

REDES NEURALES. PROXIMO SALTO TECNOLOGICO

*Jaime Bañados Figueroa
Capitán de Fragata*

Introducción

*S*abemos que nuestro cerebro es un poderoso elemento computacional; sin embargo, si lo comparamos con una simple calculadora de bolsillo, al multiplicar números de unos cuantos dígitos no se aprecia esa capacidad. ¿Cómo lo hace entonces nuestro cerebro para reconocer casi instantáneamente la cara de un conocido, su voz, una melodía o un olor? ¿Cómo es que este reconocimiento tan rápido sea además capaz de traernos consigo otras ideas asociadas, tales como sucesos pasados, aun cuando esa información sea oscura, incompleta o distorsionada?

¿Qué sucede cuando aprendemos algo? Muchos de nosotros nos responderemos con conceptos como la capacidad para recordar, comprender, guardar y reproducir; no obstante, nuestro cerebro es capaz también de efectuar abstracciones, generalizaciones, usos de relaciones, selección de juicios y raciocinio, así como salir adelante en situaciones nuevas e inesperadas. Los neurólogos y los psicoanalistas discuten acerca de "firing neurons" o determinan patrones de comportamiento, pero ellos tampoco podrán decirnos exactamente qué sucede cuando aprendemos o cómo lo hacemos.

Se puede observar y grabar las entradas tangibles del proceso de aprendizaje, como también el resultado final. Se puede mostrar cómo varía el proceso de persona a persona, dependiendo de las conductas de entrada, y en intangibles tales como la historia, el estado emocional u otra diversidad de parámetros. Entonces se puede suponer, a partir de esos ele-

mentos, algo de lo que ha ocurrido; sin embargo, desconocemos cómo se realiza internamente este proceso en el cerebro.

Nuestras redes neurales biológicas son cerca de un millón de veces más lentas que un computador digital actual y funcionan sólo a algunos ciclos por segundos; empero, si accedemos a una base de datos, el computador es mucho más lento y posiblemente no obtenga solución, ya que no sabe asociar.

Redes neurales

¿Qué son las redes neurales? Durante años científicos e investigadores han elaborado teorías acerca de cómo funciona nuestro cerebro y se podrá decir que las redes neurales constituyen un esfuerzo de la comunidad científica por crear un cerebro artificial. Sin embargo, en el estado actual del desarrollo sería más correcto describirlo sólo como un intento por simular el funcionamiento del cerebro, de cómo trabaja, cómo logra su capacidad para inferir e intuir a partir de información incompleta o confusa.

Por mucho tiempo ha habido una necesidad por encontrar una manera de resolver problemas que no pueden ser eficientemente manejados por computadores. Una red neural está compuesta por muchos elementos procesadores interconectados que operan en paralelo. Funcionan de una manera similar a como creemos que funciona nuestro cerebro para procesar información.

Aprender acerca de las redes neurales requiere un nuevo vocabulario tecnológico, ya

que ellas no son programables, "se les enseña"; no se mide la velocidad en instrucciones por segundo, sino en "interconexiones por segundo".

Las redes neurales artificiales están biológicamente inspiradas y de ahí proviene su nombre. Una neurona biológica consiste básicamente de un cuerpo neural denominado soma, ramificado de complejas extensiones, llamadas dendritas, que sirven como entradas, y un canal de salida de la célula, denominado axón. El axón es el encargado de llevar las señales eléctricas a otras células, conectándolo a las dendritas de otra neurona a través de un contacto especial llamado *synapsis*, que puede cambiar positiva o negativamente el potencial del axón; éste se encuentra envuelto por un material aislante de color blanquecino, que tiene por fin principal hacer más rápida la conducción del impulso nervioso. Por la ausencia de este aislamiento, las dendritas y el cuerpo neural tienen una coloración grisácea; por esta razón se habla de *substancia blanca* para referirse a los axones y de *substancia gris* para referirse a agrupaciones de cuerpos neurales. La masa cerebral está contenida en aproximadamente unos 1.500 centímetros cúbicos, calculándose que en ella existen no menos de 14 mil millones de neuronas (figura 1).

Una neurona artificial o elemento de proceso, emula los axones y las dendritas mediante cables y los *synapsis* a través de resistencias de determinado

valor; la acción del soma es simulada a través de un sumador, más una función no lineal del tipo detector de umbral.

