

Neuronas en Redes Artificiales

Guillermo Choque Aspiazu

gchoque@inf.umsanet.edu.bo

Resumen

En esta propuesta se considera a la neurona biológica como la piedra fundamental sobre la que se edifica la teoría inicial para la comprensión del paradigma emergente de las redes neuronales artificiales. En el cuerpo de la propuesta se comienza revisando la neurona biológica y los elementos esenciales que constituyen su modelo funcional, sobre la base de estos elementos y la investigación de varios autores se recoge una propuesta interesante de un modelo idealizado de neurona artificial, con esta idealización se trabaja una neurona capaz de ser discretizada y llevada a su realización en términos computacionales, finalmente se muestra que la acción conjunta de las neuronas puede desembocar en la efectivización de las redes neuronales artificiales.

Palabras clave: neurona, dendrita, soma, axón, sinapsis, iones, presinapsis, postsinapsis, neurotransmisor, inhibición, activación.

1. INTRODUCCION

El cerebro es un tejido complicado, de urdimbre intrincada, que no se parece a nada de lo que se conoce actualmente, pero está compuesto de células, como lo está cualquier tejido. Se trata desde luego de células muy especializadas que funcionan siguiendo las leyes que rigen a todas las demás células. Sus señales eléctricas y químicas, pueden detectarse, registrarse e interpretarse, y sus sustancias químicas identificarse, las conexiones que constituyen la urdimbre de fieltro del cerebro pueden cartografiarse. No obstante, la investigación del cerebro se encuentra sólo en sus inicios. La increíble complejidad del cerebro está comprobada que es un hecho tautológico.

Se estima que el cerebro humano contiene más de cien mil millones (10^{11}) de neuronas y 10^{14} sinapsis en el sistema nervioso humano. Estudios sobre la anatomía del cerebro humano concluyen que hay más de 1000 sinapsis a la entrada y a la salida de cada neurona. Es importante notar que aunque el tiempo de conmutación de la neurona (*unos pocos milisegundos*) es casi un millón de veces menor que en los actuales elementos de las computadoras, ellas tienen una conectividad miles de veces superior que las actuales supercomputadoras.

La neurona, conocida también como célula nerviosa, es el elemento central del presente estudio, comprende un cuerpo celular que contiene un núcleo rodeado de un citoplasma con sus correspondientes mitocondrias, microfilamentos y los corpúsculos de Nissl y que en realidad constituyen el retículo endoplásmico granular. El cuerpo o soma celular se prolonga a través de las dendritas y por el axón o cilindroeje, que se une al soma a través de una formación denominada como de emergencia. Cada neurona recibe señales y las transmite a las restantes neuronas o a las células periféricas efectoras al nivel de la sinapsis. La corriente de transmisión es centrípeta en las dendritas y centrífuga en los axones¹. En el cuerpo de la propuesta se revisa la neurona biológica, el modelo funcional, un modelo idealizado de neurona artificial y finalmente la acción conjunta de las neuronas que desembocan en la realización de las redes neuronales artificiales, que constituyen un paradigma emergente en el ámbito de la inteligencia artificial.

¹ Se proporciona un ingreso con un lenguaje técnico propio de la ciencia biológica, para inducir al lector a revisar algunos conocimientos de biología celular que complementan la presente propuesta.

2. NEURONA BIOLÓGICA

Existen muchos tipos de neuronas dependiendo de su función y su anatomía, la Fig. 1. muestra algunos ejemplos de diferentes tipos de neuronas. Considerando la funcionalidad de las neuronas se tiene los siguientes tres tipos [Luciano et al., 1983]:

- Aferentes. Están conectadas al “mundo exterior” mediante receptores, los cuales son sensitivos a la influencia física y química. Estas son encontradas principalmente fuera del sistema nervioso, y se encargan de transmitir señales de información de los receptores hacia el cerebro, donde tiene lugar el procesamiento de las señales.
- Motoras. También denominadas neuronas eferentes, se encargan de controlar los músculos y los órganos. Se encuentran principalmente fuera del sistema nervioso, donde reciben estímulos del cerebro y transmiten los mismos hacia los músculos.
- Interneuronas. Se encuentran al interior del cerebro, constituyen el 99% de todas las neuronas y se encargan de realizar el procesamiento de señales.

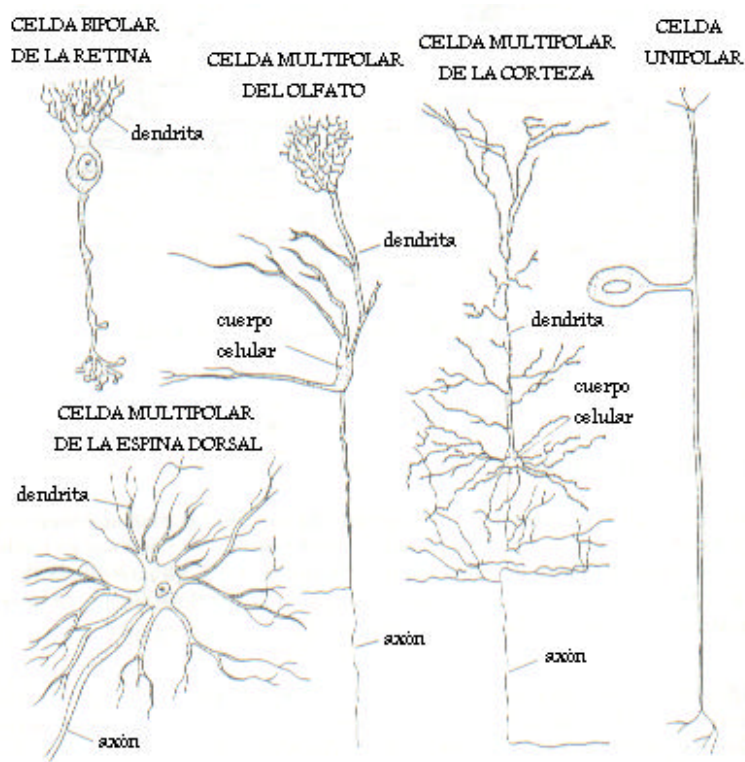


Fig. 1. Tipos de neuronas
Fuente: [Luciano et al., 1983]

