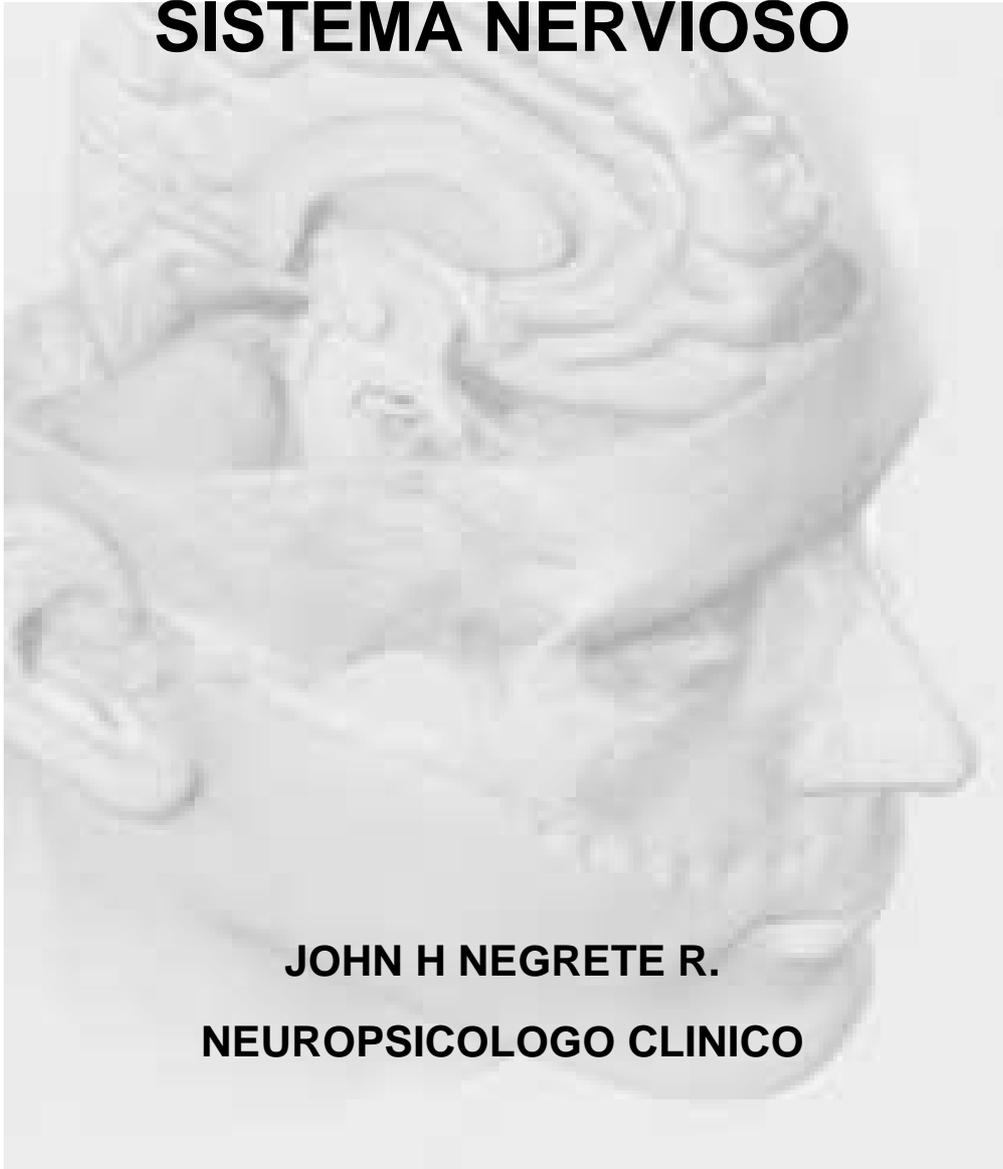


**John H Negrete Ramos**  
**Neuropsicología Clínica**

# **ANATOMIA Y FISIOLOGIA DEL SISTEMA NERVIOSO**



**JOHN H NEGRETE R.**  
**NEUROPSICOLOGO CLINICO**

## **INDICE**

A) Organización y estructura del Sistema Nervioso	
1) Organización estructura del Sistema Nervioso.....	4
2) Las Células del Sistema Nervioso y su Biología.....	5
3) Las Comunicación en el Sistema Nerviosos.....	6
4) Los Sistemas Sensoriales.....	7
5) Los Sistemas Motores.....	8
6) Funciones Superiores.....	8
7) El Sistema Nervioso y las conductas.....	8
8) Bases de la Organización Anatómica.....	9
9) Evolución de la Neurona.....	10
10) Tipos de Neuronas.....	10
11) El Tejido Nervioso.....	11
12) Los Circuitos Neuronales.....	13
13) Organización funcional del Sistema Nervioso.....	14
14) Organización Anatómica del Sistema Nervioso.....	15

15) Cara Lateral y Superior del Hemisferio.....	17
16) Cara Basal o Ventral del Cerebro.....	18
17) Estructura de la Corteza Cerebral.....	20
18) Sistema Motor Somático.....	20
19) Sistema Sensorial Somático.....	22
20) Sistema Nervioso Autonomo.....	23
21) Sistema Simpático Adrenal.....	24
22) Sistema Nervioso Enterico.....	24
23) Los Espacios Cerebrales y el Liquido Cefalo-raquideo.....	25
24) La Evolución del Sistema Nervioso.....	26
25) Desarrollo del Sistema Nervioso.....	27

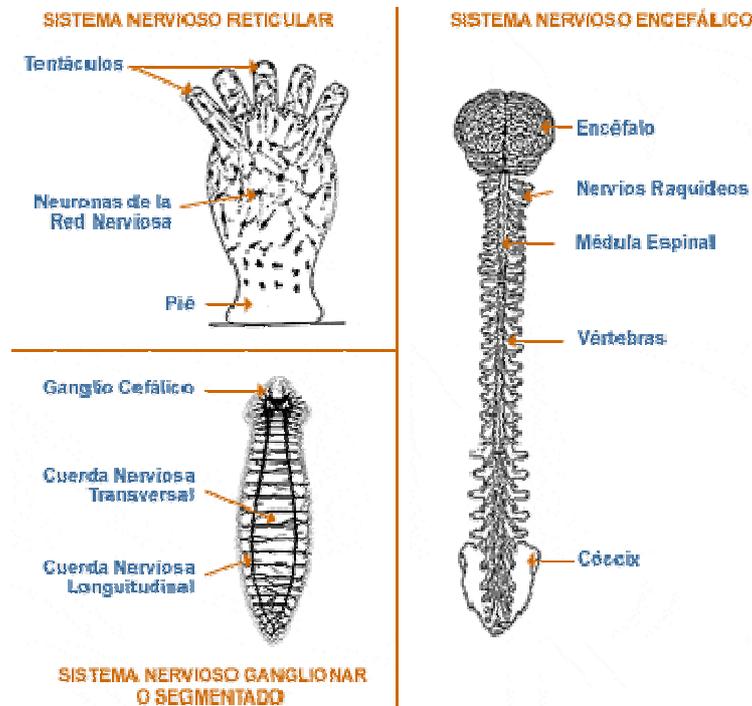
## **B) Funciones Superiores**

1) La Mente.....	27
2) Percepción Visual.....	28
3) Bases Neuronales de la Percepción Visual.....	29
4) Percepción del movimiento.....	31

5) El Movimiento de la Cabeza y de los Ojos.....	
31	
6) Visión Tridimensional.....	
32	
7) Percepción de Formas.....	
34	
8) La Atención.....	
34	
9) Bases de la Atención.....	
35	
10) Reconocimiento del Color “los Fotorreceptores”.....	
36	
11) Procesamiento del Color en la Vía Visual.....	
37	
12) Aprendizaje y Memoria.....	
37	
13) Aprendizaje No Asociativo.....	
38	
14) Aprendizaje por Condicionamiento clasico.....	
39	
15) Características del Condicionamiento.....	
39	
16) La Memoria.....	
40	
17) Bases Neuronales de la Memoria o Neurobiología de la Memoria.....	41
18) Memoria y Plasticidad.....	
42	
19) Organización Neuronal del Hipocampo.....	
44	
20) La LTT y la LTD.....	
45	
21) Bases Celulares del Aprendizaje Experimental.....	
47	

22) Especialización Hemisferica.....	
48	
23) Método de Estudio de la Especialización.....	
49	
24) Diferencia Anatómica entre los Hemisferios.....	
50	
25 )Habilidades Visuales y Hemisferios.....	50
26) El Lenguaje y los Hemisferios.....	
52	
Conclusiones Personales.....	
54	

## 1) ORGANIZACIÓN Y ESTRUCTURA DEL SISTEMA NERVIOSO



El sistema nervioso es el órgano de:

- La información: la recibe, la procesa y la genera.
- La conducta, que depende de las llamadas funciones superiores de ese sistema.

El sistema nervioso está formado por células muy especializadas:

- **Neuronas** y **Células gliales**, las que constituyen el **tejido nervioso**.
- En el tejido nervioso se organizan vías nerviosas, **nervios** y **tractos**, y estructuras nerviosas, como los **núcleos** y **ganglios** o **capas** o láminas de células nerviosas, formados por la acumulación de neuronas.

A pesar de que hay animales que carecen de sistema nervioso (las **esponjas**), la mayoría de ellos lo presentan. Podemos distinguir tres modelos básicos de sistemas nerviosos:

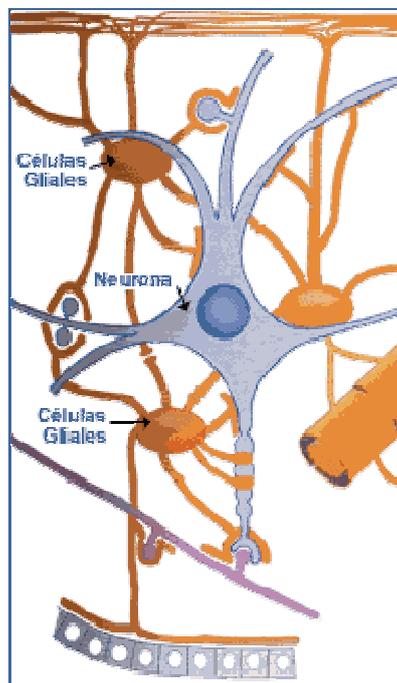
- Reticular
- Ganglionar o segmentado
- Encefálico, propio de los vertebrados.

El **sistema reticular** se presenta en animales simples como los cnidarios (hidras, anémonas de mar, corales, medusas) como una **red nerviosa** ubicada en el cuerpo del animal y a través de la cual fluye la información que se genera por aplicar un estímulo en cualquier punto del cuerpo del animal.

El **sistema ganglionar** se presenta en animales de cuerpo alargado y segmentado (lombrices, artrópodos). Los cuerpos neuronales se agrupan (**centralización**) formando ganglios que se ubican, por pares, en los segmentos. Los ganglios se comunican entre sí por **haces** de axones y hacia el extremo cefálico del cuerpo constituyen un **cerebro primitivo**.

El **sistema encefálico** es más complejo y está representado por un **encéfalo** (cerebro, cerebelo y médula oblongada) encerrado en una estructura ósea (**cráneo**) y por un órgano alargado, la **médula espinal**, encerrada en la **columna vertebral**. Al encéfalo y a la médula espinal la información entra y/o sale a través de los nervios llamados pares craneanos y nervios raquídeos, respectivamente.

## 2) LAS CELULAS DEL SISTEMA NERVIOSO Y SU BIOLOGIA



Dos tipos de células se encuentran en el sistema nervioso:

- **Las neuronas:**
  - Son las más características y más estudiadas por la relación de sus propiedades con las funciones del sistema nervioso.
  - Existen en enorme número  $100\ 000 \times 10^6$ , 100 billones.
  - Funcionalmente **polarizadas**. Esto es, reciben información por uno de sus extremos, **dendrítico** y la entregan por otro, extremo **axónico**.
  - Tienen una enorme capacidad de comunicarse con otras células, especialmente con otras neuronas.
  - Una neurona está compuesta por:
    - Las dendritas
    - El cuerpo celular o soma
    - El axón
  - Las dendritas y el axón constituyen los procesos neuronales.

- Las dendritas nacen del soma o cuerpo neuronal y pueden ser muy abundantes y ramificadas. Son las que reciben la información.
  - El axón nace del soma, en la región del montículo axónico, que se continúa con el segmento inicial del axón que es donde se generan los potenciales de acción.
  - Un potencial de acción es una señal de electricidad negativa que viaja por el axón a una velocidad variable, según el tipo de axón, hasta alcanzar la región terminal donde induce liberación de una señal o mensaje químico, el neurotransmisor.
  - Los axones pueden ser muy cortos o alcanzar longitudes de más de un metro.
  - En algunas regiones, el axón emite una "colateral" (una ramificación) que va a inervar una neurona vecina (por, ejemplo la interneurona de Renshaw) o vuelve a la región del soma, colateral recurrente.
- **Las células gliales:**
    - Son 10-50 veces más numerosas que las neuronas y las rodean.
    - Presentan ramificaciones, a veces muy escasas, y cortas que se unen a un cuerpo pequeño.
    - Aunque no se las considera esenciales para el procesamiento y conducción de la información se les atribuye funciones muy importantes para el trabajo neuronal:
      - Soporte mecánico y aislamiento de las neuronas.
      - Ellas aíslan el axón, sin impedir el proceso de autogeneración del potencial de acción, con lo que se logra acelerar la velocidad de propagación de esta señal.
      - Mantienen la constancia del microambiente neuronal, eliminando exceso de neurotransmisores y/o de sus metabolitos y de iones
      - Guían el desarrollo de las neuronas y parecen cumplir funciones nutritivas para este tipo de células.

### **3) LA COMUNICACIÓN EN EL SISTEMA NERVIOSO**

La información generada en un receptor sensorial, por ejemplo la fibra intrafusar de un músculo esquelético, viaja por axones sensoriales hasta los centros nerviosos, a los cuales accede a través de la médula espinal. En este recorrido la vía para cada sistema sensorial es específica, cruzada y pasa por diferentes neuronas (relevos) ascendiendo hasta alcanzar centros nerviosos, también específicos. Si estos se ubican en la corteza cerebral, la información genera el proceso de **percepción**.

En el ejemplo del esquema, la información entra al sistema nervioso por la médula espinal a través de la raíz posterior de los nervios raquídeos u espinales. Para otros sistemas sensoriales, lo hace por nervios craneanos (pares craneanos). Las vías que llevan información al sistema nervioso son centrípetas.

En el sistema nervioso también se genera información. Tal es el caso de los programas motores que se originan en la corteza cerebral y que descienden por vías neuronales, también específicas y cruzadas hasta la médula espinal donde alcanzan a las motoneuronas espinales.

Los axones de esas neuronas abandonan el sistema nervioso por la raíz anterior de los nervios raquídeos o por los pares craneanos para hacer llegar la información hasta los efectores a los cuales controlan. Si estos son músculos esqueléticos se generan movimientos. Estas vías son centrífugas.

Como se observa en el esquema la información sensorial y la motora fluyen por vías paralelas, específicas que pueden interactuar en algunos tramos pero que no se mezclan.

También la información fluye en el sistema nervioso en circuitos circulares (loops). Al activar la corteza cerebral, los axones de sus células piramidales llevan información hasta los ganglios basales, por ejemplo cuerpo estriado. Desde aquí parte de esa información es proyectada al tálamo y desde allí, nuevamente hacia la corteza cerebral.

#### **4) LOS SISTEMAS SENSORIALES**

La piel es un órgano sensorial muy importante ya que en ella se encuentran importantes receptores sensoriales. La estructura de esos órganos es muy simple. Se trata de terminales nerviosos libres o encapsulados.

Los **receptores sensoriales** son los órganos capaces de captar los **estímulos del medio ambiente** (órganos de los sentidos) y del **medio interno** (receptores viscerales), ambos procesos esenciales para la **adaptación** y funcionamiento de los organismos. En los receptores sensoriales la energía del estímulo se transforma en el lenguaje informático del organismo.

Estímulos ambientales de distinto tipo inducen en los receptores sensoriales ubicados en la cabeza y en la piel, la generación de señales eléctricas que viaja por vías específicas hasta centros nerviosos también específicos donde se generan sensaciones particulares. Normalmente tenemos conciencia de este tipo de información. El substrato anatómico sobre el cual viaja cada tipo particular de información hasta su centro nervioso representa un **sistema sensorial**.

Del mismo modo, estímulos del medio interno actúan sobre sistemas sensoriales específicos, pero la información que transportan, al actuar sobre los centros que les corresponden, no siempre generan sensaciones. La conciencia que tenemos de este tipo de información es limitada.

