

Metaheurísticas

CONFERENCIA #2. MÉTODOS DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Sumario

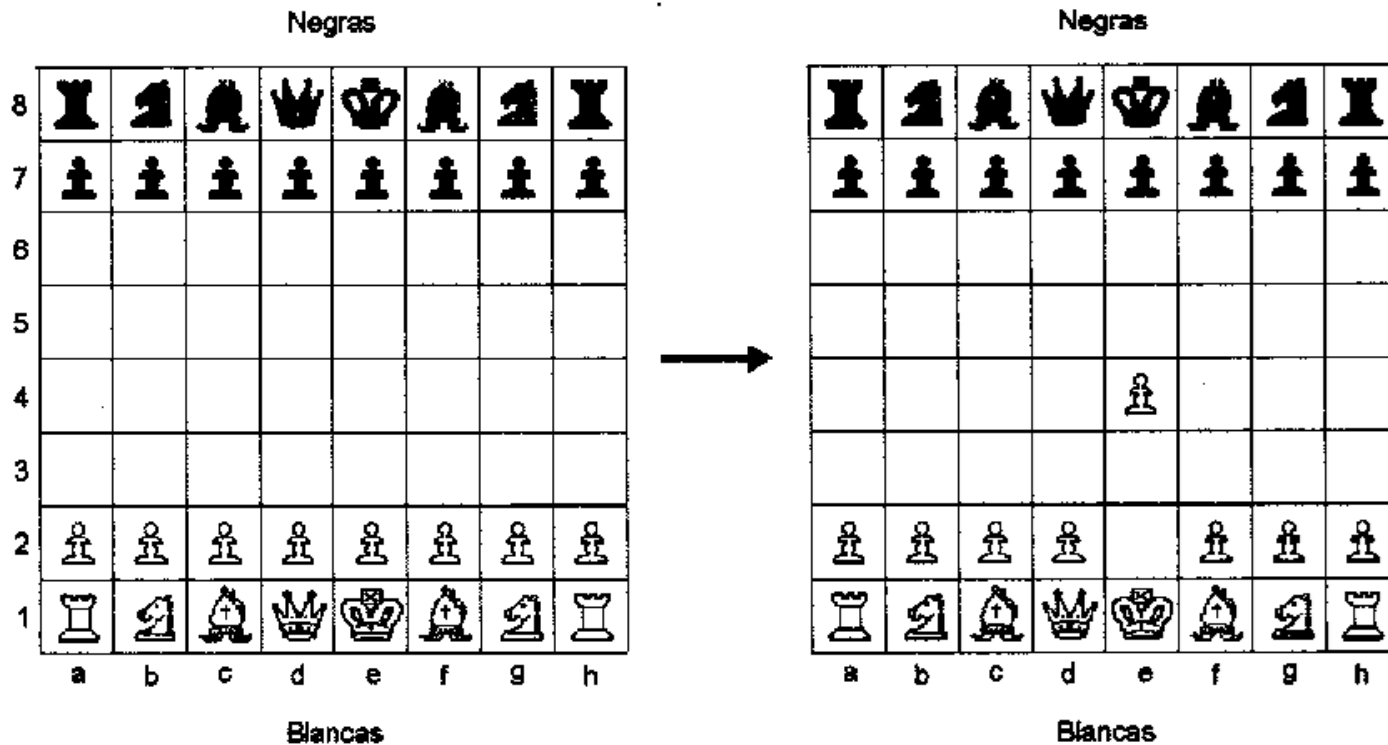
- ▶ Búsqueda
- ▶ Búsqueda heurística
- ▶ Ascenso de colinas
- ▶ Ascenso de colinas con mutación aleatoria

Solución de problemas

- ▶ Definición del problema.
 - ▶ Situaciones iniciales y finales
 - ▶ Acciones posibles
- ▶ Análisis del problema.
 - ▶ Aislar y representar el conocimiento
 - ▶ Elección de las mejores técnicas para su resolución
 - ▶ Ejecución

