

El camino a la Inteligencia Artificial (IA), conceptos clave y aplicaciones clínicas

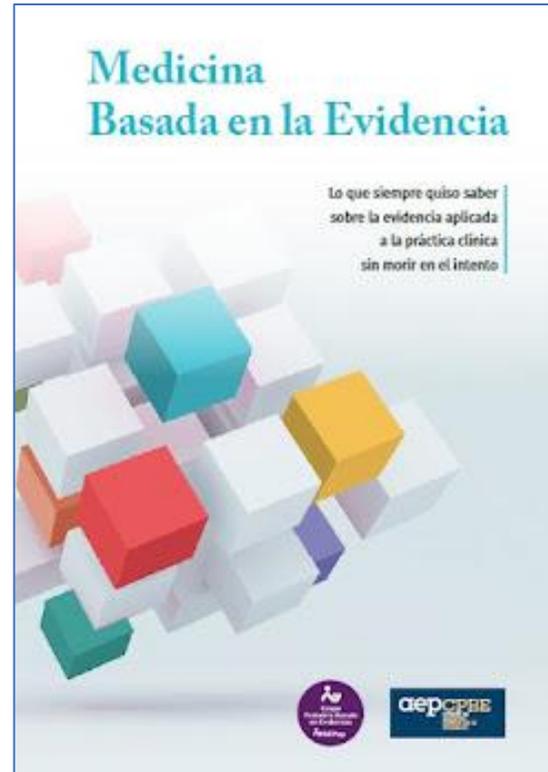


Javier González de Dios

Servicio de Pediatría, Hospital General Universitario Dr. Balmis

Universidad Miguel Hernández, Alicante, España

A modo de introducción....



Conceptos extraídos del “Curso básico para pediatras sobre Inteligencia Artificial y aprendizaje automático”
(Dr. Manuel Molina)

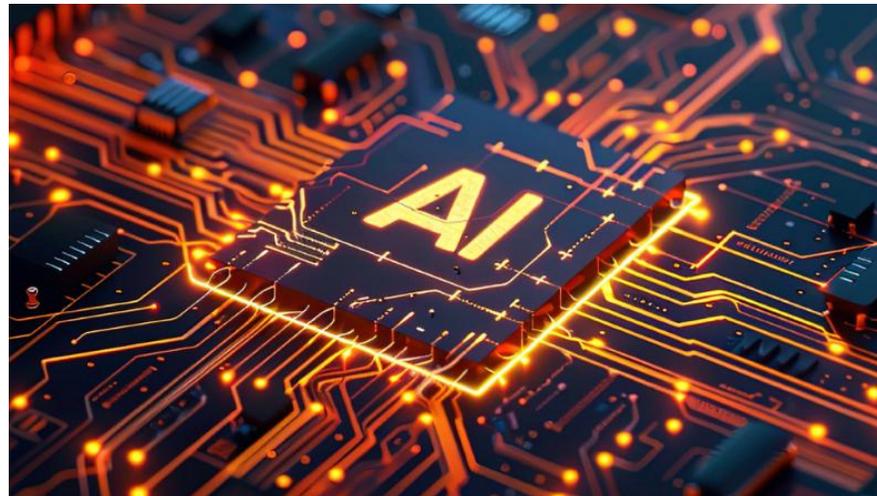
Guión



I. El camino a la IA

II. Conceptos clave en IA

III. Aplicaciones de la IA en la práctica clínica





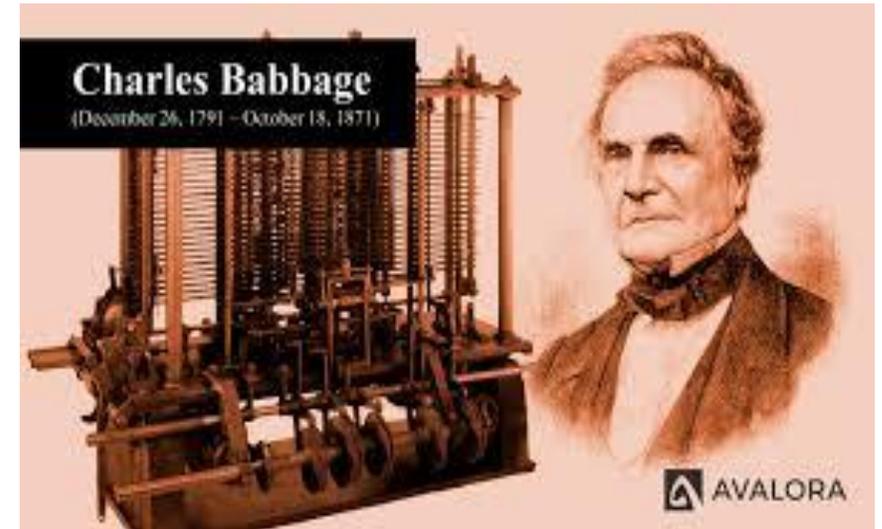
El camino a la IA

Ada Lovelace y Charles Babbage



Ada Lovelace (1815-1852)

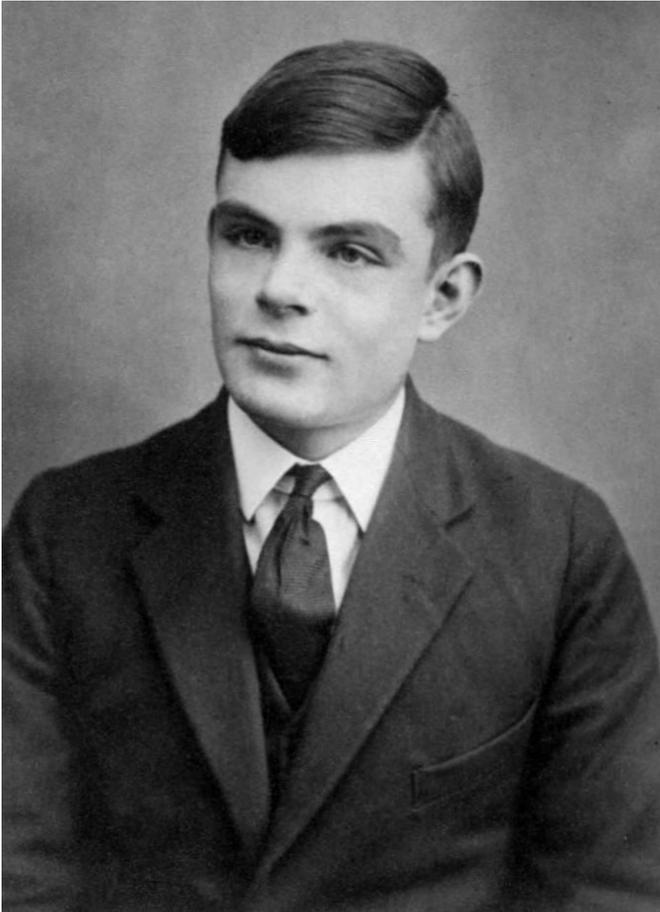
1843. Ada Lovelace, matemática y escritora británica, escribe el **primer programa informático**



Charles Babbage (1791-1871)

Conoció a Charles Babbage, otro matemático británico, quien estaba trabajando en una calculadora a la que llamó como “máquina diferencial”, pero tras los algoritmos de Ada se puso a trabajar en una “**máquina analítica**” que se podía reprogramar

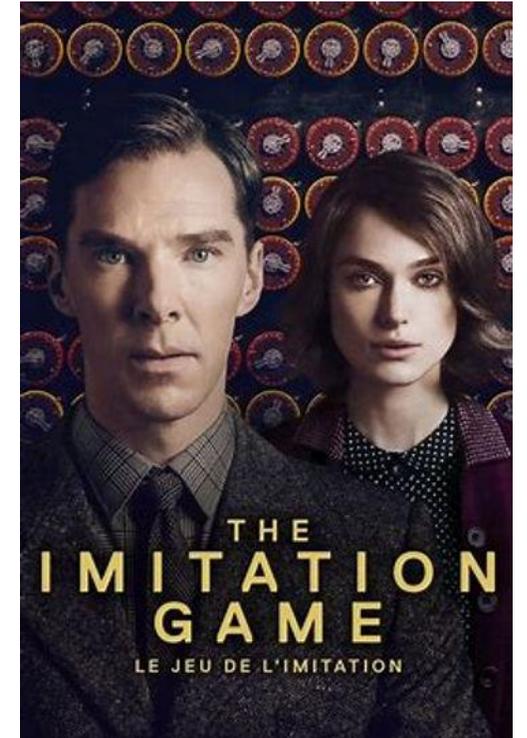
Alan Turing



Alan Turing (1912-1954)

