

# Sistemas cognitivos Artificiales

Roberto Casado Vara

## Introducción

# Sobre mi

- Roberto Casado
- Formación:
  - Matemático
  - Doctor en sistemas inteligentes
- Investigador en IA y matemáticas aplicadas



# Objetivos

- Adquirir conocimientos para:
  - la creación
  - diseño
  - Entrenamiento de sistemas cognitivos artificiales (redes neuronales)
- Aprender algunos tipos de redes neuronales y cuando usarlos

# Sistemas Cognitivos Artificiales

- Nos centraremos en el aprendizaje profundo / *deep learning*.
- Área de la IA más “caliente” en la actualidad.
- Grandes avances en los últimos años, con resultados espectaculares en multitud de aplicaciones.
- Podemos ver la asignatura como una continuación de la de *Aprendizaje Automático* del primer cuatrimestre.
- Veremos tanto la teoría y fundamentos de las redes neuronales como su aplicación práctica.
- Primera mitad del curso más teórica, con una importante base matemática. Importante obtener una intuición de cómo funcionan las redes neuronales.

# Sistemas Cognitivos Artificiales

- **Laboratorios y trabajos:** nos centraremos en la implementación de redes neuronales con TensorFlow y Keras.
- **Lenguaje de programación:** *Python* (versión 3). Necesario un conocimiento básico del lenguaje.
- Trabajaremos sobre Jupyter Notebooks / *Google Colaboratory*.

# Contenidos

- Tema 1. Introducción al aprendizaje profundo
- Tema 2. Entrenamiento de redes neuronales
- Tema 3. Frameworks de aprendizaje profundo
- Tema 4. Aspectos prácticos en el entrenamiento de redes neuronales profundas
- Tema 5. Convolutional Neural Networks (CNN)
- Tema 6. Word Vectors
- Tema 7. Recurrent Neuronal Networks (RNN)
- Tema 8. Agentes inteligentes. Deep reinforcement Learning
- Tema 9. Redes neuronales en entornos Big Data
- Tema 10. Ecosistemas en la nube y puesta en producción de sistemas de inteligencia artificial
- Tema 11. *Últimos avances en aprendizaje profundo*

# Evaluación

- Evaluación continua (40%)
  - Trabajo (5 puntos)
  - Caso grupal (3.5 puntos)
  - Test (1.1 puntos)
  - Asistencia (0.4 puntos/clase – 2 clases)
  - Laboratorio (5 puntos)
  - En total 15 puntos, máximo 10 puntos

**Ejemplo:** Alumno A obtiene 11/15      -> 4 puntos

Alumno B obtiene 7.5/15      -> 3 puntos

- Examen final (60 %)

# Evaluación Continua

- Trabajos
  - 10/05 Trabajo (5 puntos)
  - 24/05 Trabajo en grupo (3.5 puntos)
  - 14/06 Laboratorio (5 puntos)
- Test (un test por tema) (0.1 puntos por tema)  
Fecha de entrega: antes de la fecha de examen final
- Asistencia a clase presencial (0.2/clase – max 2 clases)

Cada uno debería mirar en el apartado programación del aula virtual para ver el sistema de calificación de su grupo.



# Examen Final



## Parte 1: Teoría

preguntas teóricas o  
tipo test



## Parte 2: Preguntas de desarrollo

preguntas prácticas  
sobre diferentes partes  
de la asignatura

Los alumnos del especialista no tienen examen.

