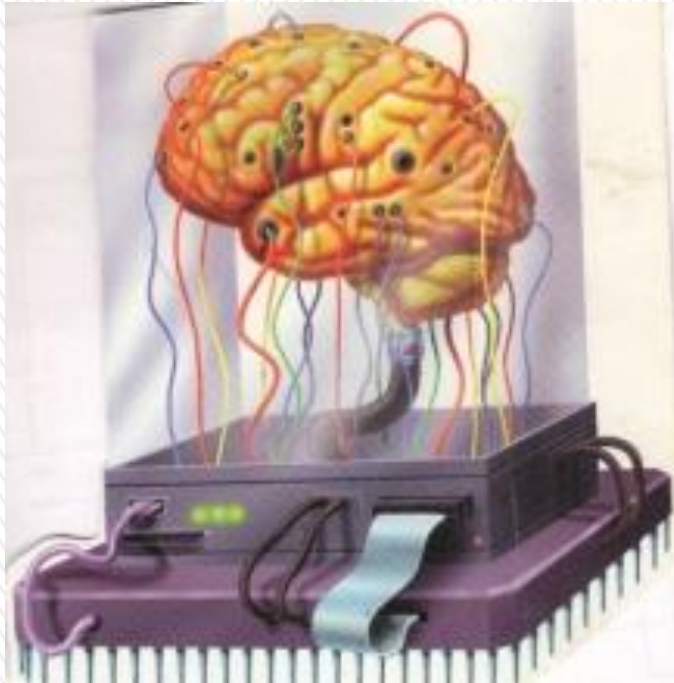


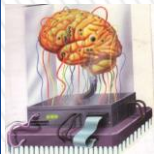
Noviembre 2024



Redes Neuronales Artificiales

Agenda

- » Introducción
- » Inspiración biológica
- » Modelado Neuronal
- » Implementaciones
- » Aplicaciones



Introducción a las RNAs

Una RNA (Red Neuronal Artificial) es un modelo matemático inspirado en el comportamiento biológico de las neuronas y en la estructura del cerebro.

Esta también puede ser vista como un sistema inteligente que lleva a cabo tareas de manera distinta a como lo hacen las computadoras actuales.

Si bien estas últimas son muy rápidas en el procesamiento de la información, existen tareas muy complejas, como el reconocimiento y clasificación de patrones, que demandan demasiado tiempo y esfuerzo aún en las computadoras más potentes de la actualidad, pero que el cerebro humano es más apto para resolverlas, muchas veces sin aparente esfuerzo.



Una breve historia

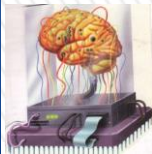
McCulloch y Pitts dieron origen a los modelos conexionistas definiendo formalmente la neurona en 1943 como una maquina binaria con varias entradas y salidas.

Hebb, definió en 1949 dos conceptos muy importantes y fundamentales que han pesado en el campo de las redes neuronales, basándose en investigaciones psicofisiológicas:

- » El aprendizaje se localiza en las sinapsis o conexiones entre las neuronas.
- » La información se representan en el cerebro mediante un conjunto de neuronas activas o inactivas.

Las hipótesis de Hebb, se sintetizan en la regla de aprendizaje del Hebb, que sigue siendo usada en los actuales modelos.

Esta Regla nos dice que los cambios en los pesos de las sinapsis se basan en la interacción entre las neuronas pre y post sinápticas.



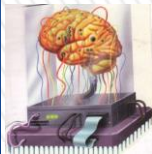
Una breve historia

En 1959, Widrow formuló la Teoría sobre la Adaptación Neuronal y el Adaline (Adaptative Linear Neuron) y el Madaline (Multiple Adaline). Es la primera aplicación de las redes a problemas reales: filtros adaptativos para eliminar ecos en las líneas telefónicas.

En 1962, Rosemblatt propuso El Perceptrón, el cual es un identificador de patrones ópticos binarios, y salida binaria.

Dio lugar a regla de aprendizaje Delta, que permitía emplear señales continuas de entrada y salida.

