



**PROGRAMA DE ACOMPAÑAMIENTO Y ACCESO EFECTIVO A LA EDUCACIÓN SUPERIOR  
(PACE)**

**ACOMPAÑAMIENTO EN EDUCACIÓN SUPERIOR (AES)**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SILVA HENRÍQUEZ (UCSH)**

**2018**



## Presentación

El equipo de Acompañamiento en Educación Superior, <sup>1</sup>AES, tiene como propósitos acompañar y orientar los procesos de inserción universitaria, tanto en lo académico como en lo psicoafectivo. En ese contexto, ponemos a tu disposición este material de estudio.

El documento tiene la finalidad de apoyar tu aprendizaje y complementar las cátedras de Neurociencias y Neurofisiología que estás recibiendo, todo siempre con el objetivo de potenciar tus talentos y capacidades.

---

<sup>1</sup>El material fue diseñado por el profesor Norton Contreras, Ayudante Académico del programa PACE-UCSH. Está dirigido a todos y todas las estudiantes del Programa que se encuentren cursando asignaturas o contenidos vinculados a Neurociencias, Neurobiología y Neurofisiología en su primer semestre académico. Algunas de las imágenes han sido obtenidas de Kandel, Schwartz y Jessell (2001), *Principios de Neurociencia*.



## Contenidos

1. Una breve introducción a la relación cerebro- conducta.
2. Anatomía neuronal
3. La neurona como célula excitable:
  - a) Canales iónicos neuronales.
  - b) Concepto de Polaridad (Potencial de Acción, Potencial de Reposo, Umbral y Latencia).
4. Sinapsis y Neurotransmisores.
5. Efectos de algunos psicotrópicos en el trabajo de los Neurotransmisores



## **1. Cerebro y conducta: una relación indisoluble:**

La Neurociencia es la disciplina que se encarga del estudio del sistema nervioso y, en especial, del estudio del cerebro.

El comportamiento humano es un reflejo concreto de la anatomía y la fisiología del Sistema Nervioso Central (SNC).

El cerebro humano es una máquina perfecta. Actúa como nuestro centro de mando corporal. Es el responsable de nuestros movimientos, nuestro pensamiento, nuestro razonamiento y nuestras emociones. Resulta increíble pensar que, detrás de cada uno de nuestros actos, las palabras que emitimos, los movimientos realizados y las emociones existe una compleja maquinaria biológica y química controladora.

A continuación, revisamos algunos de los principios fundamentales que nos permiten entender el funcionamiento del cerebro humano y su relación con la conducta y el comportamiento:

- El cerebro es el órgano más complejo del cuerpo humano.
- Las experiencias de vida generan cambios en las estructuras cerebrales.
- El cerebro es el fundamento del funcionamiento mental.
- Cada cerebro es único e irrepetible.
- Cada ser humano tiene su propio ritmo de aprendizaje y de procesamiento de información.
- Los estados de ánimo, los sentimientos y las emociones pueden afectar la capacidad de razonamiento, toma de decisiones, los sistemas de memoria y la actitud frente al proceso de aprendizaje.
- Niveles altos de estrés tóxico generan un impacto en el aprendizaje negativamente, cambiando al cerebro y alterando las habilidades cognitivas, de percepción, emocionales y sociales.

El cerebro está compuesto de muchas estructuras, algunas de ellas imperceptibles para el ojo humano a simple vista. Es lo que revisaremos a continuación.



## 2. Anatomía Neuronal:

Imaginemos que cortamos un trozo de cerebro para estudiarlo. Si lo vemos a simple vista observaremos que tiene una apariencia gelatinosa y con muchas rugosidades. Es toda la información que podremos obtener con los evidentes límites que posee nuestro sistema visual.

Ahora bien, si tomamos ese trozo de cerebro, vamos a un laboratorio y conseguimos un microscopio para estudiarlo más a fondo, sin duda nos sorprenderemos. Nos daremos cuenta de que existen estructuras muy pequeñas que no podíamos ver sólo con nuestros ojos. Veremos muchas células, las cuales constituyen la unidad morfológica y fisiológica del sistema nervioso. Dichas células son las **neuronas**.

El científico Santiago Ramón y Cajal ya tenía una idea de cómo podían organizarse estas células dentro del cerebro. Primero planteó la existencia de neuronas asimétricas y polarizadas, lo que implicaba la direccionalidad de la transmisión de la información que procesaban. También asumió que existía un espacio físico que las separaba, lo que más tarde se conocería como **sinapsis**.

Las neuronas son células altamente especializadas y se encargan de recibir diversos estímulos y de conducir el **impulso nervioso**, el cual se basa en una serie de procesos químicos, físicos y biológicos que se propagan a través de las neuronas. Existen, aproximadamente, unos 100 mil millones de neuronas (una cantidad similar a la de estrellas que existen en la Vía Láctea, la galaxia donde habitamos).

Básicamente las neuronas poseen tres características generales:

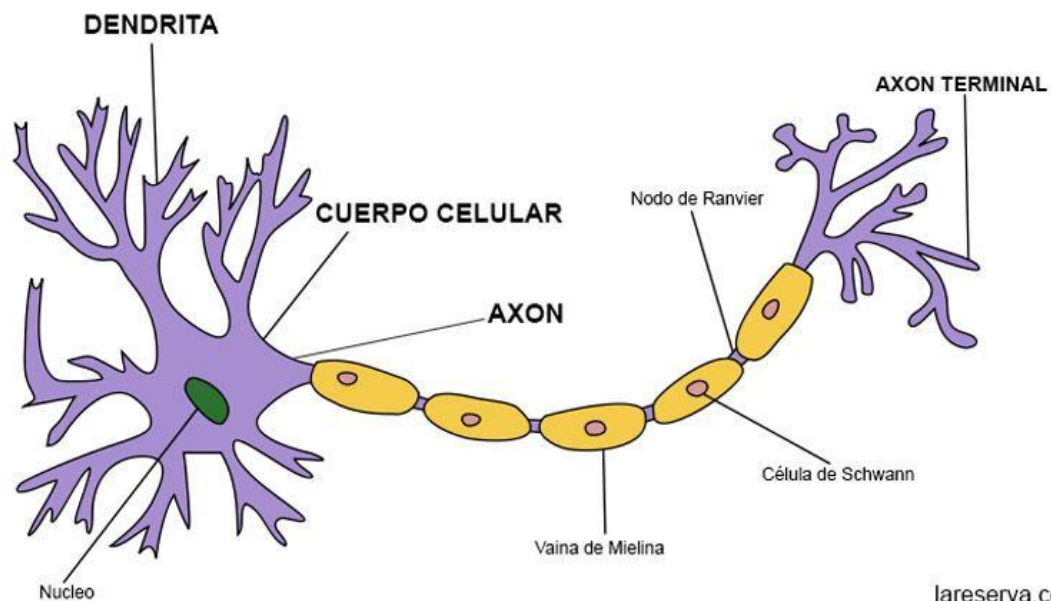
- a) **Son polarizadas**, presentando un dominio especializado.
- b) **Son excitables**, siendo capaces de generar un potencial de acción.
- c) **Son secretoras**, siendo capaces de secretar neurotransmisores

Dichas características nos ayudan a comprender el hecho de que el funcionamiento neuronal es un proceso extremadamente complejo y lleno de enigmas que los neurocientíficos aún intentan resolver.