# Calendario (I)

SEMANAS	TEMAS	ACTIVIDADES (15.0 PUNTOS)	CLASES EN DIRECTO
<b>Semana1</b> 22-mar-2021 - 26-mar-2021	<b>Tema 1. Introducción al aprendizaje profundo</b> 1.1. ¿Cómo estudiar este tema? 1.2. Introducción al aprendizaje profundo 1.3. Historia y casos de éxito del aprendizaje profundo 1.4. Repaso de redes neuronales e inspiración biológica	Asistencia a 2 clases en directo a lo largo de la asignatura (0,2 puntos cada una)  Test tema 1 (0.1 puntos) Fecha de entrega: 11/07/2021	Presentación de la asignatura y clase del tema 1
<b>Semana2</b> 29-mar-2021 - 02-abr-2021	<b>Tema 2. Entrenamiento de redes neuronales</b> 2.1. ¿Cómo estudiar este tema? 2.2. Funciones de coste 2.3. Entrenamiento con <i>gradient descent</i>		Clase del tema 2
<b>Semana3</b> 05-abr-2021 - 09-abr-2021	<b>Tema 2. Entrenamiento de redes neuronales (continuación)</b> 2.4. <i>Backpropagation</i>	Test tema 2 (0.1 puntos) Fecha de entrega: 11/07/2021	Clase del tema 2 Parte 2
<b>Semana4</b> 12-abr-2021 - 16-abr-2021	<b>Tema 3. Frameworks de aprendizaje profundo</b> 3.1. ¿Cómo estudiar este tema? 3.2. Frameworks de aprendizaje profundo 3.3. TensorFlow. Grafos de computación 3.4. Otros <i>frameworks</i> 3.5. Keras	Test tema 3 (0.1 puntos) Fecha de entrega: 11/07/2021	Clase del tema 3
<b>Semana5</b> 19-abr-2021 - 23-abr-2021	<b>Tema 4. Aspectos prácticos en el entrenamiento de redes neuronales profundas</b> 4.1. ¿Cómo estudiar este tema? 4.2. Unidades de activación 4.3. Inicialización de parámetros 4.4. <i>Batch normalization</i>		Clase del tema 4
<b>Semana6</b> 26-abr-2021 - 30-abr-2021	<b>Tema 4. Aspectos prácticos en el entrenamiento de redes neuronales profundas (continuación)</b> 4.5. Optimización avanzada 4.6. Regularización	Trabajo: Conceptos generales de redes neuronales (5.0 puntos) Fecha de entrega: 10/05/2021  Test tema 4 (0.1 puntos) Fecha de entrega: 11/07/2021	Clase del tema 4 Parte 2 y presentación de Trabajo: Conceptos generales de redes neuronales

Cada uno debería mirar en el apartado programación del aula virtual para ver el calendario concreto y las actividades de su grupo.

# Calendario (II)

SEMANAS	TEMAS	ACTIVIDADES (15.0 PUNTOS)	CLASES EN DIRECTO
<b>Semana7</b> 03-may-2021 - 07-may-2021	<b>Tema 5. Convolutional Neural Networks (CNN)</b> 5.1. ¿Cómo estudiar este tema? 5.2. Introducción a las CNN 5.3. Convolution layers		Clase del tema 5
<b>Semana8</b> 10-may-2021 - 14-may-2021	<b>Tema 5. Convolutional Neural Networks (CNN) (continuación)</b> 5.4. Arquitecturas CNN para problemas de visión por computador 5.5. Data augmentation 5.6. Transfer Learning	Caso grupal: Reconocimiento de imágenes más complejas utilizando redes neuronales convolucionales (3.5 puntos) Fecha de entrega: 24/05/2021 Test tema 5 (0.1 puntos) Fecha de entrega: 11/07/2021	Clase del tema 5 Parte 2 y presentación del Caso grupal: Reconocimiento de imágenes más complejas utilizando redes neuronales convolucionales
<b>Semana9</b> 17-may-2021 - 21-may-2021	<b>Tema 6. Word Vectors</b> 6.1. ¿Cómo estudiar este tema? 6.2. Representaciones del lenguaje 6.3. Word2Vec	Test tema 6 (0.1 puntos) Fecha de entrega: 11/07/2021	Clase del tema 6  Conclusiones de Trabajo: Conceptos generales de redes neuronales
<b>Semana10</b> 24-may-2021 - 28-may-2021	<b>Tema 7. Recurrent Neural Networks (RNN)</b> 7.1. ¿Cómo estudiar este tema? 7.2. Recurrent Neural Networks 7.3. Modelos del lenguaje con RNN		Clase del tema 7
<b>Semana11</b> 31-may-2021 - 04-jun-2021	<b>Tema 7. Recurrent Neural Networks (RNN) (continuación)</b> 7.4. Arquitecturas LSTM y GRU	Laboratorio: RNN y sus aplicaciones en las series temporales (5.0 puntos) Fecha de entrega: 14/06/2021 Test tema 7 (0.1 puntos) Fecha de entrega: 11/07/2021	Clase del tema 7 Parte 2 y presentación del laboratorio: RNN y sus aplicaciones en las series temporales  Laboratorio x2h
<b>Semana12</b> 07-jun-2021 - 11-jun-2021	<b>Tema 8. Agentes inteligentes. Deep Reinforcement Learning</b> 8.1. ¿Cómo estudiar este tema? 8.2. Reinforcement Learning 8.3. Procesos de decisión de Markov 8.4. Deep Q-Learning	Test tema 8 (0.1 puntos) Fecha de entrega: 11/07/2021	Clase del tema 8  Conclusiones del caso grupal: Reconocimiento de imágenes más complejas utilizando redes neuronales convolucionales

