

## Las redes neuronales artificiales

En un intento por replicar la capacidad de procesamiento del cerebro humano, nació la idea de crear modelos computacionales basados en la estructura y el funcionamiento de este. De aquí derivó el concepto de "neurona artificial", la unidad básica de las redes neuronales artificiales. El primer modelo de neurona artificial fue propuesto en la década de 1940 por Warren McCulloch y Walter Pitts, y sentó las bases para el desarrollo posterior de las redes neuronales artificiales.

Al igual que su contraparte biológica, la neurona artificial está diseñada para recibir múltiples entradas, procesarlas y generar una salida, la respuesta de la neurona a un estímulo dado (Fig. 1).

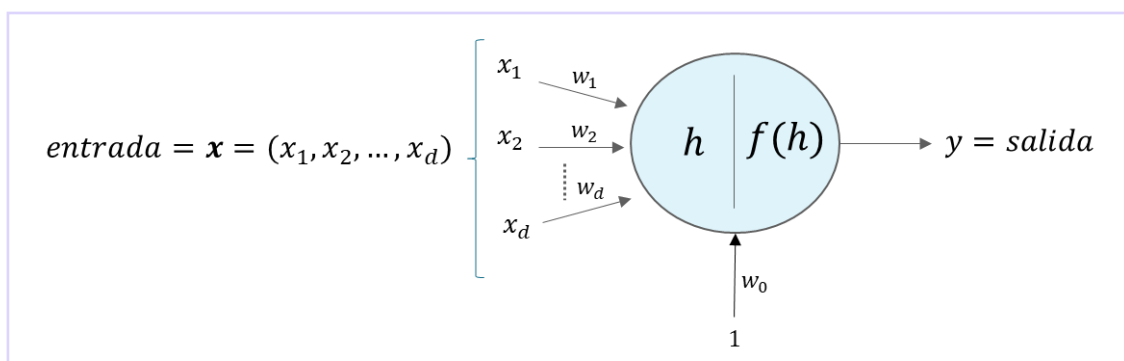


Fig. 1. Estructura de una neurona artificial.

Pero, ¿Cómo se genera esta salida? Una neurona artificial se visualiza como un procesador elemental que ejecuta dos funciones:

$$\text{función de entrada} = h = w_1 \times x_1 + w_2 \times x_2 + \dots + w_d \times x_d$$

$$\text{función de activación} = f(h)$$

El vector de pesos (**w**) conforma los parámetros del modelo y se ajustan a los datos a través del proceso de aprendizaje. La función de entrada mide la similitud entre este vector y la entrada (**x**) a través del producto interno. La función de activación determina la salida de la red. Observa la Tabla

1. Podrás ver diferentes “comportamientos” de una neurona artificial con base en la función de activación.

Tabla 1. Comportamiento de la neurona con base en la función de activación utilizada.

Entrada	Función de activación	Salida	Se comporta como
$h = \mathbf{w} \cdot \mathbf{x}$	$f(h) = \begin{cases} 1 & \text{si } h \geq 0 \\ 0 & \text{si } h < 0 \end{cases}$	$y = \text{función}_{umbra}l(h)$	Discriminante lineal
	$f(h) = h$	$y = \mathbf{w} \cdot \mathbf{x}$	Regresión lineal
	$f(h) = \frac{1}{1 + e^{-(h)}}$	$y = \text{función}_{sigmoide}(h)$	Regresión logística

¿Y qué es una red neuronal artificial? Se puede decir que es una red interconectada, masivamente y en paralelo, de estos elementos simples (neuronas artificiales) con capacidad de adaptación en respuesta a las entradas externas (Fig. 2). La potencia y capacidad de la red neuronal para resolver problemas complejos se basa precisamente en la posibilidad de interconectar estas neuronas en diversas arquitecturas (topologías), que pueden ser de propósito general o adaptadas a ciertos conjuntos de datos (por ejemplo, imágenes). Además, la transformación no lineal que ocurre en las capas ocultas suministra una nueva representación para la entrada, lo que las convierte en un medio poderoso para la extracción de características. Por último, el número de capas define la “profundidad” de la red. Estas capas se pueden visualizar como una jerarquía de funciones de transformación que son aprendidas a partir de los datos.