Ejemplo: jugar ajedrez

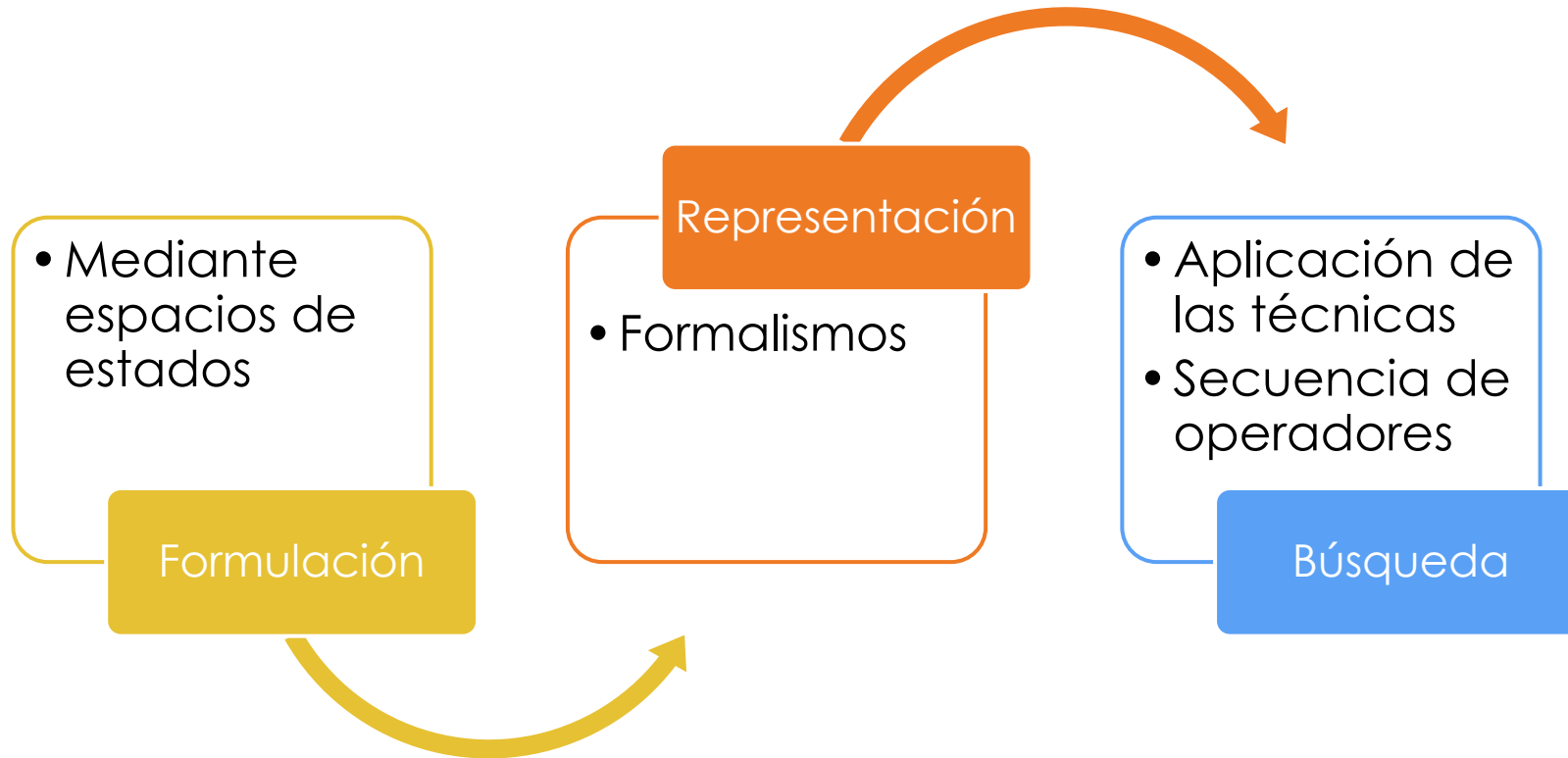
- Estado inicial y representación de una jugada



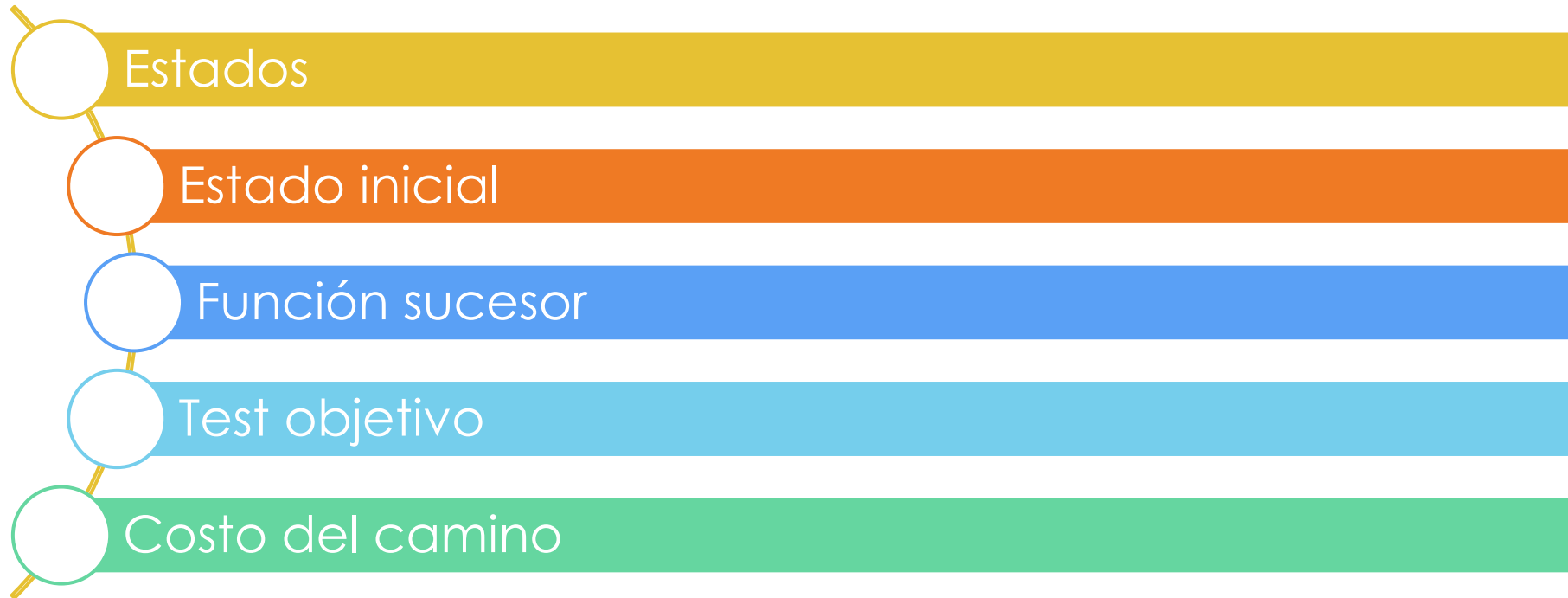
Ejemplo: jugar ajedrez

- ▶ OBJETIVO: Ganar al oponente: Jaque Mate
- ▶ CONJUNTO DE ESTADOS : distintas posiciones legales de las piezas en el tablero
- ▶ ESTADO INICIAL: posición inicial
- ▶ ACCIONES U OPERADORES: posibles movimientos