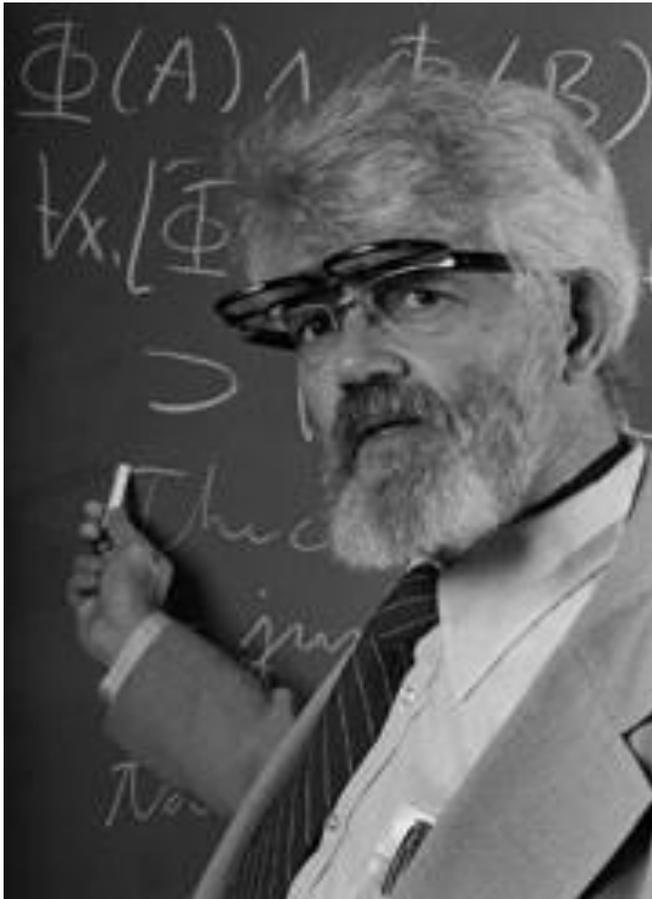
1936. Artículo “**On Computable Numbers**” sobre arquitectura de los ordenadores binarios y que se le llamó la Máquina de Turing

1950. Desarrollo del **test de Turing** (al que se conoce como “The Imitation Game”) Solo superado 7 décadas después con los Chatbots...



The Imitation Game (Descifrando Enigma) (Morten Tyldum, 2014)

John McCarthy



John McCarthy (1927-2011)

1956. La primera vez que se utiliza el **término Inteligencia Artificial**

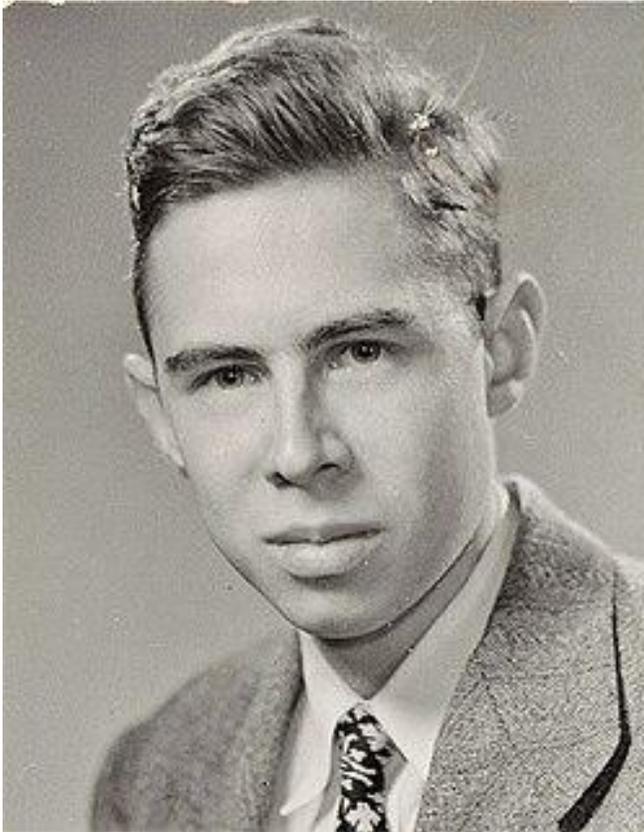
Creó el **lenguaje LISP** (familia de lenguajes de programación de computadora de tipo multiparadigma)

Premio Turing 1971

Funda Dpto IA de la Universidad de Stanford



Frank Rosenblatt y Joseph Weizenbaum



Frank Rosenblatt (1928-1971)

1958. Frank Rosenblatt, psicólogo estadounidense, creó la **primera neurona artificial** (computadora conocida como perceptrón)

1966. Joseph Weizenbaum, informático alemán, creó el **primer chatbot de la historia llamado ELIZA** y que se comportaba como un terapeuta psicólogo



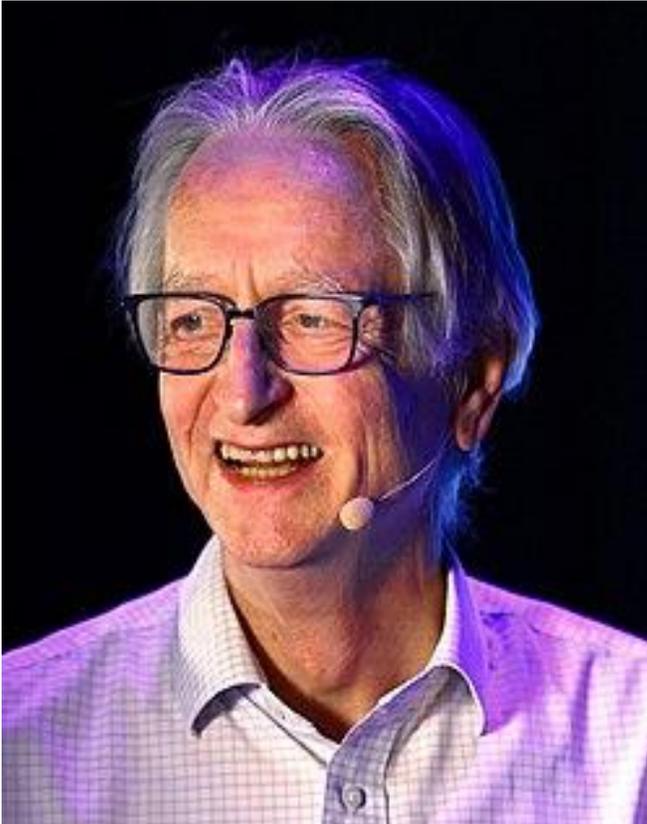
Joseph Weizenbaum (1923-2008)

El primer invierno de la IA



En décadas de los **70 y 80** se detuvo e incluso aparecieron opositores. Los gobiernos cerraron el presupuesto con el **Informe Lighthill** del año 1973

Geoffrey Hinton y Deep Blue



Geoffrey Hinton (1947-)

1986. Geoffrey Hinton, científico computacional y psicólogo británico, define el **concepto de redes neuronales profundas** (o multicapa)



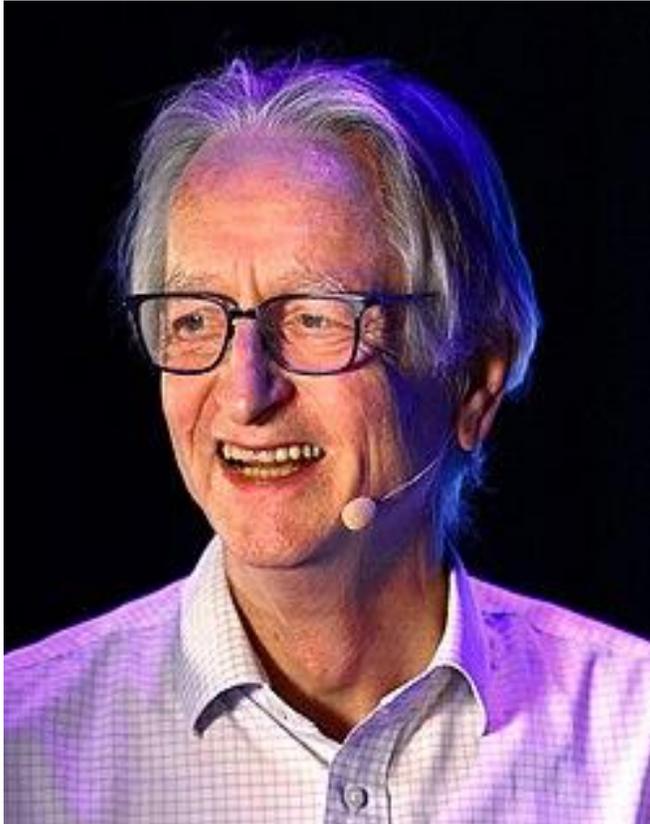
1997. Deep Blue, la primera computadora (de IBM) que derrotó a un campeón del mundo de ajedrez como Gary Kasparov (aunque no era totalmente IA y realmente había una persona detrás que apoyaba a la máquina)

