

## Bibliografía básica para el primer cuatrimestre

- ❑ **Russell, S. y Norvig, P.**  
*Inteligencia Artificial: Un Enfoque Moderno.*  
Prentice Hall, 2004, 2ª edición.
- ❑ **Luger, G.F.** (*Stubblefield, W.A. en ediciones previas*)  
*Artificial Intelligence.*  
Addison-Wesley, 2005, 5ª edición.
- ❑ **Rich, E. y Knight, K.**  
*Artificial Intelligence.*  
McGraw-Hill, 1991, 2ª edición. *Existe en castellano (1994).*
- ❑ **Nilsson, N.J.**  
*Artificial Intelligence: A New Synthesis.*  
Morgan Kaufmann, 1998. *Existe en castellano (2001).*

## Inteligencia Artificial e Ingeniería del Conocimiento

### ❑ Tema 1: Programación e Inteligencia Artificial

#### ❑ Introducción

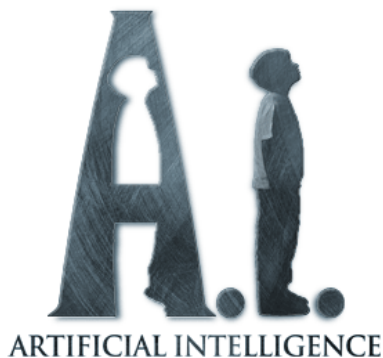
- ❑ ¿Qué es la Inteligencia Artificial?
- ❑ El test de Turing
- ❑ Capacidades asociadas a la inteligencia
- ❑ Frontera móvil de la IA

#### ❑ Aspectos fundamentales

#### ❑ Evolución histórica

#### ❑ Aplicaciones

# ¿Qué es la Inteligencia Artificial?



# ¿Qué es la Inteligencia Artificial?

- ☐ Dificultades para definir la IA
  - ☐ La IA intenta analizar y comprender los mecanismos que dan lugar a conductas inteligentes para, a partir de ahí, reproducir dichas **conductas** en máquinas (no necesariamente con los mismos mecanismos)
- ☐ Dificultad para definir la inteligencia
  - ☐ ¿Es una capacidad individual o es el nombre que se le da a una colección de habilidades distintas y no relacionadas?
  - ☐ ¿Se “aprende” la inteligencia o tiene una existencia “a priori”?
  - ☐ ¿Qué ocurre exactamente cuando se produce aprendizaje?
  - ☐ ¿Qué es la creatividad?
  - ☐ ¿Qué es la intuición?
  - ☐ ¿Puede deducirse inteligencia simplemente a partir del comportamiento observable?
  - ☐ ...

# ¿Qué es la IA?

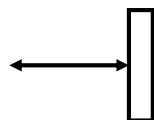
- ❑ Estas preguntas han contribuido al planteamiento tanto de los problemas como de las metodologías para resolverlos que constituyen el núcleo de la IA moderna

Colección de problemas y metodologías de los que se ocupan los investigadores en IA

- ❑ Dificultad de dar con una definición precisa de la IA
  - ❑ La IA es aún una disciplina joven
  - ❑ Su estructura, intereses y métodos no están definidos ni fijados con tanta claridad como en una ciencia madura
- ❑ La IA siempre ha estado más interesada en ampliar las capacidades de la informática que en definir sus límites

## El test de Turing (1950)

- ❑ Medida de inteligencia **conductiva**: el test de Turing (1950)
  - ❑ Dos personas y la máquina/programa a evaluar
  - ❑ Un entrevistador humano intenta determinar, realizando preguntas durante cierto tiempo, cuál de sus interlocutores es una máquina
  - ❑ “Juego de imitación” en que el computador trata de hacerse pasar por un ser humano
    - ❑ Tanto las destrezas como las flaquezas...



A (máquina o persona)

B (máquina o persona)

- ❑ Algunas personas “inexpertas” han sido engañadas
  - ❑ Eliza, Alice en la competición del Loebner Prize del 2001, ...
- ❑ Ningún programa ha superado esta prueba frente a jueces expertos
- ❑ Aún se conserva vigente, se sigue discutiendo sobre él, pero las aplicaciones de IA no suelen tenerlo en cuenta

## Anécdota de Bobrow: DOCTOR (variante de Eliza)

- ✓ ¿Puedo utilizar el ordenador esta mañana?
  - ✓ ¿Por qué me lo pregunta?
- ✓ Pienso que podría hacer unas ventas adicionales de nuestro sistema.
  - ✓ ¿Por qué no está seguro?
- ✓ Mis clientes no han visto nunca una demo del sistema.
  - ✓ ¿Significa esto mucho para usted?
- ✓ Por supuesto.
  - ✓ Parece usted muy seguro
- ✓ Esto es absurdo...
  - ✓ ¿Qué quiere decir usted con que esto es absurdo?
- ✓ ¿Existe alguna razón por la que no pueda usar el ordenador AHORA?
  - ✓ Cuénteme más cosas de sus clientes
- ✓ Por favor, telefonéeme inmediatamente al 491-1850

## El test de Turing

- ❑ El test de Turing pretende determinar la “inteligencia” de una máquina/programa como capacidad global
  - ❑ Sólo mide comportamiento inteligente; no cómo se ha llegado a él
    - ❑ Hipótesis de la IA débil: es posible que las máquinas actúen con inteligencia (como si fueran inteligentes)
    - ❑ Hipótesis de la IA fuerte: es posible que las máquinas piensen realmente
- ❑ Midiendo aspectos parciales de la inteligencia o dominios concretos de aplicación, podemos hacer pruebas mucho más específicas
  - ❑ Clasificación de la calidad de juego de ajedrez de un programa con respecto a la clasificación de jugadores humanos o comparativamente con otros programas
  - ❑ Traductores automáticos: analizar número y tipo de errores en un párrafo
  - ❑ Dinero ahorrado por la aplicación de un sistema experto a la solución de un problema concreto...
  - ❑ Comparación de un sistema experto con un experto

## Capacidades asociadas a la inteligencia

- ☐ Las **conductas inteligentes** requieren capacidades de
  - ☐ percepción
    - ☐ procesamiento del LN, visión computacional...
    - ☐ representación del conocimiento
  - ☐ razonamiento
    - ☐ razonamiento automático para usar la información almacenada
    - ☐ responder a preguntas, extraer conclusiones...
  - ☐ aprendizaje
    - ☐ aprendizaje automático
    - ☐ adaptación a nuevas circunstancias, detectar y extrapolar patrones...