Solución de problemas

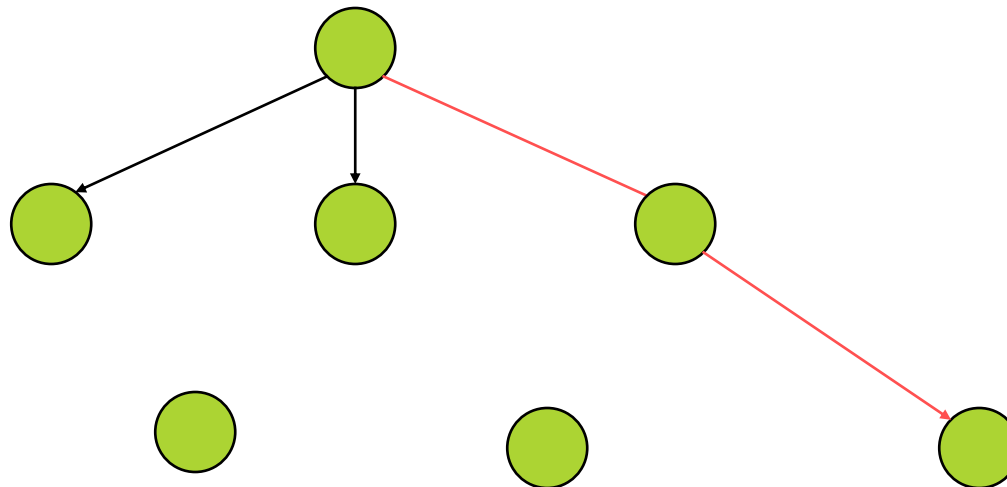


Formulación



Espacio de estados

- ▶ Es el conjunto de todos los estados que se pueden alcanzar a partir del estado inicial mediante cualquier secuencia de acciones
- ▶ Una ruta es cualquier secuencia de acciones que permite pasar de un estado a otro



Búsqueda

- ▶ Es el proceso de evaluar las distintas secuencias de acciones para encontrar aquellas que llevan del estado inicial al estado final (meta)

Características del problema

- ▶ ¿Puede descomponerse el problema en partes más simples independientes entre sí ?
- ▶ ¿Pueden ignorarse o deshacerse pasos?
 - ▶ IGNORABLES: En la demostración de teoremas matemáticos es posible. Si un paso no es deseable se ignora y se comienza de nuevo
 - ▶ RECUPERABLES: En el 8 puzzle pueden deshacerse los pasos y recuperarse de los errores (hay que implementar una vuelta atrás)
 - ▶ NO RECUPERABLES: En el ajedrez no pueden deshacerse las jugadas. Por lo tanto se necesita planificar con cuidado, lo que implica una estructura de control mucho más compleja

Características del problema

- ▶ ¿Es predecible el universo?
 - ▶ CONSECUENCIA CIERTA: Se conocen las consecuencias de cada operador con certeza. En el 8 puzzle es así. Pueden planearse secuencias completas de movidas sabiendo siempre que ocurrirá.
 - ▶ CONSECUENCIA INCIERTA: planificación con incertidumbre. (juegos con contrincantes- robot desplazándose)
- ▶ ¿Nos interesa una solución o la mejor de ellas?
 - ▶ Problemas de algún camino
 - ▶ Problemas del mejor camino