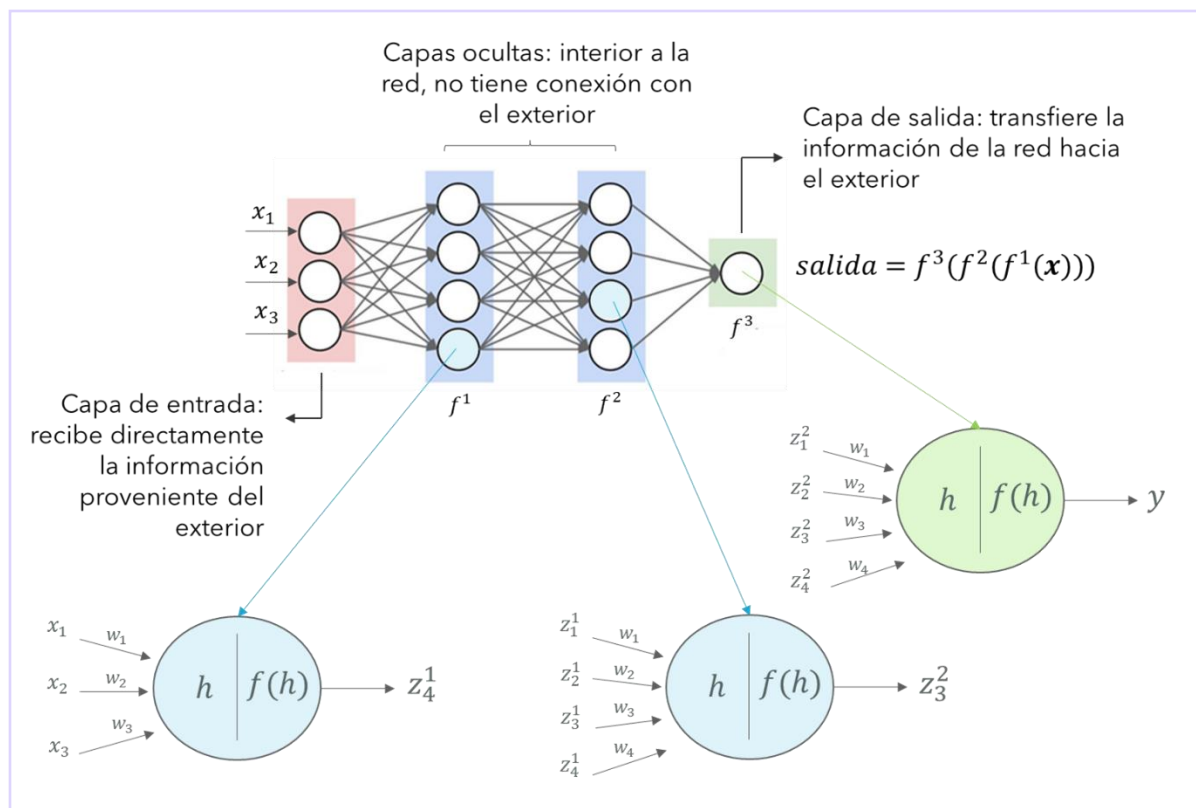


Fig. 2. Arquitectura de una red neuronal multicapa. En este caso es una red de dos capas oculta, cada una con cuatro neuronas, y una capa de salida con una neurona. La salida de cada capa oculta es un vector ( $\mathbf{z}$ ), donde el superíndice indica la capa.