Las neuronas se comunican unas a otras por medio de señales electroquímicas denominadas *potenciales de acción*. Cuando una neurona quiere decir algo a otra, esta genera una serie de potenciales de acción, las cuales se denominan también transmisiones de impulsos.

La información recibida por los receptores es de naturaleza física y química, tal como la temperatura, luz y sonido. La información es transformada por los receptores en transmisiones de impulsos, los cuales son enviados a las neuronas aferentes. Las neuronas aferentes transmiten los potenciales de acción posteriormente al sistema nervioso, donde las señales son procesadas por las interneuronas. El procesamiento puede entonces resultar en un estímulo enviado a

las neuronas motoras para ejecutar alguna acción [Andersen & Fredholm, 1989].

3. MODELO FUNCIONAL BASICO

El modelo que se presenta es clásico y bastante común en libros de texto de la neurofisiología. De acuerdo a los estudios realizados en [Luciano et al., 1983], una neurona consta de tres partes básicas, que se pueden observar en la Fig. 2.:

- Dendritas. Un árbol de fibras de entrada que llevan los potenciales de acción transmitidos por otras neuronas hacia la neurona.

- b) Soma. El cuerpo celular de la neurona con un núcleo. En este lugar se construye el potencial de acción antes de que la neurona se active.
- c) Axón. Una fibra de salida simple que bifurca hacia otras neuronas y transmite los potenciales de acción generados por la neurona.

Las dendritas y los axones pueden ser considerados como cadenas de comunicación entre las neuronas, y no se consideran mayores detalles de su funcionamiento. Sin embargo se puede señalar que las partes mas interesantes son el soma y la sinapsis, que constituyen los puntos de conexión entre los axones y las dendritas.

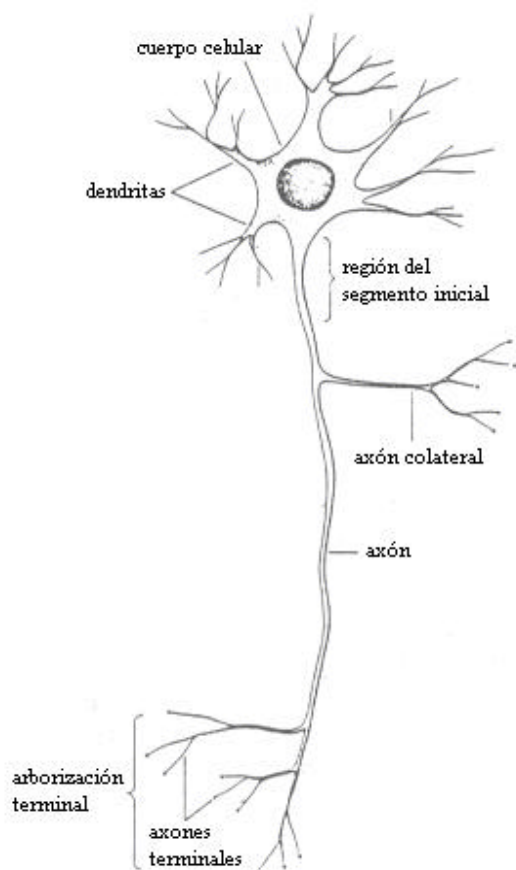


Fig. 2. Neurona biológica
Fuente: [Luciano et al. 1983]

Para acumular el potencial, la membrana celular contiene bombas de iones activas que mantienen la concentración de los iones. Los K^+ son transportados al interior de la célula y los Na^+ son transportados al exterior de la célula de tal manera que la difusión de la red de los iones positivos es constante a través de la membrana.

Cuando una neurona es estimulada, la

3.1. Soma

Según Andersen & Fredholm (1989), la membrana de la célula del soma es permeable a diferentes iones. Algunos iones se dirigen al interior de la célula y otros lo hacen hacia el exterior de la célula. El fluido intracelular de la neurona tiene una concentración alta de iones de potasio (K^+) y una baja concentración de iones de sodio (Na^+) e iones de cloro (Cl^-) en comparación al fluido extracelular. Los iones pasan al interior y exterior de la célula a través de poros específicos en la membrana denominados canales. Esos canales pueden tomar los estados abierto o cerrado, como se observa en la Fig. 3.

Cuando una neurona está descansando, la membrana celular es aproximadamente 50 a 70 veces más permeable al K^+ que al Na^+ . Por consiguiente el K^+ se difundirá de la célula puesto que existe una baja concentración de K^+ en el exterior. Debido a que muy poco Na^+ ingresará a la célula el flujo de K^+ fuera de la célula resultara en un potencial negativo sobre la membrana celular de -70 mV. Este potencial es denominado el potencial en reposo de la membrana.

