



# SISTEMA «««« NEUROENDÓCRINO »»»»»» Y SU EXPLORACIÓN CLÍNICA

Ángel Jose Chú Lee • Sixto Isaac Chilibingua Villacis  
Pedro Sebastián Espinoza Guamán • Meiling Paulette Chú Lee Riofrio

**Autores**





# Sistema Neuroendócrino

y su exploración clínica



Vicerrectorado de  
Investigación • Vinculación • Posgrado  
Unidad Editorial



**Ediciones UTMACH**

350 pág / Formato A4

**Título:** Sistema Neuroendócrino y su exploración clínica  
Chú Lee, J.; Chiliquina, I.; Espinoza, P.; Chú Lee, M. (Autores)  
Primera edición digital con revisión de pares especializados

23 de febrero de 2024

ISBN: 978-9942-24-188-7

DOI: <http://doi.org/10.48190/9789942241887>

CCD: 616.8

# **Sistema Neuroendócrino**

## y su exploración clínica

Ángel Jose Chú Lee  
Sixto Isaac Chilibingua Villacis  
Pedro Sebastián Espinoza Guamán  
Meiling Paulette Chú Lee Riofrio

*AUTORES*

Autoridades

Jhonny Pérez Rodríguez - **Rector**  
Rosemary Samaniego Ocampo - **Vicerrectora Académica**  
Luis Brito Gaona - **Vicerrector de Investigación, Vinculación y  
Posgrado**  
Irene Sánchez González - **Vicerrectora Administrativa**

© Ediciones UTMACH

Título original:  
Sistema Neuroendócrino y su exploración clínica

ISBN: 978-9942-24-188-7

DOI: <http://doi.org/10.48190/9789942241887>

© Autores Libro con revisión de pares ciegos especializados

Karina Lozano Zambrano  
**Jefe editor / Diseño y edición editorial**

Edison Mera León - **Diagramación y Diseño de cubierta**  
Primera edición digital  
23 de febrero de 2024

Universidad Técnica de Machala - UTMACH  
Correo: [editorial@utmachala.edu.ec](mailto:editorial@utmachala.edu.ec)  
Machala-Ecuador

Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)

## Biografía de los autores

---

### Dr. Ángel Jose Chù Lee, PhD.



Doctor en Medicina y Cirugía 1989 – Universidad de Guayaquil.  
Especialista en Medicina Interna – Acupuntura China.  
Magister en Gerencia y Administración de Salud. 2009.  
Diplomado en Docencia Universitaria. 2011.  
Ex Director Hospital Teófilo Dávila. Machala 2013 – 2014.  
Master Iberoamericano en Acupuntura Bioenergética. 2016.  
Ex Coordinador Carrera de Medicina 2019 – 2021 Universidad Técnica de Machala.  
Doctor PhD en Ciencias Médicas 2021 - Universidad del Zulia, Maracaibo, Republica Bolivariana de Venezuela.  
Profesor Contratado de la Carrera de Medicina desde 2002.  
Profesor Titular de Morfofisiología Neuroendocrina e Inmunología desde 2014 – Universidad Técnica de Machala.  
Actual vicepresidente AEMEMI 2022 – 2024. Asociación Ecuatoriana Medico Experto en Medicina Integrativa  
Coordinador Maestría Gerencia en Salud. 2024 - Universidad Técnica de Machala  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2806-1692>

### Dr. Sixto Isaac Chilibingua Villacis, PhD.



Doctor en Medicina y Cirugía – 1993.  
Especialista en Ginecología y Obstetricia – 2002.  
Especialidad en Gerencia y Planificación Estratégica – 2005.  
Magister en Gerencia en Salud – 2007.  
Ex jefe del Departamento de Ginecología y Obstetricia – Hospital Civil de Pasaje.  
Profesor Titular Agregado ganador de concurso desde 2014 – Universidad Técnica de Machala.  
Doctorado en Ciencias Médicas 2021 – Universidad de Zulia, Maracaibo, República Bolivariana de Venezuela.  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6784-5348>

## Biografía de los autores

---

### **Dr. Pedro Sebastián Espinoza Guamán, PhD.**



Médico Forense

Magister en Biología de las Enfermedades Infecciosas.

Profesor de Parasitología Carrera de Medicina - Universidad Técnica de Machala

Doctor PhD en Ciencias Médicas 2024 - Universidad del Zulia, Maracaibo, República Bolivariana de Venezuela.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0226-4520>

### **Meiling Paulette Chú Lee Riofrio**



Universidad de Cuenca - Provincia del Azuay.

Internado Rotativo de la Carrera de Medicina - Hospital Vicente Corral Moscoso - Ministerio Salud Publica - Cuenca - Provincia del Azuay.

Medicina Extramural, Centro de Salud Baños. Ciudad de Cuenca - Provincia del Azuay.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1596-4967>

## Colaboradores

**Ariana Belén Benenaula Cabrera**



Estudiante Sexto Semestre  
Carrera de Medicina  
Universidad Técnica de Machala

**Edwin Mateo Camacho Suriaga**



Estudiante Sexto Semestre  
Carrera de Medicina  
Universidad Técnica de Machala

**Tannya Thalia Garay Largo**



Estudiante Sexto Semestre  
Carrera de Medicina  
Universidad Técnica de Machala

**Juleysi Stefanía González Romero**



Estudiante Sexto Semestre  
Carrera de Medicina  
Universidad Técnica de Machala

**Juan Felipe León Pincay**



Estudiante Sexto Semestre  
Carrera de Medicina  
Universidad Técnica de Machala

**Zlapna Kathleen Osorio Ávila**



Estudiante Quinto Semestre  
Carrera de Medicina  
Universidad Técnica de Machala

**Romina Nicole Ríos González**



Estudiante Sexto Semestre  
Carrera de Medicina  
Universidad Técnica de Machala

**Amada José Ruilova Núñez**



Estudiante Sexto Semestre  
Carrera de Medicina  
Universidad Técnica de Machala

**Stefanie Pauleth Ruilova Torres**



Estudiante Quinto Semestre  
Carrera de Medicina  
Universidad Técnica de Machala

## Colaboradores

**Diana Carolina Valdez Jimbo**



Estudiante Sexto Semestre  
Carrera de Medicina  
Universidad Técnica de Machala

**Karelia Vanessa Valverde Guallo**



Estudiante Sexto Semestre  
Carrera de Medicina  
Universidad Técnica de Machala

**Génesis Abigail Verdezoto Díaz**



Estudiante Sexto Semestre  
Carrera de Medicina  
Universidad Técnica de Machala

**Allison Michelle Díaz Orellana**



Estudiante Noveno Semestre  
Carrera de Medicina  
Universidad Técnica de Machala

**Carlos Paúl Patiño Pineda**



Estudiante Noveno Semestre  
Carrera de Medicina  
Universidad Técnica de Machala

**Bryan Sebastián Vásquez Paladines**



Estudiante Décimo Semestre  
Carrera de Medicina  
Universidad Técnica de Machala

**Camilo Javier Sánchez Herrera**



Estudiante Décimo Semestre  
Carrera de Medicina  
Universidad Técnica de Machala

## Agradecimientos

---

En este texto de información de Morfofisiología Neuroendocrina, es necesario en primer lugar agradecer a nuestro Padre Celestial, pues sin su bendición y gracia, no habiéramos tenido éxito, de igual manera a mi esposa y a mi hija, que son unos pilares fundamentales en mi vida.

A mi selecto grupo de 16 estudiantes colaboradores por ser parte de este proceso investigativo y su arduo trabajo lo que nos permitió poseer una identidad única en la edición del libro.

Es justo y necesario reconocer el papel de quienes marcaron un antecedente en el desarrollo de este proyecto, pues ellos construyeron las bases de toda esta ideología con afluentes al conocimiento, que servirán para la preparación académica de futuras generaciones.

Innegablemente nuestra gratitud a la Universidad Técnica de Machala, por ser la casa de estudio donde nos nutrimos con el saber teórico y técnico en el marco de la medicina.



# ÍNDICE

<b>Unidad 1: Generalidades</b>	<b>15</b>
Capítulo 1: Reseña Histórica de la Neurociencia	17
Capítulo 2: Terminaciones Nerviosas	35
<b>Unidad 2: Sistema Nervioso Central</b>	<b>61</b>
Capítulo 3: Médula Espinal	63
Capítulo 4: Tronco Encefálico	89
Capítulo 5: Cerebelo	115
Capítulo 6: Cerebro	135
Capítulo 7: Meninges del encéfalo y de la Médula Espinal	167
Capítulo 8: Vascularización de la Médula Espinal y Encéfalo	185
<b>Unidad 3: Sistema Nervioso Periférico</b>	<b>215</b>
Capítulo 9: Nervios Craneales	217
Capítulo 10: Nervios Raquídeos	147
Capítulo 11: Sistema Nervioso Autónomo	279
<b>Unidad 4: Sistema Endócrino</b>	<b>293</b>
Capítulo 12: Sistema Endócrino	295
Capítulo 13: Neurotransmisores	331

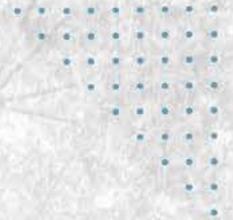


**UNIDAD**

**1**

**GENERALIDADES**





# CAPÍTULO 1

## RESEÑA HISTÓRICA DE LA NEUROCIENCIA





## RESEÑA HISTÓRICA DE LA NEUROCIENCIA

La importancia de la historia radica en darle un vistazo al pasado para poder comprender el presente y quizás tener una noción de cómo mejorar el futuro, es así que el estudio de la medicina no solo se limita en una curiosidad a medias, sino se necesita el antecedente de cada tema para interrelacionar el contexto con la importancia dentro de la salud humana. La Morfofisiología Neuroendocrina es bastante amplia en la esfera médica, cuya extensión comenzó en primeros estudios de la historia humana (año 4000 a.C) y las investigaciones se realizan hasta el día de hoy, datos que la mayoría de estudiantes ignora.

El objetivo del capítulo es realizar una reseña histórica de la neurociencia describiendo cronológicamente los principales hitos, descubrimientos y contribuciones de científicos destacados, mediante una narración que revele la evolución y el desarrollo de esta disciplina desde sus inicios hasta la actualidad, para comprender los aciertos y desaciertos que han enfrentado los estudiosos de esta rama de la ciencia a través del tiempo.

### Primeras investigaciones del cerebro – 4000 a.C

Los primeros indicadores de investigación del cerebro se remontan a 4000 años a.C , donde aparecen textos escritos en piedra en los cuales había descripciones de efectos de distintos tipos de drogas que se hacían en ese momento como la Atropa belladonna L, Cannabis sativa, Erythroxyton coca, y la más utilizada Papaver somniferum L. La historia ha evolucionado con la utilidad médica, sobre todo para el tratamiento de problemas mentales y calmantes del dolor (1).



Figura 1. Trepanación en la Antigüedad  
Fuente: Autor

La trepanación consiste en realizar un agujero en el cráneo en una persona viva con un instrumento afilado, y todo esto es un procedimiento quirúrgico. En la neuroanatomía, se ha encontrado evidencia antropológica de este tipo de práctica

del siglo XX en África y Polinesia, que insinúa que la trepanación fue un tratamiento para el dolor, causado por traumatismo o enfermedades neurológicas. Las herramientas más utilizadas en las primeras épocas de la trepanación fueron el cuchillo de obsidiana, punta triangular de obsidiana y martillos, pero estas herramientas fueron mejorando con el tiempo (2).

Hoy en día se sigue realizando esta práctica porque es muy útil en el campo de la neurocirugía debido a que facilita el acceso al cerebro, ahora denominada craneotomía (2).

### Papiro egipcio – 1700 a.



Figura 2. Papiros Egipcios  
Fuente: Autor

Los papiros actualmente se consideran la civilización madre de la medicina y los creadores de la observación clínica. Existen catorce papiros médicos, en diferente estado de conservación; la mayoría pertenecen al Imperio Medio pero su

contenido se refiere con frecuencia al Imperio Antiguo (época de las pirámides) (3).

El papiro más importante en la neurocirugía es el papiro Edwin Smith, data de 1700 años antes de Cristo (a.C.) y corresponde al primer tratado de cirugía dedicado a los traumas encefalocraneanos, espinales y de la clavícula (4). Cuya descripción se basa, en observar a través del cráneo una masa arrugada, que estaba cubierto por unas telas, que contenía un líquido en su interior, lo que se conoce como cerebro, meninges y líquido cefalorraquídeo. El cerebro, no era considerado importante al contrario el corazón sí, debido que creían que era donde residía el alma (5).

### Hipócrates, Platón, Aristóteles – 450 a.C - 335 a.C

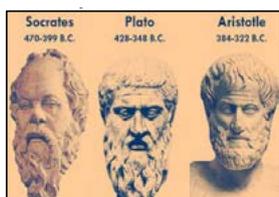


Figura 3. Sócrates, Platón y Aristóteles  
Fuente: Autor

**Aristóteles 355 a.C** al observar la estructura del cerebro, pensó que era un refrigerador de la sangre. Ya que consideraba al corazón, como el órgano de las pasiones, que calentaba mucho la sangre cuando estaba apasionado, y por eso se refrigeraba en el cerebro, que la devolvía al resto del cuerpo (6).

**Platón 378 a.C.**, creía que el cerebro era la sede de los procesos mentales y “el asiento del alma”. El cerebro era el “órgano divino” porque está ubicado más cerca del cielo (6).

**Hipócrates 450 a.C** empezó a reconocer que el cerebro es la sede de las sensaciones como pensar, sentir y soñar (6).

### Laguna historiográfica

Durante aproximadamente mil años, desde alrededor del año 170 a.C. hasta 1543 d.C., existe un vacío en la historia documentada de la neurociencia, lo que se conoce como una laguna historiográfica. En este prolongado periodo que abarca desde finales de la época helenística hasta bien entrado el Renacimiento, no se encuentran

registros ni evidencias de avances o descubrimientos relevantes relacionados al estudio del sistema nervioso y el cerebro. Pareciera ser una etapa de estancamiento y oscuridad para esta rama del conocimiento científico, en la que no surgieron grandes pensadores, investigadores o teorías neurocientíficas que marcaran hitos en su desarrollo.

### Galeno – 170 a.C

Galeno de Pérgamo (129-200) creía que el ser humano está formado por ciertos sistemas que se encuentran interconectados: Los nervios y el encéfalo, responsables de las sensaciones y el pensamiento; el corazón y las arterias, responsables de la energía vital; y el hígado y las venas, cuyo papel era la nutrición y el crecimiento.



Figura 4. Galeano  
Fuente: Autor

Además, el cerebelo ejercía su acción sobre los músculos mientras que el cerebro era el receptor de las sensaciones y memorias, estableció relación entre los ventrículos cerebrales y las cavidades del corazón, planteaba que las sensaciones y movimientos eran dependientes del movimiento de los humores hacia los ventrículos cerebrales mediante los nervios (7). Por ello se creía que el tejido nervioso únicamente cumplía una función glandular.

Galeno, enumeró los pares craneales considerando 11 con excepción del nervio olfatorio, al cual solo lo establecía como una prolongación del cerebro. Aun así, reagrupó a los pares considerando un total de siete: nervio óptico, nervio óculo-muscular del ojo, nervio blando; ramo sensitivo del trigémino, nervio motor; raíz motora del trigémino, quinto par; nervios facial y estato-acústico, sexto par compuesto por el vago, glossofaríngeo y accesorio, séptimo par; nervio hipogloso (8).

### Andrés Vesalio – 1543

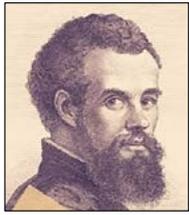


Figura 5. Andrés Vesalio  
Fuente: Autor

Andrés Vesalio (1514-1564) fue innovador en la anatomía en el Renacimiento luego del siglo de oscurantismo medieval. En de *humani corporis fabrica*, su obra cumbre, la parte dedicada al cerebro ha sido criticada como la más deficiente de la obra y posible asiento de errores (9).

Para estudiar el cerebro, lo mantenía dentro de la cavidad craneana realizando distintos cortes transversales (9).

### René Descartes – 1649



Figura 6. René Descartes  
Fuente: Autor

Descartes creó una complicada teoría sobre la fisiología del sistema nervioso, que consideraba al individuo como un ser integrado por el cuerpo (*res extensa*) y el espíritu (*res cogitans*) (10).

En el tratado del hombre (el primer libro de texto europeo de fisiología) se recogen todas las teorías fisiológicas mecanicistas cartesianas, que asimilan al ser humano con un robot, salvo en el control ejecutivo superior ejercido por el alma. La hipótesis, la comunicación entre voluntad de la mente y movimiento del cuerpo-máquina correría a cargo de los galénicos *spiritus animalis*. De esta forma, fijó Descartes la sede del alma en la más interior de las partes del cerebro, es decir, la glándula pineal (10).

### Thomas Willis – 1664

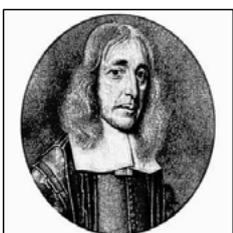


Figura 7. Thomas Willis  
Fuente: Autor

En 1664, publicó su obra «*Cerebri anatome*», que tuvo una gran repercusión en la anatomía descriptiva, posterior a Vesalius, es así que en esta obra apareció por primera vez «neurología» escrita en idioma grie-

go. Se auxilió de la observación macroscópica y microscópica, así como técnicas de inyección de sustancias coloreadas y solidificables; también recurrió a la vivisección (11).

Cabe recalcar que Willis describió varias estructuras como el cuerpo estriado, el tálamo, los cuerpos mamilares (glándulas de Willis), la distribución arborescente de la sustancia gris y blanca del cerebro, los cordones del cuerpo calloso (cordones de Willis).

### Anton Mesmer – 1774

Fue capaz de curar enfermos a través de la magnetoterapia. Aplicaba imanes de manera de herradura alrededor del cuello y sobre el corazón, y sobre todo el cuerpo y se veía sorprendentes éxitos.



Figura 8. Anton Mesmer  
Fuente: Autor

Mesmer reinventó su modelo terapéutico, dejó a un lado la utilización del imán y se enfrentó a la canalización del fluido magnético animal por medio de su persona. Así, Mesmer fue ganando poco a poco fama, pero en la sociedad científica no aceptaba este método (12).

### Luigi Galvani – 1791

El 6 de noviembre de 1780 se inició experimentos con ancas de ranas sometidas a la influencia de la electri-



Figura 9. Luigi Galvani  
Fuente: Autor

cidad artificial, esto se realizó con una máquina electrizante constituida por dos metales diferentes y los fluidos naturales extraídos desde una rana disecada, lo que provocaba que las extremidades convulsionaron, determinando la existencia de una electricidad animal. (13).

El fenómeno observado entonces consistía en que, al tocar con la punta de un escalpelo los nervios internos crurales de una rana decapitada y fijada en una mesa, si se hacía saltar al mismo

tiempo la chispa en una máquina cercana, se contraen todos los músculos de los miembros. Uno de los campos en los que lograron mucho éxito con este descubrimiento fue en el de la estimulación eléctrica en los casos de parálisis muscular (13).

### Phineas Gage – 1884

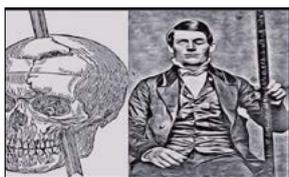


Figura 10. Phineas Gage  
Fuente: Autor

El caso de Phineas Gage, un joven de 25 años, quien sufrió un accidente en el que una barra le atravesó el cráneo, se estudia en todas las universidades, y gracias a él se estudió y se publicaron artículos que sugerían que una lesión del lóbulo frontal podría alterar aspectos de la personalidad, la emoción y la interacción social (14).

El caso de Phineas Gage, un joven de 25 años, quien sufrió un accidente en el que una barra le atravesó el cráneo, se estudia en todas las universidades, y gracias a él se estudió y se publicaron artículos que sugerían que una lesión del lóbulo frontal podría alterar aspectos de la personalidad, la emoción y la interacción social (14).

### Hermann Helmholtz – 1849

#### Fisiología sensorial



Figura 11. Hermann Helmholtz  
Fuente: Autor

Wilhelm Wundt describió su investigación como una forma de filosofía empírica y como un estudio de la mente como un elemento independiente, mientras que Helmholtz se centraba más en la unidad de la “mente” y del cuerpo (15).

#### Fisiología de los nervios

En 1849, Helmholtz utilizó un nervio ciático de una rana recién disecado, y el músculo de la pantorrilla adyacente para medir la velocidad de transmisión de los impulsos nerviosos.

Usó un galvanómetro añadiendo un espejo para reflejar un haz de luz en la habitación a una escala que daba mucha mayor sensibilidad a la aguja del dispositivo. Las velocidades de transmisión registradas por Helmholtz estaban en la gama de 24,6-38,4 metros por segundo (16).

### Franza Joseph Gall – 1850

Expuso que toda la función del cerebro provenía de la corteza cerebral, de la cual era responsable de una facultad conductual determinada, a su vez, Gall publicó en 1819 su obra: “Anatomía y fisiología del sistema nervioso y cerebro” (17).



Figura 12. Franza Joseph  
Fuente: Autor

### Charles Darwin – 1859

En 1859, Darwin publicó “El origen de las especies” y su teoría de la evolución, lo cual representó un cambio radical en la historia de la ciencia.

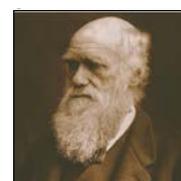


Figura 13. Charles Darwin  
Fuente: Autor

Adicionalmente, Darwin habla acerca del origen de las especies y establece que todos los representantes del reino animal, somos sin lugar a duda, descendientes de un ancestro común; y que las “diferencias mentales” que favorecen a la especie humana son el resultado de la interacción entre dos factores esenciales en el hábitat socio cultural del ser humano, la cooperación y el sentido moral (18).

### Broca y Wernicke: 1862 - 1874

Los investigadores hicieron descubrimientos iniciales sobre la representación del lenguaje en el cerebro y nuevas.

Según el portal web de Investigación y Ciencia, Paul Broca descubrió un hallazgo que, “relaciona el área del hemisferio izquierdo (...) con el lenguaje” (19). Por otro lado, de acuerdo a Cisneros y Silva; Wernicke descubrió “los detalles de la afasia del lóbulo temporal, a la cual, (...) se conoce como afasia de Wernicke (20).

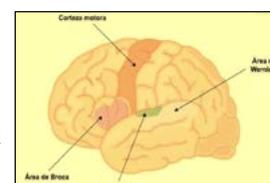


Figura 14. Áreas de Broca y Wernicke  
Fuente: Autor

### Camilo Golgi – 1873

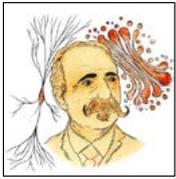


Figura 15. Camilo Golgi  
Fuente: Autor

En 1873, el descubrimiento del organelo celular conocido como una reacción cromóargéntica o “reazione nera” que es el aparato de Golgi, para ello Golgi Camilo realizó un procedimiento

sencillo histológico para revelar la estructura de la neurona en sus tres dimensiones. Él era defensor de la teoría reticular, la cual proponía que el sistema nervioso estaba conformado por una red de células fusionadas a través de los axones a manera de un sincitio (21).

### Sigmund Freud – 1900

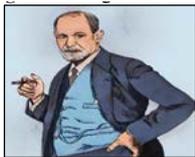


Figura 16. Sigmund Freud  
Fuente: Autor

Sigmund Freud fue el padre del psicoanálisis, un método para tratar las enfermedades mentales (22).

La teoría del psicoanálisis freudiano explica el comportamiento del individuo, la cual se basa en el análisis de los conflictos sexuales inconscientes que se originan en la niñez. Esta teoría sostiene que los impulsos instintivos que son reprimidos por la conciencia permanecen en el inconsciente y afectan al sujeto (23). El legado de Sigmund Freud a la neurociencia se llama inconsciente (24).

### Alois Alzheimer – 1906

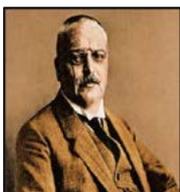


Figura 17. Alois Alzheimer  
Fuente: Autor

A principios de 1900 comienzan a presentarse los primeros trabajos donde se relacionan patologías directamente relacionadas con la actividad cerebral como el caso de la enfermedad conocida como Alzheimer, descubierta por Alois Alzheimer quien con ella describía la degeneración pre-senil, al observar que en algunas regiones cerebrales dentro de los lóbulos

temporales hay unas estructuras denominadas hipocampus, dónde lesiones de estos son la causa del Alzheimer, debido a que la persona pierde la capacidad de generar nuevas memorias dejando solamente la posibilidad de mantener solo las memorias previamente almacenadas, sin lugar a incorporar nuevas (25).

### Santiago Ramón y Cajal- Descubrimiento de la Neurona como Unidad Funcional

Realizó sus estudios sobre el cerebro basado en realizar dibujos de lo que observaba y descubrió que existían unas estructuras o unidades independientes que al momento de dibujarlas evidenciaba que eran estructuras que no estaban unidas, en ellas existía un espacio que las separaba denotando que por tal motivo esta estructura constituía una unidad funcional como una célula independiente, a esta estructura se le conoce el día de hoy como neurona, la unidad funcional más pequeña del cerebro (26).

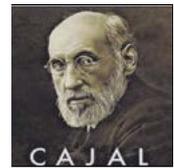


Figura 18. Santiago Ramón y Cajal  
Fuente: Autor

### Kerbinian Brodman – 1909

#### Áreas corticales y tipos de neuronas

En 1906, con base a lo descubierto de las neuronas, nace otro estudio muy importante sobre ellas realizado por Kerbinian Brodman, dedicando su vida al estudio de las neuronas mediante el estudio de las regiones cerebrales en cerebros de personas muertas (27).

Así descubrió que las neuronas no solo son unidades funcionales, sino que también existían distintos tipos de neuronas en cada área cerebral distribuidas a lo largo del manto cortical denotando así su logro de descubrir e identificar con los escasos instrumentos de la época, 52 áreas corticales (28).

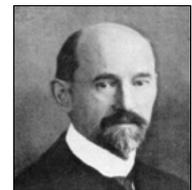


Figura 19. Kerbinian Brodman  
Fuente: Autor

### Henry Hallett – 1914

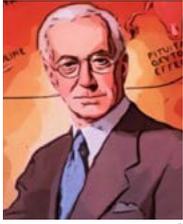


Figura 20. Henry Hallett  
Fuente: Autor

Henry Hallett Dale, fue fisiólogo y farmacólogo británico. Su estudio acerca del cornezuelo de centeno, lo guió a descubrir la histamina como el factor causante de reacciones anafilácticas y alérgicas, además de aislar y clasificar farmacológicamente en, 1914, a la “acetilcolina”, el primer neurotransmisor descubierto (29). Cuyo hecho lo confirmó Otto Loewi, por medio de sus experimentos sinápticos.

### Gordon Holmes - 1919



Figura 21. Gordon Holmes  
Fuente: Autor

En 1918, el Neurólogo Holmes analizó las zonas de ceguera parcial de soldados de la I Guerra Mundial cuyos cerebros habían sido lesionados por proyectiles, para producir un mapa esquemático de la relación entre el campo visual y la corteza visual primaria o corteza estriada del cerebro (30). Con la finalidad de estudiar la consecuencia fisiología del trauma cerebral y la localización de la visión macular en la extremidad más posterior del área visual (31).

### Hans Berger – 1924



Figura 22. Hans Berger  
Fuente: Autor

Hans Berger fue un médico alemán que se dedicó a investigar la actividad eléctrica del cerebro. Cuando publicó: “Das Elektrenkephalogramm des Menschen” en 1929, por primera vez se describió el descubrimiento de los ritmos alfa y beta de EEG, que también son conocidos como ritmos de Berger, esto fue confirmado por Edgar Adrian y Bryan Matthews. Con esto se de-

muestra que la actividad cerebral se sincroniza o desincroniza a través de la percepción de la actividad musical, debido la música es la actividad que más pone a trabajar distintas regiones cerebrales de manera uniforme y ordenada.

### Egas Moniz – 1934



Figura 23. Egas Moniz  
Fuente: Autor

Egas Moniz se ayudó con los estudios realizados por Sicaud y Forestier, y concluyó que mediante la inyección de sustancias específicas se puede obtener mejores imágenes de los vasos sanguíneos del cerebro, Moniz lo llamó: “encefalografía arterial”. Moniz ganó un Premio Nobel de medicina en 1949 por el descubrimiento de la lobotomía prefrontal “el corte blanco”.

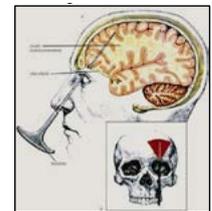


Figura 24. Lobotomía prefrontal  
Fuente: Autor

Este procedimiento provocaba la reducción del comportamiento violento, los dejaba discapacitados de por vida.

En la actualidad este método no se utiliza, es un método demasiado cruel y a Egas Moniz se le retiró el Premio Nobel de medicina.

### Brenda Milner – 1953

#### Brenda Milner y el paciente H.M (Henry Molaison)

El famoso paciente Henry Molaison, mejor conocido como H. M., debido a sus fuertes convulsiones a los 7 años a causa que sufrió un fuerte golpe con una bicicleta, y para controlar la epilepsia le extrajeron el hipocampo, la amígdala, la corteza entorrinal y otras estructuras circundantes, en ambos lados del cerebro. Milner pudo comprender que los lóbulos temporales juegan un papel esencial en la memoria de trabajo (32).



Figura 25. Brenda Milner  
Fuente: Autor

Ella descubrió que hay dos tipos de memorias:

Tabla 1. Tipos de memoria según Brenda Milner

Memoria	Tipo	Información	Estructuras
Memoria explícita (cognitiva)	Consciente	Información sobre lugares, gente y objetos.	Hipocampo, amígdala, corteza entorrinal, lóbulo frontal, parietal, temporal y occipital
Memoria implícita (activa o motora)	Episódica	Eventos y experiencias individuales como un cumpleaños, una graduación, una separación dolorosa, etc.	Cerebelo, cuerpo estriado
	Semántica	Información sobre hechos que aprendemos	

### Wilder Penfield – 1957

#### Estimulación neural:



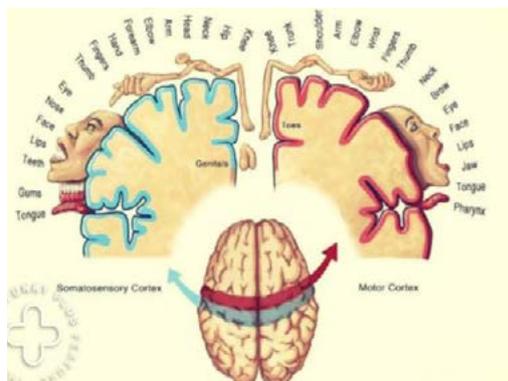
Figura 26. Wilder Penfield  
Fuente: Autor

- Junto con su colega Herbert Jasper, inventó el “Procedimiento de Montreal” en el que trataba a pacientes con epilepsia grave destruyendo las células nerviosas del cerebro donde se originaban las convulsiones (33).

- Esta técnica también le permitió crear mapas de las cortezas sensoriales y motoras del cerebro (homúnculo cortical) mostrando sus conexiones con las diversas extremidades y órganos del cuerpo (33).

Tabla 2. Homúnculo de Penfield

Homúnculo sensorial	Representa la corteza somatosensorial primaria, que incluye la sensibilidad al tacto, presión y dolor.
Homúnculo motor	Representa la corteza motora primaria y su función es regular y controlar los movimientos.



### Neuroimágenes – 1970 - 1980

La neuroimagen corresponde a una de las técnicas más utilizadas en la neurociencia, ya que permite realizar un diagnóstico mucho más certero de distintas patologías a nivel encefálico. (34)



Figura 27. Conrad Röntgen  
Fuente: Autor

En cuanto a los antecedentes históricos de la neuroimagen es de fundamental importancia mencionar el desarrollo de los rayos x en el año 1895 por parte del físico alemán Wilhelm Conrad Röntgen, también la invención de la tomografía a principios de los años 70, en Reino Unido que brindaría la posibilidad de pasar de imágenes analógicas a imágenes digitales (34).

En este periodo histórico se empiezan a aplicar distintas técnicas de imagenología para evaluar el cerebro y su funcionalidad.

### Timothy Bliss y Terje Lomo – 1973

En 1973 Tim Bliss y Terje Lomo hicieron un gran descubrimiento sobre el hipocampo: La estimulación eléctrica breve y de alta frecuencia de algunos circuitos excitatorios de la formación hipocampal, produce un aumento en la fuerza de las sinapsis estimuladas, el cual puede durar a largo plazo (35).



Figura 28. Timothy Bliss  
Fuente: Autor

Terje Lomo y Timothy Bliss estimularon las neuronas del hipocampo de conejos anestesiados con corrientes eléctricas débiles y de alta frecuencia, lo que les permitió determinar que el efecto potenciador se conseguía rápidamente y era prolongado, puesto que podía llegar a durar semanas, debido a esta investigación se determinó lo que se conoce como “potenciación a largo plazo”.

### Roger Sperry – 1981



Figura 29. Roger Sperry  
Fuente: Autor

Roger Sperry fue un neurobiólogo estadounidense que estudió las diferentes funciones de los hemisferios cerebrales examinando a pacientes a los que se les habían cortado los nervios que conectan los hemisferios

para aliviar una epilepsia grave. Con esto, en 1960 pudo revelar que el hemisferio izquierdo está más orientado al pensamiento abstracto y analítico, al cálculo y a la capacidad lingüística, mientras que el derecho es más importante para la comprensión de patrones espaciales y de sonidos complejos como la música (36).

### Benjamín Libet (sobre la conciencia) – 1983



Figura 30. Benjamín Libet  
Fuente: Autor

Libet quiso estudiar el papel de la conciencia en la ejecución de los actos libres, de tal manera que diseñó un experimento dirigido a conocer la relación temporal

existente entre el potencial de preparación, la conciencia de la decisión de actuar y la ejecución del movimiento. Su investigación se sujetó a la interrogante; ¿Cuándo aparece el deseo consciente o la intención?

Para responder la interrogante habría que ver el momento en que se generaban los PD, la conciencia del deseo de hacer un movimiento y la activación de los músculos efectores, de modo que permitiera secuenciarlos.

### Giacomo Rizzolatti (neuronas espejo) – 1996

En el año 1991 Giacomo Rizzolatti dirigió a un grupo de neurocientíficos con el objeto de estudiar la zona F5 en la corteza pre-

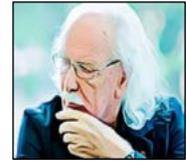


Figura 31. Giacomo Rizzolatti  
Fuente: Autor

motora del macaco (37). Gracias a dicha investigación, en año 1996, se identificó la existencia de un tipo de neuronas motoras capaces de activarse a partir de la ejecución de un movimiento y durante la observación de un movimiento similar, las neuronas especulares o neuronas espejo (37).

### Últimos 10 años - Aumento exponencial de investigaciones basadas en el perfeccionamiento de los instrumentos de neuroimágenes

En los últimos años se han perfeccionado distintos instrumentos de neuroimágenes con la finalidad de mejorar y facilitar el diagnóstico de distintas patologías. Entre las más importantes destacan las siguientes (38):

- La RM por su gran resolución de contraste, capacidad multiplanar y ausencia de radiación es considerada la prueba de referencia del SNC.
- Avances en los equipos PET/TAC, destacando el uso de nuevos cristales centelleadores con incorporación en la técnica del tiempo de vuelo, mejora en la resolución espacial y sensibilidad, además de algoritmos de reconstrucción tomográfica.
- El desarrollo tecnológico reciente de la TAC ha supuesto un gran avance en el estudio del SNC por la mejora en la capacidad de realizar estudios multiplanares y la posibilidad de realizar estudios dinámicos.
- Los modernos equipos de detectores múltiples y la mejora de todos los componentes de los sistemas han permitido reducir el tiempo de adquisición de las imágenes.

### Proyecto Conectoma Humano

La palabra “Conectoma” es definida como un mapa comprensivo de las conexiones neuronales en el cerebro, concepto que fue propuesto por Olaf Sporns y Patrick Hagmann en 2005. Dicho de otra manera, el conectoma sería al cerebro lo que el genoma al código genético (39). El Proyecto Conectoma Humano fue creado en 2009 gracias al patrocinio de dieciséis miembros de los Institutos Nacionales de la Salud, este no sólo as-

pira a cumplir el objetivo de construir un mapeo de redes neurológicas, sino que también en el trayecto de su búsqueda planifica que se pueda facilitar nueva información sobre las redes funcional y estructuralmente, en su desarrollo y envejecimiento dentro del cerebro humano sano, y con esto además aportar información a los trastornos cerebrales que se han demostrado que están asociados a esta conductividad, como en el caso de la dislexia, autismo, Alzheimer o esquizofrenia (40).

### Glosario

- **Papaver somniferum L:** Su fama está ligada a su alto contenido en alcaloides obtenidos de la savia exudada mediante incisiones practicadas artificialmente en su fruto, la cual es la base de la producción de opio y sus derivados.
- **Pares craneales:** Los 12 nervios del sistema nervioso periférico que emergen desde los forámenes y fisuras del cráneo. Su orden está determinado según la ubicación de salida del cráneo.
- **Vivisección:** Es un procedimiento exploratorio del ser vivo, que a lo largo de la historia de la humanidad se ha practicado de manera invasiva, tanto en seres humanos como en animales, con el objetivo de visualizar la morfología y su correlación con la función orgánica.
- **Galvanómetro:** Es un aparato que se emplea para indicar el paso de pequeñas corrientes eléctricas por un circuito y para la medida precisa de su intensidad.
- **Neurociencia:** Es una especialidad científica que se dedica al estudio integral del sistema nervioso, teniendo en cuenta sus funciones, su estructura y otros aspectos.
- **Conectoma:** Se trata de determinar, a distintas escalas, todas las conexiones que existen entre las neuronas y, por tanto, a mayor escala, entre las zonas cerebrales.

## Actividades

**1. Realice una línea de tiempo de la Reseña Histórica de la Neurociencia, señalando 2 características importantes en cada fecha.**

**2. Identifique al personaje, según su descubrimiento, filosofía o participación en el desarrollo de la Neurociencia.**

- Neurobiólogo italiano, que descubrió un tipo de neurona que se activada a partir de un movimiento ya ejecutado.  
-----

- Creía que el cerebro era la sede de los procesos mentales y “el asiento del alma”.  
-----

- Inventó un procedimiento en el que trataba a pacientes con epilepsia grave destruyendo las células nerviosas del cerebro donde se originaban las convulsiones.  
-----

- Clasifico farmacológicamente la acetilcolina.  
-----

**3. Según su opinión, escoja la fecha y al personaje más importante más importante de la Historia de la Neurociencia. Argumente su respuesta.**

## Referencias Bibliográficas

1. Adormidera – Guerras y Bizcochos [Internet]. Europeana.eu. 2020 [citado el 9 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.europeana.eu/es/exhibitions/magical-mystical-and-medicinal/opium-poppy>
2. BBC News Mundo. Trepanación: por qué nuestros antepasados se perforaban el cráneo. BBC [Internet]. 2016 [citado el 9 de julio de 2022]; Disponible en: <https://www.bbc.com/mundo/vert-ear-th-37270157>
3. Neurociencia en el Egipto faraónico y en la escuela de Alejandría: Neurología.com [Internet]. Neurología.com. [citado el 9 de julio de 2022]. Disponible en: <https://www.neurologia.com/articulo/2001461>
4. Lafuente, J. De la neurocirugía mística [Internet]. España: La Real Academia Europea de Doctores; 2018 [citado el 9 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://raed.academy/wp-content/uploads/2018/10/discurso-ingreso-RAED-Jesus-Lafuente-Baraza.pdf>
5. Curiosidades de Egipto: sus dioses, sus mitos y los secretos de las pirámides [Internet]. National Geographic. 2022 [citado el 9 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.nationalgeographicla.com/historia/2022/03/curiosidades-de-egipto-sus-dioses-sus-mitos-y-los-secretos-de-las-piramides>
6. BBC News Mundo. ¿Por qué Aristóteles piensa que usar un refrigerador en la cabeza? (Y otras curiosidades sobre lo que sabemos del cerebro). BBC [Internet]. 2021 [citado el 9 de julio de 2022]; Disponible en: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-58898424>
7. Senc.es. [citado el 3 de julio de 2022]. Disponible en: [https://www.senc.es/wp-content/uploads/2017/11/Historia\\_de\\_La\\_Neurociencia\\_CC.pdf](https://www.senc.es/wp-content/uploads/2017/11/Historia_de_La_Neurociencia_CC.pdf)
8. Leonardo P, Jesús C, Juan N. Leonardo da Vinci y la neurociencia. Repertori [Internet]. 2021 [citado el 9 de octubre de 2023];30(3):284–7. Disponible en: <http://revistas.fucsalud.edu.co/index.php/repertorio/article/view/1132/1799>
9. Giménez-Roldán S. Andrés Vesalio y el cerebro: limitaciones en De humani corporis fabrica libri septem y algunas digresiones al respecto. Neurosciences and History [Internet]. 2020 [citado el 9 de octubre de 2023];8(3):76–86. Disponible en: [https://nah.sen.es/vmfiles/vol8/NAHV8N3202076\\_86ES.pdf](https://nah.sen.es/vmfiles/vol8/NAHV8N3202076_86ES.pdf)
10. López-Muñoz F, Alamo C, García-García P. La neurofisiología cartesiana: entre los spiritus animalis y el conarium [Internet]. Medigraphic.com. 2010 [citado el 9 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/arcneu/ane-2010/ane103i.pdf>
11. Campohermoso-Rodríguez O, Flores-Huanca RI, Huallpara-Solíz V. Tomas Willis, neuroanatomista y padre de la neurología. Cuad - Hosp Clín [Internet]. 2019 [citado el 3 de julio de 2022];60(2):74–81. Disponible en: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1652-67762019000200013&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1652-67762019000200013&script=sci_arttext)
12. Elliot J. El magnético doctor Mesmer y sus locas terapias [Internet]. La Vanguardia. 2023 [citado el 9 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.lavanguardia.com/historiayvida/edad-moderna/20230327/8847386/magnetico-doctor-mesmer.html>

13. Luigi Galvani, descubridor de la electricidad en el sistema nervioso de los animales [Internet]. Álef. Libera el conocimiento; 2020 [citado el 9 de julio de 2022]. Disponible en: <http://alef.mx/luigi-galvani-descubridor-de-la-electricidad-en-el-sistema-nervioso-de-los-animales/>
14. Neuropsicología I. El Caso de Phineas Gage [Internet]. Terapias de Estimulación Cognitiva. Impulsa Neuropsicología; 2022 [citado el 9 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://impulsaneuropsicologia.com/el-caso-de-phineas-gage/>
15. Figueroba A. Frenología: midiendo el cráneo para estudiar la mente [Internet]. Psicologiaymente.com. 2017 [citado el 1 de Julio 2022]. Disponible en: <https://psicologiaymente.com/psicologia/frenologia>
16. Rubio NM. Hermann von Helmholtz: biografía de este médico y físico alemán [Internet]. Psicologiaymente.com. pymOrganization; 2020 [citado el 9 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://psicologiaymente.com/biografias/hermann-von-helmholtz>
17. Roma I. Frenología, la curiosa teoría que te dice cómo eres según la forma de tu cabeza [Internet]. Levante-EMV. 2022 [citado el 9 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.levante-emv.com/preguntas-y-respuestas/2022/11/23/frenologia-que-es-pasapalabra-gall-dv-78970538.html>
18. De Elvira MR. Charles Darwin: Luces y sombras de El origen del hombre, siglo y medio después [Internet]. Público. 2021 [citado el 9 de julio de 2022]. Disponible en: <https://www.publico.es/ciencias/charles-darwin-luces-sombras-origen-hombre-siglo-medio-despues.html>
19. Nicolas S. Descubrimiento del área de Broca [Internet]. Investigación y Ciencia. [citado el 9 de julio de 2022]. Disponible en: <https://www.investigacionyciencia.es/revistas/mente-y-cerebro/las-raices-de-la-violencia-434/descubrimiento-del-rea-de-broca-6072>
20. Hernández I. Aproximación a la neuropsicología y trastornos del lenguaje. Bol lingüíst - Esc Antropol Univ Cent Venez [Internet]. 2010 [citado el 9 de julio de 2022];22(34):133–8. Disponible en: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-97092010000200007](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-97092010000200007)
21. Camillo Golgi [Internet]. Ecured.cu. 2021 [citado el 9 de octubre de 2023]. Disponible en: [https://www.ecured.cu/Camillo\\_Golgi](https://www.ecured.cu/Camillo_Golgi)
22. Alonso J. Freud [Internet]. Jralonso.es. 2015. Disponible en: <https://jralonso.es/2015/12/12/freud/>
23. García-Allen J. Sigmund Freud: biografía y obra del célebre psicoanalista [Internet]. Psicologiaymente.com. 2015 [citado el 1 de julio de 2022]. Disponible en: <https://psicologiaymente.com/biografias/sigmund-freud>
24. Sabater V. El legado de Sigmund Freud a la neurociencia [Internet]. La Mente es Maravillosa. 2019 [citado el 2 de julio de 2022]. Disponible en: <https://lamenteesmaravillosa.com/el-legado-de-sigmund-freud-a-la-neurociencia/>
25. Brescané R. Descubrimiento del alzheimer ¿Quién fue Alois Alzheimer? [Internet]. KNOW Alzheimer. 2014 [citado el 3 de Julio 2022]. Disponible en: <https://knowalzheimers.com/quien-fue-alois-alzheimer/>
26. CSIC. Legado Cajal [Internet]. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. 2019 [citado el 3 de Julio 2022]. Disponible en: <https://www.csic.es/es/legado-cajal>

27. Mimenza OC. Las 47 áreas de Brodmann, y las regiones del cerebro que contienen [Internet]. Psicologiyamente.com. 2018 [citado el 3 de Julio 2022]. Disponible en: <https://psicologiyamente.com/neurociencias/areas-brodmann>
28. Navarro, B; Torres, A. Áreas de Brodmann [Internet]. Kenhub. 2021 [citado el 3 de Julio 2022]. Disponible en: <https://www.kenhub.com/es/library/anatomia-es/areas-de-brodmann>
29. Biblioteca de Medicina. Sir Henry Hallett Dale y Otto Loewi. Premio Nobel en Fisiología o Medicina 1936 [Internet]. Blogspot.com. [citado el 3 de julio de 2022]. Disponible en: <https://canalbiblos.blogspot.com/2017/11/sir-henry-hallett-dale-y-otto-loewi.html>
30. Ikaro RR. Crean un mapa universal de la visión en el cerebro humano [Internet]. Íkaro. 2012 [citado el 3 de julio de 2022]. Disponible en: <https://www.revistaikaro.com/crean-un-mapa-universal-de-la-vision-en-el-cerebro-humano/>
31. Rafaelmucimendoza.com. [citado el 3 de julio de 2022]. Disponible en: <http://rafaelmucimendoza.com/descargas/Evolucion-del-mapa-visual-cortical.pdf>
32. Unam.mx. [citado el 2 de julio de 2022]. Disponible en: [http://www.cienciorama.unam.mx/a/pdf/473\\_cienciorama.pdf](http://www.cienciorama.unam.mx/a/pdf/473_cienciorama.pdf)
33. Wiki T. Wilder Penfield [Internet]. Hmong.es. tok.wiki; [citado el 2 de julio de 2022]. Disponible en: [https://hmong.es/wiki/Wilder\\_Penfield](https://hmong.es/wiki/Wilder_Penfield)
34. Neuroimagen, una herramienta en la lucha contra el Alzheimer [Internet]. VIU Colombia. 2021 [citado el 9 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.universidadviu.com/co/actualidad/nuestros-expertos/neuroimagen-una-herramienta-en-la-lucha-contra-el-alzheimer>
35. Bernal IM. Cómo se forma la memoria en el cerebro [Internet]. Investigación y Ciencia. [citado el 2 de julio de 2022]. Disponible en: <https://www.investigacionyciencia.es/blogs/psicologia-y-neurociencia/37/posts/cmo-se-forma-la-memoria-en-el-cerebro-14429>
36. Tiempo, conciencia y libertad consideraciones en torno a los experimentos de B. Libet y colaboradores. Grupo Ciencia, Razón y Fe (CRYF). Universidad de Navarra - Ciencia, Razón y Fe [Internet]. Ciencia, Razón y Fe. [citado el 3 de julio de 2022]. Disponible en: <https://www.unav.edu/web/ciencia-razon-y-fe/tiempo-conciencia-y-libertad-consideraciones-en-torno-a-los-experimentos-de-b-libet-y-colaboradores>
37. Burgos Zambrano D, Cabrera Ávila C. neuronas espejo y su incidencia en el aprendizaje. RES NON VERBA REVISTA CIENTÍFICA [Internet]. 2021 [citado el 29 de junio del 2022];11(1):54-72. Disponible en: <https://revistas.ecotec.edu.ec/index.php/rnv/article/view/443>
38. Vive. Técnicas de neuroimagen: la clave para conocer el cerebro [Internet]. UNIR. 2022 [citado el 9 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.unir.net/salud/revista/tecnicas-neuroimagen/>
39. Bori PD, C. ZR. El Conectoma Y Sus Posibles Alteraciones: Conectopatías [Internet]. Morfovirtual 2018. [citado octubre de 2022]. Disponible en: [http://www.morfovvirtual2018.sld.cu/index.php/morfovvirtual/2018/paper/viewPaper/369/479](http://www.morfovirtual2018.sld.cu/index.php/morfovvirtual/2018/paper/viewPaper/369/479)
40. Proyecto Conectoma Humano, la búsqueda de información y datos sobre el cerebro [Internet]. Clinicatm.com. 2021 [citado el 9 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.clinicatm.com/proyecto-conectoma-humano-la-busqueda-de-informacion-y-datos-sobre-el-cerebro/>





**CAPÍTULO 2**  
**TERMINACIONES  
NERVIOSAS**



## TERMINACIONES NERVIOSAS

En esencia, el Sistema Nervioso es el encargado de cumplir tres funciones primordiales: sensitiva, integradora y motora, las cuales se encuentran conectadas en la médula espinal y conforman las vías aferentes o sensitivas y eferentes o motoras. En lo que respecta a las vías aferentes, los receptores sensoriales son definidos como terminaciones nerviosas o células especializadas que convierten estímulos del medio externo o interno en impulsos aferentes, los cuales transmiten al Sistema Nervioso Central, donde se iniciarán respuestas voluntarias o involuntarias, según sea el caso.