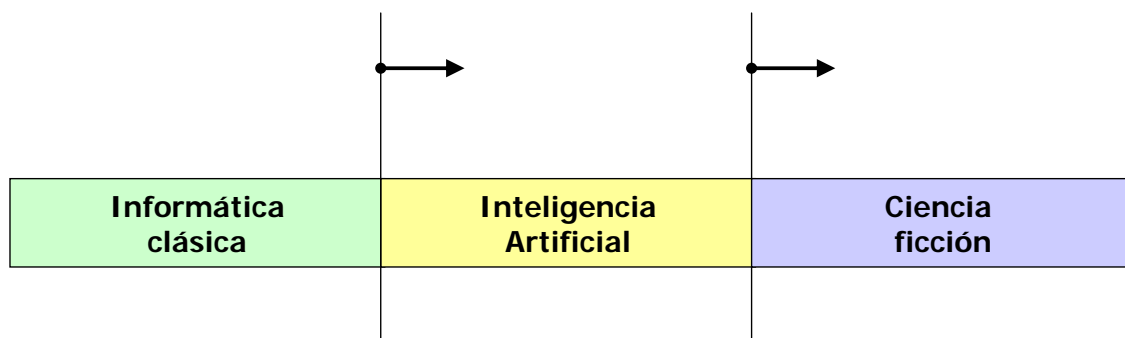
### ☐ ¿Pueden **pensar las máquinas**?

## Capacidades asociadas a la inteligencia

- ☐ Muchas de nuestras capacidades presentan serias dificultades para ser implementadas en una máquina
  - ☐ Visión
  - ☐ Reconocimiento de una persona por su voz
  - ☐ Cambio de expectativas: facilidad de adaptación
- ☐ Disponemos de gran flexibilidad (**adaptabilidad => aprendizaje**)
  - ☐ Los programas inteligentes funcionan sólo en los dominios y en las condiciones para los que fueron escritos
  - ☐ Al principio no mejoraban su comportamiento con la experiencia
- ☐ En los comienzos de la IA, los esfuerzos se concentraron en actividades que requerían “*mucha inteligencia*” (p.e. ajedrez) dejando de lado actividades de **sentido común**, que actualmente se consideran mucho más difíciles de reproducir

## Frontera móvil de la IA

- ❑ Frontera entre programación tradicional e IA
  - ❑ La IA es programación
  - ❑ Frontera móvil: cuando algo funciona ya no es IA
  - ❑ La IA se ocupa de aquellos problemas para los que no existen soluciones algorítmicas satisfactorias y de aquellos que requieren el manejo explícito del conocimiento
- ❑ La IA se ocupa de tareas que, de momento, la gente realiza mejor



## Enfoques distintos de la IA

- ❑ Enfoque centrado en el comportamiento humano
  - ❑ Concepción de la IA como investigación relativa a los mecanismos de inteligencia humana que emplea el ordenador como herramienta de simulación para la validación de teorías
  - ❑ Ciencia empírica, con hipótesis y confirmaciones mediante experimentos
  - ❑ Orientado a la creación de un sistema artificial que sea capaz de realizar los procesos cognitivos humanos. Desde este punto de vista no es tan importante la utilidad del sistema creado (qué hace), como lo es método empleado (cómo lo hace)
  - ❑ Aspectos fundamentales: el aprendizaje y la adaptabilidad. Ambos presentan gran dificultad para ser incluidos en un sistema cognitivo artificial
  - ❑ Algunos autores representativos: Newell y Simon de la Carnegie Mellon University (CMU)

# Enfoques distintos de la IA

## ☐ Enfoque racional

- ☐ Concepción de IA como el intento de desarrollar una tecnología capaz de suministrar al ordenador capacidades de razonamiento similares (o aparentemente similares) a las de la inteligencia humana
- ☐ Racionalidad: **concepto ideal de inteligencia**  
Un sistema es racional si hace “lo correcto” en función de su conocimiento
  - ☐ No siempre actuamos así; no somos perfectos
- ☐ Combinación de matemáticas e ingeniería
- ☐ El enfoque más práctico: se centra en los resultados obtenidos, en la utilidad, y no tanto en el método
- ☐ Temas claves: representación y gestión del conocimiento
- ☐ Algunos autores representativos: McCarthy y Minsky del MIT

- ☐ Frecuentemente ambos enfoques no se pueden distinguir, ni siquiera en muchos trabajos de los autores mencionados como significativos

# Inteligencia Artificial e Ingeniería del Conocimiento

## ☐ Tema 1: Programación e Inteligencia Artificial

- ☐ Introducción
- ☐ Aspectos fundamentales
  - ☐ Hipótesis del sistema de símbolos físicos
  - ☐ Aproximación simbólica versus aproximación subsimbólica
  - ☐ Técnicas de la Inteligencia Artificial
  - ☐ Espacio de estados y búsqueda
  - ☐ Representación del conocimiento
  - ☐ Mecanismos de inferencia
  - ☐ Paradigmas básicos
- ☐ Evolución histórica
- ☐ Aplicaciones



# Hipótesis del sistema de símbolos físicos (SSF)

- ❑ Hipótesis del sistema de símbolos físicos (Newell y Simon, 1976)
  - “Un SSF tiene los medios necesarios y suficientes para producir un comportamiento inteligente”
- ❑ Cualquier sistema (humano, animal o máquina) que exhiba inteligencia debe operar manipulando estructuras compuestas por símbolos
  - ❑ sumar números, reordenar listas de símbolos, reemplazar unos símbolos por otros, etc.
- ❑ Un símbolo es algo que representa a otra cosa (objeto físico o concepto)
  - ❑ El símbolo ‘7’ representa al concepto 7
  - ❑ Un símbolo es algo físico
- ❑ La noción de símbolo es la que establece el vínculo crucial entre la IA y los sistemas formales (lógica, matemáticas)
- ❑ Computación simbólica: los símbolos pueden representar cualquier cosa
  - ❑ LPs que ofrecen primitivas para facilitar su manipulación

