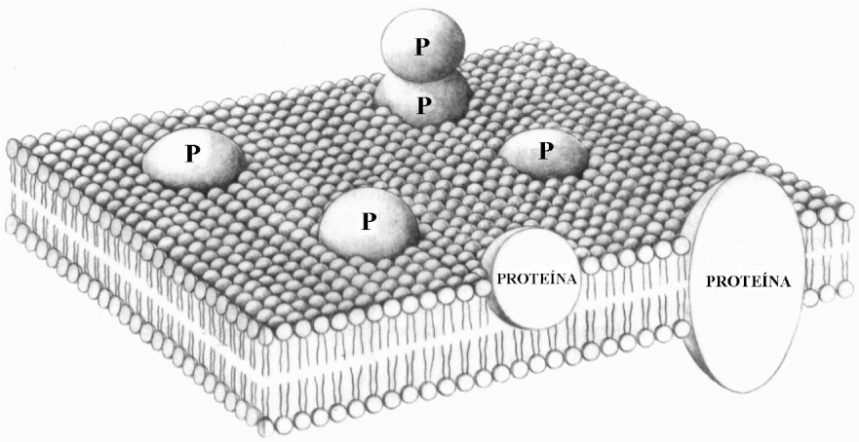
4 Membrana celular

La **membrana celular** de la neurona es el límite externo del cuerpo celular y sus prolongaciones.

El grosor aproximado de la membrana es de 8 nm, y está formada por dos capas de moléculas proteicas (una interna y otra externa de un grosor aproximado de 2.5 nm, cada una), estas capas están separadas por una capa media de lípidos (de un grosor aproximado de 3 nm). La capa lipídica se compone por dos filas de moléculas de fosfolípidos cuyos extremos hidrófobos se hallan en contacto entre sí, y sus terminaciones polares están en contacto con las capas de moléculas proteicas (Snell, 2010). En la figura 4 se presenta una representación esquemática de la membrana celular de la neurona.

Algunas de las proteínas de la membrana sirven como canales, a través de los cuales pueden pasar otras moléculas. Otras son proteínas de señal, que transmiten señales al interior de la neurona cuando determinadas moléculas se pegan a su parte externa (Pinel, 2001). Puedes ver algunos canales que atraviesan la membrana en la figura 4.



Las proteínas que sirven de canal se encuentran situadas en el interior de la capa fosfolipídica y se extienden por toda la anchura de la capa lipídica. Estas moléculas proporcionan a la membrana conductos por los que los iones inorgánicos pueden penetrar en la célula o salir de ella (Snell, 2010). En la neurona, la membrana celular es el sitio de inicio y conducción del impulso nervioso, proceso que explicaremos más adelante, y, como veremos, este proceso depende del tránsito de ciertos iones a través de los **canales de la membrana**.

5 Prolongaciones de la neurona

Como mencionamos anteriormente, a partir de la superficie del cuerpo celular, se proyectan una o más prolongaciones denominadas **neuritas.** Estas neuritas pueden ser de dos tipos, **dendritas**, que son responsables de recibir la información; o **axones**, que conduce los impulsos desde el cuerpo celular a la periferia y contienen botones terminales. Revisaremos a detalle cada uno; en la figura 5 puedes observar la imagen de una neurona y sus neuritas.

Cómo veremos posteriormente, el número y el tipo de neuritas contenidas en la neurona es un criterio de clasificación de estas células.

Dendritas

Las **dendritas** son prolongaciones cortas que parten del cuerpo celular y se ramifican en su cercanía. Su aspecto es muy parecido a las ramas de un árbol. En general, las dendritas son las encargadas de recibir los mensajes enviados por las otras células a través de la **sinapsis,** y forman la mayor parte del área receptora de la neurona (Barr, 1994).

A diferencia del axón, que cómo veremos posteriormente, usualmente se presenta uno por neurona, las neuronas pueden desarrollar un gran número de dendritas. Las dendritas aumentan considerablemente el área de la superficie de recepción de mensajes del cuerpo celular, mediante sus ramificaciones profusas e intrincadas (Afifi, 2006).

