

INVESTIGACIÓN

# REDES NEURONALES ARTIFICIALES

## El cerebro como fuente de inspiración

Comprender más y mejor este órgano, y desarrollar dispositivos inteligentes inspirados en él para resolver problemas complejos, acaparan hoy la atención de científicos de diferentes áreas del conocimiento. Pero, ¿cómo consigue funcionar de forma tan eficiente esta “máquina” tan perfecta?

> José Muñoz Pérez / Catedrático de Ciencia de la Computación e Inteligencia Artificial

La capacidad del cerebro humano para pensar, recordar y resolver problemas ha sido fuente de inspiración para muchos científicos. La intención es la de desarrollar modelos de computación y ordenadores capaces de memorizar, agrupar o clasificar datos, reconocer objetos o predecir comportamientos futuros de sistemas o fenómenos naturales, siguiendo para ello un proceso de aprendizaje automático.

El gran poder de la mente humana radica en el elevado número de neuronas y la multitud de conexiones entre ellas. Unos cien mil millones de neuronas de diferentes tipos que pueden conectarse –cada una– hasta con otras doscientas mil,

aunque lo usual es hacerlo con entre mil y diez mil. Un complejo órgano de más de tres millones de kilómetros de fibras que consume solo 10 vatios.

Las características de las neuronas biológicas que se transfieren a las neuronas artificiales se refieren a la forma de transmisión de la información entre neuronas: el soma y las dendritas actúan como soporte de entrada de las señales que llegan a una neurona desde otras neuronas vecinas, y el axón lleva las señales de una neurona a otras neuronas. Las neuronas transportan la información a través de un sinnúmero de caminos. Ello nos permite pensar, entender un lenguaje o reconocer objetos con una alta velocidad de proceso.

**Las neuronas transportan la información a través de un sinnúmero de caminos, lo que nos permite pensar o reconocer objetos con una alta velocidad de proceso**

Básicamente, el cerebro aprende mediante la reorganización de las conexiones entre las neuronas que lo componen y está dotado de una alta capacidad de aprendizaje que le permite afrontar nuevas situaciones. El reto está ahora en descubrir cómo el cerebro es capaz de funcionar tan eficientemente.

### > Redes neuronales artificiales (RNA)

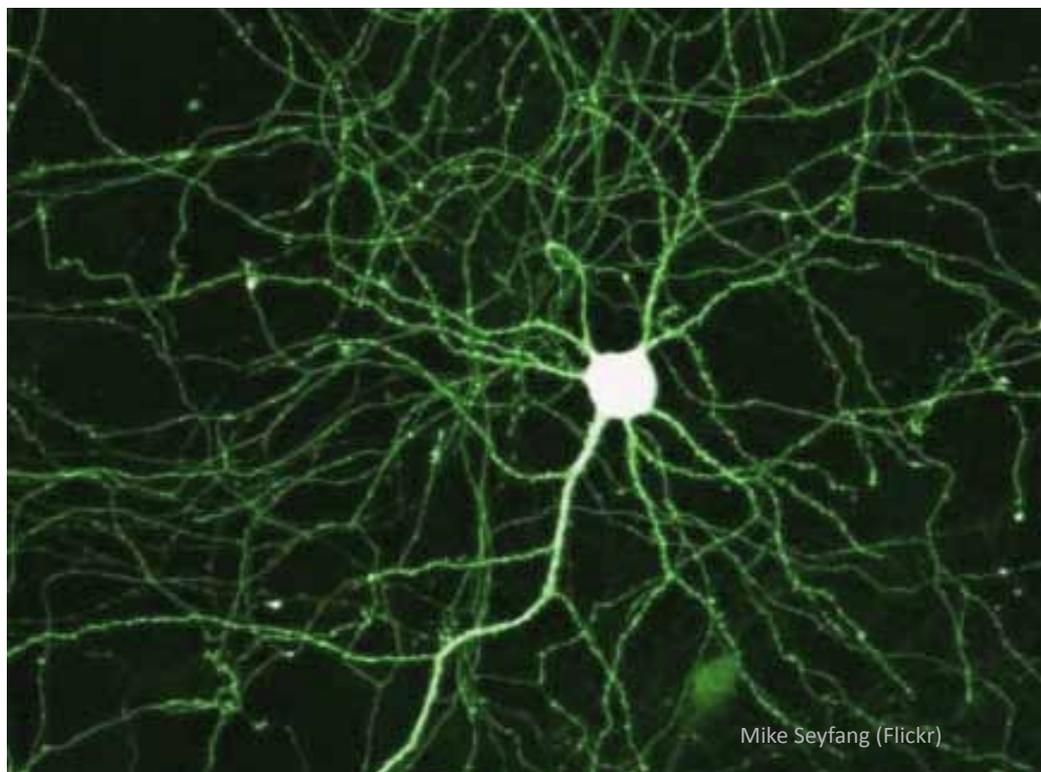
Las neuronas artificiales están inspiradas en los procesos bioquímicos que ocurren en las neuronas biológicas interpretándolos como si fuesen procesos de cómputo. Son modelos de computación muy simples en comparación con las neuronas biológicas. El objetivo que persiguen los investigadores pasa por desarrollar modelos de computación que consigan resolver problemas que no han sido resueltos ade-