## Aproximación simbólica vs. aprox. subsimbólica

- ❑ La hipótesis del SSF es la base de la **aproximación simbólica** a la IA
  - “Un SSF tiene los medios necesarios y suficientes para producir un comportamiento inteligente”
- ❑ La mayoría de los sistemas de la IA clásica asumen esta hipótesis
  - ❑ Sistemas simbólicos o declarativos
- ❑ **Aproximación subsimbólica**
  - ❑ Otra corriente se basa en la creencia de que el comportamiento inteligente es, en su mayor parte, el resultado de lo que ellos llaman procesamiento subsimbólico (procesamiento de señales, no de símbolos)
    - ❑ Ejemplos más significativos: redes neuronales artificiales, algoritmos genéticos

**Propósito de la IA:** hacer computacional el *conocimiento* humano por procedimientos simbólicos, subsimbólicos o híbridos



## Aproximación simbólica

- ❑ Nivel de conocimiento (nivel conceptual) →  
nivel simbólico (nivel lógico) →  
nivel de implementación (nivel físico)
  - ❑ El conocimiento se representa en un SSF (nivel simbólico)
    - ❑ “Juan cogió el balón” → (cogió-objeto juan-2 balón-17)
  - ❑ Se modela la realidad mediante un SSF
  - ❑ El SSF, a su vez, se implementa en un LP (procesa símbolos)
  - ❑ A partir de las expresiones simbólicas introducidas se infieren nuevas estructuras simbólicas que pueden ser interpretadas para obtener su correspondencia a nivel de conocimiento
    - ❑ Nivel de implementación → nivel simbólico → nivel de conocimiento
  - ❑ Igual que podemos elegir distintas implementaciones para un SSF también podemos elegir distintos SSF para representar el conocimiento.

## Técnicas de la Inteligencia Artificial

- ❑ Técnicas de la Inteligencia Artificial
  - ❑ Además de los métodos generales de la computación, en IA se utilizan técnicas específicas
  - ❑ Éstas se diferencian del enfoque algorítmico clásico, no dando por hecho que se dispone de toda la información necesaria para llegar a una solución óptima del problema abordado
  - ❑ En IA las decisiones se basan en un conocimiento parcial que no garantiza encontrar el óptimo
  - ❑ Se considera inteligencia a saber sacar el máximo provecho a la información disponible para tratar de obtener el resultado deseado
    - ❑ Compromiso entre exhaustividad del análisis y calidad del resultado
    - ❑ Se sacrifica la seguridad de obtener soluciones óptimas por la ventaja de poder operar con información incompleta
  - ❑ Las técnicas computacionales desarrolladas dentro de este marco metodológico se denominan **heurísticas**

# Espacio de estados y búsqueda

- ❑ Espacio de estados y búsqueda
  - ❑ Planteamiento de los problemas de IA como una búsqueda en el espacio de los posibles estados en que se puede encontrar un problema
  - ❑ Representación del **espacio de estados**
    - ❑ un estado inicial,
    - ❑ uno o varios estados objetivo,
    - ❑ los operadores permitidos para cambiar de estado (o función sucesor) y
    - ❑ la función de coste de la solución.
  - ❑ La **búsqueda** de la solución se plantea como una búsqueda en este espacio de estados
  - ❑ Este paradigma es totalmente general, lo cual constituye su principal ventaja y su principal inconveniente. Para problemas de tamaño real es necesario dirigir esta búsqueda añadiendo **conocimiento heurístico**

# Representación del conocimiento

- ❑ Representación del conocimiento
  - ❑ El conocimiento que necesitamos puede ser representado de múltiples maneras, utilizando diversos formalismos para construir bases de conocimiento como
    - ❑ estructuras de ranura y relleno
    - ❑ fórmulas lógicas
    - ❑ reglas (sistemas de producción)
    - ❑ o combinaciones y modificaciones de los anteriores
  - ❑ Para evaluar si una técnica de representación es adecuada para un problema hay que considerar:
    - ❑ Potencia expresiva para representar todo el conocimiento necesario
    - ❑ Potencia de los mecanismos de inferencia soportados por esa técnica

# Mecanismos de inferencia

## ❑ Mecanismos de inferencia

### ❑ Inferencia: obtención de nuevo conocimiento a partir del conocimiento de partida

#### ❑ Deducción:

A partir de leyes generales obtenemos conocimiento particular.

Inferencia lógicamente correcta: premisas ciertas => conclusión verdadera

#### ❑ Inducción:

Es la generalización de la información extraída de casos particulares. No se puede garantizar la validez de la inferencia. Es la base del aprendizaje

#### ❑ Abducción:

Es la capacidad de generar explicaciones plausibles para un cierto hecho que ha ocurrido.

❑ Ej.: un paciente tiene la piel amarilla. Sabemos que algunas enfermedades del hígado provocan el color amarillo en la piel => probablemente el paciente tenga una enfermedad del hígado

❑ Ej.: comprensión de texto (explicación mental razonable)

Es posible que existan multitud de explicaciones (o justificaciones) posibles, pero el objetivo es obtener las más plausibles

# Paradigmas básicos

## ❑ Paradigmas básicos

### ❑ Paradigma lógico

### ❑ Paradigma de búsqueda heurística

### ❑ Paradigma basado en el conocimiento

### ❑ Paradigma conexionista

### ❑ Paradigma basado en la experiencia

} el aprendizaje como característica esencial

## ❑ Es difícil encontrarlos en estado puro

❑ En los sistemas reales suele apreciarse la existencia de uno o varios de estos paradigmas

❑ Ninguno de los paradigmas reproduce la totalidad de las facetas del comportamiento humano en la resolución de problemas

## ❑ Tema 1: Programación e Inteligencia Artificial

- ❑ Introducción
- ❑ Aspectos fundamentales
- ❑ Evolución histórica
  - ❑ Fundamentos
  - ❑ Campos afines
  - ❑ Evolución histórica
- ❑ Aplicaciones

## Evolución histórica: fundamentos

- ❑ Filosofía: se delimitan las ideas más importantes de la IA
  - ❑ ¿Se pueden utilizar reglas formales para extraer conclusiones válidas?
  - ❑ ¿Cómo se genera la inteligencia mental a partir de un cerebro físico?
  - ❑ ¿De dónde viene el conocimiento? *¿Sólo de la experiencia?*
  - ❑ ¿Cómo se pasa del conocimiento a la acción?
- ❑ Matemáticas (lógica, computación, probabilidad)
  - ❑ ¿Qué reglas formales son las adecuadas para obtener conclusiones válidas?
  - ❑ ¿Qué se puede computar?
    - ❑ Teorema de incompletitud de Gödel: existen aseveraciones verdaderas cuya validez no es decidible mediante ningún algoritmo
    - ❑ Tesis de Church-Turing: cualquier función computable es calculable mediante una máquina de Turing
      - ❑ Problema de parada (ejemplo clásico de problema indecidible)
  - ❑ ¿Cómo se razona con información incierta?