Las principales funciones de una neurona son las siguientes:

- Recibir información o señales.
- Integrar las señales recibidas y, de este modo, determinan si la información debe seguir transmitiéndose o no.
- Comunicar las señales a sectores “blanco” como músculos, glándulas u otras neuronas.

Las neuronas, como tipos celulares, presentan una organización que se encuentra bastante definida y que se expone a continuación:



lareserva.com

Cada una de las partes de la neurona posee una función determinada para su correcto funcionamiento. El **soma** o  **cuerpo celular** es el encargado de comandar gran parte de las funciones neuronales. Es en él donde se almacenan los diferentes organelos celulares que son comunes al resto de células del organismo, tales como el núcleo, el retículo endoplasmático, el aparato de Golgi y las mitocondrias. El soma neuronal se encuentra formando la *sustancia gris*, responsable del procesamiento de la información que recibe el cerebro. Tal como se mencionó, dentro del soma se ubica el **núcleo celular** dentro del cual se ubican los principales tipos de ácidos nucleicos de la célula, en especial el ADN que es el encargado de almacenar la



información genética de la célula. Las **dendritas** son prolongaciones del soma neuronal y que se encargan de tomar contacto con otras neuronas vecinas.

Por otra parte, encontramos el **axón neuronal**, el cual es una prolongación de la célula muy especializada que se encarga de la propagación de la señal nerviosa a lo largo de toda la neurona. Se encarga de conducir el impulso eléctrico a distancia y de aumentar la velocidad de transmisión de la información.

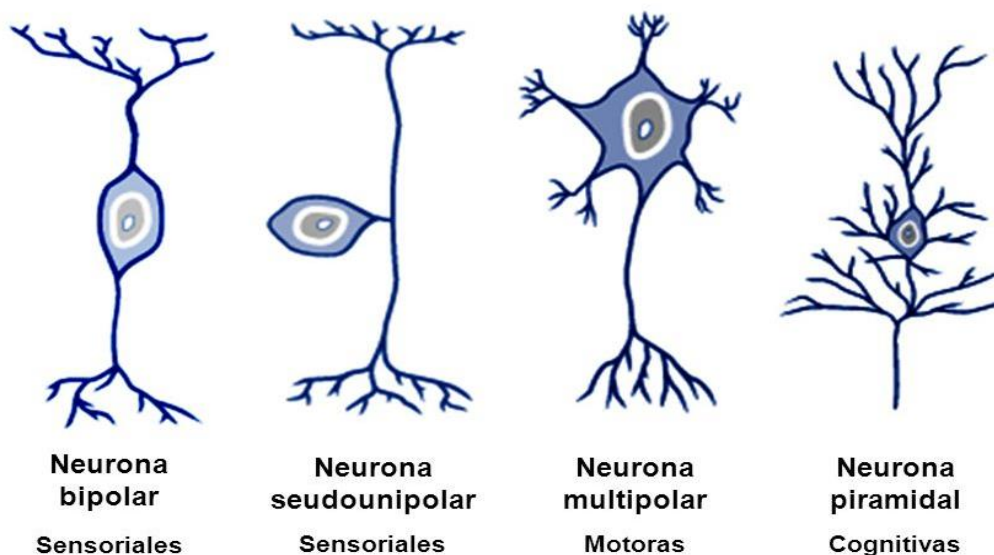
En el axón se encuentra además otra estructura muy especializada: la **vaina de mielina** (que le otorga el color blanco a lo que se denomina “sustancia blanca”). Es una estructura que forma parte de las neuronas de los seres vertebrados y que se encarga de formar una cubierta alrededor del axón. Dicha cubierta está formada multilaminarmente por material lipoproteico y que posee un importante efecto aislante. Su principal función es acelerar la transmisión nerviosa y de generar la conducción del impulso nervioso a grandes distancias en base a un fenómeno denominado **conducción saltatoria** (a diferencia de los axones no mielinizados que generan conducción continua). La vaina de mielina es producida por células específicas pertenecientes al grupo de las *células gliales*: las **células de Schwann** (presentes en el sistema nervioso periférico) y los **oligodendrocitos** (presentes en el sistema nervioso central). Los **nodos de Ranvier** también forman parte del axón y son zonas que no se encuentran recubiertas por mielina. Contribuyen, junto con la vaina de mielina, a generar el fenómeno de conducción saltatoria. Por último, tenemos el **terminal axonal** o **axón terminal** que se encarga de la secreción de los neurotransmisores, los cuales serán recibidos por la neurona vecina.

Existen muchos tipos de neuronas y que se especializan en realizar cierto tipo de funciones. Aquí mencionamos algunas de ellas:

- a. **NEURONAS MULTIPOLARES**: Poseen solamente un axón y bastantes ramas dendríticas. Su principal función es transmitir las señales desde el sistema nervioso central hasta estructuras como músculos y glándulas.
- b. **NEURONAS BIPOLARES**: Poseen sólo un axón y una rama de dendritas. Su función es transmitir las señales nerviosas de una neurona a otra, dentro del sistema nervioso central.
- c. **NEURONAS PIRAMIDALES**: Tal como su nombre lo señala, su cuerpo celular posee forma de pirámide. Poseen un axón y dos ramas de dendritas. Se ubican en

diferentes zonas como la corteza cerebral, la corteza motora, el hipocampo, la amígdala, entre otras.

- d. NEURONAS DE PURKINJE: Son muy específicas y se encargan de controlar el equilibrio, el lenguaje y otras funciones de alto nivel. Se encuentran formadas por un axón y una compleja organización dendrítica.



Las neuronas poseen además una compleja red de células auxiliares que les sirven de sostén, nutrición, entre otras funciones. Dicha red es la red de **células gliales**, las cuales son las siguientes:

- **ASTROCITOS:** Son las glías más numerosas y se encargan de regular el flujo de sangre en el encéfalo y regulan la comunicación entre las diferentes neuronas durante la transmisión sináptica. También se ha descubierto que poseen un importante papel en el proceso de neurogénesis (o generación de nuevas neuronas), principalmente en zonas del cerebro que han sido lesionadas.
- **CÉLULAS DE SCHWANN:** Se disponen a modo de envoltorio del axón de las neuronas generando mielina (un lípido que posibilita la transmisión del impulso nervioso a las diferentes regiones mediante un efecto aislante, sin que la



intensidad de la señal disminuya) y distribuyéndola como una vaina en el sistema nervioso periférico. Entre una célula de Schwann y la contigua podemos encontrar una pequeña parte del axón sin mielinizar llamada nodo de Ranvier, responsable del fenómeno de la conducción saltatoria. Las células de Schwann también ayudan a reparar axones dañados, en su nutrición y apoyándolos a nivel estructural.