#### **5) LOS SISTEMAS MOTORES**

Están formados por redes neuronales que se organizan en circuitos en paralelo y en loop en los cuales se generan los programas motores que inician, mantienen y regulan los movimientos básicos de las diferentes conductas.

La **actividad motora voluntaria** inicia en neuronas que se encuentran en la corteza cerebral u cuyos axones descienden hasta la médula espinal donde activan a las motoneuronas que inervan a los músculos esqueléticos. Este tipo de actividad es planificada para alcanzar determinados objetivos.

El sistema es cruzado e involucra la participación de otros órganos como el **cerebelo** y los **ganglios basales** que participan en la regulación de los movimientos resultantes. Esta regulación es posible por circuitos en loop que se forman entre estos órganos y la corteza cerebral y por la información sensorial que se genera en los propios efectores, como resultado del movimiento.

La **actividad motora involuntaria** (automática) descansa en un sistema que también usa a las motoneuronas espinales pero que esta vez son activadas por estímulos que vienen directamente de receptores sensoriales. En respuesta a esa información las motoneuronas excitan los efectores (glándulas y/o músculos) generándose así respuestas básicas, automáticas.

## **6) FUNCIONES SUPERIORES**

Además de las funciones sensoriales y motoras del sistema nervioso hay otras capacidades funcionales de este sistema como el aprendizaje, la memoria, las conductas emocionales, las motivaciones, los matices de percepción, el lenguaje, la capacidad de planificar, el pensamiento abstracto, etc. que se enmarcan en las llamadas **funciones superiores** del sistema nervioso.

Estructuralmente se asocian con las **cortezas de asociación** y con las regiones prefrontal, parietal, temporal y límbica.

El estudio de esas funciones involucra el estudio de los circuitos entre esas regiones.

Sin embargo, parte importante del conocimiento sobre esas funciones ha derivado de estudios de pacientes con lesiones en esas áreas o con déficit de algunas de esas funciones (fallas del lenguaje o de la memoria).

## **7) EL SISTEMA NERVIOSOS Y LAS CONDUCTAS**

En la actualidad está bien fundamentada la relación que existe entre las conductas o comportamientos y las funciones cerebrales, de las cuales se consideran su reflejo.

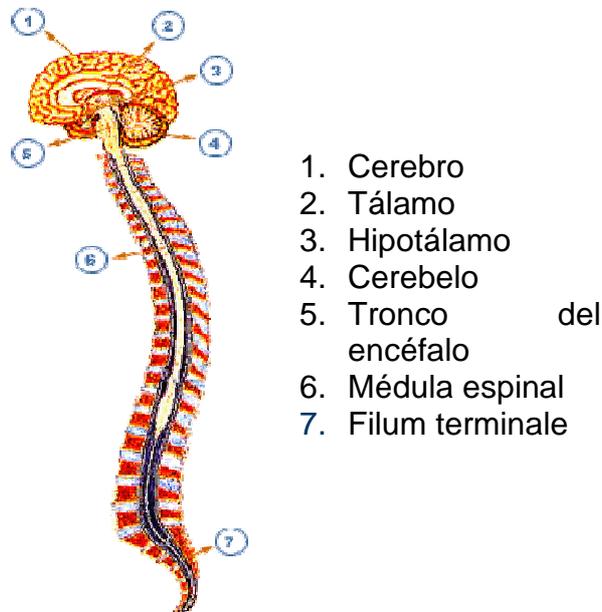
Igualmente ha sido posible establecer una clara relación entre diversos tipos de neuronas y una amplia gama de conductas.

Por otro lado, también esta claro que la conducta de un sujeto y los estímulos ambientales modifican el funcionamiento de las neuronas.

Esta relación neurona-conducta es específica ya que determinados tipos de grupos de neuronas sólo se involucran con determinados comportamientos. Sin

embargo, por las interconexiones que existen entre diversas regiones cerebrales, en las conductas pueden participar diversos tipos de regiones nerviosas.

## 8) BASES DE LA ORGANIZACIÓN ANATÓMICA DEL SISTEMA NERVIOSO



El sistema nervioso central se organiza en relación a dos ejes principales: el **rostro-caudal** y el **dorso ventral**.

En el sistema nervioso central se distinguen las siguientes regiones principales:

- La médula espinal
- El tronco cerebral (médula oblongada, el puente y el cerebro medio)
- El cerebelo
- El diencéfalo o intercerebro
- Los hemisferios cerebrales.

La entrada o salida de información se hace fundamentalmente por la médula espinal a través de los nervios espinales (pares raquídeos) y a través de los nervios craneanos (pares craneanos).

La información sensorial alcanza hasta la corteza cerebral del hemisferio **contralateral** y los programas motores se originan desde un hemisferios para alcanzar a las motoneuronas espinales contralaterales.

Además de esos sistemas motores y sensoriales se define otro sistema, el **motivacional** o límbico donde los otros sistemas interactúan.

En los tres sistemas mencionados se cumplen los siguientes principios:

- hay relevo sináptico
- cada sistema esta formado por vías diferentes que constituyen subsistemas
- existe una organización topográfica en cada sistema
- hay cruce de las vías sensoriales y motoras.

## 9) EVOLUCION DE LA NEURONA

Tratando de entender cómo habrían aparecido las neuronas como células diferenciadas en los organismos que aún no presentaban sistema nervioso, se han propuesto algunas hipótesis que se resumen en el siguiente planteamiento.

En esos animales, a partir de células de sus epitelios ectodérmicos, algunas de ellas se habrían especializado en el manejo de la información que recibían esos organismos, sobre todo desde el exterior. Esas células se alargaron y por un lado mantuvieron contacto con el epitelio y con su medio ambiente y, por el otro, con el tejido contractil.

En esa evolución esas células se habrían transformado, primero en una célula neurosensorial y luego en sensorial, tipo de célula que podría considerarse como una preneurona. La célula sensorial habría evolucionado desarrollando su parte dendrítica, en contacto con el epitelio. Células de ese epitelio, probablemente bajo la influencia de esa relación se habrían transformado en receptores sensoriales, que habrían quedado en contacto directo con el exterior.

Parte de las células sensoriales que quedaron en contacto con los músculos probablemente evolucionaron como motoneuronas. Las que quedaron en contacto con el receptor evolucionaron como las sensoriales del tipo que se encuentran en los actuales receptores.

Entre las neuronas sensoriales y las motoneuronas aparecieron interneuronas, configurándose así la organización de un centro nervioso primitivo.

## 10) TIPOS DE NEURONAS

Desde las primeras descripciones de la organización celular del tejido nervioso (Cajal) se distinguieron neuronas de **axón corto** y neuronas de **axón largo**. Las primeras, que inervan regiones vecinas corresponden a las actuales **interneuronas**. Las segundas que comunican regiones separadas y alejadas dentro del tejido nervioso y del organismo ahora se denominan **neuronas de proyección**.

Los criterios que han predominado para clasificar a las neuronas son, el número de sus proyecciones, la forma de cuerpo, su función.

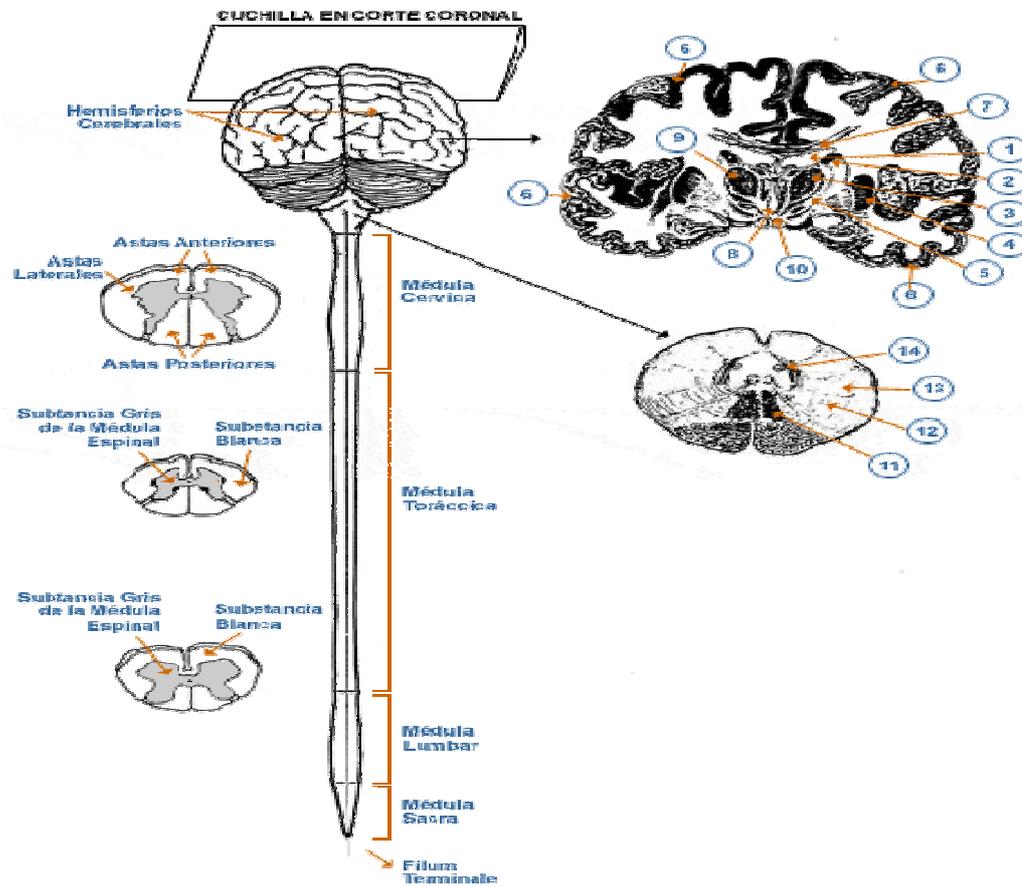
Según el número de procesos neuronales que se originan del soma se distinguen:

- Neuronas unipolares: en invertebrados
- Neuronas pseudounipolares: en el ganglio sensitivo de la raíz dorsal
- Neurona bipolares: en la retina
- Neurona multipolares: motoneuronas espinales, células piramidales del hipocampo, células de Purkinje del cerebelo.

Según la forma del cuerpo neuronal:

- Piramidales: en la corteza cerebral
- Fusiformes (en forma de huso): en la sustancia gelatinosa
- Ovoides
- Doble piramidal: cuerno de Ammon.

## 11) EL TEJIDO NERVIOSO



- |                       |                                   |
|-----------------------|-----------------------------------|
| 1. Ventrículo lateral | 8. Tercer ventrículo              |
| 2. Núcleo caudado     | 9. Tálamo                         |
| 3. Putamen            | 10. Hipotálamo                    |
| 4. Globus pallidus    | 11. Lemnisco medial               |
| 5. Cápsula interna    | 12. Formación reticular           |
| 6. Corteza cerebral   | 13. Núcleo del trigémino (5º par) |
| 7. Cuerpo calloso     | 14. Núcleo del tracto solitario   |

Las neuronas y las células gliales forman el tejido nervioso. Pero fundamentalmente, es la distribución de las neuronas lo que determina la existencia de dos formas principales de tejido nervioso: La **substancia blanca** y la **substancia gris**. La primera esta formada principalmente por **axones** mientras que la segunda se forma por la agrupación de **cuerpos neuronales**, formando núcleos o ganglios y capas o columnas de neuronas.

En las diferentes regiones del sistema nervioso la distribución de esos subtipos de tejidos determina complejas relaciones anatómicas.

Al examinar un cerebro intacto se aprecia que la substancia gris está constituyendo una envoltura de alrededor de 5 mm de grosor, la **corteza cerebral**. Esta es muy accidentada ya que presenta numerosos pliegues y surcos.

Si hacemos un **corte coronal** que pase por el tallo hipofisiario, se observa que la substancia gris envuelve cada hemisferio cerebral encerrando a la substancia blanca la cual, sin embargo, rodea a diferentes núcleos que se ubican al interior de cada hemisferio: tálamo, ganglios basales, núcleos hipotalámicos.

Si observamos el borde superior en cada hemisferio, encontramos que la envoltura de substancia gris también penetra en la cara interna del hemisferio y enfrenta entonces a la del hemisferio opuesto. Ambas caras internas están separadas por la **cisura interhemisférica**.

Si descendemos un poco, hasta la altura del tronco cerebral y practicamos un **corte transversal**, encontramos que la distribución del tejido nervioso cambia. Ahora la substancia gris se encuentra en el interior rodeada de substancia blanca.

Si descendemos más aun, hasta la médula espinal, y practicamos cortes transversales a diferentes alturas, encontramos que la substancia gris se organiza como una estructura bien definida, en forma de letra **H**, ubicada en el centro y rodeada casi completamente de substancia blanca.

La sustancia gris, en los cortes de la médula, presenta dos expansiones anteriores o **astas anteriores** y dos posteriores o **astas posteriores**. Las astas anteriores representan la vía de salida (motora) del sistema nervioso. Las astas posteriores representa la vía de entrada.

En los tres niveles indicados podemos conocer con mayor detalle la organización del tejido nervioso respectivo.

## **12) LOS CIRCUITOS NEURONALES**

Los circuitos neuronales representan el substrato anatómico en el que se realizan todas las funciones del sistema nervioso.

Existen diferentes tipos de circuitos neuronales: sensoriales, motores, cognitivos, de regulación de modulación. Cada tipo de circuito presenta características propias, particulares, que dependen de las propiedades de las neuronas que los forman y de las sinapsis (puntos de contactos entre las neuronas) que ellas forman.

Los circuitos neuronales están constituidos por **neuronas de proyección** y por **interneuronas**.

Las neuronas de proyección permiten la comunicación entre las distintas estructuras que se involucran en cada circuito.

En los circuitos sensoriales se encuentran los receptores sensoriales, las neuronas de proyección que son **aférentes** (van hacia el sistema nervioso) y las interneuronas que en las diferentes etapas de relevo de la información (médula espinal, tálamo, corteza cerebral) participan en su procesamiento.

En los circuitos motores se encuentran interneuronas y neuronas de proyección en los centros nerviosos (corteza cerebral) donde se originan los programas motores. Axones de las neuronas de proyección que sacan la información de los centros de programación alcanzan a otras neuronas de proyección que alcanzan a los efectores. Esta vía es **eférente**.

Estos dos tipos de vías que van en paralelo pero en sentido contrario, emiten colaterales en su trayectoria, que representan entradas a circuitos neuronales en loop.

En esos circuitos en loop el procesamiento que recibe la información es la base de otras funciones del sistema nervioso y de mecanismos de regulación o modulación.

### **13) ORGANIZACIÓN FUNCIONAL DEL SISTEMA NERVIOSO**

La organización de la estructura del sistema nervioso refleja una clara funcionalidad.

La información entra por los receptores sensoriales y a través de vías sensoriales específicas es llevada hasta centros nerviosos donde es procesada. De este procesamiento surgen la **sensación** y la **percepción**.

Pero también la información que llega a los centros nerviosos, al ser procesada en los **sistemas cognitivos**, genera conocimiento (**aprendizaje**) parte del cual puede ser almacenado (**memoria**). De esta manera se genera un conocimiento tanto del medio ambiente como del medio interno.

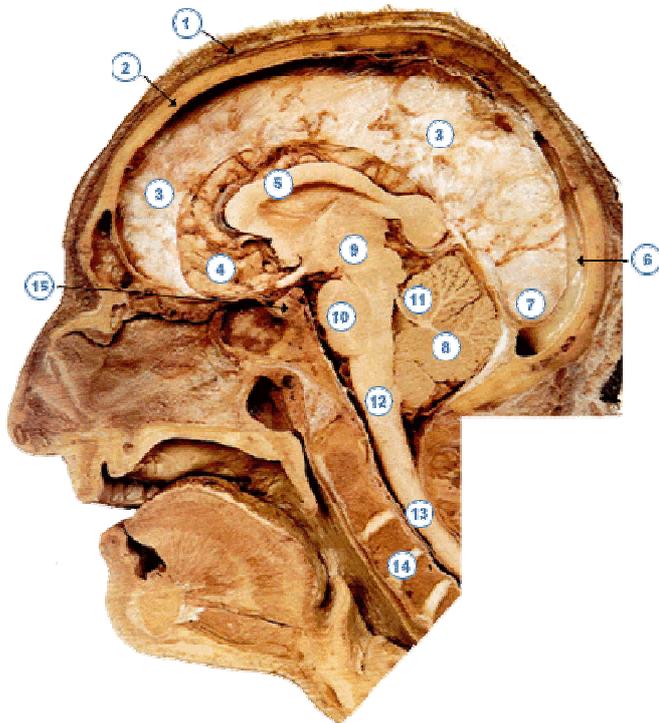
En respuesta al conocimiento generado se producen **programas motores** que se expresan en forma de diversas **conductas** que permiten la **adpatación** de los individuos a sus medios.