## Evolución histórica: campos afines

- ❑ Neurociencia: ¿cómo procesa información el cerebro?
  - ❑ La forma exacta en la que en un cerebro se genera el pensamiento es uno de los grandes misterios de la ciencia
  - ❑ Conclusión de los estudios: una colección de simples células puede llegar a generar razonamiento, acción y conciencia (es decir, inteligencia)
- ❑ Psicología: ¿cómo piensan y actúan los humanos y los animales?
  - ❑ Psicología cognitiva: el cerebro como un mecanismo de procesamiento de información
  - ❑ Influye en la creación del campo de la ciencia cognitiva (MIT, 1956): uso de modelos informáticos para modelar la psicología de la memoria, del lenguaje (Chomsky) y del pensamiento lógico (Newell, Simon)
- ❑ Lingüística: ¿cómo está relacionado el lenguaje con el pensamiento?
  - ❑ La lingüística moderna y la IA “nacieron” y maduraron juntas, solapándose en un campo híbrido: lingüística computacional o procesamiento del lenguaje natural

## Evolución histórica

- ❑ Génesis (1943-1955)
  - ❑ 1943: Redes neuronales (McCulloch y Pitts)
    - ❑ Desarrollo en paralelo con la arquitectura convencional de Von Neumann
  - ❑ 1950: Turing publica su artículo *Computing Machinery and Intelligence*
    - ❑ En él introduce el llamado test de Turing, el aprendizaje automático, los algoritmos genéticos y el aprendizaje por refuerzo
  - ❑ 1951: Minsky y Edmonds, doctorandos de matemáticas en Princeton, construyen el primer computador basado en una red neuronal
- ❑ Nacimiento de la Inteligencia Artificial (1956)
  - ❑ McCarthy quiere aumentar el interés de los investigadores americanos en teoría de autómatas, redes neuronales y el estudio de la inteligencia. Convince a 3 de ellos para organizar un taller de 2 meses en el verano de 1956 en el [Dartmouth College](#), Asistieron 10 personas: las que condujeron el campo en los primeros años (Minsky, Shannon, Simon y Newell con su [Logic Theorist \(LT\)](#),...). Se acuña el término [IA](#)

## Evolución histórica

- ❑ Entusiasmo inicial, grandes esperanzas (1952-1969)
  - ❑ La mayoría de la comunidad científica prefirió creer que “una máquina nunca podría realizar *tareas*”
  - ❑ Los investigadores de IA respondían demostrando la realización de una *tarea* tras otra. McCarthy habla de esa época como la de “¡Mira, mamá, ahora sin manos!”
    - ❑ Programas para **jugar a las damas con aprendizaje (Samuel)**, al ajedrez, demostradores de teoremas (geometría)...
  - ❑ 1958: año histórico, en el que McCarthy y Minsky se trasladan al MIT donde se crea el primer laboratorio de IA
    - ❑ McCarthy crea el lenguaje **Lisp**
    - ❑ Idean el **tiempo compartido**, para solucionar el problema de acceso a los escasos y costosos recursos de cómputo
    - ❑ McCarthy publica un artículo en el que describe el que puede considerarse el primer sistema de IA completo: el **Generador de Consejos**. Incorpora los principios centrales de la representación del conocimiento y el razonamiento

## Evolución histórica

- ❑ McCarthy se centra en la representación y el razonamiento con lógica formal, mientras que Minsky está más interesado en que los programas funcionen. Dejan de colaborar
- ❑ Programas para realizar una variedad de tareas de razonamiento (objetivo: resolutores generales de problemas)
  - ❑ **General Problem Solver (GPS)**: pensar como un humano. Desarrollado por Newell, Shaw y Simon en la Carnegie Mellon University (CMU). La motivación era la de entender la mente humana
  - ❑ **STRIPS**: resolutor general de problemas para el robot SHAKEY, realizado por Fikes y Nilsson en el SRI (Stanford Research Institute)
  - ❑ **DENDRAL**: sistema que identifica estructuras moleculares a partir de espectros de masas y resonancia magnética nuclear (1965, Buchanan y Feigenbaum en el Stanford Heuristic Programming Project)
- ❑ Traducción automática. Objetivo: leer Pravda sin saber ruso => financiación militar
  - ❑ El informe ALPAC en 1966 concluyó que no era rentable. En realidad lo más costoso era la introducción de texto en el computador

## Evolución histórica

- ❑ Aportaciones de la década de los 60
  - ❑ Falta de éxito en la resolución de problemas significativos
  - ❑ Éxito por las contribuciones a la comprensión de la resolución de problemas. Dos ideas básicas:
    1. papel de la **búsqueda** en la resolución de problemas
    2. papel clave del **conocimiento** en el control de la búsqueda (conclusión obtenida del fracaso de los sistemas por su carencia de conocimiento específico. P.e. sistemas de traducción con sólo reglas sintácticas básicas y diccionarios palabra a palabra)
- ❑ Gran interés por los programas de juegos
  - ❑ Es más fácil medir el éxito
  - ❑ Reglas muy simples => parecía que se podía obviar el problema del conocimiento: bastaba explorar el árbol de posibles movimientos conociendo sólo las reglas
  - ❑ Esta aproximación falla por la **explosión combinatoria** (del orden de  $35^{100}$  posibilidades para el ajedrez) => **necesario conocimiento**

## Evolución histórica

- ❑ Una dosis de realidad (1966-1973)
  - ❑ Los éxitos, debidos a que los primeros sistemas de IA actuaban sobre problemas simples, generaron un exceso de confianza
  - ❑ En la mayoría de los casos, estos sistemas fallaron estrepitosamente cuando se utilizaron en problemas más variados o de mayor dificultad
    - ❑ Los programas contaban con poco o ningún conocimiento sobre la materia objeto de estudio
      - ❑ “The spirit is willing but the flesh is weak” (re-traducción)
      - ❑ “El espíritu es fuerte pero la carne es débil”
      - ❑ “El vodka es bueno pero la carne está podrida”
    - ❑ Muchos problemas que se estaban intentando resolver eran intratables
    - ❑ Incapacidad para manejar la “explosión combinatoria”
      - ❑ Principal crítica del informe Lighthill, en el que se basó el gobierno británico para retirar la ayuda a la investigación sobre IA



