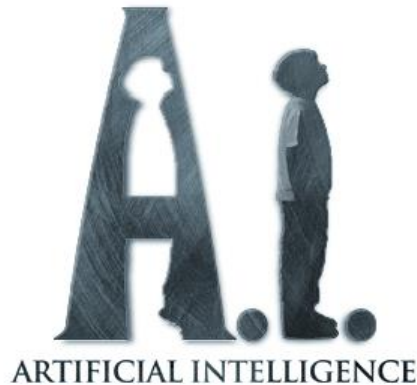


Grado en ingeniería informática  
**Inteligencia Artificial 2020/2021**

# 1. Introducción a la IA



Lecturas :

- CAPÍTULOS 1 + 2 de Russell & Norvig
- CAPÍTULOS 1 + 2 de Nilsson

# ¿Qué es la IA?

- ❑ **AAAI**: "la comprensión científica de los mecanismos sobre los que se basa el pensamiento y comportamiento inteligente, y su implementación en máquinas."
  - ❑ Comprender qué es inteligencia (más general que "pensamiento humano").
  - ❑ Construir dispositivos inteligentes.
- ❑ **Origen**:
  - ❑ Los primeros esfuerzos de la IA comienzan poco después de la Segunda Guerra Mundial
  - ❑ El nombre IA fue sugerido en una conferencia de J. McCarthy en el taller celebrado en Dartmouth (1956) [organizadores: J. McCarthy, M. L. Minsky, N. Rochester, y C.E. Shannon].
- ❑ **Comportamiento inteligente**
  - ❑ Percepción, razonamiento, aprendizaje, comunicación, interacción con un entorno complejo (incluidos otros agentes).
- ❑ **AI abarca**:
  - ❑ Representación del conocimiento, razonamiento automatizado, aprendizaje automático, procesamiento del lenguaje natural, percepción, visión por computadora, robótica.

# Tecnologías que conforman la IA (negrita más transversales)

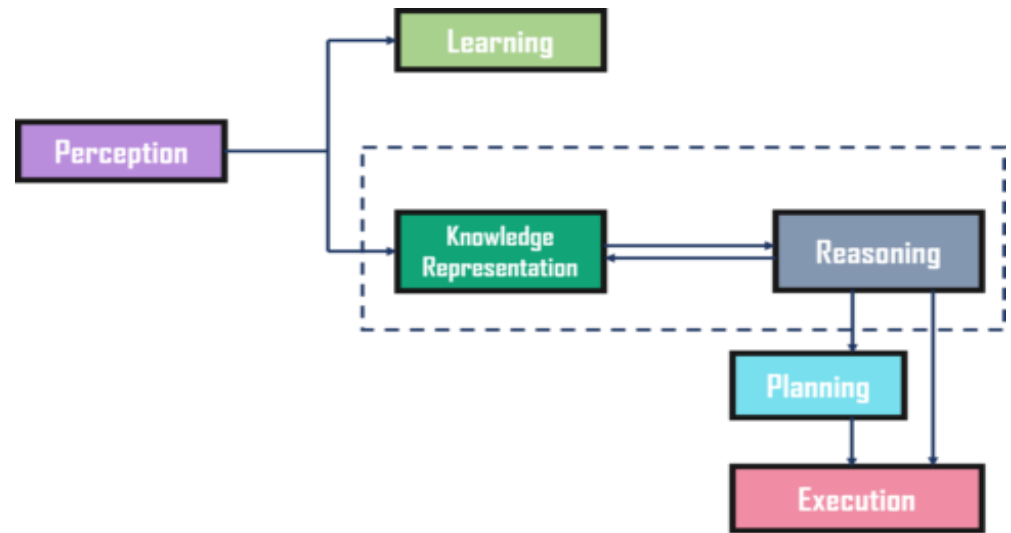
- ☐ Algoritmos de planificación multimodal
- ☐ Big data y análisis de datos, secuencias de datos
- ☐ Análisis de patrones
- ☐ **Aprendizaje automático**
- ☐ Asistencia al conductor
- ☐ Cooperación hombre-máquina
- ☐ Diseño de asistentes cognitivos
- ☐ Modelado basado en agentes inteligentes
- ☐ Optimización heurística
- ☐ Planificación, deducción automática, ontologías, lógica y razonamiento
- ☐ Robótica
- ☐ Sistemas de recomendación
- ☐ **Sistemas inteligentes de predicción**
- ☐ Sistemas inteligentes de tutorización
- ☐ Sistemas multiagente
- ☐ **Tecnologías y procesamiento del lenguaje natural**
- ☐ Visión artificial o por computador.



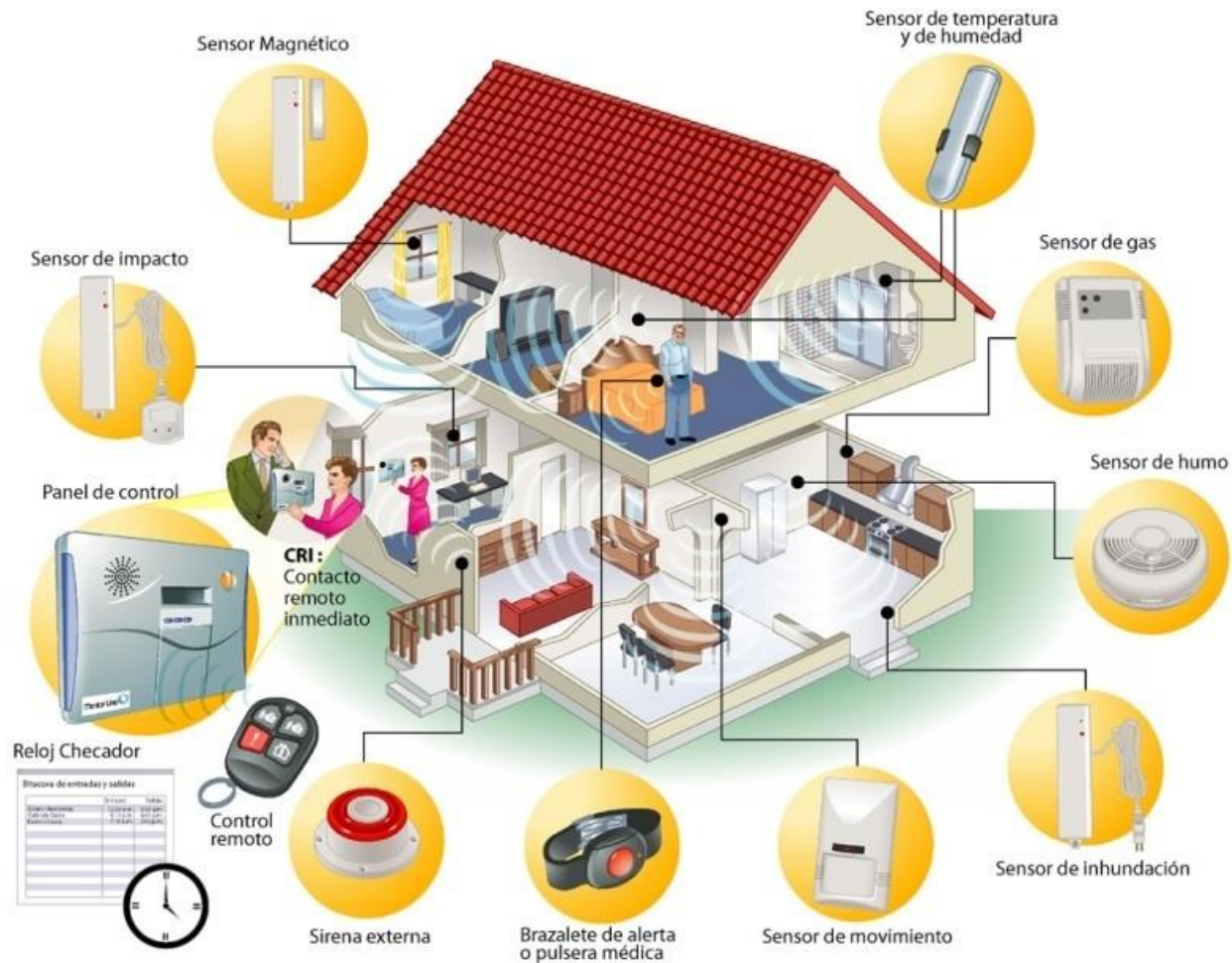
# ¿Qué es la IA?

