

Sistema nervioso y su aplicación clínica

Leonardo Flavio Medina Guillen

Resumen

El capítulo explora el sistema nervioso y su relevancia clínica. Este sistema, compuesto por células especializadas, recibe y transmite estímulos sensitivos, junto con regular las funciones corporales en conjunto con el sistema endocrino. Se divide en Sistema Nervioso Central (SNC) y Sistema Nervioso Periférico (SNP). El SNC comprende la médula espinal y el encéfalo, protegidos por las meninges. La médula espinal procesa información sensorial y se conecta con el tallo cerebral, responsable de regular la excitación y conciencia. El SNP abarca el Sistema Nervioso Simpático y Parasimpático, que regulan funciones como músculos lisos, glándulas, sistema genital y endocrino. Se explora el sistema límbico, relacionado con las emociones, incluyendo el hipotálamo y su influencia en el comportamiento y la memoria. Además, se detalla la organización del cerebro, destacando la corteza cerebral y áreas especializadas, con ejemplos clínicos como el de Phineas Gage para ilustrar efectos de lesiones en la personalidad, y funciones específicas de los lóbulos cerebrales.

Palabras clave:

Corteza Cerebral; Neuroanatomía; Neurofisiología; Sistema Nervioso.

Medina Guillen, L. F. (2024). Sistema nervioso y su aplicación clínica. En L. F. Medina Guillen y L. C. Milian (Eds). *Funciones corticales superiores: Neuroanatomía, neurofisiología y su relación disfuncional*. (pp. 71-109). Religación Press. <http://doi.org/10.46652/religacionpress.140.c131>



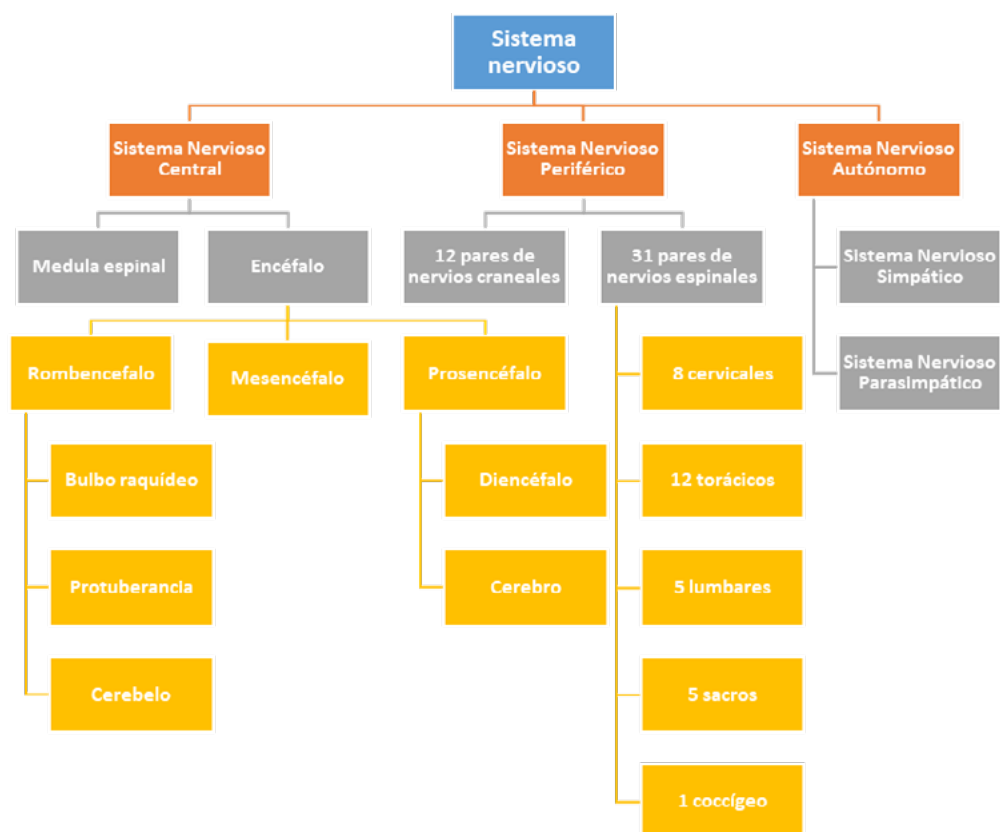
Objetivo: correlacionar bases de anatomía del sistema nervioso con sus funciones para su correcta aplicación clínica.

Sistema nervioso

Definición: es un sistema conformado por células especializadas que tienen por función recibir estímulos sensitivos y transmitirlos a los órganos efectores (Snell, 2007).

Junto con el sistema endocrino controla las funciones del organismo. En especies superiores es capaz de almacenar estímulos sensitivos recibidos y canalizarla hacia una vía eferente común (Snell, 2007). En la figura 1 se observa una esquematización del sistema nervioso.

Figura 1. Estructura del sistema nervioso.



Fuente: Snell, 2007.

División del sistema nervioso

Sistema Nervioso Central (SNC)

La medula espinal y el encéfalo son sus principales estructuras. Es donde se produce la correlación e integración nerviosa. Están protegidos por las meninges, paquimeninges (duramadre) y leptomeninges (aracnoides y piamadre), dentro las que se encuentra el espacio subaracnoideo y el Líquido Céfalo Raquídeo (LCR). Su conformación celular es por neuronas (sustancia gris) y neuroglía (sustancia blanca) (Snell, 2007; Turlough Fitzgerald et al., 2012).

Medula espinal

Es la parte más caudal del SNC, recibe y procesa información sensorial (piel, articulaciones, etc.), participa en el control de extremidades y tronco. Consta de cuatro porciones: cervical, torácica, lumbar y sacrocoxígea. Se continua con el tallo cerebral (bulbo raquídeo, protuberancia y mesencéfalo) el cual participa en la regulación de los niveles de excitación y consciencia por medio de la formación reticular. El tronco posee diversos cuerpos celulares (núcleos) los cuales participan desde la recepción de sensaciones, control de salud motora, audición equilibrio y gusto (Kandel et al., 2012).

Encéfalo

Rombencéfalo

- Bulbo raquídeo (medula oblongada): es la continuación rostral directa con la medula espinal e incluye centros de funciones autónomas (digestión, respiración y frecuencia cardíaca) (Kandel et al., 2012).
- Protuberancia: continuación rostral a la medula oblongada, transmite información sobre el movimiento de los hemisferios cerebrales al cerebelo (Kandel et al., 2012).
- Cerebelo: se localiza detrás de la protuberancia y se conecta al tronco encefálico mediante sus fibras principales (pedúnculos); modula la fuerza, la coordinación motora y el aprendizaje de habilidades motoras (Kandel et al., 2012).

Mesencéfalo

Se ubica rostral a la protuberancia, participa en el control de funciones sensoriales y motrices (movimiento ocular y coordinación de receptores auditivos y visuales) (Kandel et al., 2012).

Prosencéfalo

- **Diencéfalo:** se encuentra rostral al mesencéfalo y contiene dos estructuras (Kandel et al., 2012):
 - **Tálamo:** procesa la información proveniente del SNC al cerebro.
 - **Hipotálamo:** regula funciones endocrinas, autonómicas y viscerales.
- **Cerebro:** es comprendido por dos hemisferios cerebrales, conformado cada uno por (Turlough Fitzgerald et al., 2012; Kandel et al., 2012):
 - **Corteza cerebral:** consta de 5 lóbulos (frontal, temporal, parietal, occipital y lóbulo de la ínsula).
 - **Núcleos basales:** regulan los movimientos motores, en la literatura se describen 4:
 - Núcleo caudado.
 - Núcleo lentiforme.
 - Núcleo subtalámico en el diencéfalo.
 - Sustancia negra en el mesencéfalo.
 - **Hipocampo:** involucrado en los procesos de la memoria.
 - **Amígdalas:** coordina respuestas endocrinas y autonómicas según los estados emocionales.

Sistema Nervioso Periférico (SNP)

Consiste en un haz de fibras nerviosas que dirigen información hacia el SNC y desde el SNC hacia la periferia. Compuesto por nervios craneales, espinales y núcleos asociados (Snell, 2007).

Pares craneales

En la figura 2 se describen los pares craneales, su tipo de fibras y sus funciones.

Nervios espinales

Cada uno proporciona dos raíces (Snell, 2007; Turlough Fitzgerald et al., 2012):

- **Raíz anterior:** fibras que conducen impulsos desde el SNC (eferentes), algunas se dirigen hacia los músculos esqueléticos causando su contracción (fibras motoras)

encontrándose en el asta gris anterior de la medula espinal.

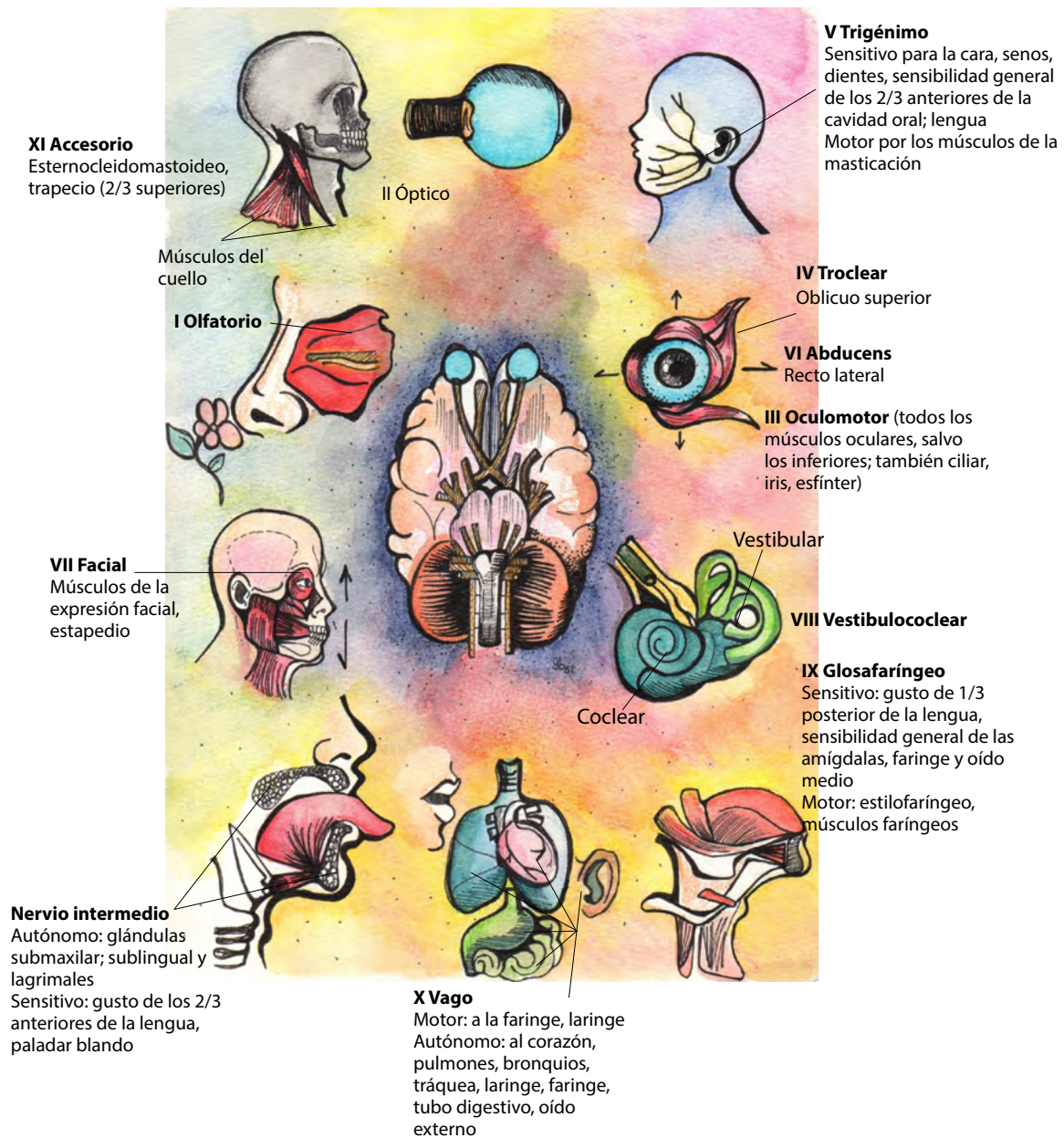
- Raíz posterior: fibras que llevan información al SNC (aférentes), proporcionan información sobre sensaciones de dolor, temperatura, tacto, y vibración (fibras sensitivas) constituyendo la raíz posterior.