El objetivo del presente capítulo es describir los distintos órganos de los sentidos, su embriología, histología, anatomía y fisiología mediante una lectura comprensiva y analítica para relacionarlo con el Sistema Nervioso y el Cuerpo Humano. Además, es fundamental identificar las diferencias en cuanto a funcionalidad sensitiva y motora, de acuerdo a los receptores aferentes y eferentes, respectivamente. Por último, conocer las enfermedades y la clínica del paciente que debuta con algún defecto sensitivo o motor, ocasionando el deterioro de la calidad de vida del mismo.

### Receptores aferentes: Órganos de los sentidos

#### Vista

El ojo es el órgano de los sentidos encargado de la visión, considerado como un órgano de gran complejidad que posee la capacidad de recibir información que ingresará a través de las distintas estructuras y principales células que lo componen; dicha información receptada en forma de luz, mediante varios procesos será evaluada y convertida en impulsos nerviosos que poseen un trayecto hacia el cerebro.

### Desarrollo embriológico del ojo

#### Coroides, esclerótica y córnea

El primordio del ojo, al finalizar la quinta semana está envuelto por una mesénquima laxa. Este tejido se diferencia en una capa interna que formará una capa pigmentada con una gran vascularización conocida como coroides, la capa externa se convierte en la esclerótica y se prolonga con la duramadre alrededor al nervio óptico.

#### Estableciéndose la conformación de la córnea por:

- Una capa epitelial → Derivado del ectodermo superficial

- La sustancia propia o estroma → Continuidad con la esclerótica
- Una capa epitelial → Limitante de la cámara anterior

El humor acuoso translúcido circula de la cámara posterior a la cámara anterior a través de la pupila, otorgando nutrientes al cristalino y la córnea, pues estas dos estructuras son avasculares.

A partir de la cámara anterior el líquido pasa por el seno venoso de la esclerótica o también conocido como el conducto de Schlemm en el ángulo iridocorneal, reabsorbiéndose para pasar al torrente sanguíneo.

#### Humor vítreo

Penetra en el interior de la copa óptica por medio de la fisura coroidea.

En ese sitio se forman los vasos hialoideos, que durante la vida intrauterina irrigan al cristalino y forman la capa vascular en la superficie interna de la retina.

Los espacios intersticiales de esta red quedan ocupados por una sustancia gelatinosa transparente, con lo que se forma el humor vítreo. Los vasos hialoideos en esta región desaparecen durante la vida fetal.

**Nervio óptico:** En la séptima semana la fisura coroidea se cierra y forma un túnel dentro del tallo óptico. La pared interna del tallo crece y va a contener fibras del nervio óptico, mientras que las paredes interna y externa de esta estructura se fusionan.

El tallo óptico se convierte de esta manera en el nervio óptico. En su centro alberga un segmento de la arteria hialoidea, que se denominará después como arteria central de la retina.

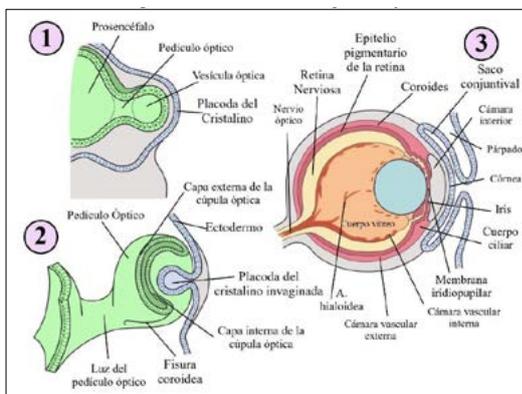


Figura 32. Desarrollo embriológico del ojo  
Fuente: Autor

### Anatómicamente, el ojo se encuentra conformado por:

El ojo es un órgano par encargado de la visión, localizado en la cavidad orbitaria, tiene una forma esférica y se distinguen en el polo anterior, polo posterior, además este órgano complejo suele pesar entre 7 -7.5 g y se encuentra conformado por tres capas:

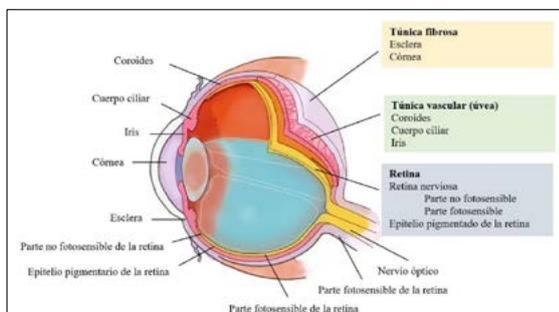


Figura 33. Capas del ojo  
Fuente: Autor

- **Capa externa o fibrosa:** Compuesta por la esclerótica y córnea (1).

- **Capa media o vascular:** Formada por el iris, cuerpo ciliar y coroides (1).

- **Capa interna o nerviosa:** Corresponde a la retina, caracterizada por ser una membrana transparente constituida principalmente por varias células nerviosas especializadas, que reciben estímulos luminosos (1).

### La Fisiología de la visión se realizan en cuatro fases (etapas):

**1. Percepción:** La luz ingresa al ojo a través de las distintas estructuras que lo componen, como la córnea, el humor acuoso, cristalino y humor vítreo, de modo que enfocan la imagen.

**2. Transformación:** En la cual la energía luminosa que ingresa y llega al nivel de la retina donde será transformada en impulsos nerviosos o en energía luminosa, por las células sensoriales (conos y bastones, ubicados en la mácula).

**3. Transmisión:** Los impulsos nerviosos son conducidos a lo largo de las vías ópticas hacia la corteza cerebral occipital.

**4. Interpretación:** Los impulsos nerviosos se procesan a nivel área visual Occipital (primaria y secundaria) en la corteza cerebral.

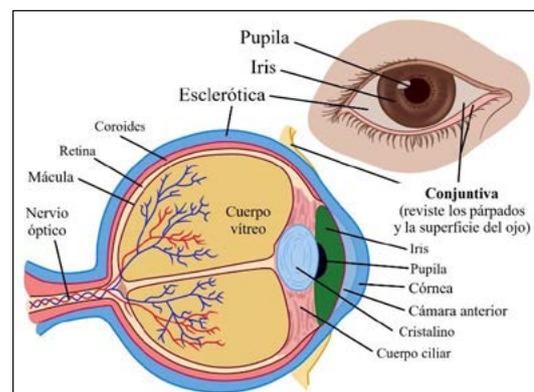


Figura 34. Estructura interna del ojo  
Fuente: Autor

### Fotorreceptores:

En la capa nerviosa, la retina, se encuentran ubicadas las células especializadas que cumplen con la función de recepción de luz, los fotorreceptores, quienes tienen la función de convertir

la energía luminosa en impulsos nerviosos que serán transportados por las vías ópticas hacia el cerebro para ser interpretado. Se identifican dos tipos de fotorreceptores, los bastones y los conos.

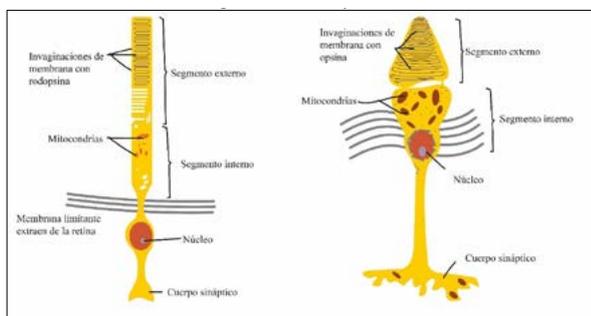


Figura 35. Bastones y Conos

Fuente: Autor

### Bastones:

Ubicados en la periferia de la retina, donde existen aproximadamente 120 millones de bastones. Los bastones o bastoncillos son células fotorreceptoras responsables de la visión en una baja condición de luminosidad. Se encargan de la visión periférica y con poca luz o nocturna. La absorción máxima de los bastones es de 496 nm del espectro visual, y la imagen que se obtiene es en escala de grises (2).

### Conos:

En la retina se encuentran aproximadamente 7 millones de conos. Existen tres tipos de conos: L, M y S (sensibles a longitudes de ondas largas, medias y cortas, respectivamente). Los conos poseen mayor sensibilidad a las regiones de color rojo, verde y azul del espectro luminoso.

Cada tipo de cono posee una molécula característica de pigmento visual, cuya activación se da por la absorción de luz en las longitudes de onda del azul, del verde y del rojo del espectro cromático.

Los bastones intervienen en la visión blanco y negro, nocturna y luz en penumbra, mientras que los conos son los encargados de la visión diurna y colores brillantes.

Cada uno se compone de tres partes:

- **Segmento externo:** En los bastones está formado por una agrupación de discos membranosos recubiertos por la membrana celular, y es el sitio donde se lleva a cabo el proceso de la fototransducción; además, el pigmento fotosensible característico es la rodopsina. Por otro lado, en los conos, los discos están compuestos por repliegues de la misma membrana plasmática, y el pigmento característico es la opsina.
- **Pedículo de conexión:** Es un cilio que posee nueve dobletes periféricos de microtúbulos, a través del cual es posible comunicar el segmento externo con el interno y permite el paso de vesículas entre ambos segmentos.
- **Segmento interno:** Se conforma por dos estructuras, el elipsoide y el mioide; el primero cuenta con un alto número de mitocondrias, mientras que en el segundo se ubica la maquinaria de síntesis proteica de la célula.

### Exploración:

La exploración ocular se la realiza a través de los exámenes de agudeza visual y campimetría. El examen de agudeza visual se lo realiza con dos pruebas específicas y son; la tabla de Snellen y la cartilla de Jaeger, que son correspondientemente para visión de lejos y visión de cerca. La tabla de Snellen se coloca a 6 m de distancia en relación al paciente y residen en una serie de letras con tamaños decrecientes. Por otro lado, la cartilla de Jaeger se coloca a 30 cm de distancia en relación al paciente y constan de una serie de texto con tamaños decrecientes, en ambas pruebas se le tapa al paciente uno de sus ojos y se realiza lo mismo con el siguiente ojo. La campimetría es una prueba sencilla que consiste en colocar un lápiz frente al paciente y moverlo desde el exterior hacia el interior.

## Olfato

La palabra olfato proviene del origen latín *olfactus*. El sentido del olfato va a tener la capacidad de percibir y distinguir olores.

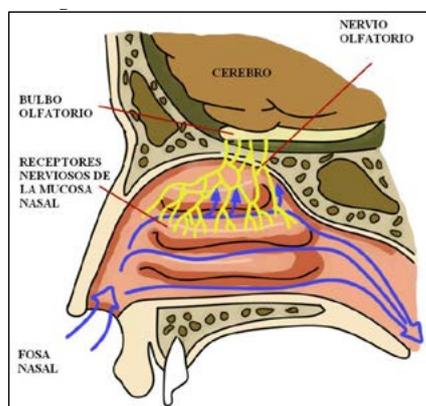


Figura 36. Estructura interna del olfato

Fuente: Autor

### Desarrollo embriológico del olfato:

Finalizando la cuarta semana del desarrollo embrionario se forman las placodas nasales, al inicio son convexas, después se estiran para formar una depresión plana en cada una, luego proliferación de la mesénquima en los márgenes de las placodas por lo que se eleva en forma de herradura dando las prominencias nasales medial y lateral (3). En el sentido del olfato se encuentra la membrana olfatoria (denominada pituitaria amarilla) se sitúa en la parte superior de cada fosa nasal, en el lado opuesto al tabique nasal y en la parte más alta del cornete superior (4). El epitelio olfatorio ocupa un área de alrededor de 2,5 cm<sup>2</sup> donde se localizan las células sensoriales; dichas células nerviosas son especializadas, llamadas receptores olfatorios, que poseen cilios para detectar los olores. Las moléculas transportadas por el aire al entrar en el conducto nasal estimulan a los cilios, desencadenando un impulso nervioso en los axones de las células olfatorias cercanas que penetran la lámina cribosa del etmoides para alcanzar el bulbo olfatorio. Dentro de la cavidad craneana se sitúa el bulbo olfatorio (de forma ovoide localizado por debajo del lóbulo frontal y hacia un lado de la apófisis Crista Galli del etmoides, y es el sitio donde se reciben a los axones procedentes del epi-

telio olfativo), el tracto olfatorio (cintilla olfatoria) y el área olfatoria primaria en la base del cerebro. Cubriendo el neuroepitelio se localiza la capa de moco emanada por las glándulas de Bowman. Para que las células olfatorias se estimulen, es importante que la sustancia olorosa se disuelva en el moco que cubre a los cilios olfatorios, captando el olor y finalmente iniciando la transmisión del mismo (3).

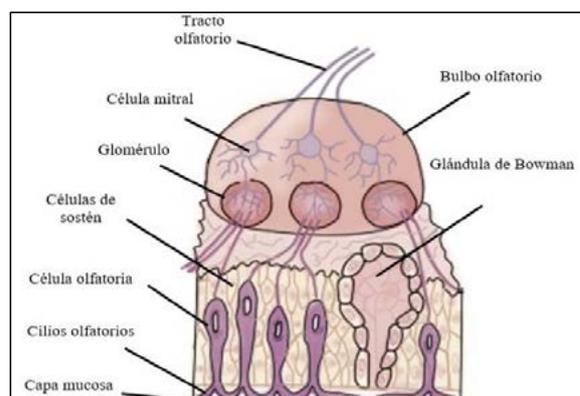


Figura 37. Estructura interna de la membrana olfatoria

Fuente: Autor

### Quimiorreceptores:

Las células receptoras olfatorias son neuronas bipolares especializadas que poseen una prolongación apical con cilios. El polo apical de cada célula receptora olfatoria posee una sola prolongación dendrítica que se proyecta por arriba de la superficie epitelial como una estructura bulbosa llamada vesícula olfatoria, el cual detectan sustancias químicas, simples o compuestas, e informan a los centros de la composición y las características de dichas sustancias.

Son capaces de detectar sustancias químicas en suspensión en el aire inspirado aun cuando se hayan añadido al aire a distancia del lugar donde se perciben, por lo que, a veces, también se dice del olfato que es un tele sentido (4).

Se considera que el traumatismo craneal frontal, que origina fractura en la lámina cribosa del etmoides acompañado de desgarro o sección del nervio olfatorio, es la principal causa de alteración de la capacidad olfatoria. Otras causas son tumores a nivel frontal y temporal interno. Las

entidades clínicas más comunes son: anosmia (pérdida del olfato), hiposmia (disminución del olfato), parosmia (distorsión del olfato; es decir, se percibe como desagradable un olor que no lo es) y cacosmia (percepción desagradable de todos los olores).

En estudios actualizados radiográficos se ha demostrado que las células receptoras olfatorias tienen una vida útil de 1 mes, y estas al lesionarse son reemplazadas con gran rapidez (por células originadas de células basales); se considera que estas células (y algunas neuronas de la división del SNA) parecen ser las únicas neuronas en el sistema nervioso que se reemplazan con facilidad durante la vida postnatal (neurogénesis) (3).

### Exploración:

El olfato está determinado por el nervio olfatorio (I par craneal), cuya función es la transmisión sensorial especial, informando a nuestro cerebro sobre olores que se encuentran a nuestro alrededor. Para la exploración de este nervio, se utilizan sustancias agradables y conocidas, en cada fosa nasal ocluyendo la contralateral correspondientemente.

### Oído

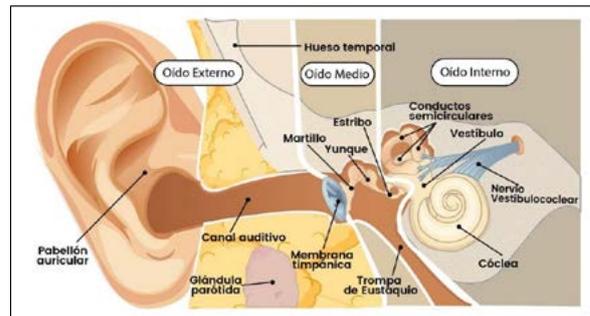


Figura 38. Estructura interna del oído

Fuente: Autor

Es un órgano captador de sensaciones que funcionan como sistema auditivo, en la percepción del sonido, y como sistema vestibular, para el correcto mantenimiento del equilibrio.

Entre estas, se encuentran: el oído externo y medio que reciben y transmiten la energía sonora hacia el oído interno, donde los receptores auditivos la convertirán en nuevos impulsos eléctricos (2). En lo referente al sistema vestibular, los receptores sensoriales son los responsables del sentido del equilibrio y contribuyen a coordinar los movimientos de la cabeza y los globos oculares (2).

### Desarrollo embriológico del oído:

Se constituye a partir del ectodermo de revestimiento y de componentes del primer y segundo arco faríngeo (2).

Tabla 3. Origen embriológico de las estructuras del oído

<b>Oído interno</b>	
<b>Vesícula ótica</b>	
<b>Porción utricular (ectodermo)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utriculo</li> <li>• Conductos semicirculares</li> <li>• Ganglios vestibulares del NC VIII</li> <li>• Conducto y saco endolinfáticos</li> </ul>
<b>Porción sacular (ectodermo)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sáculo</li> <li>• Conducto coclear (órgano de Corti)</li> <li>• Ganglio espiral del NC VIII</li> </ul>
<b>Oído medio</b>	
<b>Primer arco faríngeo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Martillo (cartílago de Meckel)</li> <li>• Yunque (cartílago de Meckel)</li> <li>• Músculo tensor del tímpano</li> </ul>
<b>Segundo arco faríngeo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estribo (cartílago de Reichert)</li> <li>• Músculo del estribo</li> </ul>
<b>Primera bolsa faríngea</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revestimiento epitelial de la trompa auditiva</li> <li>• Cavidad del oído medio</li> </ul>
<b>Primera membrana faríngea</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Membrana timpánica</li> </ul>
<b>Oído externo</b>	
<b>Primer surco faríngeo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revestimiento epitelial del conducto auditivo externo</li> </ul>
<b>Montículos auriculares</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pabellón auditivo</li> </ul>

El oído interno se considera que es la primera parte en desarrollarse, el cual inicia su formación aproximadamente a los 22 días posteriores a la fecundación, por medio de engrosamientos en la superficie del ectodermo a los cuales se les atribuye el nombre de placodas óticas, las cuales se invaginan para formar las fositas óticas, que luego sobresalen de la superficie del mismo, dando origen a las vesículas óticas, en el interior de la mesénquima de la cabeza.

A continuación, estas formarán las estructuras relacionadas con el laberinto membranoso del oído interno, mientras que la mesénquima que rodea a las mismas producirá cartílago, que

luego se osifican y dará paso al laberinto óseo del oído interno.

Por otra parte, el oído medio se desarrolla con base en la primera bolsa faríngea, misma que se encuentra recubierta por endodermo que surge de la faringe primitiva, mientras que los huesecillos del oído se desarrollan a partir de la primera y segunda bolsa faríngeas (4).

Específicamente, el martillo y el yunque a partir de la primera bolsa faríngea y el estribo por la segunda bolsa faríngea. El oído externo surge a partir de la primera hendidura faríngea branquial, envuelta por endodermo, entre la primera y la segunda bolsa faríngea (4).

### Cámaras del oído y su conformación:

#### • Oído externo:

El oído externo consiste en:

1. **Pabellón auricular:** recoge y amplifica las ondas sonoras.
2. **Conducto auditivo externo:** se extiende desde el pabellón auricular hasta el tímpano, y transmite las ondas sonoras hacia la membrana timpánica (4).
3. **Tímpano (membrana timpánica):** es una estructura que se encuentra interpuesta entre el conducto auditivo externo y el oído medio, y cuya membrana está recubierta por la capa epidérmica y revestida por epitelio plano simple (4).

#### • Oído medio:

Ubicado dentro del hueso temporal, en la cavidad timpánica, y está conformado por los 3 huesecillos del oído. Se encuentra separado del oído externo por el tímpano y del oído interno, por un tabique óseo que contiene dos agujeros pequeños: la ventana oval (vestibular) y la **ventana redonda (coclear)** (4).

Los huesecillos del oído se encuentran articulados entre sí y son: **martillo, yunque y estribo**. Se considera un cuarto huesecillo denominado lenticular, la cual este se encarga de brindar la articulación entre el yunque y el estribo.

**Trompa auditiva (trompa de Eustaquio):** su función es comunicar el oído medio con la nasofaringe. Fisiológicamente, esta permanece cerrada por su extremo interno (faríngeo). Sin embargo, durante la deglución y el bostezo, el canal se abre permitiendo que el aire pueda salir del oído medio o adentrarse en este, hasta que su presión sea igual a la presión atmosférica (4).

#### • Oído interno:

Constituido por dos compartimientos laberínticos: el laberinto óseo y el laberinto membranoso que se encuentra ubicado en el interior del laberinto óseo. Así mismo, este tiene tres espacios compuestos de líquido: Espacios endolinfáticos (dentro del laberinto membranoso), espacios

perilinfáticos (entre las paredes óseas y membranosas), y el espacio cortilinfático (dentro de los túneles del órgano de Corti) (4).

#### El laberinto óseo se conforma de tres espacios articulados:

1. Conductos semicirculares,
2. Vestíbulo, que presenta receptores para el equilibrio, y
3. Cóclea, que presenta receptores para la audición.

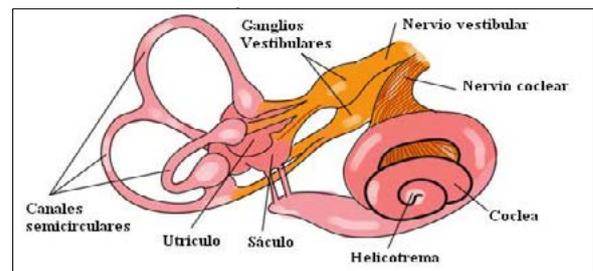


Figura 39. Laberinto óseo  
Fuente: Autor

A su vez, está revestido de periostio y encierra la perilinfa, la cual rodea el laberinto membranoso, revestido por epitelio y que contiene la endolinfa (4).

El laberinto membranoso, en el vestíbulo, se conforma de dos sacos, el utrículo y el sáculo. En base al vestíbulo se proyectan superior y posteriormente tres canales semicirculares óseos: Anterior, posterior y lateral, en donde a nivel membranoso, se van a localizar los canales semicirculares membranosos (4).

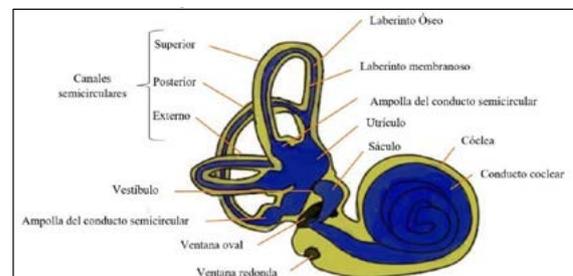


Figura 40. Laberinto membranoso  
Fuente: Autor

Anterior al vestíbulo se encuentra la cóclea (canal en forma de espiral), la cual se divide en tres porciones: el conducto coclear o rampa media, continuación del laberinto membranoso dentro de la

cóclea lleno de endolinfa, la rampa vestibular y la rampa timpánica (4).

El conducto que se sitúa por encima del coclear es la rampa vestibular, que finaliza en la ventana oval, mientras que, el conducto que se encuentra por debajo es la rampa timpánica, que culmina en la ventana redonda. Ambas rampas forman parte del laberinto óseo coclear y están llenas de perilinfa (4). Las membranas vestibular y basilar, separan el conducto coclear de la rampa vestibular y la rampa timpánica, respectivamente. Encima de la membrana basilar, se localiza el órgano de Corti que contiene células ciliadas internas y externas. La exposición prolongada a ondas sonoras de alta intensidad afecta a las células ciliadas de la cóclea, ocasionando hipoacusia, es decir, la pérdida significativa o total del sentido auditivo (4).

### **Fisiología de la audición:**

#### **Se realiza en las siguientes 9 fases:**

1. El pabellón auricular se encarga de dirigir las ondas sonoras hacia el canal auditivo externo.
2. Cuando las ondas sonoras llegan al tímpano, las variaciones en la presión hacen que oscile hacia adelante y atrás. La membrana timpánica vibra lenta y rápidamente en respuesta a los sonidos de baja y alta frecuencia, respectivamente (4).
3. Las vibraciones se transmiten del tímpano hacia los huesecillos del oído medio hasta llegar al estribo.
4. A medida que el estribo se mueve, tracciona la membrana oval hacia afuera y adentro.
5. El movimiento de la ventana oval origina ondas de presión en la perilinfa de la cóclea, y cuando la ventana oval se abomba hacia adentro, ocasiona el movimiento de la perilinfa de la rampa vestibular (4).

6. Las ondas de presión se movilizan desde la rampa vestibular hacia la rampa timpánica y posteriormente a la ventana redonda (4).

7. A medida que las ondas de presión alteran las paredes de la rampa tanto vestibular y timpánica, impulsan a la membrana vestibular originando ondas en la endolinfa (4).

8. Las ondas de presión en la endolinfa originan vibraciones en la membrana basilar, desplazando a las células ciliadas del órgano espiral contra la membrana tectorial, por lo que la inclinación de las estereocilias en las células ciliadas da origen finalmente a impulsos nerviosos (4).

9. Finalmente, los impulsos nerviosos de la cresta ampular y la mácula transcurren con el nervio vestibular, mientras que los impulsos del órgano de Corti transcurren con el nervio coclear, y ambos nervios se unen con el canal auditivo interno para formar el nervio vestibulococlear (5).

### **Mecanorreceptores del equilibrio:**

Existen dos tipos de equilibrio: El equilibrio estático que hace referencia al mantenimiento de la posición del cuerpo (cabeza) en relación a la gravedad, y el equilibrio dinámico que hace referencia al mantenimiento de la postura del cuerpo como respuesta a movimientos repentinos (4). El aparato vestibular (equilibrio), está constituido por el sáculo, el utrículo y los conductos semicirculares.

Las paredes del sáculo y del utrículo contienen a la mácula, que actúa como receptor del equilibrio estático, siendo esencial para el mantenimiento de la postura y el equilibrio. También aporta al equilibrio dinámico en la detección de la aceleración lineal y la desaceleración. Ambas máculas contienen dos tipos celulares: células ciliadas que son receptores sensitivos y células de sostén (4).

### Exploración:

La exploración de la audición se debe realizar tomando en cuenta las dos porciones del nervio vestibulococlear (acústica y vestibular). La porción acústica se valora analizando si puede el paciente percibir sonido al frotar sus dedos frente al conducto auditivo externo, si en la exploración detectamos hipoacusia se debe proceder a valorar la conducción ósea y aérea mediante las pruebas de Weber y Rinne. En cambio, la porción vestibular se explora de acuerdo a las funciones que realiza tales como la coordinación motora y el equilibrio. El déficit funcional de esta porción es conocido como síndrome vestibular que tiene como síntoma principal el vértigo, su exploración clínica inicia con la inspección de los ojos. Además, se completa la exploración con la observación de la marcha en tándem, la prueba de los índices de Barany y la prueba de Romberg.

### Gusto

#### Botones gustativos:

Son un grupo especial de receptores sensoriales para el sentido del gusto, los cuales pertenecen a los llamados receptores gustativos tienen una apariencia ovoide, formado por tres tipos de células: basales, de sostén y receptoras gustativas. Cada célula tiene un conjunto de cilios muy pequeños que se dirigen hacia la cavidad de la estructura bucal, se caracterizan por ser muy sensibles a todas las sustancias que ingresan y se encuentran en la superficie de la lengua y a la faringe.

Cada botón está encargado de responder a una de los estímulos primarios del sabor. Un primer estímulo gustativo permite que las fibras nerviosas alcanzan una velocidad de descarga máxima, pero luego otra vez, después el nervio gustativo es el encargado de transmitir esa señal rápidamente. Aproximadamente los dos tercios de los impulsos gustativos pasan al nervio trigémino por la cuerda del tímpano al nervio facial y luego al tracto solitario (2).

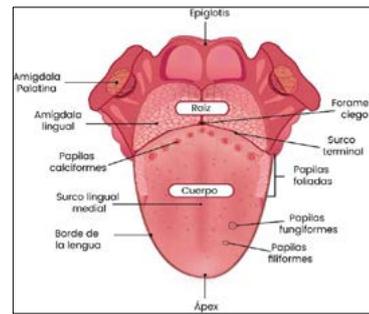


Figura 41. Sentido del gusto

Fuente: Autor

Los tres conductos semicirculares, en conjunto con el sáculo y el utrículo, colaboran al equilibrio dinámico, en donde cuando una persona mueve la cabeza, los conductos semicirculares y las células ciliadas se mueven con ésta (4).

#### Corpúsculos y células gustativas:

Agrupación de aproximadamente 30 a 100 células gustativas, que forman una estructura individual en forma de roseta, las que se encuentran inmersas en el epitelio de las papilas gustativas, no obstante, en la mucosa del paladar, faringe, laringe y epiglotis también han sido localizados. Aproximadamente 5000 corpúsculos envuelven la superficie lingual y dependiendo del tipo de papila gustativa, su número y ubicación son distintos.

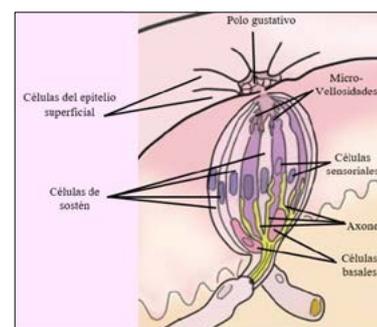


Figura 42. Corpúsculo gustativo

Fuente: Autor

En las circunvaladas existen miles de ellos distribuidos en sus paredes laterales, las fungiformes presentan uno o pocos corpúsculos en su superficie apical, las foliadas contienen cientos de botones ubicados en sus zonas laterales. Datos moleculares y funcionales recientes, han puesto de manifiesto que todas las áreas de la lengua que

poseen receptores del gusto, responden a todas las modalidades gustativas, y no como se creía que solo ciertas áreas linguales eran las discriminatorias según la modalidad del gusto.

**Papilas linguales:** La lengua es un órgano de tipo muscular ubicado dentro de la cavidad bucal estos compuestos por músculos tanto extrínsecos como intrínsecos los cuales intervienen en la deglución de los alimentos y en la función del habla. La superficie dorsal de la lengua está revestida de papilas linguales, son pequeñas irregularidades que se encuentran por delante del surco terminal, a continuación, se detallan cuatro tipos:

- Papilas filiformes.
- Papilas fungiformes.
- Papilas foliadas.
- Papilas caliciformes (6).

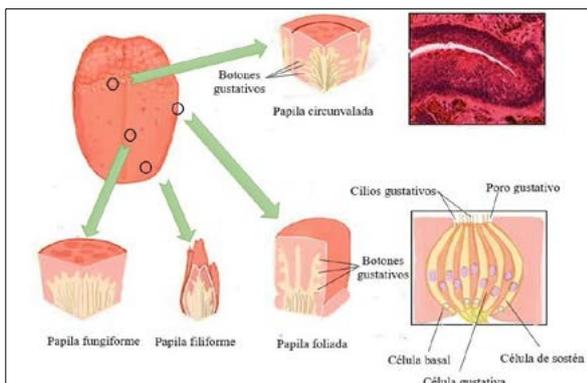


Figura 43. Papilas linguales  
Fuente: Autor

**Papilas filiformes:** Son las más pequeñas y más abundantes en las personas.

Tienen una estructura especial son proyecciones cónicas, alargadas de tejido conjuntivo que están tapizadas por un epitelio estratificado plano muy cornificado, los estímulos de las papilas filiformes se transmiten por el par craneal XII hasta el tracto solitario. Empieza en el tálamo, luego se dirige a las neuronas y convergen en el inferior de la circunvolución porcentual ubicada a cada lado de la corteza parietal.

**Papilas fungiformes:** Son pequeñas proyecciones con forma de hongo se encuentran ubicadas más arriba que las papilas filiformes a simple vista se ven como diminutos puntos rojos.

**Papilas caliciformes:** Estas se encuentran localizadas la parte posterior de la lengua son las encargadas de percibir el sabor amargo.

**Papilas foliadas:** Encargadas de percibir el sabor salado, están ubicadas en los laterales de la lengua (2).

### Exploración:

Tres pares craneales (VII, IX y X) son los que dotan a la lengua de la sensibilidad gustativa. Los dos tercios anteriores de la lengua se encuentran inervados por el nervio facial (VII) a través de la rama cuerda del tímpano, además de que este nervio recibe las sensaciones gustativas del paladar blando por medio del nervio petroso superficial mayor. El nervio glossofaríngeo (IX) inerva a la lengua en su tercio posterior, por medio de la rama lingual y ramos faríngeos. Se explora con un hisopo seco la sensación táctil en el velo del paladar, en el tercio posterior de la lengua, en las amígdalas y la faringe

Su exploración se basa principalmente en el reconocimiento de cuatro sabores: dulce, salado, amargo y ácido. Para la exploración se deben usar unas soluciones con alguno de esos sabores, solubles en agua, y con una concentración determinada, ya que existe un umbral para la sensación gustativa.

### Piel

Es el órgano encargado del sentido del tacto. En un tiempo, fue considerado como el órgano más extenso del cuerpo con un tamaño aproximado de 2 m<sup>2</sup> y un peso de 10 kg, sin embargo, estas medidas varían de persona en personas. Además de ser uno de los órganos de los sentidos, cumplen diversas funciones homeostáticas entre las cuales tenemos:

- Ser una barrera física contra diversos agentes biológicos del medio externo que podrían dañarnos.
- Excretar sustancias y toxinas a través de las glándulas sudoríparas y sebáceas.
- Encargado de regular las funciones de la homeostasis mediante el control de la temperatura y la pérdida de líquidos.

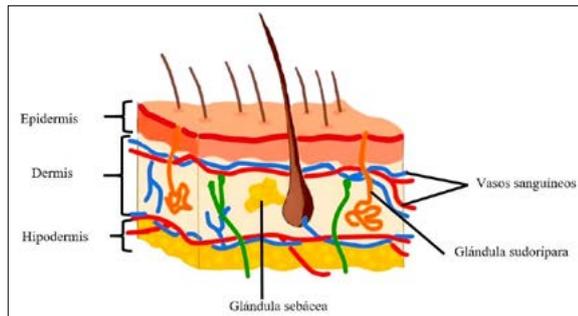


Figura 44. Capas de la piel  
Fuente: Autor

### Desarrollo embriológico de la piel:

La piel cuenta con dos orígenes diferentes con sus dos capas, los cuales son una capa superficial denominada epidermis y una capa profunda llamada dermis.

#### Epidermis:

Durante el lapso de vida intrauterina el embrión se encuentra rodeado por células ectodérmicas dispuestas en una capa, al entrar al segundo mes, esta capa se divide en otra capa de células aplanadas denominándose epitriquio, conforme pasa el tiempo la capa basal sigue originando células de manera que existe una tercera capa de células intermedias hasta llegar al cuarto mes en donde la epidermis obtiene una estructura definitiva y consta de 4 capas que son: (7).

**1. Capa basal:** conocida como capa germinativa tiene la función de proliferar nuevas células y depresiones que serán las huellas dactilares.

**2. Capa espinosa:** es una capa gruesa la cual tiene células poliédricas.

**3. Capa granular:** es una capa donde se encuentran los gránulos de queratohialina.

**4. Capa córnea:** es una capa formada por células muertas que contienen queratina y esta capa será la encargada de formar la superficie escamosa y resistente de la epidermis.

#### Dermis:

Su origen es tejido mesenquimatoso subyacente el cual podemos dividirlo de la siguiente manera: (7).

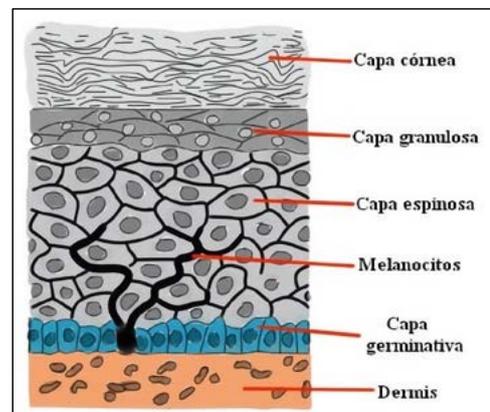


Figura 45. Capas de la epidermis  
Fuente: Autor

**1. Mesodermo de la placa lateral:** da origen a la dermis presente en los miembros y en la pared corporal.

**2. Mesodermo paraxial:** da origen a la dermis presente en la espalda.

**3. Células de la cresta neural:** da origen a la dermis presente en la cara y el cuello.

En el transcurso del tercer y cuarto mes de desarrollo la dermis origina estructuras irregulares denominadas papilas dérmicas las cuales penetran en la epidermis y contienen un pequeño órgano nervioso el cual puede ser capilar o sensitivo (4).

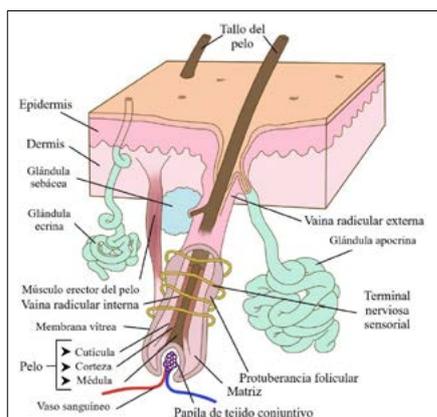


Figura 46. Capas anexas de la piel  
Fuente: Autor

### Estructuras anexas de la piel:

#### Pelo:

Se encuentra presente en casi toda la superficie de la piel con ligeras excepciones, en las palmas y plantas de las extremidades, su volumen y grosor van a depender de factores genéticos y hormonales. Cumple con la función de protección, aunque mínima y dependerá de la ubicación del mismo, por ejemplo, el pelo de la cabeza resguarda al cuero cabelludo de los rayos solares o el pelo de las cejas y las pestañas protegen a los ojos de la entrada de elementos extraños (4).

Cuenta con un receptor del tacto llamado plexo de la raíz pilosa el cual se activa con el movimiento de un pelo lo que quiere decir que el pelo es capaz de captar el tacto fino.

#### Glándulas:

La piel cuenta con una diversidad de glándulas de tipo exocrino las cuales ayudan a mantener la homeostasis del cuerpo y entre estas glándulas tenemos:

- **Glándulas sebáceas:** son glándulas acinares que se conectan a un folículo piloso desembocando en la superficie de la piel en donde secretan el sebo, el cual es una sustancia oleosa que cumple con diversas funciones como brindar una piel suave y flexible, impedir la proliferación de bacte-

rias o delimitar la evaporación de agua de la piel (4).

- **Glándulas sudoríparas:** se encuentran en un número aproximado de 3 a 4 millones dispersas por toda la piel y tienen la función de producir sudor en cantidades de 600 ml/día aproximadamente y de controlar la temperatura, fenómeno conocido como termorregulación (4).

#### Uñas:

Formaciones sólidas y densas de células epidérmicas queratinizadas muertas están compuestas de 3 partes que son:

- **Cuerpo:** es la parte visible, posee un tipo de queratina más dura y firme con un color rosa debido a los capilares que se encuentran en la dermis subyacente.
- **Extremo libre:** se encuentra en la parte distal del borde distal de los dedos y al no presentar capilares tiene una coloración blanca.
- **Raíz:** se encuentra ubicada en el pliegue de la piel y en donde por medio de mitosis se producen nuevas células ungueales, responsables del crecimiento de la uña (4).