Una red neural artificial es un sistema computacional de elementos de proceso (neuronas artificiales) altamente interconectados, los cuales contienen algoritmos que le permiten responder a ciertos estímulos. Una representación gráfica de una red neural puede ser apreciada en la figura 2. Como se explicó, consiste de elementos de proceso interconectados con una cierta función de ponderación. El proceso de aprendizaje consiste básicamente en indicarle las salidas que debe producir para determinadas entradas y la red autoadapta las ponderaciones de las interconexiones para producir el efecto deseado. Una vez logrado el aprendizaje, la red responderá asociando las señales de entrada, a través de procesos

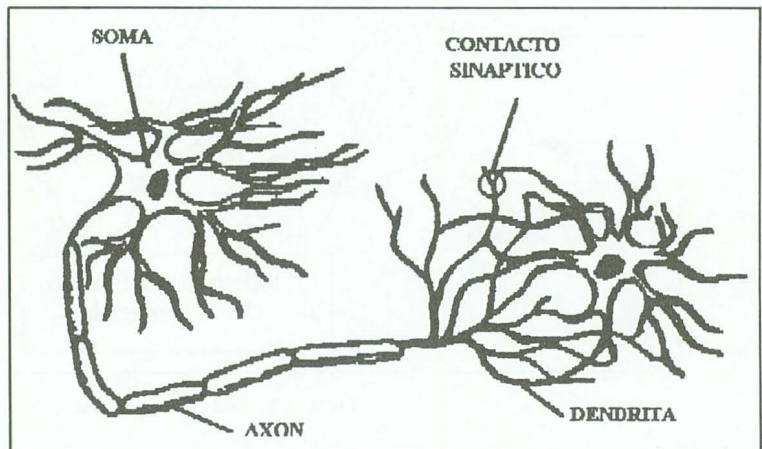


Figura 1. Neurona biológica

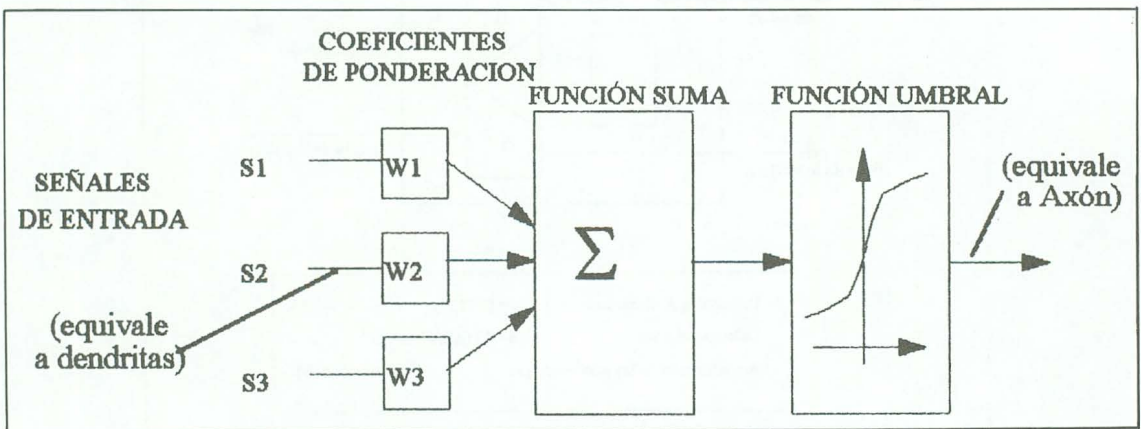


Figura 2. Modelo simplificado de una neurona artificial

múltiples, para dar respuesta a sus salidas de acuerdo con la enseñanza obtenida.

Una red neural se puede caracterizar por los siguientes elementos:

Topología de la red; forma de recordar; procedimiento de aprendizaje y entrenamiento; valores de entradas.

Topología de la red

El diagrama de interconexiones de la red es quizás lo que más caracteriza a una red neural. Los primeros modelos estudiados, tales como el Percepción, consistían de una sola capa, en la cual cada entrada a la red se conectaba a todos los elementos de proceso y de ahí se