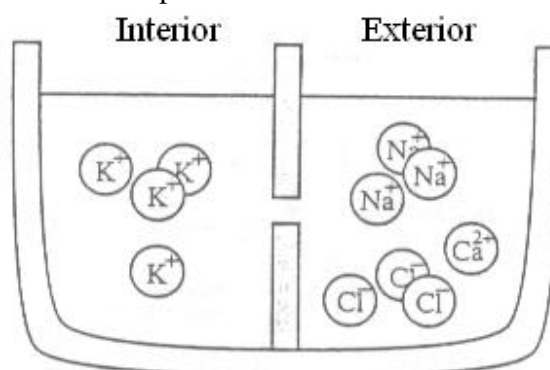


Fig. 3. Concentración de iones en el soma
Fuente: [Luciano et al., 1983]

permeabilidad de la membrana es cambiada de manera drástica por un periodo corto de tiempo. Un número de canales son abiertos para los Na^+ y estos ingresan a la célula. Esto resulta en un potencial de acción. Para regresar al potencial en reposo la presencia de los Na^+ al interior de la célula abre los canales de K^+ y el potencial declina.

3.2. Tipos de Sinapsis

Existen algunos principios generales para la identificación de los tipos de sinapsis: activadoras e inhibitoras. Datos electrofisiológicos, muestran la distribución de las sinapsis activadoras a nivel de la porción superior del árbol dendrítico de las neuronas centrales y de las sinapsis inhibitoras que habitualmente están unidas a los segmentos iniciales de las dendritas o a los cuerpos celulares [Bradford, 1988]. Las sinapsis suelen clasificarse en dos tipos según la transmisión del impulso: sinapsis eléctrica y sinapsis química. Esta última es la tendencia más común de sinapsis y es conocida también como sinapsis electroquímica.

3.2.1. Sinapsis eléctrica

En este tipo de sinapsis los procesos presináptico y postsináptico son continuos debido a la unión citoplasmática por moléculas de proteínas tubulares a través de las cuales transita libremente el agua, pequeños iones y moléculas por esto el estímulo es capaz de pasar directamente de una célula a la siguiente sin necesidad de mediación química [Barr & Kiernam, 1994].

La sinapsis eléctrica ofrece una vía de baja resistencia entre neuronas, y hay un retraso mínimo en la transmisión sináptica porque no existe un mediador químico. En este tipo de sinapsis no hay despolarización y la dirección de la transmisión está determinada por la fluctuación de los potenciales de membrana de las células interconectadas [Bradford, 1988].

3.2.2. Sinapsis química

La mayoría de las sinapsis son de tipo químico, en las cuales una sustancia, el neurotransmisor hace de puente entre las dos neuronas, se difunde a través del estrecho espacio y se adhiere a los receptores, que son moléculas especiales de proteínas que se encuentran en la membrana postsináptica [Bradford, 1988].

La energía requerida para la liberación de un neurotransmisor se genera en la mitocondria del terminal presináptico. La unión de neurotransmisores a receptores de la membrana postsináptica produce cambios en la permeabilidad de la membrana. La naturaleza del neurotransmisor y la molécula del receptor determina si el efecto producido será de excitación o inhibición de la neurona postsináptica [Barr & Kiernam, 1994].

Según Bradford (1988), se han descrito varias formas de sinapsis, estas, según las estructuras implicadas son:

- a) Axosomática: Sinapsis entre un axón y un soma.
- b) Axodendrítica: Sinapsis ocurrida entre un axón y una dendrita.
- c) Axoespinodendrítica: Sinapsis entre un axón y una espina dendrítica.
- d) Axoaxónica: Sinapsis entre dos axones.
- e) Dendrodendrítica: Sinapsis ocurrida entre dos dendritas.
- f) Somatosomática: Sinapsis entre dos somas.
- g) Dendrosomática: Sinapsis entre un soma y una dendrita.

Existen dos clases de sinapsis química: *la sinapsis asimétrica o tipo I* se caracteriza por la diferencia en densidad de las membranas presináptica y postsináptica, siendo más gruesa la última. Esta densidad consiste de un material proteico que puede estar asociado al receptor postsináptico; *la sinapsis simétrica o tipo II* se caracteriza porque las membranas presináptica y postsináptica poseen un grosor semejante [Bradford, 1988].

Cuando las transmisiones de impulsos alcanzan la sinapsis de las interneuronas, estas liberan algunas sustancias químicas denominadas neurotransmisores. Los neurotransmisores se difuminan sobre la hendidura sináptica, desde el axón de la neurona transmisora a la dendrita² de la neurona receptora. La neurona transmisora es denominada neurona presináptica y la neurona receptora es denominada neurona postsináptica. En la neurona postsináptica los neurotransmisores son transformados posteriormente en un potencial eléctrico denominado potencial postsináptico (PPS).

La cantidad de neurotransmisores liberados varía de una sinapsis a otra, y se estima que la memoria de largo alcance es almacenada por la modulación de los neurotransmisores en varias sinapsis.

3.3. Potenciales postsinápticos

Las mediciones realizadas al cerebro han revelado muchas sustancias transmisoras, que proporcionan diferentes efectos de la sinapsis electroquímica. Las sinapsis se clasifican, como se puede ver en la Fig. 4, en dos grupos:

- Sinapsis activadora. Incrementa la permeabilidad del sodio (Na^+) de la membrana celular, resultando en una pequeña alza positiva del potencial de la membrana. Este estímulo es denominado potencial postsináptico activador (PPSA).
- Sinapsis inhibitoria. Incrementa la permeabilidad del potasio (K^+) y del cloro (Cl^-), resultando en una pequeña declinación negativa (hiperpolarización) del potencial de la membrana. Este estímulo es denominado potencial postsináptico inhibitorio (PPSI).