## Evolución histórica

- ❑ Sistemas basados en el conocimiento (1969-1979)
  - ❑ Se asume la necesidad de **conocimiento específico del dominio** (ya en DENDRAL)
  - ❑ **SHRDLU** (Winograd) aceptaba órdenes para manipular y contestar preguntas sobre un conjunto de bloques
    - ❑ Conocimiento sobre los bloques para desambiguar las órdenes
    - ❑ Utilizaba un mundo de bloques demasiado trivial como dominio
    - ❑ Sistema de tratamiento de LN (restringido a los bloques) con conocimiento representado en forma procedimental
  - ❑ **MYCIN**, desarrollado por el Dr. Shortliffe (junto con Buchanan y Feigenbaum, los mismos de DENDRAL) en el Stanford Heuristic Programming Project
    - ❑ Diagnóstico y recomendación de tratamiento para enfermedades infecciosas de la sangre (conocimiento experto)
    - ❑ Separación de la base de conocimiento (unas 450 reglas condición-acción) del código (motor de inferencia)
    - ❑ Razonamiento incierto. Factores de certeza en las reglas

## Evolución histórica

- ❑ Aportaciones de MYCIN
  - ❑ Utiliza dos ideas previas importantes:
    1. **Incorporar conocimiento específico del dominio** (como en DENDRAL)
    2. **Separar el conocimiento del programa que lo utiliza** (McCarthy ya lo había hecho)
  - ❑ Constituye el origen de los sistemas expertos (como arquitectura específica) y también dio lugar a la Ingeniería del Conocimiento
    - ❑ Era necesario extraer el conocimiento de los expertos, para lo cual se empezó a utilizar el **análisis de protocolos** (expertos piensan en voz alta mientras resuelven un problema; ya usado por Allen y Newell)
  - ❑ También constituye un paso importante en cuanto al razonamiento incierto
- ❑ Demanda de esquemas de representación del conocimiento que funcionaran
  - ❑ Nacimiento de Prolog, con gran aceptación en Europa

## Evolución histórica

- ❑ La IA se convierte en industria (desde 1980)
  - ❑ Los sistemas expertos salen del marco de los laboratorios de investigación y se empiezan a utilizar en la industria
    - ❑ Hay que rentabilizar la investigación
    - ❑ La IA debe convertirse en un producto
    - ❑ Casi todas las compañías importantes de EE.UU. tenían su propio grupo de IA, en el que utilizaban o investigaban con sistemas expertos
  - ❑ R1 (ahora, XCON), John McDermott en CMU + Digital
    - ❑ “Hace seis meses no sabíamos nada de sistemas expertos y ahora *we are(R) one(1)*”
    - ❑ Produce configuraciones de VAX adaptadas a las necesidades de los usuarios
    - ❑ Consiguió ahorrar 40 millones de dólares por año
  - ❑ Shells o armazones
    - ❑ No son útiles para el usuario final sino para el ingeniero del conocimiento
    - ❑ Obvian el problema real: ¿qué conocimiento?

## Evolución histórica

- ❑ 1981: Proyecto japonés de 5ª generación
  - ❑ Construcción de máquinas inteligentes para la ejecución directa de Prolog, realizando millones de inferencias por segundo
  - ❑ Tratamiento masivo del lenguaje natural
  - ❑ Proyecto a 10 años que no consiguió los objetivos que se proponía pero que consiguió reanimar la investigación en IA en Europa y EE.UU., que incrementaron la financiación de la investigación para no quedarse atrás con respecto a Japón
    - ❑ En EE.UU. se crea un consorcio encargado de mantener la competitividad nacional en esas áreas. Tampoco alcanzan sus objetivos
    - ❑ En el Reino Unido, el informe Alvey restaura el patrocinio suspendido por el informe Lighthill (creando un nuevo campo denominado *Intelligent Knowledge-Based Systems*, ya que la IA había sido oficialmente cancelada)
- ❑ Resurgimiento de las redes neuronales desde 1986 (conexionismo)
- ❑ Brooks: inteligencia sin representación
  - ❑ El comportamiento inteligente emerge de la interacción entre agentes autónomos (sistemas sociales)

## Evolución histórica

### ❑ Años 90

- ❑ Se sustituye el término **sistema experto** por **sistema basado en conocimiento**
  - ❑ Estos sistemas incluyen también algún tipo de conocimiento de sentido común
- ❑ Se cuestionan los sistemas expertos por su arquitectura basada en reglas
  - ❑ Muchos tipos de conocimiento no son expresables en forma de reglas
  - ❑ Sistemas basados en casos
  - ❑ Confrontación CBR frente a RBR + sistemas híbridos
- ❑ Agentes inteligentes
- ❑ Business Intelligence
- ❑ Minería de datos
- ❑ Deep Blue
  - ❑ 1997: Kasparov 2.5 Deep Blue 3.5 (1996, 1989)
  - ❑ Las acciones de IBM se disparan