# Calendario (III)

SEMANAS	TEMAS	ACTIVIDADES (15.0 PUNTOS)	CLASES EN DIRECTO
<b>Semana13</b> 14-jun-2021 - 18-jun-2021	<b>Tema 9. Redes neuronales en entornos <i>Big Data</i></b> 9.1. ¿Cómo estudiar este tema? 9.2. GPU para entrenamiento de redes neuronales profundas 9.3. Entrenamiento distribuido	Test tema 9 (0.1 puntos) Fecha de entrega: 11/07/2021	Clase del tema 9
<b>Semana14</b> 21-jun-2021 - 25-jun-2021	<b>Tema 10. Ecosistemas en la nube y puesta en producción de sistemas de inteligencia artificial</b> 10.1. ¿Cómo estudiar este tema? 10.2. Servidores de modelos de inteligencia artificial 10.3. Ecosistemas en la nube 10.4. Aspectos prácticos de la puesta en producción de sistemas de <i>machine learning</i>	Test tema 10 (0.1 puntos) Fecha de entrega: 11/07/2021	Clase del tema 10  Conclusiones del laboratorio: RNN y sus aplicaciones en las series temporales
<b>Semana15</b> 28-jun-2021 - 02-jul-2021	<b>Tema 11. Últimos avances en aprendizaje profundo</b> 11.1. ¿Cómo estudiar este tema? 11.2. <i>Generative Adversarial Networks</i> (GAN) 11.3. <i>Meta-learning</i>	Test tema 11 (0.1 puntos) Fecha de entrega: 11/07/2021	Clase del tema 11  Clase de explicación del modelo de examen
<b>Semana16</b> 05-jul-2021 - 09-jul-2021	<b>Semana de exámenes</b>		