## □ Representación:

- Múltiples formalismos
- Bases de datos
- Objetos, ontologías.
- Reglas de producción
- Redes semánticas
- Redes bayesianas
- Guiones
- ...



# Hogar



# Juegos

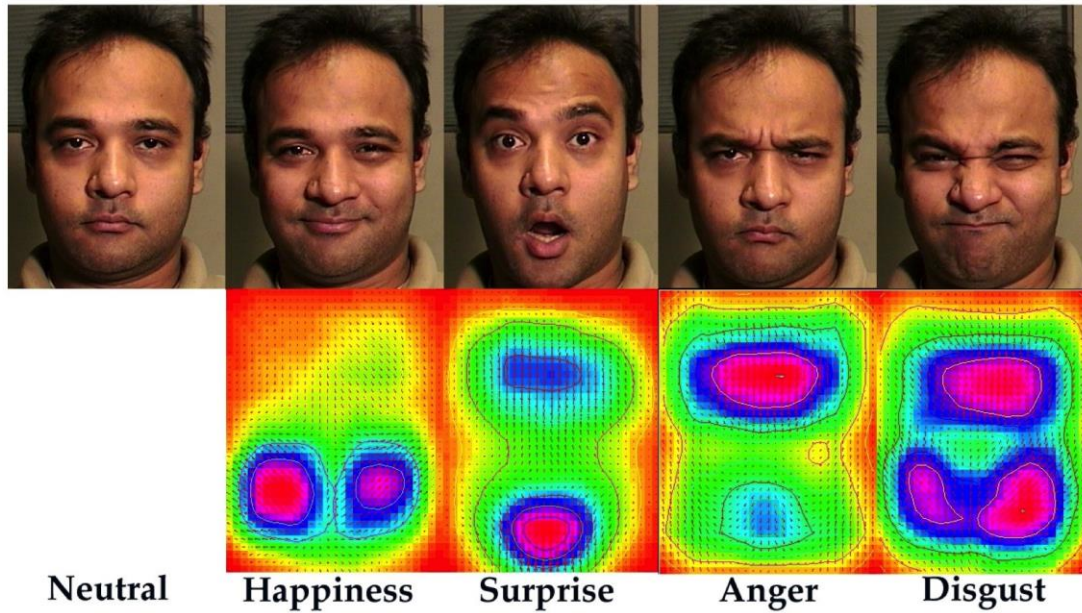


# Reconocimiento de voz





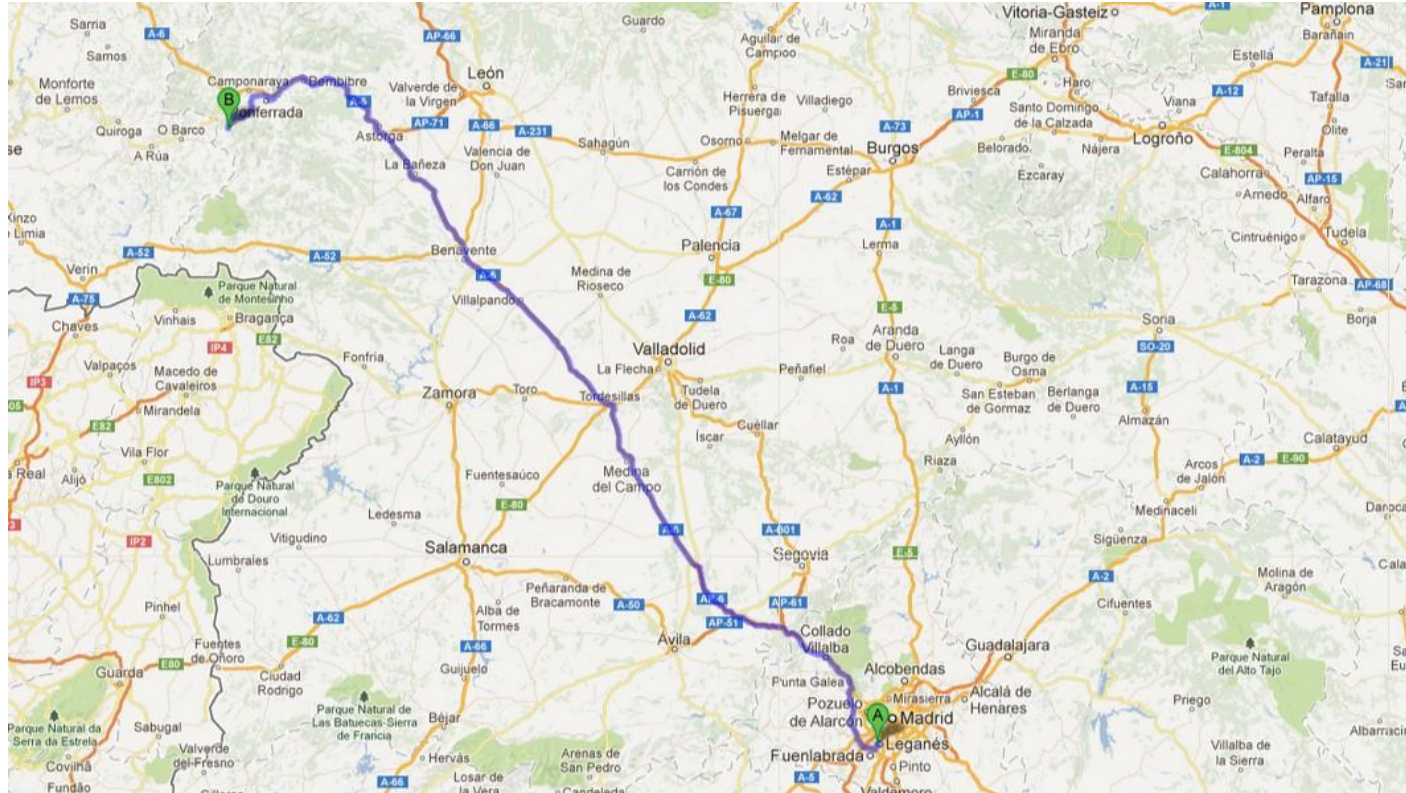
# Análisis de sentimiento



# Visión artificial

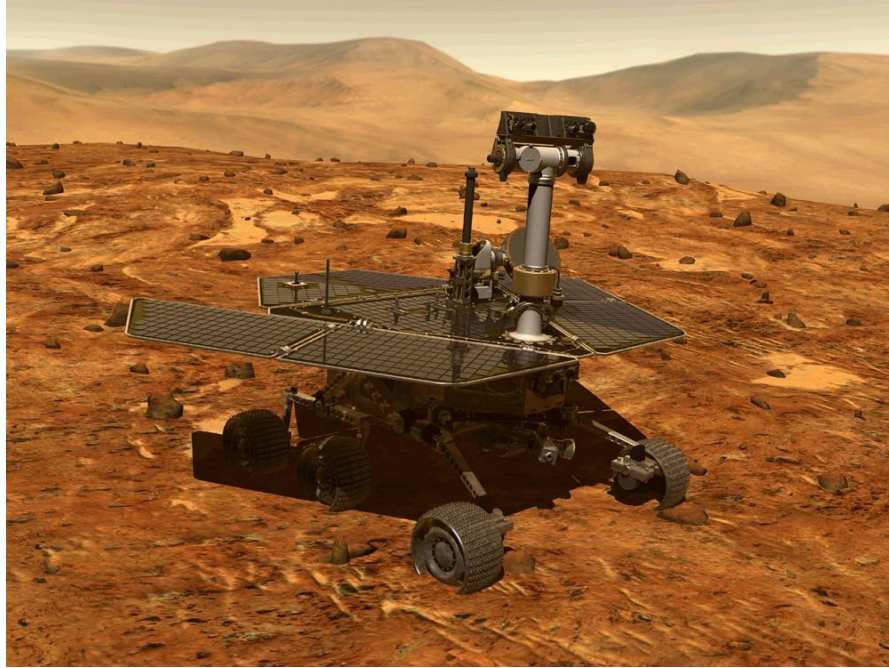


# Búsqueda

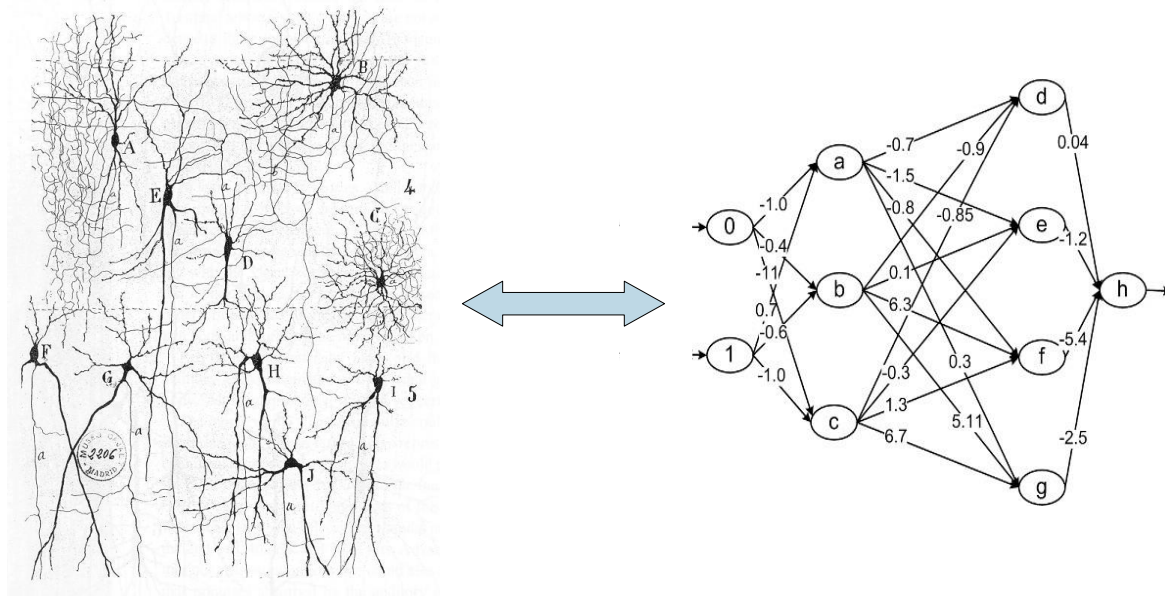




# Planificación

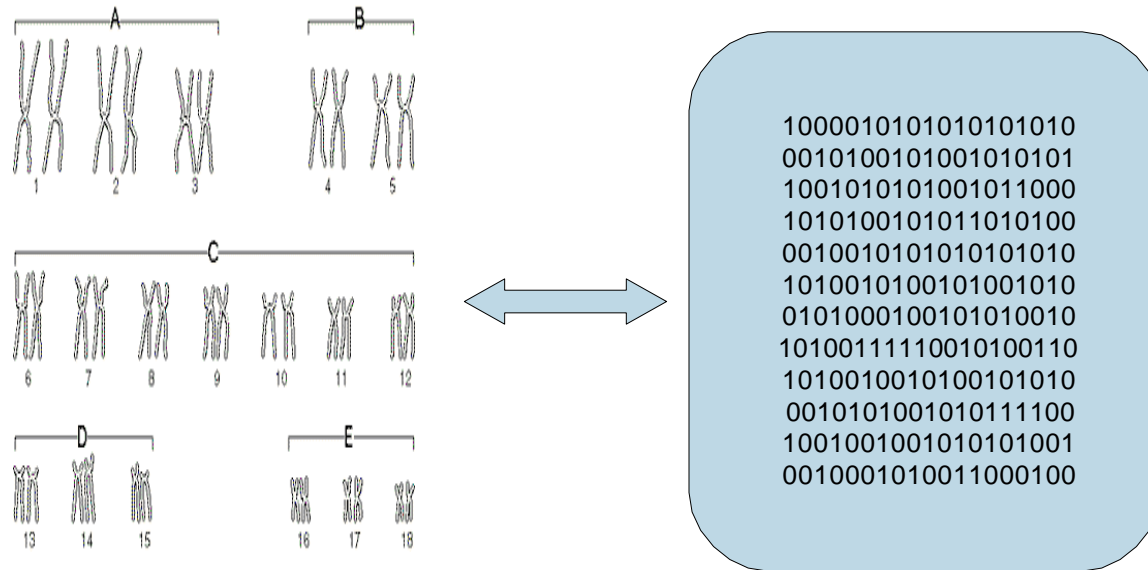


# Enfoques inspirados por la biología: Redes neuronales



Hecho:  $10^{11}$  neuronas con  $10^3$  sinapsis cada una  
Libro: On Intelligence [[Hawkins and Blakeslee, 2004](#)]

# Enfoques inspirados por la biología: Algoritmos genéticos



Libro: The selfish gene [[Dawkins, 2006](#)]