En 1969, Minsky y Papert plantean una seria crítica del Perceptrón que dada su naturaleza lineal tenía bastantes limitaciones, provocó una caída en picado de las investigaciones y una época gris para las redes neuronales, conocida como el invierno neuronal



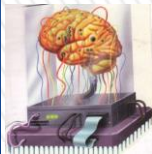
Una breve historia

En 1977, Anderson concreta los modelos de memorias asociativas e investiga el autoasociador lineal brain-state-in-a-box.

En los años 80, Rumelhart, McClelland & Hinton crean el grupo PDP (Parallel Distributed Processing). Como resultado de los trabajos de este grupo salieron los manuales con más influencia desde el trabajo descorazonador de Minsky y Papert.

En 1982, Hopfield elabora un modelo de red consistente en unidades de proceso interconectadas que alcanzan mínimos energéticos, aplicando los principios de estabilidad desarrollados por Grossberg.

En 1984, Kohonen desarrolla los Mapas de Kohonen. Este investigador desarrolló redes basadas en aprendizaje competitivo, con una idea nueva basada en la biología: Las unidades de procesos físicamente adyacentes aprenderán a representar patrones de entrada similares, así las neuronas de salida adyacentes identifican patrones similares.



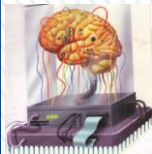
Una breve historia

En 1986, Hinton y Sejnowski, lanzan la máquina de Boltzmann, una red que usa la probabilidad para encontrar mínimos totales.

En 1987, Grossberg estipuló el modelo ART (Adaptative Resonance Theory), estudia los principios de la estabilidad de redes neuronales.

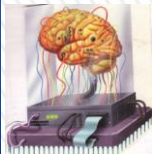
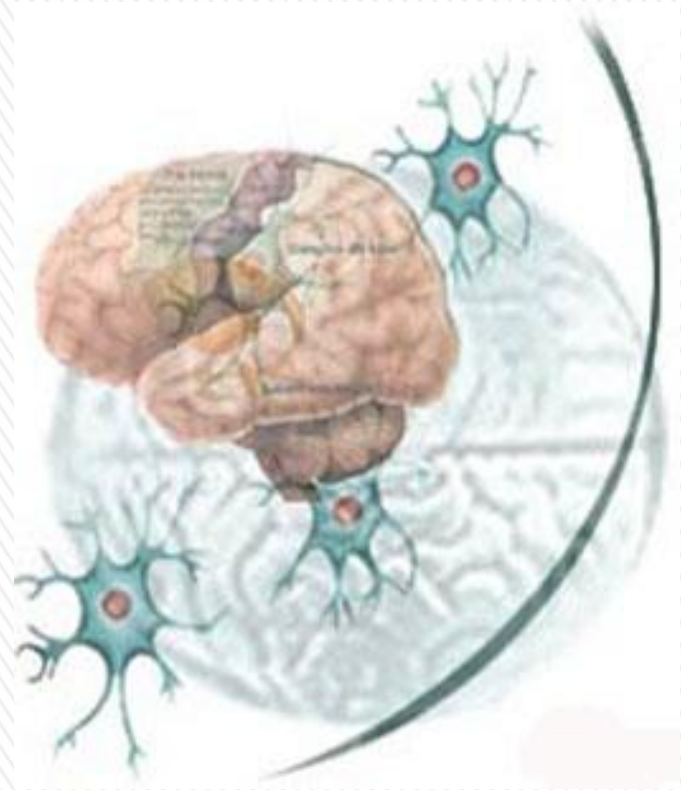
También en 1987, Kosko propone los modelos BAM (Bi-directional Associative Memory.)

En la actualidad gracias a diversos grupos de investigación repartidos por universidades de todo el mundo, las redes neuronales han alcanzado una madurez muy aceptable y se usan en todo tipo de aplicaciones.