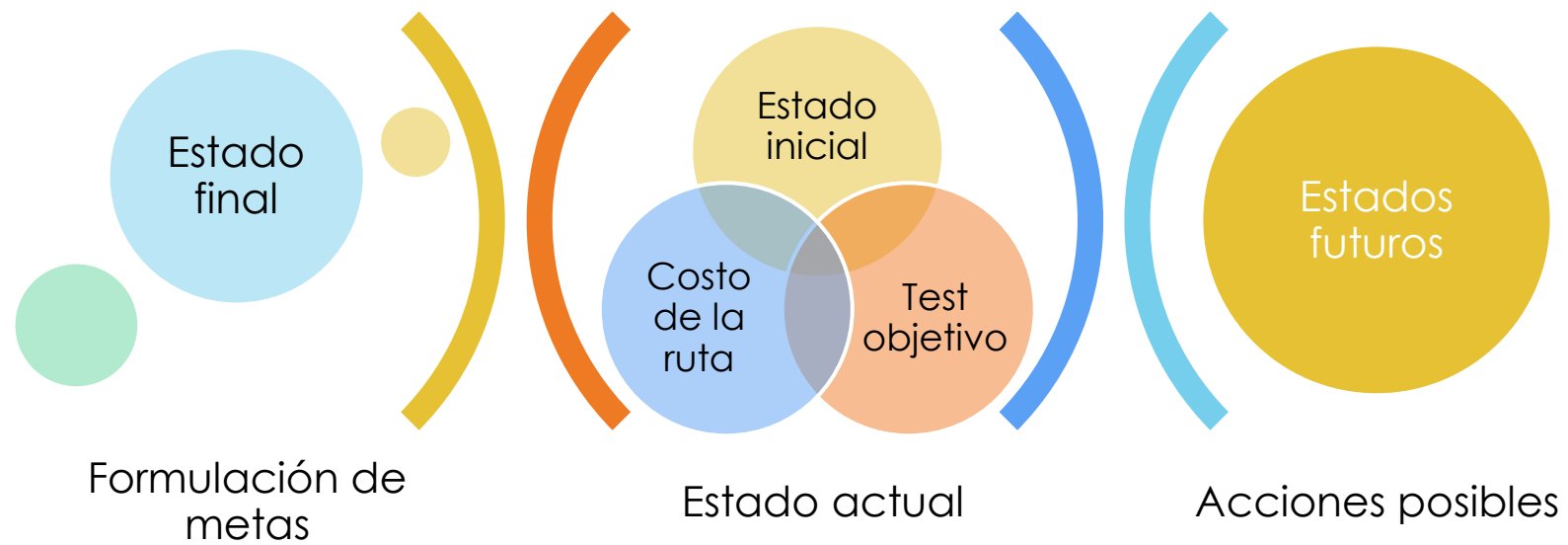
Características del problema

- ▶ ¿La solución es un estado o una ruta?
 - ▶ UN ESTADO: Clasificación, diagnóstico, 8 reinas.
 - ▶ UN CAMINO: Rutas, ajedrez. Hay que almacenar el camino seguido.
- ▶ ¿Cuál es el papel del conocimiento?
 - ▶ AJEDREZ: Mucho conocimiento de control, poco del dominio.
 - ▶ VISIÓN ARTIFICIAL: Mucho conocimiento del dominio

Agentes resolventes de problemas

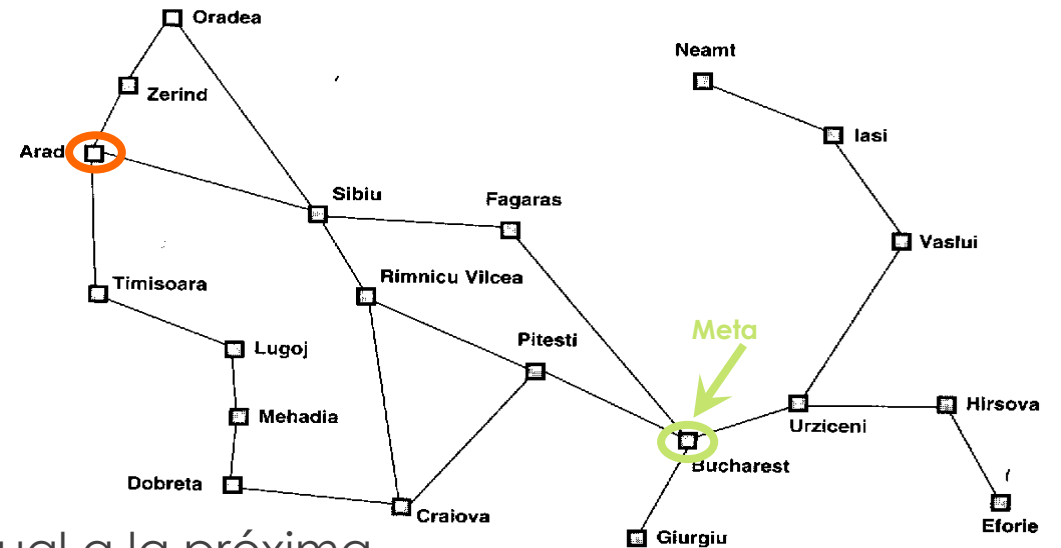
- ▶ Un agente con distintas opciones inmediatas de valores desconocidos puede decidir qué hacer, examinando las diferentes secuencias posibles de acciones que le conduzcan a estados de valores conocidos, y entonces escoger la mejor secuencia

Agentes resolventes de problemas



Ejemplo

- ▶ ¿Cómo llegar de Arad a Bucarest?
- ▶ Formulación de metas: Estado final: Bucarest
- ▶ Estado inicial: Arad
- ▶ Test objetivo: ¿Es la ciudad actual Bucarest?
- ▶ Costo del camino: distancia recorrida
- ▶ Acciones posibles: conducir de la ciudad actual a la próxima

