.** Evidentemente no todas las variables tienen por qué estar codificados con el mismo número de bits.

También existen representaciones que codifican **directamente cada parámetro con un valor entero, real o en punto flotante**. A pesar de que se acusa a estas representaciones de degradar el paralelismo implícito de las representaciones binarias, permiten el desarrollo de operadores genéticos más específicos al campo de aplicación del Algoritmo Genético.

$$[x, y] = \underbrace{[0 \ 1 \ 0 \ 0]}_{\text{gen}} \underbrace{[0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0]}_{\text{gen}} \underbrace{[1 \ 1]}_{\text{gen}}$$

TERMINOLOGÍA BIOLÓGICA DE LOS ALGORITMOS GENÉTICOS

La **aptitud** de un individuo se define como la probabilidad de que este viva para reproducirse (**viabilidad**), o como una función del número de descendientes que este tiene (**fertilidad**). En el campo biológico la aptitud de un individuo queda determinada por el medio ambiente. En algoritmos genéticos el medio ambiente que presiona al individuo es la **función objetivo** (la función objetivo es el indicador de calidad). Por tanto, la aptitud del individuo es el valor que arroja la función objetivo cuando se evalúa su vector de variables de decisión.

Ejemplo: Determine el individuo más apto en el siguiente problema. Considere cada gen de 4 bits

$$\min f(x, y) = x + y$$

$$\text{individuo 1} = [0 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 1 \quad 0 \quad 1]$$

$$\text{individuo 2} = [0 \quad 0 \quad 1 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 1]$$

TERMINOLOGÍA BIOLÓGICA DE LOS ALGORITMOS GENÉTICOS

Se denomina **individuo** a un solo miembro de una población. Se denomina **población** a un grupo de individuos que pueden interactuar juntos, por ejemplo, para reproducirse. En Algoritmos genéticos cada posible solución conforma un individuo, el grupo total de soluciones se denomina **población**.

$$[x, y] = [0 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 1] \quad ?$$

$$\begin{bmatrix} x_1, y_1 \\ x_2, y_2 \\ x_3, y_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad ?$$

TERMINOLOGÍA BIOLÓGICA DE LOS ALGORITMOS GENÉTICOS

La **selección** es el proceso mediante el cual algunos individuos en una población son seleccionados para reproducirse, típicamente con base en su aptitud. Paralelamente en Algoritmos Genéticos mediante métodos generalmente probabilistas van a ser seleccionados vectores de variables de decisión para combinarse en próximos procesos, esta selección tiene el nombre completo de **selección de padres**.

Población

$$\begin{bmatrix} x_1, y_1 \\ x_2, y_2 \\ x_3, y_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Padres

Padre 1	0	1	0	0	1	0
Padre 2	0	1	1	0	1	1

TERMINOLOGÍA BIOLÓGICA DE LOS ALGORITMOS GENÉTICOS

La combinación de características buenas de diferentes ancestros que se produce por la **reproducción sexual o cruzamiento** puede originar, en ocasiones, que la descendencia esté incluso mejor adaptada al medio que los padres. De esta manera, las especies evolucionan adaptándose más y más al entorno a medida que transcurren las generaciones. En Algoritmos Genéticos se emula la reproducción sexual mediante una operación de combinación de alelos o bits de los vectores de variables de decisión. Este proceso genera nuevas cadenas de bits que pueden tener en si fragmentos de las cadenas de bits que le otorgaban buenas actitudes a los padres. Siendo posibles portadores de las “virtudes” de ambos padres. Estas nuevas cadenas de bits son los **hijos** o la **descendencia**.

Pero la adaptación de un individuo al medio no sólo está determinada por su composición genética. Influyen otros factores como el aprendizaje, en ocasiones adquirido por el método de prueba y error, en ocasiones adquirido por imitación del comportamiento de los padres, la cultura, la religión, etc. Aspectos no contemplados en el Algoritmo Genético clásico, pero sí en otras variantes de la inteligencia artificial.

Padre 1 

Padre 2 

Hijo 1 

Hijo 2 

TERMINOLOGÍA BIOLÓGICA DE LOS ALGORITMOS GENÉTICOS



En biología, la mutación es un cambio en la secuencia de ADN de un organismo. Puede ocurrir de manera natural debido a errores durante la replicación del ADN (**error de copia**) o ser inducida por factores externos como radiación o ciertos productos químicos. **Las mutaciones son la principal fuente de variabilidad genética, que es fundamental para la evolución de las especies a lo largo del tiempo.**

En los Algoritmos Genéticos, la mutación es un operador utilizado para introducir variabilidad en las soluciones. Consiste en alterar aleatoriamente ciertos componentes de una solución en el espacio de búsqueda. Se realizan mutaciones para garantizar que ningún punto del espacio de búsqueda tenga una probabilidad nula de ser examinado.

TERMINOLOGÍA BIOLÓGICA DE LOS ALGORITMOS GENÉTICOS



En las poblaciones biológicas el remplazo de generaciones es extintivo, es decir por muy bueno que sea un individuo morirá y será remplazado por la siguiente generación. En los Algoritmos Genéticos también se emula el remplazo entre individuos pero existen varias opciones de remplazo además de la extintiva.