## Evolución histórica

### ❑ Actualmente

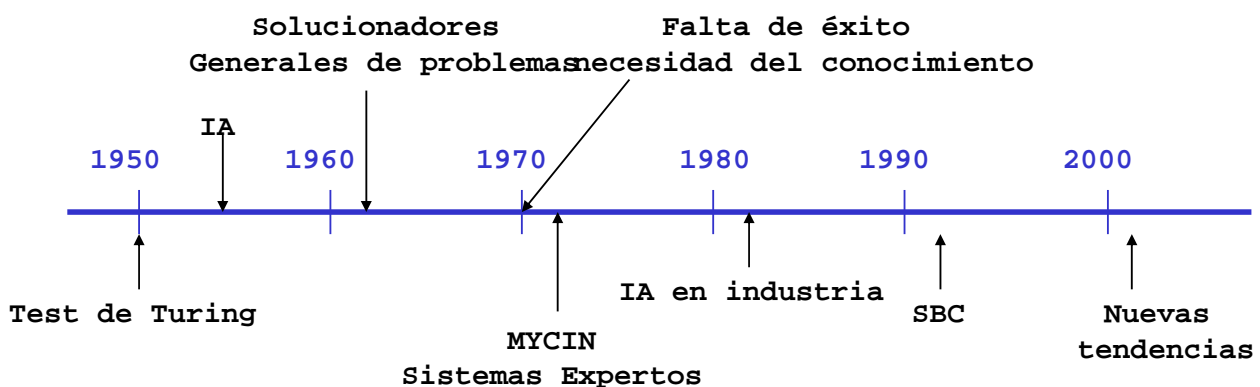
- ❑ Se trabaja en dos frentes complementarios
  - ❑ Investigación en laboratorios de problemas no resueltos (ciencia)
  - ❑ Desarrollos basados en técnicas previamente establecidas (ingeniería)
- que, en realidad, se corresponden con dos tipos de motivaciones complementarias que han existido desde el principio de la IA
  - ❑ Entender mejor la mente humana construyendo programas que la modelen (*el científico construye para aprender*)
  - ❑ Hacer programas que realicen tareas que hasta ahora sólo hacen las personas (*el ingeniero aprende para construir*)
- ❑ Formalismo versus creatividad e innovación
  - ❑ Ambas orientaciones son necesarias
  - ❑ Las nuevas ideas deben cimentarse adecuadamente (en su momento o a posteriori)

# Evolución histórica

- ❑ La filosofía racionalista (base de la IA clásica) se cuestiona
- ❑ Modelos neuronales (conexionismo):
  - ❑ Lograr inteligencia modelando la arquitectura del cerebro
  - ❑ Se centran en la capacidad del cerebro para adaptarse al entorno modificando las relaciones entre las neuronas
- ❑ Vida artificial y algoritmos genéticos (evolución):
  - ❑ Poblaciones de soluciones candidatas para resolver un problema compiten entre sí (adaptación de las especies al entorno)
- ❑ Agentes (sistemas sociales, comportamientos emergentes):
  - ❑ La inteligencia se refleja por los comportamientos colectivos de un gran número de individuos semi-autónomos muy simples que interactúan entre sí

## Resumen

- ❑ Dificultades para definir la IA
- ❑ Conductas inteligentes = percepción + razonamiento + aprendizaje
- ❑ ¿Cómo medir la inteligencia? ¿El test de Turing es la solución?
  - ❑ Definición funcional de inteligencia
  - ❑ Intentar medir aspectos parciales con criterios específicos
- ❑ Evolución histórica



## ❑ Tema 1: Programación e Inteligencia Artificial

- ❑ Introducción
- ❑ Aspectos fundamentales
- ❑ Evolución histórica
- ❑ Aplicaciones
  - ❑ Juegos
  - ❑ Razonamiento automático y demostradores de teoremas
  - ❑ Sistemas expertos
  - ❑ Tratamiento del lenguaje natural
  - ❑ Planificación y robótica
  - ❑ Aprendizaje máquina
  - ❑ Agentes
  - ❑ Ejemplos de aplicaciones concretas
  - ❑ Robots

## Aplicaciones

### ❑ Juegos

- ❑ La mayor parte de la investigación inicial en búsquedas en espacios de estados se hizo con juegos de tablero
  - ❑ Conjunto de reglas de juego bien definido que facilita la definición del espacio de estados
  - ❑ Las configuraciones de tablero se representan fácilmente en una máquina
  - ❑ Las pruebas de estos programas no presentan ninguna complicación ética ni financiera
- ❑ Los juegos pueden generar espacios de búsqueda inmensos
  - ❑ Se precisan técnicas para determinar qué alternativas se exploran
  - ❑ Estas técnicas se llaman heurísticas (área de investigación en IA)
  - ❑ Vienen a ser estrategias de resolución de problemas (que los humanos usamos y donde reside parte de la inteligencia)
  - ❑ Los juegos son un dominio extremadamente rico para el estudio de la búsqueda con heurísticas

## Aplicaciones

- ❑ Razonamiento automático y demostradores de teoremas
  - ❑ Es una de las ramas más antiguas y fructíferas de la IA (Russell y Whitehead con las matemáticas, Newell y Simon con LT y GPS)
  - ❑ Responsable de la mayoría de los trabajos iniciales en
    - ❑ formalización de algoritmos de búsqueda
    - ❑ desarrollo de lenguajes formales de representación (LPO, Prolog)
  - ❑ Al ser un sistema formal, la lógica lleva a la automatización
    - ❑ Permite el abordaje de multitud de problemas
  - ❑ Los esfuerzos iniciales fallaron
    - ❑ Búsquedas ciegas
  - ❑ Desarrollo de heurísticas guiadas por la sintaxis. Sigue el interés
    - ❑ Aplicable a diseño y verificación de circuitos lógicos, verificación de programas, control de sistemas complejos
    - ❑ Incorporan la interactividad convirtiéndose en “asistentes inteligentes”

## Aplicaciones

- ❑ Sistemas expertos
  - ❑ Se asume la importancia del conocimiento específico del dominio
  - ❑ Se basan en el conocimiento de un humano, experto en el dominio
    - ❑ Comprensión teórica del dominio junto con una colección de reglas heurísticas de resolución de problemas avaladas por la experiencia
  - ❑ Desarrollo mediante refinamientos sucesivos
  - ❑ La mayoría se han centrado en dominios muy especializados, con estrategias claramente definidas de resolución de problemas
  - ❑ Los problemas que dependen de una noción tan vaga como el “sentido común” son mucho más difíciles de resolver así
  - ❑ Tendencia a sobreestimarlos, a pesar de sus deficiencias
    - ❑ Dificultad de captura de un conocimiento “profundo” del dominio
    - ❑ Falta de robustez y flexibilidad
    - ❑ Incapacidad de ofrecer explicaciones cualitativas (sólo los pasos)
    - ❑ Dificultad de verificación: problema serio por las aplicaciones críticas
    - ❑ Escaso aprendizaje de la experiencia (dudas sobre su “inteligencia”)