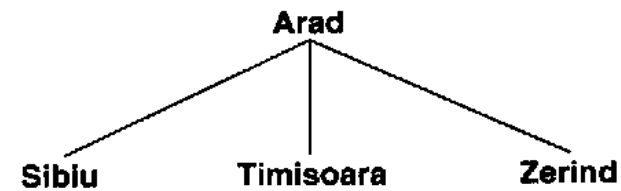


Secuencia de acciones

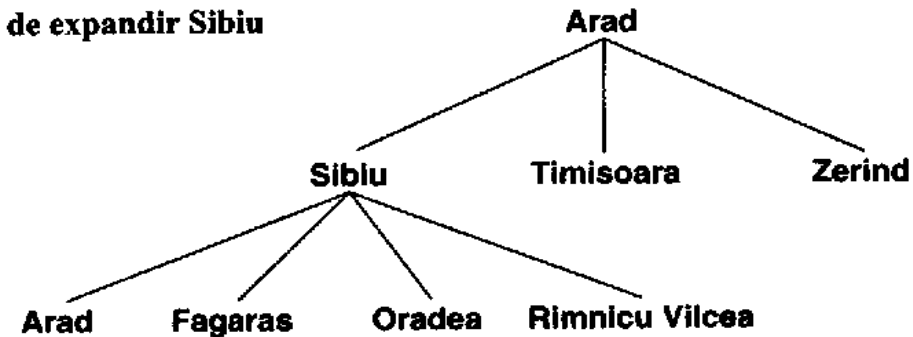
(a) Estado inicial

Arad

(b) Después de expandir Arad



(c) Después de expandir Sibiu

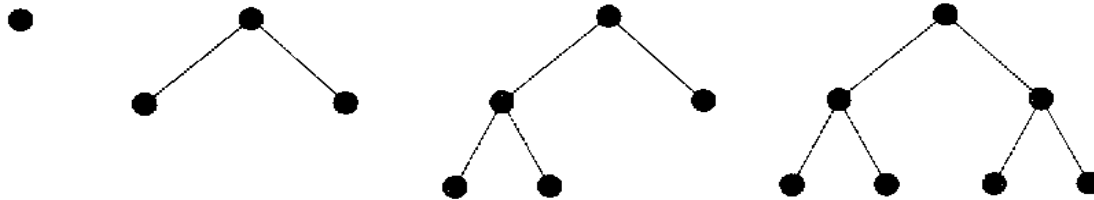


Algoritmo de búsqueda general

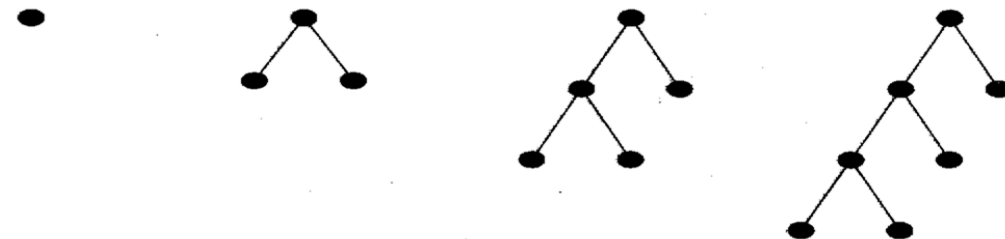
```
function General_Search(Problem, Strategy) return Solucion;  
  Inicializar el árbol de búsqueda usando el estado inicial o Fallar  
  while  
    if no hay nodo que expandir then return Falla  
    Seleccionar un nodo hoja a expandir de acuerdo a la estrategia  
    if el nodo contiene un estado objetivo then return Solucion  
    else expandir el nodo y añadir los nodos resultantes al espacio de búsqueda  
  end while  
end
```

Búsqueda a ciegas

- Primero en amplitud (primero a lo ancho)



- Primero en profundidad



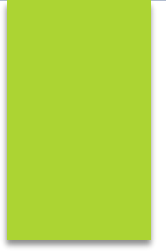
Ejemplo - el juego de las 8 fichas

- ▶ ¿Estados?
- ▶ ¿Operadores?
- ▶ ¿Test objetivo?
- ▶ ¿Costo del camino?

5	4	
6	1	8
7	3	2

1	2	3
8		4
7	6	5

Búsqueda Heurística



Búsqueda heurística

- ▶ Del griego *heuriskein*, que significa encontrar
- ▶ Están orientados a reducir la cantidad de búsqueda requerida para encontrar una solución
- ▶ El enfoque heurístico intenta reducir el tamaño del árbol cortando nodos pocos prometedores
- ▶ Feigenbaum y Feldman: “Una heurística es una regla para engañar, simplificar o para cualquier otra clase de ardid el cual limita drásticamente la búsqueda de soluciones en grandes espacios de estados”

Ejemplo sencillo

- ▶ Un hombre se encuentra en una extensa llanura y tiene sed, en ese momento ha llegado a una pequeña elevación que es la única en esa región y se sube a ella. Desde la elevación el hombre observa el cuadro siguiente:
- ▶ NORTE: vegetación verde y movimiento de animales
- ▶ SUR: vegetación amarilla
- ▶ ESTE: vegetación amarilla
- ▶ OESTE: vegetación verde
- ▶ ¿Hacia dónde se dirige el hombre?

Búsqueda Heurística

- ▶ Encontrar los parámetros que maximizan o minimizan la función objetivo.
- ▶ Ingredientes del problema de optimización:
 - ▶ Objetivo – función objetivo (*fitness function*)
 - ▶ Conjunto de parámetros (desconocidos) los cuales afectan el valor de la función objetivo
 - ▶ Conjunto de restricciones que restringen los valores que se pueden asignar
- ▶ El objetivo es asignar valores del dominio, de los permitidos por las restricciones, tales que la función objetivo sea optimizada.

Algoritmos Metaheurísticos

- ▶ Los procedimientos metaheurísticos son una clase de métodos aproximados que están diseñados para resolver problemas complejos de optimización
- ▶ Las metaheurísticas proporcionan un marco general para crear nuevos algoritmos híbridos combinando diferentes conceptos derivados de la inteligencia artificial, la evolución biológica y los mecanismos estadísticos

Algoritmos Metaheurísticos

Dinámicos

Flexibles

Robustos

Simples

Descentralizados




Algoritmos Metaheurísticos

- ▶ Se pueden aplicar a problemas en los cuales las estrategias clásicas fallan
- ▶ El espacio de búsqueda puede ser inmenso
- ▶ La función objetivo puede ser ruidosa, no lineal, no diferenciable, discontinua, multimodal, de alta dimensionalidad y puede estar sujeta a múltiples clases de restricciones


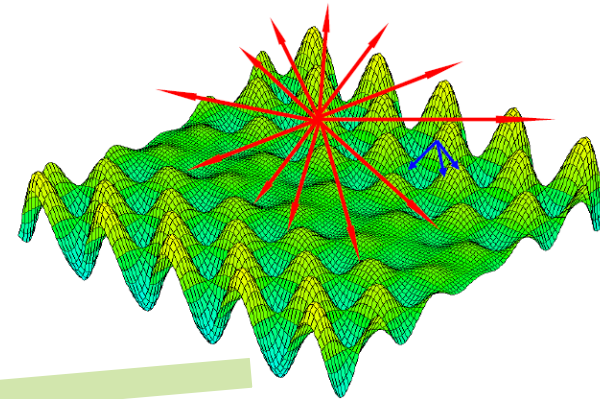
Óptimo local

- Solución de **mejor calidad en una vecindad determinada**; cuando la vecindad es **todo** el espacio de búsqueda esta solución se convierte en **óptimo global**.