Sistema Nervioso Autónomo (SNA)

Está encargado de inervar a las estructuras involuntarias sin control consciente del organismo (corazón, músculo liso, glándulas) y regulan del medio interno del cuerpo (homeostasis) mediante diversas estructuras que se observan en la figura 3. Se divide en (Snell, 2007; Cardinali, 2007):

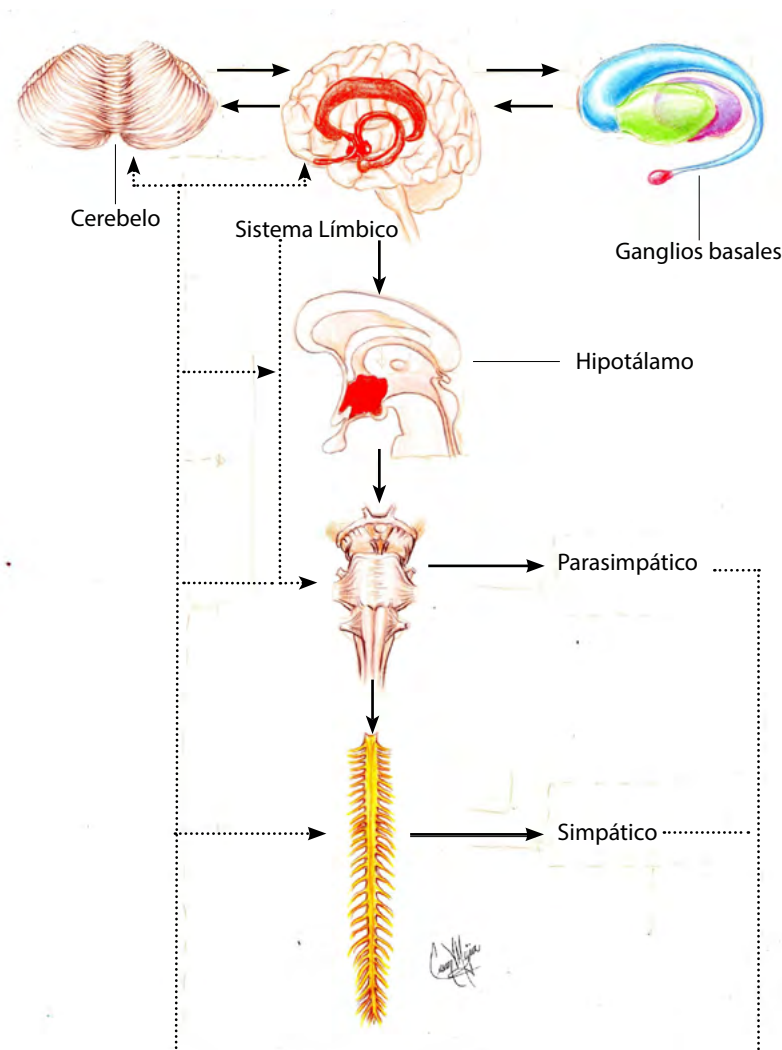
- Sistema Nervioso Simpático (SNS): emerge de la porción torácica de la medula espinal y de los dos a tres primeros segmentos lumbares (por lo que es denominada toracolumbar). Prepara al cuerpo para situaciones de emergencia y dentro de sus efectores se encuentran (figura 3); a) músculo liso, b) corazón y pulmones, c) glándulas, d) tejido aposo, hígado, órganos linfohematopoyéticos y e) riñones. Los axones terminales autonómicos que se dirigen hacia los órganos eferentes se dividen en:
 - Neuronas preganglionares: axones mielínicos con fibras tipo B que terminan en ganglios paravertebrales o prevertebrales.
 - Ganglios paravertebrales (prevertebrales): extendidos desde la base craneal hasta el sacro de donde nacen las fibras postganglionares y están conformados por los ganglios celiaco, mesentérico superior y mesentérico inferior.
- Neuronas postganglionares: son axones amielínicos que pueden tomar dos caminos:
 - Formando ramos grises en nervios espinales: se distribuyen en dermatomas.
 - Formando nervios especiales: inervan regiones cefálica, torácica, abdominal y pelviana.

Figura 2. Función de los pares craneales.



Fuente: Bendeck, 2024.

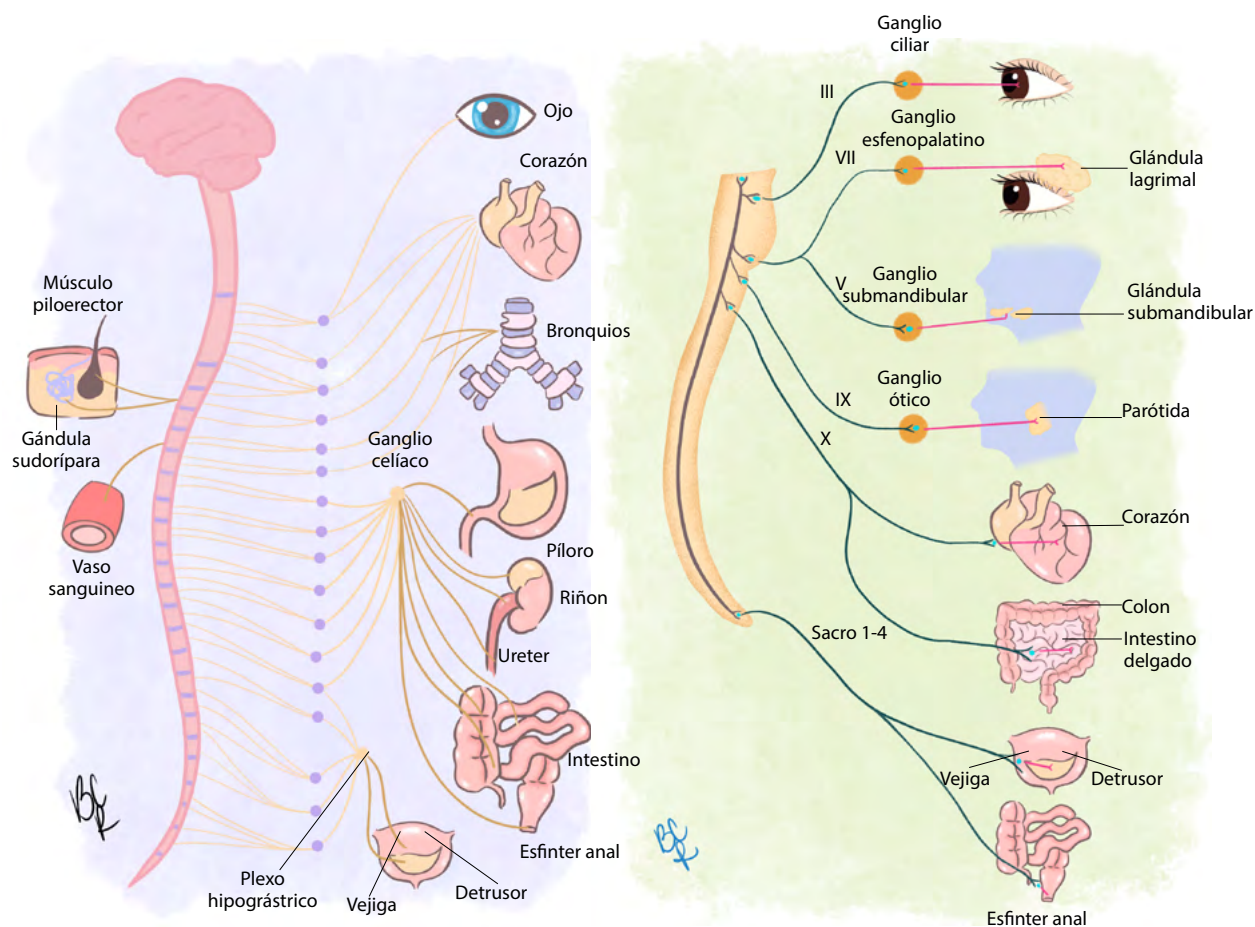
Figura 3. Vía motora del sistema nervioso autónomo.



Fuente: Mejía, 2024.

- Sistema Nervioso Parasimpático (SNP): se origina del tronco encefálico y medula sacra (por lo que se le denomina craneosacro), la mayoría de sus fibras son amielínicas y está dirigido a conservar y restablecer la energía. Dentro de sus efectores encontramos: a) músculo liso y glándulas del tubo digestivo, b) órganos excretores, c) sistema genital, d) órganos linfohematopoyéticos y endocrinos, f) músculos intraoculares (figura 4).

Figura 4. Sistema nervioso simpático y parasimpático.

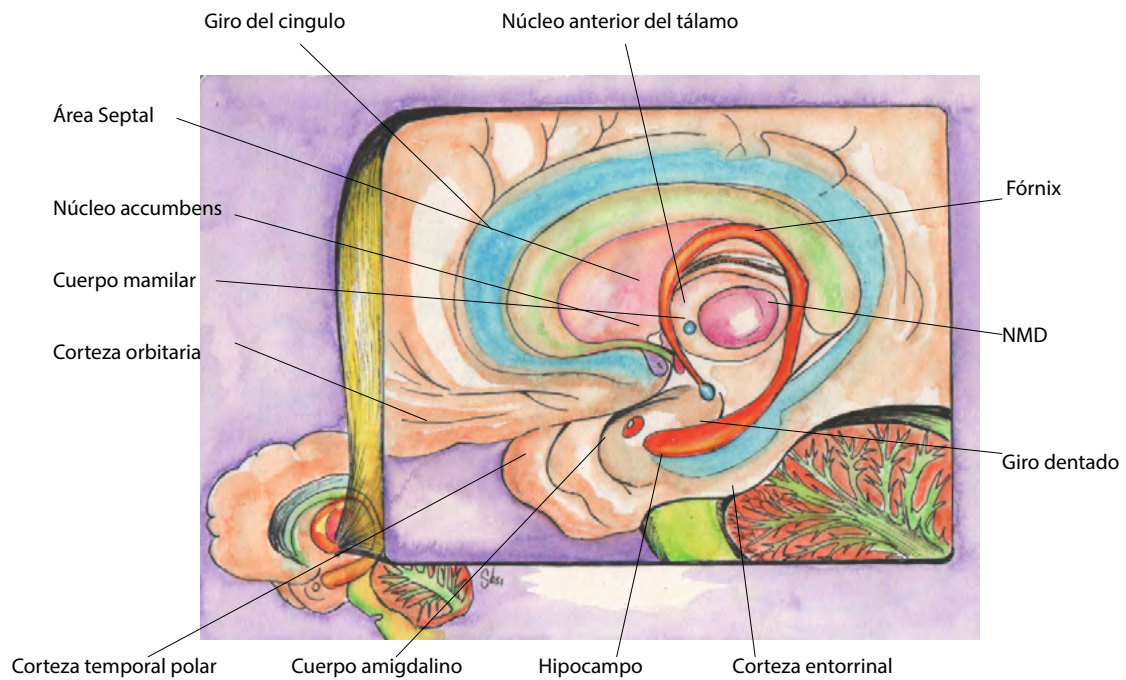


Fuente: Carranza, 2024.

Sistema límbico

La palabra «límbico» significa «limítrofe» y deriva de *limbus* que significa anillo, debido a que sus estructuras y vías forman un anillo alrededor del diencefalo. En su origen, este término se empleó para describir las estructuras fronterizas que rodean a las regiones basales del cerebro (figura 5) pero cuanto más se ha estudiado sus funciones, la expresión *sistema límbico* se ha ido dilatando para referirse a todo el circuito neuronal que controla el comportamiento emocional, a través del hipotálamo y sus conexiones con el SNA y el control del sistema endocrino. Influyen en aspectos del comportamiento emocional, en concreto, reacciones de miedo, enojo y comportamiento sexual, iniciativa, memoria (participa en el proceso de transición de la memoria reciente a largo plazo), interpretaciones individualizadas de estímulos externos e internos, impulsos de las motivaciones y control endocrino (Snell, 2007; Kandel et al., 2012; Guyton y Hall, 2015; Felten y Shetty, 2010).

Figura 5. Sistema límbico.



Fuente: Bendeck, 2024.

Las estructuras límbicas son la circunvolución subcallosa, cingular y parahipocámpica, tubérculos mamilares, tracto mamilotalámico, núcleo talámico anterior, hipocampo, álveo, fimbria, fórnix, núcleo amigdalino y la estría terminal constituyen vías conectoras de este sistema (Snell, 2007).

Hipotálamo

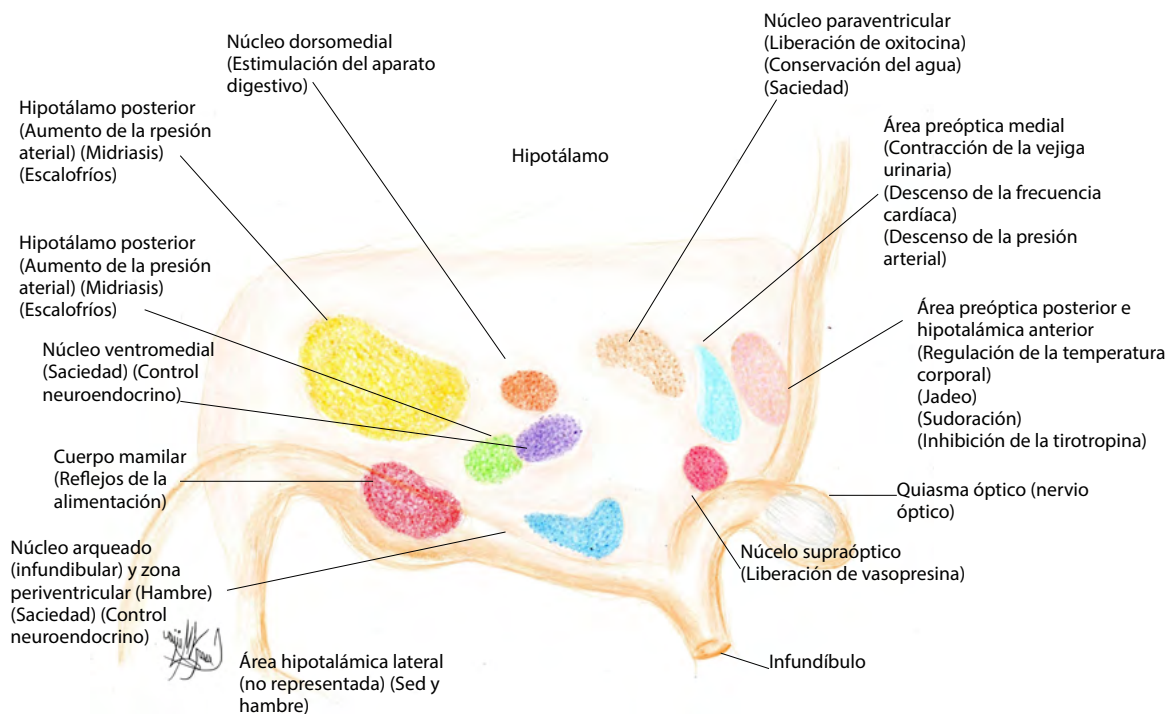
Es el centro del control del sistema límbico el cual se encarga de la conservación del individuo y la especie (supervivencia, reproducción, crecimiento, metabolismo, ingesta de alimentos, balance hídrico, ataque y defensa, control de la temperatura, ciclo sueño-vigilia y memoria), regula la mayoría de las funciones vegetativas y endocrinas del cuerpo (figura 6). Pese a su pequeño tamaño posee vías de doble comunicación (aferentes y eferentes) en todos los estratos del sistema límbico enviando eferencias en 3 direcciones (Turlough Fitzgerald et al., 2012; Guyton y Hall, 2015):

1. Posterior e inferior: en dirección al tallo cerebral, orientadas principalmente a las áreas reticulares del mesencéfalo, protuberancia y bulbo raquídeo, y posteriormente se dirige hacia los nervios autonómicos.
2. Superior: en dirección hacia el telencéfalo y zonas altas del diencefalo,

particularmente los núcleos anteriores talámicos y las porciones límbicas de la corticales.