### Receptores

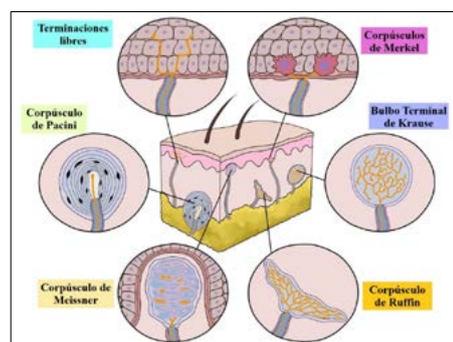


Figura 47. Receptores capsulados y receptores no capsulados  
Fuente: Autor

De acuerdo a su histología, las terminaciones táctiles sensitivas pueden clasificarse en dos grandes grupos receptores capsulados y receptores no capsulados.

Tabla 4. Receptores de la piel

TERMORRECEPTORES	ENCAPSULADOS	NO CAPSULADOS
Corpúsculo de Krause Corpúsculo de Ruffini	Corpúsculo de Meissner Corpúsculo de Vater Paccini	Terminaciones nerviosas libres Discos de Merkel Receptores de folículo pilosos

### Receptores no encapsulados

#### Terminaciones nerviosas libres:

Este tipo de receptores neuronales se encuentran distribuidos abundante por todo el cuerpo es decir se pueden encontrar tanto en la piel como en sitios anatómicos específicos entre los cuales tenemos: los ligamentos, las articulaciones, las fascias, órganos, músculo, periostio, entre otros (8).

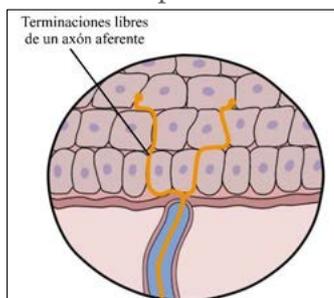


Figura 48. Terminaciones libres de la piel  
Fuente: Autor

Las terminaciones nerviosas libres cuentan con fibras nerviosas que pueden ser tanto mielínicas como amielínicas, sin embargo, carecen de células de Schwann en sus puntas, razón por la cual no existe vaina de mielina en su extremo terminal (8).

Estas son terminaciones que tienen modalidades variadas de recepción pues son capaces de captar diferentes estímulos como: dolor, frío, calor, tacto entre otros.

#### Discos de Merkel:

Estos receptores se ubican en la piel glabra (piel sin pelos) y los folículos pilosos, penetra en la epidermis en donde terminan expandiéndose en forma de disco el cual está yuxtapuesto a una

célula de Merkel, un tipo de célula epitelial que posee un color oscuro y se encuentra en la parte profunda de la epidermis.

Este tipo de receptor percibe el tacto, de adapta-

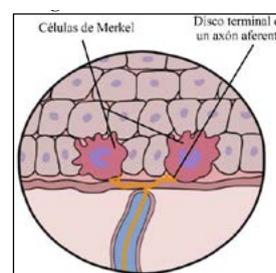


Figura 49. Discos de Merkel  
Fuente: Autor

ción lenta transmite la presión ejercida sobre la piel cuando realizamos acciones como tomar un lápiz (8).

#### Receptores de folículos pilosos:

Estos receptores se encuentran enrollando los folículos pilosos justo en su vaina de tejido conectivo y pertenecen al grupo de los mecanorreceptores pues la flexión del pelo envía estímulos a la terminación nerviosa la cual es de adaptación rápida, estos impulsos permanecen serenos mientras el pelo se encuentra flexionado hasta el momento en el que deja de estarlo pues esto inicia una nueva lluvia de impulsos nerviosos (8).

Cerca al folículo encontramos un grupo muscular que se denominan músculos erectores del pelo los cuales son los responsables de la dirección del pelo y los que causan el fenómeno conocido como piel de gallina (4).

## Receptores encapsulados

### Corpúsculo de Meissner:

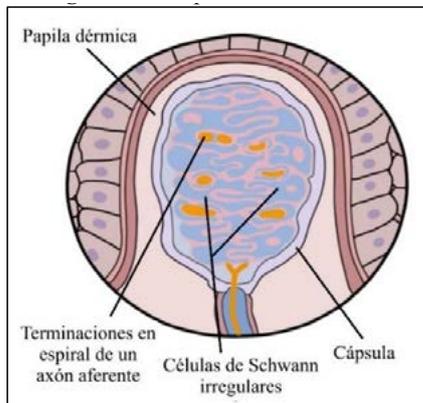


Figura 50. Corpúsculo de Meissner  
Fuente: Autor

Receptores sensoriales ubicados en las papilas dérmicas de la piel, estas terminaciones cuentan con una forma ovalada y están formados básicamente de células de Schwann las cuales son aplanadas y se ubican transversalmente tomando como referencia el eje del corpúsculo el cual se cierra en tejido conectivo procedente de los nervios que entran en él.

La función principal de estos corpúsculos es permitir la diferencia entre estructuras próximas mediante el uso del tacto, algo curioso es que al momento del nacimiento se presenta un número mayor de dichos corpúsculos que cuando se llega a una edad adulta (9).

### Corpúsculo de Vater Paccini:

Corpúsculos pertenecientes a los mecanorreceptores, se localizan en una parte profunda de la piel (hipodermis) y su función es percibir los cambios en la presión y cuando se generan vibraciones, su morfología es ovoide

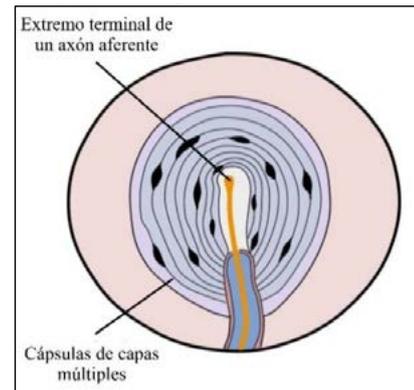


Figura 51. Corpúsculo de Vater Paccini  
Fuente: Autor

Se encuentran formados por dos partes, la primera es una cápsula la cual cuenta con varias láminas concéntricas de células aplanadas que guardan la segunda parte del corpúsculo que es una terminación nerviosa mielinica la cual después de ingresar al corpúsculo pierde su vaina de mielina y también su célula de Schwann (2).

## Termorreceptores

### Corpúsculos de Krause:

Los corpúsculos de Krause son variaciones de los corpúsculos de Meissner localizados en el nivel profundo de la hipodermis en la piel, y son parecidos a los corpúsculos de Paccini. Los cuales se encuentran ubicados en el tejido submucoso de la boca, la nariz, ojos, genitales, etc. de los cuales hay unos 260.000 extendidos por todo el cuerpo (9).

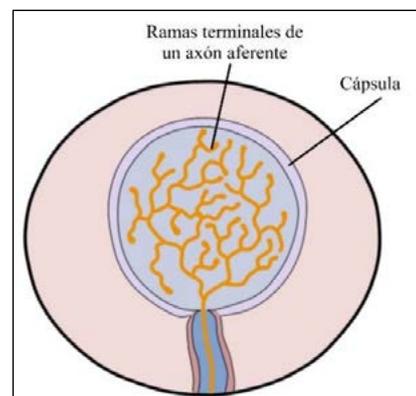


Figura 52. Corpúsculo de Krause  
Fuente: Autor

Miden aproximadamente 25 a 100 micras, poseen una clava central esférica, donde se ramifican las terminaciones nerviosas que han despojado su vaina miélica.

Los bulbos terminales de Krause están adaptados para la recepción de estímulos relacionados al frío, fenómeno que se produce cuando entra en contacto con un cuerpo o un espacio que está a menor temperatura que nuestro cuerpo. La sensibilidad tiene su variabilidad según la zona de la piel que se considere.

**Premio Nobel de Medicina 2021 - Descubrimiento de TRPV1 (transient receptor potential cation channel) Receptor de potencial transitorio V1, como canal iónico termosensible en neuronas sensoriales:**

Nuestro organismo posee la sensibilidad para captar estímulos como el calor, el frío y el tacto, los cuales, son prioritarios para nuestra supervivencia y de ella depende nuestra interacción con el mundo que nos rodea (10).

David Julius, de 65 años, profesor de la universidad de California, usó capsaicina (o capsaicina), un compuesto activo de los pimientos picantes que produce sensación de ardor, para identificar un sensor en las terminaciones nerviosas de la piel que responde al calor y por el descubrimiento de TRPV1 (transient receptor potential cation channel) Receptor de potencial transitorio V1, como canal iónico termosensible en neuronas sensoriales. (10).

Por otra parte, Ardem Patapoutian, 54 años, profesor de Scripps Research en California, utilizó células sensibles a la presión para descubrir un nuevo tipo de sensores que responden a estímulos mecánicos en la piel y los órganos internos. Ambos Científicos compartieron el Premio Nobel de Medicina 2021.

Referente al receptor TRPV1 se determinó en neuronas nociceptivas del ganglio de la raíz dorsal, proporcionando así una aclaración de las acciones selectivas de la capsaicina en estas células (10).

También, el receptor TRPV1 se manifiesta en neuronas nociceptivas amielínicas, pero no en neuronas implicadas en la propiocepción, sensación de tacto y presión, en afinidad con su función como transductor de calor nocivo. En estudios experimentales realizados en ratones, el papel de TRPV1 como único receptor activado por capsaicina y su rol fundamental para transducir los efectos nociceptivos, inflamatorios e hipertérmicos de la capsaicina. TRPV1 igualmente es indispensable para la hiperalgesia por calor inflamatoria en ratones. Estudios clínicos actuales de opositores selectivos de TRPV1 confirman un papel vital de este canal iónico para detectar el calor perjudicial en los individuos humanos (10) (11) (12).

El hallazgo de TRPV1 usando un cribado de ganancia de función de genes expresados en neuronas sensoriales para la reconstitución de la competencia de respuesta a capsaicina en una línea celular que no contesta. Esto aplanó la vía para esclarecer los receptores TRP de detección de temperatura complementarios, que juntos codifican la sensación de temperatura (10).

#### **Sensación de frío:**

En el año 2002, el transductor sensorial para el frío fue hallado en pantallas funcionales basadas en la suposición de que el mentol, un compuesto natural que produce el efecto de frescor inocuo en los seres humanos, se fusiona a un canal iónico que se acciona por baja temperatura (10).

Ambos grupos reconocieron TRPM8, otro miembro más de la superfamilia TRP, y descubrieron que se acciona por baja temperatura en un estilo de expresión heterólogo en una categoría de temperatura en el que los humanos distinguen un frío inocuo (10) (11) (12).

El hallazgo de TRPM8 como sensor de frío ubicó a la superfamilia de TRP en el medio de la escena de la somatosensibilidad térmica y aplanó la vía para el reconocimiento de canales de TRP complementarios responsables de la percepción cálida (10).

### Corpúsculos de Ruffini:

Receptores sensoriales a los estímulos calóricos, con forma ahusada compuestas por un haz de fibras colágenas rodeado por una vaina de tejido conectivo. La fibra nerviosa correspondiente se ramifica entre los haces de fibras colágenas (2).

Los corpúsculos de Ruffini se encuentran en la dermis de la piel con pelo y las fibras colágenas de estos corpúsculos se relacionan con las fibras de la dermis (2).

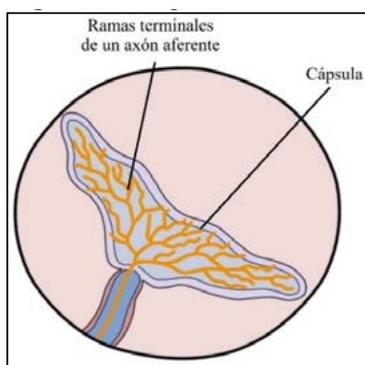


Figura 53. Corpúsculo de Ruffini  
Fuente: Autor

Se activan al desplazamiento de las fibras colágenas incitado por la tensión mecánica sostenida o continua; por lo tanto, responden al estiramiento y la torsión. Desde el punto de vista funcional, los corpúsculos de Ruffini pertenecen a la familia de los receptores de adaptación rápida (2).

### Sensación de calor nocivo:

Hasta ahora sabemos que el receptor TRPV1 juega un papel importante para el incremento de la sensibilidad al calor durante la inflamación, también, deben existir otros receptores sensibles al calor porque los animales que no gozan de *Trpv1* presentaron solo una pérdida menor de la sensación de calor nociva aguda (10) (13) (14) (15) (16).

TRPV1 interviene en la detección de una amplia diversidad de estímulos exteriores nocivos, como compuestos activos en aceite de mostaza, rábano picante, canela, ajo, clavo y jengibre, así como compuestos lipídicos, irritantes ambientales y otras sustancias químicas (10) (17) (18).

### Sensación de calor:

El receptor TRPV1 se determinó al principio sólo como un receptor de calor perjudicial, estudios subsiguientes descubrieron inesperadamente que TRPV1 además colabora en la detección de calor inocuo (10) (19).

La imagen emergente es que los canales iónicos TRPV1, TRPA1, TRPM2 y TRPM3 ejercen colectivamente como sensores cálidos, pero que la sensación de calor se señala de forma confiable solo cuando la actividad en TRPM8 que abarca fibras nerviosas sensibles al frío es eliminada paralelamente por temperaturas cálidas (10) (20).

Los descubrimientos de los canales TRPV1, TRPM8 y PIEZO por parte de los científicos ganadores del Premios Nobel 2021 han permitido comprender cómo el calor, el frío y la fuerza mecánica se sienten y se modifican en impulsos nerviosos que nos dejan distinguir y adaptarnos al mundo que nos rodea (10).

- Los canales TRP son primordiales para nuestra capacidad de divisar la temperatura.
- El canal PIEZO2 nos dota de tacto y propiocepción.
- Los canales TRP y PIEZO además contribuyen a numerosas funciones fisiológicas complementarias según la temperatura de detección o los estímulos.

Por ende, la potente investigación en curso que se estableció a partir de los descubrimientos galardonados con el Premio Nobel 2021 su eje en esclarecer las funciones de estos receptores en una diversidad de procesos fisiológicos y en perfeccionar tratamientos para una extensa gama de enfermedades, incluido el dolor crónico (10).

### Exploración:

La exploración física del sentido del tacto se lleva a cabo con el fin de inspeccionar la correcta sensibilidad del paciente; para ello se usan receptores especiales de calor o frío, tacto suave o fino, punción, entre otros.

La punción consiste en pinchar suavemente el rostro, el torso y los 4 miembros con un alfiler; se pregunta al paciente si percibió igual el pinchazo en ambos lados y cuál fue su sensación; la sensibilidad térmica se realiza a través del uso de un diapasón frío y el tacto fino se prueba con una torunda de algodón.

## Propiorreceptores

### Husos neurotendinosos:

Conocido también órganos neurotendinosos de Golgi se ubican en los tendones cerca de su unión a los músculos y su función se basa en llevar información sobre la tensión de los músculos al sistema nervioso central (8).

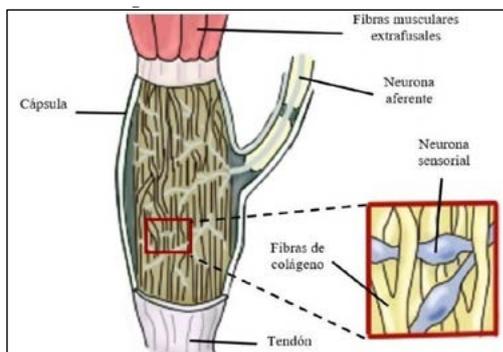


Figura 54. Huso neurotendinoso  
Fuente: Autor

Cada huso está formado por una cápsula fibrosa que contiene en su interior un fascículo de fibras colágenas y de una fibra nerviosa mielínica la cual penetra en la cápsula pierde su vaina de mielina y termina ramificándose dentro de las fibras de la cápsula (8).

La fibra que penetra en la cápsula es de tipo sensitiva y es la encargada de captar las diversas variaciones en la tensión del músculo.

### Husos neuromusculares:

Localizado en el músculo esquelético cerca de la unión músculo-tendón y cada huso se va a encontrar rodeado por una cápsula de tejido conectivo, en su interior encontramos fibras mus-

culares intrafusales en números de 6 a 14, a las fibras musculares normales que se sitúan fuera del huso de las denomina extrafusales (2).

Estos husos tienen la función de enviar al sistema nervioso central información referente a la velocidad de contracción y relajación de músculo, para lo cual usa dos tipos de inervación sensitiva que proceden de las terminaciones anulo espirales las cuales se encuentran en el centro de las fibras musculares intrafusales y de las terminaciones en ramillete las cuales se hallan en las fibras en cadena nuclear a la periferia de la región central (8).

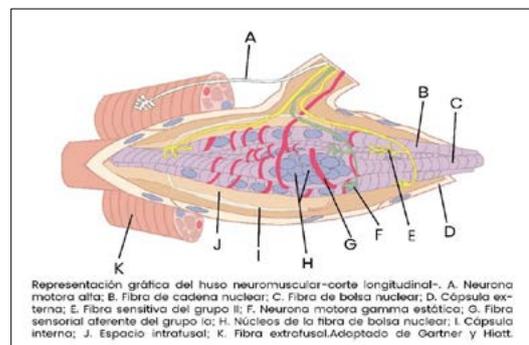


Figura 55. Huso neuromuscular  
Fuente: Autor

## Efectores eferentes

El sistema nervioso cumple un complejo conjunto de tareas. Otorga la capacidad de percibir diferentes olores, hablar y recordar hechos pasados, también proporciona señales que controlan los movimientos del cuerpo y regulan el funcionamiento de los órganos internos. Estas actividades diversas pueden ser agrupadas en 3 funciones

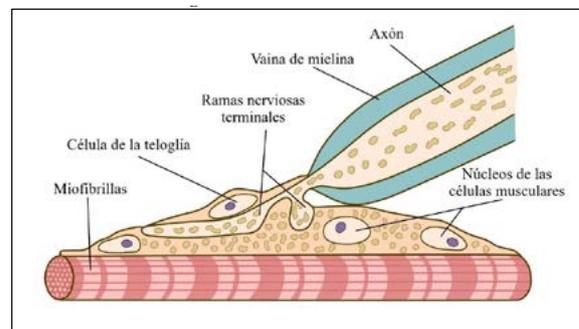


Figura 56. Fibra neuromuscular  
Fuente: Autor

básicas: sensitiva (aférente), integradora (de proceso) y motora (eferente) (4).

Los receptores eferentes (motores) reciben la información como impulsos que ingresan desde diversas regiones por las dendritas y emiten la información hacia las glándulas, músculos y otros efectores por vía del axón constituyendo así una fibra eferente a través de los nervios craneales y espinales (4).

Por tanto, las neuronas eferentes transmiten las respuestas del Sistema Nervioso Central hacia los efectores (músculos y glándulas) en la periferia (Sistema Nervioso Periférica).

### Uniones neuromusculares en el músculo esquelético:

El músculo esquelético se inerva por uno o más nervios junto con la irrigación se configura como hilio neurovascular, la rama termina en la fibra muscular constituyéndose la unión neuromuscular. La inervación del músculo está dada por fibras sensitivas y motoras.

Existen 3 tipos de fibras sensitivas:

- **Fibras mielínicas**, tienen su origen en las terminaciones anulo espirales y en los husos neuromusculares (ramilletes).
- **Fibras mielínicas** cuyo origen específico es en los husos neuro-tendinosos (8).
- **Fibras tanto mielínicas** como amielínicas se originan en las distintas terminaciones sensitivas del músculo en el tejido conectivo (8).
- Además, existen 3 tipos de fibras motoras:
  - **Grandes fibras mielínicas alfa:** Los axones de las células alfa de las astas anteriores inervan las fibras extrafusales (8).
  - **Pequeñas fibras mielínicas gamma:** Los husos neuromusculares inervan a las fibras intrafusales.
  - **Finas fibras C amielínicas:** Inervan el músculo liso de los vasos sanguíneos (8).

La mayoría de las fibras musculares está inervada por una placa terminal motora “unión neuromuscular” a partir de ella el axón se ramifica en ramas que penetran en la fibra muscular. El sarcolema se invagina formando los pliegues de unión, se encuentra rodeado y atravesado por la membrana basal.

El sarcoplasma muestra una acumulación de núcleos de la placa basal, mitocondrias y ribosomas que en conjunto se denomina placa basal (21).

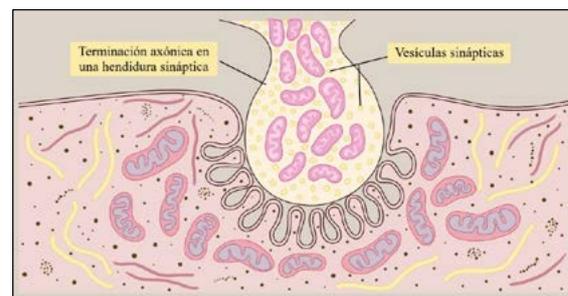


Figura 57. Unión neuromuscular esquelética  
Fuente: Autor

### Uniones neuromusculares en el músculo liso:

En el músculo liso, la acción es lenta y difusa, similar en la pared del intestino, las fibras nerviosas neurovegetativas se bifurcan extensamente; así, una única neurona controla un gran número de fibras musculares. En algunas áreas, unas pocas fibras musculares se asocian con terminaciones neurovegetativas, y la onda de contracción se transmite de una célula muscular a otra a través de uniones en hendidura (8).

En el caso del músculo liso, que la acción es rápida y se requiere precisión, como por ejemplo en el iris, la ramificación de las fibras nerviosas es de menor extensión; de esta manera, una única neurona ejerce control en unas pocas fibras musculares (8).

Las fibras neurovegetativas, que son posganglionares, son amielínicas y terminan en ramas varicosas. En el sitio donde ocurre la transmisión, la célula de Schwann se retrae de tal modo que el axón está situado en el interior de un

surco poco profundo en su superficie. Debido a la retracción parte del axón queda desnudo, de tal modo que permite la libre difusión de la sustancia transmisora desde el axón a la célula muscular. Aquí el axoplasma contiene numerosas vesículas similares a las de la placa terminal motora del músculo esquelético.

Este tipo de músculo está innervado por la división simpática y parasimpática del sistema neurovegetativo.

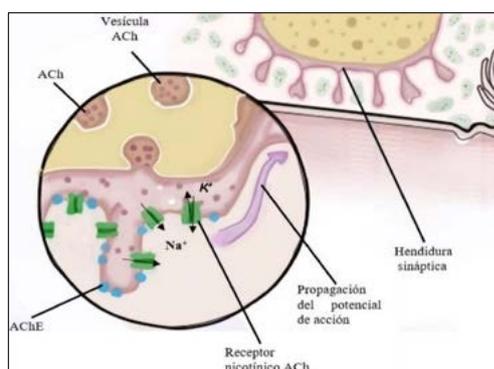


Figura 58. Despolarización de las fibras musculares  
Fuente: Autor

Los nervios de clase colinérgicos liberan acetilcolina en sus terminaciones por medio de exocitosis, cuyo neurotransmisor se halla presente en las vesículas en la terminación nerviosa (8).

Los nervios que son noradrenérgicos liberan noradrenalina en sus terminaciones por un proceso de exocitosis, esta catecolamina se ubica en las vesículas de centro oscuro en las terminaciones nerviosas. Es decir, la acetilcolina como la noradrenalina llevan a cabo la despolarización de las fibras musculares para su contracción (8).

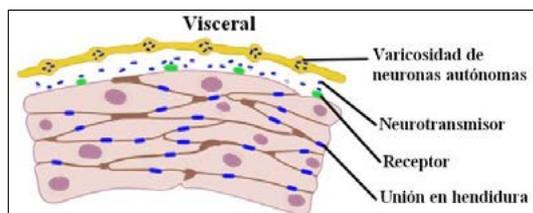


Figura 59. Unión neuromuscular lisa  
Fuente: Autor

### Uniones neuromusculares en el músculo cardíaco:

El tejido principal de la pared cardíaca es el muscular cardíaco. Entre las células contráctiles del corazón, están presentes láminas de tejido conectivo que abarcan vasos sanguíneos, nervios y el sistema de conducción eléctrica del corazón. Las fibras del músculo cardíaco tienen la interacción de actina y miosina, mismas bandas, zonas y discos Z del músculo esquelético. Sin embargo, el músculo cardíaco posee discos intercalados, estos son engrosamientos transversales del sarcolema que conectan entre sí los extremos de las fibras del músculo cardíaco, mantienen unidas las fibras, y uniones en hendidura, que permitiendo que los potenciales de acción musculares se propaguen de una fibra del músculo cardíaco a otra.

En respuesta a un potencial de acción único, el músculo cardíaco posee un período de contracción aproximado de 10 a 15 veces más amplio que del tejido muscular esquelético. Esta contracción duradera es la consecuencia del aporte prolongado de  $Ca^{2+}$  al sarcoplasma. En las fibras del músculo cardíaco, el  $Ca^{2+}$  ingresa en el sarcoplasma desde el retículo sarcoplasmático y desde el líquido intersticial que baña las fibras. Como los canales que permiten el ingreso de  $Ca^{2+}$  del líquido intersticial permanecen abiertos por un período relativamente largo, una contracción del músculo cardíaco dura mucho más que una contracción del músculo esquelético (4).

En el interior del tejido conectivo entre las fibras musculares se extienden tanto nervios autónomos simpáticos, como parasimpáticos posganglionares amielínicos que luego terminarán cerca de las fibras musculares cardíacas individuales.

En la localización donde se realiza la transmisión el axón queda desnudo por la retracción de la célula de Schwann, lo cual permite una fluidez y libertad de difusión del neurotransmisor desde el axón hasta la fibra muscular. La presencia de uniones en hendidura intermitentes entre las fibras musculares colindantes y desmosomas, provocan el efecto de excitación y contracción entre fibras musculares. (8).

### Terminaciones nerviosas en las células secretoras de las glándulas:

La mayoría de los impulsos nerviosos que estimulan a los músculos para que se contraigan y a las glándulas para que aumenten su secreción se originan en el SNC (4). El proceso se lleva a cabo por el SNA mediante sus fibras motoras.

Los nervios posganglionares del sistema neurovegetativo se extienden al interior del tejido conectivo de las glándulas y se ramifican cerca de las células secretoras. Se ha observado que en muchas glándulas las fibras nerviosas inervan sólo los vasos sanguíneos (8).

### Información adicional

Tabla 5. Receptores no encapsulados

RECEPTORES NO CAPSULADOS	
TERMINACIONES NERVIOSAS LIBRES	FUNCIÓN
Este tipo de receptores neuronales se encuentran distribuidos abundante por todo el cuerpo es decir se pueden encontrar tanto en la piel como en sitios anatómicos específicos entre los cuales tenemos: los ligamentos, las articulaciones, las fascias, órganos, músculo, periostio, entre otros (8).	Estas son terminaciones que tienen modalidades variadas de recepción pues son capaces de captar diferentes estímulos como: dolor, frío,
DISCOS DE MERKEL	FUNCIÓN
Estos receptores se ubican en la piel glabra (piel sin pelos) y los folículos pilosos, penetra en la epidermis en donde terminan expandiéndose en forma de disco el cual está yuxtapuesto a una célula de Merkel, un tipo de célula epitelial que posee un color oscuro y se encuentra en la parte profunda de la epidermis.	Percibe el tacto, de adaptación lenta transmite la presión ejercida sobre la piel cuando realizamos acciones como tomar un lápiz (8).
RECEPTORES DE FOLÍCULOS PILOSOS	FUNCIÓN
Se encuentran enrollando los folículos pilosos justo en su vaina de tejido conectivo y pertenecen al grupo de los mecanoreceptores	Envía estímulos a la terminación nerviosa la cual es de adaptación rápida, estos impulsos permanecen serenos mientras el pelo se encuentra flexionado hasta el momento en el que deja de estarlo pues esto inicia una nueva lluvia de impulsos nerviosos.

Tabla 7. Termorreceptores

RECEPTORES ENCAPSULADOS	
CORPÚSCULO DE MEISSNER:	FUNCIÓN
Receptores sensoriales ubicados en las papilas dérmicas de la piel, estas terminaciones cuentan con una forma ovalada y están formados básicamente de células de Schwann las cuales son aplanadas y se ubican transversalmente tomando como referencia el eje del corpúsculo el cual se cierra en tejido conectivo procedente de los nervios que entran en él.	Permitir la diferencia entre estructuras próximas mediante el uso del tacto, algo curioso es que al momento del nacimiento se presenta un número mayor de dichos corpúsculos que cuando se llega a una edad adulta (9).
CORPÚSCULO DE VATER PACCINI:	FUNCIÓN
Corpúsculos pertenecientes a los mecanorreceptores, se localizan en una parte profunda de la piel (hipodermis) su morfología es ovoide y llegan a tener dimensiones de unos 2 mm de longitud y de 100 a 500 um de diámetro (4).	Percibir los cambios en la presión y cuando se generan vibraciones (4).

Tabla 6. Receptores encapsulados

TERMORRECEPTORES	
CORPÚSCULOS DE KRAUSE	FUNCIÓN
Son variaciones de los corpúsculos de Meissner localizados en el nivel profundo de la hipodermis en la piel, y son parecidos a los corpúsculos de Paccini. Los cuales están ubicados en el tejido submucoso de la boca, la nariz, ojos, genitales, etc. En total unos 260.000 extendidos por todo el cuerpo.	Adaptados para la recepción de estímulos relacionados al frío, fenómeno que se produce cuando entra en contacto con un cuerpo o un espacio que está a menor temperatura que nuestro cuerpo. La sensibilidad es variable según la zona de la piel que se considere.
CORPÚSCULOS DE RUFFINI	FUNCIÓN
Responden al desplazamiento de las fibras colágenas activados por la tensión mecánica sostenida o continua; por lo tanto, responden al estiramiento y la torsión. Desde el punto de vista funcional, los corpúsculos de Ruffini pertenecen a la familia de los receptores de adaptación rápida (2).	Adaptados a los estímulos calóricos además de que responden al desplazamiento de las fibras colágenas inducido por la tensión mecánica sostenida o continua; por lo tanto, responden al estiramiento y la torsión.

### Enfermedades asociadas

#### Retinitis pigmentaria:

Es una patología de carácter genético que se caracteriza por generar daños en los fotorreceptores de la retina. En el cuadro típico presente en esta enfermedad los fotorreceptores que serán más afectados serán los bastones causando una entidad conocida con el nombre de ceguera nocturna, sin embargo, estos fotorreceptores seguirán degenerándose de manera que con el pasar del tiempo no solo existirá una pérdida de bastones si no también se degeneraran los conos comprometiendo la visión y agudeza visual tanto en el día como la noche.

#### Vértigo:

Es una patología en la cual se encuentra afectada el área vestibular del oído, esta entidad está caracterizada por la sensación del ambiente en movimiento cuando aún el individuo está en estado estacionario (sin movimiento), por lo general el esta patología se encuentra dada por problemas en las áreas vestibulares tanto centrales como periféricas (22).

#### Hipermetropía:

Es una patología que se caracteriza por la dificultad para enfocar los objetos cercanos al ojo. Aunque sus consecuencias no son graves, esta interfiere en las actividades diarias de la persona

que lo padece ya que produce síntomas astenóticos. Su tratamiento consiste en el uso de lentes para corregirlo (23).

### **Miopía:**

Las personas con este trastorno a diferencia de la hipermetropía, tienen dificultades para ver objetos que están a distancias lejanas. El tratamiento es similar siendo corregido con el uso de lentes (23).

### **Astigmatismo:**

Esta patología consiste en que las personas observan de manera borrosa los objetos a los que se enfoca la visión, en unas personas esta se acompaña con una disminución en la agudeza visual o ver objetos distorsionados. Es congénito en la mayoría de los casos y tiende a una predisposición hereditaria. Esta patología se ha visto como

responsable muchas veces de cefaleas o mareo debido al esfuerzo que se hace para enfocar (23).

### **Caso clínico**

Paciente masculino de 60 años, el cual presenta antecedentes de hipertensión, hipertrigliceridemia y diabetes mellitus tipo II. Ingresa a servicio de emergencias al presentar necrosis del pie izquierdo, por lo tanto, se procede a la amputación del miembro afectado.

Posteriormente al procedimiento quirúrgico, el paciente manifiesta dolor fantasma, que se presenta en el miembro amputado.

Diagnóstico más probable:

Dolor Neuropático - Miembro fantasma, que es la sensación de dolor de un miembro amputado, al pensar que todavía se encuentra conectado al cuerpo.

## Glosario

- **Cóclea:** Estructura en forma de caracol encargada de transformar los sonidos en impulsos nerviosos.
- **Córnea:** Es una membrana transparente que tiene forma de un disco abombado, que constituye la parte anterior del globo ocular.
- **Corpúsculo de Meissner:** Receptor sensitivo para el sentido del tacto; se encuentra en las papilas dérmicas, en especial en las palmas y plantas.
- **Corpúsculo de Paccini:** Preso - receptor ovalado localizado en la dermis o en el tejido subcutáneo formado por capas concéntricas de tejido conectivo que envuelve a las dendritas de una neurona sensitiva. También llamado corpúsculo laminar.
- **Cristalino:** presente en el ojo es una estructura con forma de lente biconvexa con el propósito principal consiste en permitir enfocar objetos que se encuentren situados a diferentes distancias.
- **Dermis:** Capa de tejido conectivo denso que se halla por debajo de la epidermis.
- **Discos de Merkel:** Célula epidérmica modificada en el estrato basal de la piel lampiña que funciona como receptor cutáneo para el tacto discriminativo.
- **Ectodermo:** Hoja de origen blastodérmica externa, de la que se deriva la epidermis y sus anexos, el sistema nervioso, el cristalino del ojo y la vesícula ótica.
- **Endolinfa:** Líquido que se localiza en los conductos semicirculares membranosos y la rampa coclear.
- **Fibra nerviosa:** Término general para referirse a cualquier prolongación (axónica o dendrítica) que se proyecta desde el cuerpo celular de una neurona.
- **Fotorreceptores:** Son un tipo de neuronas especializadas sensibles a la luz, localizadas en la retina externa de los vertebrados.
- **Hipoacusia:** Pérdida parcial o total del sentido auditivo.
- **Homeostasis:** Conjunto de fenómenos que tienen la función de autorregulación, para conducir a mantener el medio interno del organismo.
- **Mecanorreceptores:** es el receptor sensorial que reacciona ante la presión mecánica o las distorsiones y pertenece al sentido del tacto.
- **Neurogénesis:** Es un término que indica la capacidad que posee nuestro cerebro de producir nuevas células a lo largo de toda nuestra vida.
- **Perilinf:** Líquido que se encuentra en las rampas vestibular y timpánica que forman parte del laberinto óseo coclear.
- **Quimiorreceptores:** Son un tipo de receptores sensoriales especializados los cuales se encargan de captar estímulos externos como el gusto y el olfato.
- **Termorreceptores:** Son una especie de células nerviosas individuales que se encargan de recibir información sobre la temperatura.
- **Yuxtapuesto:** Cosa que está puesta junto con otra sin superposición ni nexo de unión.



## Referencias Bibliográficas

1. Dalley, A. F. & Agur, A. M. R. MOORE Anatomía con Orientación Clínica. 9a ed: Wolters Kluwer; 2022; p.1613-1618.
2. Ross, M. H. & Pawlina, W. Histología: Texto y atlas. 8a ed: Wolters Kluwer; 2020; p.529-555/p.977-980/p.1003-1006.
3. Hall, J.E & Hall, M.E. Guyton & Hall. Tratado de fisiología médica. 14a ed: Elsevier; 2021; p.1456-1497.
4. Tortora, G. J. Derrickson, B. Principios de Anatomía y Fisiología. 15a ed: Médica Panamericana; 2018 (2021 Reimpresión); p.657-676/ p.974-978.
5. Chu Lee, A.J. Morfofisiología Neuroendocrina y su correlación clínica. Universidad Técnica de Machala; 2021.
6. Hernández, M. & Díaz, S. La Bioquímica y Fisiología del Sabor. REB [Internet]. 2019 [citado el 7 de octubre de 2023]; p.100-104; Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/revedubio/reb-2019/reb194c.pdf>
7. García, J. & Fraile, P. A. Anatomía y fisiología de la piel. Pediatría Integral [Internet]. 2021 [citado el 7 de octubre de 2023]; 24 (3); Disponible en: [https://www.pediatriaintegral.es/wp-content/uploads/2021/xxv03/07/n3-156e1-13\\_RB\\_JesusGarcia.pdf](https://www.pediatriaintegral.es/wp-content/uploads/2021/xxv03/07/n3-156e1-13_RB_JesusGarcia.pdf)
8. Splittgerber, R. Snell Neuroanatomía Clínica. 8th ed: Wolters Kluwer; 2019; p.164-192.
9. Garikoitz, A., Garikoitz, B., Muñoz, M., Sagastizabal, E. P. & Vegas, O. Fundamentos de la neurociencia conductual: UNIDAD 5. Sistemas Sensoriales y Motores. Universidad del País Vasco [Internet]; 2022 [citado el 7 de octubre de 2023]; p.1-19. Disponible en: [https://ocw.ehu.eus/pluginfile.php/58167/mod\\_resource/content/5/UNIDAD%205.%20Sistemas%20Sensoriales%20y%20Motores\\_.pdf](https://ocw.ehu.eus/pluginfile.php/58167/mod_resource/content/5/UNIDAD%205.%20Sistemas%20Sensoriales%20y%20Motores_.pdf)
10. The Nobel Assembly at Karolinska Institutet. Antecedentes científicos: descubrimientos de receptores de temperatura y tacto. The Nobel Prize [Internet]. 2021 [citado el 7 de octubre de 2023]; Disponible en: <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/2021/advanced-information/>
11. Du, Q., Liao, Q., Chen, C., Yang, X., Xie, R. & Xu, J. El papel del receptor transitorio potencial vanilloide 1 en enfermedades comunes del tracto digestivo y del sistema cardiovascular y respiratorio. Front Physiol [Internet]. 2019 [citado el 7 de octubre de 2023]; 10 (1). Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphys.2019.01064/full>
12. Reeh, P. W. & Fischer, M. JM. Nobel somatosensaciones y dolor. Arco de Pflugers – Eur J Physiol [Internet]. 2022 [citado el 7 de octubre de 2023]; 474 (4); p.405-420. Disponible en: 10.1007/s00424-022-02667-x
13. Li, T. & Chung, M-K. Luchando por una analgesia sin hipertermia: lecciones de las mutaciones con pérdida de función del TRPV1 humano. J Clin Invest [Internet]. 2023 [citado el 7 de octubre de 2023]; 133 (3); p.1-3. Disponible en: <https://www.jci.org/articles/view/167338/pdf>

14. Zhang, M., Yueming, M., Ye, X., Zhang, N., Pan, L. & Wang, B. Familia de canales iónicos TRP (potencial de receptor transitorio): estructuras, funciones biológicas e intervenciones terapéuticas para enfermedades. *Sig Transduct Target Ther* [Internet]. 2023 [citado el 7 de octubre de 2023]; 8 (261); Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41392-023-01464-x>
15. Shamsi, F., Piper, M., Ho, L., Huang, T., Gupta, A., Calles, A., D Lynes, M. & Tseng, Y. Los progenitores TRPV1 derivados del músculo liso vascular son una fuente de adipocitos termogénicos inducidos por el frío. *Nat Metab* [Internet]. 2021 [citado el 7 de octubre de 2023]; 3(4); p.485-495; Disponible en: [10.1038/s42255-021-00373-z](https://doi.org/10.1038/s42255-021-00373-z)
16. Li, F. & Wang, F. TRPV1 en dolor y picazón. *Adv Exp Med Biol* [Internet]. 2021 [citado el 7 de octubre de 2023]; p.249-273; Disponible en: [10.1007/978-981-16-4254-8\\_12](https://doi.org/10.1007/978-981-16-4254-8_12)
17. Meents, J., Ciotu, C. & Fischer M. JM. TRPA1: una visión molecular. *Journal of Neurophysiology* [Internet]. 2019 [citado el 7 de octubre de 2023]; 121 (2); p.427-443; Disponible en: [10.1152/jn.00524.2018](https://doi.org/10.1152/jn.00524.2018)
18. Talavera, K., Startek, J., Álvarez, J., Boonen, B., Alpizar, Y., Sánchez, A., Naert, R. & Nilius, B. Canales TRPA1 potenciales del receptor transitorio de mamíferos: de la estructura a la enfermedad. *Physiol Rev* [Internet]. 2020 [citado el 7 de octubre de 2023]; 100 (2); p.725-803; Disponible en: [10.1152/physrev.00005.2019](https://doi.org/10.1152/physrev.00005.2019)
19. Cano, D. Potencial terapéutico de la capsaicina. Universidad de Sevilla [Internet]. 2021 [citado el 7 de octubre de 2023]; p.4-7; Disponible en: <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/132629/CANO%20PEREZ%20DAVID.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
20. Montesinos, R., Schwaller, F., Udhayachandran, A., Rau, F., Walcher, J., Evangelista, R., Vriens, J., Voets, T., Poulet, J. & Lewin, G. La codificación sensorial de la percepción cálida. *Neuron* [Internet]. 2020 [citado el 7 de octubre de 2023]; 106(5); p.830-841; Disponible en: [10.1016/j.neuron.2020.02.035](https://doi.org/10.1016/j.neuron.2020.02.035)
21. Velázquez, G. & Chaparro, L. Dermatomas y miotomas. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez [Internet]. 2023 [citado el 7 de octubre de 2023]; Disponible en: <https://www.studocu.com/es-mx/document/universidad-autonoma-de-ciudad-juarez/neuroanatomia/actividad-05a-230075-miomas/49499351>
22. Bardoza, W., Zievinger, P. & Hernández, M. Vértigo posicional paroxístico benigno: revisión bibliográfica. *Rev Med Sinerg* [Internet]. 2022 [citado el 7 de octubre de 2023]; 7(7); Disponible en: <https://doi.org/10.31434/rms.v7i7.870>
23. Ortiz, M., Campuzano, G., Muñoz, V. & Cuevas, C. Prevalencia de miopía, hipermetropía y astigmatismo en México: Una revisión sistémica. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo [Internet]. 2022 [citado el 7 de octubre de 2023]; Disponible en: <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/ICSA/article/download/8591/8977/>

**UNIDAD**

**2**

**SISTEMA NERVIOSO CENTRAL**





**CAPÍTULO 3**

**MÉDULA  
ESPINAL**



## MÉDULA ESPINAL

La médula espinal es parte del Sistema Nervioso Central, cuya función es conducir los estímulos externos hacia el encéfalo para elaborar una respuesta. Debido a su complejidad, su estudio se divide en una parte macroscópica que engloba a las capas que la recubren (meninges) y una parte microscópica que hace referencia a la parte interna (sustancia gris y sustancia blanca).

Además, en este capítulo se debe resaltar el sistema funcional de los tractos ascendentes y descendentes lo cual facilitará la acción voluntaria e involuntaria del sistema nervioso periférico que se comunican con la médula espinal por medio de los nervios raquídeos. Estas vías permiten una interacción entre el medio externo y el encéfalo, es decir, permiten que los estímulos captados por las terminaciones aferentes en los órganos y receptores periféricos lleguen al SNC y envíen una respuesta por medio de las neuronas eferentes.

El objetivo general del capítulo es reconocer la funcionalidad de la médula espinal mediante el conocimiento de los tractos ascendentes y descendentes para entender cómo los estímulos externos llegan al encéfalo y se crea una respuesta. Así mismo, los objetivos específicos son, conocer su estructura macroscópica y microscópica, describir el recorrido de los tractos ascendentes y descendentes y detallar las correlaciones clínicas vinculadas con la médula espinal.

### Embriología

La formación de la médula espinal comienza cuando se cierra el tubo neural en el día 28 del desarrollo embrionario por el proceso denominado neurulación. El cierre del tubo neural empieza en la región cervical a nivel del 5to somita, después de esto quedan dos comunicaciones denominadas neuroporos tanto craneal como caudal.

El neuroporo craneal se cierra en el día 25 (fase de 18 a 20 somitas), y el neuroporo caudal en el día 28 (fase de 25 somitas). Una vez cerradas estas estructuras la neurulación está completada, la parte caudal forma la médula espinal, mientras que la parte cefálica forma las vesículas encefálicas (1).

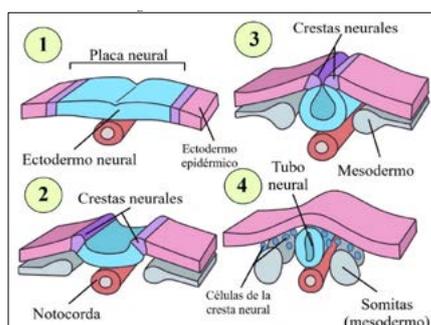


Figura 60. Proceso de Neurulación

Fuente: Autor

La pared del tubo neural consta de células neuroepiteliales, este conjunto de células constituye la capa neuroepitelial, a partir del cierre completo del tubo neural. Otra capa empieza a crear otro tipo de células llamados neuroblastos que forman la capa de manto, que más tarde se la conocerá como la sustancia gris de la médula espinal. Las fibras nerviosas mielinizadas que nacen de los neuroblastos forman la capa marginal, que después se la denomina sustancia blanca de la médula espinal (1).

En relación con los nervios raquídeos, estos empiezan a presentarse en la 4ta semana del desarrollo embriológico. Las fibras nerviosas motoras provienen de neuronas de las placas basales (astas ventrales). Las fibras nerviosas sensitivas se originan de los ganglios raquídeos que emiten prolongaciones y penetran en la asta dorsal. Las prolongaciones distales de ambas fibras se unen para formar el nervio raquídeo (1).