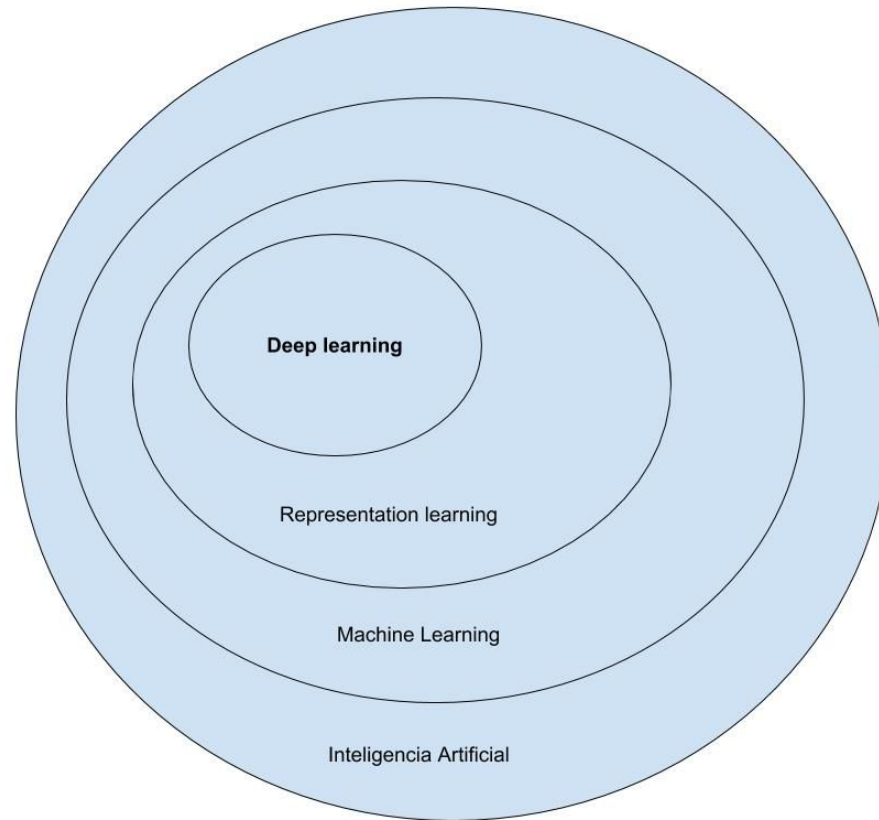
# Sistemas Cognitivos Artificiales

Roberto Casado Vara



## Tema 1: Introducción al aprendizaje profundo

# Introducción al aprendizaje profundo



# Introducción al aprendizaje profundo

- Durante años, la inteligencia artificial se fundamentaba principalmente en **sistemas de reglas** y **conocimiento** definidos por humanos.
- Estos sistemas eran capaces de resolver problemas basados en reglas formales que suelen resultar difíciles para las personas.
- Sin embargo, tareas sencillas e intuitivas para una persona (como reconocer un objeto) son de gran complejidad para un ordenador.



# Introducción al aprendizaje profundo

- Estas tareas de mayor complejidad para una máquina son complicadas de expresar en términos de sistemas de reglas y bases de datos de conocimiento.
- Esto dio lugar al desarrollo del ***machine learning*** o **aprendizaje automático** como una subárea de la inteligencia artificial.
- En machine learning, un sistema obtiene su propio conocimiento mediante la **extracción de patrones** a partir de la **experiencia**, dada en forma de **datos**.
  - Por ejemplo, un sistema de aprendizaje automático puede ser entrenado para clasificar emails en spam o no spam buscando patrones en el lenguaje.



# Introducción al aprendizaje profundo

- La **representación de los datos** es crucial para el éxito de un algoritmo de machine learning
  - Igual que, de hecho, para nosotros: *523+4* vs *DXXIII+IV*
- En muchas ocasiones, la definición de los datos o **features** que va a utilizar un sistema de *machine learning* es diseñada explícitamente por personas.
  - Por ejemplo, en 1990 un estudio permitía predecir la práctica de una cesárea con ***logistic regression*** a partir de una serie de datos (features) que un medico obtenía de una resonancia magnética.
  - El mismo algoritmo, aplicado directamente a los píxeles de la imagen (otra representación de los datos), tendría una capacidad nula de predicción.



# Introducción al aprendizaje profundo

- ¿Cómo definir una serie de **features** adecuadas para nuestro problema? No es sencillo.
- Por ejemplo, si queremos saber si hay un camión en una foto. ¿Qué features deberían estar presentes?
  - ¿Ruedas? ¿Cuántas?
  - ¿Presencia de remolque?
  - ¿Presencia de una carretera?



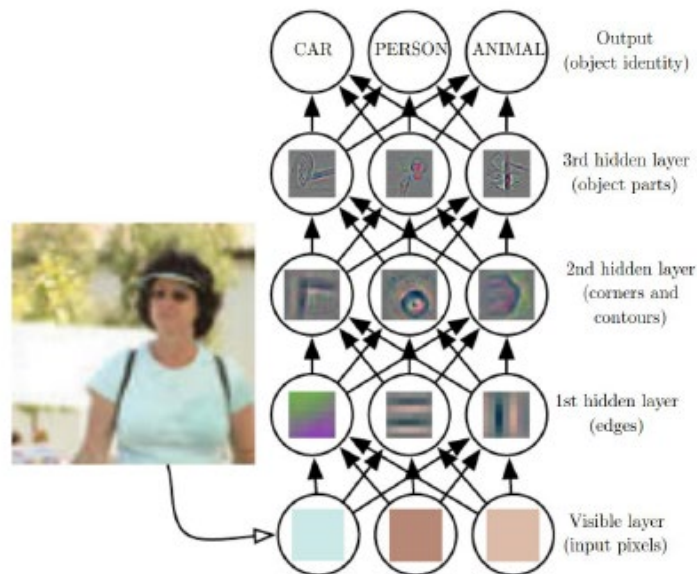
# Introducción al aprendizaje profundo

- Idea del **Deep Learning**: obtener representaciones expresadas en términos de otras representaciones más sencillas.
- En otras palabras,

Obtener representaciones basadas en una jerarquía de conceptos, construyendo conceptos complejos a partir de conceptos simples

# Introducción al aprendizaje profundo

- Modelo por excelencia: la **red neuronal** o **neural network**, también conocida como *multilayer perceptron*.
- Una red neuronal es una función matemática que calcula una salida a partir de una entrada y está definida por una serie de nodos, unidades o **neuronas** distribuidas en capas. Cada nodo representa una función simple que depende de los nodos de la capa anterior.