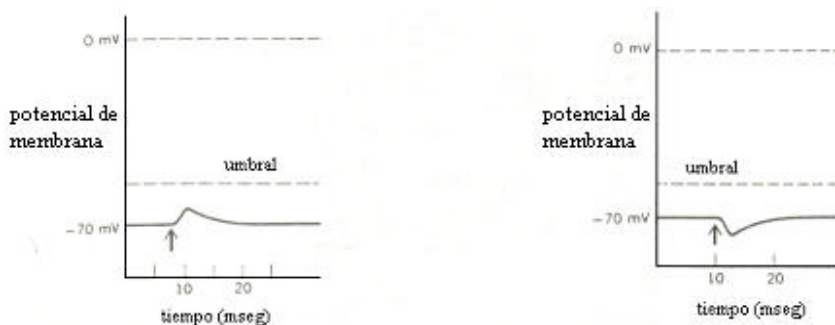


Fig. 4. (a) Potencial postsináptico activador (PPSA).

(b) Potencial postsináptico inhibitorio (PPSI)

Fuente: [Andersen & Fredholm, 1989]

De manera inicial la membrana celular tiene un potencial eléctrico negativo. Cuando una neurona se activa esta cambia rápidamente (1 milisegundo) del potencial en reposo de -70mV al potencial de acción de $+30\text{mV}$ y luego regresa al potencial en reposo nuevamente. La Fig. 5 muestra un registro

intracelular del potencial de la membrana.

² En algunos casos la sinapsis está conectada de manera directa al soma.

Un PPSA no lleva suficiente cambio al potencial de la neurona postsináptica para lograr que esta active un potencial de acción. El potencial de acción es generado inicialmente cuando la suma total de los PPSA de todos los cientos o miles de sinapsis activadoras simultaneas que llevan el potencial de la neurona de manera mas alta que un cierto valor de umbral. Esto significa simultáneamente que las diferentes sinapsis son activas de manera casi cerrada en el tiempo a la suma de sus totales.

Las neuronas postsinápticas actúan de manera similar a los integradores neuronales donde las transmisiones de impulsos reflejan la suma de las entradas. El potencial de membrana de una neurona es, en casi todo tiempo, el resultado de la suma total de las sinapsis activas efectuadas en ese tiempo.

Usualmente una neurona genera una transmisión de impulsos, debido a que los estímulos recibidos son constantemente altos durante un periodo de tiempo. La neurona determina la frecuencia de los potenciales de acción generados, pero no controla la magnitud de un potencial de acción simple; esto es constante. El potencial tiene la misma fuerza, prescindiendo de la magnitud del estímulo recibido, que significa, que el potencial de acción está con una señal completa o ninguna. Si los estímulos recibidos son constantes por un largo periodo de tiempo, integraran los estímulos sobre periodos de tiempo pequeños. Para cada periodo de tiempo pequeño generaran un potencial de acción y retornaran a sus potenciales en reposo [Andersen & Fredholm, 1989].

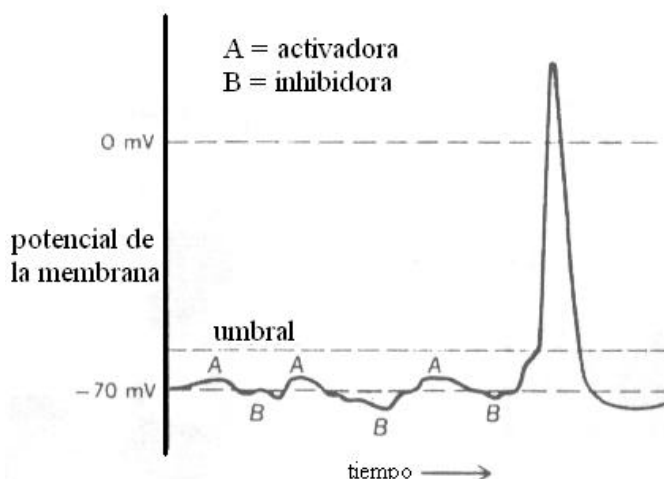


Fig. 5. Registro intracelular de una célula postsináptica
Fuente: [Andersen & Fredholm, 1989]

Algunas veces se observa que una neurona receptora responde a una transmisión de impulsos con una alta frecuencia en el impulso, y entonces lentamente se degradan hacia una frecuencia baja, a pesar de que el impulso sea constante. Esto es denominado adaptación, un ejemplo de esto podría ser una presión constante sobre la piel.

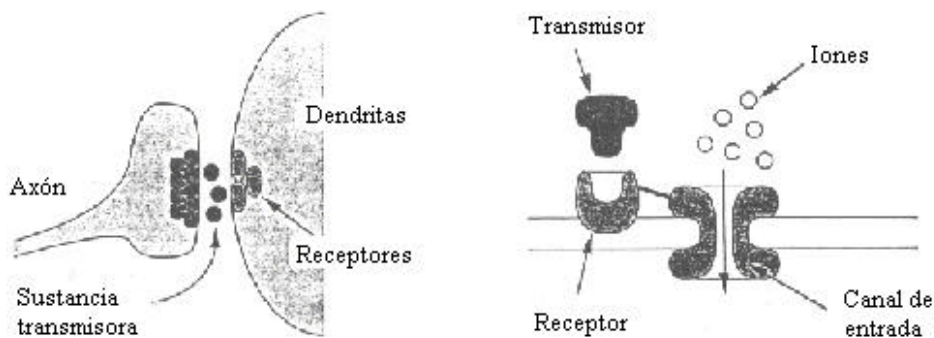
3.4. Neurotransmisores

Si se ingresa en los detalles del proceso sináptico, se observa que la sinapsis consiste de dos partes básicas: una terminal sináptica donde termina el axón, y una hendidura sináptica, la cual es un espacio delgado entre la terminal del axón y la dendrita de la neurona postsináptica.