## Aplicaciones

### ☐ Tratamiento del lenguaje natural

- ☐ Ha sido y es el motor principal de la IA
- ☐ Subyace a la mayoría de las aplicaciones: interfaces de programas, comprensión de noticias, filtrado de información...
- ☐ Objetivo histórico de la IA: creación de programas capaces de entender y generar el lenguaje humano
  - ☐ Éxito en contextos muy restringidos
  - ☐ Sistemas capaces de usar el lenguaje natural con la flexibilidad y generalidad propia del habla humana están fuera del alcance de las metodologías actuales
- ☐ La comprensión real depende de un conocimiento implícito sobre el dominio del discurso y la aplicación de conocimiento contextual para resolver omisiones y ambigüedades típicas del discurso
- ☐ Tarea: recolectar y organizar ese conocimiento implícito
- ☐ Aportaciones: desarrollo de una variedad de técnicas para estructurar el significado semántico usadas en la IA en general

## Aplicaciones

### ☐ Planificación y robótica

- ☐ La investigación en planificación comenzó como un esfuerzo para diseñar robots que pudiesen realizar sus tareas con cierto grado de flexibilidad reaccionando a los cambios del mundo exterior
- ☐ Actualmente se aplica para la coordinación de cualquier conjunto de tareas u objetivos complejos
  - ☐ Agentes
  - ☐ Control de aceleradores de partículas
- ☐ La resolución de problemas complejos requiere descomposición en tareas y planificación del orden de las tareas a realizar (que pueden interferir entre sí)
- ☐ Especialmente problemática es la planificación que permita reaccionar a condiciones ambientales cambiantes



## Aplicaciones

- ❑ Aprendizaje máquina (o aprendizaje automático)
  - ❑ La importancia del aprendizaje está fuera de toda duda, en particular porque es una de las partes más importantes del comportamiento inteligente
  - ❑ La mayoría de los sistemas expertos repetirán los mismos cálculos una y otra vez para resolver el mismo problema
  - ❑ La solución obvia es que los programas aprendan por sí mismos, ya sea a través de la experiencia, por analogía, a través de ejemplos o porque se les “diga” qué hacer
  - ❑ Aunque se trata de un área difícil, existen varios programas que sugieren que no es imposible
- ❑ Visión
  - ❑ Reconocimiento de objetos (puerta, borde, carretera...), caracteres escritos a mano, interpretación de escenas, etc.

## Aplicaciones

- ❑ Áreas de aplicación diversas
  - ❑ Medicina, diagnóstico de averías, toma de decisiones, control, temas legales, diseño, análisis químicos, búsqueda de yacimientos, prospección minera, programación automática (ISBC y robótica), tutores inteligentes, etc.
- ❑ Agentes
  - ❑ Agentes de interfaz, agentes web, etc.
  - ❑ SBC con una función muy concreta y con cierta capacidad de iniciativa (deciden cuándo intervienen)
  - ❑ Softbots o knowbots para facilitar el uso de internet
    - ❑ Papel de asistente personal o mayordomo
    - ❑ Inicialmente, observan las tareas del usuario
    - ❑ Posteriormente, intentan automatizar aquellas que el usuario realiza rutinariamente
    - ❑ Detectan a otros agentes en la red y colaboran con ellos

## Ejemplos de aplicaciones concretas

### ☐ El mundo del crédito

- ☐ SBCs para dar apoyo a decisiones de concesión de créditos
  - ☐ En los bancos
  - ☐ En las compañías de seguros
- ☐ Redes neuronales o CBR para detectar gastos fuera de lo corriente en una tarjeta de crédito
  - ☐ Cada cliente tiene un patrón de gastos reconocido
  - ☐ Si el uso de la tarjeta diverge significativamente del patrón, se supone que la tarjeta ha sido robada, y se cancela

### ☐ Microcirugía

- ☐ Muchos cirujanos utilizan asistentes robot en operaciones de microcirugía
  - ☐ Técnicas de visión por computadora para crear un modelo tridimensional de la anatomía interna del paciente
  - ☐ Ayudan en la colocación de instrumentos, reemplazamiento de caderas...

## Ejemplos de aplicaciones concretas

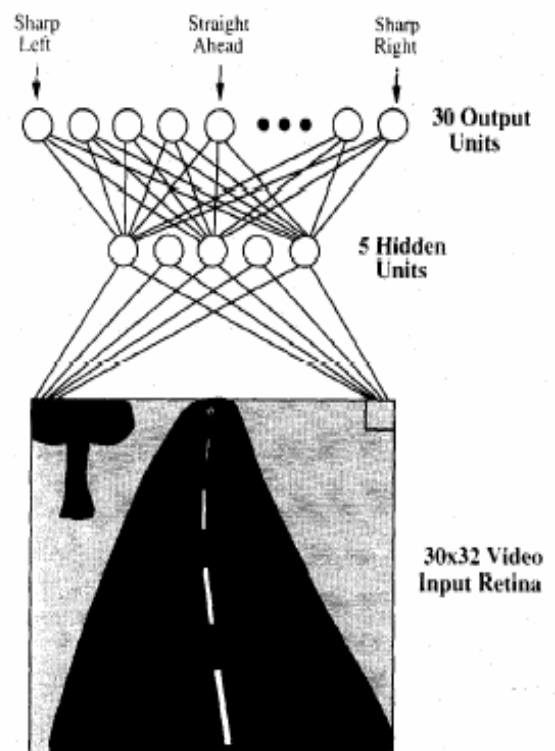
### ☐ Control por voz

- ☐ Sistemas de navegación de apoyo a la conducción
  - ☐ Introducir el destino usando la voz y el sistema de ruta comienza automáticamente
  - ☐ Durante la conducción, informa de los cruces, distancias, nombres de las calles...
- ☐ Hablar con el coche
- ☐ Control de luces y aparatos eléctricos usando órdenes a través de la voz