El segundo invierno de la IA



Entre 1986 y 2006 llega el "segundo invierno de la IA", pues atenazaba **el problema del "desvanecimiento de gradiente"** y hubo de esperar dos décadas para resolverse

Geoffrey Hinton y Watson



Geoffrey Hinton (1947-)

2006. Geoffrey Hinton resuelve ese “desvanecimiento de gradiente”



2011. Watson, otra supercomputadora (de IBM) que fue capaz de vencer en el juego Jeopardy, y eso implicaba entender dobles sentidos y juegos de palabras

El boom de la IA



Comienza con los asistentes de voz: Siri en 2011, Google Now en 2012 y Alexa en 2014
Google en 2014 compra **Deepmind** para posicionarse como líder mundial de la IA

Elon Musk y Sam Altman



Elon Musk (1971-)

2015. Elon Musk, empresario sudafricano, y Sam Altman, programador y bloguero estadounidense, **fundan OpenAI** como respuesta a Google

Con la intención de entregar la IA al **beneficio de la humanidad y sin fines de lucro**. Comienzan a reclutar a los mejores, para traerse a genios como el informático israelí-canadiense, nacido en Rusia, **Ilya Sustkever**



Sam Altman (1985-)

Attention is all you need...



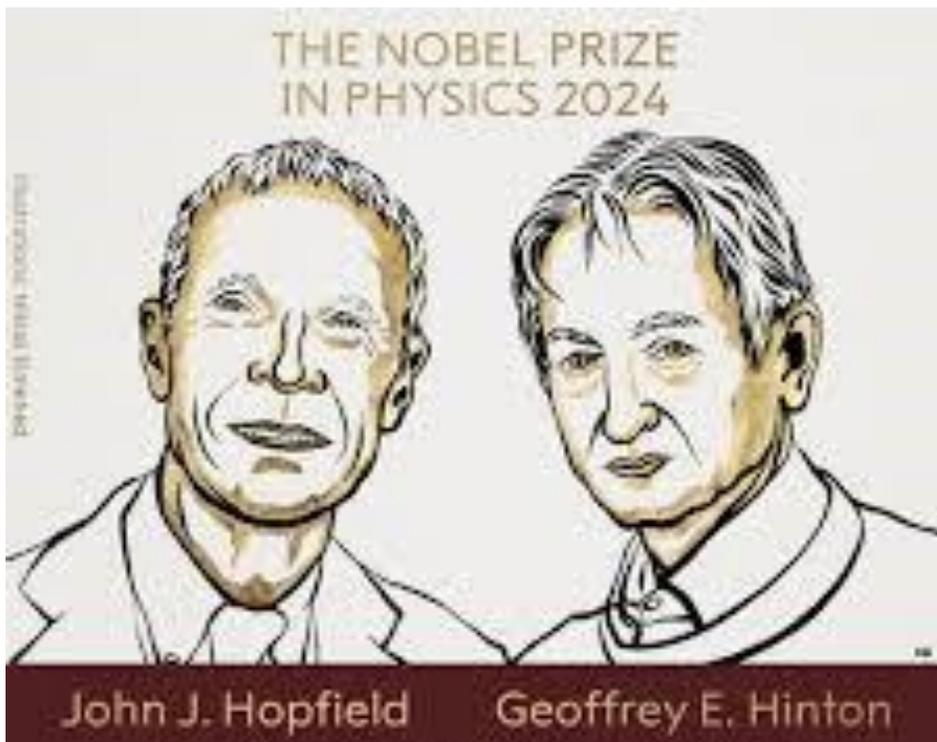
2017. Ingenieros de Google publican el artículo “Attention is all you need” que indica que **la IA no precisa mejorar la memoria, sino la atención**

Se introduce la arquitectura Transformer, algo revolucionario y gracias a la cual tenemos la IA Generativa

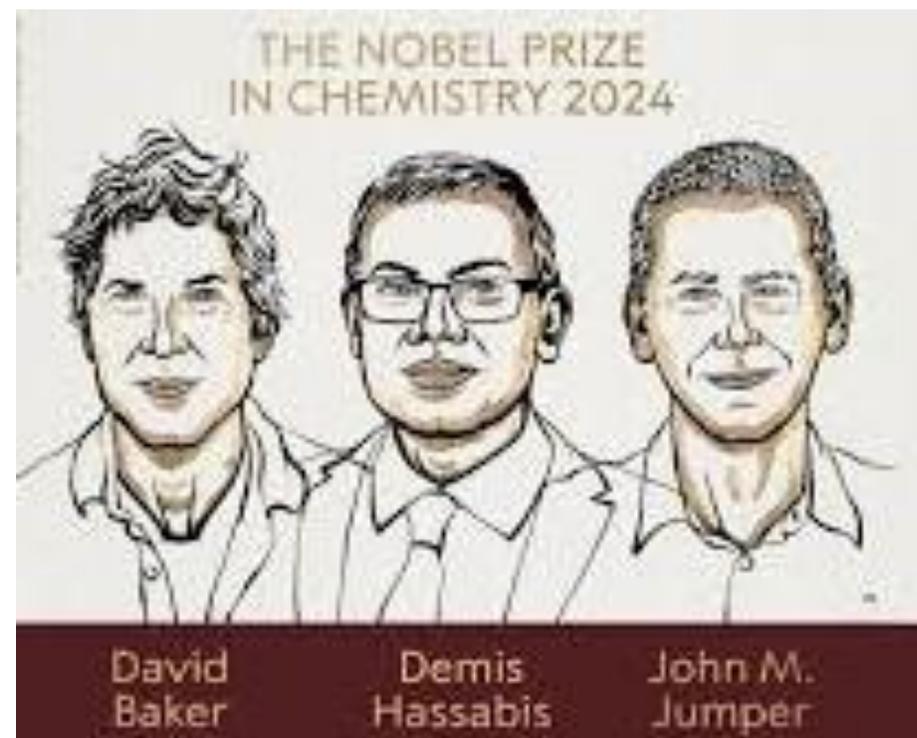
Y es cuando los de OpenAI aprovechan la enseñanza del artículo y **crean GPT (30/11/2022)**. Ahí es cuando Elon Musk vio margen de negocio y quiso fusionar OpenAI con Tesla, pero aquello acabó como el rosario de la aurora con Sam Altman



Premios Nobel 2024 vinculados a la IA



Por sentar las bases de aprendizaje automático profundo a través de redes neuronales inspiradas en el cerebro humano



Por su trabajo en el uso de la IA para predecir la estructura tridimensional de las proteínas

Resumiendo que es gerundio...