- OLIGODENDROCITOS: Son los similares de las células de Schwann en el sistema nervioso central, más pequeños y con menor cantidad de prolongaciones. Son responsables de la producción de mielina. Contribuye además al soporte metabólico necesario para un adecuado funcionamiento axonal.
- CÉLULAS SATÉLITES: Se caracterizan por ser células de forma laminar, irregular, generalmente mononucleares y con microvellosidades que aumentan su área de superficie. Se ubican alrededor del cuerpo de cada neurona y de la porción proximal del axón, formando una vaina. Se consideran como células equivalentes a los astrocitos del S.N.C., regulando la concentración iónica del espacio extracelular y el reciclaje de neurotransmisores.
- MICROGLÍAS: Son tipos celulares encargados de velar por la integridad cerebral, reaccionando de manera inmediata frente a cualquier amenaza o daño que se produzca. En caso de infección la microglía actúa removiendo células muertas y fagocitando organismos nocivos. También participan en la remodelación de las sinapsis a medida que el sistema nervioso central se desarrolla, removiendo conexiones que son inadecuadas. Por último, se ha descrito que participan en las enfermedades neurodegenerativas, siendo tema de estudio aún si esta participación es beneficiosa o perjudicial.
- GLÍA NG2 o POLIDENDROCITO: Constituye del 5 al 8% del total de células del sistema nervioso central. Su función aún es controvertida. Estudios recientes, como el realizado por Chung y colaboradores (2013) señalan que se encarga de la producción de oligodendrocitos, astrocitos y de un tipo de glía radial exclusiva del cerebelo, llamada glía de Bergmann.
- CÉLULAS EPENDIMARIAS: Son células cúbicas y cilíndricas que revisten los ventrículos cerebrales y el conducto endodimario. Su principal función es la de elaborar el líquido céfalorraquídeo y regular el paso de diferentes sustancias



desde el líquido céfallo-raquídeo hacia el tejido nervioso. También forman parte de la barrera hematoencefálica. Por último, aquellas que se ubican de forma adyacente a la zona subventricular participan en el control del linaje y la migración celular de esta zona.

### 3. La neurona como célula excitable

#### Canales iónicos y potencial de membrana

Las neuronas son células altamente especializadas y con propiedades físicas, químicas y biológicas muy complejas. Las señales que las neuronas emiten dependen en gran parte de las diferentes variaciones de potencial que se generan en las membranas celulares neuronales.

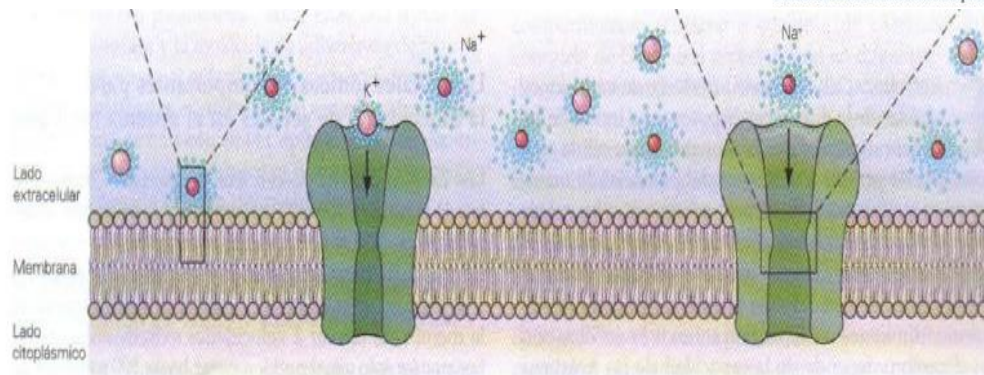
*¿Por qué los canales iónicos son tan importantes para el adecuado funcionamiento del sistema nervioso?*

Porque son estructuras complejas y muy activas. Son proteínas específicas de las membranas celulares y poseen básicamente tres propiedades:

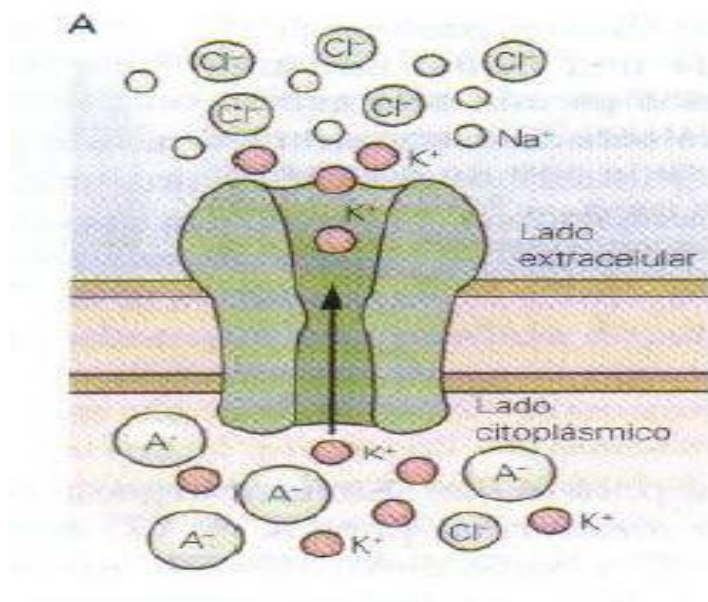
- 1) Conducen diferentes iones.
- 2) Reconocen y seleccionan iones específicos.
- 3) Se abren o se cierran en respuesta a diversas señales eléctricas, mecánicas o químicas específicas.

Las membranas de las neuronas, al igual que todas las células, poseen proteínas integradas y lípidos y se constituyen como un aislante que separa el citoplasma celular y el líquido extracelular. Los diferentes iones no tienen otra alternativa que atravesar esta membrana a través de los canales iónicos que están presentes en ella. Bajo esta regla tenemos las siguientes condiciones:

- a) Si la célula se encuentra en reposo, los iones que se encuentran a ambos lados de la membrana se encuentran en equilibrio.
- b) Si la célula se encuentra trabajando en el envío de señales, esta situación cambia y la maquinaria movilizadora de iones se pone en acción.



En la imagen anterior podemos percatarnos de que existen diversas concentraciones de iones. Dichos iones deben atravesar los canales de la célula (graficados en verde) de acuerdo a los diferentes requerimientos electroquímicos y fisiológicos de la misma.



En esta figura podemos ver cómo diversos iones (En este caso sodio, potasio y cloruro) se movilizan entrando y saliendo de la célula. Esto pone de manifiesto la alta complejidad de los canales iónicos, los que son una pieza clave al momento de establecer la comunicación entre las diversas neuronas.



Los canales iónicos pueden clasificarse del siguiente modo:

- a) Regulados por voltaje: Se activan en respuesta a los cambios de potencial eléctrico que ocurren en la membrana plasmática. Son los especialistas en la transmisión del potencial de acción de las neuronas. Los hay para diferentes iones (canales de sodio, canales de potasio, canales de cloruro, canales de calcio).
- b) Regulados por ligandos: Los canales iónicos responden a ciertas moléculas y neurotransmisores, posibilitando su apertura. Requieren de un receptor (como parte del canal iónico) y de la estructura que lo activa (neurotransmisor u otra molécula).
- c) Canales mecanosensibles: Son activados por un impulso mecánico secundario a una acción mecánica (por ejemplo, algunos receptores de la piel).