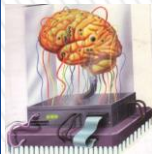
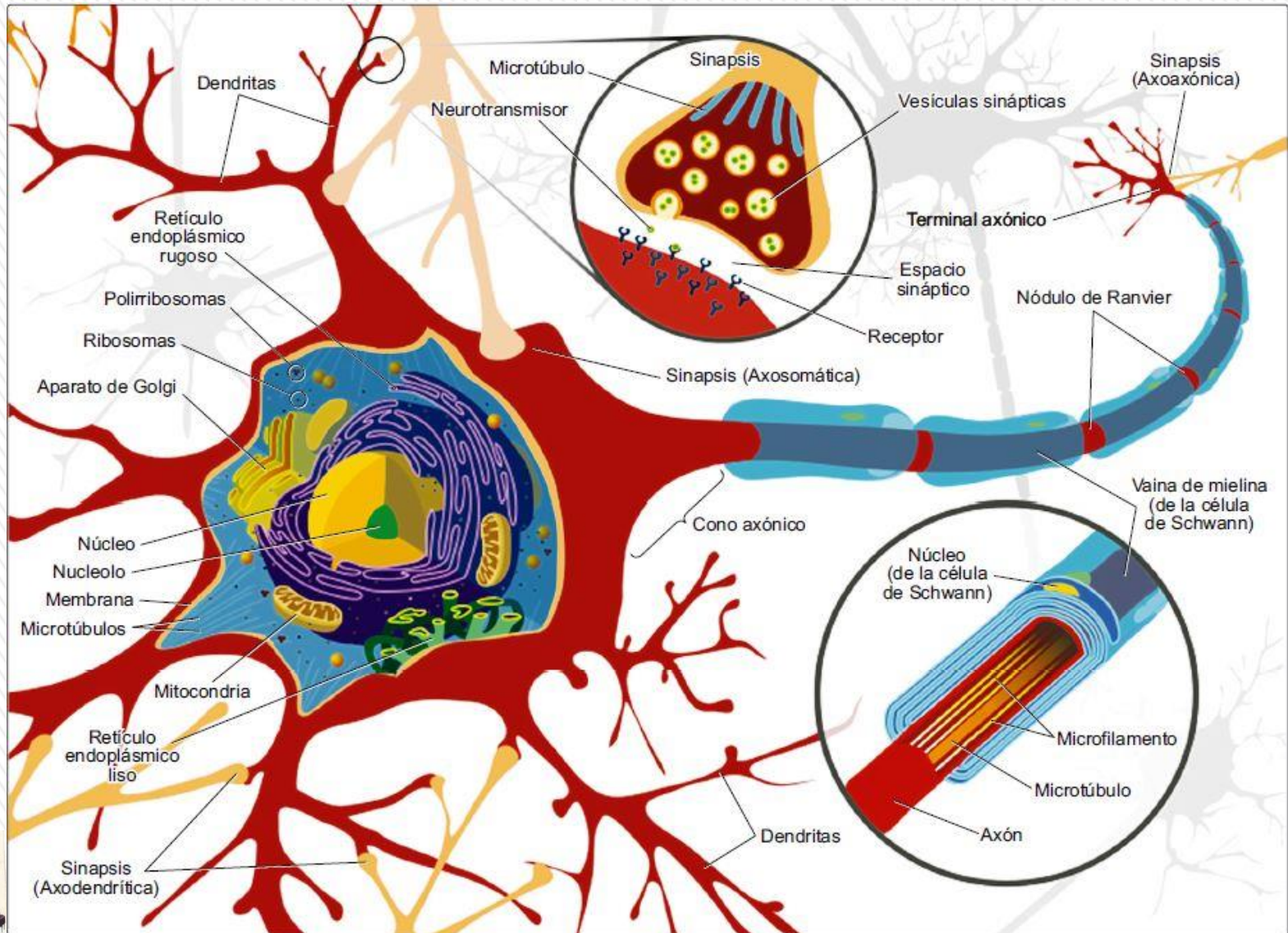


Nuestro Cerebro

El cerebro puede considerarse un sistema altamente complejo. Su unidad básica, la neurona, está masivamente distribuida con conexiones entre ellas (se calcula que hay aproximadamente 10 billones de neuronas en la corteza cerebral y 60 trillones de conexiones neuronales).