### Histología

La médula espinal consta de dos partes:

- a) Parte externa denominada sustancia blanca que presenta fibras mielinizadas

que le da el color característico, además de eso, contiene fibras nerviosas ascendentes y descendentes.

b) Parte interna denominada sustancia gris que presenta cuerpos neuronales (soma, pericarion); presenta un patrón en forma de mariposa o H que rodea al conducto endimeario (2).

La sustancia gris contiene las astas ventrales y las dorsales. Las astas ventrales (motoras) presentan neuronas motoras que permiten la transmisión de respuestas generadas por el encéfalo. Las astas dorsales (sensitivas) contienen neuronas que reciben, procesan y retransmiten información. Los somas de las neuronas sensitivas se encuentran en los ganglios de la raíz dorsal (2).

### Anatomía

La médula espinal ocupa el conducto vertebral de la columna vertebral, el cual le proporciona protección y soporte (3). En el adulto mide aproximadamente 45 cm. La médula espinal se inicia desde el agujero magno del cráneo y termina a nivel de la primera o segunda vértebra lumbar en el adulto, además, superiormente se continúa con la médula oblongada del encéfalo. En los niños se presenta más alargada y por lo general termina a nivel del borde superior de la tercera vértebra lumbar (3).

Contiene redes neuronales responsables de la locomoción. Para un mejor estudio, la médula espinal está dividido en cinco segmentos:

1. Segmento cervical  
(8 pares de nervios raquídeos).
2. Segmento torácico  
(12 pares de nervios raquídeos).
3. Segmento lumbar  
(5 pares de nervios raquídeos).
4. Segmento Sacro  
(5 pares de nervios raquídeos).
5. Segmento coccígeo  
(1 par de nervios raquídeo).

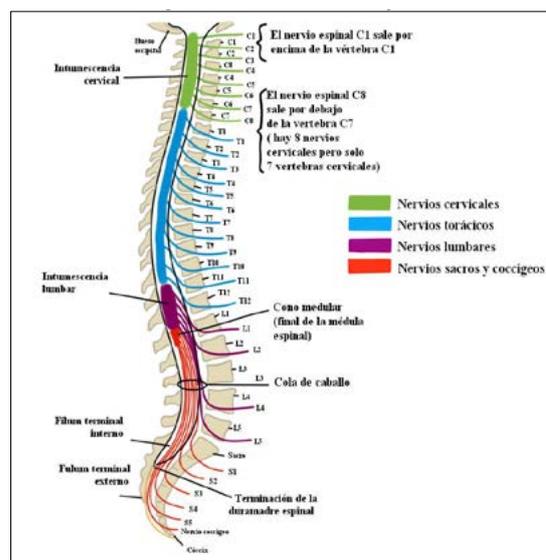


Figura 61. Porciones de la médula espinal  
Fuente: Autor

### Fisiología

La médula espinal tiene 3 funciones importantes, como:

- Transmisión de información aferente hacia el encéfalo por medio de las fibras ascendentes. (Sensitiva).
- Conducción de respuestas generadas por el encéfalo a través de las fibras descendentes. (Motora).
- Reflejo medular, la médula espinal se encarga de generar una respuesta inmediata sin que la información aferente llegue al encéfalo (4).

### Microscopía

La médula espinal se encuentra recubierta en toda su longitud por tres meninges:

- **Duramadre:** Capa más superficial, gruesa y fibrosa (dura) compuesta por tejido conectivo. Esta se encuentra ubicada desde el agujero occipital hasta la segunda vértebra sacra.
- **Aracnoides:** Capa media, delgada y avascular compuesta por células, delgadas fibras de colágeno y elásticas. Entre la aracnoides y la duramadre, se encuentra el espacio sub-

dural, hallándose líquido intersticial que actúa a manera de lubricante.

• **Piamadre:** Capa más interna, fina, vascular y transparente que se adhiere a la superficie de la médula espinal y al encéfalo. Está constituida por finas células pavimentosas y algunas fibras elásticas. Entre la aracnoides y la piamadre, espacio subaracnoideo, encontramos el líquido cefalorraquídeo (2).

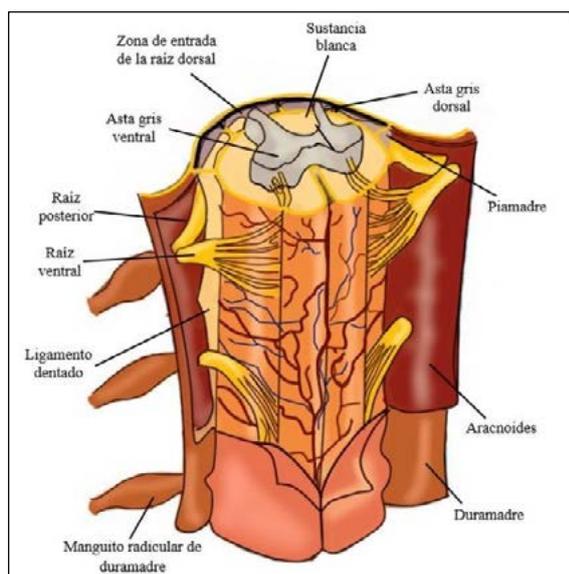


Figura 62. Estructura de la médula espinal  
Fuente: Autor

### Microscopía

Microscópicamente la médula espinal va a estar constituida por un centro de sustancia gris (en forma de una letra H) rodeado por un envoltorio exterior de sustancia blanca (3).

### Sustancia gris

Constituido principalmente por los cuerpos neuronales (soma o pericarion de las células nerviosas). Además, el color gris se debe a los corpúsculos de Nissl (Ribosomas).

Existen tres astas importantes a detallar:

- Astas posteriores o dorsales (sensitivas)
- Astas laterales (visceral)
- Astas anteriores o ventrales (motoras)

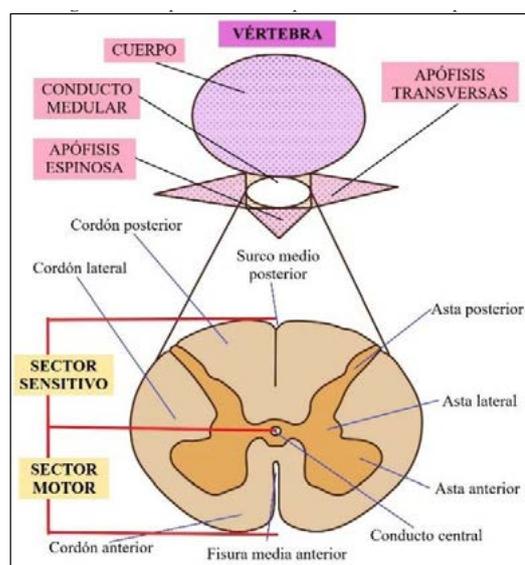


Figura 63. Esquema microscópico de la médula espinal  
Fuente: Autor

Esta sustancia se va a encontrar en forma de H con las astas grises anteriores unidas por una comisura gris delgada que va a contener el conducto central del epéndimo, llenos de líquido cefalorraquídeo.

### Cordones grises anteriores: grupo de células nerviosas

Se encuentran ubicadas en las columnas grises anteriores VIII-IX, donde abarca a dos clasificaciones neuronales motoras que inervan el músculo esquelético (1).

**1. Neuronas motoras alfa:** se consideran células nerviosas de mayor tamaño, son multipolares y se caracterizan por inervar a los músculos esqueléticos.

**2. Neuronas motoras gamma:** son células nerviosas de un tamaño inferior, se consideran multipolares y se caracterizan por inervar las fibras musculares intrafusales (de los husos neuromusculares).

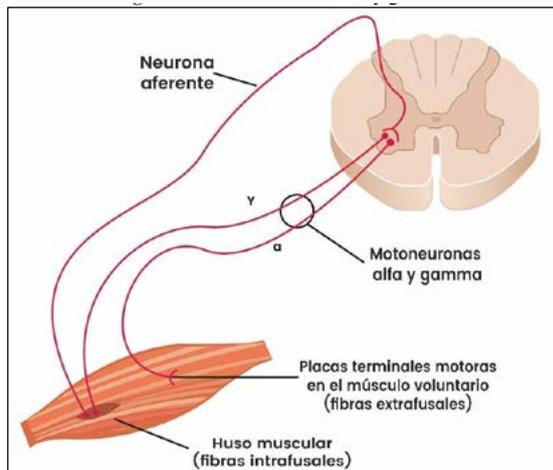


Figura 64. Motoneuronas alfa y gamma  
Fuente: Autor

Las células nerviosas de la columna gris anterior se dividen en tres grupos:

#### • Grupo medial:

**Origen:** presente en la mayor parte del segmento de la médula espinal.

**Función:** Inervan a los músculos esqueléticos del cuello y del tronco, lo más destacados son los músculos intercostales y abdominales.

#### • Grupo central:

Es el segmento más pequeño de la médula espinal y se encuentra presente en algunos segmentos cervicales y lumbosacros.

**Núcleo frénico:**

**Origen:** porción cervical de C3-C5.

**Función:** Inervan al diafragma (1).

**Núcleo accesorio:**

**Origen:** Se encuentra en C5-C6 superiores.

**Función:** Inervan a los músculos esternocleidomastoideo y trapecio.

**Núcleo lumbosacro:**

**Origen:** segmento lumbar al primer sacro.

Posee una distribución y función desconocida.

#### • Grupo lateral:

**Origen:** Presente en los segmentos cervicales y lumbosacro de la médula.

**Función:** Inerva a los músculos esqueléticos de las extremidades.

#### Cordones grises posteriores: grupo de células nerviosas

Contiene cuerpos celulares y axones sensitivos aferentes. El grupo de células nerviosas se conforman en cuatro grupos, dos grupos se extienden en toda la longitud de la médula espinal y los otros dos restantes se encuentran limitados

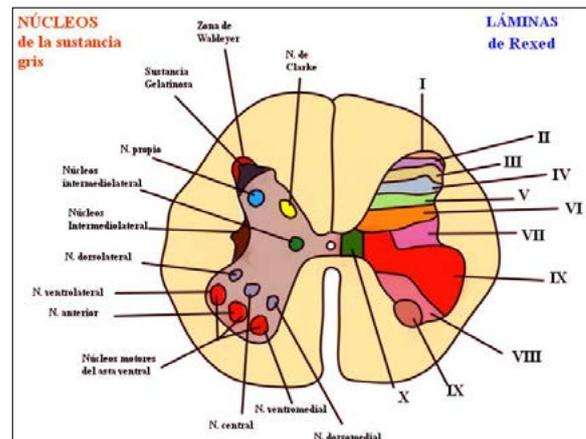


Figura 65. Núcleos de la sustancia gris y las Láminas de Rexed  
Fuente: Autor

en los segmentos dorsales y lumbar.

#### Láminas de Rexed

Las láminas Rexed comprenden un sistema de diez capas de materia gris (I-X), identificadas a principios de la década de 1950 por Bror Rexed para etiquetar porciones de las columnas grises de la médula espinal.

## Columna gris posterior: I–VI

### Lámina I:

- **Núcleo marginal de la médula espinal o núcleo posteromarginal**

**Origen:** Se encuentra en la cara más dorsal de la asta dorsal de la médula espinal.

**Función:** Trasferir y receptor información en cuanto al dolor y la temperatura y proveniente del tracto de Lissauer.

### Lámina II:

- **Sustancia gelatinosa de Rolando**

**Origen:** debajo del núcleo posteromarginal.

**Función:** Recibir estímulos exteroceptivos tanto de la temperatura como del dolor.

### Lámina: III y IV:

- **Núcleo propio: se lo considera como un grupo grande células nerviosas.**

**Origen:** Es más ventral a la sustancia gelatinosa.

**Función:** Recibe estímulos exteroceptivos.

### Lámina V:

- **Cuello del cuerno dorsal o núcleo dorsal de Stilling o Columna de Clarke: también denominado como núcleo dorsal o torácico.**

**Origen:** En la porción medial del cuerno posterior desde el segmento C8 hasta L3 o L4.

**Función:** estímulos propioceptivos provenientes de los husos musculares y tendinosos.

### Lámina: VI

- **Base del asta dorsal o núcleo aferente visceral: el grupo de células nerviosas es de tamaño medio.**

**Origen:** Lateral al núcleo torácico. Presente del segmento torácico hasta el segmento L3.

**Función:** Recepción de información visceral aferente que llega a través de las raíces posteriores.

Columna gris lateral: VII y X

## Lámina VII

Posee tres sectores:

- **Porción medial:** núcleo torácico posterior (segundas neuronas del tracto espino-cerebeloso posterior).
- **Zona intermedia:** núcleo intermedial, compuesto de motoneuronas de Renshaw
- **Zona lateral:** núcleo intermediolateral, origen de las fibras preganglionares simpáticas que salen de la médula por la raíz anterior y llegan a los ganglios simpáticos por los ramos comunicantes blancos.

**Lámina X:** un área de materia gris que rodea el canal central.

## Columna gris anterior: VIII–IX

**Lámina VIII:** Interneuronas ubicadas de dos maneras:

- **En la base de la asta anterior,** en los engrosamientos de la médula espinal.
- **Por toda la base de la asta anterior,** en otros niveles.

Los tractos reticuloespinal bulbar y protuberancial, el tectoespinal, y el vestibuloespinal, hacen sinapsis en la lámina X.

### Lámina IX:

Está conformado por grupos de neuronas motoras que forman islotes en la lámina VII y VIII.

- Las motoneuronas alfa: cumplen la función de ser neuronas motoras inferiores de la vía piramidal.
- Las motoneuronas gamma, inervan a las fibras intrafusales de los músculos estriados. También se encargan de mantener el tono muscular.

## Sustancia Blanca

Consiste en una mezcla de fibras nerviosas, neuroglías y vasos sanguíneos; se encuentra rodeando a la sustancia gris. Su coloración blanquecina nacarada se debe a la elevada proporción de fi-

bras nerviosas miélicas (4). Para el estudio correcto de la sustancia blanca, se la ha dividido en Tractos, Columnas o cordones:

- Tractos Anteriores
- Tractos Laterales
- Tractos Posteriores

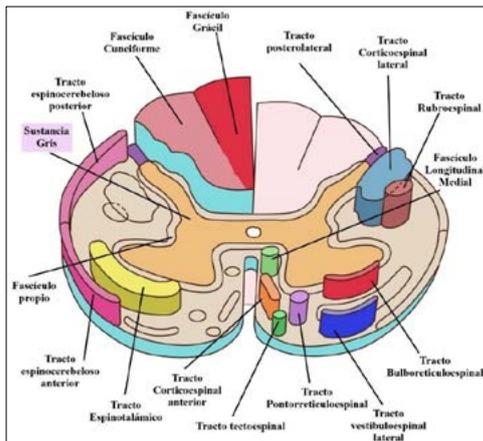


Figura 66. Distribución de los haces medulares en un corte transversal de la médula espinal  
Fuente: Autor

**Tracto anterior:** Tiene una forma triangular, con una base anterior hacia la superficie medular; su borde medial corresponde al surco mediano ventral; el borde lateral está limitado por el lado interno de la asta anterior y la emergencia de las raíces raquídeas ventrales y el vértice es redondeado y amplio: se limita con la comisura gris (3).

**Tracto lateral:** Su forma asimila a un segmento de círculo, cuya superficie exterior, está comprendida entre las raíces raquídeas ventrales y dorsales del mismo lado.

**Tracto posterior:** Tiene la forma de un triángulo truncado, con su base dorsal correspondiendo a la superficie medular; el vértice contacta con la comisura gris; su costado medial es recto y se adhiere al tabique medio posterior, su costado lateral limita con el cordón medial de la asta posterior (3).

### Tractos ascendentes

Al ingresar las fibras a la médula espinal, inmediatamente se clasifican y separan en fascículos o haces nerviosos de la sustancia blanca (1).

Los haces que se dirigen de la médula espinal hacia el cerebro, cerebelo y demás estructuras son los haces ascendentes o mejor conocido como las vías ascendentes, la información que transmiten los tractos ascendentes se puede clasificar en:

- **Información exteroceptiva**, que se origina fuera del cuerpo, como el dolor, la temperatura y el tacto.
- **Información propioceptiva**, que se origina en el interior del cuerpo, por ejemplo: en los músculos y las articulaciones (1).

### Tracto Espinotalámico Lateral – Sensibilidad Exteroceptiva Termoalgésica

Los receptores del dolor y la temperatura presentes en la piel y otros tejidos son los siguientes (2).

- Nociceptor, para el dolor.
- Corpúsculo de Krause, para la temperatura fría.
- Corpúsculo de Ruffini, para la temperatura calor.

**Función:** Conduce información Termoalgésica (dolor y temperatura) al tálamo y posteriormente a la corteza cerebral. Los impulsos dolorosos y de temperatura son transmitidos hacia la médula espinal en dos tipos de fibras:

- **Fibras de tipo A:** Las fibras de conducción rápida, alertan al individuo ante un dolor agudo inicial.
- **Fibras de tipo C:** Las fibras de conducción lenta, son responsables del dolor quemante prolongado (2).

### Recepción del dolor

Se puede definir el dolor como la sensación que tiene alguien al tener una herida y es como una alerta para que se trate o evite. El dolor puede dividirse en dolor rápido y dolor lento.

### Dolor rápido

Se experimenta 0,1s aprox. después de aplicar el estímulo doloroso.

- Es un dolor punzante, un dolor agudo o pinchazos.
- Dolor casi limitado a la piel.
- Es provocado por estímulos mecánico o térmico.
- Viaja en los nervios periféricos en los axones A con velocidades de 6 a 30 m/s.
- Un ejemplo es el dolor después de pincharse un dedo de la mano con una aguja.

### Dolor lento

- Se percibe 1 seg. más después de la estimulación.
- Es un dolor quemante sordo o pulsátil.
- Se produce cuando hay daño y/o destrucción tisular.
- Este dolor puede presentarse en cualquier tejido del cuerpo.
- Provocado por estímulo térmico, mecánico o químico.
- El dolor lento viaja en las fibras C a velocidades de 0.5 a 2 m/s.
- Un ejemplo es el desarrollo de un absceso o en artritis reumatoide.

### Recorrido de las fibras del tracto espinotalámico lateral

Estación de las neuronas: Existen 3 principales estaciones donde se realizan la sinapsis necesaria para el transporte del estímulo:

1. Neurona primer orden: Ganglio sensitivo de la raíz posterior.
2. Neurona segundo orden: Sustancia gelatinosa de Rolando.
3. Neurona tercer orden: Núcleo ventral posterolateral del tálamo.

Las fibras nerviosas originadas de las terminaciones nerviosas libres se dirigen a la primera estación al ganglio de la raíz posterior y de allí ingresan a la médula espinal específicamente a la

asta gris posterior, una vez ingresadas las fibras a la médula espinal, se van a distribuir fibras ascendentes, descendentes y en el mismo lugar de donde se originan formando el Tracto Dorsolateral o fascículo de Lissauer.

Las fibras nerviosas de las neuronas de primer orden atraviesan el fascículo de Lissauer y harán sinapsis con las fibras de la neurona de segundo orden en la sustancia gelatinosa de Rolando, posterior a la segunda sinapsis mencionada las fibras se decusan, es decir, cruzan la línea media y van ascender por el cordón blanco lateral contralateral como tracto espinotalámico lateral, las fibras en su ascenso por la médula oblongada, se acompaña de los tractos espinotalámicos anteriores y del tracto espinotectal: en conjunto forman el Lemnisco Espinal. Las fibras continúan su ascenso por la protuberancia - mesencéfalo y llegando al núcleo ventral posterolateral del tálamo óptico se realiza la tercera sinapsis, de allí las fibras de la tercera neurona ascienden, atraviesan la cápsula interna y corona radiada para llegar a la corteza cerebral en el área somatoestésica 3,2,1 de Brodman.

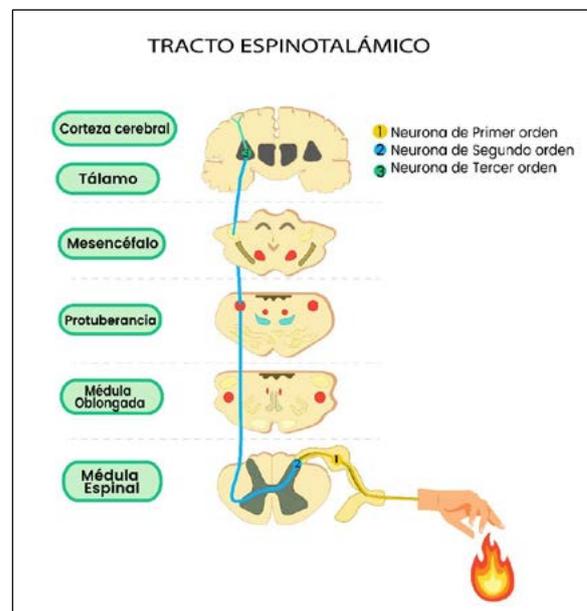


Figura 67. Tracto Espinotalámico Lateral  
Fuente: Autor

### Teoría de la compuerta

Actualmente existen diversas técnicas que modulan el dolor, tales como los masajes, sesiones de acupuntura china y demás son conocidas por lograr calmar o apaciguar el dolor, pues bien, la respuesta a esa sensación que en algún momento la mayoría de personas han sentido es la teoría de la compuerta.

En el lugar donde entra la fibra de dolor al SNC se puede inhibir mediante interneuronas excitadas que transmiten información del tacto y la presión no dolorosos. Además, el masaje es una estimulación que cierra la compuerta al dolor. Sin embargo, una vez que cesa la estimulación táctil no dolorosa «la compuerta se abre» y la información sobre los estímulos dolorosos asciende por el haz espinotalámico lateral.

Además de la segura intervención del sistema de analgesia con liberación de neurotransmisores inhibidores de la sustancia P (1).

### Sistema de analgesia

Si se estimulan áreas como el área periventricular del diencéfalo, núcleos del tallo cerebral y la sustancia gris del mesencéfalo; se logrará reducir e incluso bloquear la sensación de dolor. Es por eso que el sistema de analgesia es capaz de eliminar las sensaciones de dolor agudo y punzante.

Actualmente se han aislado encefalinas y endorfinas, mismas que son sustancias que actúan de forma similar a la morfina. Estas sustancias actúan como neurotransmisores y pueden inhibir la liberación de sustancia P en el cordón gris posterior (1).

### Tracto Espinotalámico Anterior – Sensibilidad Exteroceptiva Táctil

Los receptores del tracto espinotalámico anterior, son:

- Discos de Merkel - Corpúsculos de Meissner - Folículos pilosos
- Corpúsculos de Vater - Paccini

**Función:** El tracto espinotalámico anterior se encarguen transmitir información exteroceptiva del tacto protopático (leve) y la presión.

Recorrido de las fibras del tracto espinotalámico anterior. Estación de las neuronas.

1. Neurona primer orden: Ganglio sensitivo de la raíz posterior.
2. Neurona segundo orden: Sustancia gelatinosa de Rolando.
3. Neurona tercer orden: Núcleo ventral posterolateral del tálamo.

En cuanto al trayecto, salen fibras nerviosas desde el ganglio de la raíz posterior y se dirigen a la médula espinal, en específico al asta gris dorsal, para luego pasar por el fascículo de Lissauer y hacer la segunda sinapsis con las fibras nerviosas de la neurona ubica en la sustancia gelatinosa de Rolando, de allí las fibras de segundo orden se decusan o cruzan la línea media y ascienden por el cordón blanco anterior formando el Tracto espinotalámico anterior, en su ascenso las fibras se acompañan de las fibras de los tractos espinotalámico lateral y espinotectal formando el Lemnisco Espinal.

Las fibras de la segunda neurona continúan su ascenso por la protuberancia y mesencéfalo y a nivel del tálamo específicamente el núcleo ventral posterolateral del mismo realiza la tercera sinapsis, las fibras de la tercera neurona ascienden la cápsula interna, corona radiada y se distribuyen en la corteza cerebral específicamente en el área somestésica en la circunvolución postcentral de la corteza cerebral.

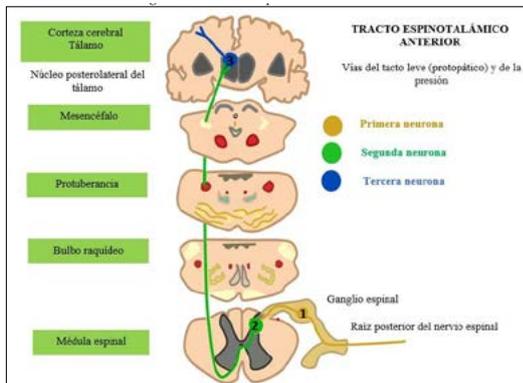


Figura 68. Tracto espinotalámico anterior  
Fuente: Autor

### Cordón Blanco Posterior – Lemnisco Medial – Sensibilidad propioceptiva consciente Fascículo Gracilis (de Goll) y Cuneiforme (de Burdach)

Los receptores del cordón blanco posterior son:

- Corpúsculos de Meissner
- Husos neuromusculares
- Husos neurotendinosos

**Función:** transmisión del tacto epicrítico y propiocepción consciente. Recorridos de las fibras del cordón blanco posterior.

Estación de las neuronas.

1. Neurona de primer orden: Ganglio sensitivo de la raíz posterior.
2. Neurona de segundo orden: Núcleos gracilis y cuneiforme respectivamente.
3. Neurona de tercer orden: Núcleo ventral posterolateral del tálamo.

Las fibras nerviosas provenientes de los receptores, se dirigen a su primera parada en el ganglio sensitivo de la raíz posterior, de allí ingresan a la médula espinal y pasan directamente al cordón blanco posterior del mismo lado, de aquí las fibras se dividen en los ramos descendentes cortos (para el reflejo intersegmentario) y ascendentes largos, que corren hacia arriba en el cordón blanco posterior como el fascículo gracilis (fibras ascendentes largas de los nervios espinales sacros,

lumbares y los seis torácicos inferiores) y el fascículo cuneiforme (fibras ascendentes largas de los nervios cervicales y de los seis nervios torácicos superiores).

Las fibras del fascículo gracilis y el fascículo cuneiforme ascienden homolateralmente y terminan por sinapsis con las fibras de las neuronas de segundo orden ubicadas en el núcleo gracilis y el núcleo cuneiforme respectivamente, mismos núcleos que se encuentran en la médula oblongada y poseen fibras llamadas fibras arcuatas internas las mismas que pasan anterior y medialmente a la sustancia gris del centro para luego decusarse con las fibras del lado opuesto, y esta es llamada la gran "decusación sensitiva". Luego las fibras ascienden como lemnisco medial, a través del bulbo raquídeo, la protuberancia y el mesencéfalo. Las fibras terminan formando su tercera sinapsis con las fibras de la tercera neurona en el núcleo ventral posterolateral del tálamo. De allí las fibras de la tercera neurona ascienden cruzando la cápsula interna y corona radiada para llegar al área somestésica primaria.

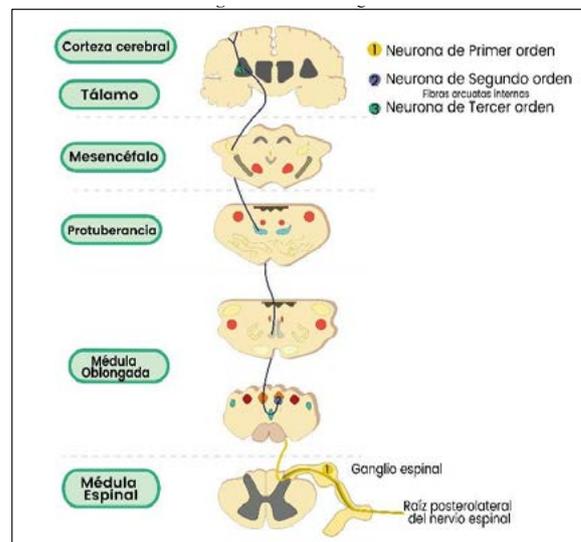


Figura 69. Fascículo grácil  
Fuente: Autor

## Tractos Espinocerebelosos – Sensibilidad propioceptiva inconsciente

### Estación de las neuronas

1. **Neurona de primer orden:** Ganglio sensitivo de la raíz posterior.

2. **Neurona de segundo orden:** Núcleo dorsal de Clarke o núcleo torácico.

Desde este punto, se dirige por 2 vías:

- Tracto espinocerebeloso anterior Cruzado (Fascículos de Gowers).
- Tracto espinocerebeloso posterior Directo (Fascículos de Flechsig).

**Punto de llegada:** Corteza cerebelosa (cerebelo), específicamente en el Paleocerebelo.

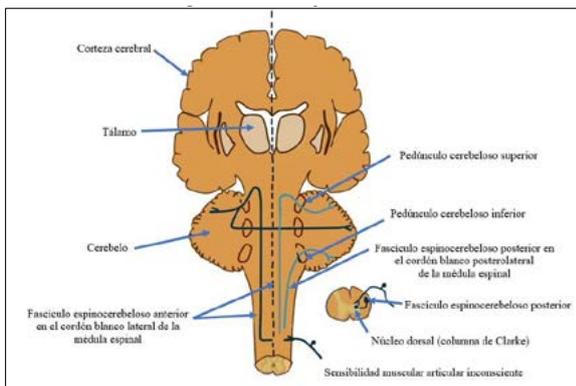


Figura 70. Tracto Espinocerebeloso  
Fuente: Autor

### Tracto Espinocerebeloso Anterior Cruzado (Fascículo de Gowers)

**Función:** propiocepción inconsciente

**Receptor:** Husos neuromusculares y husos neurotendinosos.

Estación de las neuronas.

1. **Neuronas de primer orden:** Ganglio sensitivo de la raíz posterior.

2. **Neuronas de segundo orden:** Núcleo dorsal de Clarke o núcleo torácico.

3. Se decusa al cordón blanco anterior, ascendiendo por el bulbo, protuberancia y mesencéfalo, donde en el borde inferior de este último, se realiza la segunda decusación. Ingresando por el pedúnculo superior al cerebelo para llegar al paleocerebelo.

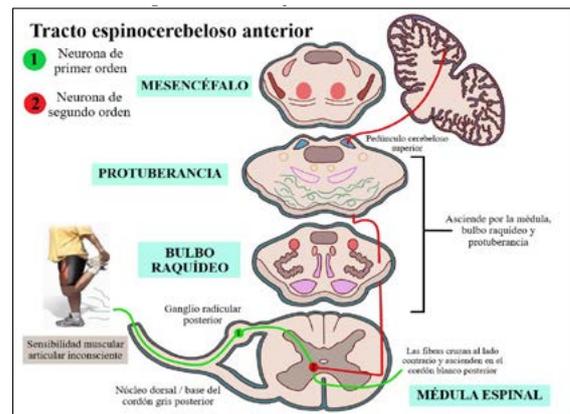


Figura 71. Tracto Espinocerebeloso Anterior  
Fuente: Autor

### Tracto Espinocerebeloso Posterior Directo (Fascículo de Flechsig)

**Función:** propiocepción inconsciente

**Receptor:** Husos neurotendinosos.

Estación de las neuronas.

1. **Neuronas de primer orden:** Ganglio sensitivo de la raíz posterior.

2. **Neuronas de segundo orden:** Columna de Clarke (núcleo dorsal) en la parte interna de la base de la asta gris posterior.

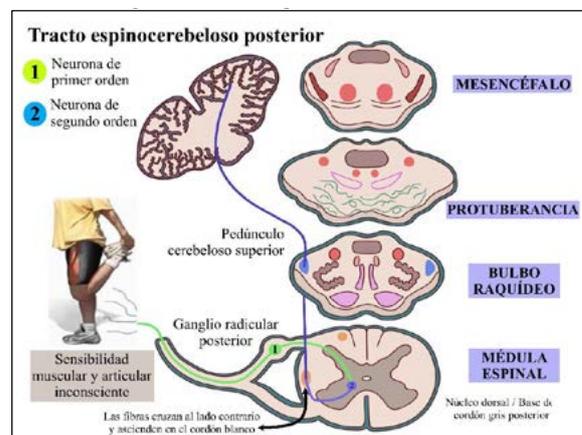


Figura 72. Tracto Espinocerebeloso Posterior  
Fuente: Autor

3. Ascienden como tractos espinocerebelosos posterior hasta llegar al bulbo raquídeo. Ingresando al cerebelo a través del pedúnculo cerebeloso inferior, para poder llegar al paleocerebelo.

### Tracto Espinotectal

**Función:** Movimientos de la cabeza y de los ojos.

#### Estación de las neuronas:

**1. Neuronas de primer orden:** A nivel cervical, axones de las neuronas de primer orden ingresan a la médula espinal por los ganglios espinales radiculares sensitivos. Realizan su primera sinapsis con las neuronas de segundo orden en la sustancia gris.

**2. Neuronas de segundo orden:** ascienden por el cordón lateral opuesto y se dirigen a nivel pontino y bulbar.

**3. Neuronas de tercer orden:** Finalmente se dirigen a las neuronas de tercer orden ubicadas en el tectum del mesencéfalo específicamente en los colículos superiores (1).

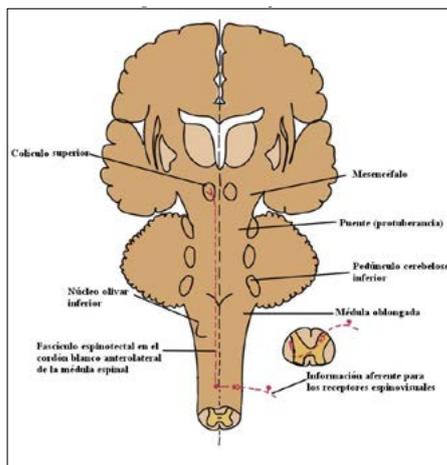


Figura 73. Tracto Espinotectal  
Fuente: Autor

### Tracto Espinorreticular

**Función:** Niveles de conciencia, como:

- Estado de alerta.
- Percepción del dolor.

**Estación de las neuronas:**

**1. Neuronas de primer orden:** Ganglio sensitivo de la raíz posterior.

**2. Neuronas de segundo orden:** ascienden ipsilateralmente por el cordón blanco lateral.

Realizan sinapsis en la formación reticular que involucra a los segmentos del tallo cerebral, como: médula oblongada, puente y mesencéfalo.

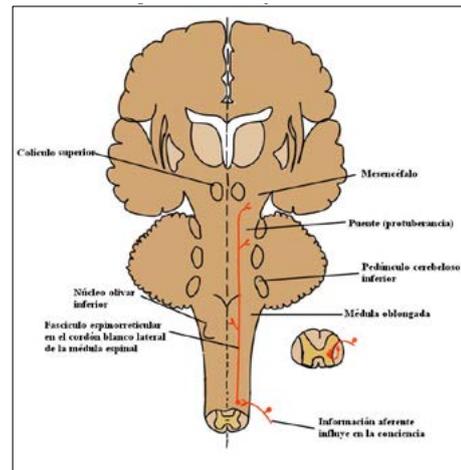


Figura 74. Tracto Espinorreticular  
Fuente: Autor

### Tracto Espinoolivar

**Función:** Conduce información cutánea y propioceptiva al cerebro.

**Estación de las neuronas:**

**1. Neuronas de primer orden:** Ganglio de la raíz sensitiva posterior en la médula espinal.

**2. Neuronas de segundo orden:** asta gris posterior.

**3. Axones se decusan y ascienden como tracto espinoolivar en la sustancia blanca y finalmente sinaptan en Neuronas de tercer orden en los núcleos olivares inferiores en el bulbo raquídeo (1).**

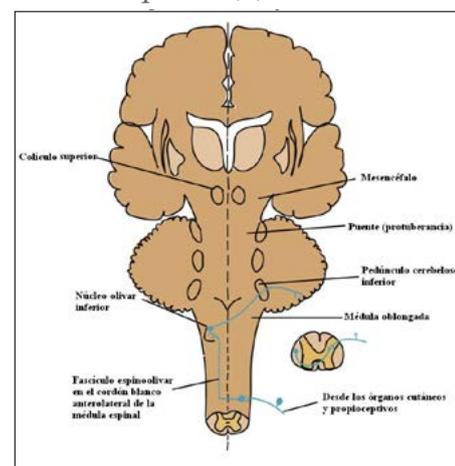


Figura 75. Tracto Espinoolivar  
Fuente: Autor

### Tracto Sensitivo Visceral

**Función:** transmite información acerca del dolor, así como del estiramiento de vísceras.

**Receptores:** están situados en las vísceras del abdomen y del tórax.

**Estación de las neuronas:**

- 1. Neuronas de primer orden:** Sensaciones originadas en los receptores viscerales llegan a la médula espinal a través del ganglio sensitivo de la raíz posterior. Las prolongaciones centrales forman sinapsis con neuronas de segundo orden en la sustancia gris con las astas posteriores.
- 2. Neuronas de segundo orden:** Durante el proceso anterior el tracto sensitivo visceral acompaña a los tractos espinotalámicos ascendentes.
- 3. Neuronas de tercer orden:** Finalmente terminan realizando sinapsis con las neuronas de tercer orden en el núcleo ventroposterolateral del tálamo, concluyendo como punto de llegada la circunvolución postcentral (2).

### Tractos Descendentes de la Médula Espinal – Motores

Los tractos descendentes se componen principalmente de tres neuronas.

- 1. Neuronas de primer orden:** que tiene su cuerpo celular en la corteza cerebral, el axón neuronal desciende para crear sinapsis con la neurona de segundo orden.
- 2. Neuronas de segundo orden:** (neurona inter-nuncial) situada en el cordón gris anterior de la médula espinal, debido a su axón corto forma sinapsis con la neurona de tercer orden (motora).
- 3. Neuronas de tercer orden:** Las motoneuronas se dirigen a través de impulsos nerviosos desde el tronco encefálico y la corteza cerebral hasta las columnas grises anteriores pertenecientes de la médula espinal, se vincula estrictamente con la inervación órganos efectores, como el músculo esquelético o glándulas, confiriéndole la capacidad para realizar funciones motoras. La inervación de dichos órganos se realiza mediante nervios espinales.

#### Funciones de los tractos descendentes

Diversas funciones están estrechamente ligadas con los tractos descendentes o también denomi-

nados tractos efectores, en primer lugar, se encarga contractibilidad de los músculos, es decir del tono muscular, también es esencial para realizar movimientos integrales, reflejos espinales y transmiten impulsos sensitivos a centros superiores (1).

### Vías Piramidales

#### Tractos Corticoespinales

**Función:** Las vías corticoespinales dirigen los impulsos destinados al control de los músculos de los miembros y el tronco.

**Origen:** Se origina como axones de las células piramidales que se encuentran en la quinta capa de la corteza cerebral, también conocida como la capa de las células gigantes de Betz.

Esta vía se encuentra constituida por un tercio de la corteza motora primaria (área 4) y un tercio de la corteza motora secundaria (área 6), estos dos primeros tercios proceden de realizar mediante nervios espinales; y por último está compuesta por un tercio que se origina del bulbo parietal conocida como área sensitiva primaria (área 1, 2 y 3), siendo esta nativa de la circunvolución post-central (5).

Diversas funciones están estrechamente ligadas con los tractos descendentes o también denominados tractos efectores, en primer lugar, se encarga de la contractibilidad de los músculos, es decir del tono muscular, también es esencial para realizar movimientos integrales, reflejos espinales y transmiten impulsos sensitivos a centros superiores (1).

Las fibras convergen en la corona radiada y luego pasan a través de la cápsula interna por su brazo anterior. El fascículo al continuar en su trayecto pasa a través de los tres quintos centrales de la base del pedúnculo mesencefálico, en esta ubicación las fibras relacionadas con las porciones cervicales tienen una posición medial, mientras que las fibras relacionadas con la pierna tienen una posición lateral, y al entrar en el puente, el tracto es separado por las fibras pontocerebelosas transversas en varios haces.

Los haces de axones de los tractos corticoes-pinales en el bulbo raquídeo forman protrusiones ventrales denominadas pirámides. Generalmente el 90% de los axones decusan al lado opuesto del bulbo raquídeo y luego descienden hasta la médula espinal donde hacen sinapsis con la neurona motora inferior.

El 10% que permanece en el lado ipsilateral, es decir, que no ha decusado eventualmente se cruzan a niveles medulares. Por lo tanto, la corteza cerebral derecha controla la mayoría de los músculos del hemicuerpo izquierdo y la corteza cerebral izquierda controla la mayor parte de los músculos del hemicuerpo derecho.

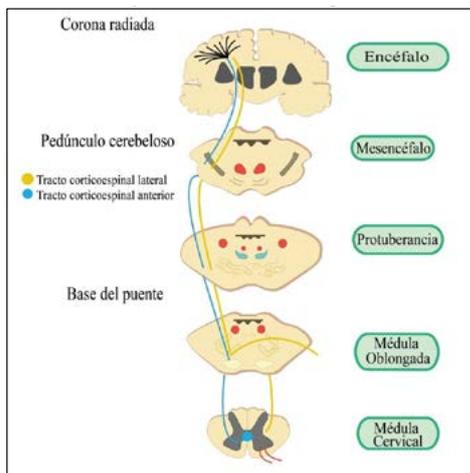


Figura 76. Tracto Corticoespinal  
Fuente: Autor

### Tracto Corticoespinal Lateral

En la médula espinal, los haces anteriormente divididos se agrupan a lo largo del borde anterior formando así una tumefacción (abultamiento) conocida como pirámide, al unirse la médula oblongada y la médula espinal, la mayoría de las fibras cruzan la línea media en la decusación de las pirámides y luego entran en el cordón blanco lateral obteniendo así el tracto corticoespinal lateral, mismo que termina en el cordón gris anterior de los segmentos medulares.

Los axones motores de este tracto salen de la médula por las raíces anteriores de los nervios espinales y finalizan en el músculo esquelético que controlan los miembros distales del cuerpo.

Los músculos distales son responsables de movimientos precisos, ágiles y de alta destreza de las manos y los pies.

### Tracto Corticoespinal Anterior

Estas fibras no cruzan en la decusación y descienden por el cordón blanco anterior de la médula espinal tomando el nombre de tracto corticoespinal anterior, terminan su recorrido en el cordón gris anterior de los segmentos en las regiones cervical y dorsal superior.

### Tracto Corticonuclear

Conocido también como haz geniculado o tracto corticobulbar, este tracto forma parte de la vía piramidal debido a que procede de la corteza cerebral pero no alcanza la médula espinal, sino que a medida que desciende proporciona fibras a los núcleos motores de los nervios craneales (2). La mayoría de los núcleos recibe fibras Corticonucleares bilaterales, es decir que algunas de las fibras se proyectarán de forma directa hacia los núcleos motores con inervación bilateral de los nervios trigémino (V), facial (VII) e Hipogloso (XII).

Hay que destacar que la mayoría de las fibras de este tracto, terminan antes de alcanzar los núcleos de los nervios craneales, es decir terminan a nivel de los núcleos reticulares (2).

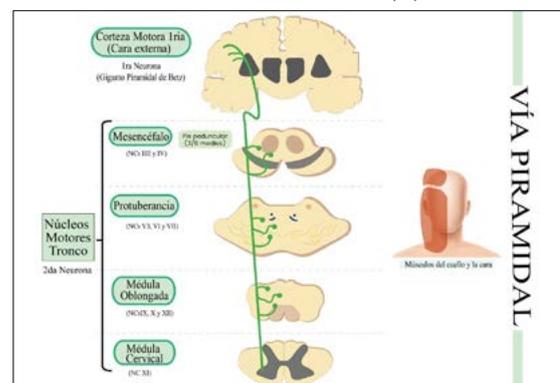


Figura 77. Tracto Corticonuclear  
Fuente: Autor

**Función:** Se dirigen hacia la mayoría de los núcleos de los nervios craneales especialmente los nervios V, VII, XII.

## Vías Extrapiramidales

### Tracto Reticuloespinal

Caracterizado porque las células alfa y gamma pueden ejercer efecto facilitador e inhibitor en los músculos y, por ende, movimiento voluntario o actividad refleja (1). Desde el puente, las neuronas envían axones, generalmente no cruzados, hacia la médula espinal formando así el tracto reticuloespinal pontino. Desde la médula oblongada, neuronas envían axones cruzados y no cruzados a la médula espinal obteniendo el nombre de tracto bulbo reticuloespinal medular. Las fibras del puente descienden por el cordón blanco anterior y los de la médula oblongada descienden por el cordón blanco lateral, ambos penetran en los cordones grises anteriores

**Función:** movimientos voluntarios y la actividad refleja.

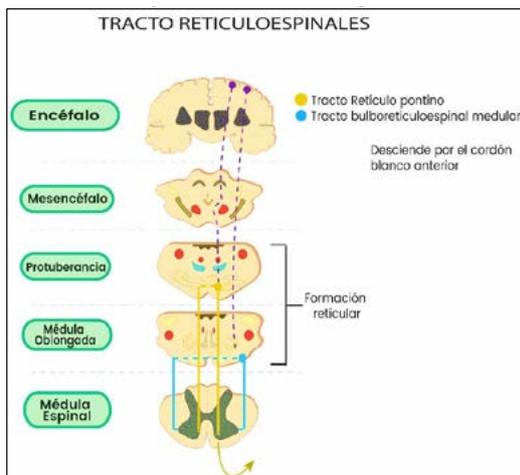


Figura 78. Tracto Reticuloespinal  
Fuente: Autor

### Tracto Tectoespinal

**Función:** Permite responder a través de estímulos visuales, que van a desencadenar movimientos posturales reflejos. Están relacionadas con el reflejo de dilatación pupilar en respuesta a la oscuridad (1) (5).