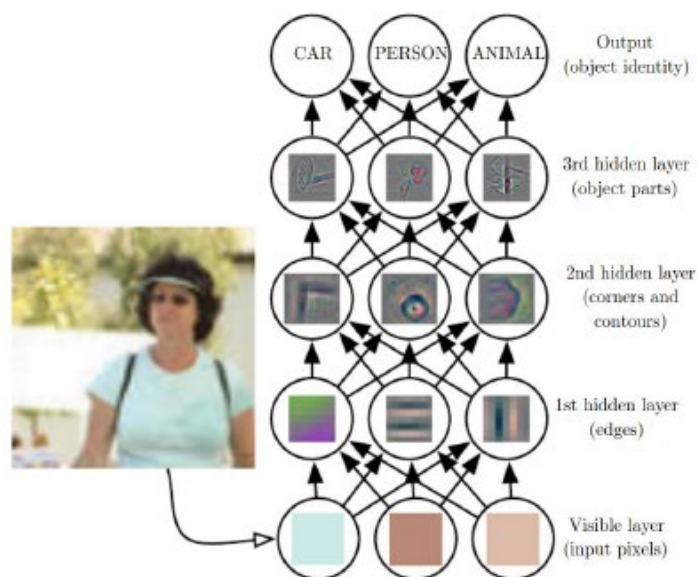


Jerarquía de conceptos:  
representación de creciente  
complejidad

Fuente: The Deep Learning Book, Ian Goodfellow

# Introducción al aprendizaje profundo

- Aprender una función directa de píxeles a objeto sería prácticamente imposible. Una red neuronal divide la tarea en una serie de problemas más sencillos.
- Dos formas de ver el por qué de “deep”:
  1. Jerarquía profunda de conceptos.
  2. Número elevado de capas, creando una *deep neural network*.



Jerarquía de conceptos:  
representación de creciente  
complejidad

Fuente: The Deep Learning Book, Ian Goodfellow

# Sistemas Cognitivos Artificiales

Roberto Casado Vara

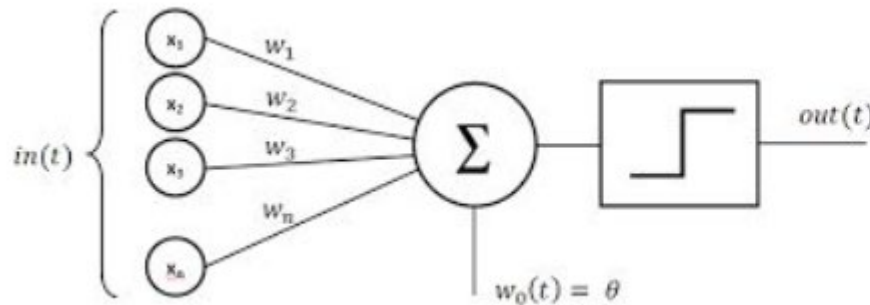
## Historias y casos de éxito del aprendizaje profundo

# Historia del aprendizaje profundo

- Si bien el *deep learning* está viviendo su edad dorado ahora mismo, éste ha existido en cierta medida desde hace varias décadas con distintos nombres.
- La inspiración biológica ha sido un importante punto en la historia del aprendizaje profundo, partiendo de la idea de que el cerebro es un ejemplo de aprendizaje e inteligencia.
- En la actualidad, el campo no está guiado por la neurociencia, ya que nuestra comprensión del cerebro no es lo suficientemente avanzada. Aún así, sigue existiendo un intercambio de ideas entre los dos campos.

# Historia del aprendizaje profundo

- Primeros **modelos** inspirados en el funcionamiento de una neurona:
  - **Neurona de McCulloch-Pitts** (1943)
  - **Perceptrón** (1958)
- En 1960, el sistema **ADALINE** introduce un sistema de entrenamiento parecido al *stochastic gradient descent*, utilizado en la actualidad para entrenar redes neuronales.