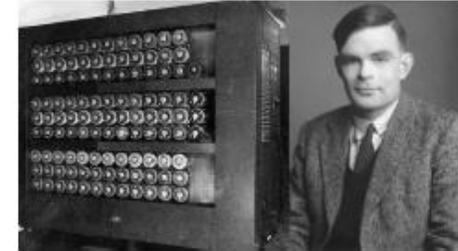
Máquina analítica



Ada Lovelace



Robot



Alan Turing

1837

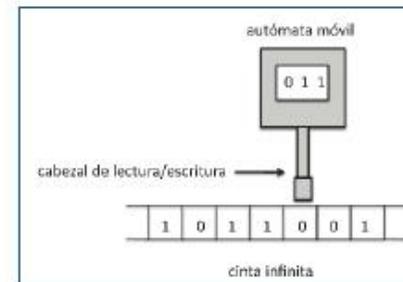


Charles Babbage



El primer algoritmo

1921



Máquina de Turing

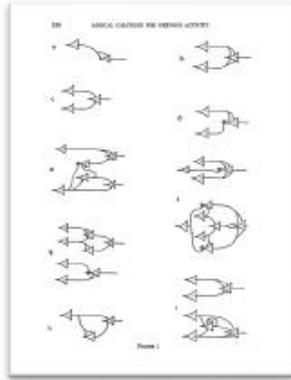
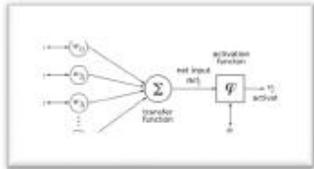
1935



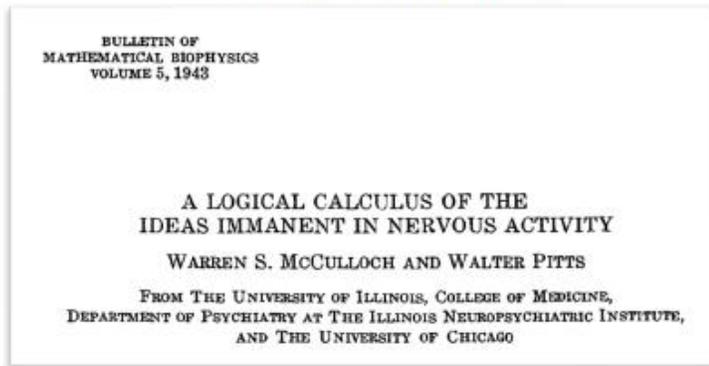
Prueba de Turing

Resumiendo que es gerundio...

McCulloch y Pitts



1943 Primer modelo matemático de una red neuronal artificial



Tomado de Manuel Molina. Curso básico de IA para pediatras

Calculadora SNARC



1951

Minsky / Edmons

McCarthy / Marvin Minsky / Shannon



Inteligencia artificial

1956

Frank Rosenblat



Perceptrón

1959



Arthur Samuel
Juego de damas

Resumiendo que es gerundio...

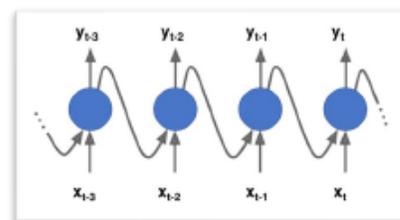
Weizenbaum

```
Welcome to
EEEEEE LL IIII ZZZZZZ AAAAA
CC LL II ZZ AA AA
EEEEEE LL II ZZ AAAAAA
CC LL II ZZ AA AA
EEEEEE LLLLLL IIII ZZZZZZ AA AA

ELIZA is a mock Rogerian psychotherapist.
The original program was described by Joseph Weizenbaum in 1966.
This implementation by Norbert Landsteiner 2005.

ELIZA: Is something troubling you ?
YOU: Men are all alike.
ELIZA: What is the connection, do you suppose ?
YOU: They're always bugging us about something or other.
ELIZA: Can you think of a specific example ?
YOU: Well, my boyfriend made me come here.
ELIZA: Is it important to you that your boyfriend made you come here ?
YOU: He says I'm depressed such of the time.
ELIZA: I am sorry to hear that you are depressed.
YOU: It's true. I am unhappy.
ELIZA: Can you explain what made you unhappy ?
YOU:
```

Redes neuronales recurrentes



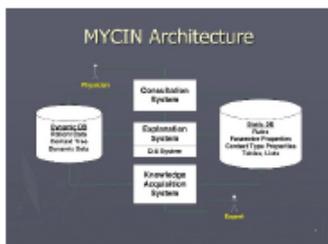
LSTM
Google translator

Deep Blue (IBM)

1966

Primer chatbot. Simulaba una conversación terapéutica

1970s

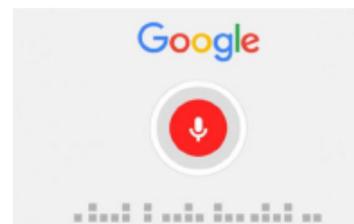


Sistema expertos (MYCIN)

1996



2007



2008

2009



Waymo

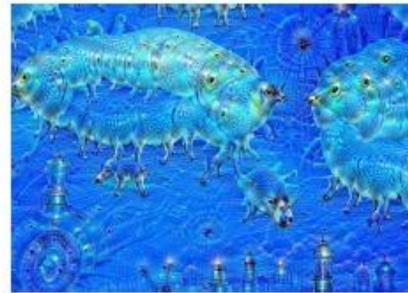
Resumiendo que es gerundio...



IBM Watson



Redes neuronales convolucionales



Google DeepDream y AlphaGo



2016 Marc Zuckerberg crea Jarvis



Lanzamiento de chatGPT

2011

2012

2014

2015

2016

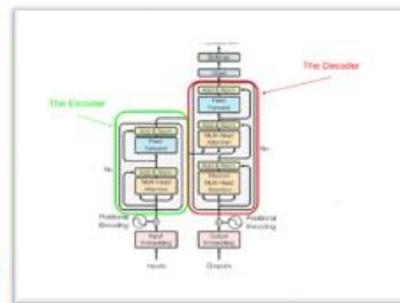
2020

2022

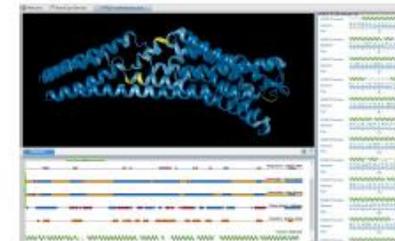
Derrota a los dos mejores jugadores de la historia del concurso Jeopardy!



Eugene Goostman: programa que supera la prueba de Turing

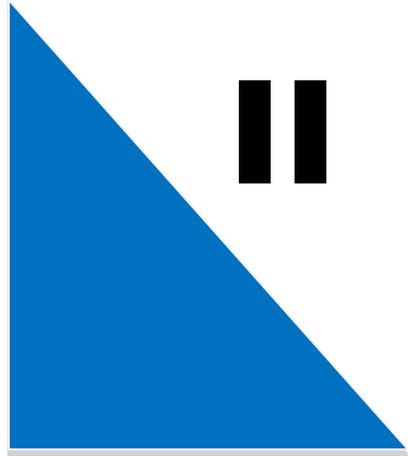


Transformers



AlphaFold

Tomado de Manuel Molina. Curso básico de IA para pediatras



Conceptos clave en IA

Inteligencia Artificial (IA o AI)

Simulación de la inteligencia humana en máquinas programadas para realizar tareas que normalmente son realizadas por seres humanos.

Con dos aspectos clave: es capaz de aprender y de mejorar con el tiempo

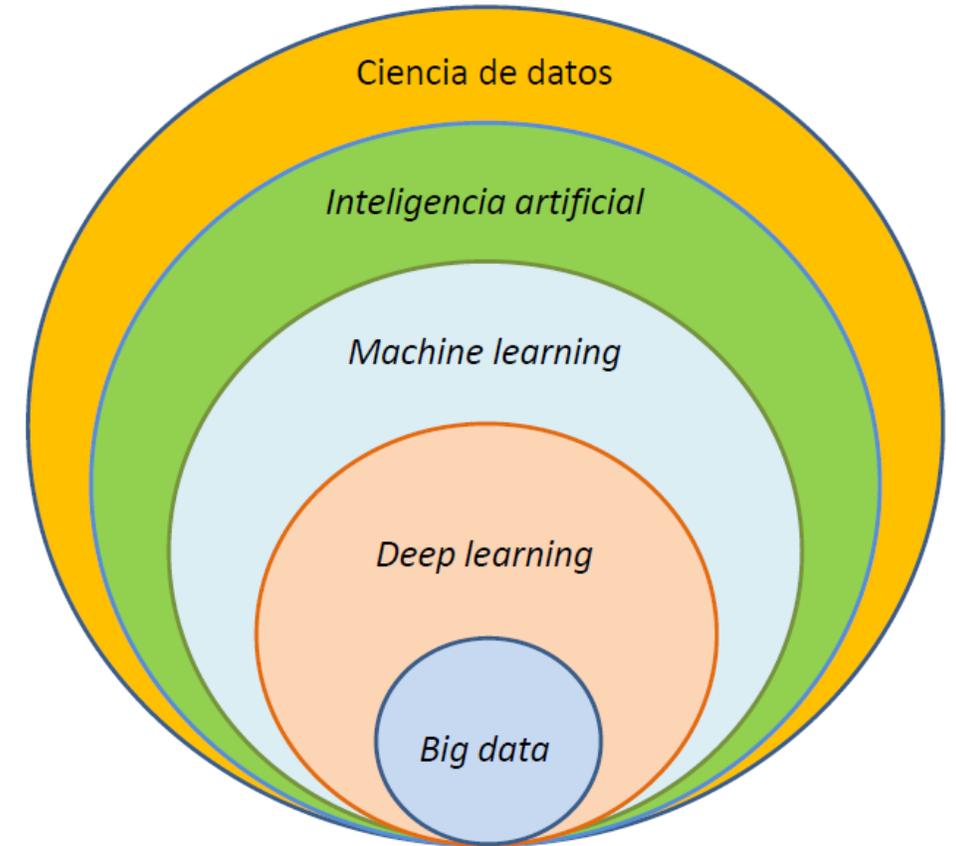


Aprendizajes

Aprendizaje automático (Machine Learning): proceso por el cual las máquinas aprenden a través de grandes cantidades de datos, se entrenan modelos para reconocer patrones y ajustar su comportamiento automáticamente