Todos estos procesos se identifican estructuralmente con sistemas neuronales propios (sistemas motores, sistemas sensoriales, sistemas cognitivos).

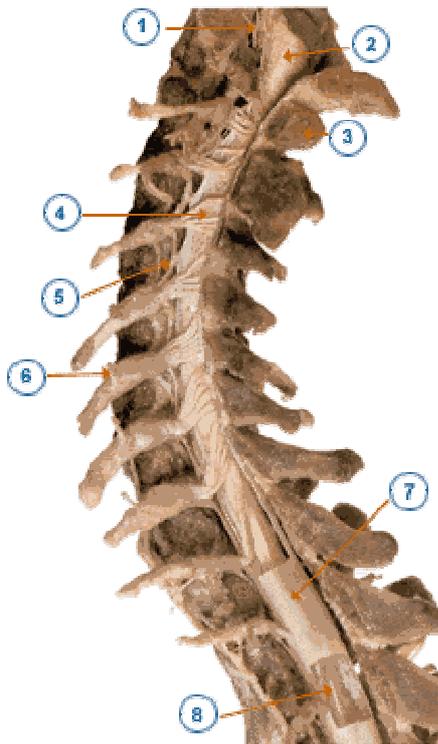
Además existen **sistemas moduladores** que son capaces de modificar el flujo de información en los otros tipos de sistemas. Entre estos sistemas se encuentran:

- El sistema noradrenérgico del locus ceruleus.
- El sistema serotoninérgico del rafé.
- Los sistemas dopaminérgicos, etc.

## 14) ORGANIZACIÓN ANATÓMICA DEL SISTEMA NERVIOSO



1. Cráneo
2. Hueso del cráneo
3. Hoz del cerebro
4. Cara interna del hemisferio cerebral derecho
5. Cuerpo calloso
6. Seno superior sagital
7. Tienda del cerebelo
8. Hemisferio cerebeloso derecho
9. Mesencéfalo
10. Protuberancia o puente
11. Cuarto ventrículo
12. Bulbo raquídeo
13. Médula espinal
14. Columna vertebral
15. Hipófisis



1. Nervio espinal
2. Bulboraquídeo
3. Porción de vértebra
4. Médula espinal
5. Raíces nerviosas
6. Ganglio de la raíz dorsal
7. Duramadre
8. Aracnoides

En el esquema se presenta un corte **sagital medio** a través del **cráneo** y de la **columna vertebral**.

Anatómicamente se distinguen en el sistema nervioso dos grandes divisiones: el **sistema nervioso central** y el **sistema nervioso periférico**. El primero esta alojado en dos estructuras óseas: la **caja craneana** o **cráneo** y la **columna**

**vertebral.** El segundo es el conjunto de estructuras nerviosas que se ubican fuera del sistema nervioso central.

En el cráneo se encuentra el **encéfalo**, formado por el cerebro, el cerebelo y algunos órganos del tronco cerebral (médula oblongada o bulbo raquídeo y el puente de Varolio o protuberancia anular). En la columna vertebral se ubica la médula espinal.

Entre los huesos del cráneo y de la columna vertebral y el tejido nervioso se encuentra un **sistema de membranas** que envuelven al sistema nervioso central, son las **meninges**.

Como se observa en el esquema, cada hemisferio cerebral (aquí se muestra el hemisferio cerebral derecho) aparece envuelto por una membrana. La que aquí se ve es la meninge más **externa** o **duramadre**. Ella mira a la membrana del hemisferio opuesto y ambas se encuentran ocupando la **cisura interhemisférica**, constituyendo una estructura llamada la **hoz del cerebro**.

En la región posterior e inferior y debajo de ambos hemisferios se ubica el **cerebelo**. Por delante de él se encuentra la porción encefálica del tronco.

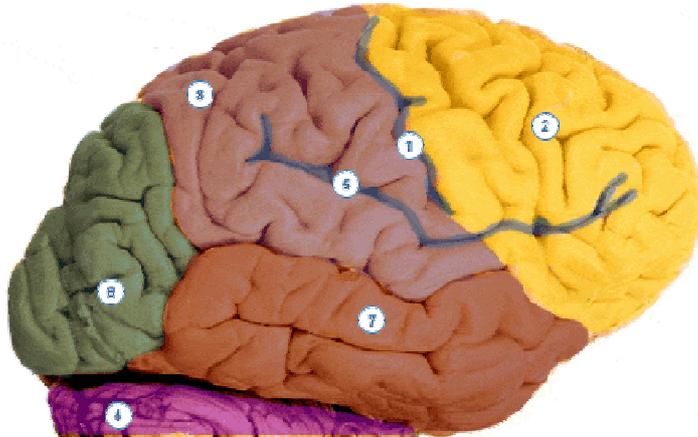
De la médula oblongada continua hacia abajo, la médula espinal en la columna vertebral.

De ella emergen por entre las vértebras, los **nervios raquídeos**. Cada nervio esta formado por la unión de la **raíz anterior** (nace de la cara anterior de la médula) con la **raíz posterior** de la médula (nace de la cara posterior de la médula).

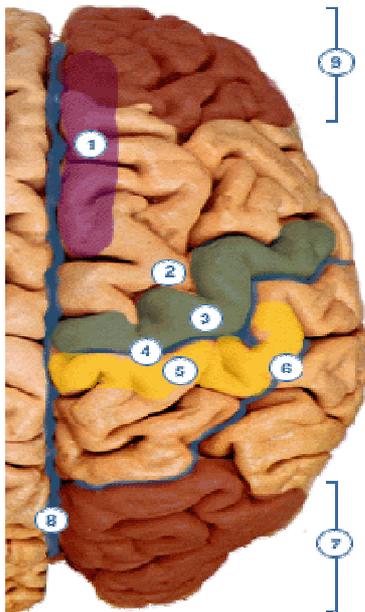
La raíz posterior se distingue de la anterior por presentar un engrosamiento, el **ganglio sensitivo de la raíz posterior del nervio raquídeo**.

El sistema nervioso periférico esta formado por ganglios, nervios y plexos nerviosos ubicados fuera del sistema nervioso central, en las diferentes cavidades del cuerpo. Los **ganglios** son agrupaciones de cuerpos neuronales y ellos pueden estar unidos entre sí formando **cadena ganglionares**. Los ganglios más representativos del sistema nervioso periférico pertenecen al **sistema nervioso autónomo**.

## 15) CARA LATERAL Y SUPERIOR DEL HEMISFERIO



1. Cisura (surco) de Rolando, representa el límite entre el lóbulo frontal (2) y el parietal (3)
2. Lóbulo frontal
3. Lóbulo parietal
4. Cerebelo
5. Cisura de Silvio
6. Lóbulo occipital
7. Lóbulo temporal



### Cara superior del hemisferio cerebral derecho

1. Circunvolución frontal superior
2. Cisura perpendicular externa
3. Circunvolución precentral
4. Cisura central o de Rolando
5. Circunvolución parietal ascendente o postcentral
6. Surco postcentral
7. Polo occipital
8. Cisma interhemisférica
9. Polo frontal

En el esquema, se nos presenta la **cara lateral** (cara externa) del hemisferio cerebral. Ella aparece como una superficie arrugada donde hay **repliegues** (giri) separados por **hendiduras** (sulci). En esta cara es posible distinguir cuatro grandes regiones o lóbulos cuyos nombres se relacionan con los huesos craneanos que las cubren. Son los lóbulos. **frontal**, **parietal**, **temporal** y **occipital**.

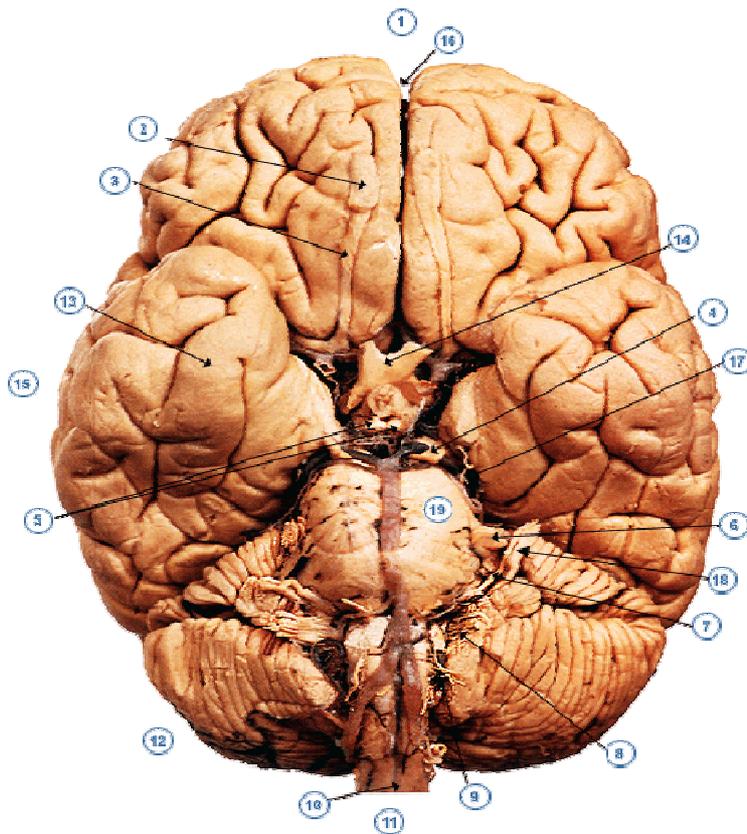
Los límites entre estos lóbulos los dan cisuras o surcos claramente identificables y/o líneas imaginarias que son sus prolongaciones.

La cara lateral presenta un límite inferior representado por su borde inferior. Desde la porción anterior nace desde ese borde un surco que se dirige ascendiendo hacia atrás, es el **surco lateral** o **fisura de Silvio**, el cual separa el lóbulo frontal del lóbulo temporal.

Una prolongación (línea imaginaria) de ese surco se dirige hacia atrás y descendiendo hacia el polo posterior separa el lóbulo temporal del parietal (que queda por arriba) del lóbulo occipital, que queda por atrás. Desde el borde superior desciende la **cisura central** o **de Rolando**. Delante de ella se encuentra la **circunvolución pre-central** donde se ubica la **corteza motora primaria**.

Por detrás del surco central se halla la **circunvolución post-central** en la que se ubica la **corteza sensorial somática primaria**.

## **16) CARA BASAL O VENTRAL DEL CEREBRO**



1. Cara basal o inferior de los hemisferios cerebrales
2. Bulbo olfatorio
3. Cintilla (nervio) olfativa
4. Nervio motor ocular común
5. Tubérculos mamilares
6. Nervio trigemino
7. Nervio motor ocular externo
8. Arteria vertebral
9. Nervio accesorio espinal
10. Médula espinal
11. Polo posterior de los hemisferios cerebrales
12. Hemisferio cerebeloso
13. Cara inferior del lóbulo temporal
14. Quiasma óptico
15. Borde lateral del hemisferio derecho
16. Cisura interhemisférica
17. Pendúnculo cerebral
18. Nervio facial
19. Puente (protuberancia)

Esta cara descansa sobre los huesos que forman la base de la cavidad craneana. Los dos hemisferios se presentan unidos y forman, en su conjunto, un círculo algo alargado hacia el extremo anterior pero que queda interrumpido hacia el extremo posterior por la presencia de diferentes estructuras y por la inserción del **cerebelo**, montado sobre el bulbo raquídeo.

En el extremo anterior se aprecia la cisura interhemisférica separando ambos hemisferios hasta alcanzar aproximadamente la mitad de su recorrido hacia el centro del círculo mencionado.

La cisura, en ese punto, queda interrumpida por estructuras que ocupan la línea media: el **quiama óptico**, al cual llegan los dos **nervios ópticos**; luego hacia atrás continúa el **tallo hipofisiario** (infundíbulo), que aparece parcialmente cubierto por la aracnoides; más atrás aun aparece un vaso sanguíneo (arteria basilar) encajado en la línea media del cerebelo.

A esta altura y a cada lado de ese vaso se distinguen los **hemisferios cerebelosos**.

Volviendo al extremo (polo) anterior de esta cara basal se ubican a cada lado de la cisura el **bulbo olfatorio** que se continúa, hacia atrás, con la **cintilla olfatoria**.

Normalmente unida al tallo hipofisiario se encuentra la **hipófisis** (en este caso, hacia el observador). También en el punto donde se encuentra ese tallo, pero penetrando hacia el interior del tejido nervioso se llegaría a la **región hipotalámica**.

A ambos lados de la línea media y desde el polo anterior, se encuentran:

- la **cara inferior del lóbulo frontal**
- la **cara inferior del lóbulo temporal**

El cerebelo tapa con sus dos hemisferios los polos posteriores de los dos hemisferios cerebrales.

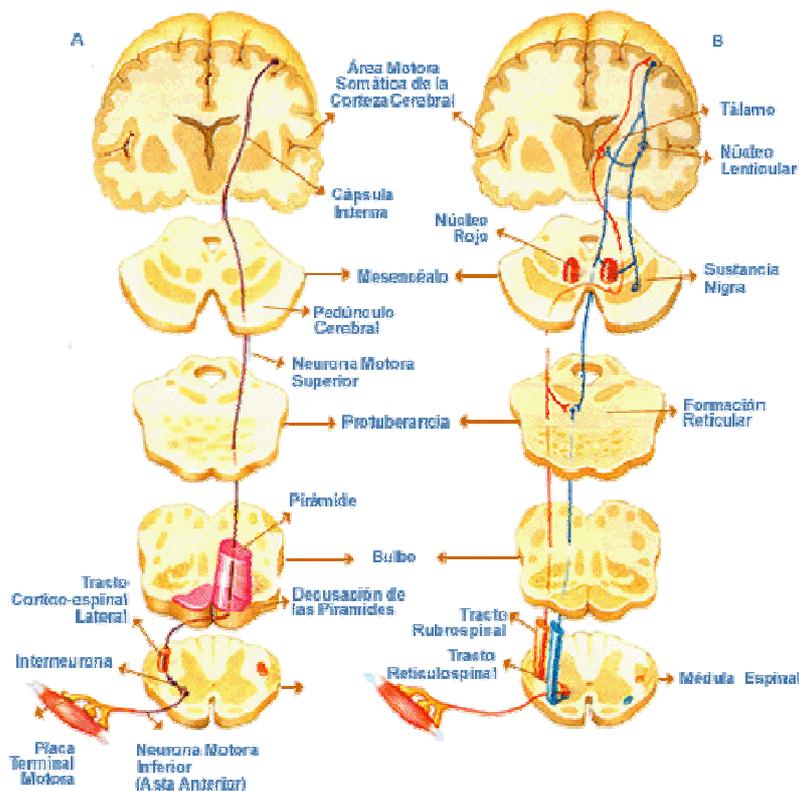
También a cada lado de la línea media se observa la emergencia de los pares craneanos. Desde el polo anterior: el nervio olfatorio (ya mencionado como cintilla), luego el nervio óptico, el nervio motor ocular común, el trigémino, el motor ocular externo, el facial, el coclear.

## 17) ESTRUCTURA DE LA CORTEZA CEREBRAL

La mayor parte de la corteza cerebral que esta recubriendo los hemisferios cerebrales es la llamada **neocorteza**. Ella se ha descrito presentando seis capas celulares o láminas (capas I, II, III, IV, V, VI), definidas inicialmente, principalmente por las características estructurales y también por las funcionales de las neuronas que las componen. Esta caracterización se ha ido mejorando en la medida que ha aumentado el conocimiento sobre los terminales nerviosos que inervan esas neuronas y el destino de los axones que de ellas emanan. Cada una de esas seis capas ha sido dividida en subcapas y estas subdivisiones son consideradas como **áreas citoarquitectónicas** de la corteza. Ellas presentan características diferentes en las distintas regiones de la corteza.

En la composición de las seis capas básicas de la corteza podemos encontrar principalmente células piramidales, de distinto tamaño y células estrelladas. Ambas variedades celulares emiten colaterales que contribuyen a formar circuitos locales. Los axones que se originan de dichas células forman las vías eferentes de la corteza. Los terminales nerviosos que se encuentran en las distintas capas y subcapas de la corteza representan vías de origen extracortical o de otras regiones del mismo hemisferio o del hemisferio contralateral. Hay otros tipos de terminales nerviosos que derivan de sistemas moduladores ubicados en el tronco cerebral, como por ejemplo, terminales noradrenérgicos originados en el locus ceruleus.

## 18) SISTEMA MOTOR SOMÁTICO



El **sistema nervioso somático** esta formado por **nervios mixtos** (mezclas de axones sensoriales y motores) que emergiendo desde el sistema nervioso central, inervan a los **efectores somáticos** (músculos esqueléticos). En esta sección sólo consideramos la parte motora, es decir, la formada por los axones motores (**eferentes**) que van desde el sistema nervioso central a los músculos.