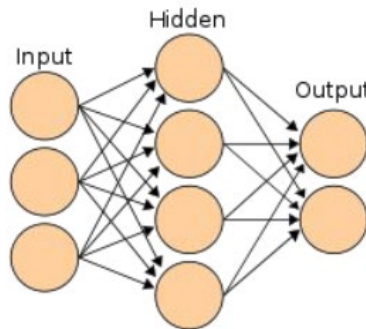
$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } \mathbf{w} \cdot \mathbf{x} + b > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Perceptrón (1958)



# Historia del aprendizaje profundo

- **Años 80:** renovado interés en las redes neuronales, principalmente gracias al movimiento interdisciplinar del **conexionismo**.
- La idea del conexionismo es que un gran número de pequeñas unidades de cómputo puede alcanzar un comportamiento inteligente mediante su conexión en una red.
- El algoritmo de **backpropagation**, clave en el entrenamiento de redes neuronales, data de esta época, así como la idea de las **representaciones distribuidas**.



# Historia del aprendizaje profundo

- **Años 90:** el interés por las redes neuronales decae ante la dificultad de obtener resultados.
- Otros algoritmos de machine learning, como SVM, copan durante años el interés de la comunidad.
- En esta década se introdujeron las **redes secuenciales LSTM**, tan utilizadas en la actualidad, si bien en su momento no despertaron gran interés.

# Historia del aprendizaje profundo

- **A partir de 2006:** Varios avances conseguidos por investigadores como Geoffrey Hinton, Yoshua Bengio y Yann LeCun vuelven a situar las redes neuronales en el centro del tablero.
- Año a año, el entrenamiento de redes neuronales empieza a obtener mejores resultados y comienza a batir récords en una gran cantidad de problemas clásicos de la inteligencia artificial.
- **2012 - actualidad:** Explosión del *deep learning*. *Deep learning* hasta en la sopa...

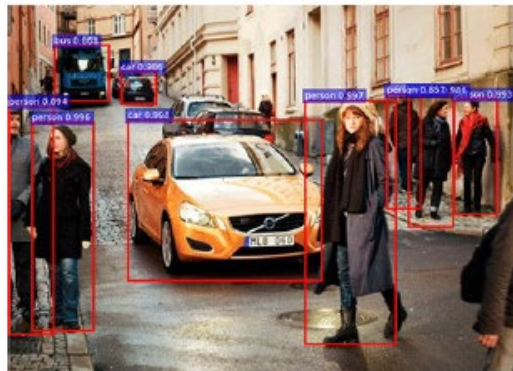
# Historia del aprendizaje profundo

- Si gran parte de los algoritmos y técnicas ya estaban inventadas, ¿por qué tardó tanto el aprendizaje profundo en despegar?
  - Las redes neuronales, aunque funcionales, eran muy difíciles de entrenar y en muchas ocasiones no daban buenos resultados.
- **Factores clave del éxito del deep learning:**
  1. **Aumento de la cantidad disponible de datos.** Los datasets han pasado de tener cientos o miles de puntos a millones. Las redes neuronales son algoritmos complejos y necesitan de una gran cantidad de datos.
  2. **Mejora de la capacidad de cómputo.** Facilita la experimentación y el entrenamiento de modelos más complejos. Los avances del *hardware*, como la utilización de tarjetas gráficas, han ayudado en gran medida al desarrollo del campo.

# Casos de éxito del aprendizaje profundo

## Computer vision

- Probablemente el área donde el aprendizaje profundo ha tenido un mayor impacto.
- En 2012, una **convolutional neural network** ganó por primera vez y con un gran margen la competición de reconocimiento de objetos *ImageNet*. Durante los años siguientes, los avances fueron aún mayores.
- Grandes avances en problemas como detección de objetos, segmentación, etc.



Fuente: <https://bigsnarf.wordpress.com/2016/11/07/faster-r-cnn-pedestrian-and-car-detection/>

# Casos de éxito del aprendizaje profundo

## Speech Recognition

- Otra área donde los mejores sistemas actuales funcionan con redes neuronales profundas.
- Ha facilitado el desarrollo de asistentes virtuales e interfaces por voz.