3. Infundíbulo hipotalámico: orientadas al control de las funciones secretoras de la neurohipófisis y adenohipófisis.

Figura 6. Hipotálamo: partes y sus funciones.



Fuente: Mejía, 2024.

Funciones e importancia del hipotálamo en la conducta

Control hipotalámico de la hipófisis

El control se produce mediante dos grupos de células neuroendocrinas, neuronas parvocelulares pequeñas y neuronas magnocelulares grandes, sus somas se ubican en el área hipofisiotrófica en la mitad inferior de las regiones preóptica y tuberal. Los núcleos contribuyentes son el preóptico, supraóptico, paraventricular, ventromedial, arqueado o infundibular (Turlough Fitzgerald et al., 2012).

Sistema neuroendocrino parvocelular

Forman el tracto tuberoinfundibular que llega al lecho capilar infundibular, los potenciales de acción dependientes de calcio de estas neuronas resultan en exocitosis de hormonas de liberación y de inhibición (cuadro 1). La única no peptídica es la hormona inhibidora de prolactina, que es secretada por el núcleo arqueado (infundibular). Dentro de los controles que efectúa este sistema se encuentra la despolarización del sistema límbico, la hiperpolarización por neuronas GABA de circuito local y la inhibición de la liberación del neurotransmisor, a través de intercalares de liberación de opiáceos, abundantes en la región intermedia del hipotálamo. Lo complejo de este sistema es que otros moduladores pueden liberarse a los vasos portales y activar las células neuroendocrinas de la adenohipófisis. En el caso del estrés, se provoca un aumento de la secreción de la hormona adrenocorticotrópica (ACTH) que estimula a la corteza suprarrenal y eleva la concentración plasmática de glucocorticoides, esto incluye el cortisol, el cual ejerce retroinhibición, por consiguiente, excita las neuronas hipotalámicas inhibidoras que tienen receptores glucocorticoides. En pacientes con depresión este sistema de retroalimentación falla (Turlough Fitzgerald et al., 2012).

Cuadro 1. Hormonas hipo-talámicas de liberación/inhibición de neuronas parvocelulares.

RH/IH	Hormona del lóbulo anterior
RH de corticotropina (corticoliberina)	ACTH
RH de tirotropina (tiroliberina)	Tirotropina
RH de la hormona del crecimiento (somatoliberina)	Hormona del crecimiento (somatotropina)
IH de la hormona del crecimiento (somatostatina)	Hormona del crecimiento (somatotropina)
RH de la prolactina	Prolactina
IH de la prolactina	Prolactina
RH de gonadotropina (gonadoliberina)	FSH/LH

Fuente: Turlough Fitzgerald et al., 2012.

Sistema neuroendocrino magnocelular

En los núcleos supraóptico y paraventricular se origina el tracto hipotálamo-hipofisiario que desciende a la neurohipófisis, también reciben contribuciones menores desde neuronas opiatérgicas y peptidérgicas en la región periventricular del hipotálamo y neuronas aminérgicas del tallo cerebral. A su vez, se encuentran las hormonas antidiuréticas (vasopresina) y oxitocina. Las dilataciones axonales que contienen estos gránulos secretorios (cuerpos de Herring) suponen prácticamente la mitad del volumen de la neurohipófisis (Turlough Fitzgerald et al., 2012).

Hormona antidiurética (ADH)

Estimula la absorción de agua en los túbulos contorneados distales y los túbulos colectores de los riñones; su principal regulador es la presión osmótica de la sangre (Turlough Fitzgerald et al., 2012).

Oxitocina

Participa en el reflejo neurohumoral cuando el lactante succiona la mama y se da la comunicación entre el brazo aferentes del reflejo y el hipotálamo por el tracto espinorreticular, en donde, se libera oxitocina por esta estimulación, lo que induce la secreción de leche por parte de las células mioepiteliales que rodean los conductos galactóforos de la mama. Esta hormona también participa en la estimulación del músculo uterino durante el parto (Turlough Fitzgerald et al., 2012).

Centros autónomos

La región hipotalámica anterior induce efectos parasimpáticos (disminuye la frecuencia cardíaca, constricción pupilar, peristaltismo intestinal y secreción salivar) y la región hipotalámica posterior estimula efectos simpáticos como aumento de la frecuencia cardíaca y la presión arterial, estasis intestinal y dilatación pupilar (Turlough Fitzgerald et al., 2012).

Regulación de la temperatura

La porción anterior del hipotálamo contiene neuronas termosensibles que inducen respuestas a los cambios de temperatura —actividad reforzada por eferencias recibidas de neuronas termosensibles que inervan la piel (a través del tracto espinorreticular)—. El núcleo hipotalámico posterior corrige las elevaciones de temperatura enviando señales para la redistribución de flujo sanguíneo hacia piel y glándulas sudoríparas. El control hipotalámico de la termorregulación disminuye con la edad, por lo que los ancianos tienden a sufrir más hipotermia con el frío. La hipertermia característica de la fiebre se da por el pirógeno endógeno que liberan los macrófagos en respuesta a los agentes infecciosos, esta proteína liberada provoca el reajuste del termostato hipotalámico a un valor superior (Turlough Fitzgerald et al., 2012).

Ingesta de agua

El principal centro de control de la ingesta de agua se conoce como zona incerta,

perteneciente al núcleo lateral del hipotálamo. Su estimulación provoca la ingesta de agua en exceso y su lesión provoca una respuesta negativa a beber, que concluye consecuentemente en deshidratación (Turlough Fitzgerald et al., 2012; Guyton y Hall, 2015).

Alimentación

Los núcleos lateral y ventromedial del hipotálamo, son la base para la ingesta calórica, constituyen en conjunto el centro del apetito. La estimulación del núcleo hipotalámico lateral conlleva al aumento de ingesta mientras que su lesión se traduce en disminución del apetito. Por otra parte, el hipotálamo ventromedial cuando es estimulado inhibe la urgencia de comer, y las lesiones en dicha área general sobrealimentación persistente y obesidad grave. Este centro es sensible a la glucosa sérica. La serotonina inhibe el núcleo lateral, por lo que, la anorexia tiende a presentar aumento del nivel de serotonina y disminución en bulímicos (Turlough Fitzgerald et al., 2012; Guyton y Hall, 2015).

Estrés

Frente a situaciones que producen estrés el humano puede considerar dos caminos: lucha o huida. La hormona liberadora de corticotropina es liberada por el núcleo paraventricular dando la liberación de adenocorticotropina (ACTH) que estimula la liberación de cortisol suprarrenal, el cual activa las reservas de glucosa en el organismo. La respuesta al estrés normalmente se da en hombres, en las mujeres se encuentra asociado a cuidar su descendencia y afiliación con grupos sociales con vistas a proteger el futuro del grupo familiar. Un calmante significativo para las mujeres es oxitocina en conjunto con estrógenos, que neutralizan la hiperactividad simpática. En estudios recientes ambos sexos demuestran que la activación de la corteza prefrontal lateral en el hombre, y el giro del cíngulo en las mujeres (principal centro cortical de las emociones), son el centro de decisión en lucha o huida (Turlough Fitzgerald et al., 2012; Guyton y Hall, 2015).

Cólera y miedo

Los núcleos ventromedial y lateral. Los animales están involucrados en estas conductas con sobrepeso por lesiones ventromediales tienden a ser muy agresivos y cuando esta área es estimulada propenden a ser más dóciles, además, se ha demostrado que una estimulación del núcleo lateral se observa en situaciones de cólera manifiesta. La estimulación de los núcleos periventriculares desemboca en temor y reacciones frente al castigo (Turlough Fitzgerald et al., 2012; Guyton y Hall, 2015).

Centros de recompensa y castigo

Los centros de recompensa se encuentran en el núcleo lateral y ventromedial del hipotálamo, y están asociados a la apacibilidad y mansedumbre. Los centros de castigo están ubicados en la sustancia gris del mesencéfalo que rodea el acueducto de Silvio, hipocampo, tálamo e hipotálamo (zona periventricular e hipotálamo lateral) (Guyton y Hall, 2015).

Ciclo sueño-vigilia

El núcleo supraquiasmático, incluido la cara superior del quiasma óptico recibe una aferencia directa de la retina, interviene al momento de establecer el ciclo de vigilia-sueño, mediante la glándula pineal. Por motivos desconocidos, este núcleo contiene neuronas peptidérgicas, las cuales son dos veces más numerosas en hombre homosexuales que en heterosexuales de cualquier sexo (Turlough Fitzgerald et al., 2012).

Lesiones del área hipotalámica posterior pueden causar hipersomnolencia e incluso coma, esta área abarca el núcleo tuberomamilar, que alberga gran número de hormonas histaminérgicas, que se proyectan hacia el encéfalo y medula espinal, cumpliendo una función de activación. Este núcleo se activa durante la vigilia por el péptido orexina que se libera en el hipotálamo lateral; la hipoproducción de orexina es característica de la narcolepsia (Turlough Fitzgerald et al., 2012).

Activación sexual

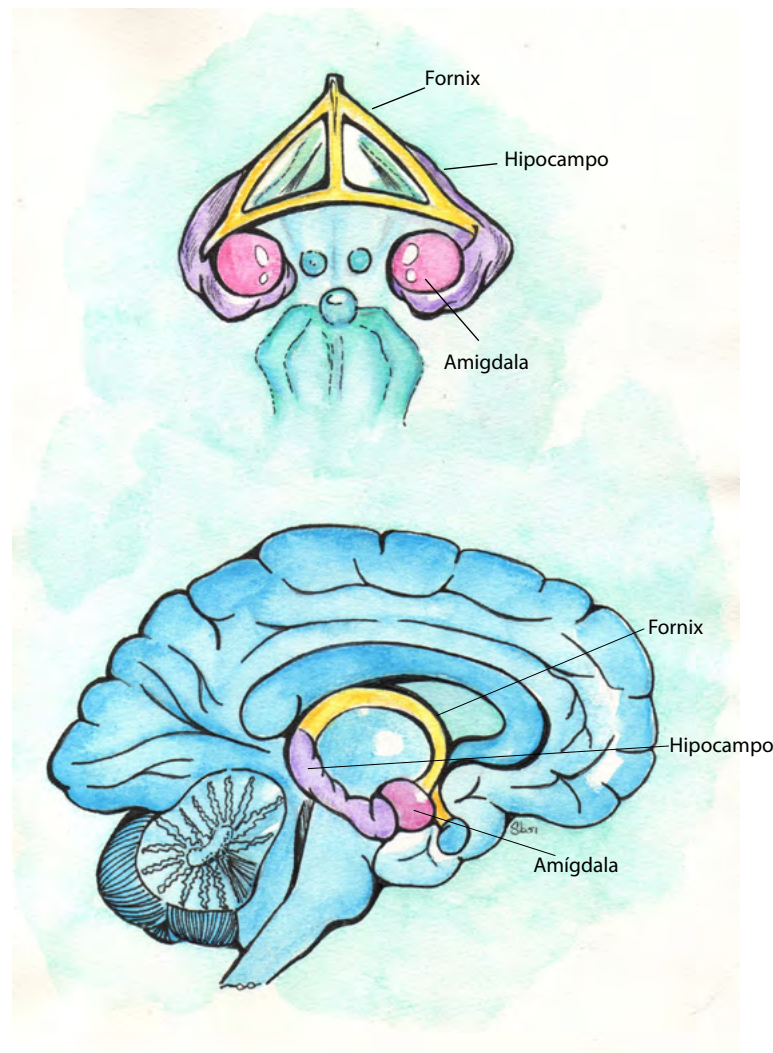
Un subconjunto de neuronas (INAH₃) de la porción medial del núcleo preóptico es dos veces más grande en hombres que en mujeres, quienes poseen abundancia de receptores de andrógenos, y son activados por la testosterona sérica. Las neuronas acaudaladas en estrógeno en mujeres se encuentran en el núcleo ventromedial, el cual provoca respuestas sexuales adecuadas (Turlough Fitzgerald et al., 2012; Guyton y Hall, 2015).

Memoria

Los cuerpos mamilares forman parte del circuito límbico de Papez (incluyendo fórnix y tracto mamilotalámico que se proyectan al núcleo anterior del tálamo y córtex cingular). Este circuito es ampliamente conocido por su relación con la memoria, el cual será descrito con mayor profundidad en el capítulo 7 (Turlough Fitzgerald et al., 2012; Felten y Shetty, 2010).

Hipocampo

Figura 7. Corte de la formación hipocampal.



Fuente: Bendeck, 2024.

Su nombre se debe a su semejanza con un caballito de mar en los cortes coronales. Participa en la formación de memoria episódica, capacidad de recordar eventos pasados a pesar de que no se relacionen con ningún contenido emocional. Su lesión resulta en amnesia anterógrada en donde no se pueden formar nuevos recuerdos, pero se conservan los viejos, ya que almacena los recuerdos temporalmente a través de plasticidad sináptica a largo plazo y los transfiere a la corteza de asociación parietal, temporal y frontal de los patrones de actividad provocados por los acontecimientos recientes. Como resultado, las áreas corticales crean sus propias representaciones almacenadas de los eventos, estos recuerdos almacenados son independientes del hipocampo, por ende, sobreviven a su pérdida (Snell, 2007; Kandel et al., 2012; Guyton y Hall, 2015).