**Origen:** Sus fibras provienen de las células en el colículo superior del mesencéfalo.

Estas fibras cruzan la línea media después de su origen y luego descienden por el tronco encefálico, a través del cordón blanco anterior de la

médula espinal cerca de la fisura media anterior y las fibras en su mayoría terminan en el cordón gris anterior en los segmentos cervicales superiores.

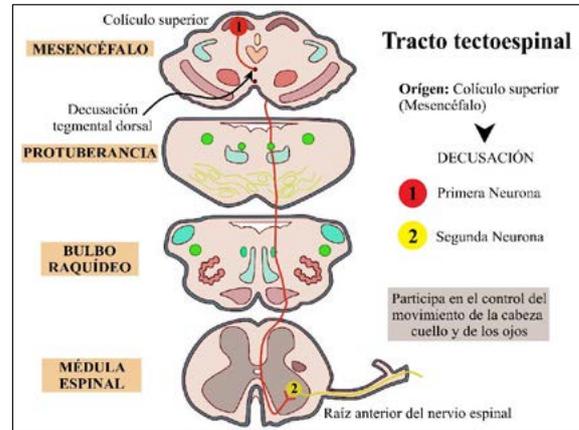


Figura 79. Tracto Tectoespinal  
Fuente: Autor

### Tracto Rubroespinal

**Origen:** En el techo del mesencéfalo al nivel del colículo superior está ubicado el núcleo rojo. Sus axones cruzan la línea media a nivel del núcleo para luego descender como tracto rubroespinal al puente y la médula espinal terminando al hacer sinapsis con las neuronas internunciales del cordón gris anterior de la médula.

**Función:** Este tracto facilita la actividad de los músculos flexores actuando sobre las neuronas

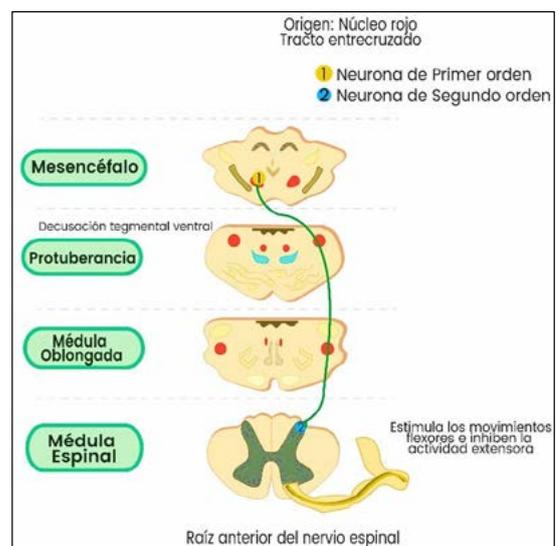


Figura 80. Tracto Rubroespinal  
Fuente: Autor

motoras alfa y gamma en las columnas grises y también inhibe la actividad de los músculos extensores y antigravitatorios.

### Tracto Vestibuloespinal

**Origen:** los núcleos vestibulares están situados en el puente y la médula oblonga por debajo del cuarto ventrículo.

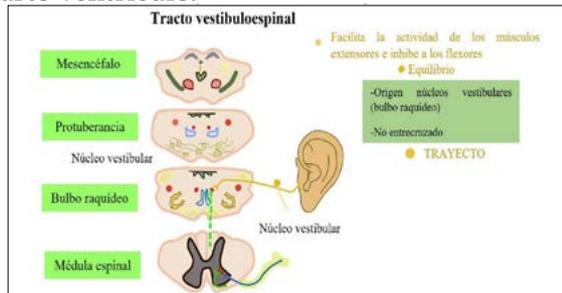


Figura 81. Tracto Vestibuloespinal  
Fuente: Autor

**Función:** estos núcleos reciben fibras aferentes del oído interno por el nervio vestibular y por el cerebelo. Este fascículo desciende sin cruzar la médula oblongada y la médula espinal por el cordón blanco anterior, las fibras terminan haciendo sinapsis con neuronas internunciales ubicadas en el cordón gris anterior de la médula espinal.

### Tracto Olivoespinal

Está constituido por los cuerpos neuronales que se originan en el núcleo olivar inferior y sus fibras se decusan para llegar a la médula espinal en la región cervical, entre el cordón lateral y anterior. Se consideraba que influía en la actividad de las neuronas motoras de la columna gris anterior, pero en la actualidad se duda de su existencia (1).

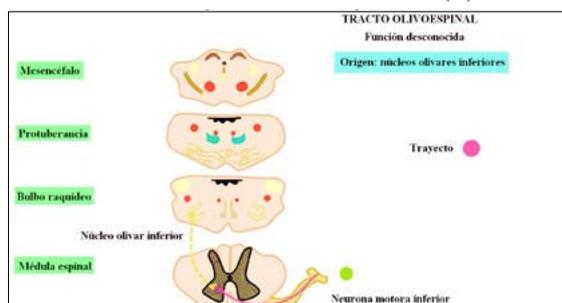


Figura 82. Tracto Olivoespinal  
Fuente: Autor

### Fibras autónomas descendentes

**Función:** Los centros superiores que controlan la actividad autónoma.

**Origen:** Ubicados en la corteza cerebral, el hipotálamo, el complejo amigdalino y la formación reticular. Son el origen de neuronas que darán lugar a fibras autónomas descendentes, estas cruzan la línea media en el tronco encefálico y descienden en la columna lateral blanca. (1) Desde T1 a L2 nacen las fibras nerviosas simpáticas al igual que los nervios raquídeos de esta región. Las fibras parasimpáticas salen a través de los pares craneales III, IV, IX y X (75%); por la región caudal de la médula espinal específicamente de los nervios sacros II y III, en ocasiones del 1 al 4. Existen tractos autónomos descendentes que probablemente pertenezcan al tracto reticuloespinal, esto se ha evidenciado mediante el estudio de las lesiones medulares (1).

### Tractos intersegmentarios

Son fibras que forman tractos ascendentes y descendentes cortos, no precisamente salen de la médula dado que su función es interconectar neuronas de diferentes niveles segmentarios y son de importancia en el reflejo espinal (1). Están formados por neuronas de asociación agrupadas en fascículos de asociación, algunos muy cortos que no abandonan la sustancia gris, mientras que otros reúnen neuronas más alejadas y salen de la sustancia gris. Existen fascículos que unen mielómeros bastante cercanos, se ubican a la periferia de la sustancia gris. Se los denomina fascículos propioespinales y son propios de los cordones: posterior, lateral y anterior de la médula. Los que unen mielómeros alejados se asientan en el cordón posterior de la sustancia blanca y son:

- Fascículos ascendentes: Constituyen el fascículo propio posterior, ubicado en la sustancia blanca, se forma una zona semilunar en la parte posterior de la propia sustancia gris.

- Fascículo descendente: Situados en el cordón posterior, sus nombres varían dependiendo el nivel medular:

- a) Médula cervicotorácica: Fascículo interfascicular [en coma de Schultze].
- b) Médula torácica inferior: F. interfascicular [cintilla periférica de Hoche].
- c) Médula Lumbar: Fascículo septomarginal [centro oval de Flechsig].
- d) Médula sacra: Fascículo septomarginal [de Gombault y Phillippe] (6).

### Arco reflejo

Se refiere a una respuesta involuntaria a un estímulo, la cual depende de la integridad del proceso del arco reflejo. Involucra a un órgano aferente, una neurona sensitiva, una neurona motora y un órgano efector. Si el arco reflejo produce una sinapsis se conoce como monosináptico, este reflejo simple es el reflejo miotático o de estiramiento muscular. En caso de que se interrumpa el arco reflejo en cualquier punto se anula inmediatamente la respuesta (1) (6). Su importancia se basa en la rapidez de respuesta, mantenimiento del tono muscular y postura corporal. También se debe tomar en cuenta la ley de inervación recíproca que se refiere a la imposibilidad de activar dos reflejos de un mismo miembro (flexores y extensores).

El reflejo extensor cruzado afirma que un estímulo de un lado del cuerpo provoca efectos opuestos en el otro lado del cuerpo, por ejemplo, la flexión del brazo derecho y la extensión del brazo izquierdo (1).

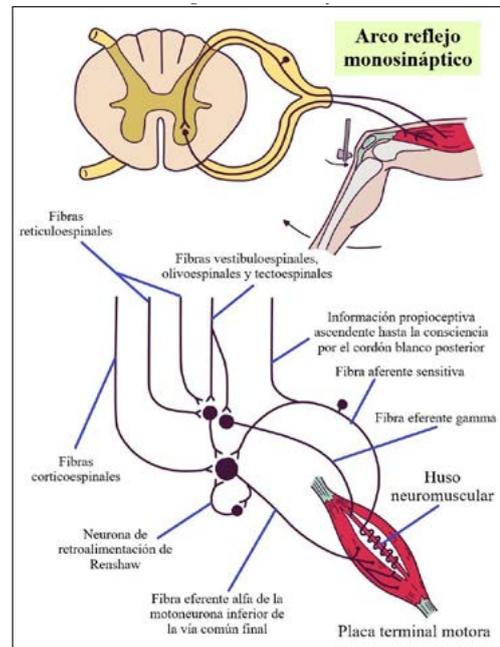


Figura 83. Arco reflejo

Fuente: Autor

### Enfermedades asociadas

#### Lesiones de los Tractos Corticoespinales

Lesiones en los tractos piramidales

Hace referencia a lesiones en las neuronas motoras superiores, y esta presenta diversos síntomas y signos como son:

- Arreflexia cutaneomucosa
- Pérdida de destreza
- Espasticidad
- Hiperreflexia osteotendinosa
- Presencia del signo de Babinski: Posterior a una estimulación de la planta del pie con un objeto romo se produce la dorsiflexión del dedo gordo, haciendo que los dedos se abran en forma de abanico (1).

- Ausencia de los reflejos cutaneoabdominales: Los músculos abdominales no se contraen al raspar la piel del abdomen (1).
- Ausencia de reflejo cremasteriano: Cuando se golpea la piel sobre la cara medial del muslo, el músculo cremáster no se contrae. Este reflejo depende de la integridad de influencia de los tractos corticoespinales sobre las neuronas internunciales (1).

### Lesiones en los Tractos Extrapiramidales

- Parálisis grave con poca o ninguna atrofia muscular (excepto la que surge como consecuencia a la falta de uso)
- Espasticidad o hipertonia de los músculos. El miembro superior se mantiene en flexión.
- Temblores, postura rígida
- Tics

### Lesiones de la Médula Espinal

- Parálisis flácida: La parálisis flácida aguda (PFA) es un trastorno frecuente en Pediatría que se debe fundamentalmente a causas relacionadas con enfermedades neuromusculares de presentación aguda. La misma puede padecerse en uno, dos o cuatro miembros, ya sea de distribución especial o determinada.
- Paraplejía: La paraplejía es la parálisis de los miembros inferiores debida al compromiso de las vías motoras secundaria a una lesión medular en los segmentos toracolumbares (2). En caso de que la lesión sea completa, se verán afectadas las vías autónomas, sensitivas y motoras, y existirá incontinencia urinaria y fecal, así como atrofia muscular y disfunción sexual en hombres (7). Pérdida de la función motora y/o sensitiva en segmentos cervicales de la médula espinal por daño de los elementos neurales dentro del canal espinal origina trastornos de la función en, tronco, piernas y órganos pélvicos (8).
- Cuadriplejía: Pérdida de la función mo-

tora y/o sensitiva en segmentos torácicos, lumbar o sacro de la médula espinal por daño de los elementos neurales dentro del canal espinal origina trastornos de la función de las extremidades, tronco y órganos pélvicos (8).

### Síndromes Medulares

Al hablar de patología medular se puede señalar que esta se manifiesta de dos formas: una congénita también denominada como disrafismo medular y la adquirida. Esta última suele presentarse tras distintos mecanismos que derivan a la lesión tisular. Los más comunes son:

- Isquemia
- Compresión
- Destrucción

Los motivos para sospechar de una lesión medular requieren un atento interrogatorio, pero entre los síntomas cardinales el paciente presenta debilidad o pérdida de la sensibilidad en extremidades paralelo a dicha lesión, mismo que permite descartar otras patologías que puedan dar esta sintomatología como las causadas por daño a nivel encefálico.

Toda lesión que ocurra a nivel de la médula espinal sea traumática o no traumática, ocasiona una incorrecta comunicación de las vías motoras y/o sensitivas, provocando alteraciones tanto motoras, sensitivas e incluso autonómicas.

Para establecer los diagnósticos clínicos con respecto a la lesión medular, es importante tener conocimiento de la distribución anatómica de la médula espinal. Entre los síndromes medulares clínicamente están:

- Síndrome de cordón anterior o de la arteria espinal anterior: Puede ocurrir a causa de una lesión directa de la parte ventral de la médula espinal ya sea por lesiones de la arteria espinal anterior o retropulsión de un fragmento óseo o discal. Su clínica manifiesta afectación de la sensibilidad, con preservación de los cordones posteriores y parálisis.

- Síndrome central de Schneider o centro medular: Es un tipo de lesión incompleta de la médula, producido posterior a un traumatismo en el mayor número de casos o también puede deberse a causas iatrogénicas. Se observa mayormente a nivel cervical y tiene como peculiaridad el presentar debilidad desproporcionada con mayor compromiso a nivel de miembros superiores en relación con los miembros inferiores.
- Síndrome de Brown-Sequard o de hemisección medular: Ocasionada principalmente por traumatismos o diversas neoplasias medulares. Cursa con pérdida de sensibilidad profunda ipsilateral a la lesión, parálisis y afectación de la sensibilidad termoalgésica.
- Síndrome de cordones posteriores: Se observa en la tabes dorsal (neurosífilis). Afecta la parte posterior ipsilateral de la médula por donde discurren las vías de la sensibilidad profunda (propiocepción y vibratoria), originando de esta manera alteraciones del equilibrio, movimientos descoordinados por debajo de la lesión. El daño se debe a la desmielinización de los ganglios raquídeos, cordones posteriores de la columna dorsal, y raíces dorsales que ocasiona entre sus manifestaciones clínicas parestesias, ataxia, trastornos vesicales, impotencia, incontinencia fecal, pérdida del sentido de la posición y de la sensibilidad vibratoria, pérdida de la sensibilidad dolorosa profunda y térmica y ausencia del reflejo rotuliano y aquileo.
- Síndrome de cola de caballo: Se da a causa de una lesión de las raíces lumbosacras ubicadas en el interior del canal medular originando alteraciones a nivel del intestino, vejiga, así como hiperreflexia en miembros inferiores.
- Síndrome motor combinado (Esclerosis lateral amiotrófica): El rasgo patológico característico de la esclerosis lateral amiotrófica es la afectación combinada de la

vía piramidal y de la segunda motoneurona. En la actualidad se sabe que existe una degeneración que va más allá de la vía corticoespinal y la motoneurona alfa: tracto reticuloespinal, rubroespinal, vestibuloespinal, interneuronas de Renshaw, la vía propioceptiva y las motoneuronas beta y gamma. La compleja relación entre la degeneración del sistema piramidal, la motoneurona inferior y demás vías, es la responsable de los distintos signos que se presentan con frecuencia variable y evolución propia.

### Caso clínico

Paciente de 49 años, sexo masculino. Es traído al hospital luego de recibir una agresión por la espalda durante la cual presenta un traumatismo encéfalo craneano con amnesia del episodio. En cuanto recupera la conciencia, es notorio el déficit motor del hemicuerpo izquierdo. Al ingreso se constata que el paciente está lúcido, Score de Glasgow (GCS) 14/15. P. En lo neurológico se destaca un síndrome de Brown-Séquard (SBS) dado por una hemiplejía izquierda con signo de Babinski, disminución de la sensibilidad termoalgésica en hemicuerpo derecho con nivel sensitivo a la altura de C5, así como apalestesia en el hemicuerpo izquierdo. No presentaba compromiso esfinteriano. Los hallazgos clínicos se vinculaban con un síndrome de Claude Bernard Horner a izquierda. En cuanto a la valoración paraclínica se realizó una tomografía axial computarizada de cráneo que mostró escaso neumoencéfalo sin otras lesiones, también una imagen resonancia magnética de raquis cervical demostró una alteración en la señal del cuerpo vertebral C6 sector posterior, pero sin cambios en la señal medular. Es de esta manera que al no observarse lesiones hemorrágicas ni fragmentos óseos comprimiendo la médula la evolución del paciente fue favorable, persistiendo una hemiparesia izquierda leve que, a los 6 meses del episodio le permite deambular.

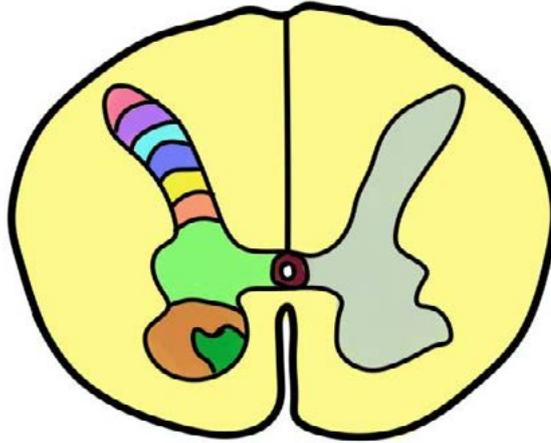
## Glosario

- **Áreas somestésicas:** La primaria es la 1, que recibe información de la sensibilidad general (táctil, de presión y dolorosa), la cual previamente ha hecho escala en la médula espinal y el tálamo. A cada territorio corporal le corresponde una zona concreta en la zona 1.
- **Bulbo raquídeo:** Estructura neuroanatómica también conocida como médula oblongada; constituye el más bajo de los tres segmentos del tronco del encéfalo.
- **Corpúsculo de Krause:** Receptores sensoriales situados en la piel, perciben los cambios de temperatura relacionados con el frío.
- **Corpúsculo de Ruffini:** Situados en la piel, perciben los cambios de temperatura relacionados con el calor y registran su estiramiento.
- **Decusación:** Cruce de fibras de un lado a otro en la línea media. La mayoría de las fibras del sistema nervioso central se decusa.
- **Formación reticular:** Red difusa de neuronas que se encuentra entre el tronco del encéfalo y el diencefalo, concretamente el tálamo.
- **Hipertonía:** Hiperactividad muscular que se produce cuando la comunicación entre el cerebro y la médula espinal se ve afectada por lesiones o enfermedades.
- **Hiperreflexia:** Reacción anormal y exagerada del sistema nervioso involuntario (autónomo) a la estimulación.
- **Lemnisco espinal:** Contiene las fibras nerviosas para el tronco y miembros (tracto bulbo talámico, tracto espinotalámico y tracto espinotectal).
- **Nociceptor:** Responden a estímulos nocivos, generalmente de dolor.
- **Núcleo rojo:** estructura nerviosa situada en la parte rostral (superior) del mesencéfalo y está en relación con la coordinación motriz.
- **Reflejo miotático:** Se produce ante el estiramiento de un músculo esquelético y tiene lugar cuando se golpea suavemente con el martillo de reflejos a ciertas zonas como los tendones de un músculo haciendo que el mismo se contraiga.

## Actividades

1. Coloque en los espacios en blanco el nombre de cada estructura de la médula espinal

}



Nombre de la Lámina	Función	En que tracto trabaja
[Color azul]		
[Color rojo]		
[Color morado]		
[Color púrpura]		
[Color amarillo]		
[Color azul]		
[Color naranja]		
[Color amarillo]		
[Color verde]		

2. Describir el concepto de sistema de analgesia y teoría de la compuerta.

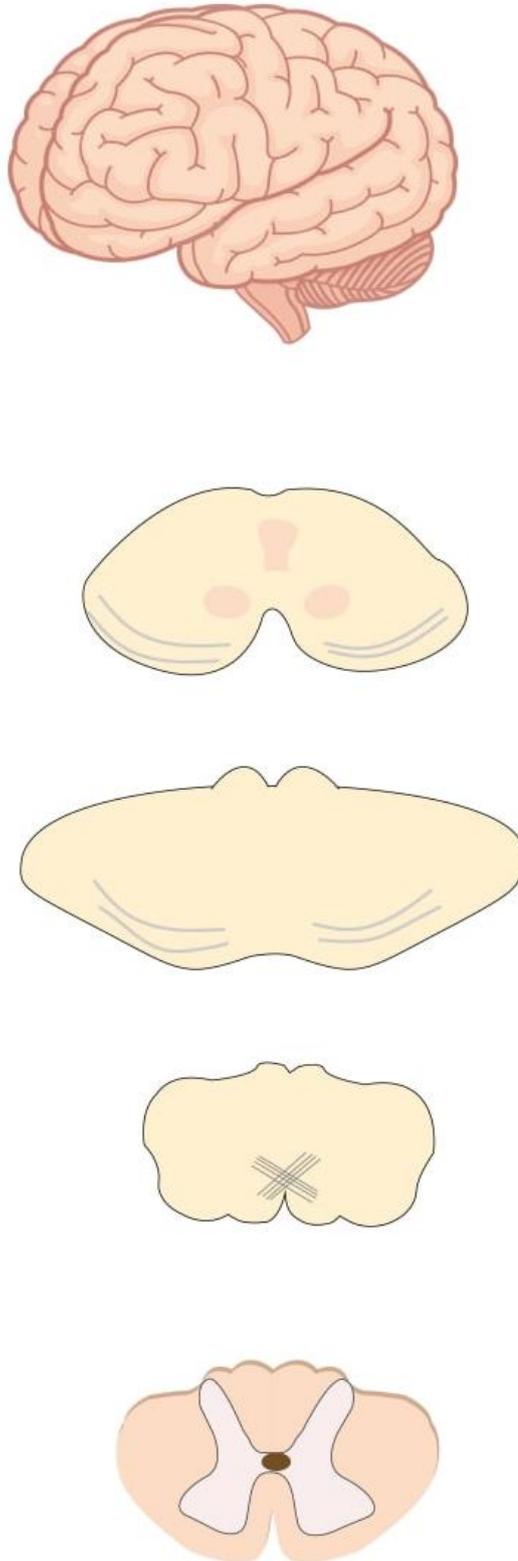
Sistema de Analgesia	Teoría de la Compuerta

3. Esquematizar las diferencias entre el dolor rápido y lento.

4. Completar los datos de la siguiente matriz con los conocimientos obtenidos acerca de los tractos ascendentes.

<b>Nombre</b>	<b>Origen</b>	<b>Lugar de cruce</b>	<b>Destino</b>	<b>Función</b>
---------------	---------------	-----------------------	----------------	----------------

5. Trazar el trayecto perteneciente a los tractos corticonuclear, corticoespinal lateral y anterior, ubicando el nombre de las estructuras por las que se encuentran e indicando estructura de origen y de llegada del tracto según lo comprendido en el texto.



6. Indicar el origen, el trayecto y la función de los siguientes tractos.

<b>Tracto</b>	<b>Origen</b>	<b>Trayecto</b>	<b>Función</b>
<b>Retículoespinal</b>			
<b>Tectoespinal</b>			
<b>Rubroespinal</b>			
<b>Vestíbuloespinal</b>			

7. Escribir una breve definición sobre el ARCO REFLEJO y añadir 3 ejemplos de la vida cotidiana.

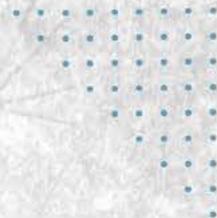
Definición:

Ejemplos:

- 1.
- 2.

## Referencias Bibliográficas

1. Sadler TW, Langman. Embriología Médica. 14a ed. Filadelfia, Pensilvania: Wolters Kluwer; 2019; p.495-512.
2. Splittgerber R, Snell. Neuroanatomía clínica. 8va ed. Barcelona, España: Lippincott Williams & Wilkins; 2019; p.131-175.
3. Martínez E, Padrón R. Morfología del sistema nervioso: Parte 1: médula espinal y encéfalo. Barranquilla, Colombia: Universidad del Norte; 2023; p.1-7.
4. Waxman Stephen G. Neuroanatomía Clínica. 29va ed. México: McGraw-Hill; 2020; p.43-196.
5. Gamal-Eltrabily M, Martínez-Lorenzana G, González-Hernández A, Condés-Lara M. Cortical modulation of nociception. Neuroscience [Internet]. 2021[citado el 6 de octubre de 2023]; 458:256–70. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroscience.2021.01.001>
6. Wen S, Muñoz J, Mancilla M, Bornhardt T, Riveros A, Iturriaga V. Mecanismos de Modulación Central del Dolor: Revisión de la Literatura. Int J Morphol [Internet]. 2020 [citado el 6 de octubre de 2023];38(6):1803–9. Disponible en: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-95022020000601803](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022020000601803)
7. Latarjet, Ruiz Liard A. Anatomía Humana con Orientación Clínica. 5th ed. Buenos Aires: Editorial medica panamericana; 2019.
8. Treatment of the pelvic floor in males with incomplete spinal cord injury: a systematic review. An Sist Sanit Navar [Internet]. 2020[citado el 6 de octubre de 2023];43(3):381–92. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.23938/assn.0868>



# CAPÍTULO 4

## TRONCO ENCEFÁLICO





## TRONCO ENCEFÁLICO (TALLO CEREBRAL)

El tronco encefálico es una estructura muy importante en el estudio del sistema nervioso central, se ubica en la fosa posterior del cráneo. Anatómicamente conecta la médula espinal con el prosencéfalo o cerebro anterior.

Macroscópicamente, se encuentran conformado por:

- Bulbo raquídeo (Medula Oblongada)
- Protuberancia anular (Puente de Varolio)
- Mesencéfalo (Cerebro Medio)

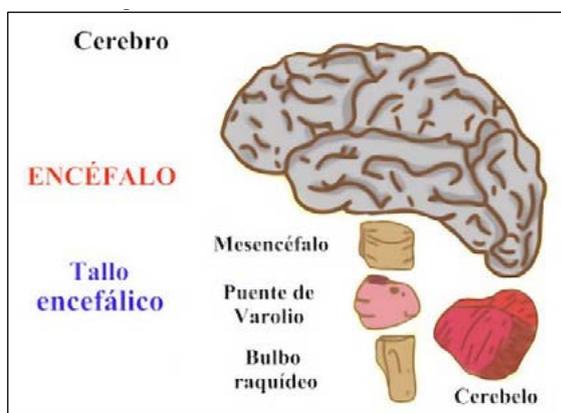


Figura 84. Ubicación de tronco encefálico  
Fuente: Autor

Microscópicamente, se realizan 8 cortes transversales donde se observan diferentes estructuras nerviosas ubicadas en el tronco encefálico y tienen diferentes funciones a cada nivel según su ubicación.

El tallo encefálico contiene una gran cantidad de tractos tanto ascendentes como descendentes. Gran parte de estas fibras pasan a lo largo de su extensión, con origen en la médula espinal o el hemisferio cerebral; otros tienen su origen o terminación dentro de los núcleos presentes en el tallo cerebral. Muchos de estos núcleos reciben fibras de los nervios craneales o envían fibras a los nervios (III – XII) que se unen a la superficie del tronco encefálico (1).

El tronco encefálico posee múltiples funciones de gran importancia (2) (1):

1. Sirve como vía de paso para los tractos ascendentes y descendentes que conectan la médula espinal con diferentes partes de los centros superiores en el prosencéfalo.
2. Posee centros reflejos vinculados con el control de la respiración, sistema cardiovascular y digestivo.
3. Contiene la formación reticular S.A.R.A. asociado con el control de la conciencia sistema on - off (vigilia - sueño) - ritmo circadiano - reloj biológico.
4. Contiene los núcleos de origen de los nervios craneales III a XII (2) (3).

El objetivo general del capítulo es aprender sobre las estructuras que se encuentran a nivel de cada corte del tronco encefálico y su funcionalidad. Así mismo, los objetivos específicos son reconocer los diferentes cortes realizados tanto en el bulbo raquídeo, protuberancia anular y mesencéfalo e identificar las estructuras que se encuentran en las diferentes caras del tronco encefálico.

Tabla 8. Embriología del Encéfalo

Vesículas primarias	Vesículas secundarias	Derivados	Ventrículos	Comunicaciones
Prosencéfalo	Telencéfalo	Hemisferios cerebrales, caudado, putamen, amígdalo, claustró, lámina terminal, bulbos olfativos, hipocampo.	Ventrículos laterales	Agujero de Monro
	Diencéfalo	Epitálamo, subtálamo, tálamo, hipotálamo, cuerpos mamilares, neurohipófisis, glándula pineal, globo pálido, retina, iris, cuerpo ciliar, nervio óptico, cintilla óptica	Tercer ventrículo	
Mesencéfalo	Mesencéfalo	Colículos anteriores y posteriores		Acueducto de Silvio
Rombencéfalo	Metencéfalo	Protuberancia anular o puente de Varolio, cerebelo	Cuarto ventrículo	
	Mielencéfalo	Bulbo raquídeo o médula oblongada		

## Morfología externa del tronco encefálico

### 1. Cara dorsal del tronco encefálico

En la cara dorsal del tronco encefálico se pueden observar:

- Cordones posteriores
- Suelo del cuarto ventrículo
- Colículos superiores e inferiores

La cara dorsal del bulbo raquídeo y el puente constituyen el suelo del cuarto ventrículo. Las aberturas laterales y mediales del cuarto ventrículo permiten el traspaso del líquido cefalorraquídeo hacia la superficie interior del espacio subaracnoideo y el acueducto de Silvio pasa a lo largo del mesencéfalo justo por debajo de los colículos (1).

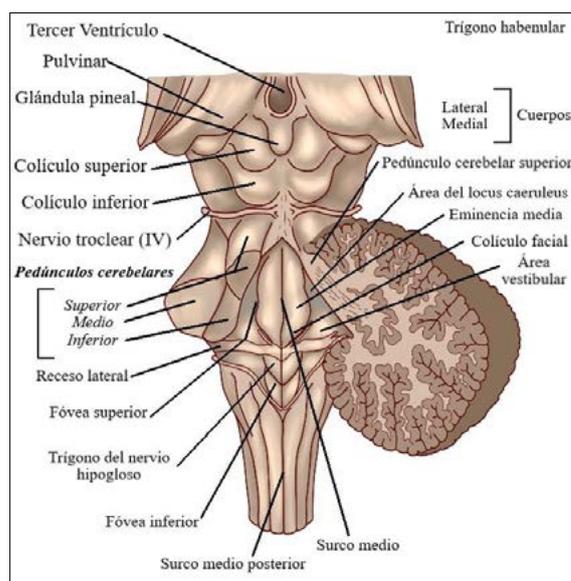


Figura 85. Cara posterior del tronco encefálico  
Fuente: Autor

## 2. Cara ventral del tronco encefálico

En la cara ventral del tronco encefálico se puede observar:

- Pirámides bulbares
- Las fibras transversas del puente
- Los pies pedunculares

Lateralmente, los tres pedúnculos cerebelosos conectan el cerebelo:

- Inferior (Cuerpos restiformes) con Bulbo raquídeo
- Medio (Brachium pontis) con Protuberancia anular
- Superior (Brachium conjunctivum) con Mesencéfalo (1).

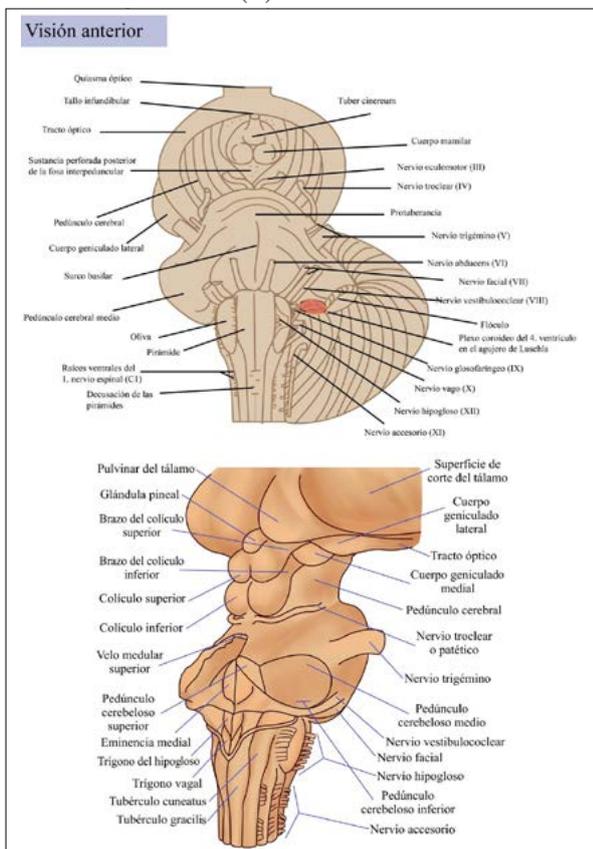


Figura 86. Cara anterior y cara lateral del tronco encefálico  
Fuente: Autor

## Bulbo raquídeo (Médula Oblongada)

Empieza en el agujero magno del cráneo y se extiende 3 cm en sentido rostral. El bulbo raquídeo conecta la protuberancia por arriba y con la médula espinal por debajo. La unión de la médula oblongada y espinal se encuentra en el origen de las raíces anteriores y posteriores del primer ner-

vio espinal cervical. Además, el Bulbo presenta una forma cónica con el extremo ancho hacia arriba (3).

Así mismo, el conducto endimario o central de la médula espinal persiste hacia el bulbo y en la mitad superior de este se expande para formar la cavidad del cuarto ventrículo (3).

### 1. Cara anterior

En esta cara está el surco medio anterior o también llamada fisura media anterior, que se continúa con la fisura media anterior de la médula espinal. A ambos lados de esta fisura media hay un engrosamiento denominado pirámides bulbares, mismas que están compuestas por haces de fibras corticoespinales, que se originan en células nerviosas grandes de la circunvolución precen-tral de la corteza del cerebro. Las pirámides se afinan en el extremo inferior del bulbo y aquí es donde la mayoría de las fibras descendentes (75 - 90 %) cruzan al lado opuesto para formar la denominada decusación de las pirámides, y constituir el tracto corticoespinal lateral (cruzado) en el cordón lateral de la médula espinal. Una proporción menor de fibras piramidales (10-25 %) descienden ipsilateralmente para formar el tracto corticoespinal anterior (directo) en el cordón anterior de la médula espinal (2) (3). Las fibras arcuatas externas anteriores son algunas fibras nerviosas que emergen de la fisura media anterior por encima de la decusación y cursan en sentido lateral sobre la superficie de la medula oblongada para entrar en el cerebelo (3).

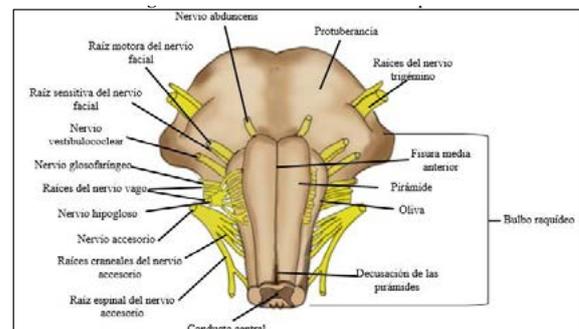


Figura 87. Cara anterior del bulbo raquídeo  
Fuente: Autor

## 2. Cara lateral

En posición lateral y posterior respecto de las pirámides bulbares están las olivas bulbares, elevaciones ovals dadas por los núcleos olivares inferiores. En el surco que se encuentra entre la pirámide y la oliva (surco preolivar) surgen las raíces del nervio hipogloso (XII). Por detrás de las olivas se encuentran los pedúnculos cerebelosos inferiores que conectan el bulbo con el cerebelo y forman el piso del receso lateral del cuarto ventrículo. Del surco ubicado entre la oliva y el pedúnculo cerebeloso inferior (surco retroolivar) surgen las raíces de los nervios glosofaríngeo (IX), vago (X) y las raíces craneales del nervio accesorio (XI) (2) (1).

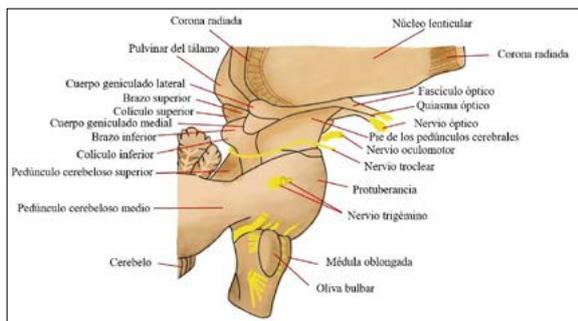


Figura 88. Cara lateral del bulbo raquídeo  
Fuente: Autor

## 3. Cara posterior

La cara posterior de la mitad superior del bulbo raquídeo forma la parte inferior del suelo del cuarto ventrículo. La superficie posterior de la mitad inferior de la médula oblongada presenta un surco medio posterior en la línea media que se continúa con el surco medio posterior de la médula espinal (2) (1).

Hacia arriba encontramos el ÓBEX, que corresponde con el vértice inferior del cuarto ventrículo. Además, a los lados del surco medio posterior está el tubérculo grácil que contiene al núcleo grácil en su interior, y lateral al mismo está el tubérculo cuneiforme con el núcleo cuneiforme subyacente.

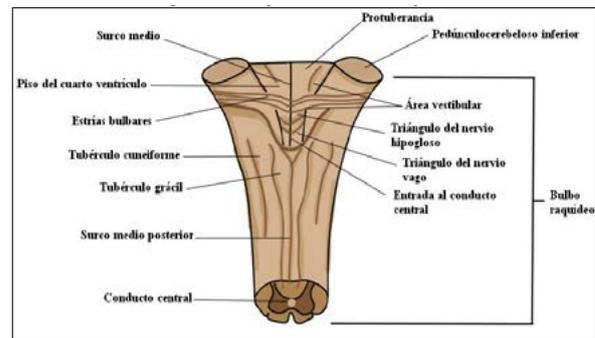


Figura 89. Cara posterior del bulbo raquídeo  
Fuente: Autor

## Protuberancia Anular (Puente de Varolio)

### Aspecto Macroscópico:

La protuberancia está limitada por delante del cerebelo, se encarga de conectar el bulbo raquídeo con el mesencéfalo y mide aproximadamente de 2 a 2,5 cm de largo. Debe su nombre al aspecto que presenta sobre la superficie anterior, similar a la de un puente, el cual conecta los hemisferios cerebelosos derecho e izquierdo. Se continúa de manera superior con el mesencéfalo a través del surco ponto mesencefálico e inferiormente con la médula oblonga (bulbo raquídeo) a través del surco bulboprotuberancial o también denominado surco bulbopontino. De manera que el bulbo contiene tanto núcleos como tractos y funciona a modo de un puente que conecta diferentes partes del encéfalo, estas conexiones se encuentran provistas por grupos de axones. Algunos axones del puente vinculan las porciones derecha e izquierda del cerebro. Y otros forman parte de los tractos ascendentes sensitivos y de los tractos descendentes motores.

En el interior de la protuberancia anular se encuentra una porción de la formación reticular, incluyendo algunos núcleos importantes en las fases del sueño y el estado de vigilia (2).

### 1. Cara anterior

La superficie anterior es convexa y presenta muchas fibras transversas que se dirigen a cada lado

para formar el brachium pontis o pedúnculo cerebeloso medio. Sobre la superficie anterolateral de la protuberancia, emergen a cada lado, una porción medial más pequeña, la raíz motora y una porción lateral más grande, la raíz sensitiva del nervio trigémino. Existe un surco poco profundo en la línea media, el surco basilar, que aloja a la arteria basilar, una de las principales responsables de mantener con vida las células de amplias zonas del cerebro (3)

Además del surco bulbo protuberancial, ubicado entre la protuberancia y el bulbo raquídeo se determina el origen aparente de los pares craneales: abducens (VI), facial (VII), la raíz sensitiva del nervio facial (Nervio intermedio de Wrisberg), y el nervio vestibulococlear (VIII) (2) (1).

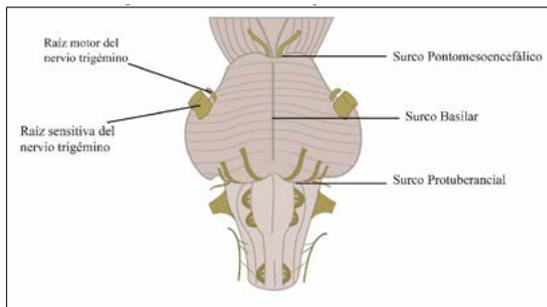


Figura 90. Cara anterior de la protuberancia anular  
Fuente: Autor

## 2. Cara lateral

Los lados de la protuberancia anular se confunden con los pedúnculos cerebelosos medios (2) (1).

## 3. Cara posterior

La superficie posterior de la protuberancia está oculta por el cerebelo y forma la mitad superior del piso del cuarto ventrículo, originando el triángulo superior de esta estructura (mitad pontina). La superficie posterior se encuentra limitada hacia los lados por los pedúnculos cerebelosos superiores y está dividida en mitades simétricas por un surco medio posterior (3).

Lateralmente a este surco se encuentra una elevación prolongada, la eminencia media, que

se encuentra limitada lateralmente por un surco, el surco limitante. El extremo inferior de la eminencia media está ligeramente expandido y termina en una elevación redondeada, el colículo facial, formada por la primera rodilla del nervio facial el cual se enrolla alrededor del núcleo del nervio abducens. El borde superior del surco limitante es de color gris azulado y se denomina sustancia ferruginosa (locus cerúleo); debe su color a un grupo de células nerviosas profundamente pigmentadas cuya función es sintetizar un neurotransmisor, la noradrenalina. Por otra parte, lateralmente al surco limitante se encuentra el área vestibular producida por los núcleos vestibulares subyacentes (3).

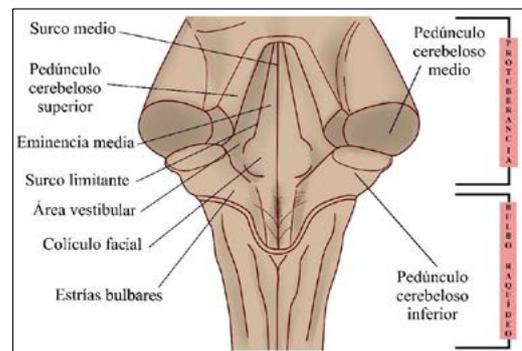


Figura 91. Cara posterior de la protuberancia anular  
Fuente: Autor

## Mesencéfalo (Cerebro Medio)

### Aspecto macroscópico

Mesencéfalo mide alrededor de 2 a 2.5 cm de longitud, y permite conectar al puente y el cerebelo con el prosencéfalo (cerebro anterior). Se caracteriza por poseer placas basales y placas alares; cada placa basal contiene dos grupos de núcleos motores:

- Un grupo aferente somático medial representado por los nervios oculomotor y troclear que inervan la musculatura del ojo
- Un grupo eferente visceral general pequeño representado por el núcleo de Edinger-Westphal que inerva el músculo esfínter de la pupila.

Por otra parte, el pie peduncular del mesencéfalo está conformado por la porción anterior de las placas basales, y esta estructura es una ruta para el descenso de fibras nerviosas provenientes de la corteza cerebral hacia los centros inferiores del puente o de la médula espinal.

### 1. Cara anterior

En la cara anterior del mesencéfalo existen una depresión profunda en la línea media, la fosa interpeduncular, que está condicionada a los lados por el pie de los pedúnculos cerebrales (3).

Algunos vasos sanguíneos pequeños penetran la base de la fosa interpeduncular, y esta zona se denomina sustancia perforada posterior. Así mismo, el nervio oculomotor emerge de un surco en el lado medial del pie peduncular (3).

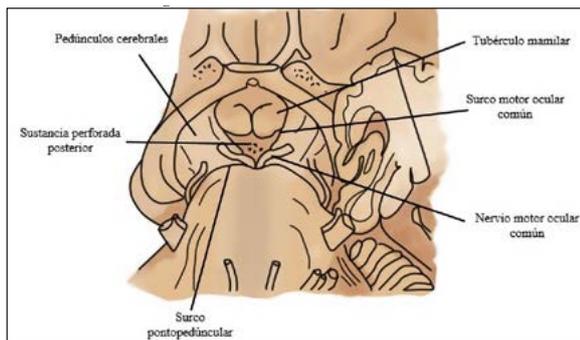


Figura 92. Cara anterior del mesencéfalo  
Fuente: Autor

### 2. Cara lateral

En la cara lateral los pedúnculos superiores e inferiores ascienden en dirección anterolateral (3).

El pedúnculo superior mediante el brazo del colículo superior se extiende desde el colículo superior hasta el cuerpo geniculado lateral del tracto óptico (2).