El **citoplasma** de las dendritas, llamado **dendroplasma** (Snell, 2010), es muy parecido al del cuerpo celular, aunque no contiene aparato de Golgi (Afifi, 2006).

El diámetro de las dendritas se va haciendo cada vez más pequeño a medida que se alejan del cuerpo celular. Las dendritas presentan un gran número de diminutas salientes, denominadas **espinas dendríticas**. Estas espinas dendríticas son de formas y dimensiones variables, y se hacen muy notables en algunos tipos de células como las de Purkinje del cerebelo y las piramidales de la corteza cerebral, que pueden contener varios miles de espinas por célula. Las espinas dendríticas participan activamente en el proceso de **sinapsis** (López Antúnez, 1979). En la figura 6 puedes ver una representación de algunas neuronas que poseen varías dendritas.

Las **dendritas** pueden considerase como una extensiones del cuerpo celular para aumentar la superficie para la recepción de la información procedente de los axones de otras neuronas. Esencialmente conducen el impulso nervioso hacia el cuerpo celular (Snell, 2010). Sin embargo, algunas neuronas no tienen axones, y sus dendritas conducen los impulsos en ambas direcciones, es decir, de la periferia al cuerpo celular y del cuerpo celular a la periferia para alcanzar a otras neuronas (Barr, 1994).

Figura 5.

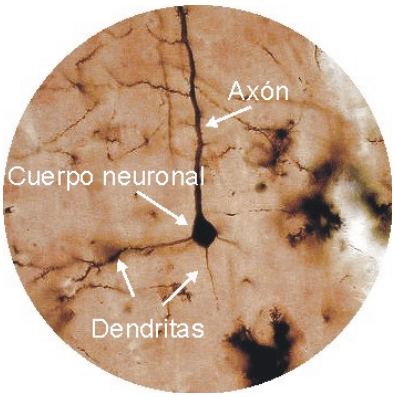


Figura 6.

Durante las primeras fases del desarrollo embrionario se da una gran producción de **dendritas**, aunque posteriormente se reduce su número y tamaño como respuesta a una demanda funcional alterada por los axones aferentes. Hay evidencia de que las dendritas permanecen plásticas durante toda la vida y se alargan, ramifican o contraen como respuesta a la **actividad aferente** (Snell, 2010).

Axones

El **axón** es una prolongación generalmente única, conduce impulsos que se alejan del cuerpo celular, habitualmente hacia otras neuronas (Barr, 1994). Por esto se dice que el axón es el **polo efector** de la neurona a través del cual se descargan los impulsos nerviosos (López Antúnez, 1979). En la figura 7 se muestra una representación esquemática.

El **axón** es la prolongación más larga del cuerpo celular; tiene una forma cilíndrica con un diámetro uniforme; y tiende a tener una superficie lisa (Snell, 2010). Los **axones** varían enormemente en tamaño de una neurona a otra. De hecho, el tamaño del axón, tal y como veremos posteriormente, es otro criterio para clasificar las neuronas. Los axones pueden ser muy cortos y terminan a corta distancia del cuerpo celular, como se observa en las neuronas de Golgi Tipo II, o extraordinariamente largos, como los axones de algunas neuronas de la médula espinal, que inervan los músculos del pie, que pueden llegar a medir hasta un metro (López Antúnez, 1979).

Los diámetros de los **axones** también varían considerablemente según las diferentes neuronas. Parece existir una relación entre el diámetro y la longitud del axón, ya que a mayor longitud, se da un mayor diámetro (López Antúnez, 1979). Así mismo, los axones de mayor diámetro conducen los impulsos rápidamente, y los de diámetro más pequeño conducen los impulsos muy lentamente (Snell, 2010). Sin embargo, el diámetro no es el único factor que influye en la velocidad de conducción del impulso nervioso, ya que, como veremos un poco más adelante, el grado de mielinización del axón es otro factor muy importante (López Antúnez, 1979). La membrana plasmática unida al **axón** se denomina **axolema** y su citoplasma **axoplasma**. El axoplasma no posee sustancia de Nissl ni aparato de Golgi. No hay sitios para la síntesis de proteína, por lo que la supervivencia del axón depende del transporte de sustancias a partir de los cuerpos celulares (Snell, 2010).