Hay dos tipos: supervisado y no supervisado

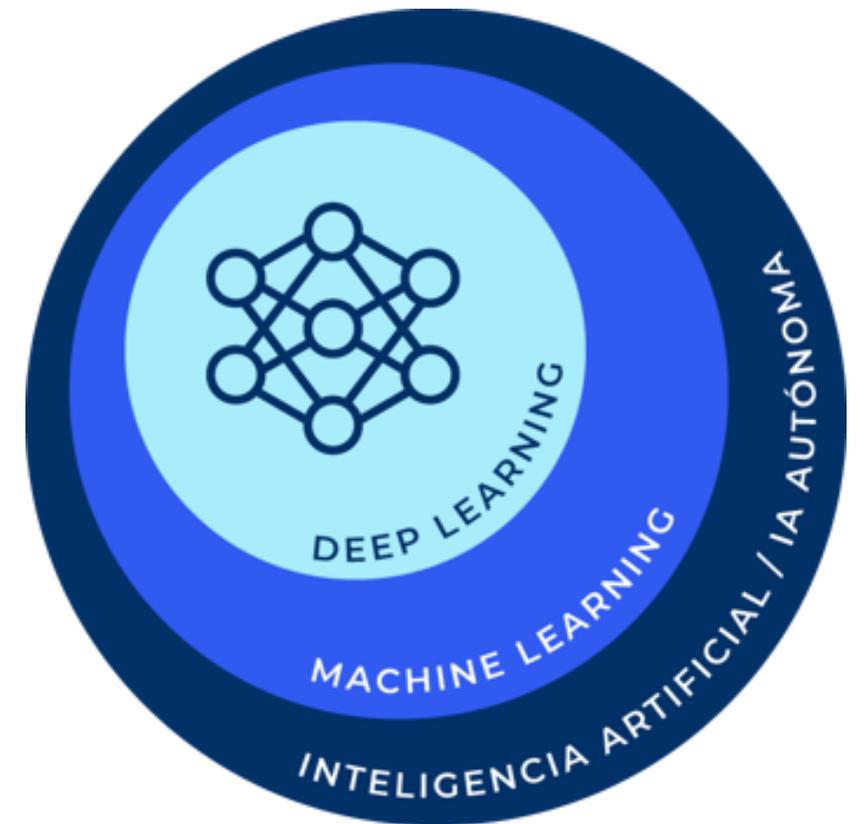
Aprendizaje profundo (Deep Learning): versión avanzada del Machine Learning, pues usa redes neuronales de muchas capas (o profundas, de ahí el nombre) lo que permite procesar grandes cantidades de datos y aprender patrones complejos



a) Aprendizaje automático (*Machine Learning*)

Supervisado: *se proporciona al algoritmo un conjunto de datos con las respuestas correctas ya conocidas para que aprenda a generalizar y hacer predicciones precisas sobre nuevos datos. Se utilizan para predecir el valor desconocido de una variable a partir de una serie de variables conocidas. Dos grupos: la regresión para variables numéricas y la clasificación para variables categóricas*

No supervisado: *el algoritmo no recibe información etiquetada sobre las respuestas correctas, sino que se basa en la estructura de los datos de entrada para descubrir patrones que son desconocidos para el investigador. Usa técnicas de reducción de la dimensionalidad*



a) Aprendizaje automático (*Machine Learning*)



a) Aprendizaje automático (*Machine Learning*)



Ejemplos de Aprendizaje automático supervisado:

- Clasificación de correos como spam o no spam
- Desbloqueo facial en teléfonos
- Diagnóstico médico automatizado
- Sistema de recomendación personalizados (Netflix, Amazon,...)
- Reconocimientos de voz (Siri, Alexa,...)

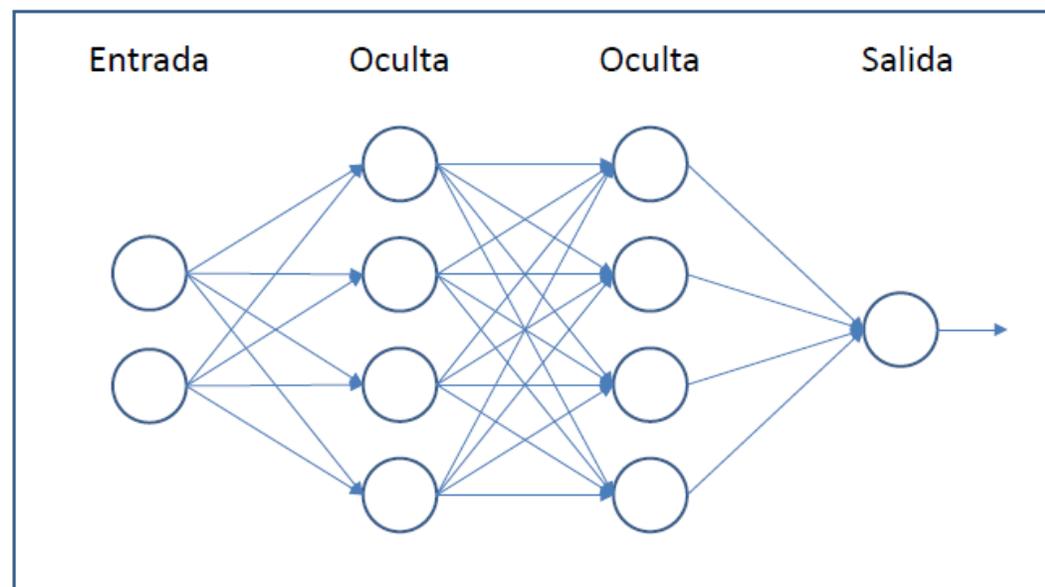
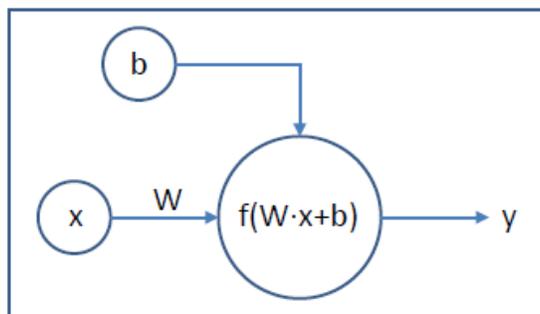
Ejemplos de Aprendizaje automático no supervisado:

- Segmentación de clientes (clustering)
- Detección de fraudes o anomalías en sistemas bancarios
- Agrupamiento de noticias similares en Google News
- Compresión de imágenes o reducción de la dimensionalidad
- Recomendaciones sin historial de etiquetado (YouTube, Spotify,...)

b) Aprendizaje profundo (*Deep Learning*)

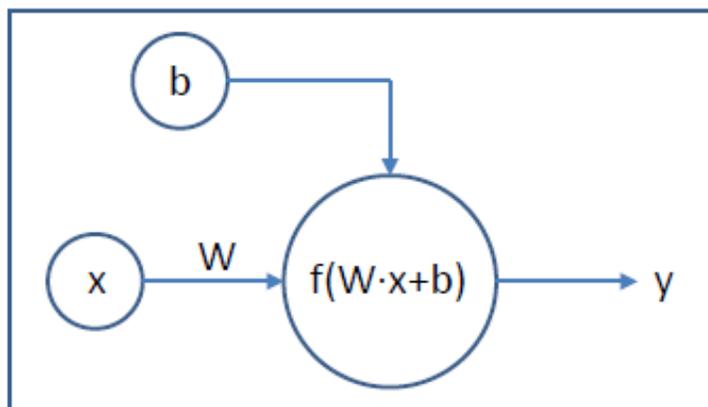
Es la versión avanzada del Machine Learning, pues **usa redes neuronales de muchas capas** (o profundas, de ahí el nombre) lo que permite procesar grandes cantidades de datos y aprender patrones complejos

Red neuronal: es un sistema de computación que imita el comportamiento del cerebro humano mediante nodos (neuronas) conectados en capas



b) Aprendizaje profundo (*Deep Learning*)

Funcionamiento básico: La NEURONA



x: entrada.