# Creatividad: Música

- ☐ Interpretación: [Compressorhead](#)
- ☐ Improvisación: [Shimon \(GeorgiaTech\)](#)
- ☐ Composición :
  - ☐ [Flow Machines \(Sony\)](#)
  - ☐ [DeepBach](#)
  - ☐ [Magenta \(Google\)](#)

# Creatividad

## ☐ Pintura:

☐ Obvious

☐ Deep dream (Adobe)

☐ Gauguin (Adobe)



## ☐ Poesía:

☐ Poem Portraits (Ed Devlin)

## ☐ Cocina:

☐ Inverse cooking (Facebook)

## ☐ Otros:

☐ AI experiments (Google)

☐ Arts and culture (Google)



Harmonious and strange, with the first fair  
beam,

Biased and frayed, how now they are the  
flash.

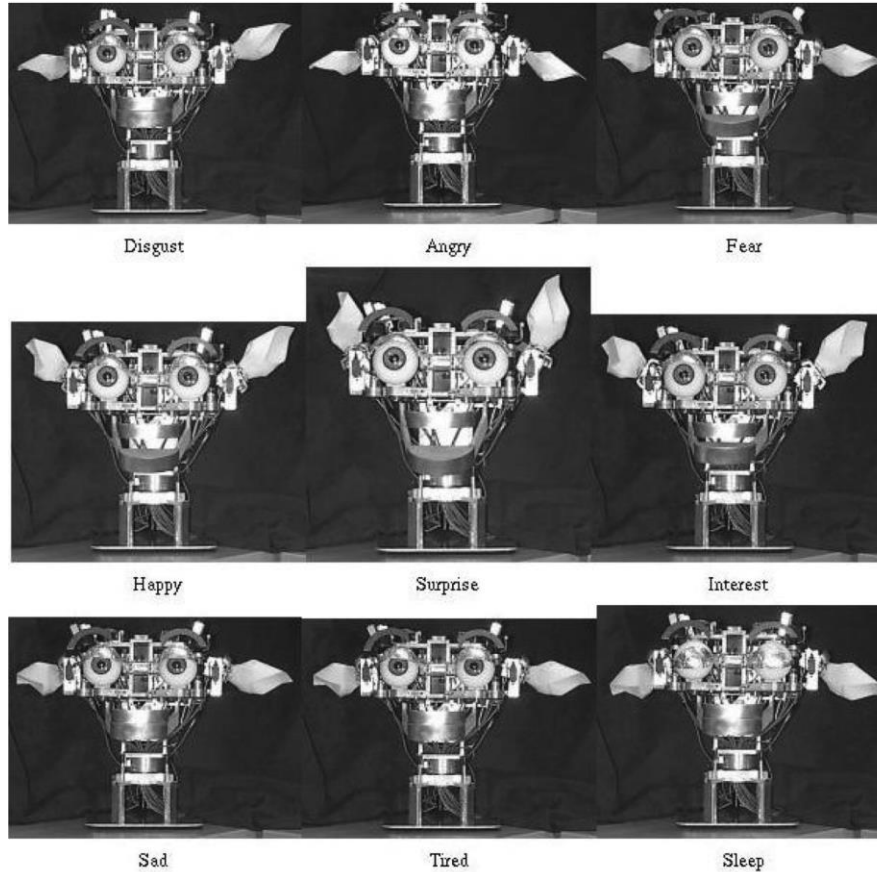
Media, and the trumpets of the earth,  
Fake or an orb of lightning,

Portrait of the spring, a color,  
Drill shouting and sleepy cries of stars.