El pedúnculo inferior mediante el brazo del colículo inferior se extiende desde el colículo inferior hasta el cuerpo geniculado medial (2).

### 3. Cara posterior (Techo Óptico)

Los colículos son eminencias redondeadas divididas en un par superior y otro par inferior. Los colículos posteriores o inferiores se encargan de

los reflejos auditivos y los colículos anteriores o superiores son reflejo de los impulsos visuales (4).

### Tubérculo cuadrigémino superior (Colículo anterior)

El par superior, funciona en la atención visual, el seguimiento visual de objetos en movimiento y reflejos como pestañear, enfocar, dilatar y contraer las pupilas, volver los ojos y la cabeza como respuesta a un estímulo visual (3).

### Tubérculo cuadrigémino inferior (Colículo posterior)

El par inferior recibe señales del oído interno y las transmite a otras partes del encéfalo en especial a la circunvolución temporal superior. Desempeñan además otras funciones que median el reflejo de girar la cabeza en respuesta a un sonido y la propensión a saltar cuando se experimenta un sobresalto a causa de un ruido súbito

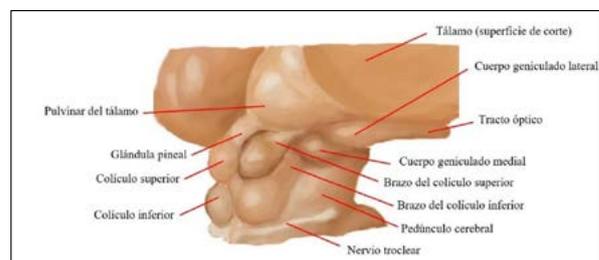


Figura 93. Cara posterolateral del mesencéfalo  
Fuente: Autor

## Cuarto Ventrículo

### Piso del IV Ventrículo (fosa romboidal)

Es una cavidad ubicada entre el cerebelo, la cara posterior de la protuberancia y el bulbo raquídeo, el cual posee un piso y un techo. El piso está formado por la cara posterior del bulbo y de la protuberancia. El techo se encuentra conformado por el velo medular inferior (válvula de Tarín) y por el velo medular superior (válvula de Vieussens) (2) (5).

- En la parte superior: Se continúa con el acueducto de Silvio y con los ventrículos laterales.

- En su parte inferior: Se continúa con el conducto central endocraneal de la médula espinal (2).

### Límites laterales

En cada límite lateral de la porción caudal están situados los pedúnculos cerebelosos inferiores y en la porción craneal de cada límite lateral está formado por el pedúnculo cerebeloso superior.

El piso del IV ventrículo consta de una estructura en forma romboidal y está conformada por la porción dorsal del bulbo y por la parte dorsal del puente, presenta además una mitad inferior o bulbar y una mitad superior o pontina (2) (5).

### Mitad superior o pontina

En toda su extensión recorre el tallo del calamus scriptorius o surco mediano, el cual se pierde y caudalmente en el canal central del bulbo y cranealmente en el acueducto cerebral hay una eminencia a cada lado del surco mediano denominada la eminencia media, que se encuentra limitada a cada lado por un surco limitante (2) (1).

Lateral en relación a la eminencia media, se encuentra la Fóvea superior, la cual es una zona más oscura que se denomina locus coeruleus, es un núcleo azulado oscuro en los cortes (su color se le atribuye debido a su contenido de melamina) y posee relación con el sueño (2) (5).

### Mitad inferior o bulbar

La línea media corresponde al tallo del calamus, a la derecha e izquierda de este surco, se desprenden las Barbas del calamus o estrías acústicas. A los dos lados de la línea media o tallo del calamus y de medial a lateral, se puede encontrar un área triangular el Ala blanca interna, o también denominado Trígono del hipogloso, de manera que su nombre se debe a que allí se encuentra el núcleo de origen del nervio hipogloso mayor. Lateral al trígono del hipogloso, se encuentra otra superfi-

cie triangular de tonalidad ligeramente grisácea que es la Fóvea inferior, ala gris o también llamado trígono del nervio vago, el cual pertenece al núcleo dorsal del vago (1).

El ala blanca externa se encuentra lateral al surco limitante propagándose hacia los dos lados en dirección a los recesos laterales, en el cual se conforma por un área vestibular, que comprende a cuatro núcleos del nervio vestibular. En el extremo inferior del tallo del calamus, se forma el pico el cual se continúa con el conducto del epéndimo, y posterior al pico se encuentra el OBEX o cerrojo (1).

### Techo del IV Ventrículo

La mitad superior del techo del cuarto ventrículo se encuentra conformada por una fina lámina de sustancia blanca, denominada velo medular superior o también llamada válvula de Vieussens, que se extiende entre los dos pedúnculos cerebelosos superiores (1).

La mitad inferior del techo del cuarto ventrículo está compuesto por la tela coroidea la misma que se va a instaurar en el velo medular inferior o también se la denomina válvula de Tarín.

### La tela coroidea está compuesta por 3 forámenes:

- En su parte inferior, en la línea media presenta el foramen central o Magendie.
- Lateralmente a cada lado se encuentran los forámenes laterales o Luschka (1).

### Estructura Interna

#### Bulbo Raquídeo

El bulbo raquídeo al igual que la médula espinal está constituido por sustancia blanca y sustancia gris, pero se han reordenado de manera considerables según un estudio de cortes transversales de esta región. La reordenación se explica en base a rasgos embriológicos por el esparcimiento del tubo neural para formar en el cerebro posterior la vesícula (rombencefálica), que se con-

vierte en el cuarto ventrículo. La gran expansión del cuarto ventrículo origina una alteración de la posición de las placas alares y basales durante el desarrollo embriológico del rombencéfalo. De manera diferente a la médula espinal, a nivel bulbar las placas basales se sitúan medialmente y las alares lateralmente respecto al surco limitante (5).

Los cortes en la estructura interna de la médula oblongada o bulbo raquídeo son los siguientes:

- Corte transversal a nivel de decusación de las pirámides (decusación motora).
- Corte transversal a nivel de decusación de los lemniscos (decusación sensitiva).
- Corte transversal a nivel de las olivas bulbares.
- Corte transversal inmediatamente inferior a la protuberancia (2).

### 1. Corte transversal a nivel de decusación de las pirámides (decusación motora)

Un corte transversal en la mitad inferior del bulbo raquídeo atraviesa la decusación piramidal (gran decusación motora).

En la parte superior del bulbo raquídeo, las fibras corticoespinales invaden y crean la pirámide, en cambio por la parte inferior alrededor de las tres cuartas partes de las fibras se introducen al plano medio y siguen su trayecto hacia el cordón blanco lateral en la médula espinal, como fascículo corticoespinal lateral. Cuando estas fibras cruzan la línea media sucede un fenómeno llamado "Decapitación del Asta gris anterior", es decir, arrancan la continuidad entre la sustancia gris que rodea el canal central y el cordón anterior (2) (5).

El fascículo grácil o también denominado de Goll (medial) y el fascículo cuneiforme o también denominado de Burdach (lateral) siguen ascendiendo por la parte posterior a la sustancia gris central. El núcleo cuneiforme y el grácil surgen como extensiones posteriores de la sustancia gris central. La sustancia gelatinosa en el cordón gris posterior de la médula espinal se continúa con el

extremo inferior del núcleo del fascículo espinal del nervio trigémino. Las fibras que conforman el tracto espinal del nervio trigémino se encuentran entre este núcleo y la superficie bulbar (2) (5).

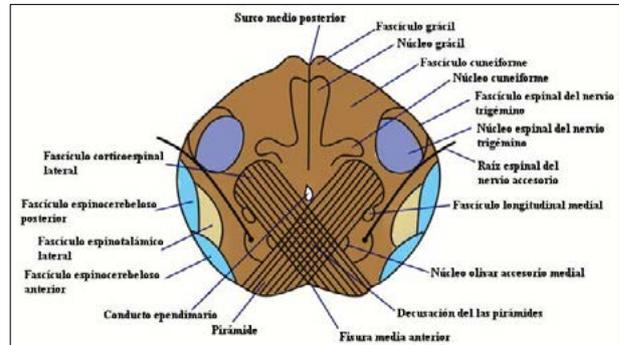


Figura 94. Corte transversal del bulbo raquídeo a nivel de la decusación de las pirámides

Fuente: Autor

### 2. Corte transversal a nivel de decusación de los lemniscos (decusación sensitiva)

El corte transversal de la mitad inferior del bulbo raquídeo, a una distancia mínima superior del nivel de la decusación piramidal, atraviesa mediante la decusación de los lemniscos, la gran decusación sensitiva; esta ocurre por detrás de las pirámides y por delante de la sustancia gris central.

La identificación de estos cortes y la disposición de sus fibras que no se modifican están dados mediante las columnas blanca anterior y lateral de la médula espinal (2) (5).

Los lemniscos se crean a partir de las fibras arcuatas internas, que surgen de las caras anteriores de los núcleos Cuneiforme y Grácil. Estas fibras pasan primero anterolateralmente en torno a la sustancia gris central, seguido se arquean hacia la línea media, aquí se decusan acompañadas con las fibras correspondientes del lado opuesto, así asciende por el tronco encefálico conformando un tracto bien definido, el lemnisco medial (1) (5).

En la zona lateral a las fibras arciformes internas se ubica el núcleo espinal del nervio trigémino rodeado en su superficie por las fibras que crean el tracto espinal del mismo nervio.

Los tractos corticoespinales están situados en la zona anterior o ventral. En la porción anterolateral del bulbo es posible encontrar los tractos espinocerebelosos, rubroespinal y vestibuloespinal. En la parte lateral a la decusación sensitiva se observa la gran relación que existe entre los tractos espinotalámicos y espinotectal, que ambos unidos se denominan lemnisco espinal (1).

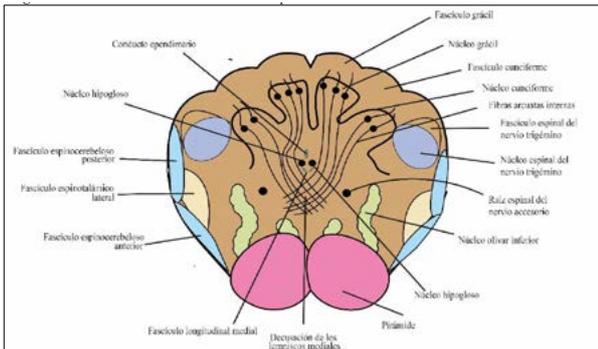


Figura 95. Corte transversal del bulbo raquídeo a nivel: decusación de lemniscos mediales

Fuente: Autor

### 3. Corte transversal a nivel de las olivas bulbares

Es un corte transversal a la altura de las olivas que pasa a través de la porción inferior del cuarto ventrículo. La sustancia gris en este nivel se encuentra en grandes cantidades esto se debe a la presencia de un gran número de núcleos denominados; complejo de los núcleos olivares, núcleos vestibulo cocleares, núcleos de los pares craneales IX, X, XI, XII y de los núcleos arcuatos (2) (3).

#### Complejo de los núcleos olivares

Este complejo se encuentra conformado por los siguientes núcleos; el núcleo olivar inferior, núcleo accesorio dorsal y núcleo accesorio medial. El núcleo olivar inferior se caracteriza por ser el núcleo de mayor tamaño, siendo una lámina de sustancia gris con forma de “u” muy plegada, cuyo hilio se declina medialmente para elevar la oliva ubicada en la superficie de la médula oblongada (2) (3).

Las células de esta estructura envían un paquete de fibras que se decusan a nivel de la línea media y luego se dirigen a través del complejo olivar inferior opuesto hasta insertarse en el hemisferio

cerebeloso contralateral por medio del pedúnculo cerebeloso inferior del espacio constituido por la lámina de sustancia gris del núcleo olivar principal y envían sus axones principalmente al vermis cerebeloso (2) (4).

#### Núcleos vestibulococleares

El complejo de los núcleos vestibulares está constituido por los siguientes núcleos (2) (3):

- Núcleo vestibular medial.
- Núcleo vestibular inferior.
- Núcleo vestibular lateral.
- Núcleo vestibular superior.

A nivel de este corte se pueden apreciar los núcleos vestibulares medial e inferior (2) (3). En relación a los núcleos cocleares existen dos:

- Núcleo coclear anterior, ubicado sobre la cara anterolateral del pedúnculo cerebeloso inferior. (2) (3).
- Núcleo coclear posterior, ubicado sobre la cara posterior del pedúnculo lateral en relación al piso del cuarto ventrículo. (2) (3).

#### Núcleo ambiguo

Constituido por grandes neuronas motoras, ocupando lugar en la profundidad de la formación reticular. Las fibras nerviosas emergentes se juntan al nervio glossofaríngeo, al nervio vago y a la porción craneal del nervio accesorio y se encuentran distribuidos en toda la extensión de la musculatura esquelética voluntaria (3).

#### Sustancia gris central

La sustancia gris central se encuentra ubicada por debajo del piso del cuarto ventrículo a este nivel. Se logran observar las siguientes estructuras:

- Núcleo del nervio hipogloso (XII), consiste en una columna larga constituida por sustancia gris, ubicada a los laterales de la línea media.
- Núcleo dorsal del vago (X), también llamado cardioneumoentérico, núcleo visceral-motor ubicado en dirección lateral al núcleo hipogloso.
- Núcleo del tracto solitario, núcleo largo

y delgado que atraviesa en dirección longitudinal a la médula oblongada y se posiciona lateralmente en relación al núcleo dorsal del vago (2).

- El núcleo ambiguo ubicado profundamente dentro de la formación reticular.
- Los núcleos arcuatos, se estima que son los núcleos pontinos desplazados caudalmente, se ubican sobre la superficie anterior de las pirámides. Adquiere fibras nerviosas provenientes de la corteza cerebral y envían fibras eferentes al cerebelo por medio de las fibras arcuatas externas anteriores (2).
- Las pirámides constituidas por fibras corticoespinales y algunas fibras corticonucleares, se localizan en la porción anterior de la médula oblongada, distanciadas por la fisura media anterior, las fibras corticoespinales se dirigen caudalmente a la médula espinal mientras que las fibras corticonucleares se dirigen hacia los núcleos motores de los nervios craneales ubicados en el interior de la médula oblongada (2) (3).
- El lemnisco medial constituye un tracto aplanado a los laterales de la línea media por detrás de la pirámide. Estas fibras emergen de la decusación de los lemniscos y se encargan de transmitir información sensitiva al tálamo (2) (3).
- El fascículo longitudinal medial constituye un tracto pequeño que contiene fibras nerviosas ubicadas a cada lado de la línea media por detrás del lemnisco medial y del núcleo del nervio hipogloso. Consiste en fibras ascendentes y descendentes (2) (6).
- El pedúnculo cerebeloso inferior está localizado en el ángulo posterior y lateral del corte en el lado externo del cuatro ventricular (2) (3).
- El fascículo espinal del nervio trigémino

y su núcleo se encuentra ubicado sobre la cara anterior y medial del pedúnculo cerebeloso inferior (2) (3).

- El fascículo espinocerebeloso anterior está situado cerca de la superficie del intervalo dado entre el núcleo olivar inferior y el núcleo del tracto espinal del nervio trigémino. El lemnisco espinal, que consiste en los tractos espinotalámicos anterior, lateral y espinotectal, ocupa una posición profunda (2) (3).
- La formación reticular, corresponde a una mezcla difusa de fibras nerviosas y pequeños grupos de células nerviosas, está situada profundamente por detrás del núcleo olivar. A este nivel la formación reticular solo representa una pequeña parte de este sistema, que también se encuentra en la protuberancia y en el mesencéfalo. El nervio glosofaríngeo, el nervio vago y la porción craneal de los nervios accesorios se extienden hacia adelante y afuera a través de la formación reticular. Las fibras del nervio emergen entre las olivas y los pedúnculos cerebelosos inferiores (2) (3).
- Los nervios hipoglosos también se extienden hacia delante y afuera a través de la formación reticular y emergen entre las pirámides y las olivas (2) (3).

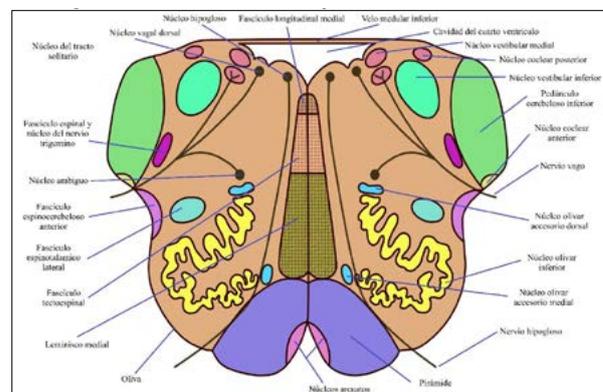


Figura 96. Corte transversal del bulbo raquídeo a nivel de los núcleos olivares  
Fuente: Autor

#### 4. Nivel inmediatamente inferior a la protuberancia

Este corte es muy similar al anterior, pero tiene una diferencia, la fosa romboidea es más ancha. En la lámina gris que se encuentra en el cuarto ventrículo, están dispuestos de lateral a medial, núcleos sensitivos, vegetativos y motores. Los núcleos antes mencionados son: el núcleo del tracto solitario y el núcleo espinal del nervio trigémino, los núcleos de en medio que son los vegetativos del nervio glosofaríngeo, en donde constituyen a los del nervio vago y un núcleo visceromotor, el núcleo salivatorio inferior y un núcleo viscerosensitivo (4).

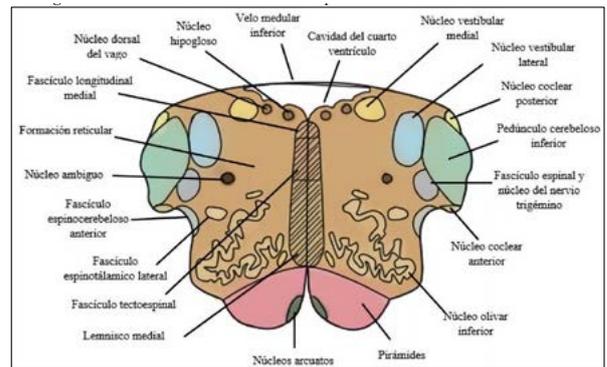


Figura 97. Corte transversal del bulbo raquídeo a nivel de los núcleos olivares  
Fuente: Autor

Tabla 9. Cortes a nivel del Bulbo Raquídeo

Cortes a nivel del Bulbo Raquídeo				
Nivel	Cavidad	Núcleos	Fascículos motores	Fascículos sensitivos
Decusación de las pirámides	Conducto ependimario	<ul style="list-style-type: none"> <li>Núcleo grácil</li> <li>Núcleo cuneiforme</li> <li>Núcleo espinal del V par craneal</li> <li>Núcleo accesorio</li> </ul>	Decusación de los fascículos corticoespirales y pirámides	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fascículo espinal del V craneal</li> <li>Fascículo espinocerebeloso anterior y posterior</li> <li>Fascículo espinotalámico lateral.</li> </ul>
Decusación de los lemniscos mediales	Conducto ependimario	<ul style="list-style-type: none"> <li>Núcleo grácil</li> <li>Núcleo cuneiforme</li> <li>Núcleo espinal del V par craneal</li> <li>Núcleo hipogloso</li> </ul>	Pirámides	<ul style="list-style-type: none"> <li>Decusación de los lemniscos mediales               <ul style="list-style-type: none"> <li>Fascículo grácil</li> </ul> </li> <li>Fascículo espinal del V par craneal</li> <li>Fascículo espinotalámico lateral</li> </ul>
Olivas, pedúnculo cerebeloso inferior	Cuarto ventrículo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Núcleo olivar inferior</li> <li>Núcleo espinal del V par craneal</li> <li>Núcleo vestibular</li> <li>Núcleo glosofaríngeo               <ul style="list-style-type: none"> <li>Núcleo vago</li> </ul> </li> <li>Núcleo hipogloso</li> <li>Núcleo ambiguo</li> <li>Núcleo del tracto solitario</li> </ul>	Pirámides	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fascículo longitudinal medial</li> <li>Fascículo espinotalámico               <ul style="list-style-type: none"> <li>Lemnisco medial</li> </ul> </li> <li>Fascículo espinal del V par craneal</li> <li>Fascículo espinotalámico lateral</li> <li>Fascículo espinocerebeloso anterior</li> </ul>

### Protuberancia Anular

Para una mejor comprensión de la microscopía de la protuberancia anular es necesario dividirla en una parte anterior o porción basilar y otra posterior o tegmento separadas por las fibras del cuerpo trapezoide.

Al realizar dos cortes; uno a nivel caudal en los colículos faciales y un segundo craneal a nivel de los núcleos trigeminales.

#### 5. Corte transversal que atraviesa los colículos faciales

##### Porción Basilar (Parte Anterior)

- Núcleos pontinos: Conjunto de núcleos propios que se encuentran dispersos por la base de la protuberancia o puente, cuya función es la de recibir señales de la corteza cerebral y enviar sus axones al cerebelo contralateral.
- Fibras corticopontinas: Estas fibras discurren desde el pie del pedúnculo del mesencéfalo hasta llegar a los núcleos pontinos.
- Fibras transversales: Se dirigen desde la línea media y se conectan con los tractos corticoespinales y corticonucleares a manera de intercepción, haciendo que se separen en pequeños haces (2).

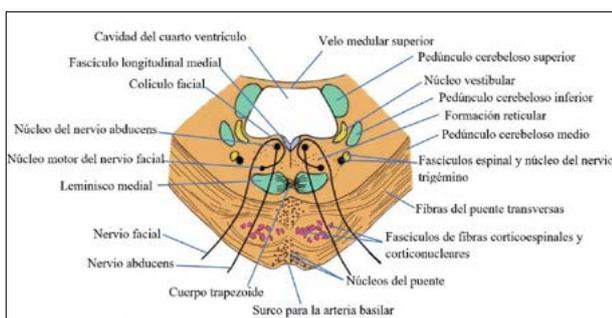


Figura 98. Corte transversal de la protuberancia anular a nivel del colículo facial

Fuente: Autor

##### Tegmento (Parte Posterior)

- Lemnisco medial: Se ubica anteriormente al tegmento el eje mayor de éste pasa transversalmente.
- Núcleo facial: Este se ubica de forma posterior a la porción lateral del lemnisco medial. Y las fibras nerviosas de este núcleo rodean al núcleo del nervio abducen dando lugar a los denominados colículos faciales.
- Fascículo longitudinal medial: Se encuentra ubicado por debajo del piso del cuarto ventrículo lateral a la línea media. Este fascículo corresponde una vía principal que conecta los núcleos vestibulares y cocleares con los núcleos que controlan a los músculos extraoculares.
- Núcleo vestibular medial: Mantiene una estrecha relación con el pedúnculo cerebeloso inferior y se ubica por fuera del núcleo abducen.
- Núcleo espinal del nervio trigémino y su haz: Está ubicado sobre la cara antero medial del pedúnculo cerebeloso inferior.
- Cuerpo trapezoide: Contiene los axones de las neuronas de los núcleos cocleares y las pertenecientes a los núcleos del cuerpo trapezoide (2) (3).
- Otras estructuras que encontramos a lo largo de este corte es el núcleo sensitivo principal del nervio trigémino que se continuará por abajo con el núcleo del tracto espinal y al pedúnculo cerebeloso superior.

### 6. Corte transversal que atraviesa los núcleos trigeminales

En este corte se pueden observar distintas estructuras como:

- Núcleo motor del nervio trigémino: se encuentra en la formación reticular debajo de la porción lateral del cuarto ventrículo.
- Núcleo sensitivo principal del nervio trigémino: se encuentra en la porción lateral del núcleo motor; se continúa en la parte inferior con el núcleo del fascículo espinal.
- Pedúnculo cerebeloso superior: se encuentra posterolateral al núcleo motor del nervio trigémino está unido por el fascículo espinocerebeloso anterior (3) (2).

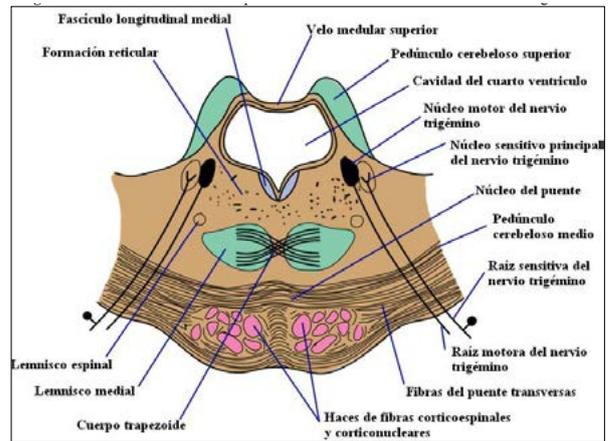


Figura 99. Corte transversal de la protuberancia anular a nivel de los núcleos trigéminos  
Fuente: Autor

Tabla 10. Cortes a nivel de la Protuberancia Anular

Cortes a nivel de la Protuberancia Anular				
Nivel	Cavidad	Núcleos	Fascículos motores	Fascículos sensitivos
Colículo facial	Cuarto ventrículo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Núcleo facial</li> <li>• Núcleo del nervio abducens</li> <li>• Núcleo vestibular medial</li> <li>• Núcleo espinal del V par craneal</li> <li>• Núcleo del puente</li> <li>• Núcleos trapezoides</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fascículos corticoespinales</li> <li>• Fibras del puente transversas.</li> <li>• Fascículo longitudinal medial.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fascículo espinal del V par craneal.</li> <li>• Lemnisco lateral espinal y medial</li> </ul>
Núcleos del trigémino	Cuarto ventrículo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Núcleo motor y sensitivo principal del V par craneal</li> <li>• Núcleos del puente</li> <li>• Núcleos trapezoides</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fascículos corticoespinales y corticonucleares</li> <li>• Fibras del puente transversas</li> <li>• Fascículo longitudinal medial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lemnisco lateral, espinal y medial</li> </ul>

### Mesencéfalo

Se puede dividir en tres porciones:

#### Parte dorsal al acueducto cerebral

El techo del mesencéfalo (técum) o lámina cuadrigémina, formado en gran parte por importantes núcleos de relevo de los sistemas auditivo y visual, los tubérculos cuadrigéminos (colículos inferiores y superiores).

Los colículos inferiores participan en reflejos auditivos y en la determinación del lado de donde se origina el sonido. Los colículos superiores

contienen neuronas que recibe información visual y se ocupa de reflejos oculares.

Los colículos contribuyen a la formación de los tractos tectoespinales cruzados, que participan en los reflejos de parpadeo y de rotación de la cabeza en función de sonidos o imágenes visuales repentinas.

#### Parte central

La calota o tegmento del mesencéfalo (tegmentum), que representa la continuación rostral de la formación reticular protuberancial. Contiene

al acueducto cerebral, cavidad estrecha del mesencéfalo, que conecta los ventrículos tercero y cuarto. Está tapizado por epéndimo y rodeado por la sustancia gris central (periacueductal), la misma que contiene células productoras de endorfina que suprimen el dolor. En la porción anterior de la sustancia gris central, se sitúan los núcleos del nervio craneal, el patético (troclear) y del motor ocular común (oculomotor).

### Parte ventral

Esta parte está conformada por los pedúnculos cerebrales que contienen las proyecciones corticales descendentes. Cada uno dividido por una estructura semilunar pigmentada de sustancia gris, la sustancia negra, en una parte anterior, el pie peduncular y una parte posterior, el tegmento o techo del mesencéfalo.

La sustancia negra, un núcleo pigmentado compuesto de neuronas que contienen melanina y sintetizan dopamina, representa un papel importante en el control motor. En la enfermedad del Parkinson ocurre la degeneración de esta área.

Los cortes a nivel del mesencéfalo son los siguientes:

### 7. Corte transversal del mesencéfalo a nivel de los colículos inferiores

- **Colículo inferior:** Ubicado por debajo de la elevación superficial correspondiente y forma parte de la vía auditiva.
- **Núcleo del nervio troclear:** Situado en la sustancia gris central, próxima al plano mediano inmediatamente posterior al fascículo longitudinal medial.
- **Núcleos mesencefálicos del nervio trigémino:** Con unas disposiciones laterales al acueducto cerebral (2).
- **Decusaciones de los pedúnculos cerebelosos superiores:** Corresponden la parte central del tegmento por delante del acueducto cerebral (3).
- **Formación reticular:** Ubicada lateral a la decusación peduncular.
- **Lemnisco medial:** Ascende por detrás de la sustancia negra.

- **Lemnisco espinal:** Ubicado lateralmente al lemnisco trigeminal (2).
- **Sustancia negra:** Gran núcleo motor posicionado entre el tegmento y el pie del pedúnculo cerebral. Conformada por una porción compacta y otra reticular. La porción compacta produce dopamina, cuya disminución se relaciona con la enfermedad de Parkinson (2).
- **Pie del pedúnculo cerebral:** Posee tractos descendentes importantes y está separado del tegmento por la sustancia negra. Las fibras corticoespinales y corticonucleares ocupan los dos tercios medios del pie del pedúnculo cerebral. Las fibras frontopontinas ocupan la parte medial y las temporopontinas la parte lateral del pie. (3) (2)

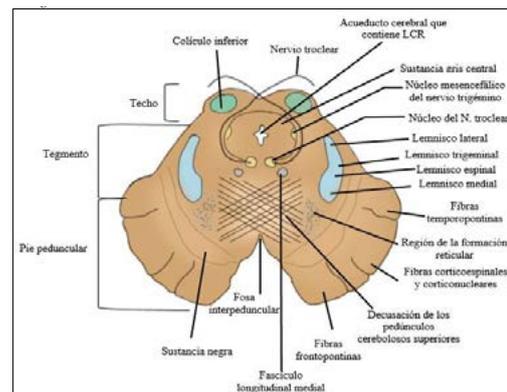


Figura 100. Corte transversal del mesencéfalo a nivel de los colículos inferiores

Fuente: Autor

### 8. Corte transversal del mesencéfalo a nivel de los colículos superiores

- **Colículo superior:** Núcleo de sustancia gris posicionado debajo de la elevación superficial correspondiente, forma parte de los reflejos visuales (2).
- **Núcleo principal del nervio oculomotor:** Situado inmediatamente por delante del acueducto cerebral y detrás del fascículo longitudinal medial. Inerva músculos extraoculares: recto superior, inferior y medial; oblicuo menor e inferior; y elevador del párpado (2) (3).
- **Núcleo accesorio del nervio oculomotor (Núcleo de Edinger-Westphal):** Situado

por arriba y dorsalmente del núcleo principal del nervio oculomotor. Contiene fibras parasimpáticas que hacen sinapsis en el ganglio ciliar para inervar al músculo ciliar y constrictor de la pupila.

- **Núcleo rojo:** Se corresponde entre el acueducto cerebral y la sustancia negra. Compuesto por una porción de células magnocelulares donde se originan fibras que se decusan para formar la vía rubroespinal; y células parvocelulares que reciben información del cerebelo y se comunican con el núcleo olivar inferior (3) (2).

- **Formación reticular:** Ubicada en el tegmento lateral y posterior del núcleo rojo.
- **Pie del pedúnculo cerebral:** Almacena los tractos descendentes importantes (2).

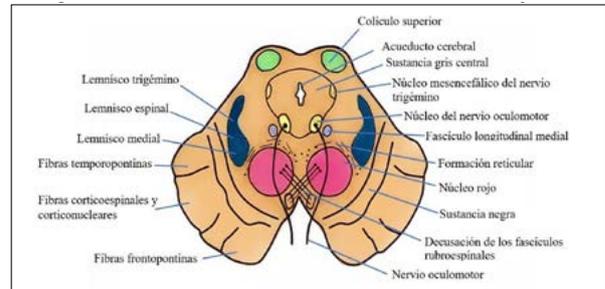


Figura 101. Corte transversal del mesencéfalo a nivel de los colículos superiores  
Fuente: Autor

Tabla 11. Cortes a nivel del Mesencéfalo

Cortes a nivel del Mesencéfalo				
Nivel	Cavidad	Núcleos	Fascículos motores	Fascículos sensitivos
Colículos inferiores	Acueducto cerebral	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colículo inferior</li> <li>• Sustancia negra</li> <li>• Núcleo del nervio troclear</li> <li>• Núcleos mesencefálicos del V par craneal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fascículos corticoespinales y corticonucleares</li> <li>• Fascículos temporo-pontinos y longitudinal medial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lemniscos laterales, trigéminos, espinales y mediales</li> <li>• Decusación de los pedúnculos cerebelosos superiores</li> </ul>
Decusación de los lemniscos mediales	Acueducto cerebral	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colículo superior</li> <li>• Sustancia negra</li> <li>• Núcleo del nervio oculomotor</li> <li>• Núcleo de Edinger Westphal</li> <li>• Núcleo rojo</li> <li>• Núcleo mesencefálico del V par craneal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fascículos corticoespinales y corticonucleares</li> <li>• Fascículos frontopontinos y temporo-pontinos</li> <li>• Fascículo longitudinal medial</li> <li>• Decusación del fascículo rubroespinal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lemniscos trigéminos espinales y mediales</li> </ul>

### Formación Reticular

La formación reticular, también denominada como sustancia reticular o sistema reticular tiene un aspecto similar a una red, conformada por células de varios tamaños y fibras nerviosas dispuestas en todos los sentidos.

Esta estructura se dirige desde la médula espinal hasta el cerebro, por medio del eje del sistema nervioso central (2).

### Localización

La formación reticular se localiza en el tegmento del tronco encefálico, también denominado

calota, y a su vez entre los núcleos de los pares craneales (III-XII) y las vías ascendentes y descendentes de la médula espinal, con el fascículo central de la calota como su principal vía.

- En la porción inferior, se continúa con las interneuronas de la sustancia gris de la médula espinal.
- En su porción superior, los impulsos hacen relevo en la corteza cerebral.

Deiters, en 1865, fue el primero en utilizar la denominación de Formación Reticular para un conjunto de agrupaciones de sustancia gris que

se entremezclaban con fibras nerviosas dispuestas longitudinalmente en el tronco cerebral. Localizó estas formaciones junto a las vías piramidales igualmente ubicadas en esta región anatómica (7).

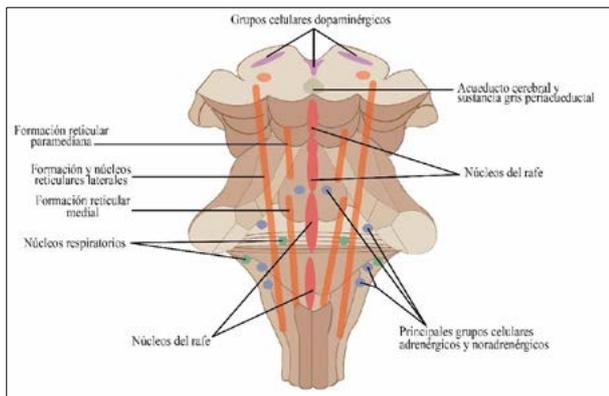


Figura 102. Formación reticular

Fuente: Autor

### Constitución

La Formación Reticular se extiende desde la parte alta de la médula cervical, tronco cerebral, mesencéfalo, tubérculos cuadrigéminos, diencéfalo, hipotálamo, subtálamo y tálamo.

Distribuyéndose en 3 zonas longitudinales:

- Zona mediana (plano mediano): Se especializa en el control reflejo de los centros cardiovasculares y respiratorios (2).

**Respiratorios:** centros bulbares encargados de los ritmos de respiración, neumotáxico que inhibe la apneusis, apnéustico que realiza la apneusis y centros superiores.

**Cardiovasculares:** centro vasomotor (áreas sensorial, vasoconstrictora y vasodilatadora) y centro cardiorregulador (regulación de la frecuencia cardíaca: áreas cardioinhibidora y cardioaceleradora) (3).

- Zona paramediana (campo tegmentario medial): Se especializa en los reflejos suprasegmentarios que se asocian a la postura, locomoción y de regulación, destacándose el núcleo rojo (2).
- Zona lateral (campo tegmentario lateral): Se especializa en asociar los reflejos de los núcleos sensitivos con los motores y preganglionares parasimpáticos, la misma que se realiza por las fibras de asociación del tronco encefálico (2).

### Fibras de asociación del tronco encefálico

La función esencial de estas fibras es relacionar los núcleos del tronco encefálico que tienen que actuar de modo sinérgico, o de transmitir señales entre ellos (7):

- Cintilla longitudinal posterior: transmiten impulsos nerviosos hacia núcleos de músculos oculomotores.
- Fascículo longitudinal posterior (de Schütz): contiene sistemas de fibras ascendentes y descendentes que conectan el hipotálamo con varios núcleos del tronco encefálico y proporciona las conexiones entre los núcleos visceros-eferentes parasimpáticos.
- Fascículo mamilotegmental (de Guden): Haz de fibras que, desde el cuerpo mamilar, se dirige a los núcleos tegmentales del mesencéfalo.
- Fascículo central de la calota: se encarga de activar las formaciones cerebrales del tálamo, hipotálamo y subtálamo.
- Fascículo longitudinal medial (medio): fibras del núcleo vestibular medial y del tubérculo cuadrigémino superior que coordinan los movimientos oculares del nervio vestibulococlear (3).

### Núcleos

Entre los núcleos más importantes de la Formación Reticular, se destacan 10 núcleos que cumplen distintas funciones y se encuentran como centros de referencia a medida que se realizan los cortes respectivos en el tronco encefálico.

1. Formación gris central
2. Núcleo reticular mesencefálico
3. Núcleo rojo
4. Núcleo interpeduncular
5. Núcleo pónico caudal u oral
6. Núcleo del rafe
7. Núcleo lateral
8. Núcleo gigantocelular
9. Núcleo paramediano
10. Núcleo reticular ventral

### Vías aferentes

Las vías aferentes van desde la médula espinal hasta la corteza cerebral y encontramos 5 estructuras que aportan con las vías a la Formación Reticular:

- Médula espinal: incluyen haces espino-talámicos, espinoreticulares y el lemnisco medial.
- Núcleos de los nervios craneales: tractos aferentes ascendentes que incluyen las vías visual, auditiva y vestibular.
- Cerebelo: vía cerebelo reticular.
- Núcleos talámicos, hipotalámicos, subtalámicos, cuerpo estriado y sistema límbico que incluyen otros tractos aferentes.
- Corteza motora primaria (lóbulo frontal) y corteza somestésica (lóbulo parietal) que se proyectan como fibras aferentes (2).

### Vías eferentes

Las vías eferentes se extienden hacia el tronco encefálico y médula espinal hasta las regiones de la corteza cerebral y encontramos 4 extensiones principales que aportan con las vías de la Formación Reticular:

- Eferencia simpática y parasimpática cráneo sacra del sistema nervioso autónomo.
- Tronco Encefálico y médula espinal: por haces retículo bulbares y reticuloespinales hasta las neuronas en los núcleos motores de los nervios craneales y las células de la asta anterior de la médula espinal.
- Vías adicionales: se extienden al cuerpo estriado, cerebelo, núcleo rojo, sustancia negra, techo y núcleos del tálamo, subtálamo y el hipotálamo.
- Regiones de la corteza cerebral: reciben fibras eferentes (2).

### Funciones

La función de la FR está implicada en la regulación de los ritmos biológicos, y en las funciones cerebrales superiores y cognitivas a través de sus conexiones con el hipotálamo y sistema límbico. Entre las principales funciones de la Formación Reticular encontramos las siguientes:

- Control de actividad de la musculatura estriada por medio de las vías retículoespinal y reticulobulbar, manteniendo el tono de musculatura antigravitatoria o regulando la musculatura respiratoria por medio del centro respiratorio del bulbo raquídeo.
- Control de sensibilidad somática y visceral, como ejemplo: a través de mecanismos de compuerta de control de entrada del dolor.
- Control del sistema nervioso autónomo, como ejemplo: regulación de la presión sanguínea por activación del centro reflejo cardiovascular y el centro vasomotor.
- Control del sistema endócrino, vía hipotalámica, influyendo en la regulación de liberación de factores tróficos hormonales.
- Influencia sobre los relojes biológicos, regulando los ritmos circadianos.
- Control del ciclo sueño-vigilia, por el sistema activador reticular ascendente (S.A.R.A) (2).

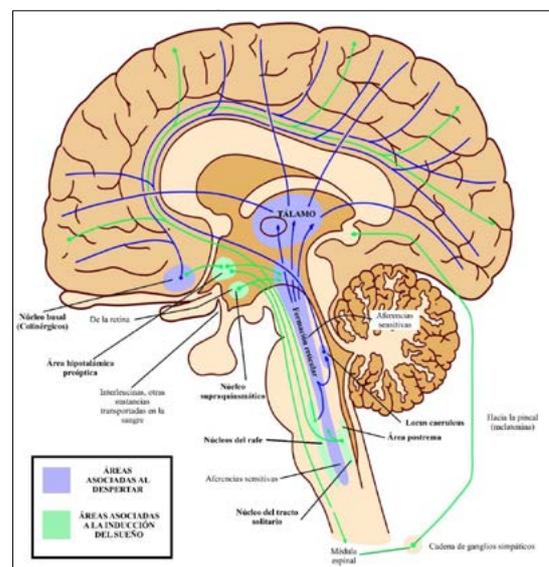


Figura 103. Vías del sueño

Fuente: Autor

### Enfermedades Asociadas

En el tronco encefálico convergen una serie de elementos neurológicos, haciendo que las probabilidades de desarrollo de patologías sean amplias, en este sitio por ejemplo encontramos el paso de las vías corticoespinales y las sensitivas, además del origen real de los nervios craneales.

### Malformación de Arnold-Chiari

La malformación de Arnold-Chiari también denominada hernia o ectopia tonsilar es una enfermedad rara y progresiva; consiste en una agrupación de las estructuras nerviosas del cerebelo y estructuras del tronco encefálico que se desplazan a través del agujero occipital formando la hernia.

Aunque de que no existe una teoría que explique la malformación de Chiari y sus anomalías asociadas, se considera que algunas formas son adquiridas, a pesar de que se observa en mayor frecuencia en mujeres, lo que induce a pensar en la existencia de un factor genético.

### Síndromes Bulbares

Aquí se presentan dos síndromes muy habituales en la práctica médica: síndrome bulbar lateral y el medial (2).

- **Síndrome Bulbar Lateral:** también denominado Síndrome de Wallenberg, se origina como producto de la oclusión de la arteria cerebelosa posteroinferior o de la arteria vertebral intracraneal. Es el síndrome vascular más frecuente de la circulación posterior; entre sus manifestaciones clínicas se menciona daño de la porción lateral del bulbo (rama espinal del trigémino), el núcleo ambiguo del vago, la vía espinotalámica, las fibras simpáticas descendentes y el pedúnculo cerebeloso inferior. Entre los síntomas más importantes se menciona la disminución de la sensibilidad térmica, hipoalgesia o hipoestesia en hemicuerpo contralateral, dolor facial ipsilateral, parálisis de los nervios craneales IX, X, XI, con parálisis frecuente cuerdas vocales manifestándose como ronquera, disfagia, disartria y síndrome de Horner ipsilateral (2).
- **Síndrome Bulbar Medial:** el síndrome bulbar medial o síndrome de Dejerine que se ocasiona por oclusión de las ramas paramedianas de la arteria vertebral o de la espinal anterior. La clínica de esta lesión se manifiesta con alteraciones a nivel de la lengua como fibrilaciones, atrofia, así

como desviación del mismo lado de la lesión. Al ser afectado el fascículo longitudinal medial se puede evidenciar nistagmo vertical, pérdida de la sensibilidad a la vibración el lado contralateral, no se altera la sensación al calor ni al dolor, y pérdida de la fuerza del hemicuerpo contralateral a la lesión respetando los músculos de la cara (2).

### Síndromes Pontinos

Los síndromes pontinos tienen un gran número de alteraciones debido a su papel de conexión entre encéfalo, médula y cerebelo.

#### Síndromes Pontinos Basales:

- **Síndrome caudal de la porción basal o Síndrome Millard-Gubler:** Cursa con parálisis facial del mismo lado de la lesión de tipo periférico, hemiplejía contralateral del tipo motoneurona superior, además puede incluir fibras del VI par craneal.
- **Síndrome rostral de la porción basal:** Se da debido a una lesión del nervio trigémino del mismo lado, además hemiplejía contralateral.
- **Síndrome de disartria-mano torpe:** Se da por alteraciones vasculares en la porción basilar, en la unión del tercio rostral con los dos tercios caudales del puente los síntomas característicos son disartria, disfagia, paresia de la mano y torpeza.
- **Síndrome de enclaustramiento:** Se produce mayoritariamente por problemas vasculares que afectan la mitad ventral del puente. Entre la clínica se encuentra la incapacidad de la actividad motora y afonía.

#### Síndromes Pontinos Tegmentales:

- **Síndrome tegmental medial:** Se da debido a la lesión en la rodilla del nervio facial y el lemnisco medial, originando parálisis de los nervios abductor y del nervio facial del mismo lado de la lesión y pérdida del lado contrario del tacto discriminativo.
- **Síndrome de uno y medio:** Se da por un daño a nivel del fascículo longitudinal me-

dio y tegmento paramediano dorsomedial, resultado parálisis de la mirada horizontal del mismo lado, y oftalmoplejía internuclear.