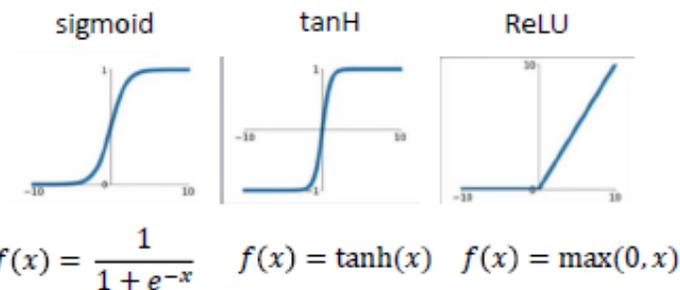
W: peso.

b: sesgo.

f: función de activación.

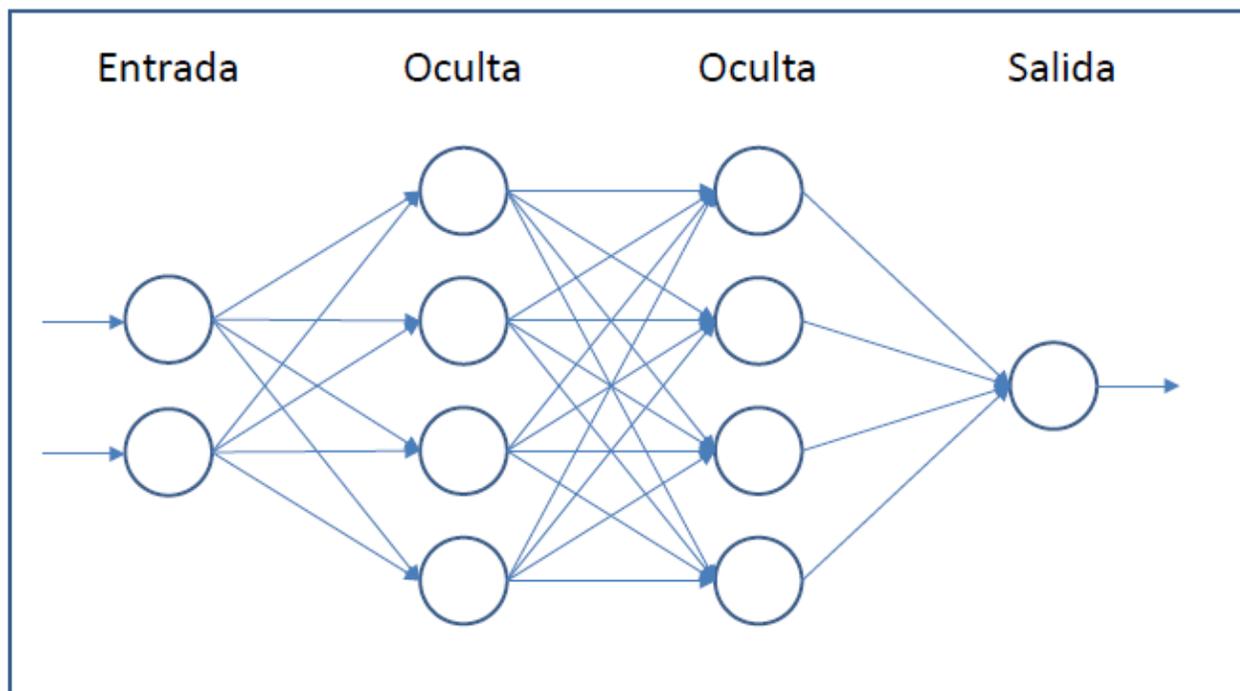
y: salida.

- Cada neurona recibe una o más entradas y las procesa para producir una salida.
- Los pesos determinan la importancia de cada entrada para la neurona.
- El sesgo es un parámetro que ayuda a ajustar la salida de la neurona.
- La función de activación aplica una transformación no lineal.



b) Aprendizaje profundo (*Deep Learning*)

Funcionamiento básico: La RED NEURONAL



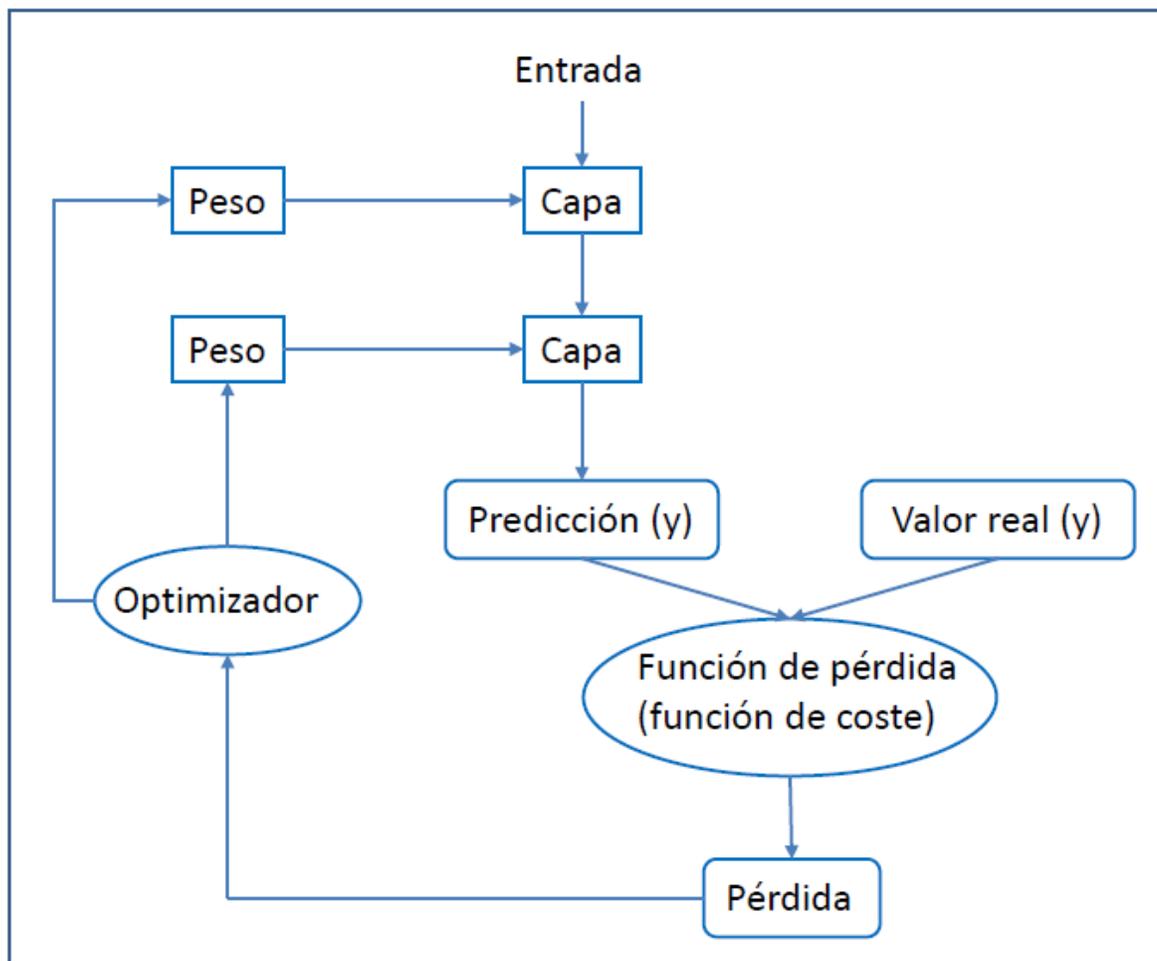
- Cada neurona recibe una o más entradas y las procesa para producir una salida.
- La salida se pasa, como nueva entrada, a todas las neuronas de la siguiente capa.
- La salida o salidas de la última capa es el resultado o predicción de la red neuronal:

$$y = f\left(\sum (x_i w_i) + b\right)$$

Los pesos y los sesgos se denominan parámetros de la red neuronal.