## Los mecanismos bioquímicos de la sinapsis se simulan con operaciones tan simples como la suma o la multiplicación

cuadramente por la computación tradicional. Pero, para ello, el primer paso es la comprensión de las capacidades del cerebro humano.

Los mecanismos bioquímicos que se llevan a cabo en la sinapsis, el proceso esencial en la comunicación neuronal, son simulados utilizando operaciones tan simples como la suma o la multiplicación. Así, una neurona artificial recibe un conjunto de valores de entrada que pondera con unos pesos, llamados pesos sinápticos. Estos los transforma mediante una función, llamada ‘función de activación o transferencia’, en una única salida, que a su vez puede constituir la entrada de otras neuronas.

Una de las redes neuronales más utilizadas es el perceptrón. Está constituido por un conjunto de neuronas artificiales agrupadas en capas, de manera que las salidas de las neuronas de una capa constituyen las entradas de las neuronas de la



Mike Seyfang (Flickr)

capa siguiente. Cada conexión entre dos neuronas artificiales tiene asociado un valor numérico, llamado peso sináptico, que pondera la salida de la neurona. La determinación de los pesos sinápticos se realiza a partir de un conjunto de datos para el entrenamiento del perceptrón.

Por ejemplo, supongamos que se desea desarrollar una RNA para detectar enfermedades difíciles de diagnosticar como el infarto de miocardio agudo. Para ello se requiere un conjunto de datos recogidos de pacientes que hayan ingresado en una unidad de cuidados coronarios, descritos por un conjunto de variables explicativas como: edad, sexo, diabetes, náuseas, vómitos o hipertensión. La RNA que se desea desarrollar para este problema de diagnóstico tendrá como entrada los valores de las variables explicativas y como salida el valor correspondiente de la variable predictiva. Mediante un algoritmo de aprendizaje se van modificando los pesos sinápticos de la red de manera que, para cada entrada, la salida suministrada por la red se vaya aproximando a la salida deseada suministrada por los datos del paciente. La red neuronal tiene que tener la capacidad de generalizar, es decir, que cuando reciba las entradas de un nuevo paciente la salida de la red indique la probabilidad de que dicho paciente presente infarto agudo de miocardio.

>>

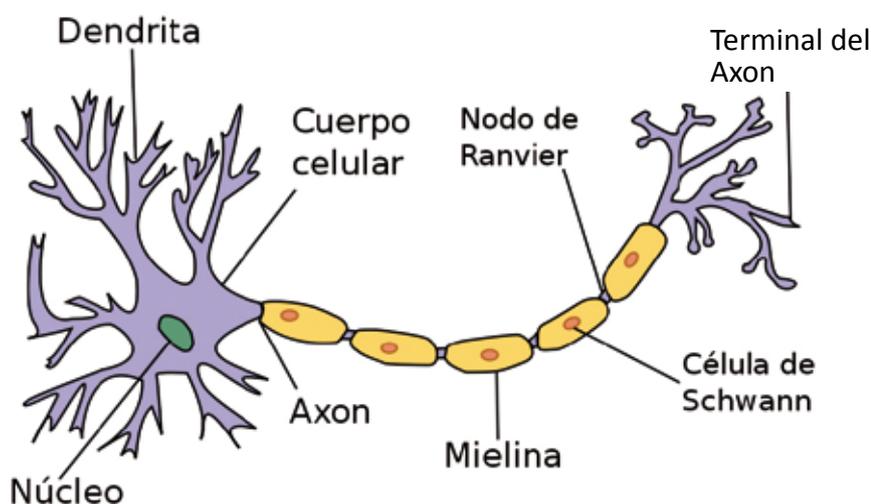


Diagrama básico de una neurona. / Foto: Wikimedia Commons

Con el desarrollo de las RNA no se pretende crear un cerebro artificial sino mejorar el rendimiento en tareas propias de los organismos biológicos, como el reconocimiento automático del habla, la identificación de una persona por su voz o por su cara, o la conducción automática de vehículos. Por ello, constituye un área interdisciplinar que involucra en su investigación a disciplinas como las matemáticas, la informática, la física y biología, entre otras.