Estructura funcional del axón

Un **axón** típico tiene varias regiones estructural y funcionalmente distinguibles. Cómo podemos ver en la figura 7, el **axón** se origina a partir de una pequeña elevación cónica sobre el cuerpo celular, desprovista **de sustancia de Nissl**, denominada **cono axónico**. Los axones pueden emitir un número variable de **ramas colaterales** en toda su longitud que les permiten relacionarse con neuronas situadas en paralelo (López Antúnez, 1979). Sin embargo, usualmente los axones no se ramifican en la proximidad del cuerpo celular. Adicionalmente, en los axones mielínicos, estas ramas colaterales surgen en los nódulos de Ranvier (que revisaremos posteriormente). En la parte final, los **axones** o **sus colaterales** se dividen habitualmente en numerosas ramificaciones de diámetro muy pequeño. Las **terminaciones** del axón son los extremos distales de las ramas terminales de los axones, que con frecuencia se hallan agrandados (Snell, 2010).

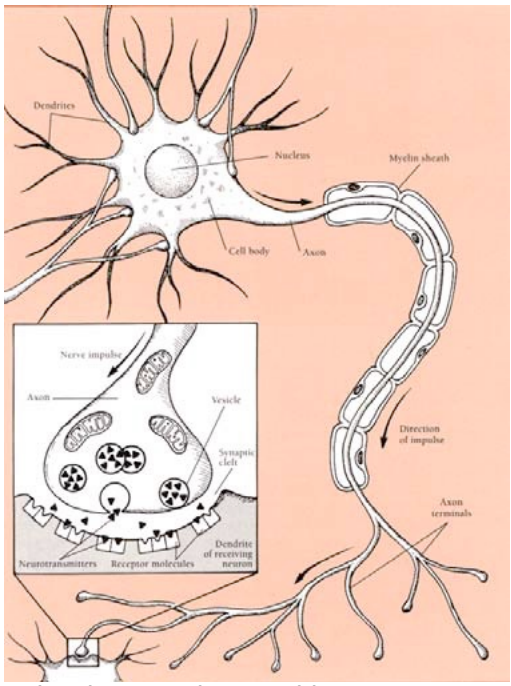


Figura 7

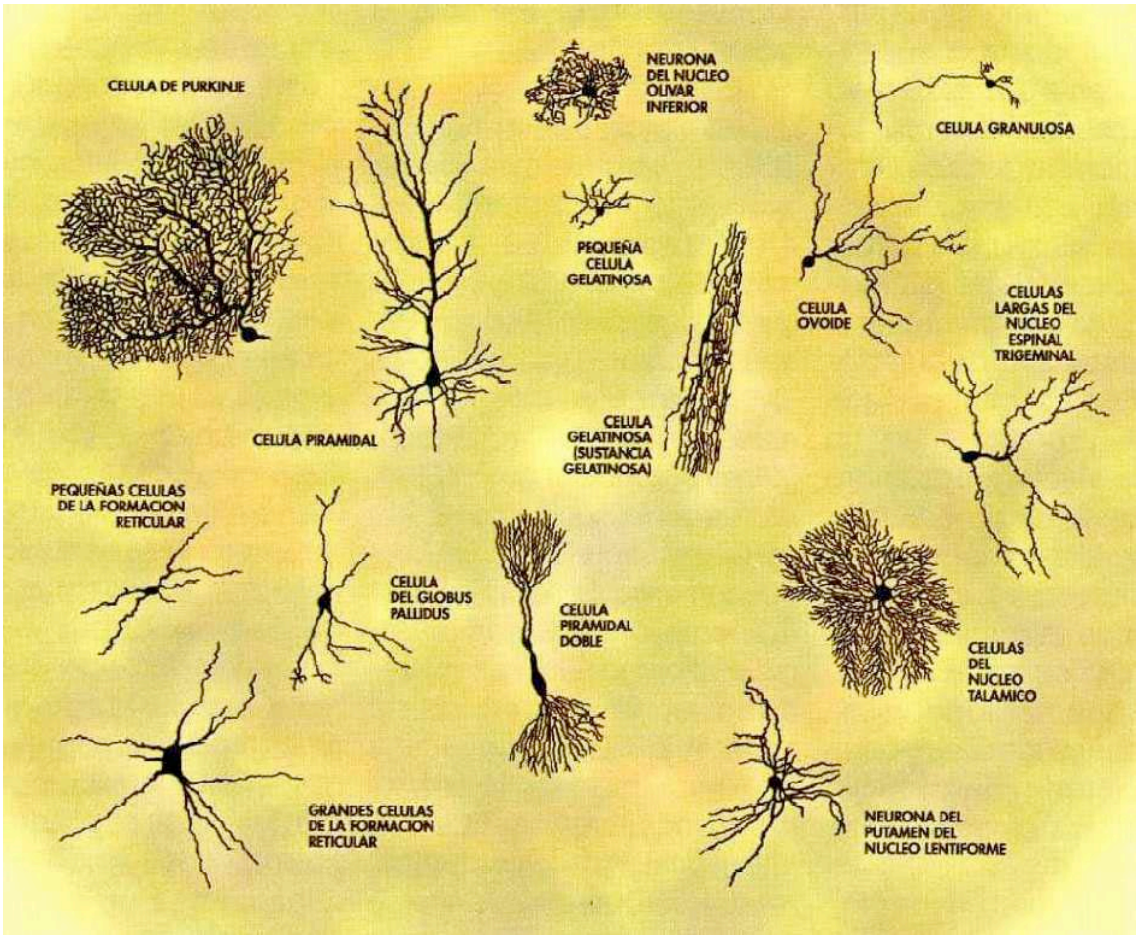
Estos extremos de las terminaciones también suelen ser llamados **botones terminales** y son las estructuras especializadas que forman las **sinapsis** con otras células. En la figura 7 se ilustran las terminaciones axónicas y sus botones terminales. Según López Antúnez (1979), desde el punto de vista funcional, se pueden considerar tres partes del axón:

a) El **segmento inicial** que comprende entre el cono axónico y el primer nodo de Ranvier, esta es la parte más excitable del axón y es el lugar en el que se origina el potencial de acción (proceso que revisaremos posteriormente, que da origen al impulso nervioso). b) La **porción conductora** que está formada por la mayor parte del axón y sus colaterales; y c) La **porción transmisora** que está constituida por las terminaciones axónicas por medio de las cuales se transmite el impulso a otras neuronas o a los efectores.