b) Aprendizaje profundo (*Deep Learning*)

Funcionamiento básico: ENTRENAMIENTO

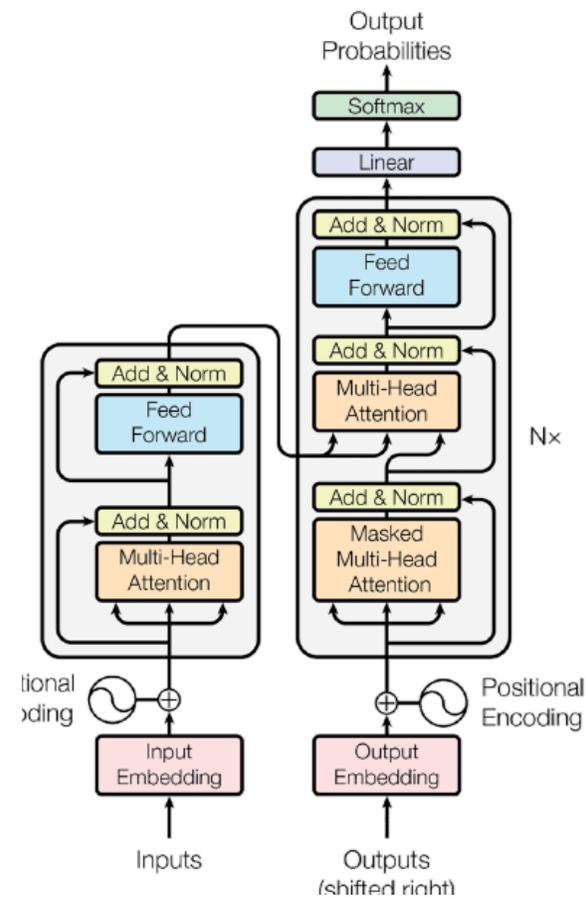


1. Toma un conjunto de variables de entrada (X) y los correspondientes valores reales de la variable que queremos predecir (y).
2. Ejecuta el modelo una vez (paso hacia adelante, *forward pass*) para obtener las predicciones del modelo de la variable "y".
3. Calcula la pérdida o coste del modelo, la diferencia entre los valores reales y las predicciones.
4. Se calcula el gradiente de la pérdida en cada nodo en sentido retrógrado (retropropagación).
5. Se modifican los pesos en el sentido opuesto al vector del gradiente (multiplicándolos por la tasa aprendizaje).

b) Aprendizaje profundo (*Deep Learning*)

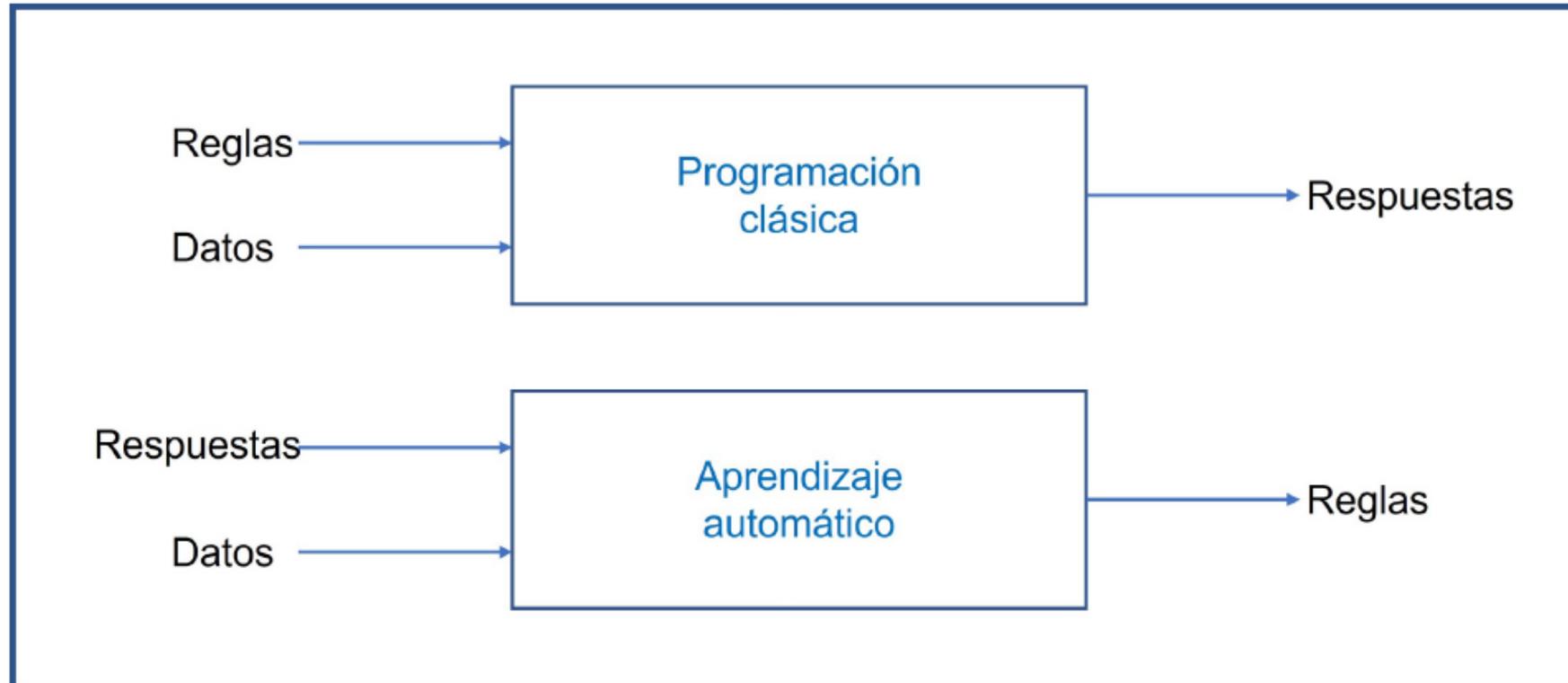
TIPOS de redes neuronales

- Redes densas (perceptrones multicapa)
- Redes neuronales recurrentes (RNN)
- Redes neuronales convolucionales (CNN)
- Autocodificadores (*autoencoders*)
- Redes generativas antagónicas (GAN)
- Redes atencionales y transformadores (*Transformers*)
- Modelos grandes de lenguaje (LLM)
-



b) Aprendizaje profundo (*Deep Learning*)

Un cambio de PARADIGMA



b) Aprendizaje profundo (*Deep Learning*)



Ejemplos de Aprendizaje profundo

- Visión por ordenador (Computer Vision): reconocimiento facial (Face ID Apple), conducción autónoma (Tesla Autopilot), diagnóstico por imágenes médicas (Aidoc)
- Procesamiento de lenguaje natural (NLP): asistentes virtuales inteligentes (Siri, Alexa), traducción automática (Google Translate), generación de texto y chatbots (GhatGPT, Gemini, Claude,...)
- Generación y creatividad artificial: generación de imágenes (DALL-E), música generada por IA (AIVA)
- Otros usos: reconocimiento de voz y dictado (Google Voice Typing), sistemas de recomendación avanzados (Youtube, TikTok,...), etc.