## **Transmisión de señales neuronales**

Todas las células de nuestro organismo poseen propiedades que las hacen poseer un potencial de membrana, pero solamente las neuronas son capaces de generar y enviar señales eléctricas que pueden ser conducidas a grandes distancias.

En este apartado estudiaremos cómo las neuronas son capaces de generar estas señales y otorgarles la suficiente potencia para que no se pierdan y así generar comunicación efectiva y eficiente dentro de las diferentes redes.

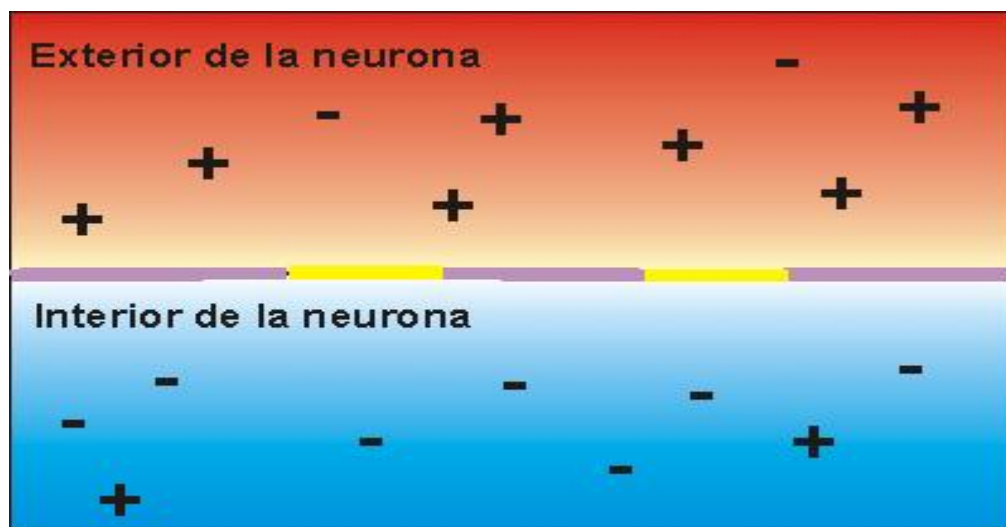
### **EL POTENCIAL DE ACCIÓN**

Uno de los principales experimentos realizados para observar este fenómeno fue realizado por los científicos Kenneth Cole y Howard Curtis, el cual consistió en el estudio de la fisiología del axón gigante de calamar. Observaron que la conductancia iónica (flujo de iones a través de la membrana plasmática) aumentaba considerablemente durante el potencial de acción.

La maquinaria iónica de una neurona es muy compleja. Tal como vimos anteriormente en el apartado de canales iónicos las células nerviosas necesitan crear ciertas condiciones que les permitan generar y propagar las señales eléctricas de modo óptimo.

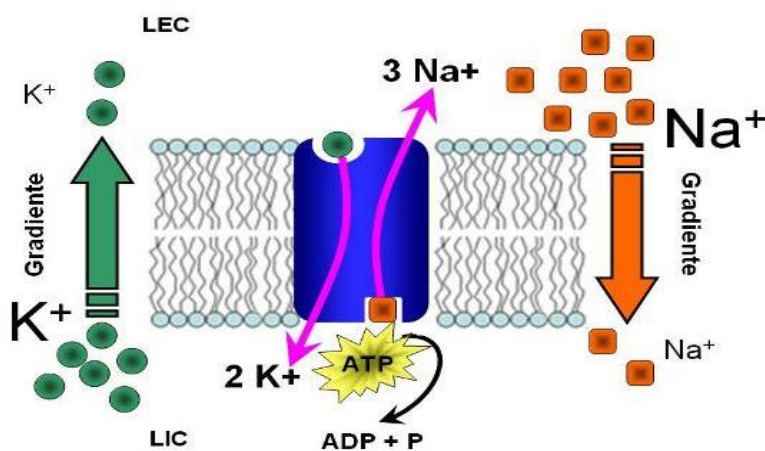
En condiciones de reposo las neuronas poseen un gradiente iónico establecido entre dos principales elementos: el sodio (Na) y el potasio (K). Con esto la

neurona adquiere un potencial de reposo, que en condiciones normales alcanza un valor aproximado de  $-70$  mV (milivoltios).



El sodio se encuentra bastante concentrado en la zona exterior de la célula. Por ende, la tendencia natural de éste es ser empujado hacia adentro. Se encuentra cargado positivamente. En consecuencia, el exterior de la membrana neuronal se encuentra mayoritariamente lleno de cargas positivas.

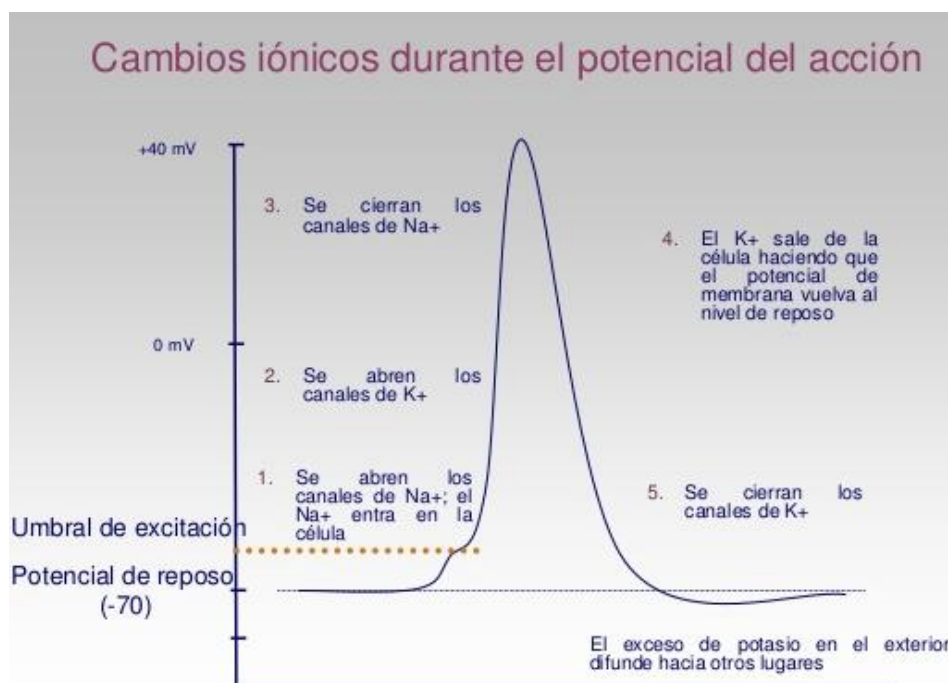
Para que esta condición inicial se mantenga inalterable se requiere la acción de un componente muy importante: la **bomba sodio/potasio** o **bomba Na/K**. Se encarga de bombear 3 iones sodio al exterior de la célula y 2 iones de potasio hacia el exterior. Este proceso requiere suministro energético a través de otra molécula especial llamada **ATP** o **adenosín trifosfato**.



Ahora bien, cuando las neuronas se encuentran bajo la influencia de un estímulo se genera una verdadera transformación interna de las mismas. Este proceso es también muy complejo y requiere de la acción coordinada de diferentes mecanismos biológicos, físicos y químicos.