𐄂𐄂𐄂𐄂𐄂 of the night and sea. Prince  
Biodiversity burst forth upon the altar of

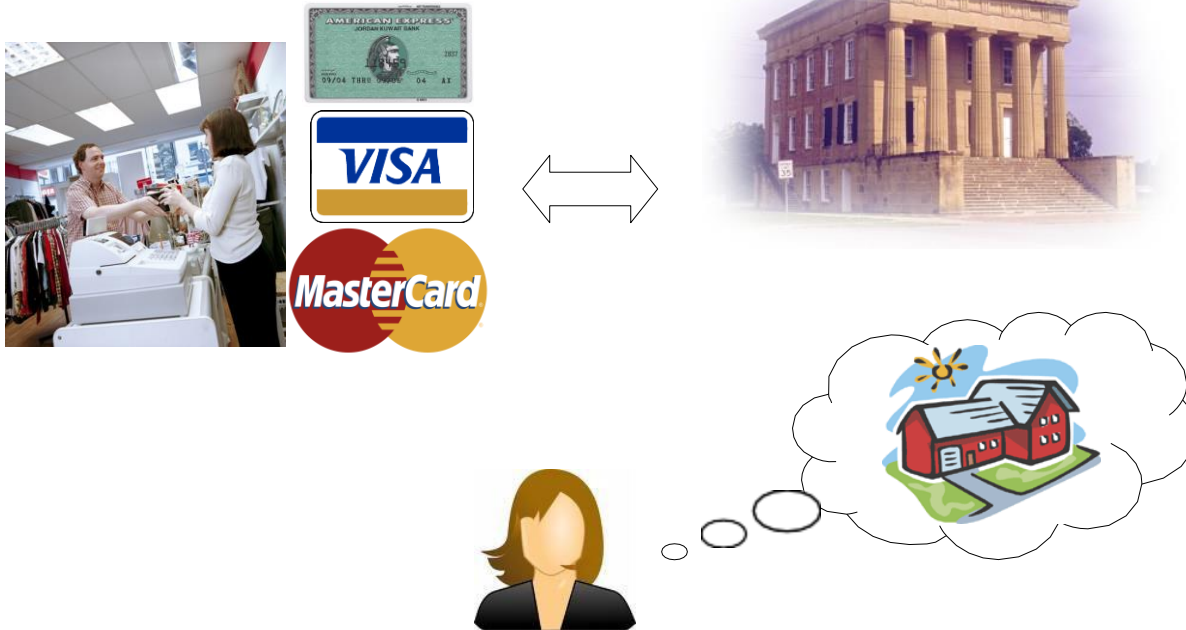


# Emociones

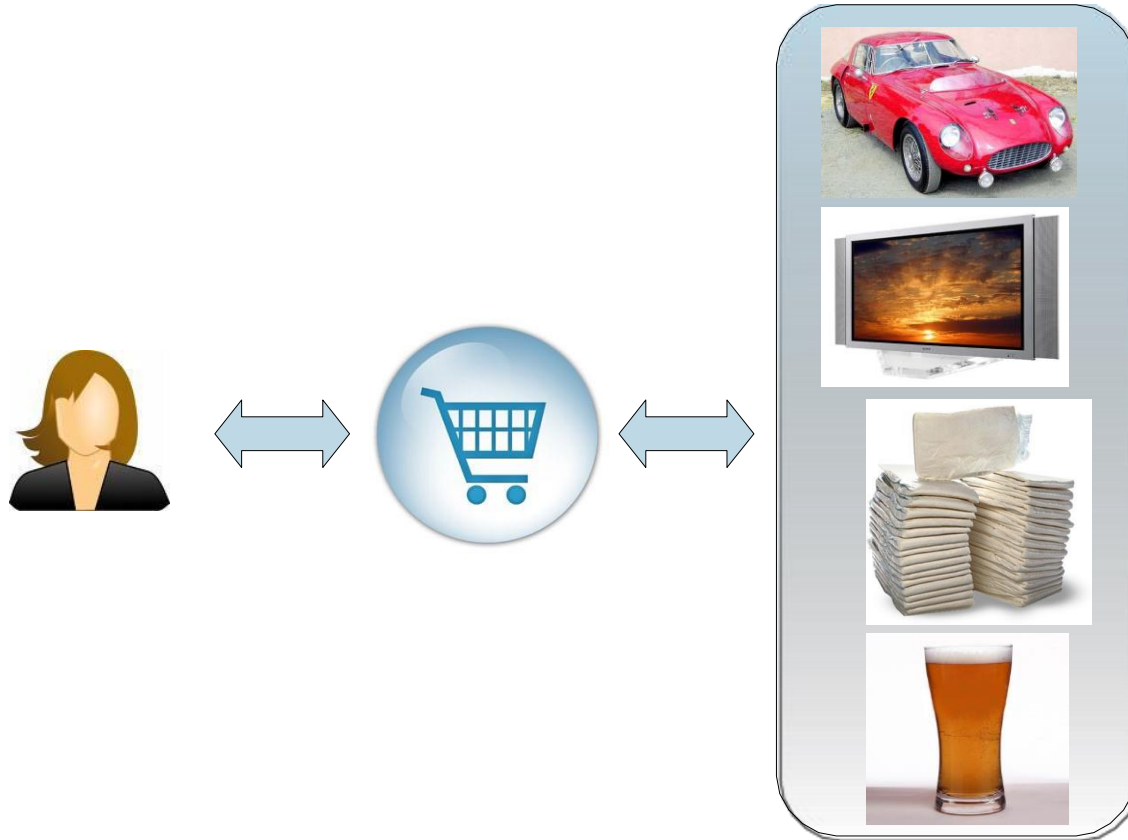


Kismet: [http://www.youtube.com/watch?v=dKZczUDGp\\_I](http://www.youtube.com/watch?v=dKZczUDGp_I)  
Leonardo: [http://www.youtube.com/watch?v=ilmDN2e\\_Flc](http://www.youtube.com/watch?v=ilmDN2e_Flc)

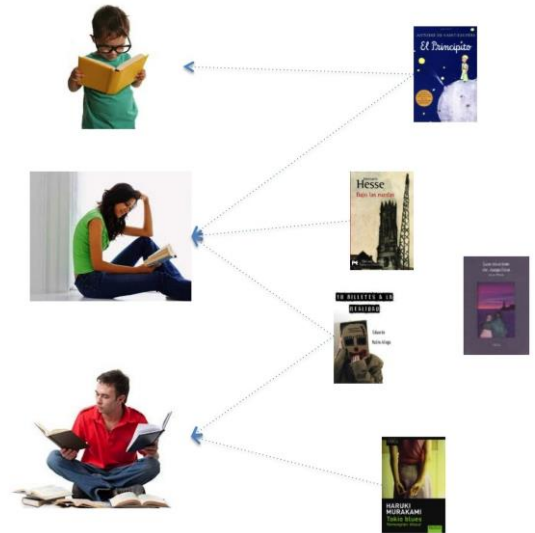
# Aprendizaje automático: Concesión de créditos