La información es transmitida a través de la hendidura sináptica por neurotransmisores que son sustancias químicas o moléculas. Los neurotransmisores se encuentran relacionados a las hormonas, ejemplos son: serotonina, noradrenalina y dopamina. La serotonina está presente en el sistema en el sistema nervioso, cuando una persona esta "paralizada de miedo". La noradrenalina esta relacionada de manera cerrada a la adrenalina y hace que el corazón lata a ritmo acelerado. La dopamina es un neurotransmisor bastante importante y su investigación ha demostrado que la carencia de esta materia en el cerebro hace que las células se inactiven y causen la muerte por Parkinson [Barr & Kiernam, 1994].

Los neurotransmisores son encontrados al interior de pequeñas vesículas en la terminal sináptica. Cuando el potencial de acción alcanza la terminal sináptica, son liberada pequeñas porciones de neurotransmisores. El transmisor sale hacia de la terminal sináptica hacia la hendidura sináptica, la cual es de un tamaño de 0.1 micrómetros.

Las moléculas transmisoras se difuminan a través de la hendidura sináptica y activan los receptores sinápticos en la membrana de la neurona postsináptica, como se observa en la Fig. 6. La difusión toma aproximadamente 0.1 milisegundos. Las moléculas receptoras y transmisoras se enganchan de manera conjunta y cambian la permeabilidad de la membrana. El efecto de los receptores es que los mismos abren los canales de iones. La Fig. 6 muestra un diagrama de la sinapsis.



**Fig. 6. (a) Terminal sináptica y dendrita postsináptica.
(b) Membrana de la dendrita postsináptica**
Fuente: [Andersen & Fredholm, 1989]

Los neurotransmisores son almacenados en la terminal presináptica y las moléculas receptoras son almacenadas en la dendrita postsináptica. Esto significa que la sinapsis electroquímica solamente opera en una dirección, la cual es una manera en la

que los potenciales de acción son transmitidos. La cantidad de neurotransmisores liberados controlan el potencial de los estímulos recibidos por la dendrita postsináptica. Posteriormente los neurotransmisores liberados son absorbidos por la dendrita postsináptica o destruidos por una enzima.

3.5. Variaciones en la comunicación entre neuronas

La descripción que sigue proporciona una vista breve de los que sucede al interior del cerebro, sin embargo lo que realmente sucede es bastante complicado y se utiliza la abstracción para comprender algunas variaciones en la comunicación que se produce entre las neuronas.

3.5.1. Inhibición presináptica

Significa que el potencial de acción de una sinapsis activadora es inhibido del efecto del potencial de membrana si es conectado en la neurona postsináptica. La Fig. 7 muestra un ejemplo. Cuando la sinapsis inhibitoria de la

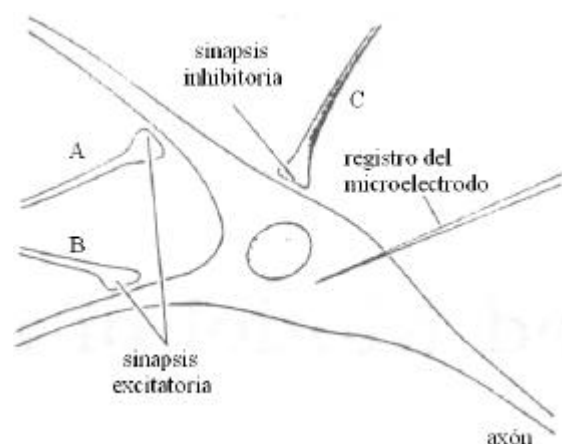


Fig. 7. Inhibición presináptica
Fuente: [Andersen & Fredholm, 1989]

neurona presináptica (A) es activada, reduce la cantidad de transmisores liberados por la sinapsis activadora de las otras neuronas presinápticas (B). Por consiguiente el potencial de PPSA en la neurona postsináptica (C) la que será menos influenciada por el potencial de acción recibido de la sinapsis activadora de la neurona (B).

3.5.2. Suma temporal

Cuando una neurona postsináptica recibe un estímulo de una sinapsis activadora resulta en una pequeña hiperpolarización en la membrana celular, denominada PPSA. El efecto de un PPSA se extingue después de un periodo de tiempo corto, y la neurona retorna al potencial de la membrana de reposo. Si la neurona recibe un nuevo PPSA antes de que el PPSA previo se haya extinguido, la neurona es entonces afectada por la suma de los estímulos. Esto es denominado suma temporal.

3.5.3. Suma espacial

Como se ha mencionado anteriormente, la dendrita de una neurona tiene una estructura parecida a un árbol y la neurona recibe estímulos de todas las otras neuronas a través de las dendritas. La dendrita suma los PPSA que son recepcionados de manera simultanea. En esta suma los PPSA que son recibidos en la parte externa del árbol de dendritas pueden tener menos influencia que los PPSA recibidos de manera cerrada en el soma. Esto es denominado suma espacial.

4. MODELO IDEALIZADO DE UNA NEURONA

Para los fines que persigue este artículo se utiliza la idealización de un modelado funcional, esta clase de modelado se enfoca sobre las neuronas desde un punto de vista funcional, es decir, una neurona recibe estímulos de otras neuronas y se activa si es estimulada suficientemente. Este tipo de modelado es dirigido a redes con muchas neuronas, de 6 a 500, y los tópicos de interés son: la comunicación entre neuronas, la arquitectura de las neuronas, el aprendizaje en las redes de neuronas y el comportamiento colectivo de neuronas en tales redes.