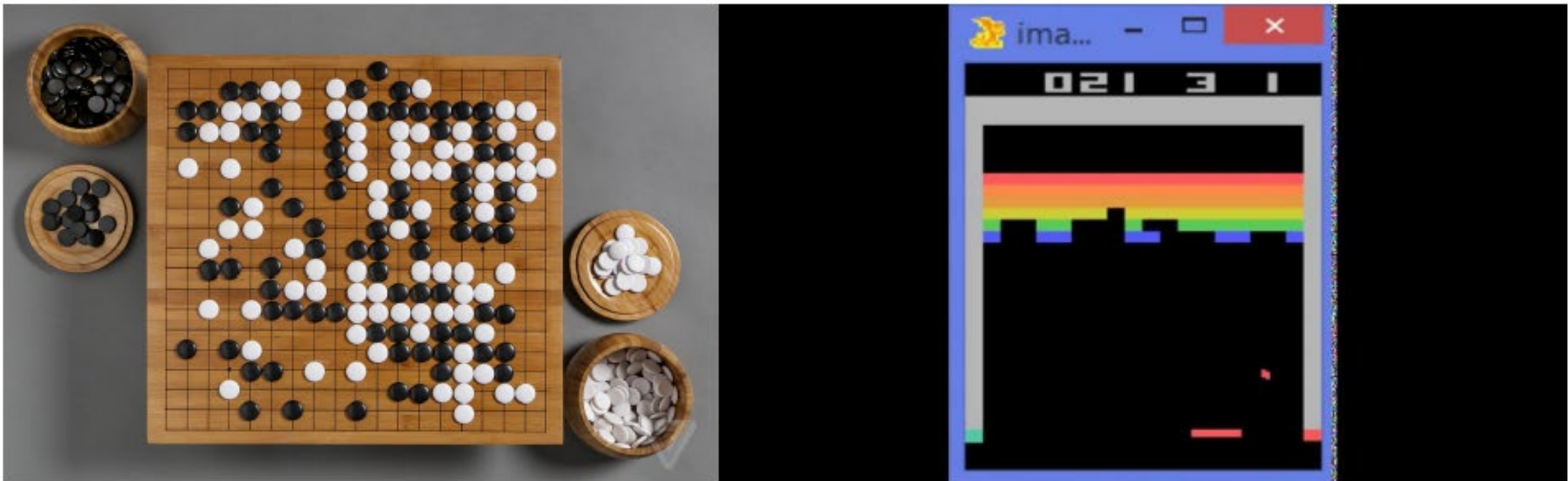


Fuente: Wikimedia Commons

# Casos de éxito del aprendizaje profundo

## Reinforcement Learning

- Sistemas que aprenden a jugar a videojuegos a partir de imágenes.
- Victoria de AlphaGo contra Lee Sedol en 2016.



Fuente: <https://www.educa2.madrid.org/web/centro.ies.albeniz.alcala/club-de-go> y <https://www.youtube.com/watch?v=V1eYniJ0Rnk>

# Casos de éxito del aprendizaje profundo

## Procesamiento del lenguaje natural

- Traducción (*Google Translate* utiliza redes neuronales)
- Análisis de sentimientos.
- Modelos del lenguaje.





# Sistemas Cognitivos Artificiales

Roberto Casado Vara

## Repaso de redes neuronales

# ¿Qué son las redes neuronales?

Para responder a esta pregunta vamos a recurrir a las nuevas tecnologías y a los creadores de contenido científico.

- ¿Qué es una red neuronal?
  - [https://www.youtube.com/watch?v=uwbHOpp9xkc&list=RDCMUCy5znSnfMsDwaLIROnZ7Qbg&index=2&ab\\_channel=DotCSV](https://www.youtube.com/watch?v=uwbHOpp9xkc&list=RDCMUCy5znSnfMsDwaLIROnZ7Qbg&index=2&ab_channel=DotCSV)

# Videos muy recomendados

- ¿Qué es una neurona (artificial)?
  - [https://www.youtube.com/watch?v=MRlv2lwFTPg&list=RDCMUCy5znSnfMsDwaLIROnZ7Qbg&start\\_radio=1&t=11&ab\\_channel=DotCSV](https://www.youtube.com/watch?v=MRlv2lwFTPg&list=RDCMUCy5znSnfMsDwaLIROnZ7Qbg&start_radio=1&t=11&ab_channel=DotCSV)
- But what is a Neural network? (carga matemática alta)
  - [https://www.youtube.com/watch?v=aircAruvnKk&ab\\_channel=3Blue1Brown](https://www.youtube.com/watch?v=aircAruvnKk&ab_channel=3Blue1Brown)