Es importante recordar que, paralelamente a la transmisión del impulso nervioso, en el axón se lleva a cabo el transporte del material que permite la función de la célula. Recordemos que este material es fabricado por el **cuerpo celular** y que es indispensable en las regiones lejanas del axón (por ejemplo, en los botones terminales), por lo que, mediante el proceso de **transporte axoplásmico** (revisado anteriormente), se debe hacer llegar este material. Recordemos también que este proceso se lleva a cabo por medio de los **microtúbulos** que se localizan por todo el cuerpo celular y sus prolongaciones y sirven como canales por los que viajan las sustancias que la célula necesita.

6 Clasificación de los distintos tipos de neuronas

a Tal y cómo lo hemos mencionado, las neuronas presentan una gran variedad de formas, tamaños y funciones a través de las diversas regiones del sistema nerviosos. Rosenzweig, Leiman, & Breedlove, (2001) mencionan que se han encontrado al menos 200 tipos de células nerviosas geométricamente distinguibles en el encéfalo de los mamíferos. En general, estas células se diferencian en la forma y el tamaño, y las características especificas de cada tipo de neurona impactan en el modo en que las neuronas procesan y transmiten la información (Rosenzweig, Leiman, & Breedlove, 2001). En la figura 8 podemos ver una representación esquemática de varios



tipos de neuronas.

A continuación consideraremos tres criterios para la clasificación de las neuronas:

a) Número, longitud y tipo de ramificaciones de las neuritas

b) tamaño de la neurona

c) función de la neurona.