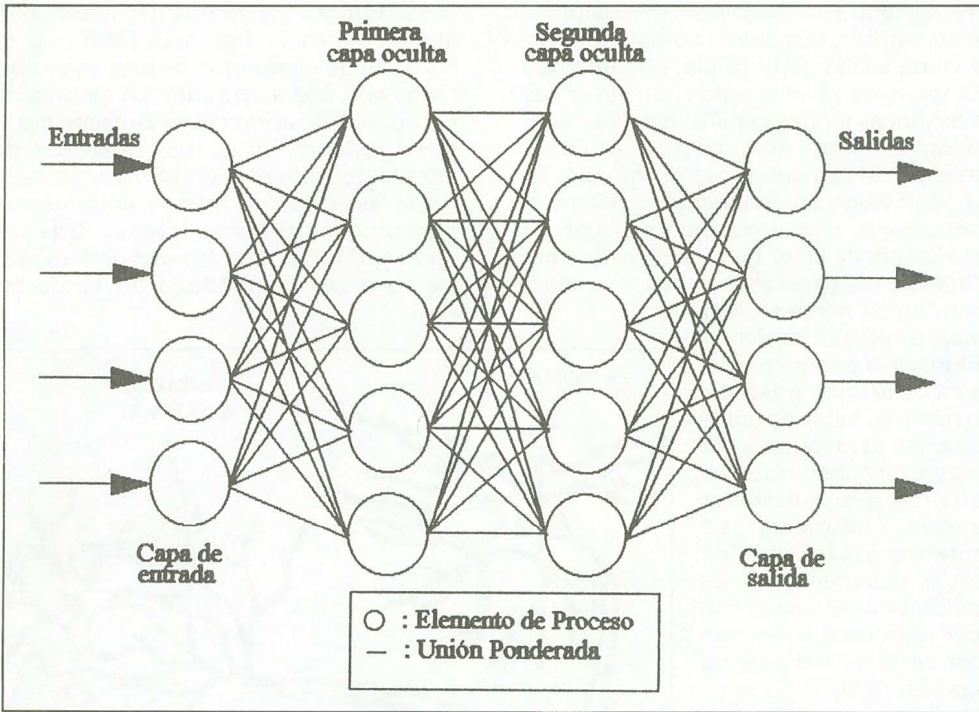


Figura 3. Red Neural Multicapa

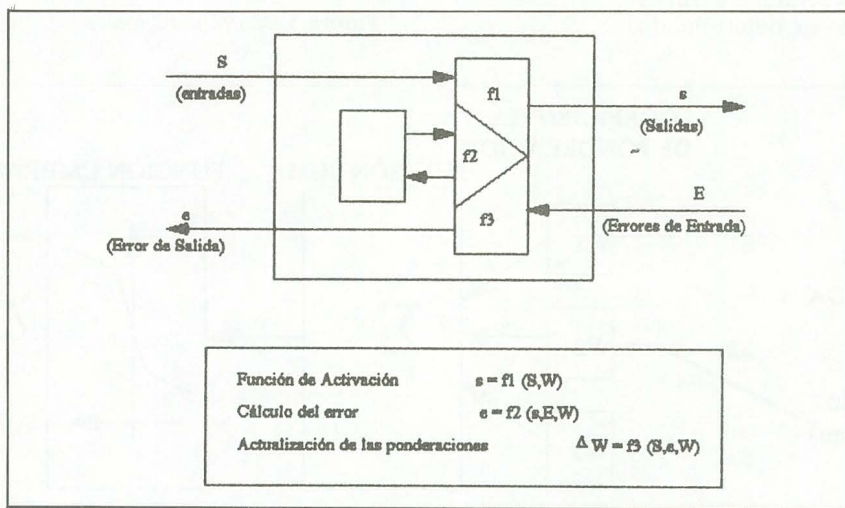


Figura 4. Neurona artificial autoadaptativa

obtenía directamente la salida; así la información simplemente fluía desde la entrada a la salida, sin existir retroalimentación.

Modelos más recientes han extendido la idea de estructuras de capas múltiples (figura 3). En estas redes las capas intermedias no son vistas por las entradas o las salidas; no obstante, van recibiendo todas las señales, cada una con su correspondiente ponderación obtenida durante el proceso de aprendizaje.

Si bien esta topología de redes (las sin realimentación) soluciona eficientemente cierto tipo de problemas, tiene el inconveniente de una baja capacidad de aprendizaje, por lo que son más utilizados los modelos con conexiones de realimentación. En estas configuraciones cada neurona debe determinar una función de error que es dependiente de la salida esperada de ella y del error de realimentación de las neuronas con las que se interconecta. En la figura 4 se muestra la configuración típica de una neurona con sus canales de realimentación.

Forma de recordar

Esta característica consiste tan sólo en efectuar la suma ponderada de todas las entradas y obtener la activación o no activación de la neurona, dependiendo ello de si la cantidad obtenida en la suma excede un nivel predeterminado.

Procedimiento de aprendizaje y entrenamiento

Este proceso típicamente iterativo presenta diversas formas de entrenamiento. Es computacionalmente más intensivo que la forma de recordar y puede ser o no supervisado (con profesor o en forma autodidacta). En el aprendizaje supervisado se le indica a la red las salidas que debe producir cada entrada, ante lo cual la red va reajustando los valores de las ponderaciones de sus interconexiones, para obtener el mínimo de error posible. En el método no supervisado la red clasifica las señales de entradas, sin requerir de salidas predeterminadas. En este proceso, la red debe detectar las características que contienen las señales de entrada y agruparlas convenientemente para producir salidas consistentes; es decir, la red debe producir siempre la misma salida para determinado conjunto de señales de entrada.