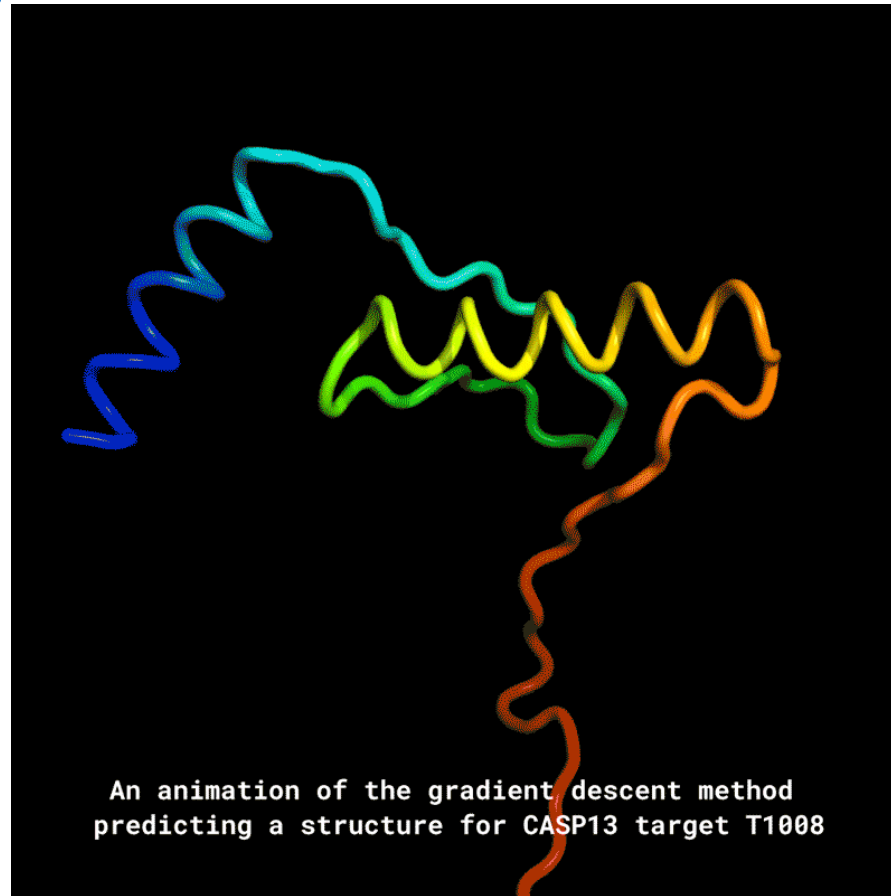
# Aprendizaje automático: Marketing



# Aprendizaje automático: Sistemas de recomendación



# Aprendizaje automático: Plegamiento de proteínas



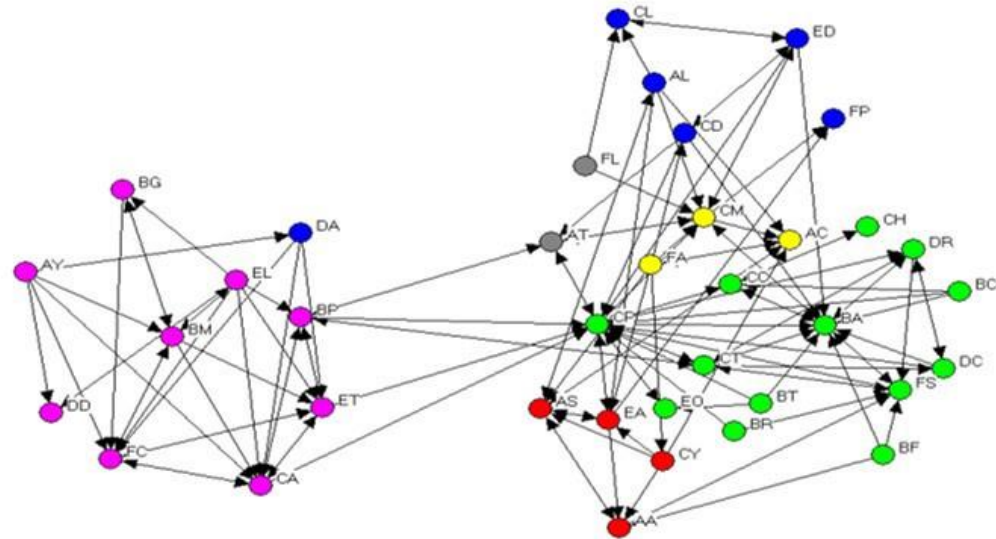
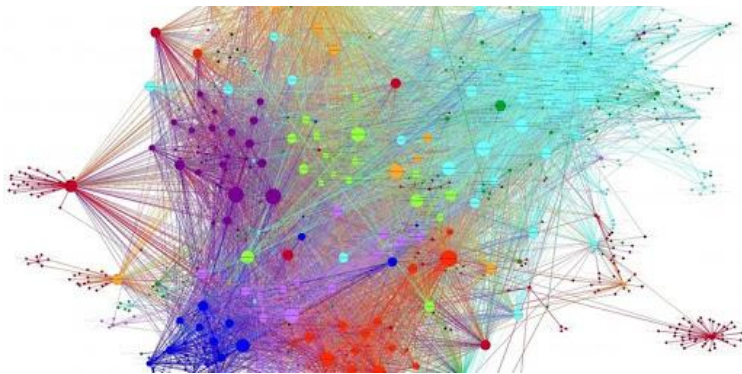
<https://deepmind.com/blog/article/AlphaFold-Using-AI-for-scientific-discovery>



# Robótica



# Análisis de redes sociales



# Aprendizaje automático: Efectos visuales (VFX)

❑ State of the art (Ross Dawson)

❑ Deep fakes: “Rogue One”

❑ Generación de objetos y entornos

❑ Rotoscoping y seguimiento de objetos:  
“Avengers: The infinity war”

❑ De-aging: “The Irishman”





# Aprendizaje automático: Jugadores automáticos

- ❑ Leonardo Torres Quevedo: Autómata jugador de ajedrez (1912)
- ❑ Ajedrez: A. Turing “Computer Machinery and Intelligence” (1950)
- ❑ Damas: Arthur Samuel (1959)
- ❑ Ajedrez: Deep Blue, IBM (1997)
- ❑ Jeopardy!: Watson, IBM (2011)
- ❑ Go: AlphaGo, Google DeepMind (2016-2017)
- ❑ Ajedrez, Shogui, Go: AlphaZero, Google DeepMind (2017)



# Vehículos autónomos



Boss: [http://www.youtube.com/watch?v=BA\\_gYBRW-Mo](http://www.youtube.com/watch?v=BA_gYBRW-Mo)

Visilab: <http://www.youtube.com/watch?v=cIjR06TjaNg>

Google car: <http://www.youtube.com/watch?v=cdgQpalpUUE>

Drone repartidor de Pizzas:

<http://www.youtube.com/watch?v=ZDXuGQRpvs4>

# Procesamiento del lenguaje

¿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

tell me joke

What's yellow and hurts when it gets in your eye? A bulldozer.

one more please

Sorry, could you say that again?

Ask something...

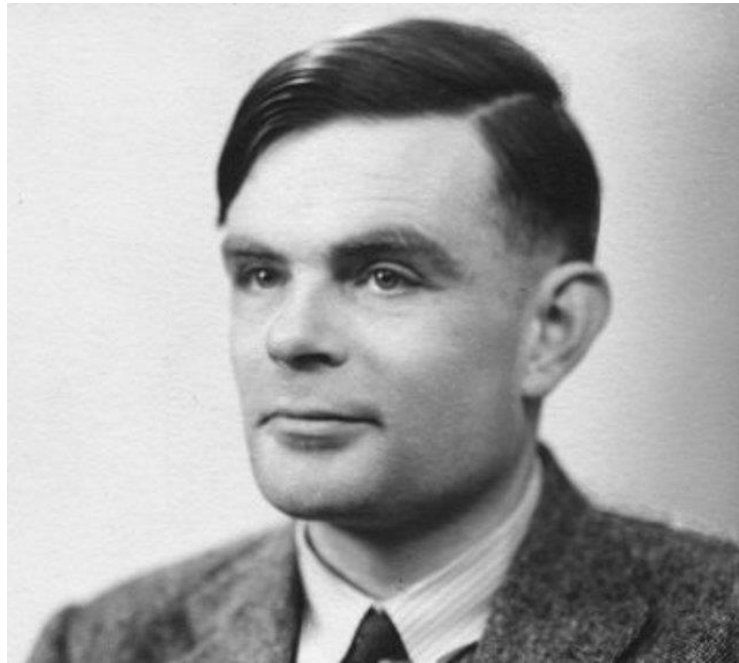


# Futuro

## Work in 2030



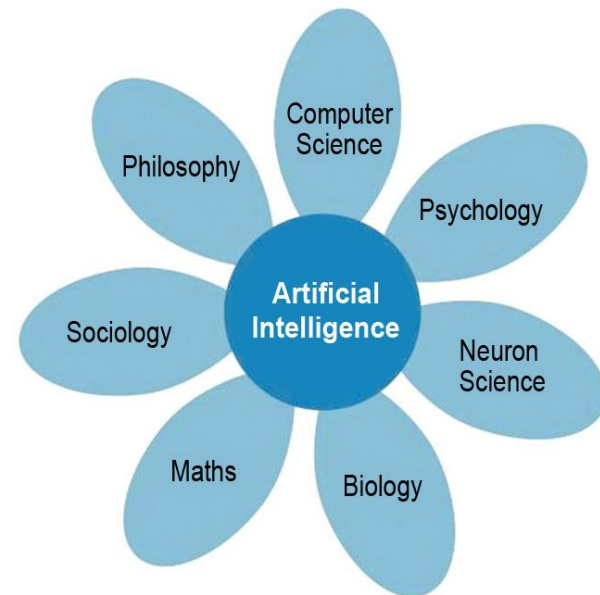
# Un poco de historia...