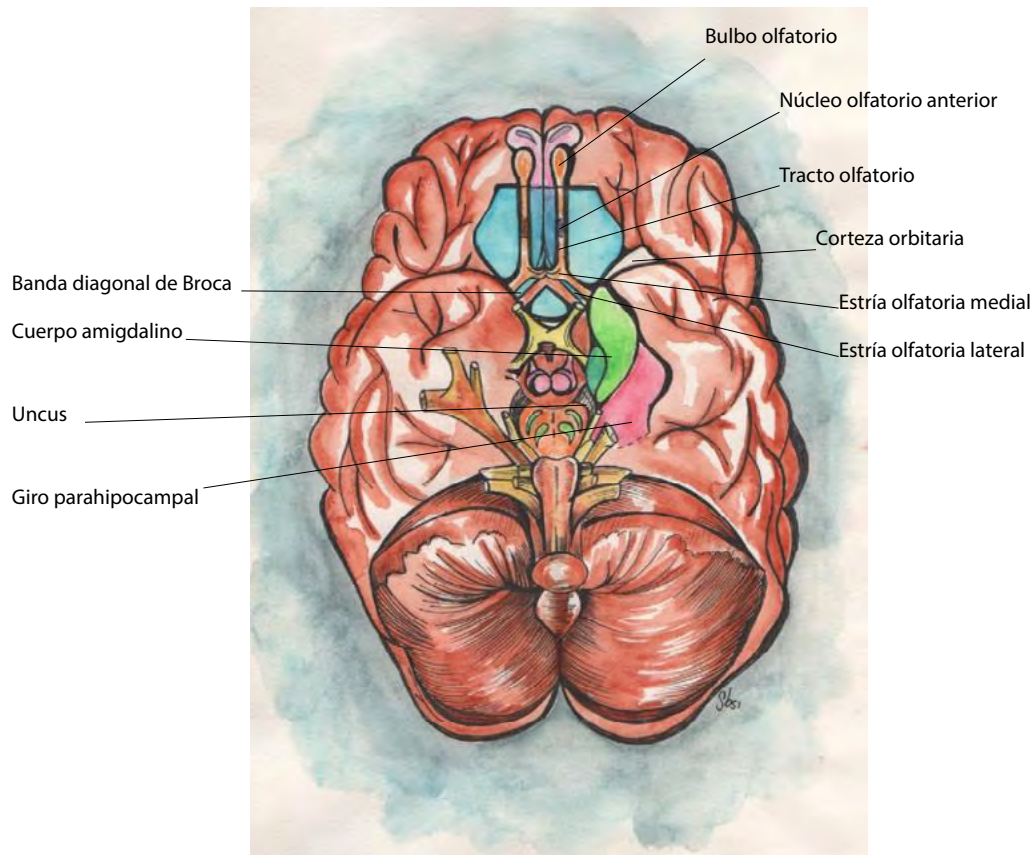
La formación del hipocampo consiste en hipocampo, circunvolución dentada y circunvolución parahipocámpica (figura 7). Facilita que la persona se habitué a estímulos indiferentes con rapidez, pero aprende diligentemente experiencias sensitivas que generen placer o dolor, se describirán con más detalle la formación del hipocampo y sus partes (Snell, 2007; Kandel et al., 2012; Guyton y Hall, 2015):

- Hipocampo: su superficie ventricular convexa se encuentra revestida de epéndimo caudal se localiza una fina capa de sustancia blanca denominada álveo, esta conformación de fibras provenientes del hipocampo confluyen medialmente para formar la fimbria, la cual se continua con el fórnix y termina en el rodete del cuerpo calloso. Participa en el aprendizaje mediante la consolidación de la memoria de corto a largo plazo. Esta región allocortical posee 3 capas:
 - Capa molecular: constituida por dendritas apicales de las neuronas piramidales.
 - Capa piramidal o principal: contiene una población de células excitatorias que originan las colaterales de Schaffer.
 - Capa polimórfica: poblada de interneuronas GABAérgicas. Se subdivide en áreas CA1, CA2, CA3.
- Circunvolución dentada: sustancia gris situada entre la fimbria del hipocampo y la circunvolución parahipocámpica y se continua con el *indusium griseum* (capa vestigial de sustancia gris que reviste el area superior del cuerpo calloso), el cual está conformado por una estría longitudinal medial y otra lateral, frente a la circunvolución dentada se sitúa el uncus.
- Circunvolución parahipocámpica: se ubica entre el surco colateral y la fisura del hipocampo, se continúa con el hipocampo longitudinalmente al borde medial del lóbulo temporal.

Se ha descrito como el representante neocortical del sistema límbico (figura 8), profusamente conectada al cuerpo amigdalino, área septal y corteza del lóbulo temporal. El cuerpo amigdalino activa la Corteza Orbitofrontal Derecha (COFD) cuando hay situaciones que provocan miedo, representa características de retirada y la Corteza Orbitofrontal Izquierda (COFI) se relaciona a acercamiento o lucha (Turlough Fitzgerald et al., 2012; Kandel et al., 2012).

Corteza orbitofrontal

Figura 8. Corteza orbitofrontal.



Fuente: Bendeck, 2024.

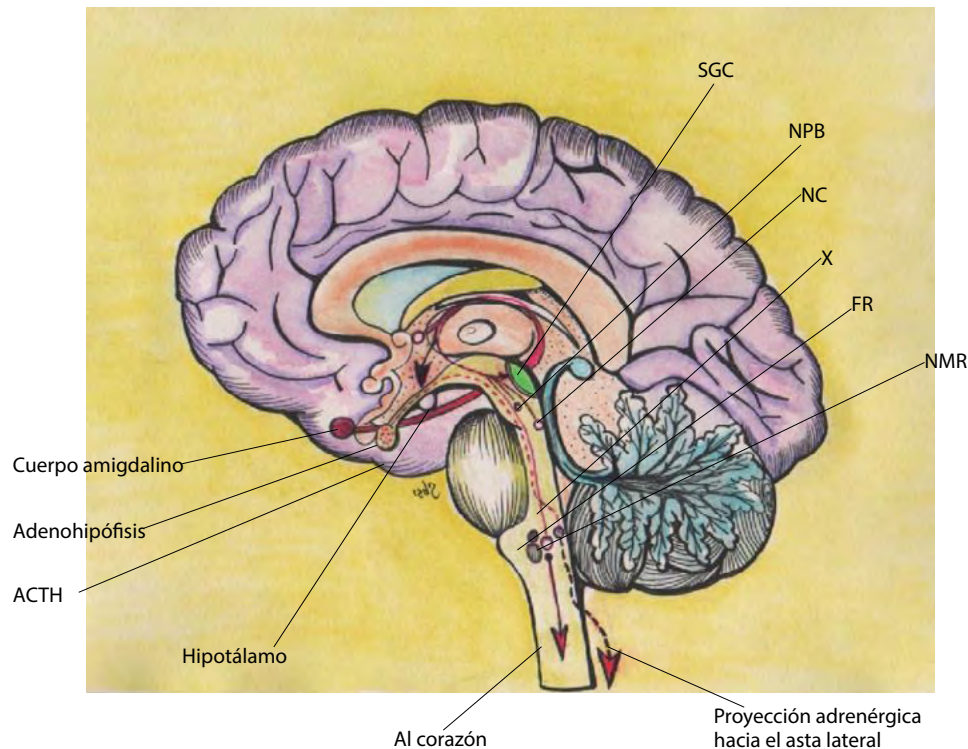
Cuando hay lesiones de la COFD se pierde el lado temeroso, por lo que resulta en jovialidad pueril y risas convulsivas. Este centro también participa en la discriminación olfatoria, mediante el circuito orbitofrontal lateral que atrapa eferencias de los ganglios basales, tálamo, juegan un papel importante en el comportamiento empático y control apropiado (Turlough Fitzgerald et al., 2012; Kandel et al., 2012).

Amígdala

La denominación, debido a su similitud con una almendra y se encuentra fusionada con la cola del núcleo caudado. Se asocia a la regulación de emociones, particularmente respuestas relacionadas al temor y significación motivacional de los estímulos sensoriales. La amígdala se subdivide en núcleos corticomediales (aferencias del bulbo olfatorio, núcleos septales, núcleos hipotalámicos, tálamo, estría terminal y núcleos autónomos y monoaminérgicos del tronco encefálico), basolaterales (aferencias de la corteza prefrontal,

corteza de asociación, corteza del cíngulo y el subículo) y el núcleo central (aporta proyecciones hacia el encéfalo) (Snell, 2007; Kandel et al., 2012; Guyton y Hall, 2015; Felten y Shetty, 2010).

Figura 9. Núcleo central del cuerpo amigdalino y sus eferencias a través de la estría terminal.



Nota: SGC: se proyecta hacia las neuronas del núcleo magno del rafe (NMR), dando origen al tracto rafe-espinal. ACTH: hormona adrenocorticotropa; FR: formación reticular; NC: núcleo cerúleo; NLET: núcleo del lecho de la estría terminal; NMR, núcleo magno del rafe; NPB: núcleo parabraquial; X: núcleo posterior del nervio vago.

Fuente: Bendeck, 2024.

Recibe información directamente de los principales órganos sensoriales, se proyecta hacia la neocorteza, ganglios basales y estructuras subcorticales incluyendo el hipotálamo. Una lesión de la amígdala provoca privación de la reacción de temor y el distinguir respuestas faciales de temor en otros individuos (Snell, 2007; Kandel et al., 2012; Guyton y Hall, 2015; Felten y Shetty, 2010).

En sus núcleos baserolaterales está desarrollada la porción olfatoria (Guyton y Hall, 2015).

Respuestas desde la amígdala al hipocampo (figura 9) (Guyton y Hall, 2015):

- Aumentar o disminuir la presión arterial.

- Acelerar o disminuir la frecuencia cardiaca.
- Incrementar o reducir la motilidad y secreciones del sistema digestivo.
- Defecación o micción.
- Dilatación pupilar.
- Piloerección.
- Secreción de hormonas hipofisarias (gonadotropinas y corticotropinas).

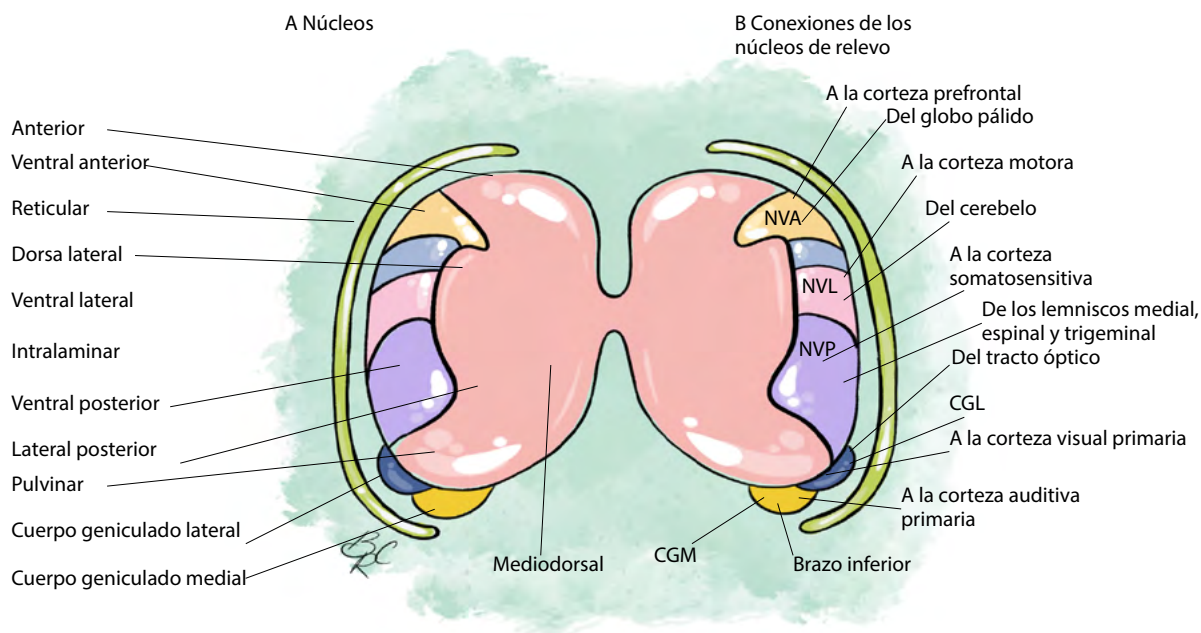
Correlación clínica: tiene primordial importancia en la niñez y juventud, en un momento del desarrollo, la amígdala crece con mayor rapidez que el hipocampo y es capaz de adquirir huellas de miedo sin participación del hipocampo. Este tipo de memoria no puede recordarse conscientemente en ningún momento posterior a pesar de que exista respuesta física de escape, por consiguiente, adquiere casi cualquier tipo de fobia «inexplicable» (por ejemplo: espacios cerrados, humo, perros, caras) (Turlough Fitzgerald et al., 2012).

Tálamo

A pesar de que solo se consideren partes como el núcleo talámico anterior como parte del sistema límbico (Snell, 2007), se detalla en su totalidad dentro de esta sección para describirlo de forma ordenada ya que en diversos capítulos de funciones corticales superiores se detallarán ciertas estructuras corticales previamente descritas pero orientadas según objetivos del mismo.

El tálamo es la masa nuclear más grande de todo el sistema nervioso y posee conexiones tan diversas que no se le puede encerrar en una función unitaria. En cuanto a sus núcleos, todos a excepción del núcleo reticular, contienen conexiones excitadoras recíprocas con la corteza cerebral. La lámina medular interna de sustancia blanca aparenta una Y, y divide al tálamo en tres grupos: medial dorsal (comprenden las hileras dorsal y ventral), anterior y lateral (figura 10). En la parte posterior del tálamo, se localizan los cuerpos geniculados medial y lateral. La lámina medular externa separa el tálamo del núcleo reticular. Los núcleos del tálamo se categorizan en tres grupos funcionales: núcleos específicos o de relevo, núcleos de asociación y núcleos no específicos (Turlough Fitzgerald et al., 2012).

Figura 10. Núcleos talámicos y sus proyecciones.



NVA: núcleo ventral anterior; NVL: núcleo ventral lateral; NVP: núcleo ventral posterior.

Fuente: Carranza, 2024

Núcleos específicos o de relevo

Se encuentran conectados con áreas motoras y sensitivas corticales. Comprenden los núcleos de la hilera ventral y los cuerpos geniculados. El núcleo anterior recibe el tracto mamilotalámico y emite eferencias hacia la corteza cingulada, y este confirma parte del circuito límbico, además de tener funciones relacionadas en la memorización. El núcleo ventral anterior recibe aferencias del globo pálido y se proyecta a la corteza prefrontal. La porción anterior del núcleo ventral lateral recibe aferencias del globo pálido y se proyecta hacia el área motora suplementaria, la porción posterior de este núcleo recibe proyecciones del pedúnculo cerebeloso superior contralateral, que emana del núcleo dentado del cerebelo, con proyecciones dirigidas a la corteza motora (Snell, 2007; Turlough Fitzgerald et al., 2012).