Valores de entrada

Esta característica no es más que los valores de entrada que puede aceptar la red, los que

pueden ser parámetros discretos binarios o señales continuas.

Aplicaciones

Las redes neurales artificiales han demostrado su habilidad para dar soluciones simples a problemas que por años no habían tenido solución eficiente en computadores convencionales. Las principales aplicaciones en las cuales tienen beneficios extraordinarios incluyen:

- Procesamiento de imágenes.
- Procesamiento de voz.
- Procesamiento del conocimiento inexacto.
- Procesamiento de los lenguajes.
- Procesamiento de sensores.
- Planificación.
- Predicciones.
- Optimización de procesos.

Para estas aplicaciones, las redes neurales artificiales exhiben propiedades análogas al cerebro humano, tales como asociación, generalización, búsqueda paralela, aprendizaje y flexibilidad.

Tecnología neural

Ciertamente que si las redes neurales ofrecen soluciones a importantes problemas, éstas deben ser implementadas de manera que sean explotadas las ventajas físicas que ellas ofrecen, cuales son: La gran cantidad de flujos de información proveniente del paralelismo progresivo, su reducido tamaño y el bajo consumo de poder eléctrico. En algunas circunstancias, pequeñas redes neurales pueden ser implementadas con la tecnología convencional de circuitos integrados; sin embargo, éstas darán pobres resultados para las capacidades esperadas de las redes, por lo cual, a corto plazo, deberán ser estudiadas nuevas tecnologías.

Las alternativas que existen hoy en día para la implementación directa de redes neurales son las siguientes:

—Very Large Scales Integration/Very High Speed Integrated Circuits (VLSI/VHSIC). Una tecnología madura limitada a bajas cantidades de interconexiones, debido principalmente a su naturaleza bidimensional. Todas las funciones de ponderación de la red deberán ser guardadas en memorias.

—VLSI análoga. Una tecnología que aún está en desarrollo y que también presenta el problema de ser de dos dimensiones; permite una alta densidad de interconexiones, debido a que pueden ser implementadas en resistencias y, por lo tanto, evita la necesidad de memoria adicional.

—Tecnología óptica. Menos desarrollada aún, pero con un horizonte esperado superior que el método del silicio. Actualmente se aprecia limitada su aplicación, en cuanto al tipo de red a implementar; sin embargo, ofrece la gran ventaja de su tridimensionalidad.

Por supuesto, hay variedades y combinaciones de estas tecnologías, las cuales están siendo consideradas, tales como circuitos integrados en dos dimensiones, montados en múltiples capas para conseguir tridimensionalidad, así como también la combinación de óptica y VLSI para crear estructuras tridimensionales.

Diversas empresas, principalmente estadounidenses, se encuentran desarrollando dichos circuitos integrados y algunos productos ya están disponibles para la venta masiva. Como ejemplo se puede mencionar la Science Applications International Corporation, en cuya División de Sistemas de Redes Neuronales ha sido desarrollado el Delta II, coprocesador matemático de punto flotante que permite acelerar

los procesos de cualquier PC/AT hasta 30 Mega Floating Points Operation Per Second. Actualmente las velocidades son del orden de 2 a 3 mega.

Conclusiones

La tecnología basada en redes neuronales, cuya principal característica es el paralelismo masivo que lo asemeja al funcionamiento de nuestro cerebro, será un complemento a la tecnología actual de computadores, principalmente secuenciales, para resolver aquellos complejos problemas de asociación, búsqueda paralela, información incompleta o difusa. Aun cuando no existe una tecnología adecuada que permita incorporar los millones de neuronas que se requieren para solucionar los más complejos problemas, es de esperar que a futuro se logre alcanzar dicha meta y quizás el hombre logre su sueño de imitar al cerebro. ¿Qué pasará entonces?

BIBLIOGRAFIA

- **Illingworth, William T.:** "Beginners guide to neural networks", IEEE AES Magazine, september 1988.
- **Shackleford, J. Barry:** "Neural data structure: Programming with neurons", Hewlett-Packard Journal, june 1989.
- **Lippmann, Richard P.:** "An introduction to computing with neural nets", IEEE AES Magazine, april 1987.
- **Hecht-Nielsen, Robert:** "Neurocomputing: Picking the human brain", IEEE Spectrum, march 1988.
- **Vemuri, V.:** *Artificial neural networks: Theoretical concepts*, 1988.
- **Melsa, Peter J.W.:** "Neural networks: A concept overview", Tellabs Research Center, august 1989.
- "Neural networks", vol. 3, number 2, march 1992, IEEE Transaction On.
- **Pumarino, Hugo:** *Elementos de fisiopatología*.

* * *