Es así como llegamos al concepto de **potencial de acción**, lo que constituye una alteración del potencial de membrana de la neurona gracias a un mensaje que se transporta por el axón hasta los sectores terminales del mismo. Para que se genere un potencial de acción necesitamos que el estímulo recibido, a través de una corriente despolarizadora, alcance un valor **umbral**. Antes de llegar al valor umbral se genera un **período de latencia** que consiste en el tiempo que transcurre entre la aplicación del estímulo hasta que se desencadena el potencial de acción.

Si la **despolarización** alcanza este umbral se producirá una caída de la resistencia de la membrana al sodio, generando la **entrada de sodio a la neurona**. Inmediatamente después se genera una caída de la resistencia de membrana al potasio, generando también una **salida de potasio hacia el exterior de la neurona**.



Posteriormente, una vez llegado al punto más alto del potencial de acción (aproximadamente +40 mV) se genera el cierre de los canales de sodio (sin poder abrirse nuevamente hasta que la membrana alcance su estado de reposo otra vez). Con esto **no puede seguir entrando sodio a la célula**.

La neurona ahora se encuentra internamente llena de cargas positivas. Con esto el potasio es empujado hacia el exterior de la célula. Con esto el potencial de membrana comienza a recuperar sus condiciones normales. Así, los canales de potasio comienzan a cerrarse hasta que este ion ya **no puede seguir saliendo**.

Aquí llegamos al concepto de **hiperpolarización**. Esto significa que los iones potasio se encuentran acumulados en la zona exterior de la membrana, con lo cual el potencial de membrana se vuelve más negativo. De este modo, decimos que la neurona se encuentra hiperpolarizada. Luego de este proceso entra en acción la bomba Na/K, la que expulsa el sodio que se encontraba al interior de la neurona y recupera el potasio que se encontraba al exterior. La neurona se encuentra en condiciones de recibir un nuevo estímulo y de repetir los pasos anteriormente descritos.

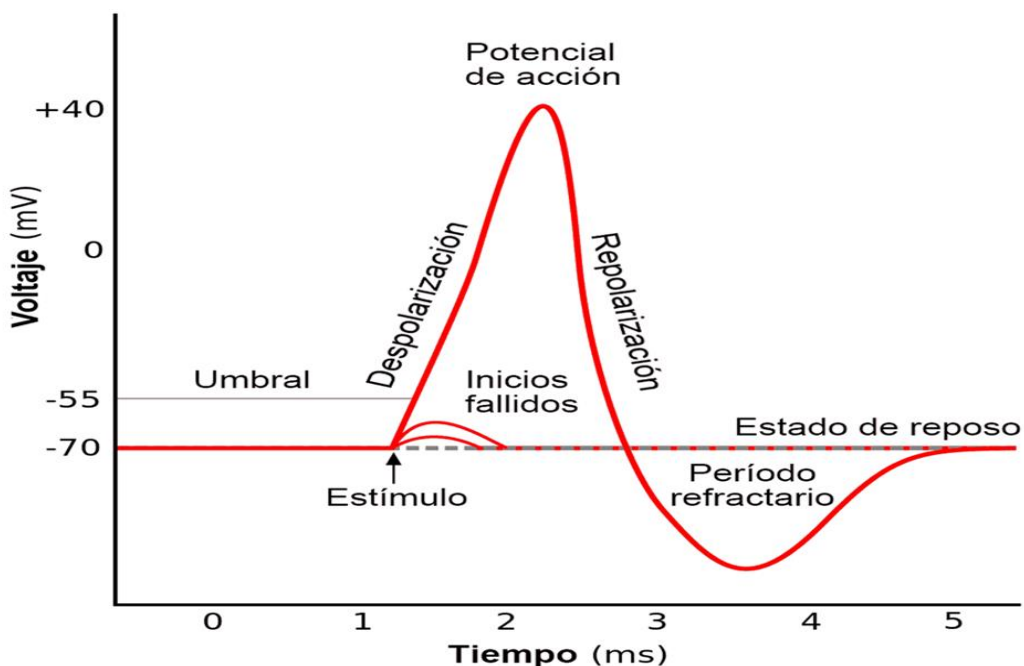
Junto con lo anterior surgen otros conceptos muy importantes, que son complementarios al concepto de potencial de acción:

- **Período Refractario:** Significa que la neurona no es capaz de responder ante un estímulo y, en consecuencia, no puede generar un nuevo potencial de acción.

El período refractario se establece después de generado un potencial de acción y puede ser de dos tipos:

- a) *Período Refractario Absoluto:* Los canales de sodio se encuentran inactivos. Por lo tanto, el transporte de sodio queda **inhibido**.
- b) *Período Refractario Relativo:* En este proceso los canales de sodio se reactivan poco a poco. Así, si se agrega un estímulo excitatorio de mayor intensidad que el inicial, los canales que se encontraban cerrados pueden entrar en acción y generan un nuevo potencial de acción.

El período refractario relativo finaliza después del estado de hiperpolarización, donde los canales de sodio se encuentran listos para iniciar un nuevo proceso de trabajo.

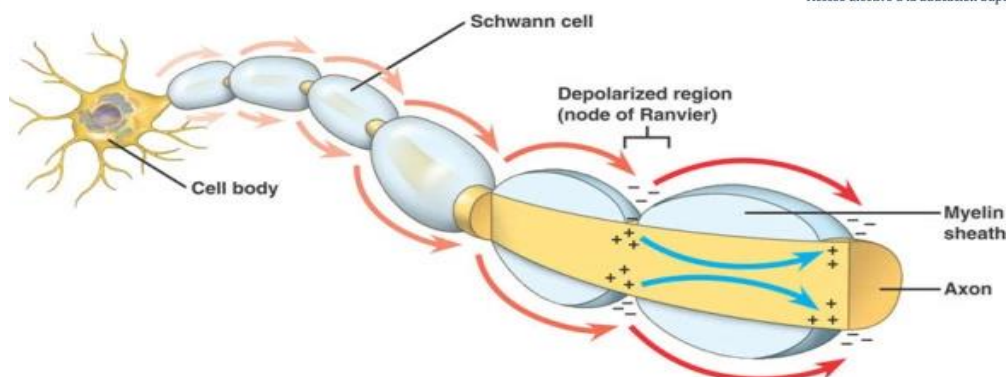


### ***Ley del Todo o Nada***

Significa que el potencial de acción puede o no puede generarse. Con esto, una vez que se desencadena, se transmite por todo el axón neuronal hasta su extremo conservando **el mismo tamaño**.

Si repasamos los conceptos de anatomía neuronal vistos anteriormente podremos ver que, en los animales vertebrados, como los seres humanos, por ejemplo, el axón de la neurona se encuentra **mielinizado**, rasgo que es muy útil a la hora de propagar el impulso nervioso rápidamente y a grandes distancias. Los espacios que se encuentran separando las cubiertas de mielina se llaman **nodos de Ranvier**. Estas estructuras contribuyen a la conducción saltatoria del impulso.