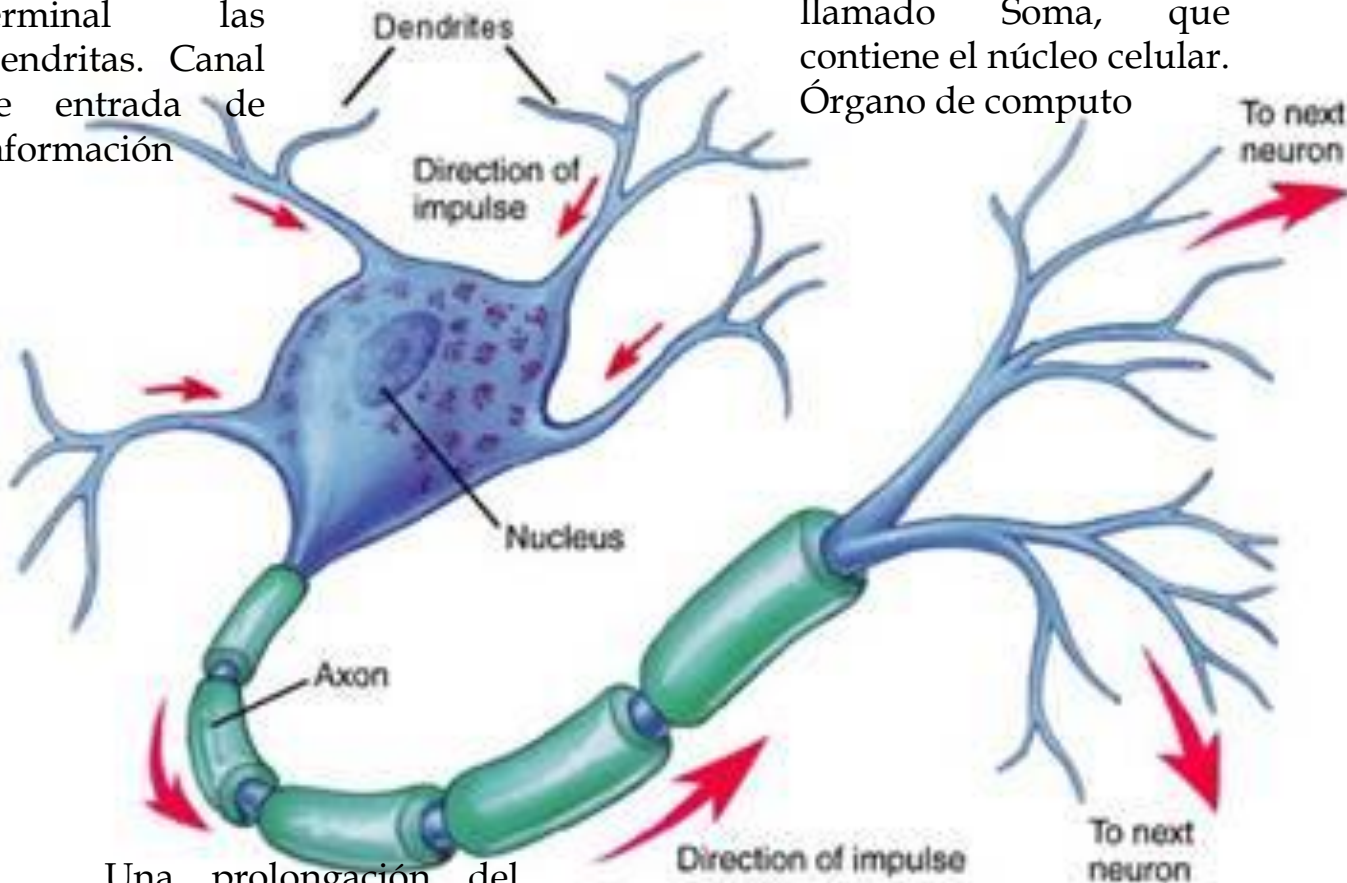
Neurona Biológica



Neurona Biológica

Una ramificación terminal las Dendritas. Canal de entrada de información

El cuerpo central, llamado Soma, que contiene el núcleo celular. Órgano de computo



Una zona de conexión entre una neurona y otra, conocida como Sinapsis

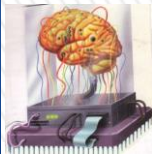
Una prolongación del soma, el Axón. Canal de salida de información



Funcionamiento de las Neuronas Biológicas

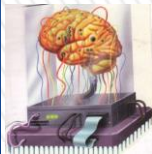
La función principal de las neuronas es la transmisión de los impulsos nerviosos. Estos viajan por toda la neurona comenzando por las dendritas hasta llegar a las terminaciones del axón, donde pasan a otra neurona por medio de la conexión sináptica.