# ¿Miedo colectivo al Deep Learning?

Media saying AI will  
take over the world

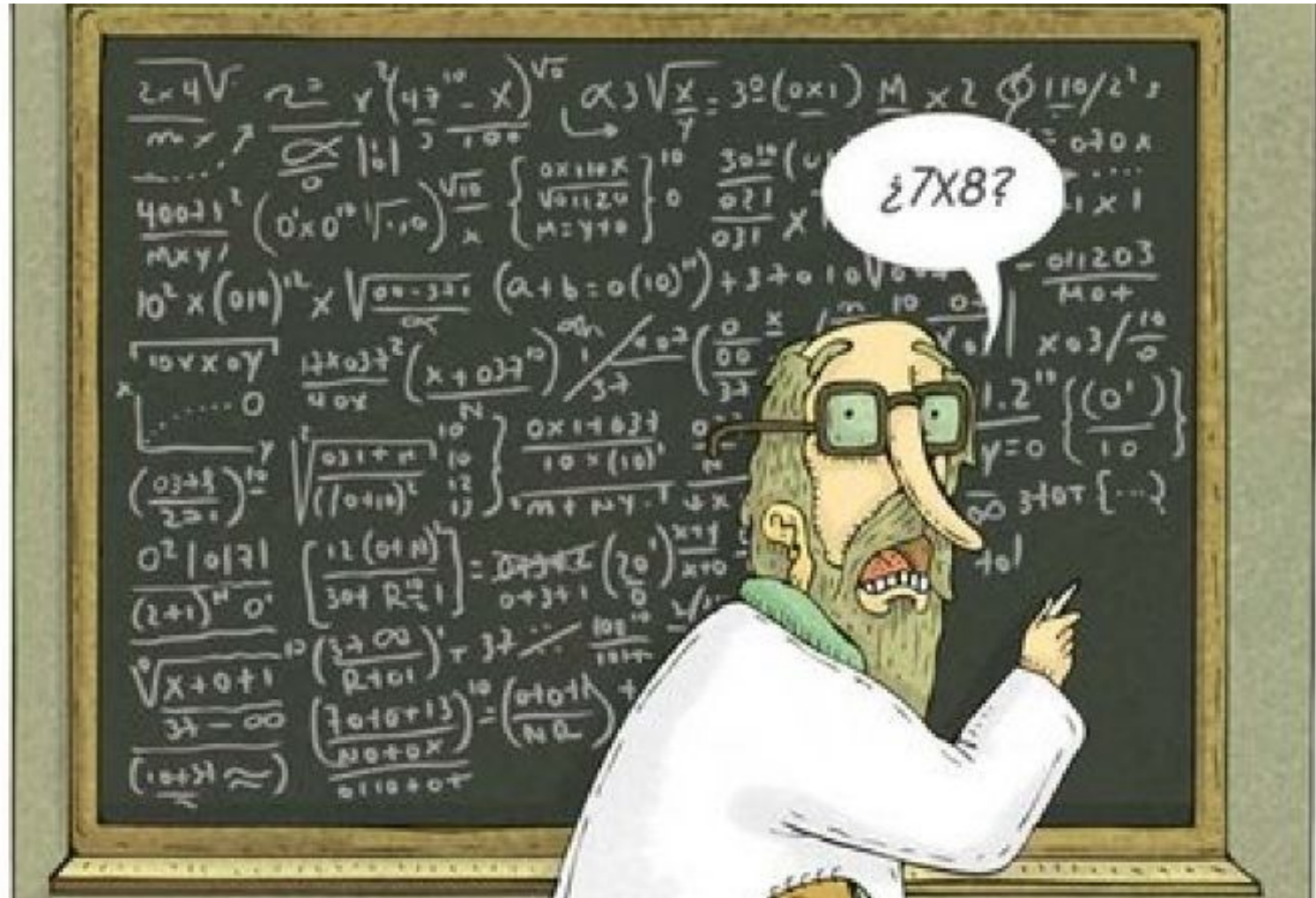


My Neural Network



AI will take over soon

# ¿Dudas?





[www.unir.net](http://www.unir.net)