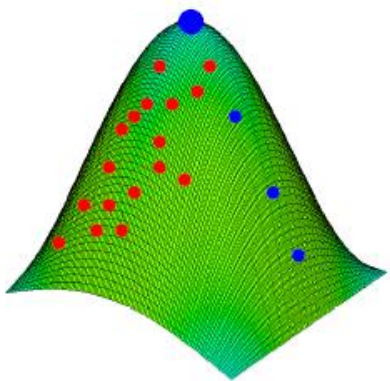
Exploración vs. Explotación



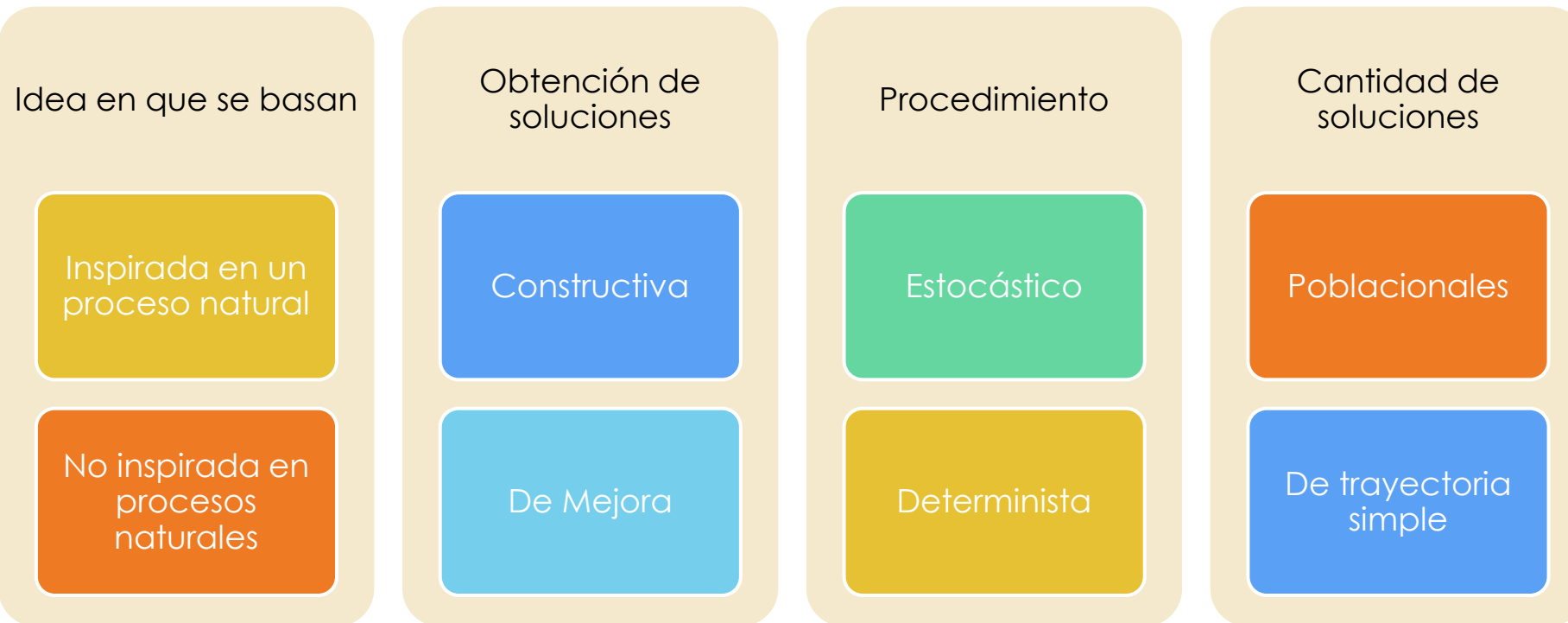
Exploración o
Búsqueda global
(búsqueda de
nuevas soluciones)



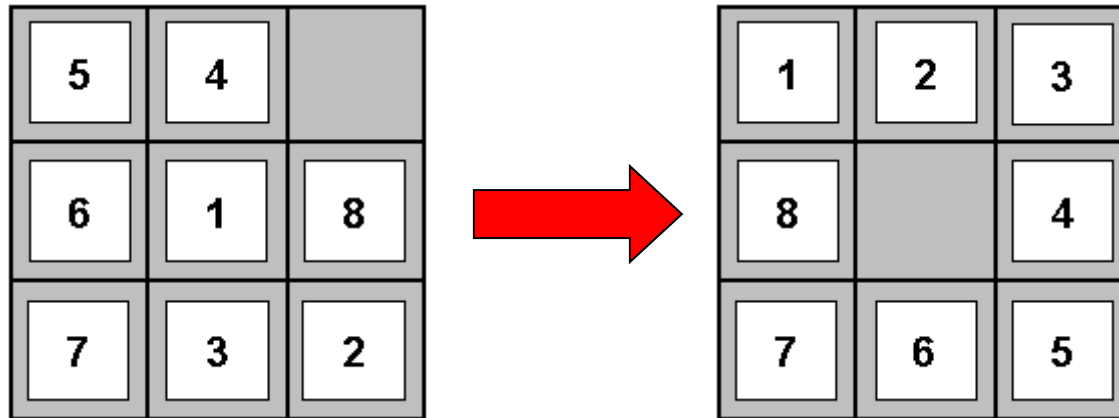
Explotación o
Búsqueda local
(intensificación de
buenas soluciones)