La manera en que respondemos ante los estímulos del mundo exterior y nuestro aprendizaje del mismo está directamente relacionado con las conexiones neuronales del cerebro, y las RNAs son un intento de emular este hecho.

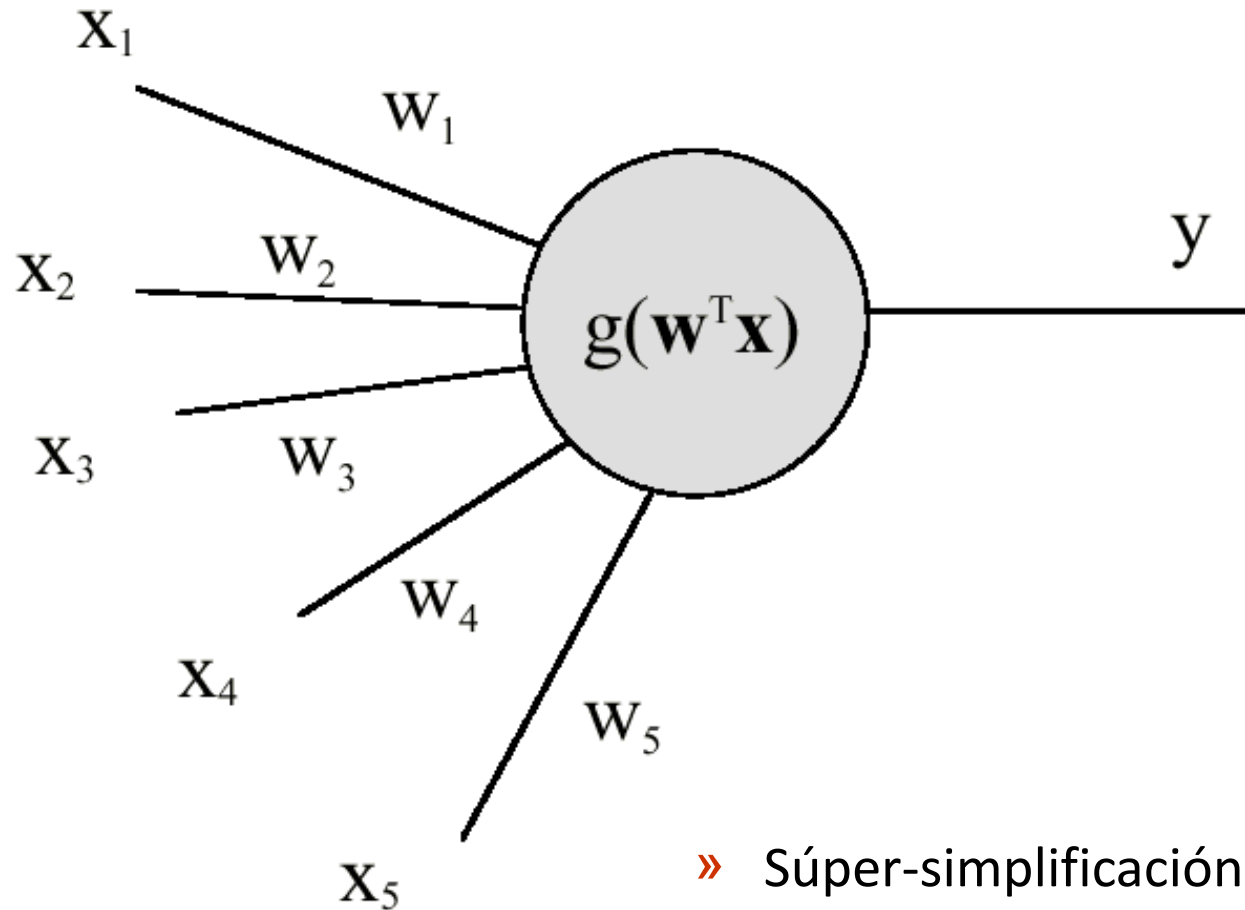


Red Neuronal Biológica

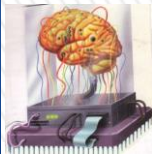
- » Se nace con alguna estructura neural
- » Se crean nuevas conexiones y otras se gastan; se desarrollan a través del aprendizaje propio de la etapa de crecimiento.
- » La estructura neural cambia a través de la vida. Esos cambios consisten en reforzamiento o debilitamiento de las junturas sinápticas.
- » Se forman nuevas memorias al modificar o reforzar algunas sinápticas.
- » Por ejemplo, memorizar la cara de una persona que nos presentan, consiste en alterar varias sinapsis.



Neuronas Artificiales

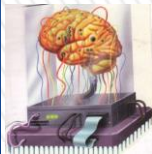


- » Súper-simplificación
- » Analogía Metafórica
- » Sorprendente poder de cómputo



Definiciones de RNA

- » Sistema computacional hecho por un gran numero de elementos simples de procesamiento, muy interconectados, los cuales procesan información como respuesta entradas externas (Hecht 1988)
- » Redes interconectadas masivamente en paralelo de elementos simples y con organización jerárquica, que intentan interconectar con el mundo real como el sistema nervioso biológico (Kohonen, 1988)

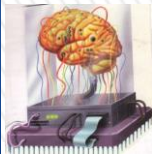


Definiciones de RNA

- » Una RNA es un procesador distribuido en paralelo de forma masiva que tiene una tendencia natural para almacenar conocimiento de forma experimental y lo hace disponible para su uso.

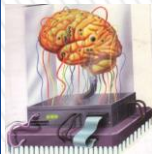
Se parece al cerebro humano en dos aspectos:

- » El conocimiento es adquirido por la red a través de un proceso de aprendizaje.
- » Los pesos sinápticos o fuerza con que están interconectados las neuronas se utilizan para almacenar la información.