#### Síndromes Mesencefálicos:

- **Síndrome de Weber:** Se origina principalmente por daño en las arterias interpedunculares o aneurismas en especial de la arteria comunicante posterior. Estos ocasionan daño en el mismo lado del fascículo del tercer par craneal el mismo que se asocia a hemiparesia del lado contrario por daño en la vía corticoespinal y corticobulbar del pedúnculo cerebral.
- **Síndrome de Benedikt:** Se da principalmente por lesiones localizadas en la parte ventral del tegmento mesencefálico, comprometiendo al núcleo rojo, al pedúnculo cerebeloso superior y al fascículo del nervio oculomotor del mismo lado de la lesión. La clínica muestra afectación de las funciones del III nervio craneal del mismo lado en especial se observa midriasis acompañada por hemiparesia, hiperreflexia tendinosa y temblor de intención contralateral.
- **Síndrome de Parinaud,** Síndrome mesencefálico dorsal o Síndrome de Koerber-Salus- Elschnig: Se produce por lesiones de tipo compresivo o por daño directo en los núcleos adyacentes al colículo superior. Su sintomatología se manifiesta como parálisis de la mirada vertical hacia arriba, nistagmus, retracción del párpado (signo de Collier).

## Caso Clínico

### Síndrome de opsoclonus, mioclonus, ataxia

Paciente de 66 años de edad, con antecedentes de poca relevancia, acudió a consulta por un cuadro clínico de cinco días de evolución constante de movimientos oculares rápidos en varias direcciones, visión borrosa e intenciones de temblor generalizado.

Semanas antes presentó un cuadro febril y malestar general. En el examen físico se encontró signos vitales normales sin ninguna alteración.

En el examen neurológico se evidenció sacadas multidireccionales involuntarias, arrítmicas y caóticas. En cuanto a la fuerza, reflejos y fuerza, se documentó disimetría, temblor en extremidades y disartria cerebelosa leve. Se consideró que el paciente cursaba con sacadomania (opsoclonus), mioclonus y hallazgos compatibles con alteración cerebelosa, normales.

El tratamiento fue metilprednisolona, 1 gramo por día durante 5 días, junto con gabapentina y clonazepam como tratamiento asintomático.

Con esto el paciente tuvo una mejoría progresiva de los síntomas neurológicos, especialmente en la sacadomania, el mioclonus y la disimetría cerebelosa.

Se realizó seguimiento clínico y un mes después del egreso hospitalario, el paciente estaba asintomático.

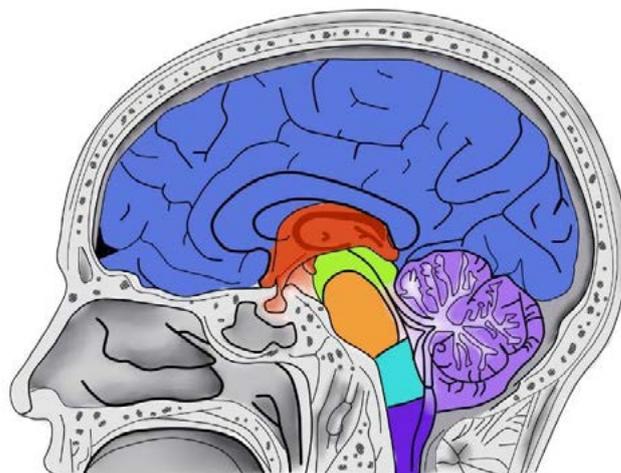
## Glosario

- **Astroцитos:** Célula grande en forma de estrella que mantiene las células nerviosas en su lugar y las ayuda a desarrollar y funcionar correctamente. Un astrocito es un tipo de célula glial.
- **Barrera hematoencefálica:** Red de vasos sanguíneos y tejido compuesta de células estrechamente unidas a fin de evitar que las sustancias dañinas penetren en el encéfalo.
- **Barrera hematorraquídea:** Existe el paso de agua, gases y sustancias liposolubles de la sangre al LCR. Sin embargo, las proteínas y hexosas son incapaces de ingresar al LCR porque se lo impide esta barrera.
- **Célula endimaria:** célula que forma el revestimiento de los espacios llenos de líquido del cerebro y la médula espinal. Es un tipo de célula glial.
- **Complejo olivar:** El complejo olivar u oliva superior es un conjunto de núcleos de forma ovalada, parecida a la de una oliva, que se encuentran en la zona inferior del tronco del encéfalo.
- **Disartria:** La disartria es una enfermedad en la que los músculos que usas para hablar son débiles o tienes dificultad para controlarlos, y está caracterizada por el ritmo lento al hablar o balbuceo de palabras.
- **El área postrema:** es una estructura medular localizada en el tallo cerebral que controla el vómito.
- **Espacio subaracnoideo:** El que se halla entre la aracnoides y la piamadre. Está ocupado por el líquido cefalorraquídeo.
- **Formación reticular:** Agrupación densa de neuronas del tronco del encéfalo que están entrelazadas en forma de red. Tiene como función el control de la respiración, ritmo cardíaco, tensión arterial e incluso del nivel de consciencia.
- **Hipoestesia:** Trastorno de la percepción que consiste en una distorsión sensorial a causa de una disminución de la intensidad de las sensaciones, de tal forma que los estímulos se perciben de una forma anormalmente atenuada.
- **Ipsilateral:** Relacionado con el mismo lado del cuerpo que otra estructura o un punto determinado.
- **Lemnisco medial:** También llamada cinta de Reil, cinta de fibras sensoriales que se localiza en la protuberancia y el bulbo raquídeo del tronco del encéfalo.
- **Líquido cefalorraquídeo (LCR):** Líquido de composición semejante al suero sanguíneo, transparente y con muy pocas células. Además, está circulando por el sistema ventricular, conducto endimario y espacio subaracnoideo.
- **Neuroglia:** Conjunto de células nerviosas con largas prolongaciones, existentes en la sustancia blanca y gris del cerebro y que desempeñan una función de nutrición de los tejidos.
- **Núcleo ambiguo:** Núcleo motor bulbar del glossofaríngeo, vago y accesorio.
- **Núcleos arcuatos:** Productor de las hormonas hipofisiotrópicas y de la dopamina (DA) del sistema porta-hipofisario-hipotalámico, encargadas de la homeostasis endocrinológica del organismo. También participa en funciones reguladoras de la saciedad.
- **Núcleo del tracto solitario:** Es una estructura cerebral localizada en la porción caudal del bulbo raquídeo y es el sitio de terminación y proyección de fibras aferentes viscerales y cardiovasculares.

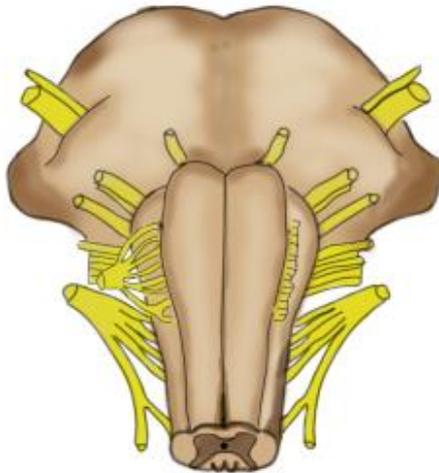
- Seno sagital superior: Es uno de los seis canales venosos situados en la parte posterior de la duramadre que drenan la sangre del cerebro hacia la vena yugular interna.
- Vellosidades aracnoideas: Prolongaciones de la aracnoides que penetran en el seno venoso longitudinal superior y en él vierten líquido cefalorraquídeo.
- Vermis cerebeloso: Porción cerebelosa que se encuentra entre ambos hemisferios del cerebro (vermis significa gusano en latín y recibe este nombre porque tiene un aspecto segmentado).

## Actividades

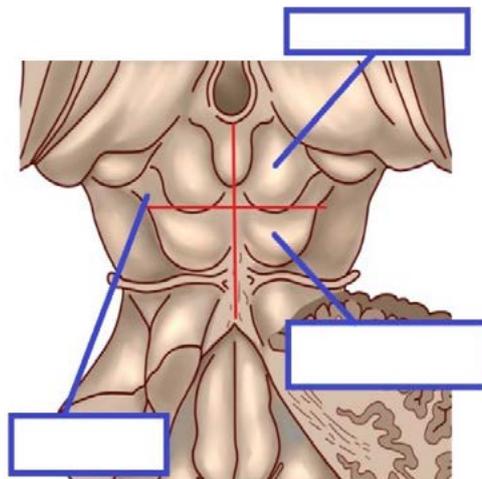
1. Realizar un corto mentefacto sobre las estructuras externas del tronco encefálico.
2. Graficar un corte transversal a nivel de las olivas bulbares e indique los núcleos que contiene.
3. Señale las partes que corresponden al tronco encefálico y de una explicación breve de una de ellas.



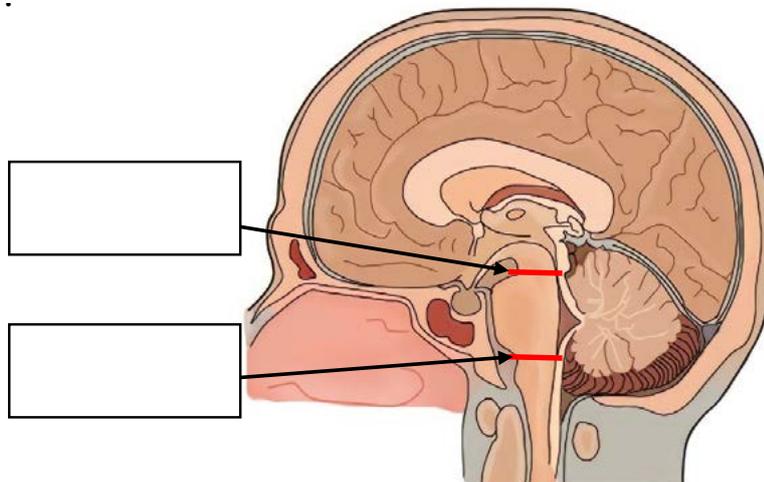
4. Señale las partes principales que corresponden a la cara anterior del bulbo raquídeo



5. Escriba tres partes que pueden observarse en la cara posterior del cuarto ventrículo.

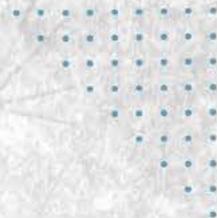


6. ¿Cómo se denomina a los dos surcos que se encuentran en la protuberancia anular?



## Referencias Bibliográficas

1. Latarjet, Ruiz Liard A. Anatomía Humana con Orientación Clínica. 5th ed. Buenos Aires: Editorial medica panamericana; 2019.
2. Chu Lee Á, Cenca Buele S, López M. Anatomía y fisiología del sistema nervioso. 1st ed. Machala: UTMACH; 2015.
3. Splittgerber R. Snell. Neuroanatomía clínica. 8a ed. la Ciudad Condal, España: Lippincott Williams & Wilkins; 2019; p.185-214.
4. Rouviere H, Delmas A, Delmas V. Anatomía humana. Descriptiva, topográfica y funcional. Tomo IV. 11a ed. Barcelona: Elsevier; 2005.
5. Ojeda Sahagún JL, Icardo de la Escalera JM. Neuroanatomía Humana, Aspectos Funcionales y clínicos Barcelona: Masson S.a; 2005.
6. Dalley AF II, Agur A. Moore. Anatomía Con Orientación Clínica. 9a ed. Baltimore, MD, Estados Unidos de América: Wolters Kluwer Health; 2022.
7. Crossman AR, Neary D. Neuroanatomía, texto y atlas en color. 6a ed. Barcelona: Elsevier Masson; 2020.



# CAPÍTULO 5

## CEREBELO





## CEREBELO

El cerebelo es una estructura fundamental en todos los vertebrados y forma parte del Sistema Nervioso Central (SNC) interviniendo en procesos relacionados con la coordinación, ajuste, equilibrio y control del movimiento, debido a que modula la información proveniente del tallo cerebral y la médula espinal.

Cabe destacar que el cerebelo se lo considera vital sobre todo para el control de actividades musculares rápidas como escribir a máquina, tocar el piano, correr e incluso hablar. Cualquier alteración en esta zona puede afectar a cada una de estas actividades (1).

El objetivo del capítulo es describir cada una de las estructuras que conforman al cerebelo mediante una lectura comprensiva para poder ampliar conocimientos sobre este tema. También se plantea describir las fibras tanto aferentes como eferentes que forman parte de esta estructura y diferenciar las funciones específicas que cumple el cerebelo.

Tabla 12. Funciones del cerebelo

Funciones del cerebelo
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coordinación de los movimientos mediante sinergia con las diferentes estructuras cerebrales (1).</li> <li>• Regular y manejar una situación con la capacidad de taxia y cronometría de los movimientos (1).</li> <li>• Inhibir el funcionamiento de una vía que se activa innecesariamente ante un estado de alerta (1).</li> <li>• Modular la información que atraviesan los núcleos más profundos (1).</li> <li>• Diadococinesia: control de movimientos alternos (1).</li> </ul>

### Generalidades

El cerebelo (del latín cerebellum o “pequeño cerebro”) se encuentra ubicado en la fosa craneal posterior y está cubierto en la parte superior por la tienda del cerebelo, cubre dorsalmente al cuarto ventrículo, la protuberancia y el bulbo raquídeo, a los cuales se encuentra unido por medio de los pedúnculos cerebelosos (compuestos por fibras tanto aferentes como eferentes). Es una estructura nerviosa que pesa 140 gramos aproximadamente (en adultos de 70 kg), su altura es de 5cm, de sentido anteroposterior de 5.5 a 6.5 cm y de ancho 10 cm; posee dos porciones laterales (hemisferios cerebelosos), los cuales se encuentran unidos en la porción media por el vermis (“gusano” en latín) (2).

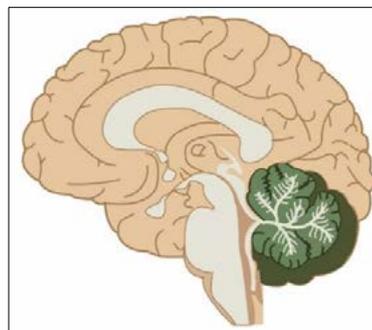


Figura 104. Ubicación del cerebelo  
Fuente: Autor

### Estructura del cerebelo

El cerebelo está conformado por la corteza cerebelosa, un manto cortical gris, y un centro medular de sustancia blanca. Además, consta de cuatro pares de núcleos propios los cuáles son: fastigio, globoso, emboliforme y dentado. Otras

estructuras de gran relevancia son los pedúnculos cerebelosos que conectan al cerebelo con las tres estructuras del tronco encefálico, los pedúnculos cerebelosos se denominan: superior, medio e inferior (2).

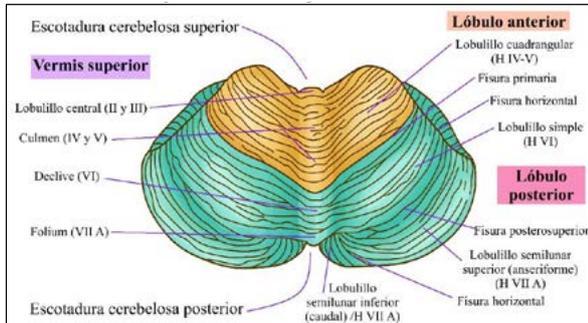


Figura 105. Cara superior del cerebelo  
Fuente: Autor

### Embriología

El sistema nervioso central (SNC) tiene un origen como una placa de ectodermo que se engrosa a comienzos de la tercera semana, su forma se asemeja a la de una “zapatilla”: la placa neural, ubicada en la región medio-dorsal por delante del ganglio primitivo. Al pasar de los días, sus bordes laterales terminarán elevándose, esto para dar como resultado los pliegues neurales (3).

La región superior (extremo cefálico) del tubo neural hará notar 3 estructuras dilatadas, las vesículas cerebrales primarias (3):

- Prosencéfalo o cerebro anterior.
- Mesencéfalo o cerebro medio.
- Rombencéfalo o cerebro posterior.

Alrededor de la quinta semana, estas vesículas primarias darán paso a otras estructuras, las vesículas secundarias que estarán conformadas por cinco vesículas, según su origen (3):

- Prosencéfalo: forma al telencéfalo y el diencéfalo.
- Mesencéfalo: permanece igual.
- Rombencéfalo: da origen el metencéfalo y el mielencéfalo.

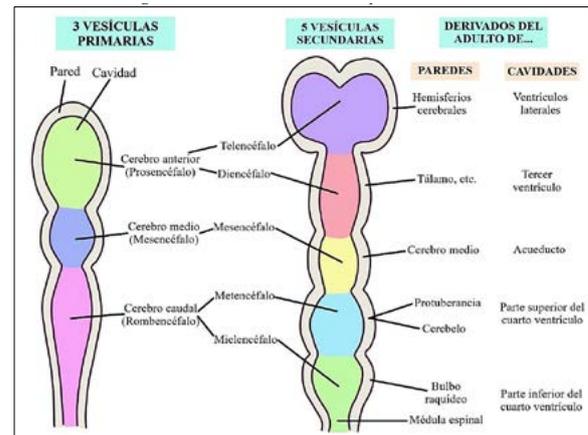


Figura 106. Vesículas cerebrales y sus derivados  
Fuente: Autor

### Embriología del cerebelo

El cerebelo se forma a partir del labio rómbico, que es el resultado de la inclinación y engrosamiento de las placas alares de la corteza del cerebro, esto en la sexta semana de desarrollo (3).

A la doceava semana la lámina muestra una porción en la línea media, se denomina el vermis, además de dos porciones laterales, formando los hemisferios. La lámina cerebelosa es separada por un surco transverso en porciones craneal y caudal, o nódulo del vermis y el flóculo lateral (4).

En un inicio, la lámina del cerebelo está conformada por tres capas principales: marginal, neuroepitelial y del manto. En el sexto mes, la capa granulosa externa genera varios tipos de células, algunas de las cuáles migran a las células de Purkinje y originan las células granulosas. Otras células como las estrelladas y en cesta tienen un origen en la sustancia blanca cerebelosa, de las células en proliferación. El tamaño definitivo de estructuras como la corteza cerebelosa, lo alcanza luego del nacimiento; a esta misma la conforman células de Purkinje y neuronas que son producidas por la capa granulosa externa y de Golgi tipo II (3).

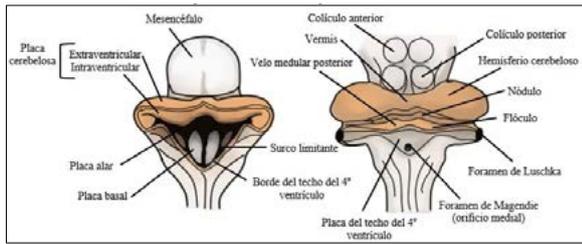


Figura 107. Embriología del cerebelo  
Fuente: Autor

### Macroscopía del cerebelo

#### Lóbulos

El cerebelo está constituido por tres lóbulos principales: lóbulo anterior (paleocerebelo), lóbulo posterior (neocerebelo) y lóbulo floculonodular (arquicerebelo).

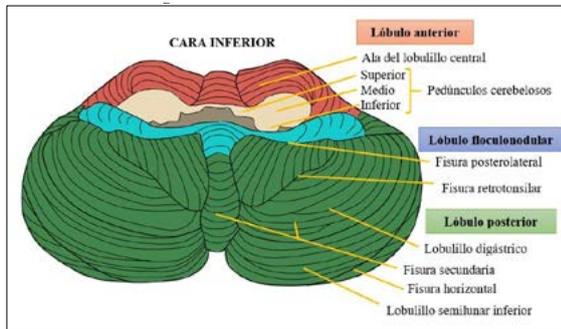


Figura 108. Cara inferior del cerebelo  
Fuente: Autor

#### Paleocerebelo (Lóbulo anterior)

El paleocerebelo está ubicado delante de la fisura primaria. Posee estructuras de conexión con la médula espinal. Está involucrado en el proceso de movimientos axiales y de extremidades, además de regular el tono muscular (1).

Anatómicamente se encuentra formado por la línula, el lobulillo central y el culmen (5).

Tabla 13. Lóbulo anterior (Paleocerebelo)

Vermis	Correspondencia
I. Línula	No tiene correspondencia
II.III. Lobulillo Central	Lobulillo alar
IV. V Culmen	Lobulillo cuadrilátero anterior

#### Neocerebelo (Lóbulo posterior)

Corresponde a la mayor división del cerebelo. Cuenta con conexiones con la corteza del cere-

bro, y dentro de sus funciones se encuentra la planeación, coordinación y regulación de movimientos discretos y precisos (1).

La principal vía aferente consiste en fibras pontocerebelosas que se originan a partir de núcleos pontinos situados en la porción basal del puente. Se encuentra conformado por el declive, el folium, el túbér, las pirámides y la úvula (5).

Tabla 14. Lóbulo posterior (Neocerebelo)

Vermis	Correspondencia
VI. Declive	Lobulillo cuadrilátero posterior
VII.	Lobulillo ansiforme:
Lámina	• Crus I (Lobulillo semilunar superior)
Túbér	• Crus II (Lobulillo semilunar inferior)
VIII.	Lobulillo paramediano:
Pirámide	• Lobulillo delgado • Lobulillo digástrico
IX. Úvula	Amígdala (Tonsilar)

#### Arquicerebelo (Lóbulo floculonodular):

Es la porción más antigua filogenéticamente y se relaciona principalmente con el mantenimiento del equilibrio. Tiene conexiones extensas con núcleos vestibulares y reticulares del tronco encefálico a través de los pedúnculos cerebelosos inferiores. Está representado por el nódulo, los dos flóculos y sus conexiones pedunculares (5).

Tabla 15. Nódulo floculonodular (Arquicerebelo)

Vermis	Correspondencia
X. Nódulo	Flóculo

#### Cisuras

- **Cisura precentral:** se encarga de separar a la línula del lobulillo central (6).
- **Cisura pre-culminar:** separa el lobulillo central del culmen.
- **Cisura prima o primaria:** separa al lobulillo cuadrangular del lobulillo simple (6).
- **Cisura posclival o poslunar:** encargado de la conexión del lobulillo simple con el lobulillo semilunar superior.

- **Cisura horizontal:** encargado de la conexión del lobulillo semilunar superior y semilunar inferior, también este se encarga de dividir la cara superior e inferior del cerebelo.
- **Cisura prepiramidal:** conexión entre el lobulillo semilunar inferior y el lobulillo delgado.
- **Cisura retroamigdalina:** conexión del lobulillo digástrico y la amígdala cerebelosa.
- **Cisura post-piramidal:** conexión de la pirámide y la úvula.
- **Cisura postero-lateral:** conexión de la amígdala cerebelosa y el flóculo.

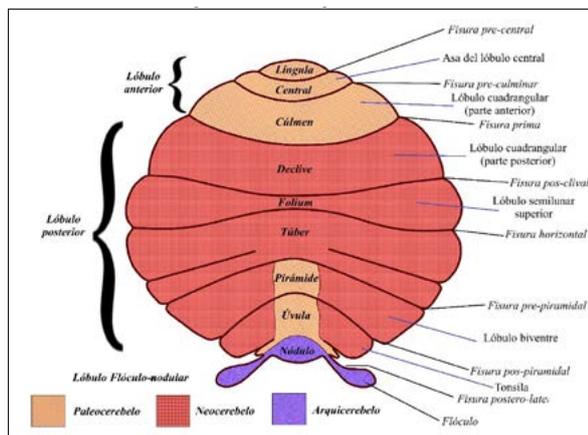


Figura 109. Macroscopía del cerebelo  
Fuente: Autor

### Áreas funcionales de la corteza cerebelosa

- **La corteza del vermis:** está involucrada con los movimientos del eje mayor del cuerpo (hombros, cuello, tórax, caderas y abdomen) (7).
- **Zona intermedia del hemisferio cerebeloso:** controla los músculos distales de los miembros, sobre todo manos y pies (7).
- **Zona lateral de cada hemisferio cerebeloso:** se involucra en los movimientos secuenciales de todo nuestro cuerpo al igual que en la evaluación consciente de los errores del movimiento (7).

### Irrigación

El cerebelo se encuentra irrigado principalmente por la arteria basilar y la arteria vertebral. En cuanto a la arteria basilar, se observa que surgen dos ramos cerebelosos que son importantes, en la parte superior se encuentra la arteria cerebelosa superior, que irriga la cara superior del cerebelo.

En la región inferior de la arteria basilar se encuentra la arteria cerebelosa anteroinferior, esta arteria va a irrigar la cara inferior del cerebelo, y como su nombre lo indica, está orientada hacia la parte más anterior del cerebelo (6).

La tercera arteria es la cerebelosa posteroinferior, rama de la arteria vertebral, es una arteria de gran importancia clínica. Esta arteria irriga la zona lateral de la médula oblongada o bulbo raquídeo, por lo tanto, también envía ramas laterales hacia la parte interior de la cara lateral de la médula oblongada, en esta área se encuentran muchos núcleos que se relacionan directamente con los nervios craneales.

De allí se destaca su importancia clínica, al aportar una gran irrigación a estos núcleos, cuando esta arteria es ocluída aparece el síndrome de Woldenberg o también denominado síndrome bulbar lateral, que ocasiona síntomas relacionados con los nervios craneales IX, X y tractos espinales del nervio V (6).

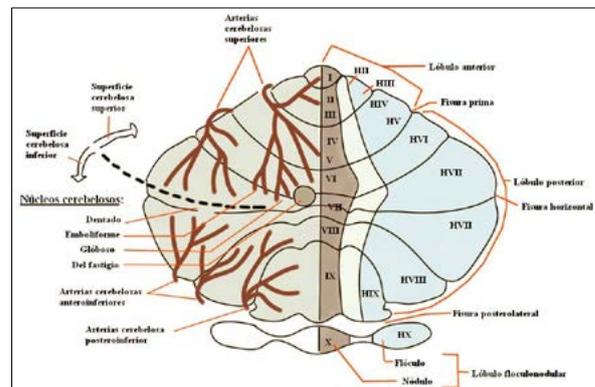


Figura 110. Irrigación del cerebelo  
Fuente: Autor

## Microscopía del cerebelo

### Sustancia gris

La sustancia gris es la responsable de elaborar las respuestas adecuadas a los diferentes estímulos (forma parte del modulador). Está formada por los cuerpos neuronales y las prolongaciones sin mielina y se divide en la corteza cerebelosa y los núcleos profundos del cerebelo.

### Núcleos intracerebelosos

En la profundidad de la sustancia blanca cerebelosa se encuentran cuatro pares de núcleos de sustancia gris, situados a cada lado de la línea media por encima del techo del IV ventrículo (1) (7). Desde el exterior a la profundidad estos núcleos formados por grandes dendritas multipolares son: los núcleos dentados, emboliforme, globoso y del fastigio.

Tabla 16. Núcleos Intracerebelosos

Núcleos	Sinonimia	Forma	Ubicación	Fibras
Dentado	Oliva cerebelosa	Bolsa arrugada	Sustancia blanca hemisférica, medial al cuerpo medular	Recibe: Fibras de la corteza del neocerebelo homolateral Emite: Fibras cerebelorrúbricas y cerebelotalámicas
Emboliforme	Interpósito anterior	Ovoide	Medialmente al núcleo dentado	Recibe: Fibras de paleocerebelo Emite: Fibras cerebelorrúbricas
Globoso	Interpósito posterior	-	Medial al núcleo emboliforme	Recibe: Fibras de paleocerebelo Emite: Fibras cerebelorrúbricas
Fastigio	Del techo	Cometa	Próximo a la línea media en el vermis y cerca del techo del IV ventrículo	Recibe: Fibras del arquicerebelo Emite: Fibras cerebelovestibulares

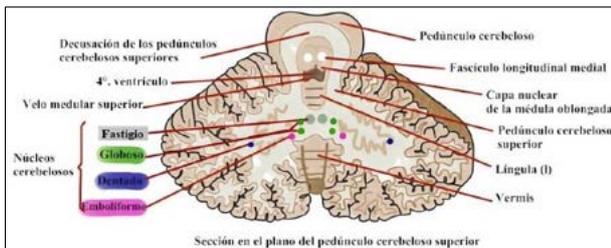


Figura 111. Núcleos intracerebelosos  
Fuente: Autor

### Corteza cerebelosa

El córtex cerebeloso o corteza cerebelosa puede definirse como una lámina cuyos numerosos pliegues se encuentran ubicados en el plano coronal o transverso. Cada lámina presenta en su interior un centro de sustancia blanca cubierto por sustancia gris en su superficie (5).

Tabla 17. Composición de la corteza

Estructura	Composición
Corteza Cerebelosa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuerpos celulares</li> <li>• Dendritas</li> <li>• Conexiones sinápticas de las neuronas cerebelosas.</li> </ul>

Esta estructura posee un 1mm de espesor y se divide histológicamente en tres capas superpuestas (7):

- **Capa molecular:** También conocida como capa plexiforme, es la capa más externa rica en fibras y representa casi la mitad de la corteza, está formada por dos clases de neuronas: células estrelladas externa de tipo Golgi II y células de cesta interna (1).

- **Capa de células de Purkinje:** Es la capa intermedia. Se encuentra formada por neuronas de Golgi grandes de tipo I dispuestas entre la capa granular y molecular. Las células de Purkinje poseen un núcleo vesicular y dan origen a un árbol dendrítico que se ramifica, sus ramos primarios y secundarios son lisos y los terciarios están rodeados por espinas dendríticas cortas, gruesas y rugosas (1).
- **Capa Granulosa:** Es la capa interna que denomina de esa manera debido a que posee células granulosas. Esta capa se extiende hasta la mitad de la corteza, con un espesor en la convexidad (500  $\mu\text{m}$ ) y en el surco (100  $\mu\text{m}$ ), contiene dendritas que nacen del soma y tras seguir su recorrido corto, algo flexuoso y sin ramificaciones, terminan en una pequeña arborización (1).

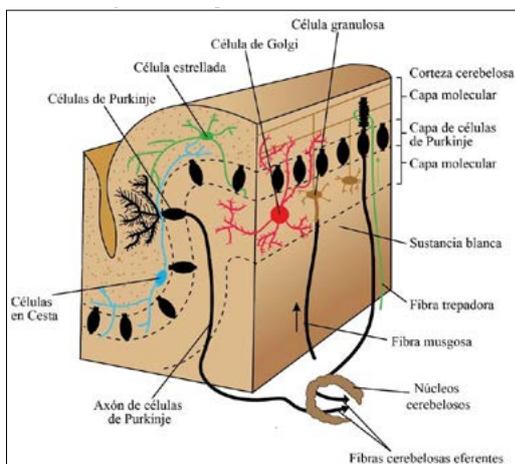


Figura 112. Capas de la corteza cerebelosa  
Fuente: Autor

### Sustancia blanca

La sustancia blanca está presente en el vermis, en mayor volumen en cada hemisferio cerebeloso y circunda a los núcleos del cerebelo. Está compuesta por fibras contenidas en los seis pedúnculos cerebelosos que unen al cerebelo con el bulbo raquídeo, la protuberancia y el mesencéfalo, y por fibras que se extienden desde la corteza cerebelosa hasta los núcleos (1).

Estas fibras corresponden a tres grupos: Intrínsecas, eferentes o extrínsecas y aferentes.

Existen prolongaciones de sustancia blanca entre las circunvoluciones del cerebelo que debido a su delgadez adoptan el nombre de “árbol de la vida” por su parecido a ramas de un árbol (1) (7).

### Conexiones intrínsecas

#### Fibras trepadoras

Son las fibras terminales de los fascículos olivocerebelosos. Ascenden por cada capa de la corteza, traspasan la capa granulosa y se dividen en la capa molecular, reciben ese nombre por su similitud a las enredaderas de un árbol. Se envuelven a las dendritas de la célula de Purkinje para establecer sinapsis numeraria con ella.

Una sola neurona de Purkinje establece contacto sináptico con una fibra trepadora. En cambio, una fibra trepadora establece contacto con varias neuronas de Purkinje, de 1 a 10 (1).

#### Fibras Musgosas

Son fibras compuestas de mielina que entran al cerebelo por cualquiera de los pedúnculos y que se divide en la sustancia blanca. Conforman el resto de las aferencias central y periférica de la corteza cerebelosa (1).

Su origen recae en las somas (cuerpo neuronal) de las neuronas de los núcleos cerebelosos (fibras nucleocorticales) y de una serie de núcleos provenientes de la protuberancia, bulbo y médula espinal, menos de la oliva. Terminan sobre las dendritas de las células de la granulosa (capa más profunda) y forman una vía indirecta hacia las células de Purkinje. Las fibras musgosas producen espigas simples o potenciales de acción simple, además en sus terminaciones aparecen ensanchamientos (rosetas) que forman el centro de un glomérulo cerebeloso.

### Conexiones extrínsecas

#### Pedúnculos Cerebelosos

Conjunto de fibras tanto aferentes como eferentes que se agrupan en tres grandes fascículos o también llamados pedúnculos, los cuales son:

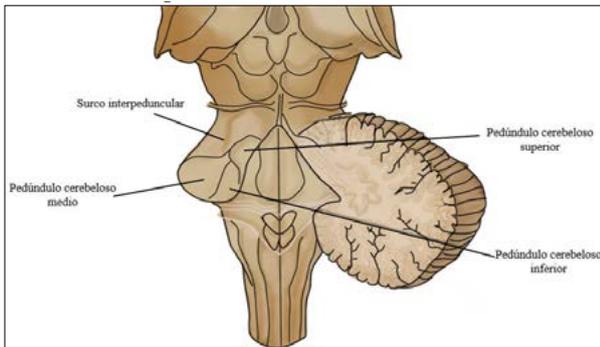


Figura 113. Pedúnculos cerebelosos  
Fuente: Autor

- **Pedúnculo cerebeloso superior:** Su función es conectar el cerebelo con el mesencéfalo.
- **Pedúnculo cerebeloso medio:** Se encarga de conectar el cerebelo con la protuberancia.
- **Pedúnculo cerebeloso inferior:** Es el responsable de conectar el cerebelo con el bulbo raquídeo.

#### Fibras cerebelosas aferentes

##### Fibras procedentes de la corteza cerebral

Son aquellas fibras que parten desde el cerebro hasta el cerebelo a través de diferentes vías entre las cuales tenemos: vía corticopontocerebelosa, vía cerebroolivocerebelosa y vía cerebrorreticulocerebelosa.

##### Vía corticopontocerebelosa

Las fibras corticopontinas se originan de las células que se encuentran en los lóbulos frontal, temporal, parietal y occipital, estas fibras van a descender hasta llegar a los núcleos pontinos. En los núcleos pontinos se originan las fibras transversas las cuales terminan en el hemisferio cerebeloso opuesto como pedúnculo cerebeloso medio (7).

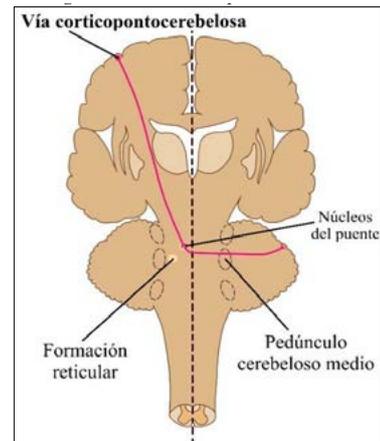


Figura 114. Vía corticopontocerebelosa  
Fuente: Autor

##### Vía cerebroolivocerebelosa

Las fibras corticoolivares se originan de las células que se encuentran en los lóbulos frontal, temporal, parietal y occipital, luego descienden hasta los núcleos olivares inferiores.

Estos núcleos dan origen a fibras que se dirigen al hemisferio cerebeloso del lado opuesto por medio del pedúnculo cerebeloso inferior. Esta vía cerebroolivocerebelosa es de mucha importancia para el control de los movimientos voluntarios.

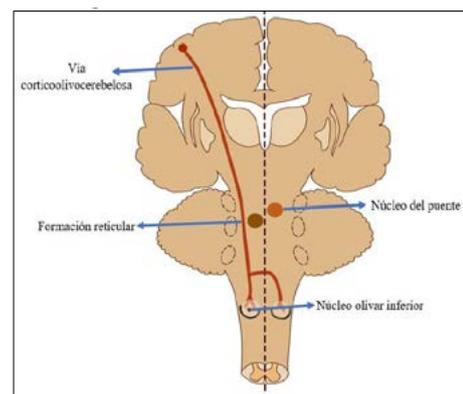


Figura 115. Vía cerebroolivocerebelosa  
Fuente: Autor

### Vía cerebrorretículo-cerebelosa

Las fibras corticoreticulares se originan de varias áreas de la corteza cerebral las cuales van a descender hasta la formación reticular del mismo lado y en lado opuesto hasta la protuberancia y médula oblongada. Las células que se encuentran en la formación reticular originan las fibras reticulocerebelosas las cuales se dirigen hacia el hemisferio cerebeloso del mismo lado por medio de los pedúnculos cerebelosos inferior y medio.

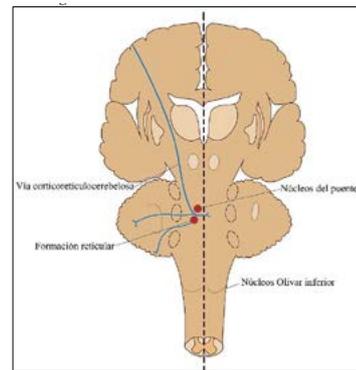


Figura 116. Vía cerebrorretículo-cerebelosa

Fuente: Autor

Tabla 18. Fibras procedentes de la corteza cerebral

Vía	Función	Origen	Destino
Cortico-ponto-cerebeloso	Transmite el control desde la corteza cerebral	Lóbulos frontal, parietal, temporal y occipital	A través de los núcleos del puente y las fibras musgosas hasta la corteza cerebelosa
Cerebro-olivo-cerebelosa	Transmite el control desde la corteza cerebral	Lóbulos frontal, parietal, temporal y occipital	A través de los núcleos del puente y las fibras musgosas hasta la corteza cerebelosa
Cerebro-retículo-cerebelosa	Transmite el control desde la corteza cerebral	Áreas sensitivomotoras	A través de la formación reticular

### Fibras procedentes de la médula espinal

La médula espinal envía información al cerebelo desde los receptores sensitivos somáticos por tres vías: fascículo o tracto espinocerebeloso anterior, fascículo espinocerebeloso posterior y fascículo cuneocerebeloso (6).

#### Tracto espinocerebeloso anterior

Los axones que provienen del ganglio de la raíz posterior que ingresan a la médula espinal terminan haciendo sinapsis en el núcleo dorsal en la asta gris posterior. Algunos axones se cruzan hacia el lado opuesto y ascienden como fascículo espinocerebeloso anterior por medio del cordón contralateral; pero existen otras fibras las cuales ascienden por medio del cordón blanco del mismo lado.

Todas estas fibras ingresan al cerebelo a través del pedúnculo cerebeloso superior y llegan a la corteza cerebelosa como fibras musgosas.

Existen ciertas ramas colaterales que llegan a los núcleos cerebelosos profundos.

El fascículo espinocerebeloso anterior se distribuye por todos los segmentos de la médula espinal, y sus fibras transmiten información muscular y articular desde los órganos tendinosos, los receptores articulares de los miembros tanto superiores como inferiores, los husos musculares (7).

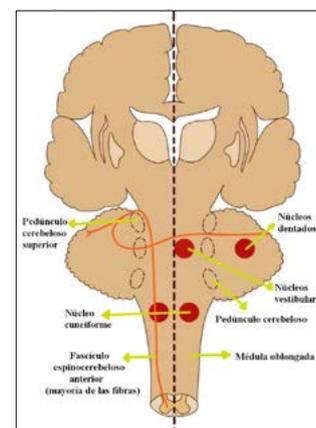


Figura 117. Tracto espinocerebeloso anterior

Fuente: Autor

### Tracto espinocerebeloso posterior

Las fibras pasan a la médula espinal a través del ganglio de la raíz posterior, llegan a la asta gris posterior para hacer sinapsis con las neuronas que se encuentran en la misma. A estas neuronas se las denomina como núcleo dorsal. Estas neuronas del núcleo dorsal envían sus axones hacia la parte posterolateral del cordón blanco lateral del mismo lado y sube como fascículo espinocerebeloso posterior llegando hasta la médula oblonga. Luego este tracto ingresa al cerebelo por medio del pedúnculo cerebeloso inferior y termina en la corteza cerebelosa como fibras musgosas. También existen ramas colaterales como en el tracto anterior que terminan en los núcleos cerebelosos profundos.

El tracto espinocerebeloso posterior cumple la función de captar información muscular y articular provenientes de los husos musculares, receptores articulares del tronco y de los órganos tendinosos (6).

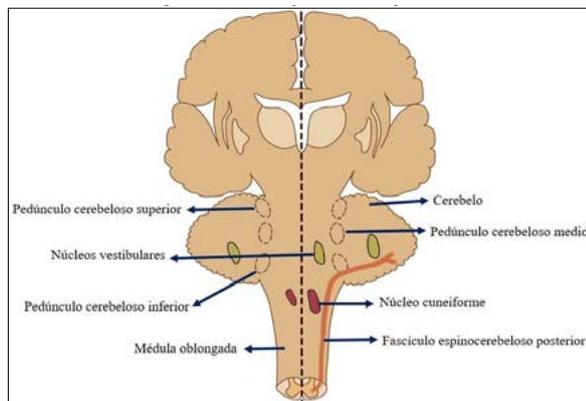


Figura 118. Tracto espinocerebeloso posterior  
Fuente: Autor

### Tracto cuneocerebeloso

Las fibras de este tracto se originan en el núcleo cuneiforme del bulbo raquídeo, las cuales ingresan en el hemisferio cerebeloso del mismo lado por medio del pedúnculo cerebeloso inferior. Estas fibras acaban como fibras musgosas en la corteza del cerebelo. Al igual que el resto de los tractos provenientes de la médula espinal se van a formar ramas colaterales las cuales llegan a los núcleos cerebelosos profundos.

Este tracto cumple la función de recibir información tanto articular como muscular que proviene de los husos musculares, receptores articulares de la parte superior del tórax y del miembro superior (7).

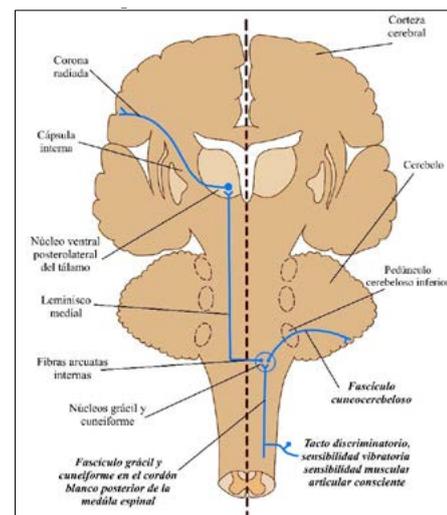


Figura 119. Tracto cuneocerebeloso  
Fuente: Autor

Tabla 19. Fibras procedentes de la médula espinal

Vía	Función	Origen	Destino
Espinocerebelosa anterior	Transmite información desde los músculos y las articulaciones	Husos musculares, órganos tendinosos y receptores articulares	A través de las fibras musgosas hacia la corteza cerebelosa
Espinocerebelosa posterior	Transmite información desde los músculos y las articulaciones	Husos musculares, órganos tendinosos y receptores articulares	A través de las fibras musgosas hacia la corteza cerebelosa
Cuneocerebelosa	Transmite información desde los músculos y las articulaciones del miembro superior	Núcleo cuneiforme de la médula oblongada	A través de las fibras musgosas hacia la corteza cerebelosa

### Fibras procedentes del nervio vestibular

El nervio vestibular es el encargado de recibir la información proveniente del oído interno con relación a los movimientos que existen en los canales semicirculares y de la posición en relación con la gravedad del utrículo y sáculo (7).

El nervio vestibular desprende muchas fibras aferentes que van hacia el cerebelo por medio del pedúnculo cerebeloso inferior del mismo lado. Existen otras fibras vestibulares que se dirigen primero a los núcleos vestibulares que se encuentran en el tronco encefálico donde hacen sinapsis y se transmiten luego al cerebelo por medio del pedúnculo cerebeloso inferior.

Todas estas fibras aferentes que vienen del oído interno acaban como fibras musgosas en el nódulo floclonodular del cerebelo.

Tabla 20. Otras fibras aferentes

Vía	Función	Origen	Destino
Nervio vestibular	Transmite información de la posición y el movimiento de la cabeza	Utrículo, sáculo y canales semicirculares	A través de las fibras musgosas hacia la corteza del lóbulo floclonodular
Otras fibras aferentes	Transmite información desde el mesencéfalo	Núcleo rojo, lámina del techo mesencefálico	Corteza cerebelosa

### Fibras cerebelosas eferentes

Estas señales provienen de la corteza cerebelosa y terminan en sinapsis con las células de los núcleos cerebelosos profundos. Es así que el flujo eferente, parte del cerebelo se dirige por las fibras de Purkinje de la corteza cerebelosa y pasan hacia los núcleos cerebelosos para finalmente conectar con el núcleo rojo, el tálamo, el complejo vestibular y la formación reticular (6).