Cabe destacar que el único punto del axón donde puede existir intercambio iónico es en la zona donde se ubica un nodo de Ranvier.

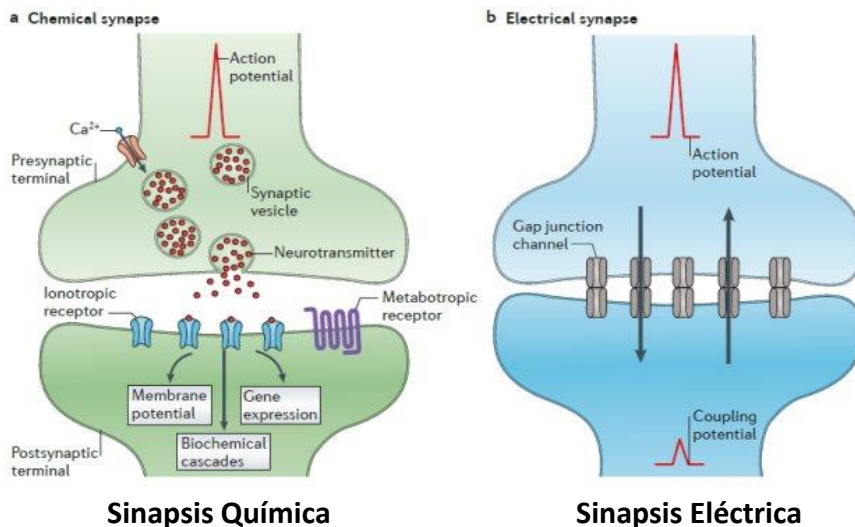
#### 4. Sinapsis y Neurotransmisores

Para que las redes neuronales funcionen de manera adecuada se debe establecer un proceso de comunicación efectivo y eficiente entre las diversas neuronas.

La sinapsis es una **estructura** que sirve para comunicar células nerviosas que interactúan entre sí. Y el proceso que se genera en dicha estructura se denomina **transmisión sináptica**.

Existen dos tipos de sinapsis: la **sinapsis eléctrica** y la **sinapsis química**. La sinapsis eléctrica, como su nombre lo indica, genera un contacto eléctrico entre las neuronas a través de uniones estrechas o *gap junctions* y elementos proteicos llamados *conexinas*. Por otra parte, la sinapsis química funciona a través de la acción de vesículas que poseen en su interior sustancias químicas específicas llamadas neurotransmisores, los que actuarán estimulando a la neurona vecina.

A continuación, se presentan imágenes que graficarán de mejor forma ambas estructuras:



De esta forma se pueden establecer comparaciones entre ambos tipos de sinapsis:

PUNTO DE COMPARACIÓN	SINAPSIS ELÉCTRICA	SINAPSIS QUÍMICA
Componentes estructurales	Canales en uniones íntimas	Vesículas y receptores
Agente de transmisión	Corriente iónica	Transmisor químico
Retraso de la sinapsis	Casi inexistente (más rápida)	De 0.3 a 1.5 mseg (más lenta)
Sentido de la transmisión	Bidireccional	Unidireccional

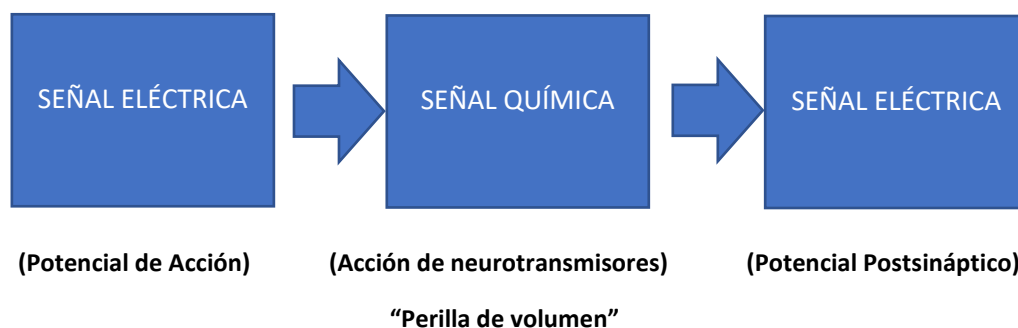
Para el estudio del sistema nervioso humano nos centraremos en la sinapsis química, la cual profundizaremos.

La sinapsis posee tres componentes básicos:

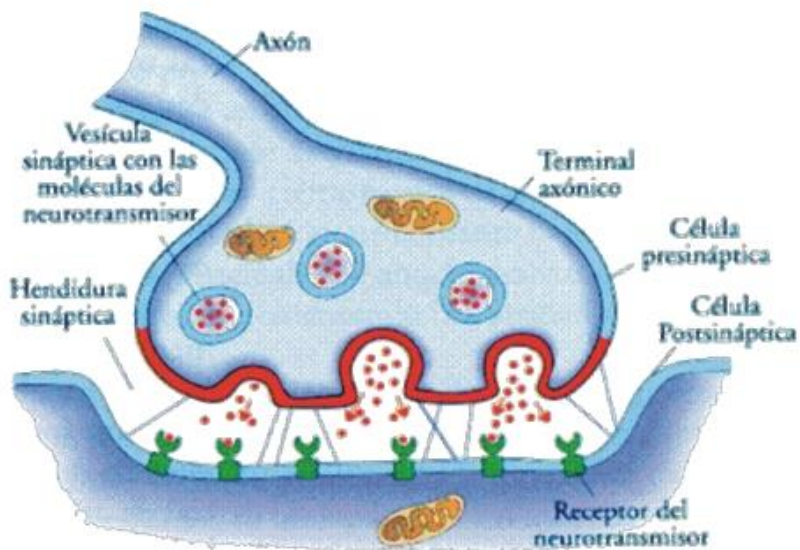
- a) Terminal presináptico
- b) Espacio sináptico (entre el terminal presináptico y la especialización postsináptica).
- c) Especialización postsináptica (que puede ser un músculo, una glándula u otra neurona).

### ¿Cómo opera una sinapsis? El fenómeno de la “Perilla de Volumen”

El proceso de transmisión sináptica consiste en una serie de etapas sucesivas a través de la interacción de una serie de señales:



La transmisión sináptica requiere la acción sincronizada de muchos elementos:



[www.biologiacelularb.com.ar](http://www.biologiacelularb.com.ar)

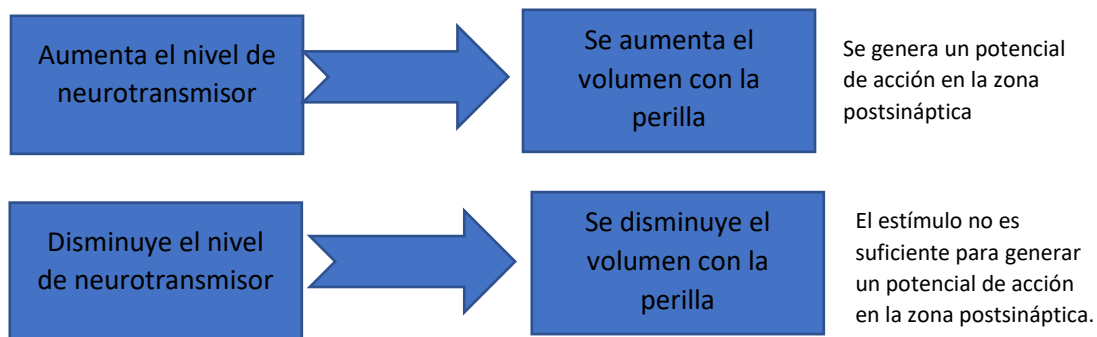
El potencial de acción generado en la neurona presináptica genera la apertura de canales de calcio en el terminal axónico. En este caso, el canal de calcio se activa por voltaje. Gracias a este proceso, el calcio generará la fusión de las

vesículas que contienen el neurotransmisor con la membrana del terminal axónico, con lo cual éste se liberará al espacio sináptico.