Clasificación



Heurísticas en la solución de problemas



Funciones heurísticas para el problema de las ocho piezas

- ▶ $h1$: Cantidad de piezas mal ubicadas, aquellas por las cuales los dos estados difieren
- ▶ $h2$: la suma de las distancias (horizontal y vertical) de las piezas a sus posiciones en el estado objetivo, llamada $h2$ (distancia de Manhattan)
- ▶ Al aplicar estas heurísticas al planteamiento anterior se tiene
 - ▶ $h1(A) = 6$
 - ▶ $h2(A) = 10$

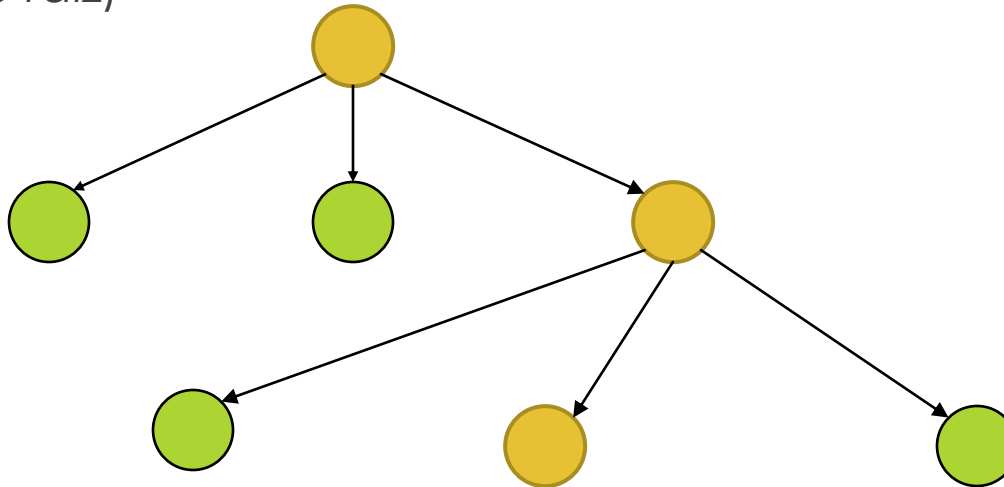
Ascensión de Colinas

Ascensión de Colinas

- Toma su nombre de la semejanza que tiene con un alpinista quien desea alcanzar rápidamente el pico de una montaña, este selecciona la dirección de ascenso mayor a partir de la posición actual

Ascensión de Colinas

- ▶ Con este método la estrategia es repetidamente expandir un nodo, inspeccionar sus sucesores recién generados, y seleccionar y expandir el mejor entre los sucesores sin mantener referencias a los padres
- ▶ Cuando se llega a un nodo muerto no hay forma de hacer retroceso (salvo generar otro nodo raíz)