## Características de las redes neuronales

Los diferentes tipos de redes neuronales se pueden distinguir por características como:

- **Arquitectura.** Define la topología de la red con base en una estructura por capas (monocapa o multicapa) y el patrón de interconexión, el cual determina cómo fluye la información a través de la red. Por ejemplo, la información puede fluir en una dirección desde la entrada hasta la salida (conexiones hacia adelante), como en las redes *feedforward*. Existen también las conexiones retroalimentadas, que dan lugar a las redes recurrentes para modelar secuencias. Igualmente, hay conexiones laterales, que permiten implementar un aprendizaje no supervisado de tipo competitivo. El patrón de interconexión también se refiere a si las diferentes neuronas de las capas están totalmente conectadas (como en las redes neuronales perceptrón multicapa, MLP) o no. Por ejemplo, en el caso de las redes neuronales convoluciones (multicapas y *feedforward*),

las neuronas de cada capa están conectadas solo a las neuronas de la capa anterior que forman parte de su campo receptivo.

**Tipo de neuronas.** Cada neurona utiliza una función de activación para calcular su salida en función de las entradas recibidas y los pesos asociados a esas entradas. Estas funciones definen su “comportamiento”. Además, pueden incluir otros elementos, como compuertas para “almacenar” información. En una red multicapa, las neuronas de las capas ocultas son responsables de procesar la información y propagarlas en la red. Las funciones de activación determinan la salida que enviarán a las neuronas siguientes. Por su parte, las neuronas de la capa de salida reciben información de la última capa oculta y generan la salida final de la red. Estas también aplican funciones de activación, pero su función principal es producir la salida deseada basada en el procesamiento de la información realizado por las neuronas anteriores.

- **Tipo de aprendizaje.** Las redes neuronales pueden aprender de manera supervisada y no supervisada. El método de aprendizaje utilizado influye en cómo se ajustan los pesos y parámetros de la red durante el proceso de entrenamiento. El aprendizaje supervisado es uno de los enfoques más comunes, donde el modelo se entrena utilizando pares de datos de entrada y salida. Durante el entrenamiento, el modelo ajusta sus parámetros para minimizar la diferencia entre las salidas predichas y las salidas reales. Por otro lado, el aprendizaje no supervisado implica entrenar el modelo sin proporcionar salidas esperadas. En este caso, el modelo busca patrones y estructuras inherentes en los datos de entrada sin etiquetar. Además, existe el aprendizaje híbrido, que combina elementos del aprendizaje supervisado y no supervisado.

En resumen, las redes neuronales son modelos computacionales inspirados en el funcionamiento del cerebro humano, capaces de aprender y realizar tareas complejas. A lo largo del tiempo, han evolucionado desde estructuras simples hasta configuraciones más sofisticadas, incluyendo diversas topologías, patrones de interconexión, tipos de neuronas y métodos de aprendizaje. El campo de las redes neuronales continúa en constante desarrollo, incorporando nuevas características como los mecanismos de atención, que permiten a los modelos enfocarse en partes relevantes de los datos, mejorando así su rendimiento en diversas aplicaciones. Esta evolución

constante demuestra el potencial de las redes neuronales y su capacidad para adaptarse y resolver problemas cada vez más exigentes en diversos ámbitos.

## Bibliografía

Géron, A. (2022). *Hands-on machine learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow: Concepts, tools, and techniques to build intelligent systems*. O'Reilly Media

Bishop. C., Bishop, H. (2024). *Deep learning. Foundations and Concepts*. Springer.

---

© - **Derechos Reservados:** la presente obra, y en general todos sus contenidos, se encuentran protegidos por las normas internacionales y nacionales vigentes sobre propiedad intelectual, por lo tanto su utilización parcial o total, reproducción, comunicación pública, transformación, distribución, alquiler, préstamo público e importación, total o parcial, en todo o en parte, en formato impreso o digital y en cualquier formato conocido o por conocer, se encuentran prohibidos, y solo serán lícitos en la medida en que se cuente con la autorización previa y expresa por escrito de la Universidad de los Andes.

De igual manera, la utilización de la imagen de las personas, docentes o estudiantes, sin su previa autorización está expresamente prohibida. En caso de incumplirse con lo mencionado, se procederá de conformidad con los reglamentos y políticas de la universidad, sin perjuicio de las demás acciones legales aplicables.

---