Alan Turing

# Bases de la IA: Filosofía

- ☐ ¿Se pueden utilizar reglas formales para extraer conclusiones válidas de una manera mecánica?
- ☐ ¿Cómo se genera la inteligencia mental a partir de un cerebro físico?
- ☐ ¿De dónde viene el conocimiento?
- ☐ ¿Cómo se pasa del conocimiento a la acción?



# Bases de la IA: Matemáticas

## ❑ **Lógica formal**

- ❑ Lógica proposicional (Booleana). (Leibnitz, Boole 1815-1864)
- ❑ Lógica de primer orden: Incluye objetos + relaciones (Frege 1848-1925)
- ❑ “Principia Mathematica”, 1910 Russell & WhiteHead
- ❑ Teoría de referencia (Tarski 1902-1983)
- ❑ Teorema de Incompletitud (Gödel 1906-1978)

## ❑ **Algoritmos**

- ❑ Antigua Grecia: Euclides (M.c.d.), Eratóstenes (primos)
- ❑ Al-Khwarizmi (Persia, siglo IX)
- ❑ Pascal, Leibnitz, Ada Lovelace
- ❑ Intratabilidad: Problemas NP-completos (Cook 1971, Karp 1972)

## ❑ **Teoría de la Probabilidad:**

- ❑ Cardano 1501-1576, Fermat 1601-1665, Pascal, Bernoulli 1654-1705, Bayes 1702-1761 (**regla de Bayes**), Laplace 1749-1827

# Bases de la IA: Economía

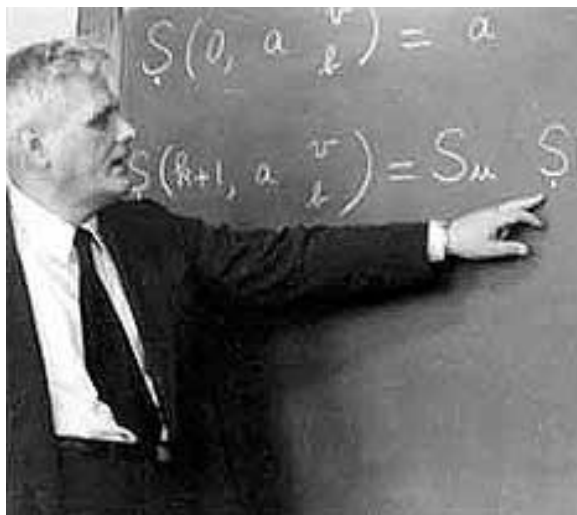
- ❑ ¿Cómo se debe llevar a cabo el proceso de toma de decisiones para maximizar la utilidad con recursos limitados?
- ❑ ¿Cómo se deben llevar a cabo acciones en un entorno en el que hay colaboración y competición?
- ❑ ¿Cómo se deben llevar a cabo acciones cuando los resultados se obtienen en un futuro lejano?



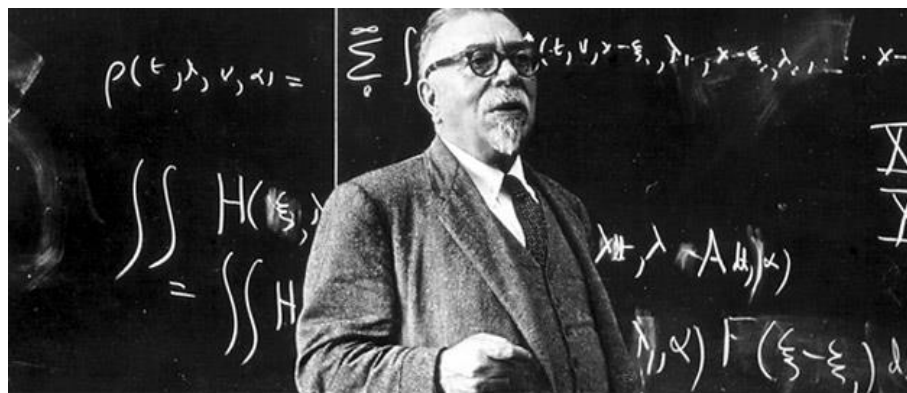
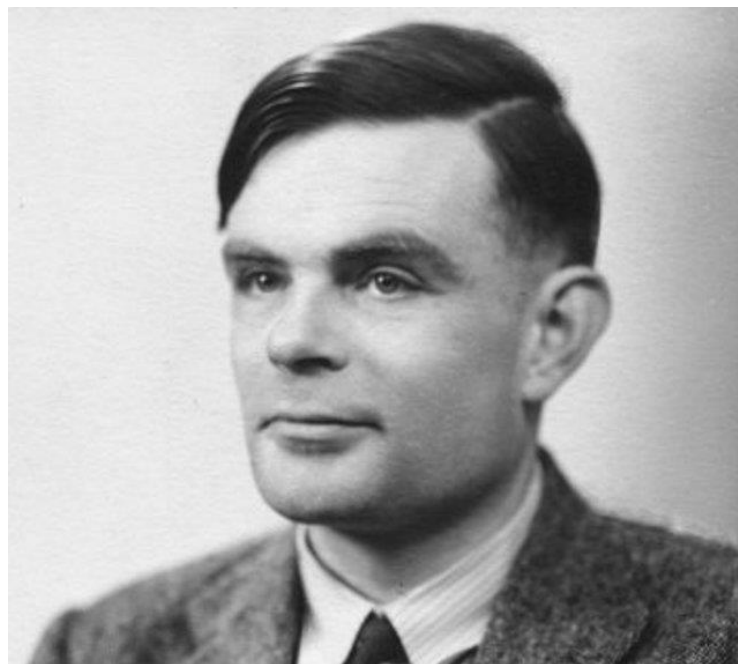
# Bases de la IA: Economía

- ❑ Adam Smith (1723-1790) “An Inquiry into the nature and causes of wealth of nations” (1776)
- ❑ **Teoría de la utilidad** [Léon Walras 1834-1910, Frank Ramsey, 1931]
- ❑ **Teoría de la decisión:** Cómo elegir las acciones para lograr los resultados deseados. Combina utilidad + teoría de probabilidad
- ❑ **Teoría de juegos:** “The theory of Games and Economic Behavior”, 1944 John von Neumann & Oskar Morgenstern
- ❑ **Investigación operativa:** Cómo tomar decisiones racionales cuando las consecuencias de las acciones no son inmediatas.
  - ❑ Richard Bellman: Procesos de decisión de Markov (1956)
- ❑ **Racionalidad acotada** [H. Simon 1916-2001]
  - ❑ Satisfacer en lugar de optimizar
- ❑ **Modelos basados en agentes**

Alonzo Church



Alan Turing



Norbert Wiener

# Bases de la IA: Computadores / Cibernética

## ❑ Ciencias de la computación:

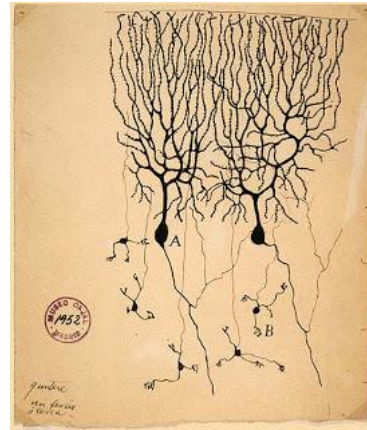
### ❑ ¿Cómo construir un computador eficiente?