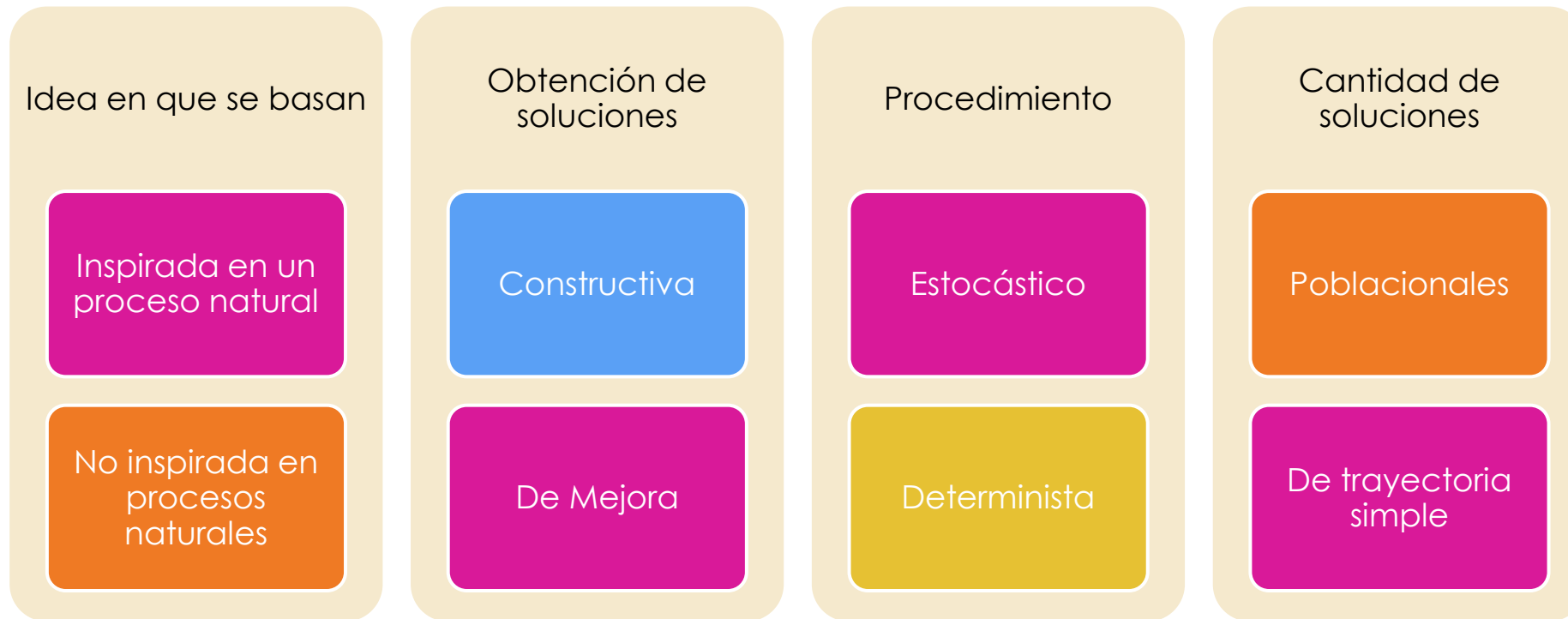
Ascensión de Colinas

- ▶ La estrategia es llamada irrevocable porque el proceso no nos permite virar la atención hacia alternativas previamente no consideradas
- ▶ La estrategia es también útil en problemas donde la aplicación de un operador no afecta la aplicabilidad de otros operadores

¿Dónde falla?

- ▶ Un máximo local: es un estado que es mejor que todos sus vecinos pero no es mejor que algunos otros estados más lejanos. Todos los movimientos parecen empeorar las cosas
- ▶ Una meseta (*plateau*): es un área plana en el espacio de búsqueda en la cual todo el conjunto de estados vecinos tiene el mismo valor

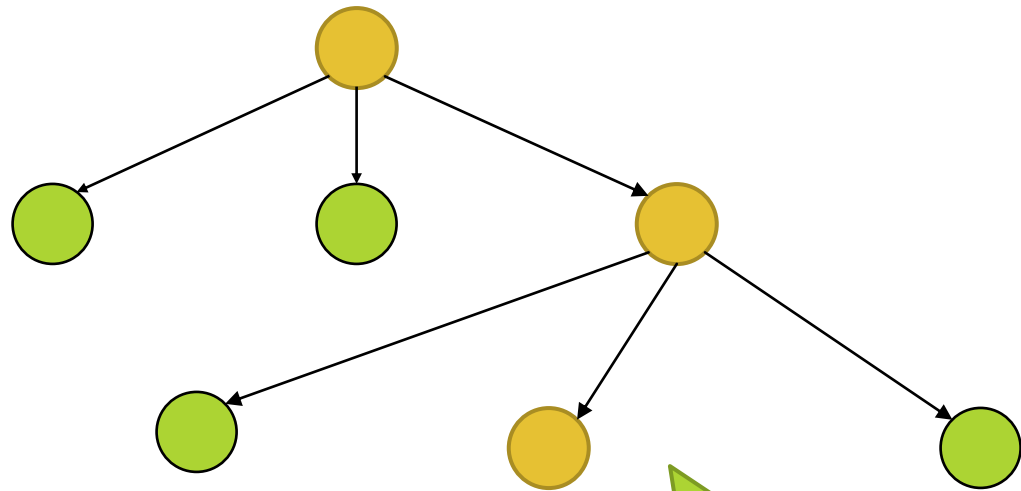
Clasificación



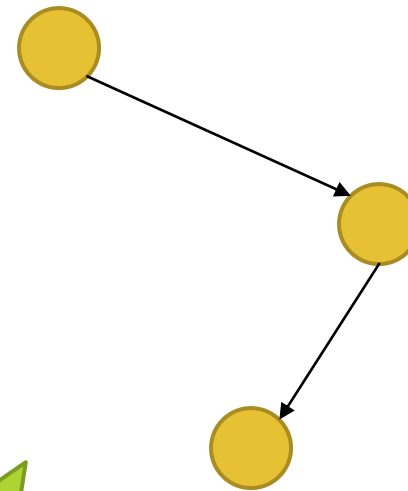
Ascensión de Colinas con mutación aleatoria

- ▶ Es una variante de la Ascensión de Colinas, donde a partir de un estado, se genera otro estado mediante procesos aleatorios
- ▶ No se inspeccionan todos los sucesores, sino solo el generado
- ▶ Si el estado generado supera al anterior, se considera como el estado actual

Diferencias



Ascensión de Colinas



Ascensión de Colinas con
Mutación Aleatoria

Teorema No Free Lunch

- ▶ Para todas las medidas de desempeño, ningún algoritmo de búsqueda es mejor que otro cuando su desempeño es promediado sobre todas las posibles funciones discretas
- ▶ Medida de desempeño: cualquier medida de calidad de la solución (o conjunto de soluciones) o tiempo de calculo necesario para encontrar una solución aproximada
- ▶ El TNFL resulta en una demostración de la idea intuitiva de que no hay un método de búsqueda de propósito general que siempre sea efectivo, lo que da la oportunidad de desarrollar métodos de propósitos especiales

Estudio Independiente

- ▶ Russell & Norving. Artificial Intelligence - A Modern Approach – 1995
 - ▶ Capítulos 1 y 2
 - ▶ Capítulos 3 y 4
- ▶ Mitchell, M., Holland, J. H., & Forrest, S. (1993). Relative building-block fitness and the building block hypothesis. *D. Whitley, Foundations of Genetic Algorithms, 2*, 109-126. (Sección 5)

Estudio independiente

- ▶ Guía de la clase práctica #1
- ▶ Modelar los siguientes problemas con el uso de Ascenso de Colinas y Ascenso de colinas con mutación aleatoria
 - ▶ Problema de la mochila
 - ▶ Problema del viajero vendedor
 - ▶ Problema de mínimos de funciones no derivables

Estudio independiente

- ▶ Envío del informe escrito un día antes de la próxima actividad
- ▶ Debe subirse correctamente a la plataforma



¿Preguntas?