Con esto se activarán los receptores del neurotransmisor (representados en verde en el dibujo y en el esquema con la “señal química- perilla de volumen”) en la especialización postsináptica, lugar donde se encuentran canales activados por ligandos. Una vez ocurrido este proceso puede ocurrir lo siguiente:

1. Que la concentración del neurotransmisor sea lo suficientemente alta como para generar un nuevo potencial de acción en la especialización postsináptica o
2. Que la concentración del neurotransmisor no sea determinante en la generación de un potencial de acción en la especialización postsináptica.
3. Que el neurotransmisor pueda ser reciclado para su uso en una nueva transmisión sináptica.
4. Que diversos tipos de enzimas puedan inactivar o metabolizar al neurotransmisor.

Con esto se explica que la neurotransmisión opera como si tuviésemos una radio a la cual le bajamos o subimos el volumen con una perilla. La acción del neurotransmisor, en forma de señal química, se puede modificar de tal forma de que las concentraciones del neurotransmisor pueden o no gatillar un potencial de acción en la especialización postsináptica. Graficamos esto con el siguiente esquema:





Tal como se señaló anteriormente los neurotransmisores son sustancias químicas pequeñas que deben cumplir los siguientes criterios para ser catalogados como tales:

- 1) Deben ser sintetizados en la neurona presináptica.
- 2) Deben ser sensibles a calcio (para que puedan generar un efecto en la especialización postsináptica).
- 3) Deben causar un efecto en la membrana postsináptica.
- 4) El efecto causado debe ser temporal.

Los neurotransmisores pueden ser de dos tipos:

- a) Clásicos: GABA, Dopamina, glutamato, entre muchos otros.
- b) Péptidos: Encefalinas, colecistoquininas

Los neurotransmisores definen la identidad de la neurona. En base a esto se habla de **circuitos**. Por ejemplo, una neurona que libera glutamato se llamará neurona glutamatérgica, otra neurona que libere acetilcolina se llamará neurona colinérgica. Asimismo, los circuitos neuronales tomarán los nombres de las sustancias liberadas (por ejemplo, circuitos dopaminérgicos son especializados en la liberación de dopamina, los circuitos adrenérgicos son especializados en la liberación de adrenalina).

Una vez que se han usado los diferentes neurotransmisores en un circuito neuronal deben dejar de actuar. Para ello pueden ocurrir tres eventos:

- 1) Que el neurotransmisor sea degradado por diversas enzimas en el espacio sináptico.
- 2) Que el neurotransmisor sea recaptado por un transportador específico.
- 3) Que el neurotransmisor difunda en el espacio sináptico.

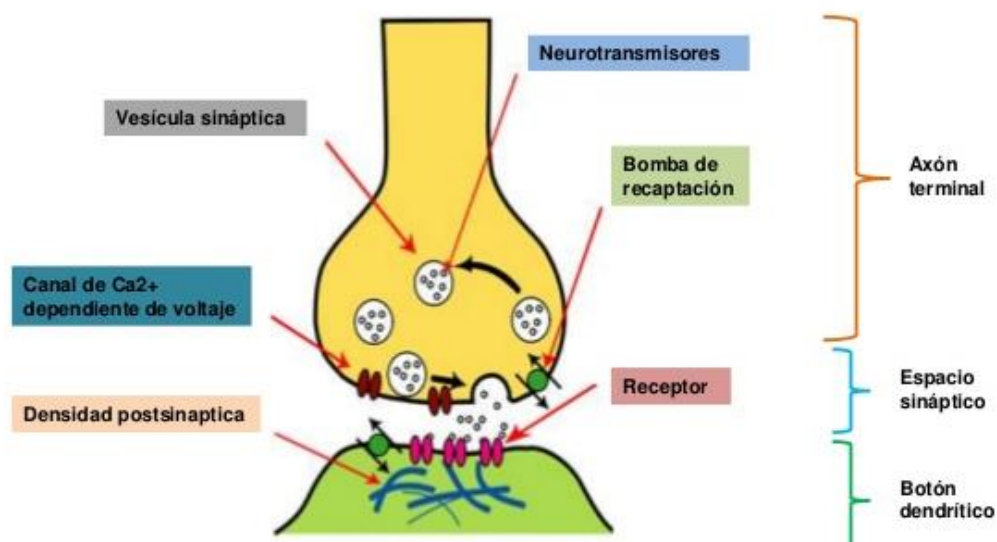
*¿Qué ocurre en el compartimiento postsináptico?*

Tal como señalamos anteriormente, en él se encuentran los diversos receptores, los que se encuentran en la membrana postsináptica y que son opuestos a los sectores de liberación.

En base a este criterio, los receptores pueden ser de tres tipos:

- a) Receptores Sinápticos
- b) Receptores Perisinápticos
- c) Receptores Extrasinápticos

Estos receptores se encuentran anclados en un sector muy específico y enriquecido en elementos proteicos llamado **densidad postsináptica**:



Este sector de la especialización postsináptica es específico para la señalización y el anclaje de los diferentes receptores.

Los receptores de neurotransmisores se clasifican en dos grandes grupos:

- a) **Receptores Ionotrópicos**: Encargados de la movilización de iones. Son de acción rápida y muy selectivos. Su funcionamiento depende del potencial de membrana y la corriente que circule por el circuito. Se encuentran en la densidad postsináptica.
- b) **Receptores Metabotrópicos**: Encargados de la movilización de metabolitos. Son de acción lenta, pero son capaces de trabajar por un tiempo más largo. Un mismo receptor metabotrópico puede activar

muchos canales iónicos. Son de tipo modulador y se encuentran en la periferia de la unión sináptica.

Existen muchos neurotransmisores y con diferentes funciones. A grandes rasgos y, de acuerdo a la función que desempeñan, pueden ser de tipo **inhibitorio** o **excitatorio**. Un neurotransmisor excitatorio cumple una función de tipo estimuladora en la región postsináptica, mientras un neurotransmisor inhibitorio actúa disminuyendo la estimulación en la región postsináptica. Aquí se detallan los más comunes, los que se encuentran en variadas zonas del sistema nervioso:

NOMBRE	UBICACIÓN	EFEECTO	FUNCIÓN
Acetilcolina	Cerebro, médula espinal, sistema nervioso periférico	Excitatorio en el cerebro, inhibitorio en otros sectores.	Movimiento muscular y funcionamiento cognitivo.
Glutamato	Cerebro y médula espinal	Excitatorio	Aprendizaje y memoria.
GABA (Ácido Gammaaminobutírico)	Cerebro y médula espinal	Principalmente inhibitorio	Sueño y alimentación.
Dopamina	Cerebro	Inhibitorio y excitatorio	Trastornos musculares, mentales y enfermedad de Parkinson.
Serotonina	Cerebro y médula espinal	Inhibitorio	Sueño, estados de ánimo, episodios depresivos.
Endorfinas	Cerebro y médula espinal	Inhibitorio, a excepción del hipocampo	Supresión del dolor, sentimientos placenteros.