El núcleo ventral posterior recibe todas las fibras de los lemniscos medial, espinal y trigeminal, dirige eferencias a la corteza somatosensitiva primaria y secundaria. Este núcleo presenta una predisposición somatotópica; el área del núcleo dedicada a la cara y cabeza se denomina núcleo ventral posteromedial y la porción dedicada a tronco y miembros es el núcleo ventral posterolateral. Es característico de ambos núcleos la separación por modalidad en donde las neuronas propioceptivas se sitúan más anteriores,

las neuronas táctiles en la región media y las neuronas nociceptivas posteriormente. La región nociceptiva a veces se denomina núcleo posterior. En afecciones como el síndrome talámico originadas de posibles lesiones vasculares se observa como el núcleo talámico posterior se desconecta de la corteza de la corteza somatosensitiva, en consecuencia, resulta en pérdida de la sensibilidad del lado contralateral y se sustituye por ataques de dolor intenso que se producen de forma espontánea o debida a estímulos táctiles (Turlough Fitzgerald et al., 2012).

El cuerpo geniculado medial es el núcleo talámico de la vía auditiva, acoge al brazo del colículo inferior y emite eferencias a la corteza auditiva primaria —en el giro temporal superior—. Mientras que el cuerpo geniculado lateral es principalmente el núcleo talámico encargado de la visión, ya que mediante el tracto óptico recibe proyecciones retinianas de ambos ojos y transmite información hacia la corteza visual primaria del lóbulo occipital (Turlough Fitzgerald et al., 2012).

Núcleos de asociación

Su nombre se relaciona con sus proyecciones con la corteza de asociación cerebral. El núcleo dorsal lateral se encuentra conectada y vinculada con la porción posterior de la corteza cingulada, la cual, se relaciona con la memorización. El núcleo mediodorsal recibe fibras de los sistemas límbico y olfatorio y está interconectado con la corteza prefrontal, por lo que cumple juega un papel vital en el juicio, cognición y estado de ánimo. El núcleo lateral posterior y pulvinar pertenecen a un único complejo nuclear, acogen proyecciones aferentes desde el colículo superior y se dirigen hacia la corteza de asociación visual y corteza de asociación parietal, quienes cumplen funciones en el campo de visión periférico, particularmente orientan la atención a objetos de interés, a pesar de no ser una fuente de percepción consciente (Turlough Fitzgerald et al., 2012).

Núcleos no específicos

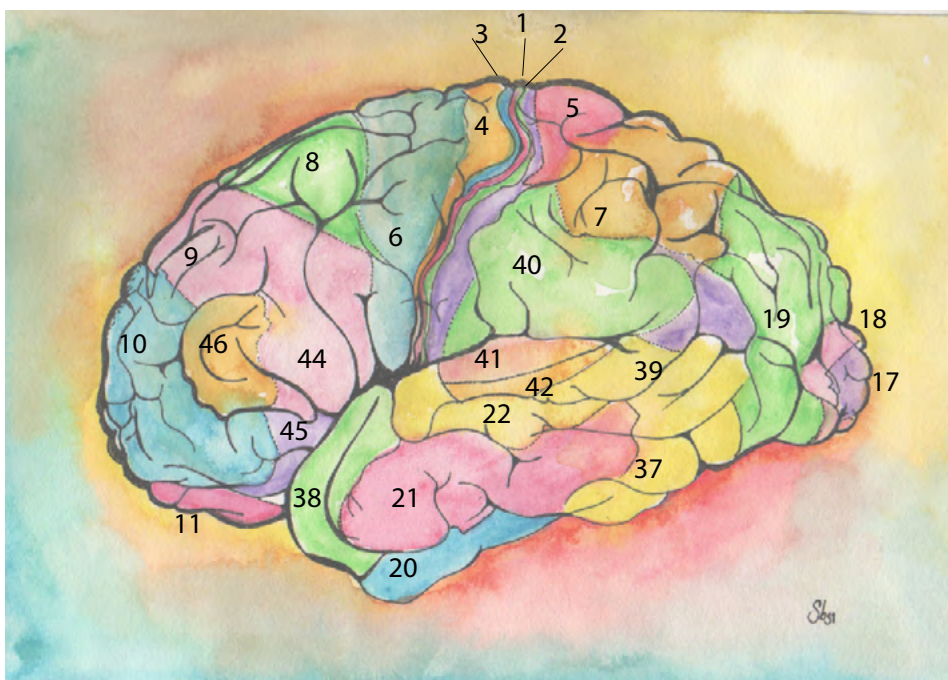
Reciben su nombre debido a que no se encuentran asociados a ninguna modalidad sensitiva. Los núcleos intralaminares se sitúan dentro de la lámina medular interna de sustancia blanca y se consideran una continuación rostral de la formación reticular del mesencéfalo, se continúan hacia la corteza cerebral y cuerpo estriado, mientras que sus eferencias provienen de la formación reticular, núcleo reticular y núcleo de Meynert del prosencéfalo basal. El núcleo reticular del tálamo recibe aferencias de todas las proyecciones talamocorticales de los núcleos talámicos específicos y emiten colaterales hacia él, está formado únicamente por neuronas GABAérgicas inhibitorias, la mayoría se proyectan hacia los núcleos correspondientes y modulan su tasa de descarga hacia la corteza cerebral

(Turlough Fitzgerald et al., 2012).

Cerebro

La corteza contiene alrededor de 50,000-100,000 millones de neuronas, alrededor de 500,000 millones de neuronas gliales y un denso lecho capilar. La citoarquitectura varía de una región a otra, desde el grosor que es más fino en las áreas sensitivas primarias y más grueso en las áreas motoras y de asociación hasta la distribución, forma, tamaño de cuerpos celulares, fisiología y fisiopatología, que hace que se divida en decenas de áreas histológicamente distintas de las cuales Korbinian Brodmann fue pionero dentro del mapeo estructural cerebral (figura 11) (Turlough Fitzgerald et al., 2012; Guyton y Hall, 2015; Amunts & Zilles, 2015).

Figura 11. Áreas de Brodmann.



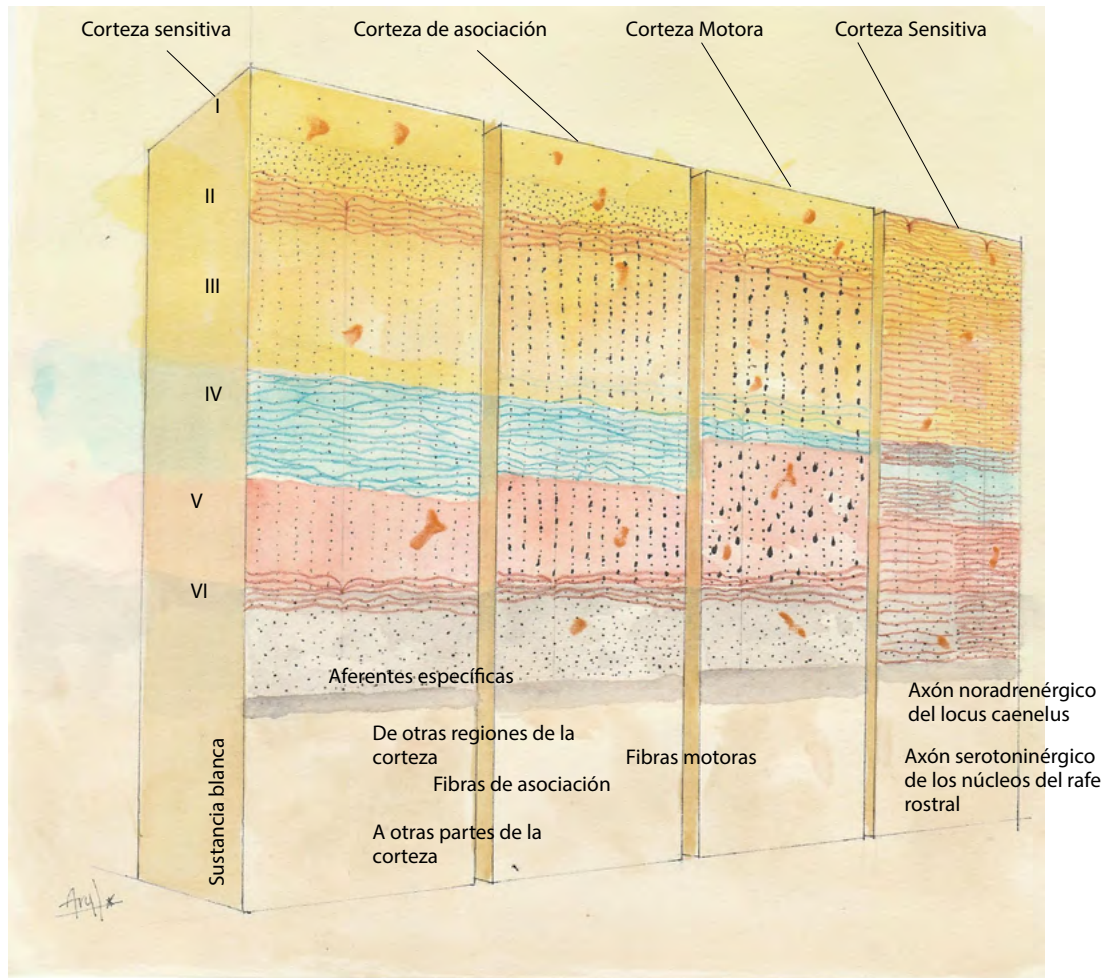
Fuente: Bendeck, 2024.

Organización laminar

En cualquier parte de la corteza se observa una disposición laminar de neuronas. El paleocortex del uncus (implicado en la olfacción) y el arqueocortex del hipocampo en el lóbulo temporal medial (relacionado con la memoria) pertenecientes a los elementos filogenéticamente más antiguos, poseen tres capas celulares, mientras que el neocórtex (90% restante del cerebro) posee seis capas (Turlough Fitzgerald et al., 2012).

Capas del neocórtex (figura 12) (Snell, 2007; Turlough Fitzgerald et al., 2012; Guyton y Hall, 2015; Felten y Shetty, 2010):

Figura 12. Capas del neocórtex.



Fuente: López, 2024.

I. Capa molecular: posee dendritas apicales de las células piramidales y ramas distales axonales que se dirigen mediante los núcleos intralaminares del tálamo a la corteza.

II. Capa granular externa: posee pequeñas células piramidales y estrelladas.

III. Capa piramidal externa: constituido por células piramidales de tamaño medio y células estrelladas.

Estas primeras tres capas cumplen la mayoría de las funciones asociativas intracorticales, y una gran cantidad de neuronas en las capas II y III, que originan conexiones horizontales cortas con áreas corticales subyacentes.

IV. Capa granular interna: contiene células estrelladas que reciben aferencias de

núcleos talámicos, donde acaban la mayoría de las señales sensitivas específicas, por lo que son especialmente abundantes en la corteza visual primaria, corteza somatosensitiva primaria, y corteza auditiva primaria. La corteza motora primaria contiene un reducido número de células estrelladas en la lámina IV, denominada corteza agranular.

V. Capa piramidal interna (ganglionar): posee células piramidales grandes que se proyectan al núcleo estriado, tronco encefálico y medula espinal.

VI. Capa fusiforme: contiene células piramidales modificadas que se proyectan hacia el tálamo y junto con la capa V envían sus señales abandonando la corteza cerebral.

Organización columnar

La corteza somatosensitiva tiene neuronas en disposición columnar que se extienden radialmente por medio de todas las capas. Cada columna tiene una modalidad específica, por ejemplo: movimientos articulares, pero no la estimulación de piel subyacente. Varios cientos de neuronas son unidades funcionales de módulos de la corteza, los cuales se activan por aferencias talamocorticales específicas, cortico-corticales del mismo hemisferio, aferencias del hemisferio opuesto, por consiguiente, se crea en conjunto un mosaico cortical (Turlough Fitzgerald et al., 2012).

Tipos celulares

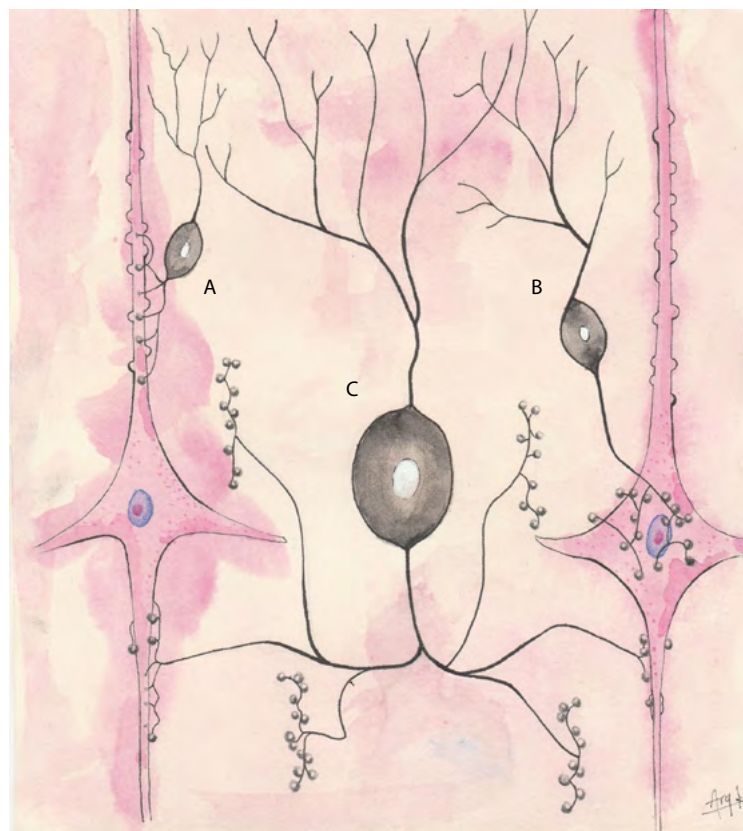
Se encuentran cuatro tipos morfológicos principales (Snell, 2007; Turlough Fitzgerald et al., 2012; Guyton y Hall, 2015):

- Células piramidales: sus somas tienen una altura entre 20 y 30 μg en las láminas II y III y más del doble en la capa V. Las más prominentes, miden 80-100 μg , y son denominadas células gigantes de Betz en la corteza motora. La dendrita apical llega hasta la lámina I. Los axones de todas las células piramidales son capaces de excitar células piramidales circundantes antes de abandonar la sustancia gris. Todas las células piramidales son excitadoras y utilizan el glutamato como neurotransmisor.
- Células estrelladas espinosas: tienen dendritas espinosas, por lo general son excitadoras y reciben en su mayoría aferencias de tálamo y corteza, formando sinapsis glutamatérgicas en las células piramidales.
- Células estrelladas lisas: contienen dendritas no espinosas inhibitorias, reciben

ramas colaterales recurrentes de células piramidales y forman sinapsis GABAérgicas sobre otras células piramidales y representan el 25% de todas las neuronas corticales. Están conformadas por tres subtipos morfológicos (figura 13):

- Célula axodendrítica: hace sinapsis con el tronco de la dendrita apical de la célula piramidal.
 - Célula en cesta: forma sinapsis axiomáticas en una célula piramidal.
 - Célula en candelabro: conforma sinapsis axoaxónicas en los segmentos iniciales de las células piramidales y son las más potentes de las tres neuronas GABAérgicas.
- Células bipolares: se ubican principalmente en laminas externas y poseen péptidos como son Polipéptido Intestinal Vasoactivo (PIV), colecistocinina y somatostatina, los cuales se liberan con GABA a partir de células estrelladas lisas.