Modelos

Un modelo es una IA ya entrenada, lista para usarse en tareas reales, pues “modela” las relaciones entre los datos para hacer predicciones

LLM (Large Language Model): *es un modelo de IA entrenado con grandes cantidades de datos que entiende y procesa el lenguaje humano. Ejemplos son ChatGPT de OpenAI, Gemini de Google, Claude de Anthropic, Llama de Meta*

SLM (Small Language Model): *es un modelo de lenguaje más pequeño y entrenados con menos datos que los LLM. Son menos poderosos, pero no consumen tantos recursos, por lo que se ejecutan en el dispositivo móvil. Ejemplo es Gemini Nano*



Presente: la IA Generativa

Es un tipo de IA que puede generar (de ahí el nombre) contenido como texto, imágenes, vídeos, código, resúmenes, etc. Es la mayor revolución en la historia de la IA

Beneficios:

- Aumento de la productividad y eficiencia
- Potenciación de la creatividad
- Personalización a escala
- Innovación acelerada
- Accesibilidad

Desafíos:

- Desinformación y “fake news”
- Sesgos
- Propiedad intelectual
- Mal uso, calidad y fiabilidad (ojo con las “alucinaciones”)



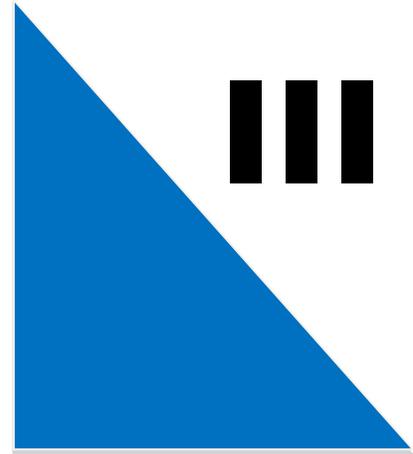
Futuro inmediato: de la AGI a la Superinteligencia

AGI (Artificial General Intelligence): *es un tipo de IA que alcanza el nivel de inteligencia de un ser humano. Puede aprender cosas nuevas para las que no ha sido entrenado y adaptarse a tareas por sí solo*

Superinteligencia: *es el nivel máximo de IA, pues supera al ser humano en todos su ámbitos. No solo porque aprende más rápido, también mejora por sí sola, realizando tareas que los humanos no somos capaces de comprender*

Singularidad: es el momento en el que la IA supera a los humanos en todos los aspectos y deja de necesitarlos. A partir de entonces, evoluciona a un ritmo tan rápido que se vuelve impredecible, ya que los humanos ni pueden prever ni controlar su avance





Aplicaciones de la IA en la práctica clínica

APLICACIONES en la práctica clínica

- Monitorización automática y clasificación de signos clínicos
- Aplicaciones de diagnóstico por imagen
- Medicina de precisión
- Estudios con *big data* y computación en la nube

Medicina digital y dispositivos personales: minería de datos, predicción de síntomas, toma de decisiones clínicas

- Asistentes virtuales y robots: telemedicina, tratamientos psiquiátricos, cuidado de enfermedades crónicas
- Aumento de la seguridad en las prescripciones
- Reducción de la carga de trabajo para centrar la atención en el paciente: traducción, resumir información, explicación informes complejos,...



VENTAJAS de la IA en Medicina

- **Análisis de casos clínicos complejos:** los modelos pueden utilizar razonamiento avanzado para evaluar múltiples factores clínicos, como antecedentes del paciente, resultados de pruebas y síntomas actuales, para sugerir posibles líneas de tratamiento.
- **Toma de decisiones basadas en pruebas:** capacidad de revisar diferentes estudios y guías clínicas para proporcionar un razonamiento coherente que respalde recomendaciones de tratamiento.
- **Simulación de escenarios clínicos:** utilizando razonamiento avanzado, los modelos pueden simular diferentes escenarios clínicos para explorar posibles respuestas a tratamientos o intervenciones.
- **Reducción de tareas administrativas,** automatización de la documentación clínica, seguimiento de enfermedades crónicas...



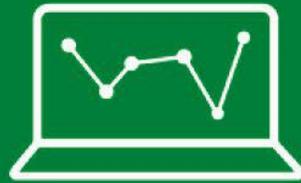
PELIGROS de la IA en Medicina

Problem Selection



Inequitable prioritization of problem selection and funding pose an ethical violation of justice principles.

Data Collection



Use of convenience samples can lead to results that are not generalizable and may widen disparities in marginalized populations.

Variable Selection



Structural inequities and disparities in healthcare underlie objective-appearing variables leading to biased outcomes and a violation of justice principles.

Algorithm Development



Algorithms that are developed on large populations and that fail to represent marginalized subpopulations violate the ethical principles of beneficence and justice.

Post-Deployment Considerations



Lack of transparency about both models and targeted audits risk patient safety and provide further risk to underserved and marginalized groups.

El (ya) PRESENTE de la IA en Medicina

La IA no viene para reemplazar a los clínicos

El objetivo de la IA es **potenciar las habilidades del médico, no sustituirle**

El único clínico que será sustituido será aquel que no aproveche las ventajas de la IA y será sustituido por otro que sí lo haga, no por una máquina

El peligro está en nosotros, no en las máquinas



El (casi) FUTURO de la IA en Medicina

Nuevos avances en el procesamiento del lenguaje natural y de los grandes modelos del lenguaje, con el desarrollo de técnicas de razonamiento avanzado (procesamiento rápido de la historia para destacar intervenciones relevantes).

Generación de datos sintéticos de entrenamiento: aceleración del avance de la capacidad de los modelos (detección de trastornos raros sin necesidad de grandes bases de datos de pacientes).

Técnicas de “especialización”, con reducción del riesgo de alucinaciones e imprecisiones de los modelos (reducción de errores con modelos especializados en un tipo específico de pacientes).

Desarrollo de la IA general (útil para todo, no solo para la tarea para la que fue entrenada)

Desarrollo de la superinteligencia artificial (el último invento de la Humanidad)

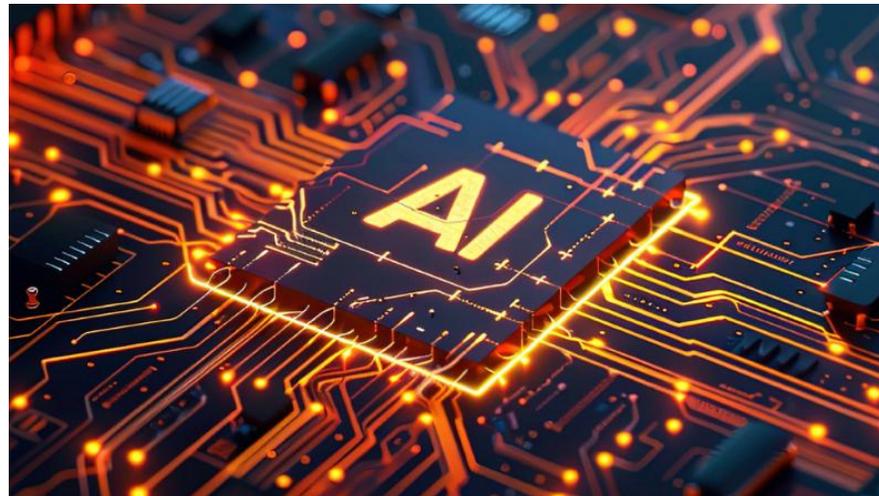
Continuará...



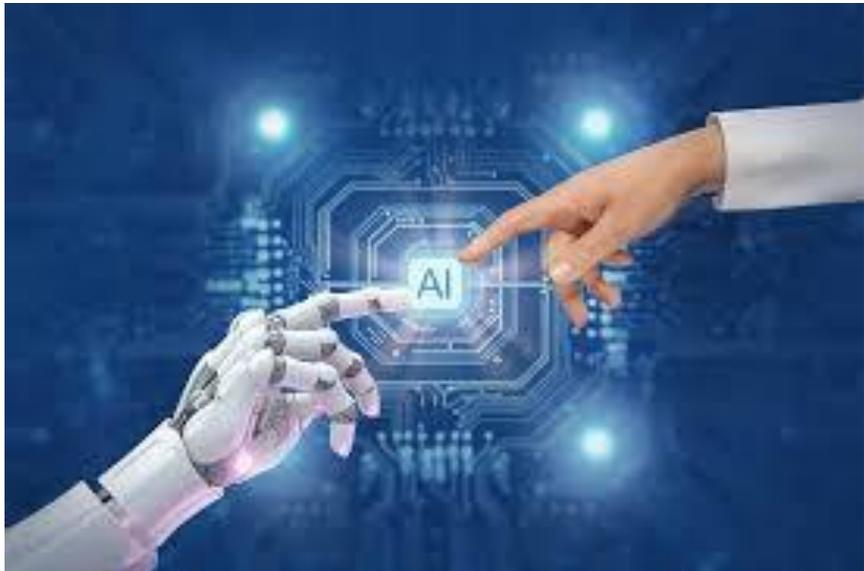
IV. Herramientas de la IA

V. Chatbots y otros modelos grandes de lenguaje

VI. *Prompt engineering*



El camino a la Inteligencia Artificial (IA), conceptos clave y aplicaciones clínicas



Javier González de Dios

javier.gonzalezdedios@gmail.com