## 5. Efectos de algunos psicotrópicos en el trabajo de los neurotransmisores:

Los psicotrópicos son sustancias farmacológicas que actúan sobre el sistema nervioso central, generando cambios temporales y pasajeros en el estado de ánimo, la percepción y el comportamiento.

Los hay de diferentes tipos, entre los cuales se mencionan los siguientes:

- a. Antipsicóticos
- b. Antidepresivos
- c. Antimaníacos
- d. Ansiolíticos
- e. Sedantes e hipnóticos

Centraremos nuestro análisis en los fármacos antidepresivos, los cuales son bastante usados por la población que padece episodios depresivos. En este punto es importante señalar que se producen importantes alteraciones en el trabajo de los neurotransmisores implicados en los estados del ánimo, puntualmente en la serotonina.

Las diferentes teorías han implicado la posibilidad de distinguir entre depresiones noradrenérgicas y serotoninérgicas de acuerdo a los síntomas predominantes. A continuación, se exponen estas diferencias:

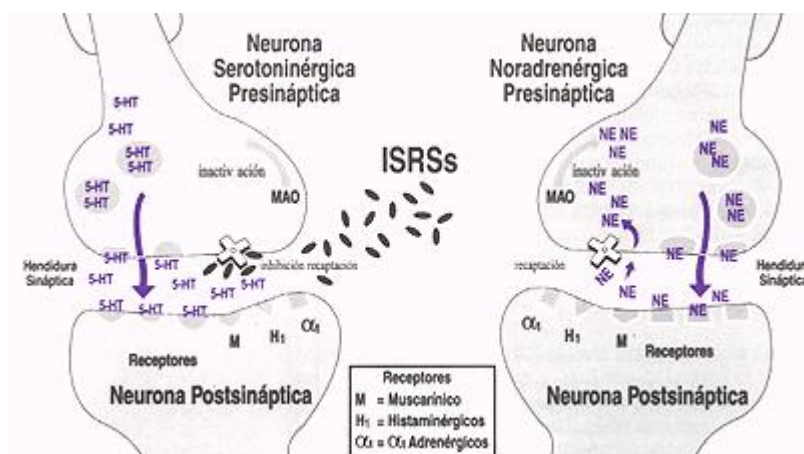
Depresión por déficit de Serotonina	Depresión por déficit en Noradrenalina
<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Ánimo deprimido</li><li>✓ Ansiedad</li><li>✓ Pánico</li><li>✓ Fobia</li><li>✓ Obsesiones y compulsiones</li><li>✓ Ansias de comer y bulimia</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Ánimo deprimido</li><li>✓ Problemas de concentración</li><li>✓ Alteraciones en memoria de trabajo</li><li>✓ Lentitud en el procesamiento de la información</li><li>✓ Debilitamiento de la atención</li><li>✓ Retraso psicomotor</li><li>✓ Fatiga</li></ul>



En condiciones patológicas, como en los ejemplos anteriormente citados y, específicamente en el episodio depresivo por déficit de serotonina, se produce un desbalance en el trabajo de este neurotransmisor. Se produce una falta de acción de éste y, por ende, el individuo es susceptible de desarrollar los síntomas que se describen.

Se ha planteado que la acción de los antidepresivos utilizados para tratar los tipos de depresión anteriormente citados no se liga directamente al aumento de un neurotransmisor específico, sino que a la regulación de sus receptores postsinápticos (lo que explica la tardanza de sus efectos terapéuticos), al resultado de modificaciones en la expresión génica y al incremento de la síntesis de diferentes proteínas.

De acuerdo a esto el mecanismo de acción de los antidepresivos más común consiste esencialmente en la inhibición de la recaptación de neurotransmisores como la noradrenalina, la serotonina o la dopamina (del grupo de las monoaminas). Se expone a continuación el mecanismo específico para el neurotransmisor serotonina:



Niveles normales de serotonina generan sensación de felicidad y bienestar. En la depresión se produce un déficit de este neurotransmisor, el cual se combate con un inhibidor selectivo de la recaptación de la serotonina (ISRS), el cual bloquea su recaptación, generando un aumento de las concentraciones de este neurotransmisor en la hendidura sináptica y, con ello, aumentando la actividad de la neurona postsináptica.



### **CUESTIONARIO:**

1. ¿Por qué es tan importante conocer el cerebro humano? Relaciónelo con la carrera que se encuentra estudiando.
2. ¿Por qué cada cerebro aprende de modo diferente?
3. ¿Qué rol juegan las emociones en el proceso de aprendizaje del ser humano?
4. ¿Qué quiere decir la afirmación “*sin conducta no hay sistema nervioso*”?
5. Mencione y describa las partes de una neurona.
6. Refiérase brevemente a las células gliales y la importancia que cada una de ellas posee en el funcionamiento del sistema nervioso.
7. Desarrolle la siguiente afirmación: “*Una neurona es una célula excitable*”.
8. ¿Cuál es el rol de los canales iónicos en la membrana celular? Describa el proceso biofísico que se lleva a cabo en ellos.
9. Defina los siguientes conceptos:
  - a) Potencial de Reposo
  - b) Despolarización neuronal
  - c) Hiperpolarización neuronal
  - d) Potencial de Acción
  - e) Período Refractario (Absoluto y Relativo)
  - f) Fenómeno de “Conducción Saltatoria”
10. ¿Cuál es el papel de la mielina en la conducción del impulso nervioso?
11. Desarrolle el concepto “Ley del Todo o Nada”.
12. ¿Qué es una sinapsis? Establezca las diferencias entre una sinapsis química y una sinapsis eléctrica.
13. ¿Cuál es la diferencia entre sinapsis y transmisión sináptica? Describa el proceso que se desarrolla en esto último.
14. ¿Qué es un neurotransmisor? Refiérase a las condiciones que una sustancia debe reunir para ser considerada como tal.
15. Refiérase al papel de los canales de calcio en el proceso de liberación de los neurotransmisores.



16. ¿Por qué se dice que los neurotransmisores definen la identidad de una neurona?
17. Explique el fenómeno de la “Perilla de Volumen” en el proceso de transmisión sináptica.
18. ¿Qué puede ocurrir después de que un neurotransmisor ha sido utilizado?
19. ¿Cuál es la diferencia entre un receptor ionotrópico y un receptor metabotrópico?
20. Mencione un neurotransmisor inhibitorio y un neurotransmisor excitatorio, junto con su ubicación y función en el sistema nervioso.
21. ¿Cómo actúan los antidepresivos en el funcionamiento del neurotransmisor serotonina? Desarrolle.