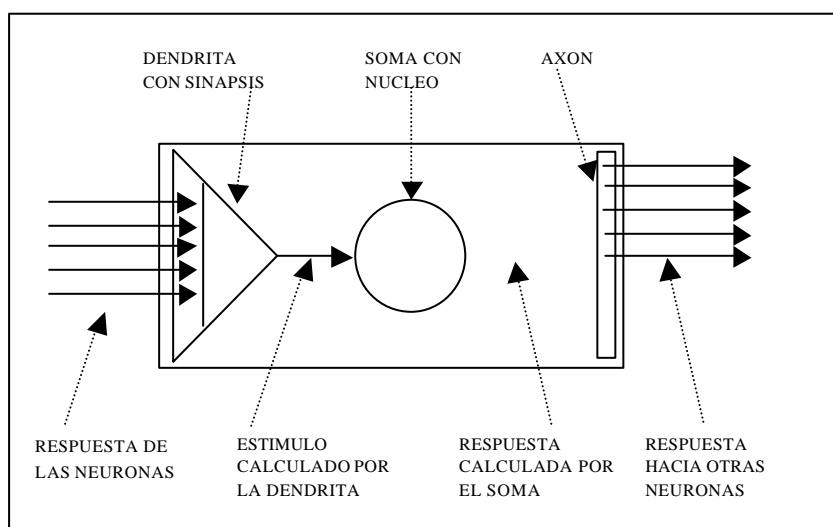


Fig. 8. Modelo idealizado de una neurona
Fuente: Modificado según [Choque, 2002]

La neurona ideal que se presenta consta de tres partes básicas:

- Dendrita
- Soma con núcleo
- Axón

Las dendritas acumulan el estímulo enviado a la neurona por otras neuronas. El soma procesa los estímulos recibidos a través de sus dendritas y decide acerca de la respuesta de la neurona. El axón se encarga de distribuir esta respuesta a las otras neuronas.

4.1. Dendritas

Las dendritas reciben estímulos de los axones de las otras neuronas a través de la sinapsis. Cada sinapsis conecta un axón a una dendrita y contiene un peso sináptico que modifica la respuesta distribuida por el axón. La modificación de la respuesta recibida a través del axón es calculada mediante la multiplicación de la respuesta por el peso sináptico. Para modelar las sinapsis activadoras e inhibidoras, se permite que los pesos sean positivos o negativos. Los estímulos recibidos a través de la sinapsis son adicionados de manera conjunta en la dendrita para producir el estímulo presentado al soma. Si se denota las respuestas de los axones mediante R_1, \dots, R_n y los pesos sinápticos mediante w_1, \dots, w_n , el estímulo calculado por la dendrita es proporcionado por:

$$S = \sum_{i=1}^n w_i R_i$$

En este modelo no existen algunas de las siguientes extensiones que se encuentran en las neuronas biológicas:

- Inhibición presináptica. Esto podría demandar que la neurona consista de ninguna dendrita, pero si de un árbol de dendritas, donde un estímulo pequeño recibido en una dendrita puede cortar un estímulo grande recibido en otro subárbol de dendritas.
- Localización espacial de sinapsis en las dendritas. En las neuronas reales las dendritas integran el estímulo sobre periodos de tiempo pequeños, y esta integración toma en cuenta donde son recibidos los estímulos en la dendrita. En el modelo se asume que esto puede ser expresado por el valor de los pesos sinápticos.
- Neuronas activadoras o inhibidoras puras. En la naturaleza las neuronas tienen sinapsis activadoras o inhibitorias, debido a que las neuronas son activadoras o inhibidoras. En el modelo las neuronas tienen ambos tipos de sinapsis de manera simultánea.

4.2. Soma con núcleo

En el modelo que se revisa se utiliza el termino soma para representar todo aquello que ingresa al interior del cuerpo celular [Andersen & Fredholm, 1989].

En los sistemas biológicos el soma calcula la activación interna de la neurona como una función del estímulo de entrada, la activación inicial de la neurona (restando el potencial de la membrana) y un gran numero de detalles menores que no se mencionan en este artículo. Para simplificar el modelo del soma se modelan todos esos factores mediante un umbral del bias³, que es una variable local θ del soma. La idea es que si el estímulo es mas grande que θ entonces la neurona activa un potencial de acción. La respuesta de la neurona es calculada a partir de la activación interna de la neurona. Esta función es denominada función de transferencia y es denotada como g , operando sobre la actividad denotada como A .

$$A = S - \theta$$

$$R = g(A)$$

Existe un numero de aspectos que no son modelados por el soma, se mencionan dos cosas importantes que pueden valer la pena modelar:

- Suma temporal de estímulos. Las neuronas reales construyen su potencial sobre intervalos de tiempo pequeños y después de cada impulso la neurona se inactiva por un periodo corto de

³ Deriva de la expresión inglesa threshold-bias.

tiempo. En el modelo, la respuesta es siempre calculada sobre la base del ultimo impulso recibido.

- b) Transmisión de impulsos. Es ampliamente aceptado que las neuronas reales se comunican por medio de la transmisión de impulsos y que es la razón de activación de las neuronas lo que la materializa y no solamente la activación de una neurona simple.

El último aspecto es parcialmente modelado al permitir que la función de transferencia tenga un valor de salida continuo. Las salidas altas corresponden a una razón de activación alta y las salidas bajas a una razón de activación baja.

4.3. Partes variables

La neurona descrita como modelo idealizado constituye la base de las neuronas utilizadas en los modelos de redes neuronales multicapa y redes neuronales asociativas. Existen solamente dos cosas que pueden variar:

- a) El cálculo de la activación
- b) La elección de la función de transferencia.