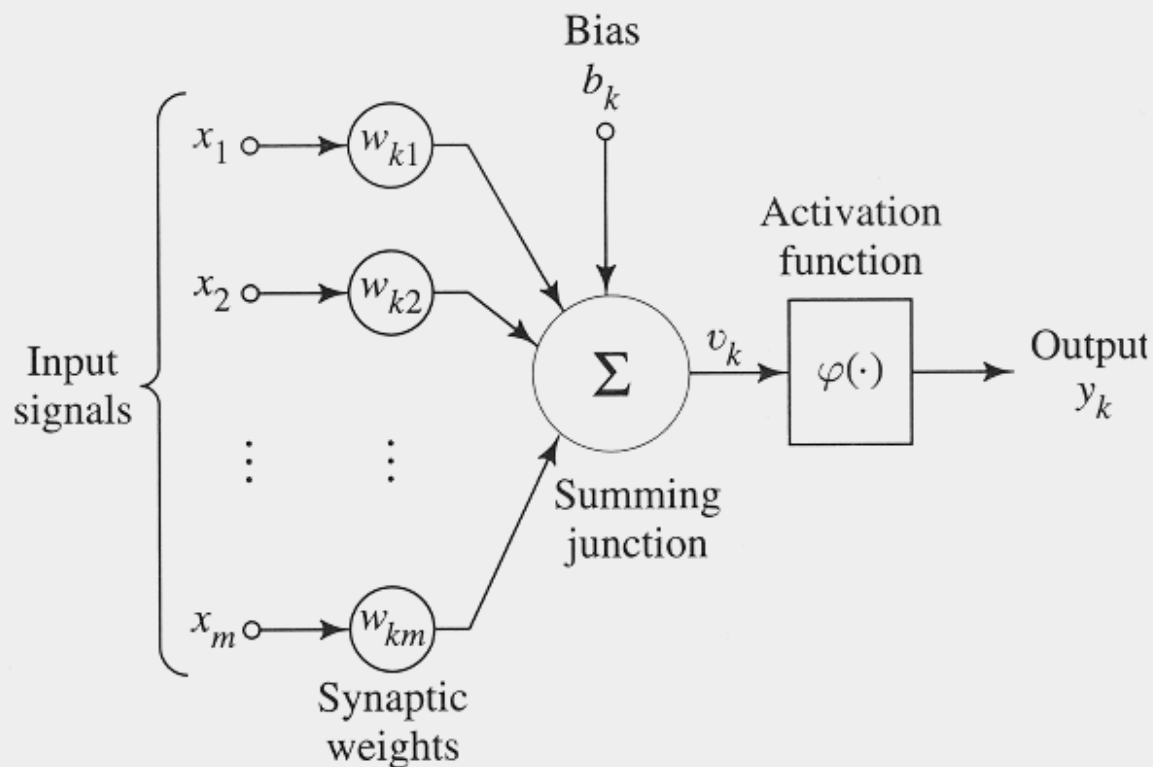


Neurona Biológica – Neurona Artificial

Señales que llegan a la sinapsis	Entradas a la neurona
Carácter excitador o inhibidor de la sinapsis de entrada	Pesos de entrada
Estimulo total de la neurona	Sumatoria de pesos de entrada
Activación o no de la neurona	Función de activación
Respuesta de la neurona	Función de salida



Modelo de una Neurona

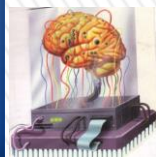


$$u_k = \sum_{j=1}^m w_{kj} x_j$$

$$y_k = \varphi(u_k + b_k)$$

$$v_k = u_k + b_k$$

$$v_k = \sum_{j=0}^m w_{kj} x_j$$



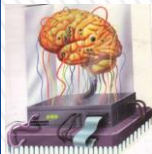
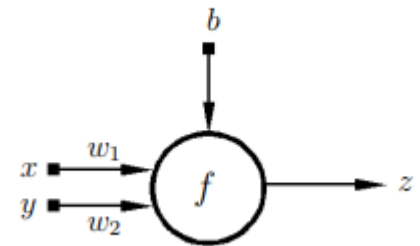
Modelo neuronal de McCulloch-Pitts

El primer modelo matemático de una neurona artificial, creado con el fin de llevar a cabo tareas simples, fué presentado en el año 1943 en un trabajo conjunto entre el psiquiatra y neuroanatomista Warren McCulloch y el matemático Walter Pitts.

Un ejemplo de modelo neuronal con dos entradas x

El modelo consta de:

- » Las entradas x e y
- » Los pesos sinápticos w_1 y w_2 correspondientes a cada entrada
- » Un término aditivo b
- » Una función de activación f
- » Una salida z



Modelo neuronal de McCulloch-Pitts

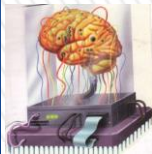
Las entradas x e y son el estímulo que la neurona artificial recibe del entorno que la rodea, y la salida z es la respuesta a tal estímulo. La neurona se adapta al medio circundante y aprende de él modificando el valor de sus pesos sinápticos w_1 y w_2 y su término aditivo b .

Estos son conocidos como los parámetros libres del modelo, pues los mismos pueden ser modificados y adaptados para realizar una tarea determinada.