Figura 13. Células estrelladas lisas.



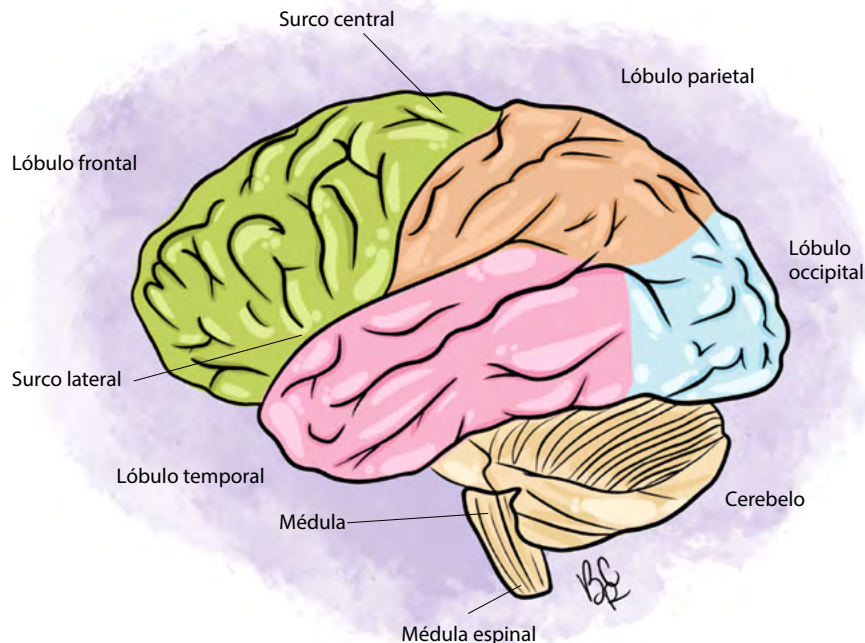
Nota: A. Célula axodendrítica, B. Célula en cesta, C. Célula en candelabro.

Fuente: López, 2024.

Lóbulos cerebrales

El cerebro está compuesto por cinco lóbulos (figura 14):

Figura 14. Lóbulos cerebrales.



Fuente: Carranza, 2024

Lóbulo frontal

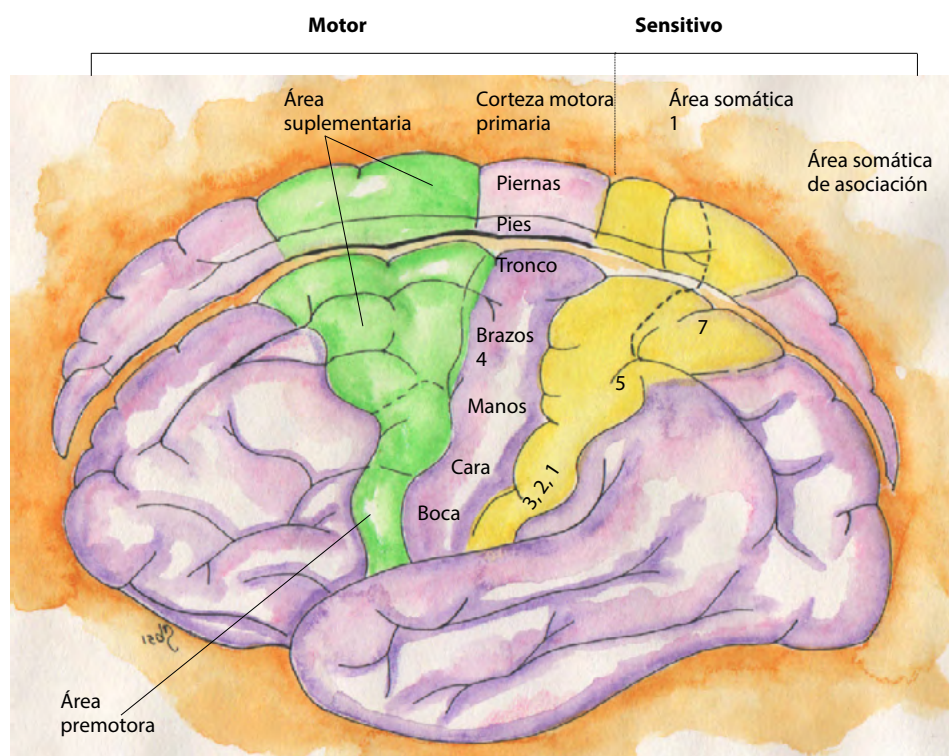
Está conformado por las siguientes áreas:

- Área precentral:
 - Región anterior: área premotora o área motora secundaria (áreas 6, 8, 44 y 45 de Brodmann) figura 15: es unas 6 veces más grande que la corteza motora primaria, almacena programas de actividad motora basados en experiencia. Su función es programar la actividad del área motora primaria, contribuye por medio de los ganglios basales en el control de movimientos posturales gruesos. Recibe proyecciones ganglios basales, tálamo y corteza sensitiva recién mencionados. En esta área se presenta una clase especial de neuronas llamadas «neuronas espejo»; se activan al observar a una persona efectuar una actividad específica, de esta forma las neuronas reflejan el comportamiento de otras personas siendo el

principio básico y origen de la empatía (Snell, 2007; Turlough Fitzgerald et al., 2012; Guyton y Hall, 2015).

- Región posterior: área motora o área motora primaria (área 4 de Brodmann): lleva a cabo movimientos individuales contralaterales en la mayoría del cuerpo, bilaterales (músculos extraoculares, parte superior de la cara, lengua, mandíbula y laringe) y un 10% de movimientos homolaterales de diferentes áreas del cuerpo, solo se encarga de la ejecución del movimiento y no de su planificación. El grosor del área que se necesita para realizar un movimiento se relaciona con la habilidad para realizar tareas específicas y no con la cantidad de masa muscular, y están detallados en las cartografías de Penfield y Rasmussen (figura 16). Esta área recibe fibras del área premotora, corteza sensitiva primaria, cerebelo, tálamo y ganglios basales (Snell, 2007; Turlough Fitzgerald et al., 2012; Guyton y Hall, 2015).

Figura 15. Áreas motoras y somatosensitivas de la corteza cerebral.

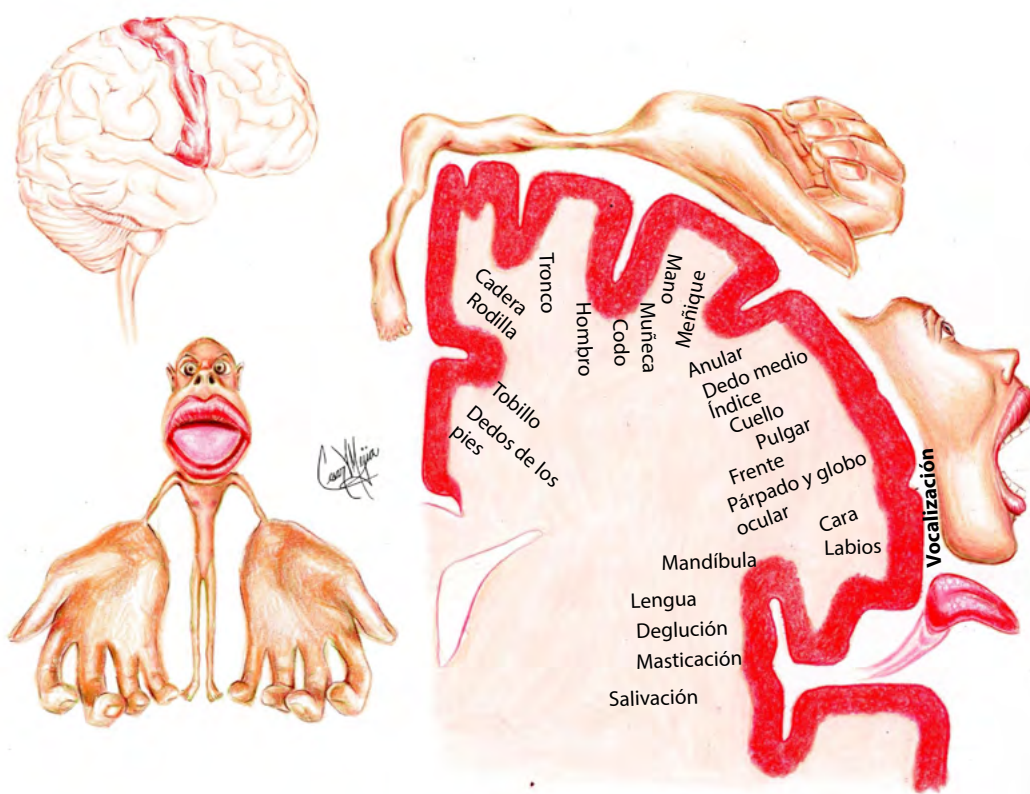


Fuente: Bendeck, 2024.

- Área motora suplementaria: a diferencia de la corteza premotora primaria que responde a estímulos externos, el área motora suplementaria responde a estímulos internos. Favorece la producción de movimientos contralaterales, pero tienden a

ser bilaterales (por ejemplo: movimientos de presión en ambas manos). En general funciona en conjunto con el área premotora, mediante el aporte a movimientos posturales, fijación de segmentos corporales, movimientos de ojos, etc., como principio para el dominio más fino de brazos y manos a cargo de la corteza premotora y motora primaria. Las lesiones unilaterales de esta área se asocian a acinesia (incapacidad de iniciar el movimiento) de miembros superior e inferior contralateral. Las lesiones bilaterales se acompañan de acinesia total, incluyendo acinesia para comenzar el habla (Snell, 2007; Turlough Fitzgerald et al., 2012; Guyton y Hall, 2015).

Figura 16. Representación de músculos en la corteza motora.



Fuente: Mejía, 2024.

- Campo ocular frontal «voluntario» (áreas 6, 8 y 9 de Brodmann): coordina el movimiento conjugado de los ojos, en especial del lado opuesto, el seguimiento voluntario de los mismos, por lo que, su lesión resulta en la imposibilidad de dirigir de forma voluntaria hacia diversos objetos, y, por último, el control de movimientos palpebrales en el parpadeo. Envía eferencias hacia el colículo superior del mesencéfalo, por medio de conexiones con los músculos extraoculares por la formación reticular (Snell, 2007; Turlough Fitzgerald et al., 2012; Guyton y Hall, 2015).

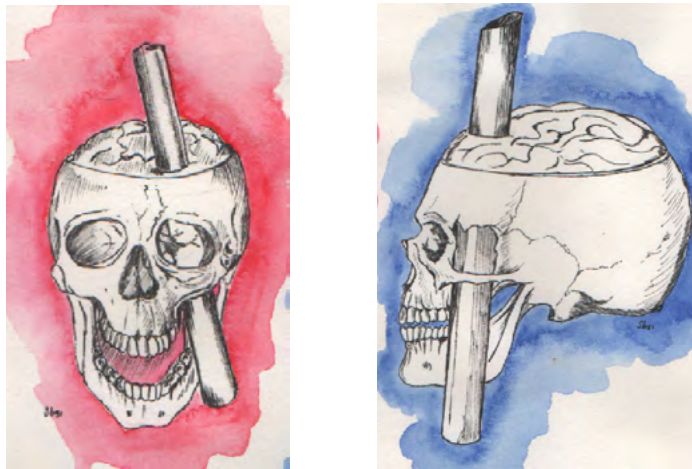
- Área de Broca (áreas 44 y 45 de Brodmann): es el área motora del lenguaje, la cual permite una adecuada articulación, «formación» de palabras, fonación y expresión facial por medio de sus conexiones con las áreas motoras primarias, paladar blando, músculos laríngeos y musculatura respiratoria. La dominancia del hemisferio influye al momento de una lesión para determinar la parálisis del lenguaje, ya que se sitúa normalmente en el hemisferio izquierdo o dominante, una lesión en dicha área tiene como consecuencia una afasia motora, en donde, los pacientes tienen dificultad para expresarse, y se caracterizan un habla lenta, trabajosa y de estilo «telegráfico». La ablación sobre esta área en el hemisferio no dominante no surte efecto sobre el lenguaje (Snell, 2007; Turlough Fitzgerald et al., 2012; Guyton y Hall, 2015).
- Corteza prefrontal (áreas 9, 10, 11 y 12 de Brodmann): se encuentra concatenada con la constitución de la personalidad del individuo y juega un rol importante en la regulación de los sentimientos de una persona. La corteza prefrontal es muy importante para la atención focal, iniciativa, formación de planes, juicio (consecuencia de acciones futuras), memoria de trabajo y está implicada en la maduración cerebral y sus lesiones son riesgosas para mantener una vida cotidiana normal como se detallará en la siguiente sección sobre Phineas Gage y su lesión en la corteza prefrontal. Recibe aferencias y envía eferencias con otras áreas de la corteza cerebral, tálamo, hipotálamo, cuerpo estriado, cerebelo (a través de vías frontopontinas) y entre hemisferios mediante el cuerpo calloso (Snell, 2007; Turlough Fitzgerald et al., 2012; Kandel et al., 2012; Cardinali, 2007; Uriarte, 2013).
 - Corteza prefrontal dorsolateral: contribuye en el aprendizaje, conformación de planes y decisiones (Cardinali, 2007).
 - Corteza prefrontal medial: implicada en la atención, se conecta con la corteza límbica (orbitofrontal) y mediante ella con otras estructuras límbicas como la amígdala y la corteza del cíngulo (Cardinali, 2007).
 - Corteza orbitofrontal: al conformar el sistema límbico juega un papel esencial en el control de respuestas emocionales (Cardinali, 2007).