Las vías motoras somáticas se inician en las áreas motoras de la corteza cerebral. Neuronas de proyección en esa corteza, emiten axones que descienden por el tronco cerebral hasta alcanzar la médula espinal.

En esa trayectoria se produce el cruce de los axones descendentes al lado opuesto (**contralateral**). En la médula van inervando, a diferentes niveles, a las **motoneuronas**- cuyos axones inervan, a su vez, a los músculos esqueléticos.

Históricamente se han descrito dos vías motoras somáticas, la **piramidal** y la **extrapiramidal**.

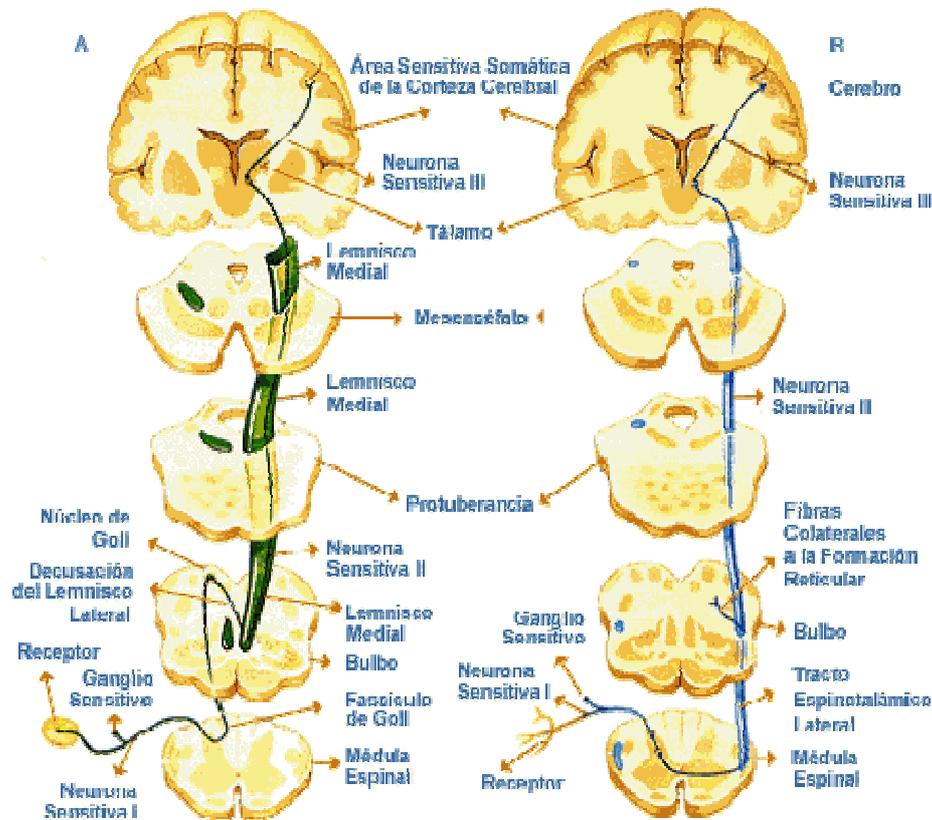
La vía piramidal (A del esquema) nace en el área motora de la corteza cerebral, ubicada delante del surco central o de Rolando. Al descender los axones cruzan al lado contralateral a la altura de una estructura, la **decusación** o **entrecruzamiento** de las **pirámides**, que esta ubicada a la altura del bulbo raquídeo. (De ahí el nombre de la vía).

Esos axones que van descendiendo por la médula espinal alcanzan a interneuronas ubicadas a diferentes alturas de la médula. Esta interneuronas inervan a las motoneuronas-.

Esta modalidad de la vía piramidal es la llamada **vía piramidal cruzada**, para distinguirla de otra vía llamada vía **piramidal directa** que no cruza al lado contralateral a nivel de las pirámides. Sin embargo esos axones también cruzan a lado opuesto a diferentes alturas. Es decir, toda la vía piramidal es cruzada.

La llamada **vía extrapiramidal** (B del esquema) se origina en otras regiones de la corteza cerebral, diferentes a las que originaron la vía piramidal. Los axones que forman esta vía inervan neurona ubicadas en núcleos cerebrales del mismo lado (**ipsilaterales**), como los ganglios basales o el núcleo rojo o núcleos del tronco cerebral (formación reticular). Pero también hay axones de las neuronas de origen o de relevo (de los núcleos) que son contralaterales, pero cruzan al lado opuesto a niveles más altos que la decusación de las pirámides. Los axones de la vía extrapiramidal descienden por dos tractos: el **rubro-espinal** y el **retículo-espinal**.

## 19) SISTEMA SENSORIAL SOMÁTICO



Es el sistema relacionado con la información sobre tacto, cinestesia (sensación que resulta del movimiento del cuerpo), temperatura y dolor que deriva desde diferentes partes del cuerpo y es transportada al sistema nervioso central. Esa información se genera en receptores sensoriales ubicados en la piel, músculos y articulaciones y la vía por la cual viaja esta formada por tres neuronas de proyección. La trayectoria de la vía depende de la modalidad de información sensorial que ella transporta.

La primera neurona de la vía, para información de tacto y de cinestesia, se ubica en el ganglio sensitivo de la raíz posterior del nervio raquídeo. Al entrar en la médula su axón asciende ipsilateralmente y alcanza a la segunda neurona ubicada en el **ganglio de Goll**. El axón de esta neurona sale del ganglio y cruza al lado opuesto y asciende por una vía específica, el **lemnisco medial**, hasta hacer contacto con la tercera neurona ubicada en el tálamo de ese lado, donde la información es relevada hasta el área sensitiva somática de la corteza cerebral (contralateral con respecto al receptor de origen de la información).

Para la información de dolor y de temperatura la primera neurona tiene una ubicación similar a la descrita para la modalidad sensorial de tacto y de cinestesia. Pero al entrar a la médula, su axón hace contacto con una interneurona ipsilateral y el axón de esta neurona inerva (sin cambiar de nivel) a la segunda neurona de proyección (ipsilateral) de la vía. Su axón cruza al

lado opuesto y asciende por el lado contralateral hasta el tálamo. Aquí se contacta con la tercera neurona de proyección que a través de su axón llega a la corteza sensorial correspondiente.

## **20) SISTEMA NERVIOSO AUTONOMO**

El sistema nervioso autónomo es el encargado de controlar a los efectores viscerales. Tradicionalmente, se le describe por sus componentes nerviosos periféricos (ganglios, nervios y plexos) y se distinguen en él dos divisiones: la simpática y la parasimpática.

La división simpática esta formada por neuronas (primera neurona) que se ubican en la médula espinal entre las vértebras T1 y L1-2, por sus axones y por dos sistemas ganglionares, donde se encuentran segundas neuronas, son sus axones los que inervan a los efectores viscerales. El primer sistema de ganglios esta formado por los **ganglios paravertebrales**, que se unen entre sí formando una cadena ganglionar que se ubica a cada lado de la columna vertebral en el fondo de las cavidades del tronco. El segundo sistema es el de los **ganglios prevertebrales**, se ubican en un plano más anterior.

El axón de la primera neurona sale de médula espinal a través del nervio raquídeo que corresponde al nivel de su ubicación en ella y luego lo abandona para alcanzar la cadena ganglionar de su mismo lado. Entra en un ganglio donde, o hace sinapsis con la segunda neurona de inmediato o asciende o desciende antes de contactarla a otro nivel o sigue en su trayectoria hasta un ganglio prevertebral donde encuentra a esa segunda neurona. La primera neurona de la vía simpática (neurona preganglionar) es colinérgica. La segunda (postganglionar) es noradrenérgica, con la excepción de terminales simpáticos de la piel o de vasos sanguíneos de algunos músculos esqueléticos donde los terminales simpáticos liberan ACh.

La división parasimpática presenta dos subdivisiones: la craneana y la sacra. La primera esta representada por los pares craneanos III, VII, IX y X (Vago). La segunda por los nervios raquídeos que emergen de las regiones sacra y coccígea de la columna vertebral. En ambas subdivisiones, la primera neurona se ubica en el sistema nervioso central, es colinérgica y presenta un axón muy largo que inerva a la segunda neurona. Esta, es como una interneurona, de axón muy corto, ubicada en la pared misma del órgano visceral que inerva y libera como neurotransmisor ACh.

## 21) SISTEMA SIMPATICO ADRENAL

Puede ser considerado como una subdivisión del sistema simpático.

Anatómicamente también se le define como una especialización de los ganglios prevertebrales.

Igual que las otras vías simpáticas se origina desde la médula espinal. La vía eferente está formada por dos neuronas. La primera se ubica en las asta laterales de la médula espinal. Su axón sale por la raíz anterior de algunos de los nervios raquídeos torácicos (espláncnicos) para alcanzar ganglios de la cadena ganglionar paravertebral. Pasa por estos ganglios para dirigirse al ganglio espláncico desde donde continua hasta la glándula suprarrenal.

La glándula suprarrenal presenta dos partes. La corteza suprarrenal y la médula suprarrenal ubicada en el centro de la glándula. En esta última región se encuentran las células cromafines.

Las células cromafines corresponden a las segundas neuronas de la vía eferente simpática y representan células secretoras, endocrinas, cuyo producto pasa a la sangre.

Las células cromafines secretan adrenalina (epinefrina) y/o noradrenalina (norepinefrina). Ambas sustancias son hormonas y luego de ser transportadas por la sangre hasta los órganos blancos ejercen importantes funciones que refuerzan a las funciones simpáticas cuando éstas son activadas.

## 22) SISTEMA NERVIOSO ENTERICO

Desde que **Langley** (comienzos del s. XX) definió las divisiones simpática y parasimpática del sistema nervioso autónomo, también definió una tercera división, el **sistema nervioso entérico**. Es el conjunto de estructuras nerviosas que se encuentran en el **aparato gastro-intestinal** y en los órganos anexos como el **hígado** y el **páncreas**.

En el aparato gastro-intestinal esta representado por dos **plexos**, el **mientérico** y el **submucoso**, ubicados en la pared intestinal. Cada plexo consiste en una capa de numerosas agrupaciones pequeñas de neuronas, **módulos**, que se unen entre sí y que regulan la motilidad de la pared intestinal.

El plexo mientérico es el más **externo** y se ubica entre las **capas musculares, longitudinal externa y circular interna**.

El plexo submucoso se ubica entre las capas muscular interna y la **capa mucosa** que mira a la cavidad intestinal.

El sistema nervioso entérico se le ha considerado como un "**pequeño cerebro intestinal**" e, inicialmente, como poseedor de un alto grado de autonomía. Sin embargo, en la actualidad se estima que actúa coordinadamente con fibras eferentes vagales (parasimpáticas) para regular la actividad motora y procesos secretores y de absorción intestinales.

## **23) LOS ESPACIOS CEREBRALES Y EL LIQUIDO CEFALO-RAQUIDEO**

En el interior del cerebro y de la médula espinal existe un **sistema de cavidades** que se comunican entre sí y que están llenas de un líquido llamado céfalo-raquídeo o fluido cerebroespinal. A la altura de los hemisferios cerebrales existe en cada uno de ellos una cavidad de forma irregular. Son los **ventrículos laterales** de los hemisferios cerebrales.

Hacia la línea media, hacia abajo y hacia atrás, los ventrículos se continúan con una cavidad central, delgada, el **ventrículo medio o tercer ventrículo**.

Más hacia abajo, el tercer ventrículo se estrecha transformándose en un conducto, el **Acueducto de Silvio**, que lo comunica con otro ventrículo ubicado en la línea media, el **cuarto ventrículo**. A diferencia de las cavidades anteriores este ventrículo es abierto por atrás aunque se encuentra tapado por el cerebelo.

El cuarto ventrículo se continúa más abajo con un estrecho conducto, el **conducto del epéndimo**, que recorre el interior de la médula espinal hasta el extremo caudal.

Al interior de los ventrículos mencionados existen redes especiales de capilares sanguíneos, **los plexos coroides**, donde se forma a partir de la sangre el líquido céfalo-raquídeo.

Este líquido tiene una composición diferente y parte de sus componentes derivan del tejido nervioso y pueden modificar el funcionamiento de ese tejido en otras regiones. Así, variaciones de algunos de sus componentes como el CO<sub>2</sub>, anhídrido carbónico, ayuda a mantener la **homeostásis** del organismo.

El líquido céfalo-raquídeo, se produce y llena las cavidades ventriculares pero sale de ellas a la altura del cuarto ventrículo (**Agujero de Luschka**) para pasar al espacio subaracnoideo que rodea el encéfalo y la médula espinal. A nivel del seno venoso se encuentran unas formaciones venosas que se forman a partir de la aracnoides, las **Granulaciones de Pacchioni**. A nivel de estas estructuras se produce el retorno de componentes del líquido céfalo-raquídeo a la sangre.

## 24) LA EVOLUCIÓN DEL SISTEMA NERVIOSO

Los pluricelulares más primitivos que aún no poseen sistema nervioso tienen su cuerpo rodeado por una capa más externa de células epiteliales (ectoderma) que son capaces de reconocer estímulos ambientales. Son excitables.

Por efecto de presiones evolutivas, algunas células de esos epitelios empiezan a desarrollar características de neuronas y son capaces de elaborar respuestas rápidas y específicas frente a estímulos ambientales. También es probable que por el efecto de esas presiones, algunas de esas células se modificaron, asumiendo el papel de neuronas. Pero lo importante es que se desarrollaron características más eficientes para reaccionar frente a los estímulos y dar respuestas eléctricas que se podían propagar. Por ello, todavía encontramos en animales como las medusas, en ctenóforos, en moluscos, en tunicados y en embriones de anfibios, epitelios que son capaces de propagar potenciales de acción.

A nivel de los hidrozooos (las hidras) aparecen las primeras organizaciones de sistemas nerviosos en forma de red: **sistema nervioso reticular**. Las neuronas tienden a acumularse formando pequeños ganglios (centralización) que se comunican entre sí por haces nerviosos (conjunto de axones).

En los animales que crecen alargando su cuerpo, este crecimiento se hace por agregación de partes o segmentos equivalentes (**metámeras**). En cada metámera se organiza un par de **ganglios** que inervan el segmento y además, se comunican entre sí estructurando una **cadena ganglionar**. En los metámeros del extremo más rostral, los ganglios se ordenan formando los **cerebros primitivos**. Este tipo de sistema nervioso se puede llamar **ganglionar** y es típico de algunas lombrices y de los artrópodos.

A nivel de los vertebrados, los ganglios cerebrales primitivos experimentan un gran desarrollo y toman un control estructural y funcional preponderante sobre los sistemas ganglionares (**encefalización**).

Este tipo de sistema nervioso, resultante de un proceso de encefalización, presenta una expresión extrema en el cerebro humano por el enorme desarrollo de la corteza cerebral, probablemente relacionado con el lenguaje.

## 25) DESARROLLO DEL SISTEMA NERVIOSO

Una vez que el huevo es fecundado sufre una serie de divisiones que configuran diferentes etapas de desarrollo. Una de las primeras etapas, en la cual el embrión se fija al útero, es la de **blástula**.

Luego viene una etapa de **gastrulación** en la cual se definen tres capas celulares, que se sobreponen. Desde el polo superior (**animal**) al polo basal (**vegetal**), se distinguen, el **ectoderma**, el **mesoderma** y el **endoderma**. En esta etapa la estructura formada presenta, además una cavidad central, debajo del ectoderma, el **blastocelo**.

La pared de la base esta formada por el endoderma y se une hacia arriba con el mesoderma el cual, a su vez, esta conectado con el ectoderma.

Desde una región del mesoderma llamada el **organizador** se generan una serie de sustancias químicas (inductores o activadores) que actúan como señales inductivas sobre el ectoderma para producir la formación de una estructura especializada, la **placa neural**. En los segmentos A, B y C del esquema se muestra una vista lateral de la placa. En D, E y F se muestra una visión dorsal (desde arriba) de la placa. Vista desde arriba, la placa semeja una cuchara cuya parte más ancha es anterior.

**La placa neural es la estructura embrionaria desde la cual se formará el sistema nervioso.**

Las siguientes **regiones primitivas** se distinguen en la placa: el cerebro anterior (CA), el cerebro medio (CM), el cerebro posterior (CP) y la médula espinal (ME).

## FUNCIONES SUPERIORES

### 1) LA MENTE

El concepto de **mente** empieza a desarrollarse y a evolucionar desde la época de los griegos. Según ellos, la mente era un órgano que se ocupaba de las ideas puras (Platón) y era considerada completamente separada del cuerpo. Este estado de cosas se mantuvo hasta la época de Descartes (nacido en 1596) el cual trata de usar los métodos científicos, al alcance en la época, para comprobar los hechos de la mente. Es decir, considera a la mente un hecho observable.