En muchas redes las neuronas calculan su activación interna a partir de los estímulos de entrada y el valor del bias local, sin embargo se podrían utilizar otras funciones de activación. Algunas

redes operan con neuronas sin un bias y calculan la respuesta de manera directa a partir de los estímulos de entrada. Redes más avanzadas utilizan funciones de activación que toman en cuenta la activación previa de la neurona. La función de transferencia determina el dominio de la respuesta. Usualmente la respuesta se encuentra en el rango $]0,1[$ o $] -1,1[$. La Fig. 9 muestra cuatro funciones de transferencia diferentes. Como se observa en la figura, la función de transferencia no tiene que ser necesariamente continua, aunque algunos algoritmos de aprendizaje requieren que la función de transferencia sea diferenciable. Un numero de cosas unifica estas funciones: son no lineales, monótonas y limitadas para $x \in \mathbb{R}$.

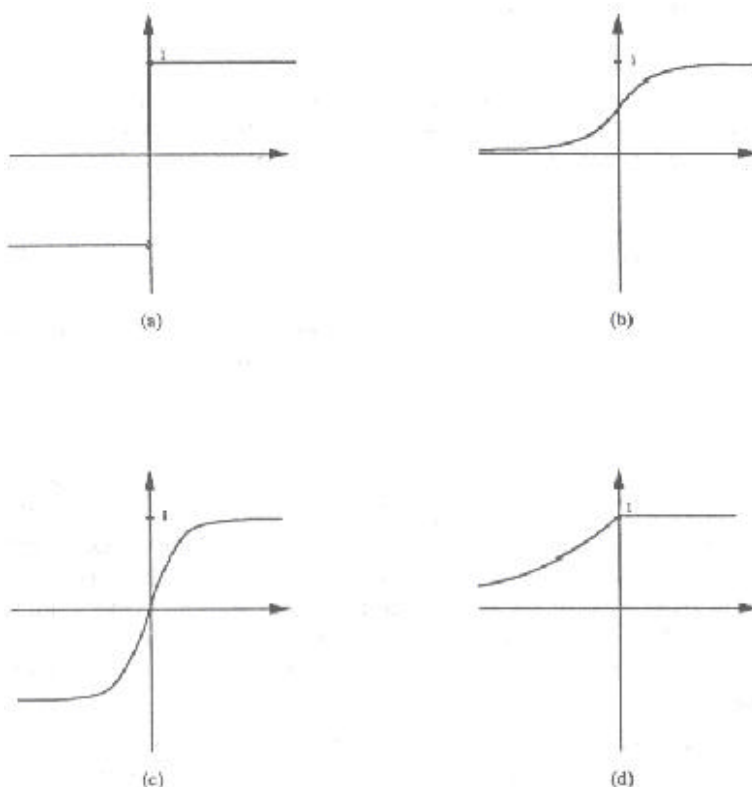


Fig. 9. (a) Función de transferencia de limite duro. (B) Función sigmoideal exponencial. (c) Función sigmoideal tangente. (d) Función exponencial.

Fuente: [Bishop, 1995]

5. REDES DE NEURONAS ARTIFICIALES

El cerebro humano consiste de una red intrincada de billones de células interconectadas denominadas “neuronas”. El estudio de las redes neuronales en la ciencia de las computadoras pretende proporcionar el entendimiento de cómo una colección tan grande de elementos conectados puede producir elementos de computo útiles para la solución de problemas, tales como son la visión y el reconocimiento del habla. Una neurona real recibe transmisiones de

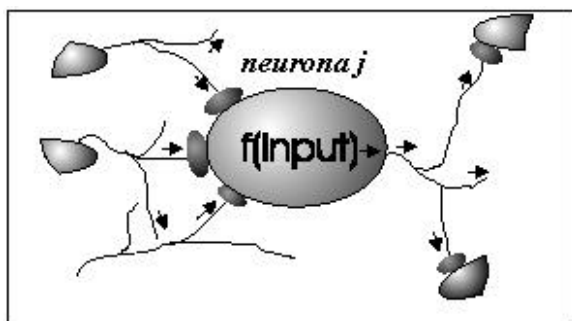


Fig. 10. Proceso de impulsos en una neurona
Fuente: [Ripley, 1996]

impulsos de muchas otras neuronas. Esos impulsos son procesados en una manera tal que resultan generando impulsos en la neurona receptora, las cuales son posteriormente transmitidos a las otras neuronas (ver Fig. 10). De esta manera la neurona “computa” mediante la transformación de pulsos de entrada en pulsos de salida.

una neurona activa los pulsos es abstraída en un valor escalar, o salida, asignada a la neurona. Las direcciones de las conexiones determinan cuales neuronas constituyen entradas a las otras neuronas. Cada conexión tiene un peso, y la salida de una neurona particular es una función de la suma de las salidas con peso de las neuronas recibidas como entradas. La función aplicada es denominada función de transferencia, $F(?)$.

Las neuronas con “umbral binario” tienen una salida de “0” o “1”, dependiendo si la suma de entradas excede o no algún umbral establecido.