Correlación clínica: historia de Phineas Gage

Phineas Gage es una persona que sufrió un accidente en 1848 que pasó a los anales de la historia debido a que una barra de hierro (la cual media 7 pulgadas y pesaba 13½ libras) le atravesó el cerebro, lesión que predominó en el área frontal (figura 17) (Kandel

et al., 2012; Brown, 2015).

Figura 17. Lesión de Phineas Gage.



Fuente: Bendeck, 2024.

El cambio resultante en la personalidad de Gage fue marcado, pasó de ser muy querido y profesionalmente exitoso a tener un estado emocional «anormal, irregular, irreverente, y groseramente profano, mostrando poca deferencia por sus compañeros», acompañado de un comportamiento desorganizado e incapacidad de mantener su trabajo, debido a su labilidad para cambiar por planes que parecían más factibles. Este suceso es ampliamente citado en la psicología moderna como el caso de libros de texto para la desinhibición social postraumática, el cual es congruente con las funciones características de esta área, que se vio afectada después de dicha lesión (Kandel et al., 2012; Brown, 2015).

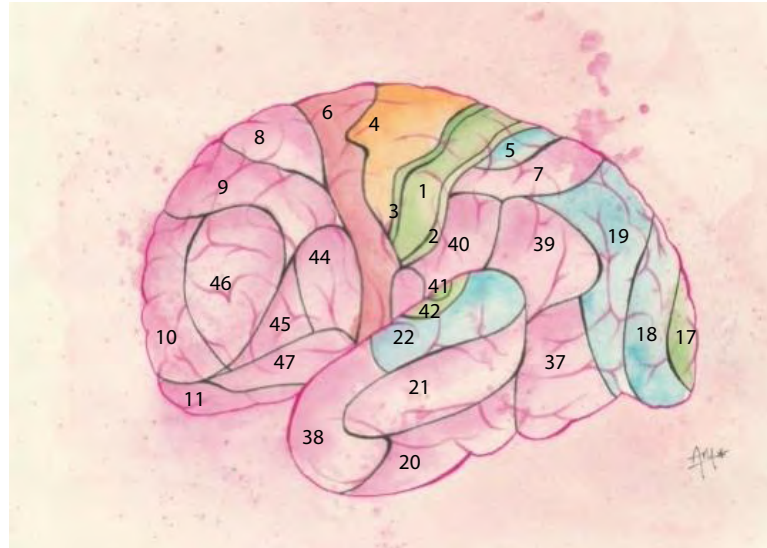
Lóbulo parietal

- Área somatoestésica primaria (áreas 3, 1 y 2 de Brodmann): recibe y analiza información sensitiva de gran cantidad de órganos, husos musculares y receptores articulares, y dirige el estímulo hacia la corteza sensorial primaria donde influye en el control de la actividad del músculo esquelético (figura 18) (Snell, 2007; Turlough Fitzgerald et al., 2012).

Dentro de sus aferencias se encuentra los núcleos ventral posterolateral y ventral posteromedial del tálamo, fibras comisurales de la corteza somatosensitiva opuesta a través del cuerpo calloso y fibras de asociación corta desde la corteza motora primaria subyacente. La representación de partes contralaterales del cuerpo esta invertida, exceptuando cara, manos, labios y lengua que disponen de representaciones desproporcionadamente grandes. Algunas zonas originarias de la región oral tienen procedencia ipsilateral y regiones como

la faringe, laringe y periné se dirigen hacia ambos lados. El tamaño de la corteza es proporcional con su importancia funcional o cantidad de receptores sensitivos presentes en dicha área y no con su tamaño (Snell, 2007; Turlough Fitzgerald et al., 2012).

Figura 18. Lóbulo parietal con sus áreas de Brodmann.



Fuente: López, 2024.

Cuando la corteza somatoestésica se ve comprometida por una lesión, se observa pérdida sensorial tipo cortical que da como resultado pérdida de agudeza sensitiva del lado opuesto. Puede llevar a la estereoaestesia, término empleado para referirse a la incapacidad de identificar un objeto sostenido en la mano sin verlo (Snell, 2007; Turlough Fitzgerald et al., 2012). El área somatoestésica primaria se divide anatómica y funcionalmente en:

- Área 1: presenta campos receptivos periféricos confinados a un único dedo, donde se da la extracción de características mediante la sensopercepción (Guyton y Hall, 2015).
- Área 2: tienen campos receptivos multidigitales que reciben información de los músculos, capsulas articulares y la piel (Turlough Fitzgerald et al., 2012).
- Área 3: se subdivide en área 3a que recibe información de husos musculares y 3b (más grande) que recibe información de receptores cutáneos. El área 3b es fuertemente granular y se considera como la verdadera corteza somatosensitiva primaria (Turlough Fitzgerald et al., 2012).
- Área somatoestésica secundaria: es considerablemente de menor tamaño y

menos esencial que el área somatoestésica primaria. El cuerpo está representado bilateralmente en el lado contralateral dominante, recibe eferencias del área somatoestésica primaria y del tronco encefálico y nocicepciones del tálamo. Se ha observado que responde especialmente a estímulos cutáneos transitorios y colabora en la discriminación táctil (Snell, 2007; Turlough Fitzgerald et al., 2012).

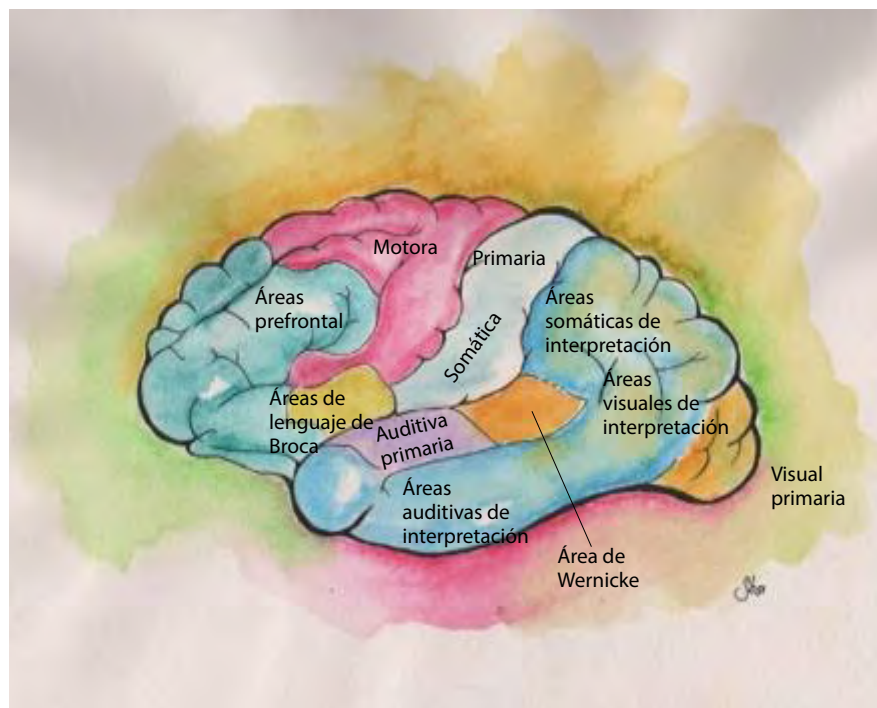
- Área somatoestésica de asociación (áreas 5 y 7 de Brodmann): se localiza en el lobulillo parietal superior y tiene conexiones con otras áreas sensitivas de la corteza, por lo que se considera centro integrador de diversas modalidades sensitiva. El área 7 recibe aferencias de las áreas 1, 2, 5 de Brodmann, por lo tanto, percibe información de piel, músculo, y articulaciones que colabora en la identificación de objetos (estereognosia) y la ubicación neuronal del ¿dónde? (Snell, 2007; Turlough Fitzgerald et al., 2012).
- Lobulillo parietal inferior (áreas 39 y 40): se encargan del lenguaje, principalmente en el hemisferio izquierdo (Turlough Fitzgerald et al., 2012).
- Corteza intraparietal: se encuentra especialmente activa en tareas que implican la coordinación visomotora (alcanzar objetos, aferrar objetos identificados en el lado contralateral, y someterlos a análisis tridimensional visual y táctil). Esta área incluye el campo ocular parietal (Turlough Fitzgerald et al., 2012).
- Área vestibular: situada en la parte de la circunvolución postcentral. Está asociada a la sensibilidad del rostro, también con la apreciación de las posiciones, influye en el mantenimiento de la postura (Snell, 2007).

Lóbulo temporal

- Área auditiva primaria (área 21, 41, 42 de Brodmann): abarca la circunvolución de Heschl conformadas por el área 41, 42 de Brodmann; el área 42 de Brodmann está relacionada principalmente a la asociación auditiva. Las aferencias de estas áreas provienen de la radiación auditiva de la capsula interna y su lesión tienen como consecuencia sordera parcial de ambos oídos (de predominio en el oído contralateral), resulta congruente con su anatomía, en el cual, el cuerpo geniculado medial recibe eferencias del órgano de Corti contralateral y ciertas homolaterales. El área auditiva primaria se subdivide en (Snell, 2007; Turlough Fitzgerald et al., 2012):
 - Región anterior: percepción de sonidos de baja frecuencia.
 - Región posterior: recibe sonidos de alta frecuencia.

- Área auditiva secundaria (área 22 de Brodmann): corteza auditiva de asociación. Recibe aferencias del área auditiva del tálamo, en donde se dará la interpretación y asociación de aferencias auditivas con otros estímulos sensitivos (Snell, 2007; Turlough Fitzgerald et al., 2012).
- Área sensitiva de Wernicke: localizada en el hemisferio dominante, está conectada al área de Broca por el fascículo arcuato, permitiendo la comprensión del lenguaje hablado y escrito. Es un punto de encuentro de las áreas somática, visual y auditiva (figura 19).

Figura 19. Lóbulo parietal con sus áreas de Brodmann.



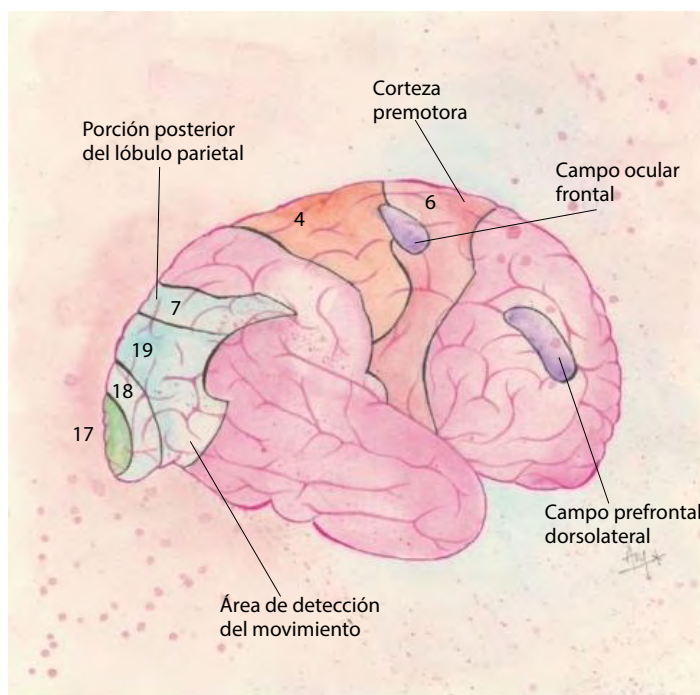
Fuente: Bendeck, 2024.

- Recibe eferencias de la corteza auditiva en el lóbulo temporal y la corteza visual en el lóbulo occipital. Un daño en el lóbulo temporal puede llevar a una afasia de Wernicke, la cual se distingue a por ser un trastorno de comprensión y repetición del lenguaje debido a su función integradora y esencial en la comprensión de la comunicación (Snell, 2007; Turlough Fitzgerald et al., 2012; Guyton y Hall, 2015).
- Área 20 y 38: están implicadas en el reconocimiento de objetos. Una visión o cara amenazante hacen que estas áreas activen el cuerpo amigdalino en el hemisferio derecho (emocional) y subsiguientemente se dirigen a la corteza orbitofrontal derecha asociada al miedo (Turlough Fitzgerald et al., 2012).

Lóbulo occipital

- Área visual primaria (área 17 de Brodmann): recibe fibras aferentes del cuerpo geniculado lateral mediante el tracto geniculocalcarino que transmite información desde las mitades temporal homolateral y nasal contralateral, se representa la mitad derecha del campo visual en el hemisferio izquierdo y viceversa (Snell, 2007; Turlough Fitzgerald et al., 2012).
- Área visual secundaria (área 18 y 19 de Brodmann): relaciona información del área visual primaria con experiencias visuales pasadas lo que permite que el individuo reconozca y aprecie lo que ve, además de la extracción de características como base para eventos futuros, por lo que recibe aferencias del área 17 de Brodmann, tálamo y otras áreas corticales para cumplir con estas funciones (figura 20) (Snell, 2007; Turlough Fitzgerald et al., 2012).

Figura 20. Lóbulo occipital: localización de la vía del ¿Dónde?



Fuente: López, 2024.