La medición de procesos mentales se abordó posteriormente con G.T. Fechner (alrededor de 1850), quien se dedicó a desarrollar métodos para medir **procesos mentales**. Este enfoque fue exaltado más aún por el médico alemán W. Wundt, fundador del primer laboratorio de métodos psicológicos, alrededor de 1880. Este investigador centró los estudios sobre la mente en el estudio de las sensaciones. Pero también se empieza a desarrollar en esa época el concepto de **vida mental**, que empieza a ser concebida más como un **grupo de actos** que de sensaciones.

Nace así la Psicología y se incorporan a los estudios relacionados con la mente investigadores notables como William James que impulsó un gran desarrollo de la Psicología Experimental. Luego, alrededor de 1900 aparecen los trabajos de S Freud quien incorpora al estudio de los procesos mentales la consideración de la influencia de los deseos sexuales y del inconsciente.

En relación a esta evolución de los estudios sobre los procesos mentales parecen dos escuelas principales relacionadas con la **psicología experimental**. Una es el **behaviourismo** cuyo impulsor, el norteamericano J.B. Watson, estableció que el estudio del comportamiento exterior era el camino más adecuado para avanzar en el conocimiento de la mente. La otra, la **escuela Gestalt**, creada por los alemanes Wertheimer, Röhler y Koffka, dio importancia a la percepción y al sentido y relación de las partes involucradas, en los estudios sobre la mente.

Entender el pensamiento es entender la mente. El pensar tiene que ver con la conciencia, la memoria, el aprendizaje y su estudio y el de esos parámetros acercará a la comprensión de la mente y de la actividad mental.

## **2) PERCEPCION VISUAL**

Este fenómeno consiste en el aprendizaje del significado de la información que se recibe desde los órganos sensoriales.

Tenemos diferentes formas de percepción: visual, auditiva, gustativa, olfativa, táctil. Ellas resultan de un notable manejo analítico de la información respectiva y que le llega a centros nerviosos través de vías que están en serie y en paralelo.

Existe un manejo de la información sensorial por los componentes neuronales de cada sistema que resulta fundamental para la percepción respectiva.

Por ello las percepciones no son copias directas y fieles de un objeto-estímulo dado. Subyace en el mecanismo de la percepción una abstracción ya que en el sistema nervioso se produce una reconstrucción en la que se fabrica o elabora una representación interna del objeto. Se analizan su forma, su movimiento, su color y sus propiedades. La reunión de todas o parte de esas características se hace en un todo pero según las reglas y el lenguaje de los circuitos neuronales. Es un acto de reconstrucción interpretativa.

La percepción es entonces un tipo de respuesta al mensaje generado en el receptor, es decir, una representación interna de la sensación.

La visión es el resultado del procesamiento simultaneo de la información sobre la forma, el color y el movimiento que se genera en el objeto-estímulo, presente en el ambiente, por la influencia de la luz sobre este. El procesamiento de cada uno de esos parámetros se hace separadamente y en paralelo.

En su conjunto, el fenómeno de la percepción visual presenta una serie de características:

- **es creativo:** se transforma objetos de características cambiantes en representaciones de estructuras tridimensionales de características (forma y color) constantes. Por ejemplo, un cubo rojo lo veremos siempre como un cuerpo (el cubo) tridimensional y de color rojo, aunque cambien muchas de las condiciones ambientales durante el período de nuestra observación.
- **sigue ciertas normas o leyes de la percepción:** por ejemplo, el cuadrado de puntos idénticos, equidistantes, se aprecia en A como un conjunto de filas o columnas. En cambio, en B esta claro que se definen columnas o filas, **ley de la similitud**.

El arreglo espacial introducido en C permite que veamos columnas de dos filas de puntos, organizadas verticalmente, **ley de la proximidad**.

- la percepción visual es un proceso muy dinámico, ya que dos figuras que están en inmediata vecindad y relación, formando parte del mismo cuadro, (figura vaso-cara) no se distinguen simultáneamente. Al ser examinado se verá o una o la otra figura, quedando la no-elegida como trasfondo.
- al mirar un objeto-estímulo se sigue una estrategia dada en la cual el **blanco central** de la atención al mirar, es el **contorno** formado por los límites y bordes de la figuras. En el paisaje mostrado, la percepción del paisaje es bastante completa a pesar de solo mostrarse el contorno de las figuras.

Que en el proceso visual el cerebro trabaja sobre la base de asunciones se demuestra por las **percepciones falsas** o **ilusiones**. Ellas se producen al tomar ciertos parámetros de referencia para describir otras características. Por ejemplo, las dos líneas son de igual magnitud pero se perciben distintas porque la característica longitud, esta definida por la forma de la figura.

En la percepción visual juega un papel muy importante el **proceso de rellenar**, que es un típico proceso creativo. Como se ilustra en la figura del clásico triángulo de Kanizsa, se ven contornos de triángulos que, en realidad, son imaginarios ya que son creados por el procesamiento cerebral.

En la percepción visual tiene gran importancia, para la caracterización que se hace del objeto, la **relación espacial** que se produce con los objetos vecinos que le rodean. Como se ve en el esquema, dos figuras del mismo tamaño real se ven diferentes, una más grande que la otra, nada más que por la influencia de los objetos que las rodean.

### **3) BASES NEURONALES DE LA PERCEPCION VISUAL**

El sistema visual se origina desde la retina y se proyecta hasta la llamada **área visual primaria** o **V<sub>1</sub>** o **corteza estriada** de la corteza cerebral, donde se organiza un mapa completo de la retina. Pero más allá de esta región también hay otras representaciones extra-estriadas de la retina. Hay hasta ahora 32 de esas representaciones, aunque no todas completas.

Cada una de esas regiones difiere en la especificidad que muestran sus neuronas para determinadas características del estímulo-imagen. Por ejemplo, el área  $V_5$  procesa movimientos en el campo visual.

La separación del procesamiento de características comienza en la retina misma. En esta estructura hay células ganglionares grandes (**magnocelulares** o de tipo **M**) y pequeñas (células **parvocelulares** o de tipo **P**). Ambos tipos de vías llegan al tálamo pero llevan información diferente. En el tálamo inervan ordenada pero separadamente las distintas capas que se estructuran en el núcleo geniculado lateral de esa estructura. En es núcleo se encuentran dos tipos de capas, unas que reciben exclusivamente axones de las células ganglionares M, capas magnocelulares, y las otras que reciben de las células P, capas parvocelulares.

En estas dos categorías de capas sus neuronas originan, a su vez, tres vías. Dos que se inician en las capas parvocelulares y una desde las capas magnocelulares. Los axones de esas tres vías llegan hasta  $V_1$ .

Con técnicas de inmucitoquímica se ha podido describir que en las regiones  $V_1$  y  $V_2$  de la corteza cerebral también existe una ordenada organización. Así, ellas presentan regiones que tienen forma de burbuja (regiones **blob**) y que se encuentran separadas entre por regiones interburbujas. Los axones que se originan desde los dos subtipos de capas descritas en el núcleo geniculado lateral terminan en las regiones blob o **interblob** de  $V_1$  y  $V_2$ . Según esta información se han definido las siguientes vías:

- **primera vía:** la parvocelular-blob. Se origina desde las células parvocelulares del geniculado y termina en las regiones blob de  $V_1$ . Esta vía se relaciona con la percepción de color. Desde  $V_1$  la vía continua hasta  $V_2$  y desde aquí hasta  $V_4$ , donde se ubican muchas neuronas que responden a estímulos de color.
- **segunda vía:** es la vía parvocelular-interblob, termina en las capas profundas de  $V_1$ , pero es inespecífica ya que recibe de neuronas ubicadas en las capas magnocelulares del geniculado. Desde  $V_1$  la vía continua hasta  $V_4$ . Esta vía es sensible a los contornos y a la orientación de la imagen-estímulo, es decir, a la percepción de su forma y de detalles de su estructura. Sería la base anatómica del sistema de qué es.
- **Tercera vía:** magnocelular-rayas gruesas. Se origina de las capas magnocelulares del geniculado lateral y alcanza a la zonas interblobs de  $V_1$ , para seguir a la zona bandas gruesas de  $V_2$ . Desde aquí la vía proyecta hasta  $V_5$ , que es un área visual relacionada con la percepción de profundidad y de movimiento.

Otras fibras de la retina proyectan al área pretectal que tiene que ver con los reflejos que modulan el tamaño de la pupila. Finalmente, también hay axones que se originan desde la retina y que son proyectados a los colículos superiores. Esta vía es responsable de la regulación de los movimientos oculares que se producen en respuesta a la información visual.

Una característica importante relacionada con la interacción entre la vía visual y el núcleo geniculado lateral es el hecho de que los axones de la vía visual representan sólo un 20% de los axones que inervan ese núcleo. La mayoría de los otros axones provienen de la formación reticular del tronco y de la corteza cerebral y formarían parte de circuitos en que ellos representarían vías de realimentación.

#### **4) PERCEPCION DEL MOVIMIENTO**

El **movimiento** es un parámetro siempre presente en la información visual y en su procesamiento. Nosotros nos movemos constantemente o los objetos se mueven en nuestro campo visual. Aun cuando estamos quietos nuestros ojos y la cabeza se mueven constantemente, aunque sea en forma imperceptible.

El sistema visual tiene dos maneras de detectar movimientos. Una, se basa en el control del movimiento del objeto mismo en el campo. La otra se basa en el movimiento de la cabeza y de los ojos.

Cuando un objeto se mueve en el campo visual, puede ser detectado comparando la posición de las imágenes percibidas a diferentes tiempos. Esto se puede interpretar como que, al moverse la imagen por la retina, se provoca la activación de los fotorreceptores en una cierta secuencia.

Pero en experimentos de **movimientos aparentes**, como es el caso en que dos o más luces se encienden y se apagan a intervalos adecuados, se aprecia que la luz se mueve de una ampolleta a la otra y luego, a la siguiente. Pero en realidad, no ha habido un movimiento de la luz. Ha ocurrido la activación en diferentes posiciones del encendido de la luz. Este tipo de resultados ha sugerido de que existe más de un tipo de sistema para detectar movimientos.

¿ Cual es el substrato neural de la percepción de movimientos ¿ La información sobre los movimientos se origina en las **grandes células ganglionares** (células M) de la retina, el contraste de cuyos campos receptivos varía en el tiempo. La información es proyectada a las células magnocelulares de ganglio geniculado lateral y desde ahí a la región  $V_1$  de la corteza occipital. Aquí la información actúa sobre células simples y complejas, las cuales responden cuando la dirección del movimiento es perpendicular a su eje de orientación. Luego la información pasa a las áreas  $V_5$  (área temporal media) y  $V_{5a}$  (área temporal superior). Desde estas áreas temporales la información continúa al área motora visual, ubicada en el lóbulo parietal. En esta área hay neuronas que procesan velocidad y dirección del movimiento, lo cual se refleja en el tipo de descarga de potenciales que ellas muestran.

Entonces, según el tipo de neuronas cuya actividad es estimulada parece ser el mecanismo que permite percibir el movimiento y algunas de sus características.

#### **5) EL MOVIMIENTO DE LA CABEZA Y DE LOS OJOS**

Los movimientos de los globos oculares están coordinados con los movimientos de la cabeza. Ellos dependen del sistema oculo-motor, que cumple dos funciones principales:

- Ubicar la imagen de los objetos del campo visual en la fovea.
- Mantener esa imagen en dicha posición.

La fovea es el lugar de la retina donde se obtiene una visión óptima. Sin embargo, se trata de una superficie muy pequeña (menos de 1 mm de diámetro) ubicada, en relación a un campo visual de alrededor de 200 grados, en el grado 1 de dicho campo. Es en este campo donde ubicamos los objetos por un proceso de exploración en el que, al mover los globos oculares, orientamos la fovea rápidamente hacia uno u otros de los objetos del campo. Cuando ubicamos algo en él, estabilizamos su imagen en la retina a pesar de los movimientos de la cabeza los cuales, además, están relacionados con los movimientos posturales del cuerpo.

El **sistema oculo-motor** está representado por los músculos oculares extrínsecos con los respectivos circuitos neuronales que los controlan. Estos músculos son esqueléticos, voluntarios y se insertan, por una parte en el exterior del globo ocular y, por otra, en los huesos de la órbita. Ellos mueven los ojos en las direcciones deseadas y participan en cinco tipos de movimientos:

- movimientos vestibulo-oculares: mantienen estable la imagen en la retina a pesar de los movimientos de la cabeza.
- movimientos optocinéticos: complementan el efecto de los anteriores contribuyendo a mantener fija la imagen en la retina y son contrarios a los movimientos de la cabeza.
- movimientos lentos de seguimiento: mantiene en la fovea la imagen de los objetos en movimiento.
- movimientos sacádicos: enfocan la fovea sobre los objetos de interés.
- movimientos giratorios: alinean los ojos para enfocar objetos que están a diferentes profundidades en el campo visual.

Los dos primeros tipos de movimientos corresponden a reflejos automáticos e involuntarios. Los otros son voluntarios.

Los músculos del sistema oculo-motor son seis: cuatro músculos llamados rectos (superior, inferior, externo e interno) y dos músculos llamados oblicuos (mayor y menor). La contracción de estos músculos provoca movimientos de los globos oculares en relación a tres ejes:

- eje vertical, alrededor del cual cada globo realiza movimientos horizontales.
- eje transversal (atraviesa de lado a lado cada globo ocular) alrededor del cual cada ojo realiza movimientos verticales.
- eje antero-posterior, alrededor del cual cada ojo realiza movimientos de torsión.

## **6) VISION TRIDIMENSIONAL**

Entender la percepción en tres dimensiones parece depender de la comprensión de la **relación espacial** que existe entre los objetos y de su profundidad relativa. Dos aspectos parecen ser importantes: la **profundidad monocular** y la **disparidad binocular estereoscópica**.

Como se aprecia en la figura, si miramos a través del rectángulo inferior la situación en que están las tres figuras detrás de esa "ventana", veremos en ella al mirar frontalmente con los dos ojos, una imagen bidimensional.

Sin embargo, al mirar con un ojo (**visión monocular**) ciertos derroteros de profundidad ejercen su efecto y terminamos teniendo una percepción tridimensional. Ellos son:

- la **interposición**. El hecho de que un rectángulo interrumpa la imagen del cuerpo de otro rectángulo nos indica que esos cuerpos están en diferentes planos, aunque no sepamos las distancias que los separan.
- La **perspectiva de líneas**. Aunque la líneas sea paralelas, ellas convergen en el plano del cuadro.
- La **perspectiva de tamaño**. El niño más cercano aparece de mayor tamaño que el más alejado.
- El **tamaño conocido**. El hombre y el niño más cercanos aparecen del mismo tamaño pero como sabemos que el hombre es más alto que el niño, deducimos por el tamaño del segundo niño, que él se encuentra más alejado que el primero.
- **Distribución de formas e iluminación**. Combinación de luz y oscuridad dan impresión de profundidad. Fenómeno no ilustrado aquí.
- **Paralaje del movimiento**. Al mover nuestras cabezas o cuerpos mientras contemplamos objetos que están a distancias diferentes, vemos que objetos más cercanos se mueven ms rápidamente y en dirección opuesta a nuestro movimiento que los más alejados.

Otro derrotero importante para entender la visión tridimensional lo da la visión **estereoscópica** (visión en relieve). Cuando fijamos nuestra mirada en un punto ubicado a distancias menores a 100 piés, se produce en nuestros ojos un fenómeno de **convergencia**, es decir, ambos ojos se orientan de modo que la imagen del punto cae en porciones equivalentes de cada retina, en el centro de ellas. Es el **punto de fijación**.

Si un objeto está más cerca o más lejos, el punto de fijación en la retina cambia, haciéndose más distal o más proximal, respectivamente. Se produce entonces un fenómeno de **disparidad binocular** en el cual se estimulan zonas diferentes de la retina de cada ojo. Cuando esa disparidad se produce en el plano horizontal de la retina, las diferencias en distancias con el punto de fijación permiten calcular distancias en relación al objeto. Como ambos ojos están separados alrededor de 6 cm, cada ojo percibe imágenes desde posiciones equivalentes de sus retinas, ligeramente diferentes. Este fenómeno lo podemos apreciar mirando un objeto con un ojo y luego con el otro. Por lo tanto, cuando miramos el mismo punto con los dos ojos corregimos parcialmente esa disparidad (disparidad binocular) pero ella nos da una idea de la distancia del objeto.

## 7) PERCEPCION DE FORMAS

Las **formas** son analizadas y procesadas por el sistema **parvocelular-interblob** de la vía visual. La vía esta formada por neuronas comunicadas en serie y la información que procesa se refiere a contrastes y límites (contornos). En la vía hay etapas importantes de relevo como el ganglio geniculado lateral y la corteza cerebral que reciben información desde la mitad contralateral del campo visual.