> **Ventajas de las RNA**

La propiedad más importante de modelos de RNA como el perceptrón es que son “aproximadores funcionales universales”. Es decir, estos modelos pueden aproximar cualquier función continua que dependa de diferentes variables con el grado de precisión que se desee, siempre que contemos con un conjunto suficiente de da-

**Con las RNA no se pretende crear un cerebro artificial sino mejorar el rendimiento en tareas propias de los organismos biológicos**

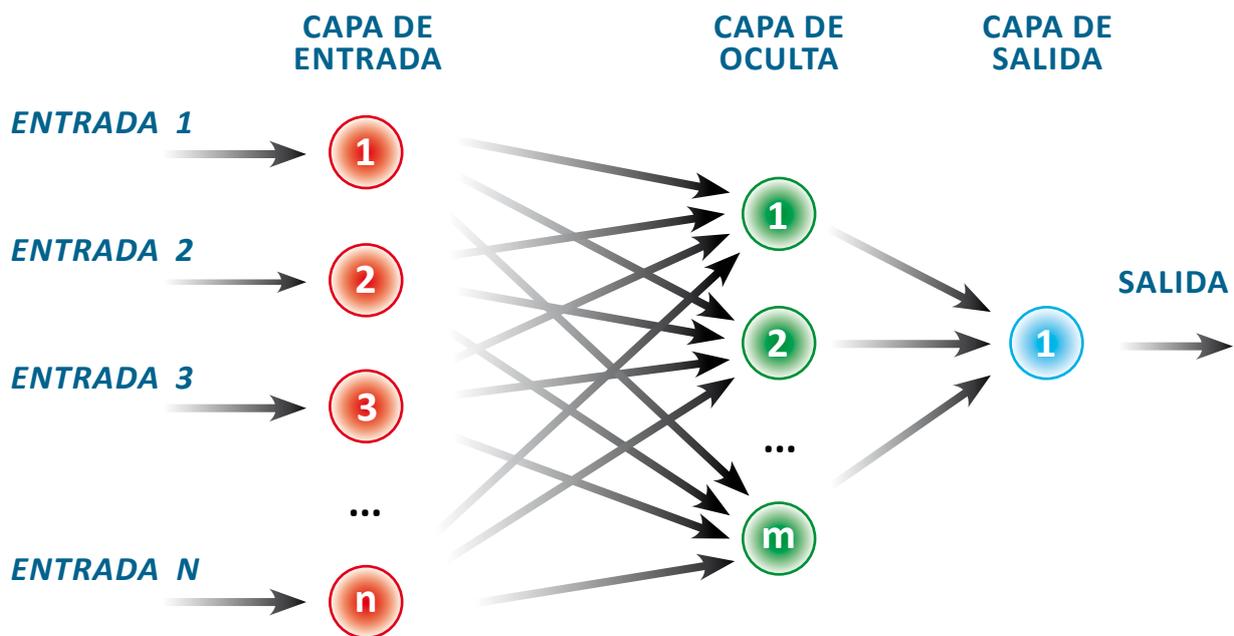
tos de entrenamiento y de neuronas. Esta propiedad es de gran importancia práctica, puesto que si la red neuronal falla es difícil que otra técnica de modelado empírico tenga éxito. Por lo tanto, las RNA han liberado al científico, en muchos casos, de la búsqueda de fórmulas matemáticas que expresen de forma adecuada las relaciones entre dos o más variables de cualquier tipo de fenómeno, dejando que los datos se expliquen por sí mismos.

Las ventajas de las redes neuronales artificiales sobre la computación clásica son múltiples: su capacidad para realizar tareas mediante aprendizaje adaptativo,

construyendo su propia organización interna o representación de la información adquirida en su etapa de aprendizaje y su tolerancia a fallos, es decir, se comportan de manera similar a pesar de una destrucción parcial de la red. Su arquitectura hardware está orientada al procesamiento masivamente paralelo de la información, motivo por el cual el cerebro es capaz de identificar a una persona al instante. Además, su integración en dispositivos ópticos y circuitos integrados suele ser simple, a lo que hay que añadir la posibilidad que ofrecen estas redes de realizar simulaciones en cualquier ordenador.

> **Neurocomputadores y neurochips**

Las RNA se pueden simular sobre computadoras convencionales mediante un software específico. Su desventaja radica en



Red neuronal artificial perceptrón multicapa con  $n$  neuronas de entrada,  $m$  neuronas en su capa oculta y una neurona de escape. Fuente: Wikipedia Commons.