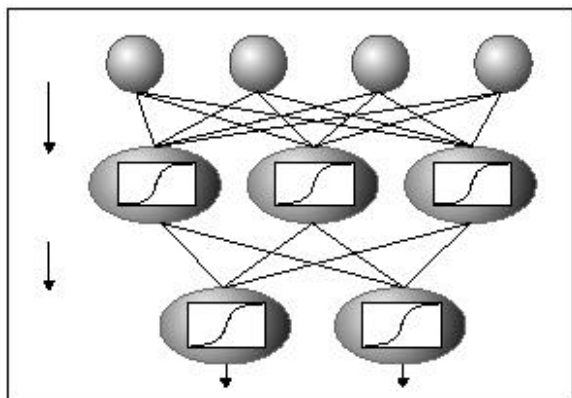


Fig. 12. Perceptrón multicapa
Fuente: [Rumelhart et al., 1986]

Las redes neuronales artificiales tratan de capturar la esencia de este proceso de computo: como se observa en la Fig. 11, la razón en la cual

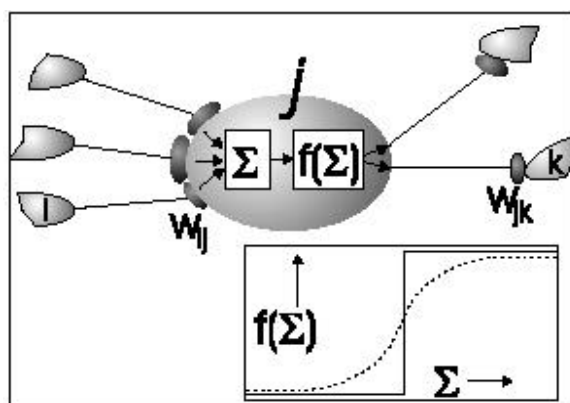


Fig. 11. Red neuronal con función de transferencia
Fuente: [Ripley, 1996]

Las neuronas sigmoideas se aplican a funciones de transferencia sigmoideas, y tienen una salida de valor real (ver parte inferior de la Fig. 11). Las redes neuronales son agrupaciones de neuronas artificiales conectadas. Las reglas de aprendizaje para las redes neuronales describen como adaptar los pesos para conseguir un rendimiento adecuado en una determinada tarea. Un ejemplo de una red neuronal es el perceptrón multicapa, que se describe en la Fig. 12. Las reglas de aprendizaje tales como la propagación de errores [Rumelhart et al., 1986] permiten a la misma aprender y ejecutar muchas tareas asociadas con un comportamiento inteligente, tal

como el aprendizaje, memorización, reconocimiento de patrones y clasificación [Ripley, 1996][Bishop, 1995].

6. CONCLUSIONES

Uno de los elementos centrales de la propuesta desarrollada constituyó mostrar el funcionamiento de la neurona biológica, esta célula nerviosa constituye la base para la construcción de la teoría asociada al paradigma emergente de las redes neuronales artificiales. En el cuerpo de la propuesta se comenzó revisando la neurona biológica y los elementos esenciales que constituyen su modelo funcional, entre estos fundamentalmente tres: las dendritas, el soma y el axón. Sobre la base de estos elementos y la investigación de varios autores se trabajaron otros conceptos adicionales que se utilizaron para reflejar una propuesta interesante de un modelo idealizado de neurona artificial, con esta idealización se construyó una neurona capaz de ser discretizada y llevada a su realización en términos computacionales. Finalmente se ha mostrado como la acción conjunta de las neuronas puede desembocar en la efectivización de las redes neuronales artificiales.

A modo de cierre cíclico

Quizá esto debería encabezar este artículo, sin embargo es pretensión de que el lector vuelva con esta observación a repensar el importante papel que juega el cerebro humano, y sus grandes componentes las células nerviosas, en la supervivencia del ser humano. Hablando en términos fisiológicos, el ser humano es un ente que, a diferencia de otros organismos, realmente llama poco la atención. No puede competir en fuerza con la mayor parte de los otros animales de su tamaño, camina torpemente cuando se lo compara, por ejemplo con un gato; no puede correr como el perro y el gamo; por lo que respecta a su visión, oído y sentido del olfato, es inferior a un cierto número de otros animales. Su esqueleto está mal adaptado a su postura erecta: el ser humano es probablemente el único animal que sufre lumbago a causa de su postura y actividades diarias. Cuando se piensa en la perfección evolutiva de otros organismos –la maravillosa capacidad del pez para nadar o del ave para volar, la enorme fecundidad y adaptabilidad de los insectos, la perfecta simplicidad y eficacia del virus-, el hombre parece, por supuesto, una criatura desgarrada y pobremente constituida. Como organismo, apenas puede competir con las criaturas que ocupan cualquier nicho ecológico específico de la Tierra. No obstante, ha conseguido dominar este planeta gracias únicamente a una especialización bastante importante: su cerebro [Asimov, 1985].

BIBLIOGRAFIA

1. Andersen, M. & H. Fredholm; Introduction to Artificial Neural Networks. Datalogisk Institut Kobenhavns Universitet (DIKU), *Rapport No 89/8*. ISSN 0107-8283. 1989
2. Asimov, I.; Nueva guía de la Ciencia. Plaza & Janes, 1985.
3. Barr, M. & J. Kiernan; *El sistema nervioso humano. Un punto de vista anatómico*. Harla S.A. México, D.F., México. 1994.
4. Bishop, C. M.; *Neural networks for pattern recognition*. Clarendon Press, Oxford. 1995.
5. Bradford, H.; *Fundamentos de neuroquímica*. Editorial Labor S.A. Barcelona, España. 1988.
6. Choque Aspiazu, G.; *Inteligencia Artificial: Perspectivas y Realizaciones*. UMSA. 2002
7. Luciano, D., A.J. Vander & J. Sherman; *Human Anatomy and Physiology – Structure and Function*. McGraw-Hill. 1983.
8. Ripley, B.; *Pattern recognition and neural networks*. Clarendon Press, Oxford. 1996.

9. Rumelhart, D., McClelland, J., & PDP Research Group the. (1986). *Parallel Distributed Processing: Explorations in the microstructure of cognition (Vol. 1)*. Cambridge, MA: MIT Press.