- ❑ Cálculo automático: Pascal, Leibniz, Neper, Babbage (máquina de diferencias, máquina analítica), Ada Lovelace, von Neumann, Zuse, Turing, computadores modernos (ABC Atanasoff+ Berry, ENIAC, Mauchly y Eckert)
- ❑ **A. Turing:** Problema de parada, máquinas de Turing, test de Turing
- ❑ **A. Church:** Cálculo lambda, conjetura de Church-Turing (1935)
- ❑ **Teoría de autómatas artificiales** (von Neumann)

## ❑ Cibernética / teoría de control:

### ❑ ¿Cómo pueden las máquinas operar bajo su propio control?

- ❑ Sistemas homeostáticos (con retroalimentación estable) :
  - ❑ Relojes de agua [Ktesibios de Alexandria 250 a.C.]
  - ❑ Termostato [Drebel 1572,1633], Máquina de vapor [Watt, 1736-1819]]
- ❑ "Cibernética" [1948, Norbert Wiener]]
- ❑ Teoría de control: Maximizar la función objetivo a lo largo del tiempo

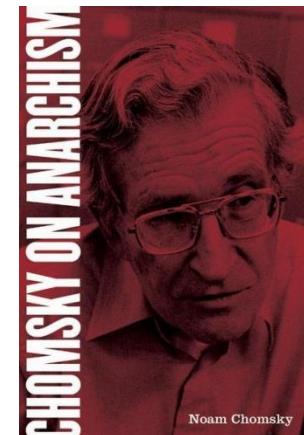
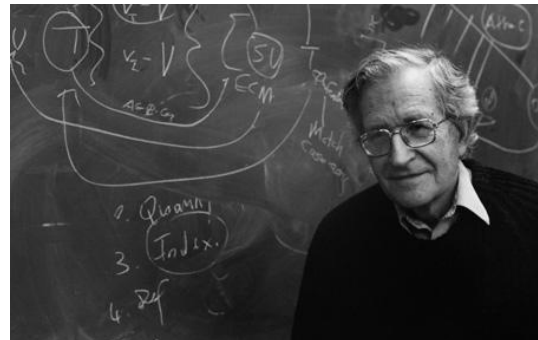


Santiago Ramón y Cajal



Burrhus Frederic Skinner

Noam Chomsky



# Bases de la IA:

## Neurociencia / Psicología / Lingüística

### ❑ **Neurociencia:** ¿Cómo funciona el cerebro?

- ❑ **Neuronas** [Santiago Ramón y Cajal 1852-1934]
- ❑ Medidas de la actividad cerebral
  - ❑ Electroencefalograma [EEG, Hans Berger, 1929]
  - ❑ Imagen por resonancia magnética funcional [fMRI, Ogawa et al. 1990]
- ❑ Modelos de procesamiento de información en el cerebro

### ❑ **Psicología:** ¿Cómo piensan y actúan los humanos y los animales?

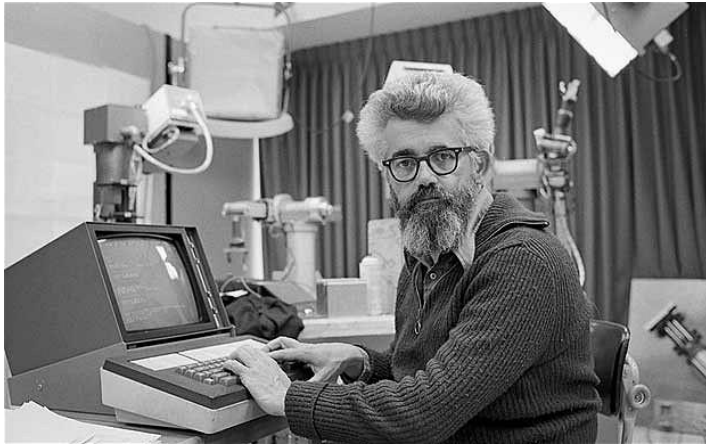
- ❑ **Conductismo:** Comportamiento como un conjunto de asociaciones estímulo-respuesta [John Watson 1878-1958, B. F. Skinner “Verbal Behavior”, 1957]
- ❑ **Psicología cognitiva:** Modelos de la mente (conocimiento, creencias, intenciones, etc.) como objetos científicos [William James 1842-1919, Bartlett 1886-1960, Craik, Broadbent]
- ❑ **Ciencia cognitiva:** simposio en MIT, 1956 [Chomsky, Newell, Simon]

### ❑ **Lingüística:** Noam Chomsky, “Estructuras sintácticas”, 1957

- ❑ Gramática generativa, lingüística computacional



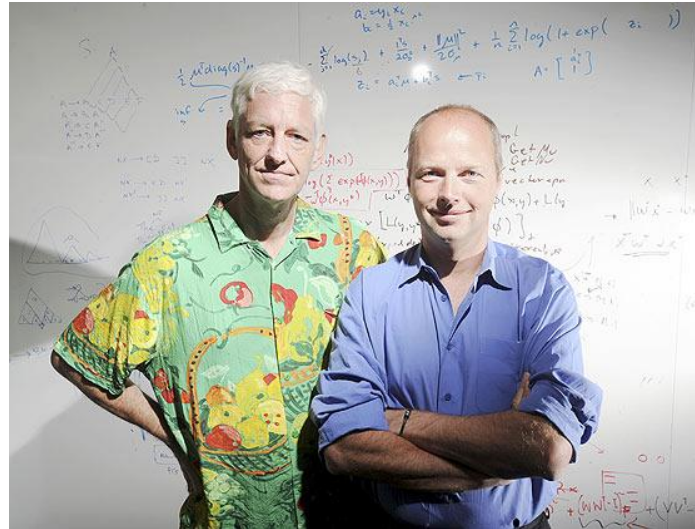
John McCarthy



Marvin Minsky & Seymour Papert



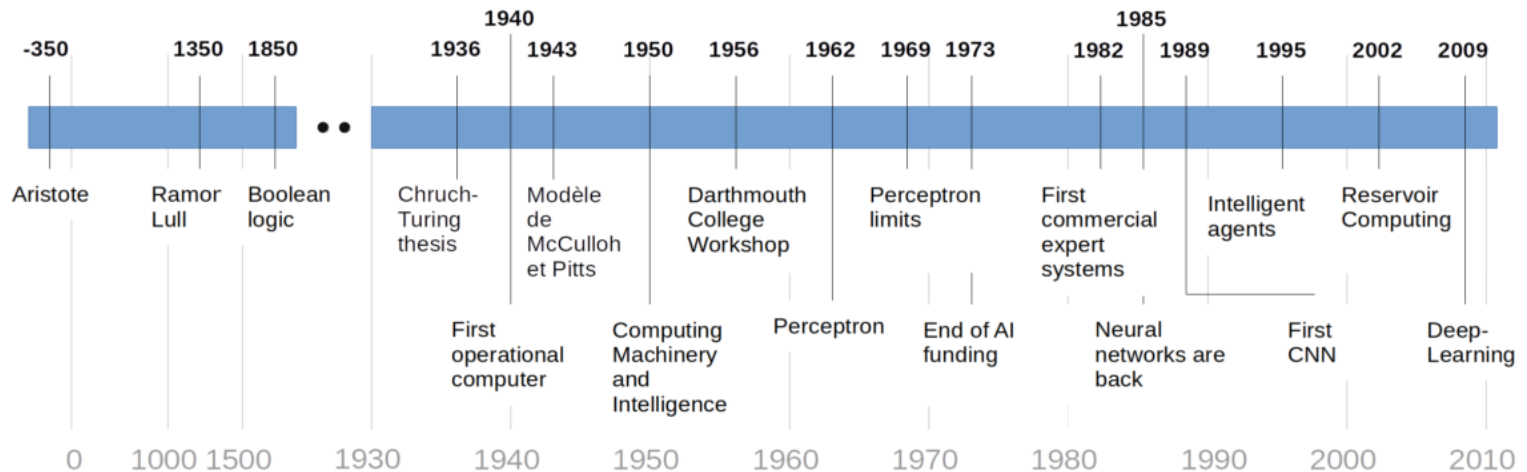
Sebastian Thrun



Stuart Russel & Peter Norvig

# Breve Resumen

- ❑ Conductas inteligentes = percepción + razonamiento + aprendizaje
- ❑ ¿Cómo determinar si un sistema es inteligente? ¿El test de Turing es la solución?
  - ❑ Definición funcional de inteligencia
  - ❑ Intentar medir aspectos parciales con criterios específicos
- ❑ Evolución histórica



# ¿cuál es el objetivo de la IA?

	COMO UN HUMANO	RACIONALMENTE
PENSAR	2. PENSAR COMO UN HUMANO Construir máquinas con mente	3. PENSAR RACIONALMENTE Construir modelos computacionales de los procesos racionales
ACTUAR	1. ACTUAR COMO UN HUMANO Crear androides	4. ACTUAR RACIONALMENTE Diseñar dispositivos que muestran un comportamiento inteligente