En la corteza  $V_1$ , de aproximadamente 2 mm de grosor en el cerebro humano, se encuentran las neuronas que son fundamentales en el procesamiento de las formas. En la corteza se distinguen 6 capas, de las cuales la capa 4 representa el principal destino de llegada de los axones que vienen del geniculado lateral. A ellas llegan, 4C $\alpha$  En esa capa se distinguen varias subcapas: 4<sup>a</sup>, 4B, 4C (4C los axones de las neuronas magnocelulares (M) y también de las parvocelulares (P) del geniculado lateral e inervan a distintos tipos de neuronas.

En efecto, en  $V_1$  se encuentran **neuronas piramidales**, que son células grandes, de proyección, con dendritas espinosas y que envían sus axones glutamatérgicos a otras regiones de la corteza y del cerebro. También hay otras neuronas, no-piramidales, que son **células pequeñas estrelladas** y que pueden ser excitadoras (glutamato) o inhibitoras (GABA). Funcionalmente son interneuronas.

¿ Cómo funcionan esos tipos de células cuando se estimula la retina ¿ Según su conducta eléctrica frente a estímulos luminosos como puntos o barras aplicados sobre la retina las células fueron clasificadas por Hubbel y Wiesel como **simples** y **complejas**. Al estudiar sus respectivos campos receptivos, se encontró que ellas daban las mejores respuestas cuando se usaban **estímulos alargados**, rectilíneos (barras) y cuando dichos estímulos tenían una orientación u ángulo dado. Es decir, ambos tipos de células responden a estímulos lineales con orientaciones específicas, por lo que se les consideró importantes para analizar los bordes de una imagen visual, es decir, su forma.

Por otra parte, tanto las células simples como las complejas se pueden comportar como **limitadoras** (end-stopped). Es decir, cuando la parte excitable del campo receptivo de algunas de esas células, por ejemplo, su centro, si es un campo de centro "on", se estimula con una barra cuya longitud crece se observará que después de cierta magnitud de ese crecimiento, esas células dejan de descargar. Se considera, entonces, que esas células miden longitud de las líneas por lo tanto, señalizan los límites en una imagen.

## 8) LA ATENCIÓN

Es la concentración de la actividad mental y representa uno de los mecanismos fundamentales de la conciencia. Consiste en la consideración o enfoque preferencial sobre una persona, un objeto, u fenómeno o un evento con exclusión de otro tipo de información. Su influencia esta intimamente ligada al

proceso de percepción, como se ha demostrado, por ejemplo, en el caso de la percepción visual. En particular a la percepción de formas.

Se acepta que en la percepción de formas se produce un enfoque integrativo de características (Treisman y colaboradores) proceso que se desarrolla en etapas.

Hay una primera etapa, que es de procesamiento previo o preatencional y que consiste en un registro automático de características en el campo visual. Este objetivo se logra por un procesamiento en paralelo y simultáneamente de todos los objetos presentes en el campo visual.

Luego viene una segunda etapa, de atención enfocada, en la cual se produce una identificación de los objetos a través de un procesamiento seriado. Cada objetivo o característica es procesada una a una para luego logra su unión y su expresión en un solo objeto.

La primera etapa (procesamiento previo) es la que se cumple cuando una característica simple se encuentra presente en un objeto. Si no hay esa característica se emplea un procesamiento de aproximación que lleva a la percepción final.. Como se ve en el esquema, un círculo con línea sobresale más fácilmente en la parte superior por lo que se le percibe más rápidamente. Al no existir una característica se recurre a una aproximación para identificar el objetivo.

Por otra parte, la teoría de la integración de las características también acepta que si la atención está sobrecargada se puede llegar a una combinación no apropiada de características cuyo resultado es una **conjunción ilusoria**, un conjunto irreal.

## **9) BASES DE LA ATENCIÓN**

Para que el cerebro pueda asociar, en cada momento, la información que le está siendo suministrada desde un determinado sistema sensorial se requiere este proceso de la atención. Sus mecanismos básicos se han investigado estudiando el fenómeno de la visión de un objeto en un campo visual (A. Treisman y B Julesz). Se ha encontrado que cuando los límites que separan un objeto de su entorno en un campo visual están claramente definidos, el objeto es fácilmente identificado. En caso contrario se activan dos procesos:

- la pre-atención: es un proceso de exploración rápida que lleva sólo a la definición del perfil grueso del objeto sin fijarse en propiedades o diferencias específicas.
- la atención: se dirige la exploración a características específicas y más sutiles de entre las cuales se hace una selección de ellas o de combinaciones de ellas para, posteriormente ubicarlas en el llamado mapa de características. En estos mapas se representan propiedades como, color, orientación, tamaños, distancias, todas procesadas en vías paralelas.

Algunas propiedades de estos mapas son usadas para elaborar un mapa maestro de aspectos sobresalientes (o resaltados) de la imagen del objeto, con todo lo cual se logra diferenciarlo de su entorno.

En este proceso tiene que haber otro, de asociación o reunión y fijación de esas características (binding process). Para que ello ocurra se ha propuesto que existiría una proyección y enfoque de la atención en la que se produce un análisis y percepción más detallada de ese objeto.

Para el sistema visual, el proceso de atención enfocada se ha relacionado con ciertas estructuras como el núcleo pulvinar, el claustrum, el coliculus superior y posiblemente también, la corteza parietal posterior.

## **10) RECONOCIMIENTO DEL COLOR “LOS FOTO-RECEPTORES”**

La visión de color es complementaria y enriquece a la visión de formas y movimientos ya que permite detectar objetos y formas que, en otras condiciones, no serían vistos. En efecto, la visión de color **augmenta el contraste** con el trasfondo.

El color depende de los objetos debido a que estos, por sus características, modifican la composición de longitudes de onda de la luz blanca (ambiental) que cae sobre ellos. Por lado existe una luz ambiental alrededor de los objetos que, aunque cambie, no altera ni el color que tienen los objetos ni la percepción que hacemos de él. El sistema visual realiza un procesamiento sobre la información de color que permite compensar esas variaciones. Aparece, entonces, asociada a la visión de colores la propiedad de la **constancia del color**.

En la percepción de color también se dan procesos cerebrales de abstracción en los que participan mecanismos de comparación del color de los objetos contra el color ambiental.

El sistema visual procesa el color usando, a nivel de la retina, tres tipos diferentes de conos que le permiten responder a diferentes regiones del espectro visible (para nosotros) de la luz. El rango del espectro de esta luz es muy estrecho ya que se define en el espectro electromagnético entre los 400 y los 700 nm. Además, la luz blanca, monocromática, presenta en ese rango una mezcla de longitudes de onda que se separan al hacerla pasar, en un cierto ángulo, por un prisma.

Los tres tipos de conos con los cuales se procesa la luz se caracterizan por tener una sustancia, el **11-cis-retinal**, que es sensible a la luz, unida a una proteína, una opsina, formando un pigmento, la **rodopsina**. Es la composición de la opsina, la que determina la longitud de onda que puede activar al pigmento.

En la figura apreciamos que los tres tipos de conos responden preferencialmente pero no exclusivamente a longitudes de onda corta, media y larga, dentro del espectro de la luz blanca.

La absorción de, por ejemplo, la longitud de onda corta, de **419 nm**, se hace por conos que tienen el pigmento adecuado y que al ser activado iniciarán en esos conos los procesos que llevan a la visión del **color azul**. A **531 nm** se absorbe para el **color verde** y a **559 nm** para el **rojo**. Estos serían los tres colores primarios con que trabajaría el sistema visual.

Los tres tipos de pigmentos se encuentran sólo en los conos. En los bastones hay otra rodopsina que absorbe principalmente a **496 nm** y que genera información para color **negro**.

Entonces, la visión de colores se basa en la existencia de tres tipos diferentes de fotorreceptores (conos) absorbedores de luz. Esta propiedad del sistema se llama **trivarianza**.

## **11) PROCESAMIENTO DEL COLOR EN LA VIA VISUAL**

- ✓ Efecto de contraste simultaneo de colores en la percepción del color de un objeto.
- ✓ Objeto: tiene una pared circular gruesa y está ubicado en un campo de fondo amarillo (1) o púrpura (2)
- ✓ El color del objeto gris depende del color del campo donde se le mira

La teoría de la trivarianza no explica todas las características de la visión de colores. Entre los fenómenos inexplicados tenemos:

**Incompatibilidad de colores.** Hay ciertos colores que nunca se pueden combinar u obtener por efectos de la luz blanca sobre un objeto. Por ejemplo, verde con rojo. No podemos percibir el verde-rojizo. Este fenómeno llevó a la teoría de los procesos de oposición. Según esa teoría hay tres pares de colores (o cualidades) que se excluyen porque son manejados en canales neuronales color-excluyentes, es decir, que pueden procesar una u otra cualidad de los siguientes pares: rojo-verde; amarillo-azul; blanco- negro. Por ejemplo, si un canal es excitado por el rojo, el verde le inhibe. Lo opuesto se puede dar en otro canal, que sea excitado por verde. Si se presentan ambos colores simultáneamente, ambos canales quedan silenciosos.

**Contraste de colores simultaneos.** Este fenómeno aun no aparece explicado. El se presenta cuando desde puntos vecinos emanan colores que se oponen pero que no se anulan si no que destaca más porque cambia su matiz.

## **12) APRENDIZAJE Y MEMORIA**

Aprendizaje y memoria son mecanismos específicos que se activan por estímulos ambientales y que son capaces de modificar las conductas. Además, esos estímulos pueden influir en la conducta a través de su interacción con programas genéticos.

El aprendizaje es un proceso por el cual adquirimos información que se traduce en conocimiento.

La memoria, desde un punto de vista general, es la retención o almacenamiento de información. Como tal, desde un principio se consideró que la memoria era una propiedad general de la corteza cerebral, como un todo. Sin embargo, en la actualidad se considera que existen distintas formas y sistemas de memorias y que pueden asociarse a diferentes regiones cerebrales.

Las **formas o tipos de memoria** son procesos en que hay reconocimiento de algo (de un objeto, de una cara) en el marco de un determinado tipo de información (auditiva, olfativa o visual). En los **sistemas de memoria**, en cambio, lo que se recuerda tiene, además, una implicación. Considerando la forma en que puede evocarse la memoria de los sistemas y el posible substrato biológico involucrado, los investigadores han tratado de distinguir la **memoria implícita** de la **explícita** y la **memoria declarativa** de la **no-declarativa**.

Las memorias explícita y declarativa se caracterizan porque hay una recolección consciente de informaciones y experiencias pasadas y de habilidades motoras, en que se recuerda cómo hacer las cosas. Su substrato anatómico se relaciona con el **lóbulo temporal medial**.

Las memorias implícita y no-declarativa recuerda las cosas como son y qué son. Representarían las influencias inconscientes de las experiencias pasadas. El substrato anatómico involucrado estaría representado por diversas estructuras diferentes al lóbulo temporal medial.

En los seres humanos se han definido cinco sistemas de memoria: de memoria episódica, de memoria semántica, de representación perceptual, memoria de procedimientos y memoria de trabajo.

### **13) APRENDIZAJE NO ASOCIATIVO**

El aprendizaje no-asociativo es uno de los procesos más básicos del aprendizaje. Aparece como efecto de la acción de un solo estímulo o evento que provoca un aumento de la probabilidad de respuesta si dicho evento vuelve a presentarse.

Cómo ejemplos de aprendizaje no-asociativo se describen los fenómenos de **habituación**, **deshabituación** y **sensibilización**.

En el caso de la habituación se produce una disminución de la respuesta ante los estímulos aplicados.

En la deshabituación se observa una recuperación de la respuesta habitual y se produce por efecto de otro estímulo pero de mayor intensidad.

En la sensibilización hay un aumento de la respuesta frente a un estímulo fuerte.

Como resultado del aprendizaje no-asociativo se desarrolla una memoria no-declarativa (implícita). Como substrato anatómico de este tipo de aprendizaje

se considera a los sistemas neuronales involucrados con algunos reflejos innatos.

## **14) APREDIZAJE POR CONDICIONAMIENTO CLASICO**

1. Curva que representa la intensidad del estímulo condicionado (3), en este caso, un timbre. No provoca respuesta (salivación)
2. Escala de tiempo que indica el comienzo y el término del estímulo
3. Estímulo condicionado. Estímulo que por sí mismo no provoca respuesta
4. Estímulo incondicionado (alimento) por cuya influencia se provoca respuesta (salivación)
5. Gráfico que indica el comienzo y el término del estímulo incondicionado
6. Gráfico que muestra el comienzo y el cese de la respuesta (salivación) provocada por el estímulo incondicionado.

El **condicionamiento clásico o Pavloviano** es una forma de **aprendizaje asociativo**, es decir, una forma de conducta en que se asocian estímulos y respuestas.

En el condicionamiento Pavloviano un estímulo, llamado **incondicionado**, que normalmente induce una respuesta dada se asocia o aparea a otro estímulo llamado **neutro** (y después **condicionado**) porque normalmente no provoca respuestas. El clásico ejemplo es el **experimento de Pavlov** en que un perro aumenta su secreción de saliva (**respuesta**) ante la visión del alimento (**estímulo incondicionado**). Si se repite el experimento, pero **asociando el sonido de un timbre o el efecto de una luz** a la presencia de ese estímulo incondicionado, se encontrará que al cabo de un cierto número de repeticiones de estas asociaciones, que bastará la presencia del timbre o de la luz (estímulo condicionado) para provocar el aumento de la secreción salival en el perro.

El típico condicionamiento estudiado por Pavlov se ha dado en llamar **clásico** o de **recompensa** o de **apetito**.

Si el estímulo condicionado se asocia a un estímulo desagradable, por ejemplo, un shock eléctrico, se condicionan además una serie de respuestas viscerales que forman un cuadro que caracteriza lo que se llamado respuestas aversión o de **miedo condicionado**.

## **15) CARACTERISTICAS DEL CONDICIONAMIENTO**

1. Curva que representa la intensidad del estímulo condicionado (3), en este caso, un timbre. No provoca respuesta (salivación)
2. Escala de tiempo que indica el comienzo y el término del estímulo
3. Estímulo condicionado. Estímulo que por sí mismo no provoca respuesta
4. Estímulo incondicionado (alimento) por cuya influencia se provoca respuesta (salivación)
5. Gráfico que indica el comienzo y el término del estímulo incondicionado
6. Gráfico que muestra el comienzo y el cese de la respuesta (salivación) provocada por el estímulo incondicionado.

Características importantes en el aprendizaje por condicionamiento clásico son:

- el **orden de los estímulos**. El estímulo condicionado precede al incondicionado.
- la **temporalidad**. El intervalo entre ambos tipos de estímulos es crítico para establecer su asociación.
- la **contigüidad**. Es el apareamiento entre ambos tipos de estímulos y determina una relación específica entre ellos.

## **16) LA MEMORIA**

En la actualidad esta cada vez más claro que no existe un solo tipo o sistema de memoria. Del concepto inicial de memoria, información almacenada, se ha evolucionado a la noción de sistemas de memoria y a la aceptación de la existencia de diferentes sistemas.

La idea de múltiples formas de memoria empezó a evolucionar desde el s. XIX y tuvo sus raíces en las ideas y trabajos de Gall y de De Biran, principalmente. Gall estableció que cada facultad de la mente tiene su propia memoria. De Biran distinguió tres tipos diferentes de memoria: la representativa o colección de ideas o de hechos; la mecánica, referida a la adquisición de hábitos y habilidades y la sensitiva, relacionada con los sentimientos. Por otra parte, algunos neurólogos sugirieron la existencia de centro de memoria, cada uno especializado en el manejo de información específica: auditiva, visual, motora. Bergson distinguió la memoria recolectiva y el aprendizaje de hábitos.

A partir de 1945 diferentes grupos de investigadores reconocen distintos tipos o formas de memoria y es entre 1960 y 1970 que, gracias al esfuerzo de psicólogos y neurocientistas se empieza a manejar el concepto de sistemas de memorias. Este avance fue posible gracias al estudio de casos clínicos y a trabajos experimentales con animales en los cuales, al quitar el hipocampo, se afectaban algunos aspectos de la memoria. Los criterios para definir un sistema de memoria son los siguientes:

- \* Existe un conjunto de procesos cerebrales interrelacionados que permiten almacenar y recuperar un tipo específico de información.
- \* Se puede caracterizar el modo de operación del sistema a través de una serie de propiedades bien definidas.
- \* Cada sistema se puede disociar o distinguir de los otros sistemas.