# Sistema de visión por computadora

## ALVINN

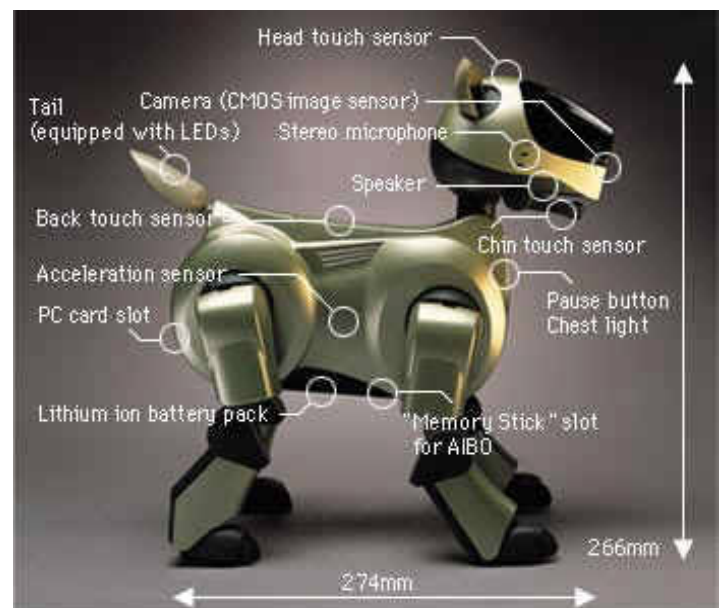
- Entrenado para dirigir un coche
- 2.850 millas por EE.UU. durante las que controló la dirección del vehículo el 98% del trayecto
- Procesa las imágenes de la carretera para calcular la mejor dirección, basándose en la experiencia de sus entrenamientos



# Robots

## AIBO (Sony)

- Robot de entretenimiento con capacidad de aprendizaje y sensores especializados
- Entiende órdenes
- Comportamiento programable
  - Aprende a reconocer hasta 50 palabras
  - Aprende a jugar a juegos específicos
  - Aprende a moverse por un entorno determinado
  - Hace ruiditos o "ladra"
- Salieron 5000 a la venta en 1999 y se agotaron en 20 minutos
- Cuesta 2.500\$



# Aibos

- ❑ Se está utilizando en todo el mundo para investigación en IA
- ❑ Categoría oficial de “Aibos” en la Robocup
  - ❑ <http://www.openr.org/robocup/index.html>
  - ❑ Competición de *fútbol robótico*, en la que juegan equipos de robots autónomos
- ❑ Plantea toda una gama de problemas prototipo para muchas otras aplicaciones de robótica más serias



## Aibo bebé (*Sony Computer Science Laboratory, Paris*)

- ❑ **Curiosidad artificial:** ¿puede un robot ser curioso?
  - ❑ Modelos plausibles del desarrollo humano en los primeros años de vida
    - ❑ IA, neurociencia, psicología del desarrollo, teorías de aprendizaje
  - ❑ Aprendizaje guiado por la curiosidad (con capacidad de aburrimiento)
  - ❑ Aprenden a explorar el mundo circundante
  - ❑ Establecen comunicación con su género
    - ❑ <http://playground.csl.sony.fr/>





# Robots

## ❑ ASIMO (Honda)

- ❑ Androide (robot humanoide –móvil y equipado con manipuladores–)
- ❑ Realiza tareas en un entorno real en el que viven personas
- ❑ Reconoce personas. Interpreta sus gestos y posturas
- ❑ Se dirige desde un control remoto portátil
- ❑ Tiene una altura de 120 cm. para que pueda llegar a los interruptores, alcanzar picaportes, y trabajar sobre una mesa
- ❑ Desplaza su centro de gravedad anticipándose a su siguiente movimiento
- ❑ 40 millones de yenes (300.000\$) por día alquilarlo



## Tecnología punta

### ❑ Dinámica corporal: flexibilidad y gracia

#### ❑ R. Daneel (Universidad de Tokyo)

- ❑ Responsive Dexterous Actions and Embodiment ELucidation
- ❑ Capacidad para levantarse de un salto
- ❑ [http://www.isi.imi.i.u-tokyo.ac.jp/projects/humanoid/daneel\\_html/movie/success\\_v2.mpg](http://www.isi.imi.i.u-tokyo.ac.jp/projects/humanoid/daneel_html/movie/success_v2.mpg)



#### ❑ QRIO (Sony)

- ❑ Quest for cuRIOsity
- ❑ Robot de entretenimiento
  - ❑ Se mueve con estabilidad (corre, baila, patina...), habla y recuerda a la gente, detecta obstáculos, crea mapas
- ❑ <http://www.sony.net/SonyInfo/QRIO/>



#### ❑ HOAP-2 (Fujitsu)

- ❑ Diseñado para ayudar a la investigación en robótica
- ❑ <http://www.newscientist.com/data/images/ns/9999/sumobot.wmv>



## Expo 2005 (Aichi, Japón)



Limpia-suelos



Actroid



Sillas de transporte



Robot de compañía



i-unit

<http://www-1.expo2005.or.jp/en/robot/>

## Test de Turing

- ☐ Test de Turing <http://cogsci.ucsd.edu/~asaygin/tt/ttest.html>
- ☐ Procesamiento de lenguaje natural
  - ☐ ELIZA <http://philly.cyberloft.com/bgoerlic/eliza.htm>
    - ☐ Java applet con código fuente incluido
  - ☐ TIPS <http://www.loebner.net/Prizet/whalen-bio.html>
    - ☐ Ganó el Loebner Prize del 1994
  - ☐ Chatterbots <http://www.simonlaven.com/>
  - ☐ A.L.I.C.E <http://alicebot.org/>
    - ☐ Ganador del Loebner Prize 2004 (y en el 2000 y el 2001)
  - ☐ More conversations with computers
    - ☐ <http://www.stanford.edu/group/SHR/4-2/text/dialogues.html>
- ☐ Artificial Intelligence NV (Ai) <http://www.a-i.com/>
  - ☐ El primer proyecto mundial en AI
  - ☐ Preveen que estarán preparados para pasar el Turing Test en el año 2011.

## Bibliografía

- ❑ **Russell, S. y Norvig, P.**  
Inteligencia Artificial: Un Enfoque Moderno.  
Prentice Hall, 2004, 2ª edición.
  - ❑ **Capítulos 1, 26 y 27**
- ❑ **Luger, G.F.**  
Artificial Intelligence.  
Addison-Wesley, 2005, 5ª edición.
  - ❑ **Capítulos 1 y 17**
- ❑ **Rich, E. y Knight, K.**  
Artificial Intelligence.  
McGraw-Hill, 1991, 2ª edición.
  - ❑ **Capítulo 1**

## Bibliografía

- ❑ **Sue Nelson y Richard Hollingham.**  
Cómo clonar a la rubia perfecta.  
Ediciones Nowtilus, 2005.
  - ❑ **Capítulo 2: Fabricar una diosa perfecta o los prodigios de la robótica**
  - ❑ <http://www.nowtilus.com/?isbn=84-9763-233-8>