# 1. Actuar como un humano: El Test de Turing



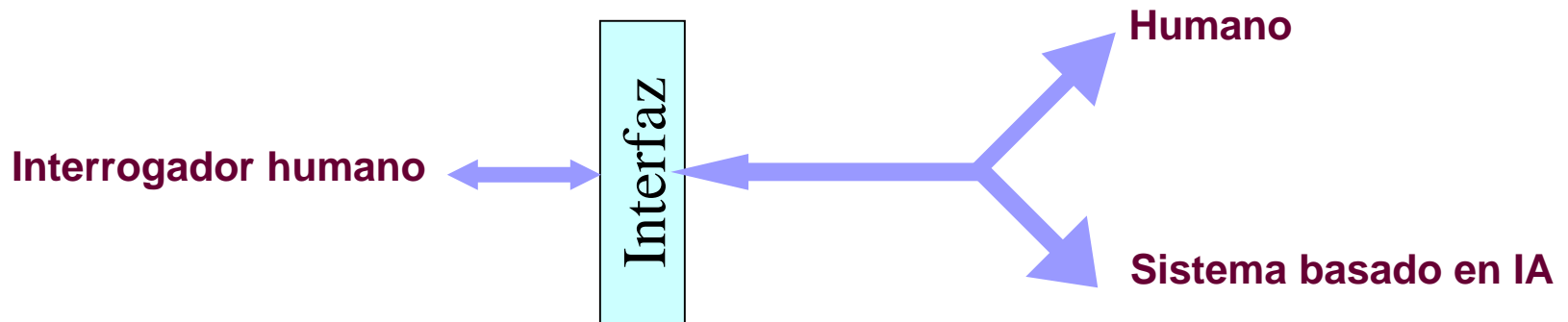
# 1. Actuar como un humano:

## El Test de Turing

Turing, "Computing machinery and intelligence", Mind, 59, 433:460, 1950

**Definición operacional de inteligencia:** Un sistema es inteligente si puede persuadir a otro sistema inteligente (por ejemplo un humano) de su inteligencia.

### Test de Turing parcial



**Juego de imitación:** ¿Puede el sistema basado en IA hacer pensar al interrogador que es el humano?

**Necesita:** procesamiento de lenguaje natural, representación del conocimiento, razonamiento automático, aprendizaje automático.

### Test de Turing total

Sin interfaz. **Además necesita:** Visión artificial (percepción de objetos) + robótica (manipulación de objetos y movilidad)

# 1. Actuar como un humano: El Test de Turing

## ☐ **Ventajas:**

- ☐ Evita entrar en debates posiblemente estériles sobre "¿qué es la inteligencia?" o "¿pueden las máquinas pensar?"
- ☐ El test se sigue considerando una buena forma de medir el nivel de éxito que tienen los sistemas basados en IA en exhibir comportamiento inteligente

## ☐ **Dificultades:**

- ☐ Ambiguo, no reproducible
- ☐ No constructivo
- ☐ No se puede describir de manera matemática
- ☐ Los esfuerzos actuales de la IA no se dirigen a pasar el test de Turing

# Test de Turing



Película: <http://www.youtube.com/watch?v=ChJVaTqU2So>

Premio Loebner: <http://www.loebner.net/Prizef/loebner-prize.html>

Debate:

<http://cacm.acm.org/magazines/2012/12/157871-moving-beyond-the-turing-test/fulltext>

## **2. Pensar como un humano: Modelos cognitivos**

**Para poder decir que un programa pienso como un humano es necesario poder determinar cómo piensan los humanos**

**Ciencia cognitiva (psicología experimental + ciencias de la computación):**

Modelos de los procesos de pensamiento humanos

**Ventajas:**

- ❑ Proporciona comprensión de inteligencia + cognición humana
- ❑ Los modelos se diseñan para imitar el funcionamiento de la mente humana y son por ello inteligibles

**Dificultades:**

- ❑ El hecho de que un dispositivo basado en IA actúe como un humano en una tarea que requiere inteligencia no significa que el dispositivo sea un modelo apropiado del proceso de pensamiento humano correspondiente
- ❑ El mejor diseño artificial para un sistema inteligente no es necesariamente una imitación de la mente humana

# 3. Pensar racionalmente: IA logicista

**Construir sistemas inteligentes que sigan programas lógicos**

**Lógica formal (matemáticas + ciencias de la computación):**

Proceso de razonamiento automático donde se deducen conclusiones correctas a partir de premisas correctas

[representación + premisas + reglas de derivación]

**Ventajas:**

- ❑ Notación precisa y no ambigua de las afirmaciones sobre objetos del mundo y las relaciones entre ellos
- ❑ Un algoritmo de resolución + búsqueda completa puede, en principio, resolver cualquier problema que pueda ser formulado en notación lógica.
- ❑ Si el problema no tiene solución, el algoritmo podría no parar nunca

**Dificultades:**

- ❑ Formalización de conocimiento informal
- ❑ Los requerimientos computacionales (espacio/tiempo) pueden hacer que los cálculos sean imposibles de hacerse en la práctica



# 4. Actuando racionalmente: Agentes

**Crear Agentes racionales. Más que programas. Ej tengan controles..etc**

**Sistema autónomo**, capaz de percibir e interactuar con su entorno, de explorar (recopilación de información), aprender y adaptarse, de formular objetivos y diseñar planes para alcanzar esos objetivos.

El agente es **racional**, en el sentido de que actúa para alcanzar el mejor resultado, o mejor resultado esperado, de acuerdo a una **medida de rendimiento**, condicionada a su conocimiento del mundo y dados los recursos computacionales existentes (limitados).

No todo es inferencia y predicción. Ej. Apartarse de algo que quema

## **Ventajas:**

- ❑ Integra y extiende definiciones previas
- ❑ La racionalidad limitada es más realista que la racionalidad absoluta

**Dificultades:** Las exploraremos a lo largo de este curso

# Esquemas básicos para diseño de agentes:

- ❑ **Un agente es cualquier cosa capaz de percibir su entorno de trabajo por medio de:**
  - ❑ **Percepciones (sensores) / Acciones (actuadores)**
- ❑ **Un agente racional hace lo correcto. Que es..**
- ❑ **Medida de rendimiento:** Dada una secuencia de percepciones, un agente racional selecciona la acción que maximiza el rendimiento esperado dada la evidencia (percepciones + conocimiento interno) + recursos
  
- ❑ **Clasificación de los entornos de trabajo en los que trabaja el agente**
  - ❑ **Totalmente observables / Parcialmente observables**
  - ❑ **Deterministas - Estratégicos (sistemas multi-agente) / Estocásticos**
  - ❑ **Episódicos / Secuenciales**
  - ❑ **Estáticos / Semiestáticos (agente) / Dinámicos (agente + entorno varia)**
  - ❑ **Discretos / Continuos en el tiempo**
  - ❑ **Un agente / Múltiples agentes (cooperación / competición) Ej. Dos jugadores ajedrez, Sistema parking con muchos 'agentes' coche.**

# Cómo trabajan los agentes: sus programas

- ❑ **Agente reactivo simple** [eficiente sólo en entorno completamente observable]
  - ❑ El agente está en un estado dado
  - ❑ El estado se actualiza incorporando el conocimiento obtenido de una percepción
  - ❑ El agente selecciona una acción de una tabla que contiene reglas condición-acción
- ❑ **Agente reactivo basado en modelos:** Incorporación de un **modelo** para poder tratar entornos parcialmente observables
  - ❑ El agente tiene un modelo de la evolución del mundo + resultado de las acciones (agente basado en modelo)
- ❑ **Agente basado en objetivos:** Incorporación de **objetivos** para seleccionar la mejor(es) acción(es) posible(s) para alcanzar un estado deseado
- ❑ **Agente basado en utilidad:** Incorporación de **utilidad** para seleccionar entre diferentes acciones que alcanzan el objetivo deseado (o uno cercano)
- ❑ **Agente que aprende:** Incorporación de **aprendizaje. Mejora su eficiencia**
  - ❑ Crítico
  - ❑ Recompensa / penalización