En el ser humano se están distinguiendo 5 sistemas de memoria:

- **memoria episódica**. Es la colección explícita de hechos que han ocurrido en una época y en un lugar determinado en el pasado de una persona. En el laboratorio, este tipo de memoria se mide a través de encuestas "ad hoc" de hechos ocurridos en el pasado. Daños en la **parte medial e interna del lóbulo temporal**, incluyendo el hipocampo, impiden la adquisición de nueva información relacionada con este tipo de memoria. También parece participar en ella **la corteza prefrontal**.

- **memoria semántica**. Es el conocimiento general de hechos y conceptos que no están ligados ni a lugares y/o fechas en particular. La adquisición de este tipo de memoria depende de la integridad del **lóbulo temporal medial**.

- **memoria de representación perceptual.** Identifica palabras y objetos sobre la base de su forma y estructura. Se distinguen tres subsistemas:

- el subsistema de forma visual de las palabras. Se encarga de las características físicas y ortográficas de las palabras
- el subsistema del sonido de las palabras. Se encarga de las características fonológicas y acústicas de las palabras.
- El subsistema de descripción estructural. Se preocupa de la relación entre las partes importantes para describir la estructura global del objeto.

A este tipo de memoria se relacionaría la **corteza occipital no-estriada**, el **girus temporal inferior** y el **girus fusiforme**.

Este tipo de memoria se relacionaría, además con el proceso de **priming** a través del cual se recuerda una palabra o un objeto solo identificando una parte de él.

- **memoria de procedimiento.** Recuerda habilidades y hábitos, es decir, el "saber cómo". Este tipo de memoria se adquiere gradualmente a través de la práctica repetida. Las regiones del sistema nervioso involucradas serían el **sistema córtico-estriatal**, es decir, **los ganglios basales y la corteza motora**.

- **memoria de trabajo.** Se refiere a la retención de información muy recientemente adquirida, en tiempos del orden de segundos. Permite mantener en forma pertinente, la información que se va necesitando durante el razonamiento, la solución de problemas, etc.

## 17) BASES NEURONALES DE LA MEMORIA O NEUROBIOLOGIA DE LA MEMORIA

La memoria es un fenómeno que presenta una clara dependencia funcional y estructural con el sistema nervioso. Este hecho es más comprensible aun si lo examinamos en función de la relación que existe entre las conductas corrientes de individuos normales y el proceso de aprendizaje.

Durante cualquier tarea de aprendizaje se pueden definir etapas que permiten, la adquisición de conocimientos, su almacenamiento y su reuso posterior después de una etapa de búsqueda y de especificación. Estas etapas representan procesos que están ligados en el tiempo y que, a su vez, demanda cada uno de ellos un tiempo de estabilización.

Cuando entra un estímulo al sistema se inicia la primera etapa del procesamiento que culmina con su almacenamiento en un **depósito de memoria**, de **corto plazo o reciente** (short-term memory store). En este compartimiento la información adquirida (memoria) puede permanecer por períodos de minutos. Luego ocurre una transformación de la información a un tipo de información más estable y permanente, que representa una etapa o sistema de almacenamiento duradero. Una vez establecida la memoria en esa condición o ubicación, puede ser allí buscada y recuperada para ser usada en tareas específicas, proceso que haría cumplir un sistema "ad hoc".

Hay factores como traumas accidentales (golpes) o experimentales (shock electroconvulsivo), o drogas, o inhibición de la síntesis de proteínas, que inducen selectivamente pérdida de la memoria sobre eventos ocurridos antes del trauma (amnesia retrógrada) o después de la recuperación de la conciencia (amnesia anterógrada).

La información clínica demuestra que la amnesia retrógrada puede variar en relación a eventos ocurridos desde segundos hasta años antes de la situación traumática. Es decir, puede haber pérdida o perturbación de la memoria reciente y la antigua no cambiar. Se asume entonces, que la memoria puede sufrir destrucción parcial o total de su contenido.

Pero igualmente se ha demostrado que la memoria duradera, a pesar de ser una condición estable, también se puede alterar interfiriendo con su mecanismo de búsqueda y/o de uso.

En el marco de estos antecedentes se asume que para diferentes formas de aprendizaje, la memoria resultante se ubica en diferentes estructuras del sistema nervioso, sugerencia que se ha visto confirmada en modelos artificiales de memoria, estudiados con medios computacionales. Algunas propiedades encontradas en esos modelos existirían en algunas redes neuronales del sistema nervioso. Así por ejemplo, en relación a los sistemas de memoria biológica, el procesamiento en paralelo sería una característica importante.

No todos los circuitos neuronales parecen tener el mismo grado de participación en la formación, almacenamiento y uso de memoria. Los **circuitos del cerebelo** y del **hipocampo** parecen ser los adecuados para los tipos de memorias implícita y explícita, respectivamente.

## **18) MEMORIA Y PLASTICIDAD**

A pesar de que aun son desconocidos los mecanismos celulares y moleculares del aprendizaje y de la memoria, se acepta que estos procesos se relacionan en alto grado con fenómenos de plasticidad neuronal.

Sabemos que la estructura de las neuronas y del sistema nervioso están determinados genéticamente y que, además, su desarrollo puede ser modificado por otros factores distintos, epigenéticos, como es la influencia de otras células y sus conexiones y por requerimientos ambientales. Decimos que el sistema nervioso es plástico ya que, en efecto, puede modificar su estructura y acciones. Uno de los niveles funcionales donde la plasticidad se muestra en forma indiscutida, es el sináptico. Dos fenómenos son considerados expresión importante de la plasticidad sináptica: la potenciación duradera (**LTP**) y la depresión duradera (**LTD**).

La LTP se expresa como un aumento persistente de la respuesta sináptica, representada por el PEPS, fenómeno que se puede inducir por un corto período de aumento de la actividad neuronal. La amplitud del PEPS representa el parámetro llamado fuerza sináptica.

El estudio de la LTP ha despertado especial interés no sólo como una de las principales expresiones de plasticidad sino que también por su relación, abordable experimentalmente, con el aprendizaje y la memoria.

A partir de los trabajos de Bliss y Lomo (1973), la LTP se ha descrito en diferentes tipos de sinapsis. Ellos demostraron que un estímulo breve pero de alta frecuencia sobre la vía perforante, entrada al giro dentado en el hipocampo, producía un aumento duradero de los potenciales locales registrados extracelularmente en CA<sub>3</sub>.

La LTP ha sido estudiada in vitro (cortes) e in vivo. Las siguientes características se han asociado a este fenómeno: cooperatividad, asociatividad, especificidad de entrada, especificidad espacio-temporal. Para producir la LTP es necesario usar estímulos fuertes (parte b), de alta intensidad, que activan varias fibras aferentes juntas. Los estímulos débiles (parte a) activan sólo un axón que inerva la dendrita de la neurona. Se aplican 2 estímulos.

En A se expresa la cooperatividad ya que no se produce LTP al usar dos estímulos débiles.

En B aparece la LTP al primer estímulo, siempre que se asocien los estímulos débiles y fuertes. La LTP es más clara aun si se aplican sólo estímulos fuertes. Asociatividad.

En C se aprecia que la estimulación tetánica fuerte, como la aplicada en b, sólo provoca LTP en esa vía.

Por cooperatividad se entiende que la probabilidad de producir LTP depende del número de aferencias estimuladas.

La asociatividad se relaciona con la convergencia de diferentes axones sobre el mismo blanco.

La especificidad de entrada define que la LTP solo esta relacionada con las aferencias que reciben la estimulación tetánica.

La especificidad espacio-temporal se relaciona con la dependencia que presenta la LTP de la asociación temporal que debe darse entre las aferencias que actúan sobre el mismo blanco.

La LTD también es un fenómeno sináptico que se describió primero en el hipocampo y después en otras regiones del sistema nervioso.

La LTD es considerada como mecanismo de aprendizaje en el cerebelo e, igualmente, como un proceso de inversión de la LTP, en el hipocampo y en la corteza cerebral, ya que en estas regiones se induce por una estimulación de baja frecuencia pero aplicada por períodos largos (1 Hz por 10 min).

## 19) ORGANIZACIÓN NEURONAL DEL HIPOCAMPO

El hipocampo es la estructura fundamental para el almacenamiento de la memoria explícita, lo cual se fundamenta en las características de plasticidad que presentan sus neuronas.

Al hipocampo se le incluye en el sistema llamado **formación hipocámpica**, en la cual se ubican además el giro dentado, el subículum, el presubículum, el parasubículum y la corteza entorrinal. Además, desde el punto de vista funcional esa formación es considerada dentro del llamado **sistema límbico**.

La formación hipocámpica presenta diversos tipos de neuronas. En la zona del giro dentado las neuronas forman tres capas claramente definidas:

- la **capa de las células granulares o capa principal**. Las dendritas de estas células se extienden perpendicularmente a la capa de células. Los axones de esas neuronas salen por el polo opuesto y son las llamadas **fibras mossy** y se dirigen al **hilus** hasta alcanzar la región CA 3.
- la **capa molecular acelular**, ubicada sobre la anterior.
- la **capa de las células polimórficas** o hilus, ubicada debajo de la capa principal.

El hipocampo propiamente tal se caracteriza por presentar una capa principal de neuronas, la **capa de las células piramidales**, que hace una trayectoria en forma de una C invertida y en la cual se distinguen tres regiones llamadas **CA<sub>1</sub>**, **CA<sub>2</sub>** y **CA<sub>3</sub>**.

Las células piramidales de la región CA<sub>3</sub> presentan un claro árbol dendrítico y emiten un axón. Las dendritas se dirigen al centro del hipocampo hacia el giro dentado. En estas dendritas se encuentran numerosas espinas dendríticas que reciben inervación de terminales excitadoras. Esa espinas son de mayor tamaño y son inervadas por fibras mossy.

Los axones de las células piramidales de CA<sub>3</sub> emiten colaterales, llamadas colaterales de Schaffer, que van a inervar a las células piramidales de CA<sub>1</sub>.

Además de las neuronas piramidales y granulares, existen numerosas **interneuronas**, que interactúan con ellas. La gran mayoría de esas interneuronas, en el giro dentado y en el hipocampo, son **GABAérgicas** y se presentan en diversas variedades:

- **células piramidales en canasto**. Se ubican en el giro dentado e inervan a los somas de las células granulares.
- **células mossy**. Se ubican en la capa de las células polimórficas y aunque son consideradas como interneuronas excitadoras, en realidad se trata de neuronas de proyección.

El circuito de la formación hipocámpica formado principalmente por las variedades de neuronas antes mencionadas se inicia en las neuronas de la **capa II de la corteza entorrinal**. Los axones de estas neuronas inician una vía, la vía perforante que pasa por el subículum y termina en el giro dentado y

en la región CA<sub>3</sub> del hipocampo. Sin embargo, las neuronas ubicadas en la capa III de la corteza entorrinal proyectan directamente a CA<sub>1</sub> y al subículum. Las neuronas del giro dentado envían sus axones (fibras mossy) a las dendritas de las células piramidales de CA<sub>3</sub>. Estas células envían axones a otras células de CA<sub>3</sub> y también a las células piramidales de CA<sub>1</sub> (colaterales de Schaffer).

Las células de CA<sub>1</sub> envían sus axones al subículum y a las capas profundas de la corteza entorrinal. Es decir, vuelve la información al circuito original.

## **20) LA LTP Y LA LTD**

- |                                            |                                                                 |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 1. Parte presináptica                      | 9. Espina dendrítica                                            |
| 2. Vesículas glutamatergicas               | 10. Canal de calcio regulado por voltaje                        |
| 3. Moléculas del neurotransmisor glutamato | 11. Concentración de calcio en la espina dendrítica             |
| 4. Receptor metabotrópico                  | 12. Quinasas dependientes de calcio                             |
| 5. Receptor a NMDA (canal de calcio)       | 13. Sistema de generación de mensajeros retrógrados (NO,CO)     |
| 6. Receptor no-NMDA                        | 14. Terminal nervioso hipersecretor                             |
| 7. Retículo endoplásmico                   | 15. Frecuencia de potenciales de acción que invaden el terminal |
| 8. Sistema generador de 2º mensajero       |                                                                 |

La **LTP** es un proceso complejo considerado como mecanismo que lleva al almacenamiento de algunos tipos de memorias, como la explícita. El fenómeno se ha estudiado en diferentes tipos de sinapsis, siendo las del hipocampo una de las más exploradas.

En el hipocampo hay tres vías aferentes importantes: la vía perforante, las fibras mossy y las colaterales de Schaffer. Por ejemplo, esa última vía hace sinapsis en las células piramidales de la región CA<sub>1</sub>. Si esta vía se estimula con un tren de estímulos de **alta frecuencia**, pero de **corta duración**, aumenta la magnitud de los PEPS con que responden las células piramidales y este aumento puede durar, en el animal intacto, horas o días o semanas. Es la **potenciación duradera** o LTP.

Para que aparezca la LTP se necesita usar estímulos fuertes, que activen muchas fibras aferentes simultáneamente. Por ello se considera que la LTP es **asociativa** ya que se produce un efecto cooperativo de los distintos terminales sobre una misma célula piramidal.

Otra característica de la LTP es ser **específica**, es decir, aparece sólo en las sinapsis involucradas por el estímulo.

La LTP requiere la participación tanto de la parte pre como de la post-sináptica. En ella se cumple, entonces la Regla propuesta por el psicólogo Donald Hebb (1949): "Cuando el axón de una célula A excita a otra célula B y repetidamente participa en la excitación de B, aparece un proceso de crecimiento o de cambio metabólico en una o en ambas células, de modo que aumenta la eficiencia de A para excitar a B".

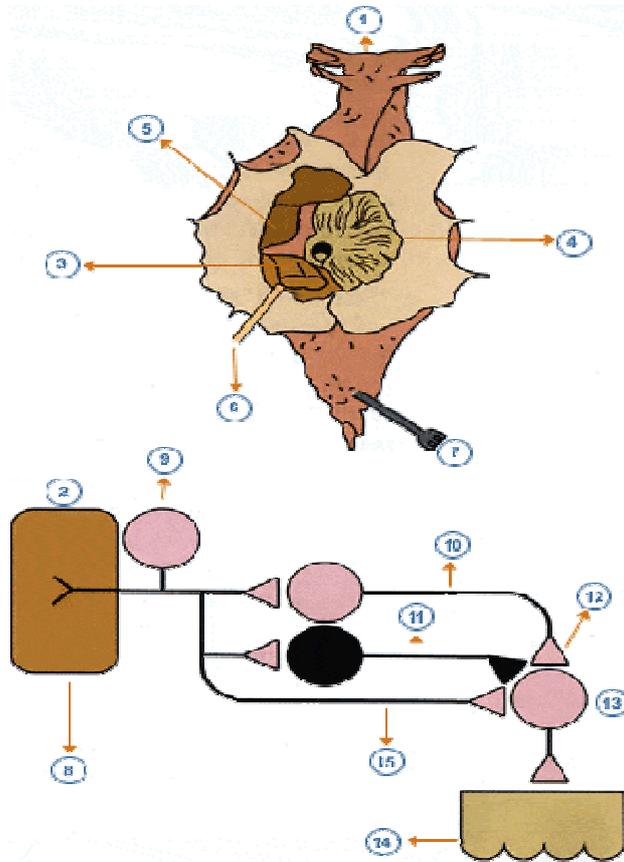
La **depresión duradera (LTD)** es considerada también como otra forma de expresión de plasticidad sináptica. También se le ha descrito en diferentes regiones. Se le considera un mecanismo propio de aprendizaje en **el cerebelo** o también, un proceso por el cual en otras regiones, como en el hipocampo o en la neocorteza, se puede revertir la LTP. En estas regiones si se usan trenes de pulsos de 10 estímulos a 100 Hz, se induce la LTP, pero si se estimula por un largo período (10 minutos) a 1 Hz, se induce la LTD.

En relación a las bases moleculares de estos fenómenos, se muestra en el esquema que si la sinapsis glutamatérgica de la región CA1 se estimula a baja frecuencia (parte A), el glutamato liberado va a actuar sobre los receptores NMDA y no-NMDA y se producirá entrada de  $Na^+$  y salida de  $K^+$  a través de los receptores de subtipo no-NMDA.

Cuando se aumenta la fuerza del estímulo y la membrana sináptica es claramente despolarizada (condiciones de estimulación claramente conducentes a LTP) se anula el bloqueo por el ión magnesio de receptor NMDA. Esta situación permite mayor entrada de  $Na^+$  y de  $Ca^{+2}$  y salida de  $K^+$  por esos canales. El resultado neto de esos efectos es el aumento del  $Ca^{+2}$  en la parte dendrítica, lo cual activa a quinasas dependientes de  $Ca^{+2}$  como la proteína quinasa dependiente de  $Ca^{+2}$  y calmodulina y la proteína quinasa C. Una de esas quinasas, una isoforma de la proteína quinasa C, queda persistentemente activa. Así queda inducido el estado de LTP: por despolarización, por entrada de  $Ca^{+2}$  y también la por activación por  $Ca^{+2}$  de la formación de **segundos mensajeros retrógrados**.