Foto: Wikimedia Commons

que no se aprovecha el alto grado de paralelismo que tienen muchas redes, es decir, la capacidad de poder realizar al mismo tiempo muchas operaciones.

Las RNA también se implementan en circuitos integrados específicos (chips de silicio) que constan de muchos procesadores conectados entre sí y operan concurrentemente. Los neurocomputadores comenzaron a desarrollarse en los años ochenta del siglo pasado. Uno de los primeros neurocomputadores fue Mark IV con 262.144 elementos de proceso, cinco millones y medio de conexiones con una velocidad sostenida de cinco millones de conexiones por segundo y con un peso de 200 kilogramos.

Actualmente se está utilizando con asiduidad la arquitectura de cálculo paralelo CUDA, que aprovecha la gran potencia de las unidades de procesamiento gráfico (GPU) con una base instalada de más de 128 millones de GPU. Asimismo, se ha utilizado la tecnología electroóptica, que usa la luz como medio de transporte de la información para la transmisión masiva de datos. Podemos decir que se ha llevado a cabo un gran esfuerzo y creatividad en el desarrollo de este tipo de computadores.

**En climatología se utilizan para desarrollar modelos numéricos y analizar el cambio climático, prediciendo la evolución de la temperatura en varios puntos de los océanos**

Queda patente el abismo que existe todavía entre nuestro cerebro y los neurocomputadores, ya que el número de conexiones del cerebro humano es del orden de 10<sup>15</sup> y transmite 10<sup>16</sup> impulsos eléctricos por segundo. En este sentido, Bernal Widrow, profesor de la universidad de Stanford y expresidente de la Sociedad Internacional de Redes Neuronales, afirmó que pasarán más de mil años antes de que se puedan construir cerebros sintéticos.

### > Aplicaciones de las RNA

Una de las primeras aplicaciones que pusieron de manifiesto la capacidad de un perceptrón fue NETtalk, que permitió pasar de un texto escrito en inglés a su pronunciación por voz. Otra aplicación, por ejemplo, fue la utilización de un perceptrón para la conducción automática de un automóvil.

En la actualidad, las redes neuronales se están aplicando con éxito en ámbitos como la meteorología por satélite y la oceanografía para la predicción del tiempo atmosférico. En climatología se han utilizado para desarrollar modelos numéricos y analizar el cambio climático, prediciendo la evolución de la temperatura en diferentes puntos de los océanos. Mientras, en hidrología, su uso ha ido destinado a la predicción de precipitaciones, desbordamientos de ríos e inundaciones.

El comportamiento futuro de los mercados financieros es difícil de prever. Algunos modelos de predicción a corto plazo del precio de cierre de las acciones pueden basarse en RNA. De esta forma, y a partir de indicadores elaborados con los datos correspondientes a cotizaciones en periodos pasados, los corredores de bolsa

**Han demostrado su utilidad en el diagnóstico médico de problemas relacionados con la detección de cardiopatías y tumores**

pueden predecir el comportamiento futuro de la bolsa de las empresas que configuran el IBEX-35.

La bioinformática acapara también muchas de las aplicaciones actuales de las redes neuronales, como la clasificación de secuencias de proteínas, el ensamblaje de fragmentos de ADN y la predicción de estructuras de proteínas. Se emplean también como ayuda al diagnóstico médico en problemas relacionados con la detección de cardiopatías, clasificando un electrocardiograma en diferentes tipos; la detección de tumores cancerígenos utilizando una red neuronal que identifica los tumores en imágenes médicas o, por ejemplo, la predicción de recidiva en pacientes con melanomas. En este sentido, el diagnóstico preciso y la clasificación son asuntos claves para el tratamiento óptimo de pacientes con cáncer. Varios estudios han demostrado que la clasificación del cáncer se puede estimar con gran precisión a partir de *microarrays* de expresión genética con la utilización de redes neuronales probabilísticas. Prueba de ello es que el uso de redes neuronales en tres conjuntos de datos de expresión genética bien conocidos como son el linfoma, el tumor y el cáncer de hígado, logró una precisión del cien por cien.

Una aplicación más de la neurocomputación que, al igual que en las anteriores, pone de manifiesto el alto valor humanitario, social y económico que supone utilizar los secretos de nuestro cerebro. Un aliado con el que hasta hace poco no contábamos y que, definitivamente, puede ayudarnos a solventar los inconvenientes del día a día y a mejorar la calidad de nuestra vida. ●