El área 19 de Brodmann responde especialmente al movimiento que se produce en el hemicampo visual contralateral, su principal proyección es hacia el área 7 de Brodmann (corteza parietal posterior), por ende, es responsable de la percepción del movimiento y estereopsia (visión tridimensional) y sentido espacial. El área 7 también recibe fibras del pulvinar y se proyecta hacia el campo ocular frontal y corteza premotora homolateral. Una lesión en el área 7 da como resultado retardo de respuestas motoras y los movimientos del

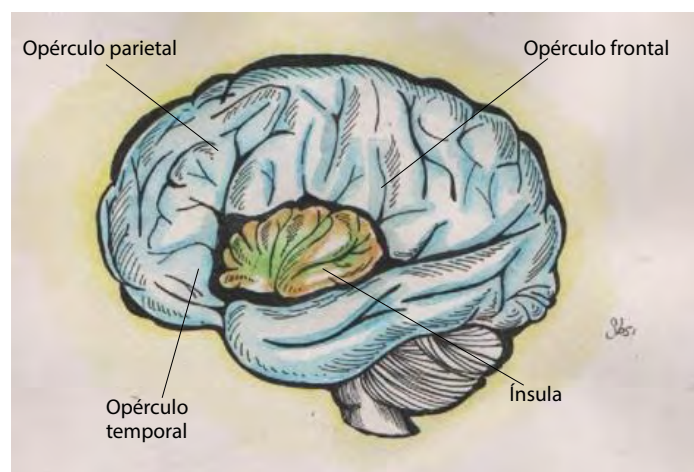
miembro superior contralateral se vuelven imprecisos (Snell, 2007; Turlough Fitzgerald et al., 2012).

El seguimiento ocular involuntario de objetos se lleva a cabo por la corteza occipital, la cual está conectada con el campo ocular frontal voluntario mediante fibras de asociación en caso de centrar la atención en el objeto (Snell, 2007).

Lóbulo de la ínsula

- Área en plano profundo al surco lateral y que conforma su piso (figura 21). Se divide en porción anterior y posterior. La porción anterior es un centro cortical del dolor y la porción posterior mediante interconexiones con la corteza entorrinal y cuerpo amigdalino colabora en la respuesta emocionales al dolor. Sus conexiones no se conocen por completo, pero se relaciona con la coordinación de movimientos articulatorios para el lenguaje gracias a la colaboración de aferencias auditivas. Neuronas de la vertiente superior del surco lateral que reciben aferencias visuales están conectadas con la ínsula, la que a su vez se encuentra conectada con el tálamo, por lo que su estimulación puede provocar respuestas autonómicas como pulso rápido, vasoconstricción y diaforesis. Se divide en dos porciones (Snell, 2007; Turlough Fitzgerald et al., 2012; Guyton y Hall, 2015).

Figura 21. Lóbulo insular.

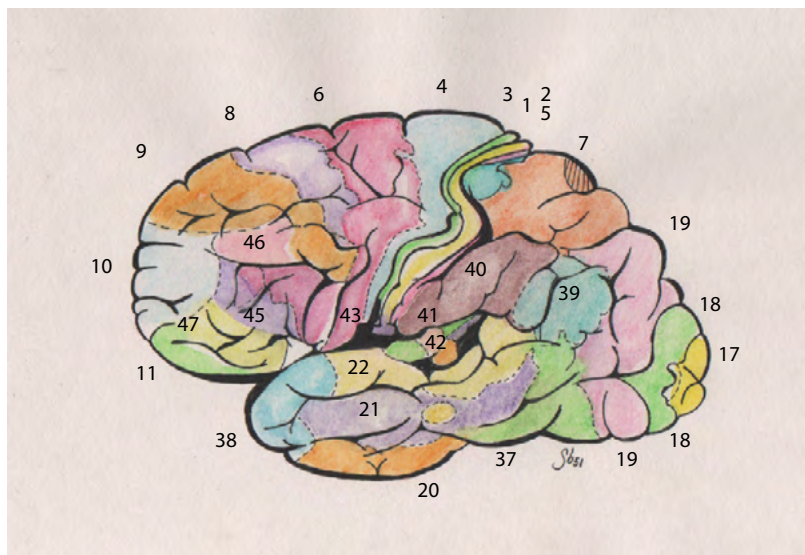


Fuente: Bendeck, 2024.

- Área del gusto (área 43 de Brodmann): ubicado en el extremo caudal de la circunvolución postcentral. Recibe aferencias del núcleo solitario que se continúan hasta el núcleo ventral posteromedial del tálamo y luego hacia la corteza cerebral (figura 22). Mediante el tracto solitario muchas de las señales gustativas se dirigen

hacia los núcleos salivales superior e inferior, facilitando el control de la salivación previo o durante la ingesta de comida (Snell, 2007; Guyton y Hall, 2015).

Figura 22. Área 43 de Brodmann.



Fuente: Bendeck, 2024.

Dominancia cerebral

Las funciones de comprensión general del área de Wernicke y circunvolución angular, —roles que cumplen las áreas del lenguaje y control motor—, pueden verse más desarrolladas en el hemisferio llamado «hemisferio dominante» y se localiza en lado izquierdo aproximadamente en el 95% de las personas. Sin embargo, si se llega a padecer una lesión cerebral en un hemisferio, el lado opuesto adquirirá la función dominante. Dentro de las teorías que se manejan por la dominancia cerebral se encuentra que al nacer, el lóbulo temporal posterior izquierdo suele ser más grande que el derecho, por consiguiente, empieza a utilizarse en mayor proporción, por lo que la atención, aprendizaje y desarrollo se centrará en este hemisferio (Cardinali, 2007; Guyton y Hall, 2015).

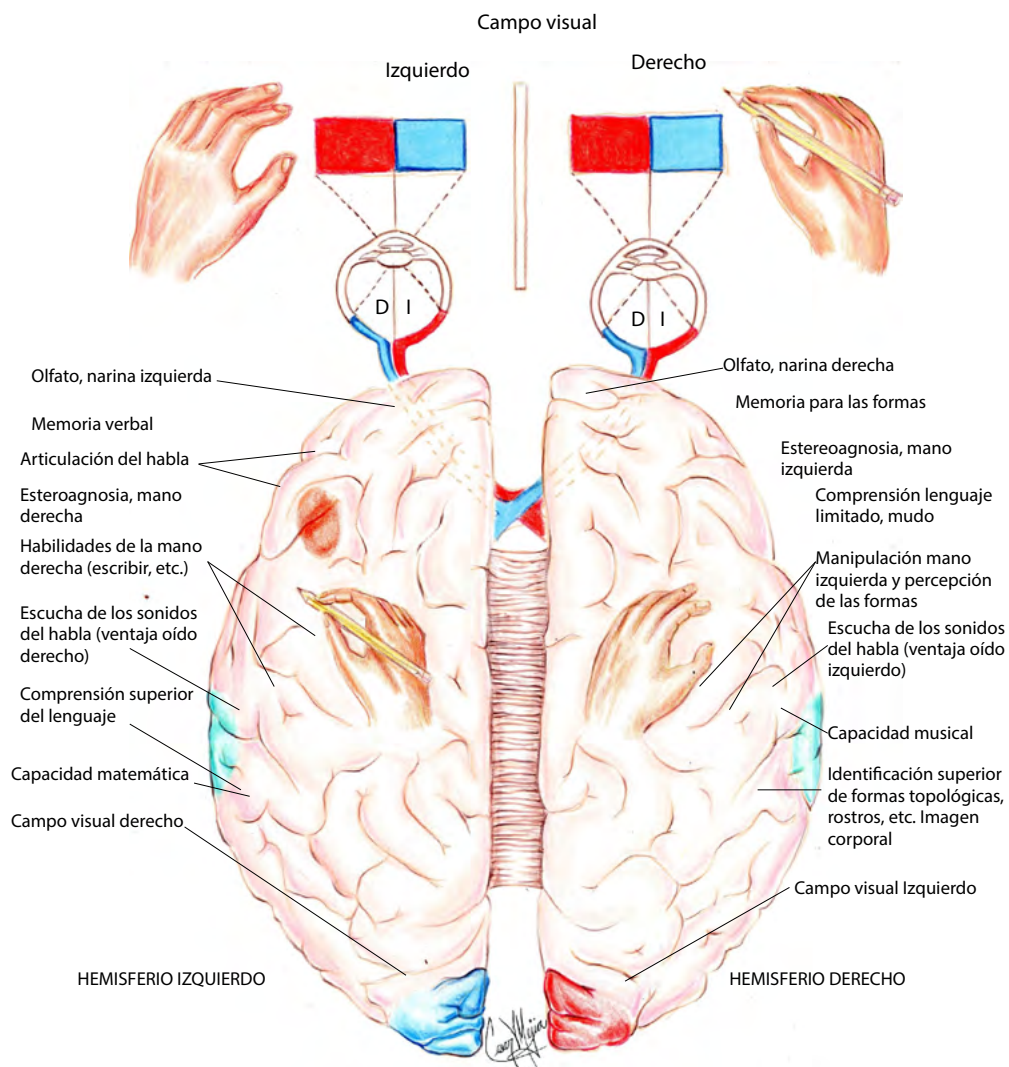
La asimetría se debe a las cortezas secundarias y no a las cortezas primarias ya que tienen un papel semejante en ambos hemisferios. Evolutivamente, con la aparición de las habilidades discriminativas de las manos y posteriormente lenguaje fomenta el desarrollo lateralizado de funciones, lo que conforma un principio importante de dominancia cerebral, en donde se observan funciones variadas por hemisferios, tales como (Snell, 2007; Cardinali, 2007; Guyton y Hall, 2015):

- Hemisferio dominante: áreas motoras, destreza manual, la percepción del lenguaje

junto a toda su actividad cognitivo asociada (percepción organizada de esquemas lógicos, memoria verbal, pensamiento, control del habla, etc.), en el cual se encontrarán las áreas de Broca y Wernicke para colaborar en el cumplimiento de estas funciones. También se lateralizan funciones de tareas secuenciales como análisis matemático.

- Hemisferio no dominante: se encarga de tareas en paralelo como la percepción espacial, conocimiento geométrico, reconocimiento de las caras, significación del lenguaje corporal y entonación vocal de otras personas y percepción musical (figura 23).

Figura 23. Dominancia cerebral: lateralización de funciones.



Fuente: Mejía, 2024.

Dentro de las enfermedades en las cuales se observa pérdida de la asimetría normal están los trastornos de lectoescritura o dislexia (por subdesarrollo del área de Broca) y en pacientes esquizofrénicos (mayor simetría bilateral). La resección de la corteza temporal de

asociación límbica izquierda (dominante) produce la imposibilidad de recordar nombres y en el hemisferio no dominante la incapacidad de recordar melodías o reconocer aspectos de forma del lenguaje como la entonación. Esta característica de las lesiones unilaterales de la corteza de asociación límbica temporal es debido a que, en el hemisferio dominante, el procesamiento de los estímulos es verbal, y en el no dominante, es sensorial (Cardinali, 2007).

Referencias

- Amunts, K., & Zilles, K. (2015). Architectonic Mapping of the Human Brain beyond Brodmann. *Neuron*, 88(6), 1086-1107. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0896627315010727>
- Brown, N. (2015). Lessons of the brain: The Phineas Gage story. *The Harvard Gazette*. <http://news.harvard.edu/gazette/story/2015/10/lessons-of-the-brain-the-phineas-gage-story/>
- Cardinali, D.P. (2007). *Neurociencia aplicada: sus fundamentos* (1ra. ed.). Médica Panamericana.
- Felten, D.L., & Shetty, A.N. (2010). *Netter: atlas de neurociencia* (2da. ed.). Elsevier Masson.
- Guyton, A., & Hall, J. (2015). *Fisiología de Guyton* (13va. ed.). Elsevier España.
- Kandel, E.R., Schwartz, J.H., Jessel, T.M., Siegelbaum, S.A., & Hudspeth, A.J. (2012). *Principles of neural science* (5ta. ed.). McGraw-Hill Education.
- Snell, R.S. (2007). *Neuroanatomía Clínica* (6ta. ed.). Médica Panamericana.
- Turlough Fitzgerald, M.J., Gruener, G., & Mtui, E. (2012). *Neuroanatomía clínica y neurociencia* (6ta. ed.). Elsevier Saunders.
- Uriarte, B. (2013). *Funciones cerebrales y psicopatología* (1ra. ed.). Alfíl.

Nervous system and its clinical application **Sistema nervoso e sua aplicação clínica**

Leonardo Flavio Medina Guillen

<http://orcid.org/0000-0001-7393-1584>

Pontificia Universidad Católica de Chile | Facultad de Medicina | Santiago | Chile

Imedinag@uc.cl

Maestrante en Salud Pública Global, Pontificia Universidad Católica de Chile. Doctor en Medicina y Cirugía, Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Coordinador nacional de proyecto RISSALUD.

Abstract

The chapter explores the nervous system and its clinical relevance. This system, composed of specialized cells, receives and transmits sensory stimuli, along with regulating bodily functions in conjunction with the endocrine system. It is divided into the Central Nervous System (CNS) and the Peripheral Nervous System (PNS). The CNS comprises the spinal cord and the brain, protected by the meninges. The spinal cord processes sensory information and connects to the brain stem, which is responsible for regulating arousal and consciousness. The PNS encompasses the sympathetic and parasympathetic nervous system, which regulate functions such as smooth muscles, glands, genital and endocrine systems. The limbic system, related to emotions, is explored, including the hypothalamus and its influence on behavior and memory. In addition, the organization of the brain is detailed, highlighting the cerebral cortex and specialized areas, with clinical examples such as that of Phineas Gage to illustrate effects of lesions on personality, and specific functions of the cerebral lobes.

Keywords: Cerebral Cortex; Neuroanatomy; Neurophysiology; Nervous System.

Resumo

O capítulo explora o sistema nervoso e sua relevância clínica. Esse sistema, composto por células especializadas, recebe e transmite estímulos sensoriais, além de regular as funções corporais em conjunto com o sistema endócrino. Ele é dividido em Sistema Nervoso Central (SNC) e Sistema Nervoso Periférico (SNP). O SNC compreende a medula espinhal e o cérebro, protegidos pelas meninges. A medula espinhal processa as informações sensoriais e se conecta ao tronco cerebral, que é responsável por regular a excitação e a consciência. O SNP engloba os sistemas nervosos simpático e parassimpático, que regulam funções como os músculos lisos, as glândulas e os sistemas genital e endócrino. O sistema límbico, relacionado às emoções, é explorado, incluindo o hipotálamo e sua influência no comportamento e na memória. Além disso, a organização do cérebro é detalhada, destacando o córtex cerebral e as áreas especializadas, com exemplos clínicos, como o de Phineas Gage, para ilustrar os efeitos das lesões na personalidade e as funções específicas dos lobos cerebrais.

Palavras-chave: Córtex cerebral; Neuroanatomia; Neurofisiologia; Sistema nervoso.