En relación a este último factor se ha propuesto que al activarse la parte postsináptica, se generan en ella moléculas como el óxido nítrico (**NO**) o el monóxido de carbono (**CO**) los cuales fluyen a la parte presináptica, de ahí lo de mensajeros retrógrados. Estos mensajeros provocarían en la parte presináptica la activación de proteínas quinasas que mantendrían aumentada la liberación de neurotransmisor estimulando la potenciación.

## 21) BASES CELULARES DEL APRENDIZAJE EXPERIMENTAL



1. Aplysia (caracol marino usado como modelo para estudiar la base neural de algunos de sus reflejos)
2. Arco reflejo del reflejo de retracción de la agalla (substrato anatómico)
3. Sifón
4. Agalla
5. Manto
6. Varilla usada para aplicar estímulos táctiles
7. Dispositivo para aplicar estímulos eléctricos o mecánicos fuertes
8. Piel del sifón
9. Neurona sensorial
10. Interneurona excitatoria. Vía indirecta
11. Interneurona inhibidora
12. Terminales nerviosos que inervan a motoneuronas
13. Motoneurona que excita retracción de la agalla
14. Agalla
15. Vía excitadora directa

Los estudios a nivel celular han sido fundamentales para avanzar en la comprensión de los mecanismos y procesos de las formas simples o más complejas del aprendizaje y de la memoria. Cambios elementales de conducta como la **habitación**, la **sensibilización** y el **condicionamiento** clásico, se han estudiado en animales que poseen un sistema nervioso más simple como es el caso del caracol marino, la **aplysia**.

Algunos de esos cambios, como la habituación, se consideran una forma de **aprendizaje implícito**. Otros como la sensibilización, es considerado como una forma, más compleja, de **aprendizaje asociativo**.

La aplysia es capaz de mostrar una serie de respuestas (reflejos) defensivas, como quitar la cola, recoger las agallas o el sifón, frente a estímulos agresivos. Por ejemplo, al estimular mecánicamente, con suavidad, el sifón se produce un retracción de ese órgano y también de las agallas. Al estimular mecánicamente la cola, el animal la retrae en un movimiento de evitación.

Ha sido posible correlacionar esas respuestas con el modelo neuronal presentado en B. Al aplicar un estímulo mecánico en la piel del sifón, se estimulan terminales nerviosos que lo inervan. Desde ellos se generan potenciales de acción que son excitadores y que estimulan directamente a las

motoneuronas, que al ser estimuladas, provocan contracción de las agallas. Pero también se estimulan interneuronas (excitadoras e inhibitoras) que también inervan a las motoneuronas que inervan las agallas.

Los potenciales que llegan a las motoneuronas por las tres vías mencionadas se **suman temporal y espacialmente** y será el resultado de esa interacción el que determinará la contracción de la agalla.

Si se repite esta forma de estimulación, los potenciales sinápticos producidos en las interneuronas y en las motoneuronas son cada vez menores, debilitándose el reflejo. Se ha explicado esta disminución de la respuesta por una baja en la liberación de glutamato, cuyo mecanismo se desconoce. Esta disminución de la respuesta se llama habituación y puede durar minutos. Se le considera una expresión de plasticidad sináptica y se le ha definido como representativo de un proceso de **memoria de corta duración**.

## **22) ESPECIALIZACION HEMISFERICA**

Los hemisferios cerebrales constituyen el cerebro, principal componente del encéfalo. Cada hemisferio cerebral se encuentra cubierto por una capa delgada de tejido nervioso (substancia gris), de 2-4 mm de espesor en el cerebro humano, la corteza cerebral. A simple vista, ella presenta una apariencia compleja, arrugada, donde segmentos alargados sobresalientes de ella, las circunvoluciones o girus, quedan separados entre sí por hendiduras pequeñas o mayores, las cisuras. La presencia de cuatro grandes cisuras (interhemisférica, de Rolando, de Silvio y perpendicular externa) divide a la corteza cerebral de la cara externa de cada hemisferio en cinco grandes áreas o lóbulos.

Pero también en cada hemisferio, debajo la corteza cerebral, existe un volumen de substancia blanca, tejido nervioso formado por haces de fibras o tractos nerviosos que rodean a masas de substancia gris, los ganglios o núcleo cerebrales. Además en cada hemisferio se encuentran sendas cavidades, los ventrículos laterales donde se forma y circula el líquido céfalo-raquídeo.

Los tractos que forman la substancia blanca en cada hemisferio son: de proyección, de asociación y comisurales.

Los **tractos de proyección** están formados por axones que descienden desde estructuras cerebrales hasta el tronco o hasta la médula espinal y por otros axones que ascienden desde la médula y el tronco hacia el cerebro.

Los **tractos de asociación** son los más abundantes en cada hemisferio y unen las diferentes circunvoluciones en cada uno de ellos.

Los **tractos comisurales** están formados por axones que pasan de un hemisferio a otro y constituyen dos estructuras: el **cuerpo calloso** y las **comisuras** (anterior y posterior).

Cada hemisferio cumple una serie de funciones cada una de las cuales se asocia a una determinada región, sin embargo, cada hemisferio y el cerebro

trabajan en forma unitaria. Así, podemos distinguir en cada hemisferio funciones motoras, sensitivas y de integración. A través de esas funciones se generan interacciones que conforman los mecanismos básicos de funciones cerebrales como la conciencia, la atención, el lenguaje, las emociones y la memoria.

## **23) METODOS DE ESTUDIO DE LA ESPECIALIZACION**

A pesar de la similitud estructural que presentan los hemisferios cerebrales, a través de diferentes métodos y enfoques experimentales ha sido posible definir y caracterizar diferencias estructurales y aparentemente funcionales entre ambos hemisferios.

- **Observaciones clínicas.** Las lesiones y los accidentes vasculares suelen dañar regiones específicas del cerebro las cuales pueden ser, posteriormente, visualizadas mediante el uso de técnicas no-invasivas como son los métodos de obtención de imágenes de cerebros de pacientes. Se ha tratado de correlacionar la ubicación de esas lesiones con disfunciones específicas. Sin embargo, la correlación ha resultado pobre.

- **Separación quirúrgica de los hemisferios.** Se ha logrado separar los hemisferios de pacientes epilépticos en los cuales, con fines terapéuticos, se les ha cortado parte importante de los axones que cruzan, en el cuerpo caloso de un hemisferio a otro. En estos pacientes se han aplicado dos tipos de test para estudiar el funcionamiento de los hemisferios separados.

- **presentación de campo visual dividido:** se les presenta un campo visual donde se ubica un estímulo a una cierta distancia del punto de fijación, en uno de los semi-campos. Se demuestra que cada hemicampo proyecta a áreas visuales primaria separadas de cada hemisferio lo que corresponde a una separación de casi 100% del procesamiento visual.
- **audición dicótica:** se presentan estímulos auditivos simultáneamente en ambos oídos, pero sólo uno de los oídos aparece percibiendo el estímulo específico. Al presentar dos estímulos diferentes predomina el procesado por el hemisferio izquierdo.

- **Estudios conductuales.** Los test anteriores se han aplicado a sujetos normales para ver con que hemisferio se logra un procesamiento más rápido (hemisferio especializado).

- **Experimentos de imágenes.** Se estudia la lateralización cerebral midiendo las diferencias que resultan en cada hemisferio en: el EEG, la magnetoencefalografía (MEG), la tomografía de emisión de positrones (TEP), la resonancia magnética. Estas dos últimas técnicas están basadas en el uso de material radioactivo, como trazador, lo cual que permite medir los cambios de flujo sanguíneo en la región funcionalmente activa.

## 24) DIFERENCIAS ANATOMICAS ENTRE LOS HEMISFERIOS

Tradicionalmente se nos ha demostrado que existe una gran similitud anatómica entre ambos hemisferios cerebrales. Sin embargo, estudios de sus funciones, de las conductas, del daño cerebral, de su separación quirúrgica, sugieren diversos tipos de diferencias entre ambos hemisferios. Esos estudios han demostrado ubicación preferencial de determinadas funciones en uno o en otro hemisferio (lateralización). Pero también, los esfuerzos tendientes a demostrar dicotomías cerebrales en relación a determinadas funciones, por ejemplo, que el cerebro izquierdo sea analítico y el derecho integrador, o que el izquierdo verbal y el derecho conceptual, etc. no han dado aun resultados concluyentes.

En todo caso hay diferencias anatómicas que sugieren diferencias funcionales:

- existen asimetrías anatómicas en el lóbulo temporal, en la cisura de Silvio y en girus de Heschl. Por ejemplo, el planum del lóbulo temporal del lado izquierdo es mayor que el del lado derecho. La cisura de Silvio del hemisferio izquierdo es más larga en los individuos en que predomina el uso de la mano derecha.
- áreas relacionadas con el lenguaje hablado muestran asimetrías. Por ejemplo, el área Tpt, ubicada en la circunvolución temporal superior (en su tercio superior) es mayor en el hemisferio izquierdo.

## 25) HABILIDADES VISUALES Y HEMISFERIOS

Los hemisferios cerebrales difieren en sus capacidades de manejo y de procesamiento de la información visual igual que en sus habilidades en relación al lenguaje. En cerebros cuyos hemisferios han sido separados se ha estudiado la atención y la capacidad de percepción. Al separa los hemisferios no hay paso de información entre ellos por lo que no es posible lograr una integración cruzada con la información visual y el hemisferio que no recibe información no participa en la percepción. Lo mismo ocurre con la información relacionada con la esterognosia pero no con la referida a las localizaciones espaciales.

En los humanos hay una pequeña área del campo visual, no más de dos grados, desde la cual la información llega a ambos hemisferios, aunque estén separados. En efecto, en experimentos de atención espacial se ha visto que la atención se puede fijar en cualquier hemicampo y tanto en sujetos normales como con hemisferios separados, ambas estructuras participan en el proceso de atención. Ambos hemisferios parecen compartir los procesos y mecanismos relacionados con el fenómeno de la atención cuando se trata tareas cognitivas y de percepción, pero cuando esos recursos se aplican a una determinada tarea muy reducidos son los que se aplican, simultáneamente, otra. Así, en estudios con hemisferios separados se ha encontrado que mientras uno de ellos trabaja en el procesamiento de la información relacionada con un cierto tipo de estímulo, el otro trabaja mejor recordando la condición en que fue presentado dicho estímulo. Si ambos hemisferios trabajan simultáneamente en el procesamiento de tres estímulos diferentes, la performance de cada hemisferio se bloquea.

Normalmente el tiempo que toman los hemisferios de un sujeto normal en procesar la información visual depende del número de objetos o ítems sometidos a análisis, en cambio, en los hemisferios separados ese tiempo se reduce a la mitad. Sin embargo, se ha establecido que cada hemisferio usa una estrategia diferente para examinar el contenido de su campo. El hemisferio izquierdo, dominante, utiliza una estrategia cognitiva (smart), es decir, guiada para ese proceso.

Los hemisferios difieren en el proceso de codificación de las formas visuales. El izquierdo almacena categorías de ellas (tal vez prototipos) en cambio el derecho usa ejemplos específicos (por ejemplo, imagen de un perro específico). Sin embargo, esas diferencias también han tratado de explicarse como debidas a la forma de manejo de la información codificada. Estas hipótesis se han explorado experimentalmente. Así, para estudiar el almacenamiento de prototipos se usan sistemas de rectángulos cuadrículados (cinco cuadrados por cinco cuadrados) de los cuales hay cuatro cuadrados de otro color, que se distribuyen en formas especiales para configurar dos prototipos. Esos prototipos se pueden cambiar moviendo a otras ubicaciones los cuadrados de color. Posteriormente, los prototipos y sus variaciones son presentados a los sujetos a fin de que ellos puedan en una de dos categorías. Se ha encontrado que los sujetos pueden categorizar correctamente los prototipos originales sin que los conozcan previamente y lo hacen con mayor seguridad que cuando deben enfretar variaciones de ellos.

A través de estos tipos de experimentos también se encontró que los hemisferios procesan en forma diferente prototipos y ejemplos específicos. Este fenómeno también se comprobó con otros tipos de test (completar filas de raíces de palabras) a través de los cuales, además, se encontró que en los sujetos, sometidos a estas tareas, se pone en juego el fenómeno de "priming", es decir una forma de aprendizaje o memoria basada en el uso de ciertas pistas o rastros (como palabras o derroteros visuales) que se han mostrado previamente. Este fenómeno esta más facilitado en el hemisferio derecho que en el izquierdo lo que ha sugerido que ese hemisferio procesa preferentemente ejemplos específicos..

En cuanto a las categorías visuales, los test usados han demostrado que el hemisferio izquierdo es mejor que el derecho para almacenar información de categorías visuales.

Otro tipo de información hacia la cual el comportamiento de los hemisferios parece ser diferencial es la relacionada con la llamadas frecuencias espaciales: estas corresponden al número de figuras (barras, tiras) oscuras y luminosas que se alternan regularmente en una unidad de espacio (por ejemplo, 1 grado de ángulo visual). El hemisferio izquierdo parece estar más capacitado para codificar en la memoria modelos de alta frecuencia espacial mientras que el derecho lo es para las de baja frecuencia espacial.

El hemisferio izquierdo es relativamente bueno para categorizar (definir) relaciones espaciales (arriba-abajo; izquierda-derecha) mientras que el derecho lo es para codificar relaciones espaciales métricas.

## **26) EL LENGUAJE Y LOS HEMISFERIOS**

El lenguaje es la forma, típicamente humana, como se transmite información compleja entre personas y las conductas relacionadas con este proceso son muy complejas. Las personas suelen utilizar en una conversación corriente alrededor de 180 palabras por minuto, sin esfuerzo y con gran perfección. Las palabras que se usan se obtienen de un diccionario mental, léxicon que contiene 60 000 a 120 000 palabras. Hay un lenguaje de generación de palabras y otro de comprensión de ellas. La forma en que está organizado el lenguaje es la gramática y los sonidos de las palabras son los fonemas, que no hay que confundirlos con las letras que son sólo representaciones de sonidos, sin significado mayor.

Los hemisferios cerebrales muestran diferentes capacidades frente al lenguaje. Ambos hemisferios manejan un lenguaje pero el lenguaje del hemisferio izquierdo tiene una estructura distinta de la del derecho.

En sujetos con hemisferios separados se ha encontrado que el hemisferio izquierdo es capaz de comprender todos los aspectos del lenguaje mientras que el derecho parece ser más limitado en este aspecto. Sin embargo, la capacidad del léxicon de ambos hemisferios parece ser similar. Pero, por otra parte, se ha demostrado que en la población general el léxicon usado es el del hemisferio izquierdo.

El fenómeno de priming no parece existir en el hemisferio derecho separado y este hemisferio también parece tener deficiencias para evaluar antónimos.

En sujetos normales se ha aplicado el método del campo visual dividido a la tarea de identificar, lo más rápidamente posible, si una fila de letras constituye una palabra. Cuando dicha fila se presentó en el campo visual derecho (analizado por el hemisferio izquierdo) la identificación correcta fue más frecuente. Ello se ha interpretado como debido a la existencia en ese hemisferio de los procesos necesarios para el cumplimiento de esas tareas. Además, en estos estudios se ha encontrado que las palabras se reconocen más fácilmente si previamente los sujetos son familiarizados con palabras semánticamente similares.

Aunque se ha demostrado en sujetos con hemisferios separados, que el hemisferio derecho tiene su propio léxicon y es capaz de realizar juicios gramaticales, estos hemisferios aislados trabajan en forma errática en relación a otras propiedades del lenguaje, como en la comprensión de las formas verbales, las pluralizaciones, el uso de los posesivos, distinción de la diferencia entre activo y pasivo, el uso del orden de las palabras.

En los sujetos diestros el hemisferio izquierdo parece ser importante en procesos sintáxicos. Por ejemplo, descomponer una palabra en componentes más simples con su propio significado o la representación de la raíz de una palabra. Ello se concuerda con que la producción del habla y su comprensión se dañan o se interrumpen luego de una lesión en el hemisferio izquierdo.

**John H Negrete Ramos**  
**Neuropsicología Clínica**

El hemisferio derecho es inapropiado para el pensamiento asociativo. Por ejemplo, como se indica en la imagen, cuando se le pide a cada hemisferio relacionar dos de los cuatro cuadros y elegir cual de los cuatro cuadros se relacionan más entre sí, el hemisferio izquierdo lo hace fácilmente, no así el derecho.

***“Creo que no existe computadora más exacta que el cerebro humano”.***

***John H Negrete R***