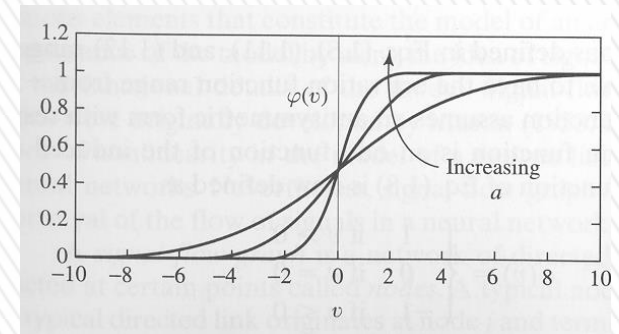
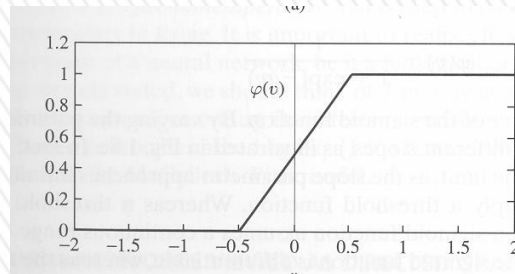
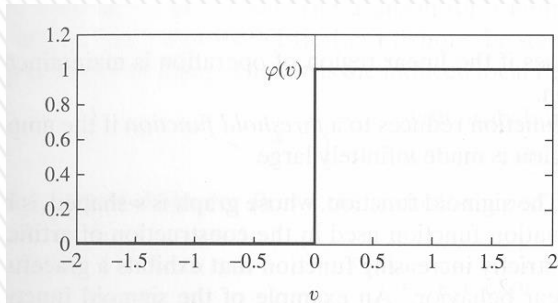
En este modelo, la salida neuronal z está dada por la siguiente fórmula:

$$z = f(w_1 x + w_2 y + b)$$

La función de activación f es seleccionada de acuerdo a la tarea realizada por la neurona.

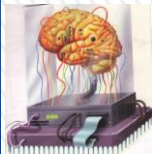


Funciones de Activación



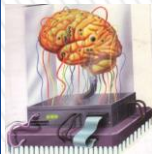
Esta función es normalmente creciente monótona y podemos citar las funciones más comunes:

- Lineal: Algunas redes neuronales usan esta función de activación como el Adeline por su eficiencia y facilidad.
- Escalón: Esta función es la más usada para redes neuronales binarias ya que no es lineal y es muy simple. Algunas redes que usan esta función son el Perceptrón y Hopfield. Para redes que trabajan en el rango $[-1,1]$ se usa la función signo.
- Hiperbólicas o tangenciales: Las redes con salidas continuas, como el Perceptron multicapa con retropropagación, usan esta función ya que su algoritmo de aprendizaje necesita una función derivable



En la actualidad

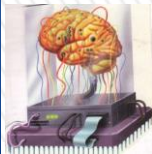
- » En 2006 se alcanza el Deep Learning – Deep Belief Networks (DBN)
 - > Antes de las DBN en 2006 los modelos con “profundidad” (decenas o cientos de capas) eran considerados demasiado difíciles de entrenar (incluso con backpropagation) y el uso de las redes neuronales artificiales quedó estancado. Con la creación de una DBN que logro obtener un mejor resultado en el MNIST, se devolvió el entusiasmo en poder lograr el aprendizaje profundo en redes neuronales.
- » Año 2014 – Generative Adversarial Networks
 - > Estas redes pueden aprender a crear muestras, de manera similar a los datos con las que las alimentamos.
 - > Las GAN, entrenan dos redes neuronales en simultáneo. La red de Generación y la red de Discriminación. A medida que la máquina aprende, comienza a crear muestras que son indistinguibles de los datos reales.



En la actualidad

En 2018, nuevos estudios de las neuronas humanas biológicas han reportado un redescubriendo su funcionamiento (neurogénesis) y se está produciendo una nueva revolución, pues parece que es totalmente distinto a lo que hasta hoy conocíamos.

Esto da origen a una nueva etapa totalmente nueva y seguramente mejor del Aprendizaje Profundo, el Machine Learning y la Inteligencia Artificial.



Por Último...

Gracias al aumento de la potencia computacional y la disponibilidad de grandes conjuntos de datos, en la actualidad se lograron avances significativos y exponenciales en el área de las redes neuronales.

Técnicas como las redes neuronales convolucionales (CNN), recurrentes (RNN) y las redes generativas adversariales (GAN) han sido fundamentales en este desarrollo.

Las CNN han potenciado el procesamiento de imágenes, las RNN el procesamiento de secuencias (como el lenguaje natural) y las GAN en la generación de nuevos contenidos.

Con aplicaciones que van desde el reconocimiento de imágenes y voz hasta la conducción autónoma y la generación de texto creativo, el aprendizaje profundo continúa siendo un área de investigación activa y prometedora.