### Vía globosoemboliformerubral

Las señales neuronales provenientes de los núcleos globosos y emboliformes se dirigen a través del pedúnculo cerebeloso superior, cruzan hacia el lado opuesto en la decusación de los pedúnculos cerebelosos superiores y terminan en sinapsis con las células del núcleo rojo. Es así que los núcleos de origen (globoso y emboliformes) influyen en la actividad motora de un mismo lado en el cuerpo (1).

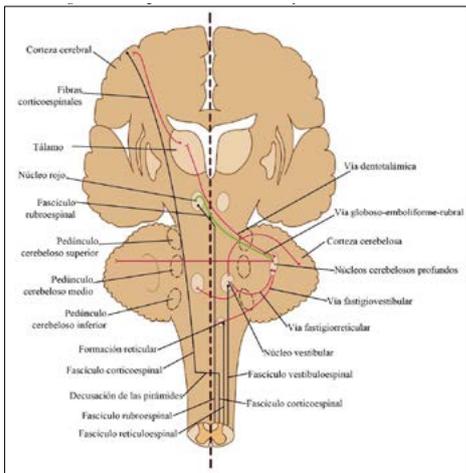


Figura 120. Vía globoemboliformerubral y otras vías cerebelosas  
Fuente: Autor

### Vía dentotalámica

Las señales neuronales provenientes del núcleo dentado, se continúan a través del pedúnculo cerebeloso superior, cruzan hacia el lado opuesto en la decusación del pedúnculo cerebeloso superior y terminan en sinapsis con las células del núcleo ventrolateral del tálamo contralateral, estas neuronas ascienden a través de la cápsula interna y la corona radiada para terminar finalmente en el área motora primaria de la corteza cerebral. El núcleo dentado influye en la actividad motora, al actuar sobre las motoneuronas en la corteza cerebral opuesta, además coordina la actividad muscular en un mismo lado del cuerpo (1) (7).

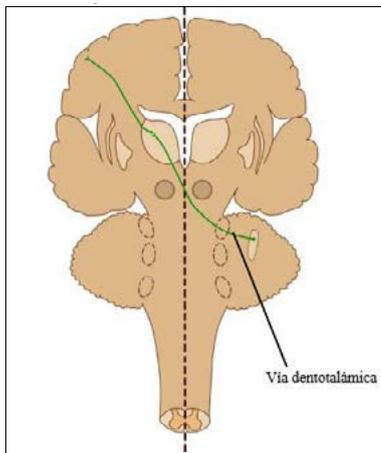


Figura 121. Vía dentotalámica  
Fuente: Autor

### Vía fastigiovestibular

Las señales neuronales provenientes del núcleo del fastigio se dirigen a través del pedúnculo cerebeloso inferior y terminan en proyección con las neuronas del núcleo vestibular lateral. El núcleo del fastigio influye principalmente sobre el tono muscular extensor ipsolateral (1) (7).

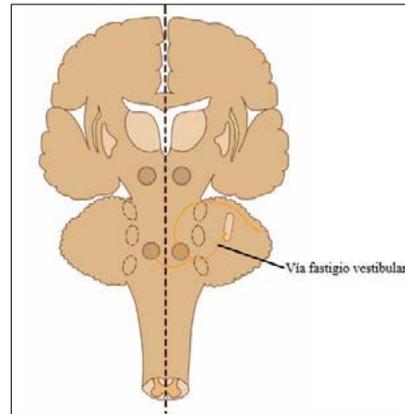


Figura 122. Vía dentotalámica  
Fuente: Autor

### Vía fastigiorreticular

Las señales neuronales del núcleo del fastigio se dirigen a través del pedúnculo cerebeloso inferior y terminan en sinapsis con neuronas de la formación reticular, las cuales influyen en la actividad motora segmentaria espinal (1) (6).

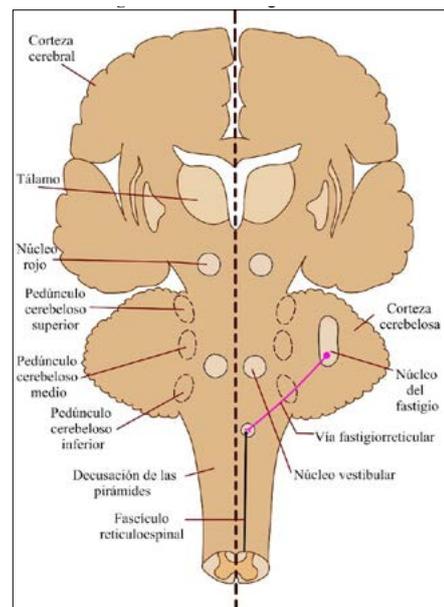


Figura 123. Vía dentotalámica  
Fuente: Autor

Tabla 21. Fibras cerebelosas eferentes

Vía	Función	Origen	Destino
Vía Globosoemboliformerubral	Influye en la actividad motora ipsilateral	Núcleo globoso y emboliforme	Hacia el núcleo rojo contralateral, después a través del fascículo rubroespinal cruzado a las motoneuronas ipsolaterales en la médula espinal.
Vía Dentotalámica	Influye en la actividad motora ipsilateral	Núcleo dentado	Al núcleo ventrolateral contralateral del tálamo, después a la corteza cerebral motora contralateral, el fascículo corticoespinal cruza la línea media y controla las motoneuronas ipsolaterales en la médula espinal.
Vía Fastigiovestibular	Influye en el tono muscular extensor ipsilateral	Núcleo del fastigio	Principalmente a los núcleos vestibulares ipsolaterales y lateral contralateral, fascículo vestibuloespinal hasta las motoneuronas ipsolaterales en la médula espinal.
Vía Fastigiorreticular	Influye en el tono muscular ipsilateral	Núcleo del fastigio	Hasta las neuronas de formación reticular, fascículo reticuloespinal a las motoneuronas ipsolaterales en la médula espinal.

## Enfermedades asociadas

### Ataxia Cerebelosa

Su principal origen se atribuye al desarrollo de una cerebelitis aguda, luego de una infección o intoxicación, lo que direcciona a un proceso agudo de la enfermedad, la mayoría de las veces se debe a una infección viral. Esta enfermedad se caracteriza por la falta de coordinación debido a una alteración del cerebelo.

En el cuadro clínico se manifiesta con ataxia sensorial y disimetría, frecuentemente en la infancia, acompañado con temblores, nistagmus, hipotonía y disidiadocinesia.

### Síndrome del vermis

Es causado principalmente por un meduloblastoma del vermis, provocando una afectación del lóbulo floculonodular que conlleva a signos y síntomas relacionados al sistema vestibular (7).

El vermis influye en las estructuras que se encuentran en la línea media, el daño causado en este provoca incoordinación muscular que afecta a la cabeza y el tronco, más no a las extremida-

des. Se produce una tendencia a la caída hacia delante o hacia atrás, también existe dificultad para mantener estable la cabeza, además puede presentar dificultad para mantener el tronco firme.

### Síndrome del hemisferio cerebeloso

Los tumores del hemisferio cerebeloso pueden ser la causa del síndrome de hemisferio cerebeloso. Los síntomas y signos suelen ser unilaterales y afectar a los músculos del lado del hemisferio cerebeloso enfermo. Están alterados los movimientos de los miembros, en especial de los brazos.

Son frecuentes la oscilación y la caída hacia el lado de la lesión. La disartria y el nistagmo también representan manifestaciones habituales. Los trastornos de la parte lateral de los hemisferios cerebelosos producen retrasos en el inicio de los movimientos e incapacidad para mover todos los segmentos de los miembros juntos de una forma coordinada, con tendencia a movilizar las articulaciones de una en una (7).

### Caso clínico

#### Ataxia Cerebelosa

Hombre de 52 años, fumador de 20 cigarrillos al día, sin antecedentes familiares o personales de interés, presenta cuadro de inicio al despertar caracterizado por vértigo, disartria leve y ataxia troncal. Ante la sospecha de un cuadro de etiología vascular se realiza una TC cerebral, que no revela alteraciones, resonancia magnética cerebral y difusión en las que tampoco se observa hallazgos patológicos. El paciente pre-

senta un rápido empeoramiento clínico durante las primeras 72 horas, a esto se asocia disimetría bilateral y una evolución hacia el trastorno de anartria. No presenta antecedentes de consumo de tóxicos, síndrome asociado, fiebre, ni infecciones antes del inicio clínico. Después de varios tratamientos y estudios sin resultado, se procede a un amplio estudio de ataxia cerebelosa aguda de inicio en el adulto, confirmando tal diagnóstico y administrando como tratamiento terapia inmunosupresora para evitar daños irreversibles a nivel cerebeloso (7).

### Glosario

- **Amígdala:** Corresponde a una estructura telencefálica que desempeña una función esencial en las emociones y su expresión conductual; se compone de tres divisiones nucleares: basolateral, central y corticomedia.
- **Capa granulosa del cerebelo:** Se trata de una capa profunda de la corteza del cerebelo, contiene muchas células granulosas que son pequeñas neuronas y está separada por la capa de Purkinje con la capa molecular.
- **Cápsula interna:** Región interna cerebral conformada por fibras neuronales a manera de banda gruesa, denominada sustancia blanca que actúa como conexión entre la corteza cerebral, regiones inferiores cerebrales y la médula.
- **Célula de Purkinje:** Neurona de gran tamaño localizada en la corteza cerebelosa, forma la capa limitante entre la capa granular y molecular.
- **Corona radiada:** Es una estructura cerebral formada por sustancia blanca que se encuentra entre la corteza cerebral y el tronco del encéfalo.
- **Corteza cerebelosa;** Sustancia gris que forma la cubierta del cerebelo y presenta gran cantidad de surcos que separan las laminillas cerebelosas.
- **Diadococinesia:** Facultad de realizar ciertos movimientos de manera rápida y sucesivamente, como la pronación y la supinación alternas de la muñeca.
- **Fibras musgosas:** Fibras que tienen un origen en pedúnculo cerebeloso inferior y se dirigen por la corteza cerebral hasta terminar en muchas ramas parecidas a musgo, obteniendo de allí su nombre, son fibras gruesas y rodean las células de la capa granular.
- **Fibras trepadoras:** Fibras aferentes que se originan en parte del pedúnculo cerebeloso medio y atraviesan la capa granular de la corteza cerebelosa para terminar en las dendritas de las células Purkinje.
- **Filogenia:** Desarrollo evolutivo de organismos vivientes que se produce de una forma continuada y progresiva. Es lo contrario del desarrollo individual de un organismo el cual se denomina ontogenia.
- **Meduloblastoma:** Tumor canceroso que se desarrolla en el cerebelo y se puede extender a todo el sistema nervioso central.

- Mielina: Envoltura multilaminada que rodea a muchos axones formada por oligodendrocitos en el sistema nervioso central o por células de Schwann a nivel del sistema nervioso periférico. Actúa como aislante eléctrico y mejora la velocidad de conducción los impulsos nerviosos.
- Núcleo dentado: El mayor de los núcleos cerebelosos situado en la sustancia blanca del cerebelo por fuera del núcleo emboliforme y que recibe las fibras de las células de Purkinje del neocerebelo, sus axones forman la mayor parte del pedúnculo cerebeloso superior y se proyectan principalmente hacia el núcleo rojo contralateral y el tálamo.
- Núcleo rojo: Es una estructura situada en la parte rostral (superior) del mesencéfalo y está en relación con la coordinación motriz. Tiene dos porciones, una inferior magnocelular y otra superior parvocelular.
- Núcleo vestibular: Es un nervio y se encuentra en el oído interno, es el encargado de la función del equilibrio.
- Paleocerebelo: Parte del cerebelo que comprende la corteza de casi todo el vermis y los núcleos globoso y emboliforme.
- Pedúnculo: Sistema de fibras nerviosas que ingresan y salen del cerebelo.
- Sinapsis: Región de comunicación entre la neurita o prolongación citoplasmática de una neurona y las dendritas o el cuerpo de otra.
- Soma o pericarion: Es el cuerpo celular de la neurona que contiene el núcleo rodeado por el citoplasma, y en él se encuentran diferentes tipos de organelos.

## Actividades

1. Describa detalladamente y dibuje los núcleos cerebelosos.

2. Describa y dibuje las capas de la corteza cerebelosa.

3. Realice un cuadro descriptivo de la función de las vías aferentes y eferentes.

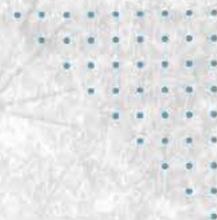
4. Complete el siguiente cuadro sobre los núcleos intracerebelosos.

Núcleos	Sinonimia	Forma	Ubicación	Fibras
Dentado		Bolsa arrugada		Recibe: Fibras de la corteza del neocerebelo homolateral Emite: Fibras cerebelorrrúbricas y cerebelotalámicas
	Interpósito anterior		Medialmente al núcleo dentado	Recibe: Fibras de paleocerebelo Emite: Fibras cerebelorrrúbricas
Globoso		-	Medial al núcleo emboliforme	Recibe: Fibras de paleocerebelo Emite: Fibras cerebelorrrúbricas
Fastigio	Del techo			Recibe: Fibras del arquicerebelo Emite: Fibras cerebelo-vestibulares

## Referencias Bibliográficas

1. Chu Lee ÁJ, Cuenca Buele S, López Bravo M. Anatomía y Fisiología del Sistema Nervioso. 1st ed. Machala: UTMACH; 2015.
2. Latarjet M, Ruiz Liard A. Anatomía Humana. 5th ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2019.
3. Sadler TW. Langman Embriología médica. 14th ed. Barcelona: Wolters Kluwer; 2019.
4. Langman Sadler TW Embriología Médica- Langman Edición 14ª Ed. Wolters Kluwers. 2019. 518p.
5. Crossman AR, Neary D. Neuroanatomía, texto y atlas en color. 6th ed. Barcelona: Elsevier Masson; 2020.
6. Waxman SG. Neuroanatomía clínica. 29th ed. México: MCGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES S.A. de C.V; 2020.
7. Snell RS. Neuroanatomía clínica. 8th ed. Barcelona: Wolters Kluwer Health España, S.A.; 2019.





# UNIDAD 6

## CEREBRO





## CEREBRO

El cuerpo humano es una máquina creada con perfección, cuyos diversos elementos que lo componen (células, tejidos, órganos, aparatos y sistemas) lo hacen funcionar a un nivel óptimo, procurando así el desarrollo de la vida. Sin embargo, ¿Quién controla todos estos procesos?, pues similar a un computador, el ser humano posee un órgano que tiene la capacidad de regular tanto funciones vitales como cognitivas, cuyo eje central del SNC gira en torno a él. Su denominación proviene del latín cerebrum, que significa “lo que está en lo alto en la cabeza”, algunos autores en tiempos remotos lo ignoraban, en la actualidad su estudio ha dirigido el conocimiento de lo más profundo del Homo Sapiens, este es el “Cerebro”.

El presente capítulo tiene la finalidad de dar a conocer la temática fundamental acerca del cerebro, mediante una lectura comprensiva y analítica para que el lector sea capaz de establecer sus propias bases y de entablar una discusión. De igual manera, es necesario relacionar la temática junto con las imágenes para un mayor entendimiento y análisis. De este modo, facilitar el proceso de aprendizaje para el lector, y le permita relacionar las estructuras anatómicas.

### Descripción anatómica general del cerebro

El cerebro es la parte más grande del encéfalo y pesa aproximadamente 1500 gramos, representando un 2% de la masa corporal total, además la energía que consume es similar a la requerida por el músculo esquelético en reposo (1).

Esta estructura se encuentra dividida en dos hemisferios cerebrales; derecho e izquierdo, cada uno compuesto por lóbulos: frontal, temporal, parietal y occipital conectados entre sí por el cuerpo caloso (masa de sustancia blanca) (2).

Los hemisferios están constituidos por:

- Una capa externa (Corteza cerebral) de sustancia gris (2).
- Una capa interna de sustancia blanca con núcleos grises en su interior (Núcleos Basales) (2).

La capa externa (corteza cerebral) mide 2 a 4 mm de espesor. Esta capa externa presenta pliegues o circunvoluciones, separados por cisuras (surcos) (2).

### Cisuras:

- La Cisura Interhemisférica: divide al cerebro en mitad derecha y mitad izquierda (hemisferios cerebrales) (2).
- La Cisura Central (Cisura de Rolando): divide el lóbulo Frontal del Lóbulo Parietal (2).

- La Cisura Lateral (Cisura de Silvio): divide el lóbulo Frontal del Lóbulo Temporal (2).
- La Cisura Parieto Occipital Externa: divide el lóbulo Parietal del Lóbulo Occipital (2).

Las estructuras anatómicas del sistema límbico son las responsables de procesar nuestras emociones y regular nuestra conducta y se conforma por: tálamo, hipotálamo, hipocampo, amígdala cerebral, cuerpo caloso, septo y mesencéfalo (2).

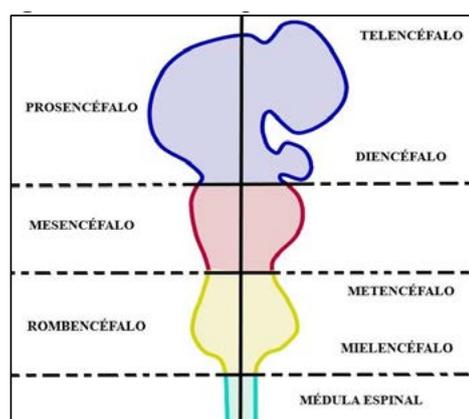


Figura 124. Embriología del cerebro humano  
Fuente: Autor

### Prosencéfalo: cerebro anterior

El prosencéfalo se divide en telencéfalo, que forma los hemisferios cerebrales y diencéfalo, que forma la copa y el tallo ópticos, la hipófisis, el tálamo, el hipotálamo y la epífisis (3).

### Diencéfalo

El diencéfalo se desarrolla a partir del prosencéfalo en el interior de las paredes del tercer ventrículo primitivo. Esto da origen al epitálamo, tálamo, hipotálamo y subtálamo (3).

1. El epitálamo se desarrolla a partir de la placa dorsal embrionaria y de las partes dorsales de las láminas alares. Esto da origen al cuerpo pineal (epífisis), núcleos habenulares, comisura habenular, comisura posterior, tela coroidea y a los plexos coroideos del tercer ventrículo (3).
2. El tálamo es un derivado de la lámina alar que da origen a los núcleos talámicos, cuerpo geniculado lateral y al cuerpo geniculado medial (3).
3. El subtálamo es un derivado de la lámina alar e incluye los núcleos subtalámicos, zona incerta y los fascículos lenticulares y talámicos (campos de Fortel). El subtálamo da origen a neuroblastos que migran hacia la sustancia blanca del telencéfalo para convertirse en el globo pálido (pallidum), que es un ganglio basal (3).
4. El hipotálamo se desarrolla a partir de la lámina alar y la placa ventral. El hipotálamo da origen a las siguientes estructuras: núcleos hipotalámicos, cuerpos mamilares y neurohipófisis (3).

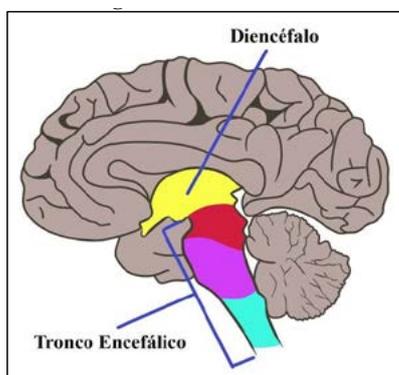


Figura 125. Diencéfalo  
Fuente: Autor

### Telencéfalo

Los hemisferios cerebrales se desarrollan como dos evaginaciones de la pared lateral de la vesícula prosencefálica y están conformados por

la corteza cerebral, la sustancia blanca cerebral, ganglios basales y ventrículos laterales (3).

Estos hemisferios están interrelacionados por tres comisuras: el cuerpo caloso, la comisura anterior y la comisura del hipocampo. El crecimiento constante de los hemisferios origina a los lóbulos frontal, parietal, occipital y temporal, que reposan por encima de la ínsula y el tronco encefálico. Acorde al crecimiento del telencéfalo, se da el desarrollo de un patrón complejo de surcos y giros (3).

### Corteza cerebral

La pared del telencéfalo está formada por neuroectodermo organizado en una zona ventricular, zona intermedia y zona marginal (3).

- Los neuroblastos de las capas ventricular e intermedia migran para formar una capa transitoria llamada lámina cortical (3).
- Los neuroblastos en la zona ventricular tienen una ola proliferativa para formar la zona subventricular (3).
- Los neuroblastos de la zona subventricular migran a la periferia para formar la zona sublaminaar (3).
- La lámina cortical y la zona sublaminaar forman juntas la neocorteza cerebral (3).
- La zona intermedia se queda sin neuroblastos y desarrolla la sustancia blanca de los hemisferios cerebrales (3).
- La zona marginal desarrolla la capa molecular de la corteza cerebral (3).
- La corteza cerebral se clasifica como neocorteza y allocorteza:
  - La neocorteza (isocorteza) es una corteza de seis capas que representa 90% del manto cortical (3).
  - La allocorteza se subdivide en la arquicorteza y la paleocorteza (3).

### Las comisuras

Son haces de fibras que interconectan los dos hemisferios cerebrales y cruzan la línea media a través de la lámina terminal embrionaria (placa comisural) (3).

- La comisura anterior es la primera en aparecer y conecta las estructuras olfatorias y las circunvoluciones temporales media e inferior.
- La comisura hipocámpica es la segunda en aparecer y asocia los dos hipocampos (3).
- El cuerpo calloso es la tercera en aparecer (entre las semanas 12 y 22 del desarrollo). Esta es la comisura más grande del cerebro y asocia áreas neocorticales homólogas de los dos hemisferios cerebrales (3).

### Histología del cerebro

El cerebro es la porción principal del encéfalo y contiene neuronas que reciben y almacenan la información sensitiva, neuronas que controlan la actividad motora voluntaria y neuronas que tiene la capacidad de integrar y coordinar la actividad de otras neuronas, asimismo de los nervios y las vías neuronales que constituyen la memoria (4).

Las seis capas de la corteza son:

1. La capa plexiforme (o capa molecular) está compuesta principalmente por fibras que en su mayoría transcurren paralelas a la superficie y por una escasa cantidad relativa de células, cuya mayoría son células gliales y células horizontales de Cajal ocasionales.
2. La capa celular piramidal pequeña (o capa granulosa externa) consiste principalmente en pequeñas células piramidales y células granulares, también denominadas, células estrelladas.
3. La capa celular piramidal mediana (o capa de las células piramidales externas) no está claramente separada de la capa II. Sin embargo, las células piramidales son más grandes y conservan una forma piramidal típica.
4. La capa granulosa (o capa granulosa interna) se caracteriza por la presencia de muchas células granulares pequeñas (células estrelladas).

5. La capa de células piramidales grandes (o capa interna de células piramidales) contiene células piramidales que, en muchas partes del cerebro, son más pequeñas que las células piramidales de la capa III pero en el área motora son muy grandes y se denominan de otra forma, células de Betz.

6. La capa de células polimórficas contiene células con diferentes formas, muchas de las cuales tienen un huso fusiforme. Estas células se denominan células fusiformes.

Además de las células ya descritas, en la corteza cerebral están también presentes otros dos tipos de células, pero no se reconocen en este preparado: las células horizontales de Cajal, que están presentes únicamente en la capa I y exponen sus evaginaciones en forma lateral, y las células de Martinotti, que emiten sus axones hacia la superficie (opuesto a los de las células piramidales) (4).

### Fisiología del cerebro

#### Lóbulos cerebrales

- **Lóbulo Frontal:** Asociado con las funciones mentales superiores como pensar o planificar. Además, interviene en el control de las acciones del cuerpo y la capacidad de apreciación de emociones.
- **Lóbulo Temporal:** Perciben sonidos e impulsos olfativos, controla el habla y la memoria.
- **Lóbulo parietal:** Se asocia con sensaciones corporales como el tacto y la temperatura.
- **Lóbulo occipital:** Zona de procesamiento visual.

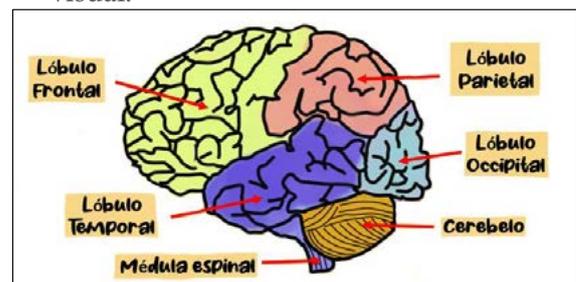


Figura 126. Cerebro humano  
Fuente: Autor

## Cerebro y neurotransmisores

El cerebro fabrica neurotransmisores con la misión es comunicar a las neuronas entre sí.

Neurotransmisores más importantes:

- **Dopamina:** Funciona regulando la actividad motora y los niveles de respuesta en el cerebro.
- **Serotonina:** Es indispensable en la regulación de los estados de ánimo, el sueño y el dolor.
- **Acetilcolina:** Opera similar a un mensajero en las uniones entre la neurona motora y el músculo.
- **Encefalinas y endorfinas:** Opiáceos endógenos que regulan el dolor, la tensión y aportan calor.

El cerebro se encuentra situado en la región anterior y media de la cavidad craneal, ocupando la concavidad de la bóveda craneal (2). Se lo considera la parte más grande del encéfalo, muestra un aspecto amarillo blanquecino, lobuloso y membranoso, su consistencia es gelatinosa y presenta cisuras.

Forma parte del Sistema Nervioso Central y procede embriológicamente del cerebro anterior (prosencefalo). Su peso oscila entre 1000 y 2000 gramos, siendo un promedio 1300 y 1400 gramos, este peso varía de acuerdo al sexo siendo 1150 g para el hombre y 1000 g para la mujer, su volumen es de aproximadamente 1350 a 1500 centímetros cúbicos (2).

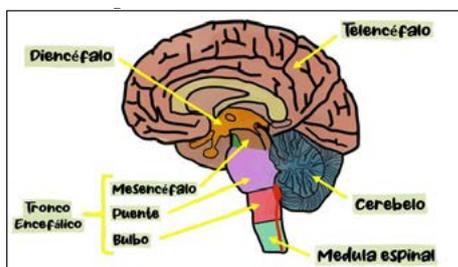


Figura 127. Sistema nervioso central  
Fuente: Autor

## Macroscopía

Anatómicamente la fosa cerebral se encuentra separada de la fosa cerebelosa por un tabique

transversal, conformada por la duramadre, que está tendida en la región posterior de la cavidad craneal denominado tentorio o tienda del cerebelo. Esta es la razón por la que se denomina al cerebro como una estructura supratentorial.

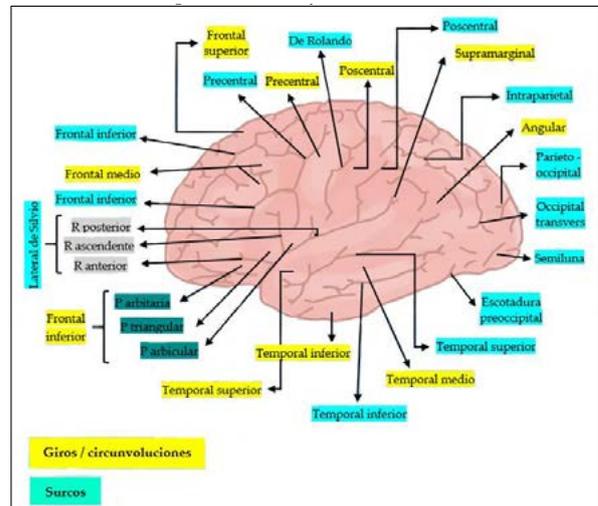


Figura 128. Lóbulos y cisuras del cerebro  
Fuente: Autor

El cerebro está constituido por:

- Hemisferios cerebrales
- Corteza cerebral
- Sistema Límbico
- Ganglios Basales
- Ventrículos laterales

Las superficies de los hemisferios cerebrales están atravesadas por cisuras, las crestas intermedias a estas cisuras se denominan giros o circunvoluciones. Las cisuras más profundas son la cisura lateral o de Silvio y cisura central o de Rolando (5). Estos surcos presentes en los hemisferios son constantes por lo que son la base para dividirlo en cuatro lóbulos: frontal, temporal, parietal y occipital (6). Existe un quinto lóbulo, denominado ínsula, el cual es un área cortical situada en la profundidad del surco lateral (2).

## Hemisferios cerebrales

Tiene su origen embriológico en el telencéfalo o cerebro y ocupan la mayor parte del encéfalo. Estos hemisferios están separados por un surco sagital profundo en la línea media denominado

surco longitudinal o interhemisférica, este surco contiene un pliegue de la duramadre en forma de hoz llamado hoz del cerebro. Los hemisferios derecho e izquierdo se conectan por medio de una comisura, el cuerpo caloso, que está presente en la parte profunda del surco (7).

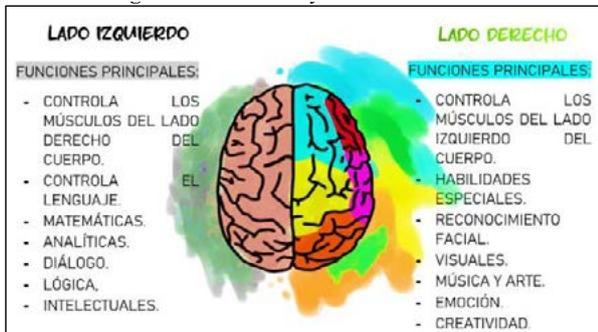


Figura 129. Lóbulos y cisuras del cerebro  
Fuente: Autor

## Cisuras principales de hemisferios cerebrales

### cisura

#### Central o de Rolando

Este es una cisura prominente que corre desde el borde superior del hemisferio hacia abajo y delante de la cisura lateral de los hemisferios, las profundidades de la cisura central o de rolando constituyen el límite entre los lóbulos frontal y parietal (8).

Esta cisura es de gran importancia debido a que anterior a este se localiza la circunvolución o giro precentral conocido como corteza motora primaria (6). Esta corteza contiene células motoras que inician los movimientos del lado contrario del cuerpo; así mismo, por detrás de esta cisura se encuentra la corteza sensitiva general que recibe información sensitiva del otro lado del cuerpo (7).

#### Cisura lateral o de Silvio

Esta es una hendidura profunda que se encuentra en la superficie inferior y lateral del hemisferio cerebral.

Este inicia en la superficie inferior y se continúa hasta llegar a la superficie lateral donde se divide en tres ramas: rama horizontal anterior, rama ascendente anterior y rama posterior. En la parte inferior del surco se encuentra la ínsula, considerado como el quinto lóbulo, este no se lo puede observar desde la superficie, a menos que se separen los labios de esta cisura (7).

#### Cisura calcarina

Esta cisura se encuentra ubicada en la superficie medial del hemisferio, iniciando en el extremo posterior del cuerpo caloso y se curva hacia arriba y atrás hasta llegar al polo occipital (9).

Para el estudio del cerebro se identifican tres caras y tres bordes:

Tabla 22. Estudio de Cisura Calcarina

Caras	Bordes
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Externa o superolateral</li> <li>• Interna o media</li> <li>• Inferior o basal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Superior</li> <li>• Inferomedial</li> <li>• Inferolateral</li> </ul>

#### Macroscopía

#### Cara superolateral

##### Lóbulo frontal

Es el lóbulo de mayor dimensión y comprende alrededor de un tercio de la superficie hemisférica. Este lóbulo se extiende en dirección rostral desde la cisura central hasta el polo frontal, siendo su límite inferior la cisura lateral o de Silvio (9). Esta cisura ocupa la zona anterior de la cisura central y la zona superior de la cisura lateral. La convexidad del lóbulo frontal posee cuatro circunvoluciones principales, divididas por tres surcos.

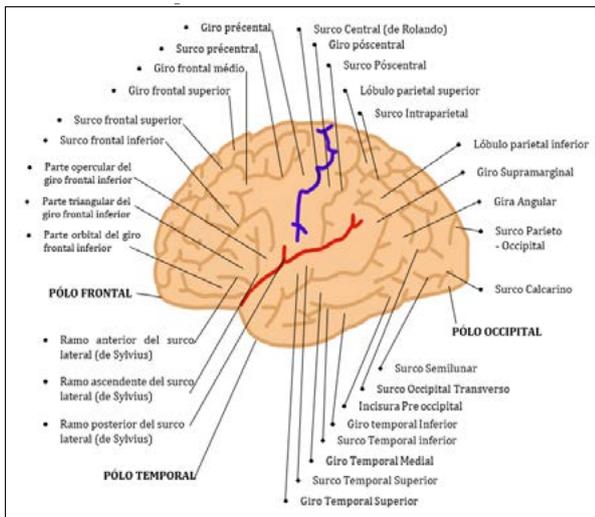


Figura 130. Cara dorsolateral del cerebro  
Fuente: Autor

### • Circunvolución precentral

Es paralela a la cisura central, donde su límite anterior es el surco precentral, la cual se extiende por la cara medial del hemisferio y posterior a esta circunvolución se encuentra la cisura central o de Rolando. La circunvolución precentral y el borde anterior de la cisura central están presentes en el área motora primaria, las regiones del lóbulo frontal rostrales al área motora primaria se denominan áreas premotora y prefrontal (10).

### • Circunvolución frontal superior

Se encuentra superior al surco frontal superior (7).

### • Circunvolución frontal media.

Se sitúa entre los surcos frontal superior e inferior (7).

### • Circunvolución frontal inferior.

Se encuentra por debajo del surco frontal inferior, esta circunvolución está dividida por ramas ascendentes y anteriores de la cisura lateral en tres porciones: porción orbitaria, porción triangular y porción opercular (9). En las porciones triangular y opercular del hemisferio dominante, por lo general el izquierdo, se encuentra el área motora del lenguaje conocida como área de Broca (área 44) y área de Brodmann (área 43), relacionados con mecanismos motores de la formulación de la palabra (6).

## Lóbulo parietal

Ubicado en la zona de la cisura central y la región superior de la cisura lateral, se extiende por detrás hasta llegar al surco parietooccipital. La superficie lateral de este lóbulo se encuentra dividido en tres circunvoluciones por dos surcos (7)

### • Circunvolución parietal ascendente (Poscentralis, posrolándica)

Discurre paralelamente y caudal a la cisura central. Esta circunvolución no es continua, se encuentra dividida por un segmento superior y otro inferior. En este se encuentra el surco poscentral y la cisura: central o de Rolando (7).

El surco poscentral se dirige sobre el borde superior del hemisferio y marca el límite del lóbulo parietal. El margen posterior de la cisura central y la circunvolución poscentral constituyen el área somestésica primaria, esta es la región cortical donde se representan somatópicamente las sensaciones táctiles y cinestésicas provenientes de receptores superficiales y profundos (9). Cisura Intraparietal es un surco orientado de forma horizontal, pasando desde la zona media del surco poscentral, dividiendo las porciones del lóbulo parietal caudal en dos circunvoluciones.

### • Circunvolución parietal superior

Situado superior al surco intraparietal.

### • Circunvolución parietal inferior

Está ubicado inferiormente al surco intraparietal, el cual consta de dos giros o circunvoluciones, la supramarginal (lóbulo del pliegue curvo), se encuentra próxima a ambos bordes de la rama ascendente de la cisura lateral y la angular (pliegue curvo), la cual circunda la parte ascendente del surco temporal superior (7).

## Lóbulo temporal

Se encuentra por debajo de la cisura lateral o de Silvio y en su cara externa presenta tres circunvoluciones divididas por dos surcos y orientadas en forma oblicua:

### Circunvoluciones:

- Circunvolución temporal superior: se ubica inferior a la cisura de Silvio, en la parte posterior de esta circunvolución se ubican varias circunvoluciones oblicuas que forman las circunvoluciones transversas o área de Heschl que antiguamente se denominaba áreas de Brodmann 41 y 42, las cuales constituyen la corteza auditiva primaria (2).
- Circunvolución temporal media: esta se sitúa entre el surco temporal superior y surco temporal medio.
- Circunvolución temporal inferior: se sitúa inferior al surco temporal medio e inferior a la circunvolución media.

### Lóbulo occipital

Se sitúa por detrás de los lóbulos parietal y occipital, este descansa sobre la tienda del cerebelo y constituye el polo caudado del hemisferio; su límite posterior es la cisura parietooccipital, que se observa en la cara medial (7).

### Surcos

- El surco occipital superior se ubica perpendicular a la cisura Parietooccipital (7).
- El surco occipital inferior se ubica inferior al surco occipital superior.

### Circunvoluciones

#### • Circunvolución occipital superior

- Se ubica superior al surco occipital superior.
- Situada entre el surco occipital superior y surco occipital inferior (7).

#### • Circunvolución occipital inferior

- Situado inferior al surco occipital inferior.
- En la cara medial del hemisferio, el lóbulo dividido por la cisura calcarina en la cuña y la circunvolución lingual.
- La cisura calcarina se une rostralmente en "Y" al surco parietooccipital. La corteza de ambos bordes de la cisura calcarina representa la corteza visual primaria (9).

### Lóbulo de la ínsula

Esta región cortical invaginada se encuentra oculta en la profundidad de la cisura lateral o de Silvio, se puede observar únicamente cuando se apartan los lóbulos temporal y frontal. Esta presenta dos circunvoluciones divididas por dos surcos (9).

- Circunvolución corta y larga de la ínsula: Estas cubren la superficie y corren de forma paralela a la cisura lateral, la primera presenta tres giros y la segunda dos giros (9).

El surco circular de la ínsula se encuentra alrededor del lóbulo y el surco central de la ínsula divide la ínsula en dos partes.

La abertura que conduce a la región insular se denomina pliegue falciforme de la ínsula (limen de la ínsula). La ínsula está cubierta por las regiones operculares temporal, frontal y parietal (9).

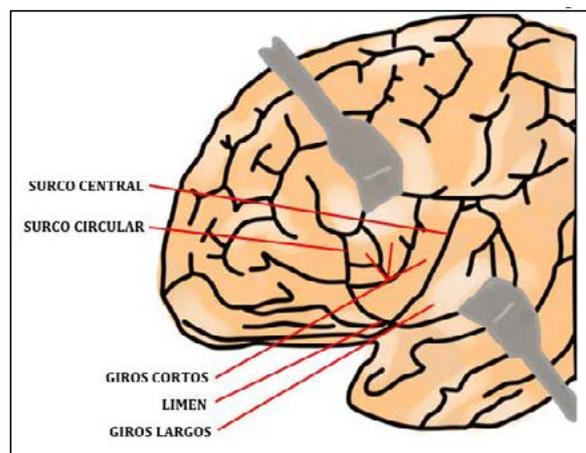


Figura 131. lóbulo de la ínsula tras la resección del lóbulo temporal y frontal  
Fuente: Autor

### Cara medial

Los lóbulos del hemisferio cerebral no constan notoriamente definidos en las superficies medial e inferior. Sin embargo, hay ciertas áreas importantes que debemos reconocer. Para lograr observar estructuras presentes en la cara medial debemos separar ambos hemisferios por medio de la fisura longitudinal. Entre las estructuras que se encuentran en la cara medial tenemos:

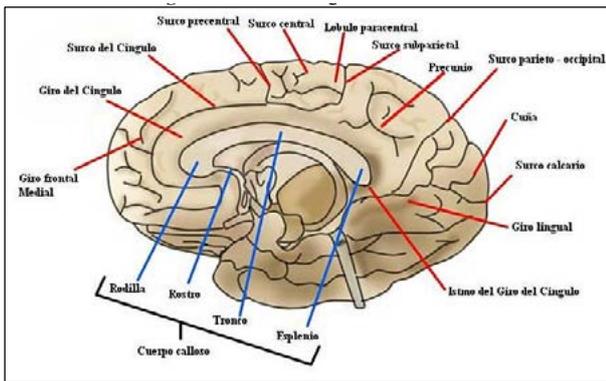


Figura 132. Corte Sagital del Cerebro

Fuente: Autor

### • Cuerpo calloso (masa comisural interhemisférica)

Está compuesto por fibras amielínicas y conecta recíprocamente casi todas las regiones corticales de ambos hemisferios. Las distintas partes del cuerpo calloso se denominan rostrum (pico), genu (rodilla), cuerpo y splenium (rodete).

Las fibras de esta estructura se despliegan en forma radial hacia casi todas las partes de la corteza. Las fibras callosas, que se proyectan a los lóbulos frontal y occipital, forman los fórceps anterior y posterior.

El cuerpo calloso desempeña una función importante en la transferencia interhemisférica de las discriminaciones adquiridas, experiencia sensorial y memoria (9).

### • Surco del cuerpo calloso

Desacopla el cuerpo calloso de la circunvolución del cuerpo calloso, denominado Gyrus cinguli.

Posteriormente esta cisura describe una curva alrededor del cuerpo calloso para continuar dentro del lóbulo temporal como surco del hipocampo (9).

### • Circunvolución del cuerpo calloso o Gyrus Cinguli

Comienza por debajo del extremo anterior del cuerpo calloso y continúa por encima del mismo hasta alcanzar su extremo posterior, es decir, lo circunda y consiste en dos porciones: la Cisura callosomarginal que corre paralela a la cisura del cuerpo calloso y en la proximidad del rodete se proyecta en dirección dorsal como cisura marginal (7).

### • Lobulillo paracentral

Es la zona de la corteza cerebral que rodea la indentación producida por la cisura central en el borde superior.

La parte anterior es la continuación de la circunvolución precentral en la superficie superolateral y la parte posterior es la continuación de la circunvolución poscentral (7).

### • Precuña

Es la porción del lóbulo parietal caudal al lobulillo paracentral, esta zona está limitada por adelante por el extremo posterior del surco cingulado que aún no ha girado, y hacia atrás por la cisura parietooccipital interna.

### • Cuña

Es una zona triangular de la corteza que le limita superiormente por el surco parietooccipital, inferior a la cisura calcarina y por atrás del borde medial superior (2).

### Cara inferior

La cara inferior del hemisferio consta de dos partes:

#### Porción posterior o temporooccipital

Esta porción corresponde a los dos tercios posteriores de la cara inferior del cerebro; comprende surcos y circunvoluciones:

#### Surcos:

##### Externo:

- Surco occipitotemporal: Ubicado longitudinalmente sobre la superficie inferior del lóbulo temporal, separa la circunvolución temporal inferior con la circunvolución occipitotemporal lateral.

##### Interno:

- Surco colateral: Situado en la superficie inferior del hemisferio. Se dirige anterior e inferior a la cisura calcarina (7). Separa la circunvolución occipitotemporal lateral (circunvolución fusiforme) con la circunvolución occipitotemporal medial y la parte posterior de la circunvolución parahipocampal.

- **Surco rinal:** Está dispuesto a continuación anterior del surco colateral, separa la parte anterior de la circunvolución hipocampal con el resto del lóbulo temporal.

#### Circunvoluciones:

- **Circunvolución temporal inferior.**
- **Circunvolución occipitotemporal lateral.**
- **Circunvolución occipitotemporal medial:** se extiende desde el polo occipital hasta el polo temporal (7).
- **Circunvolución lingual:** Se encuentra entre el surco colateral y cisura calcarina (6). Forma parte de la porción posterior de la circunvolución occipitotemporal medial.
- **Circunvolución parahipocampal:** Se ubica por delante de la circunvolución lingual y termina por delante en el Uncus o Gancho. La circunvolución parahipocampal dobla alrededor del surco del hipocampo en forma de gancho para configurar una circunvolución que sobresale medialmente, el uncus (gancho) (7).
- **Istmo del giro del cíngulo.**

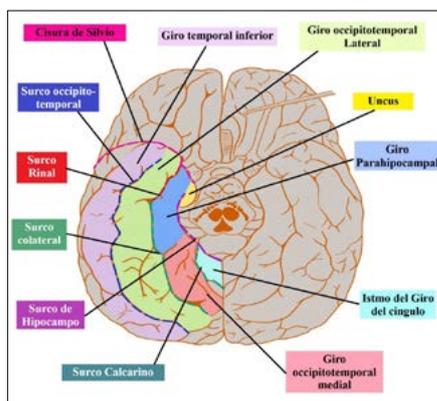


Figura 133. Porción temporooccipital de la cara inferior del cerebro  
Fuente: Autor

#### Cara orbitaria del lóbulo frontal

La cara orbitaria del lóbulo frontal también es llamada cara ventral y corresponde al tercio anterior de la cara inferior del cerebro, aquí se describen los siguientes surcos y circunvoluciones:

#### Surcos:

- **Surco olfatorio:** se encuentra en la parte medial limitando al gyrus rectus, además por aquí discurren el bulbo y el nervio olfatorio.
- **Surco orbitario o en H:** existen varios surcos orbitarios que confluyen formando una forma de H o también el denominado surco orbitario. Se debe resaltar, que a veces se encuentra este surco orbitario en forma de Y o de T.

#### Circunvoluciones o giros

- **Circunvolución orbitaria interna o Gyrus rectus:** Se encuentra a lo largo del margen ventromedial del lóbulo frontal, medial al surco olfatorio.
- **Circunvolución orbitaria medial:** ubicada entre el surco olfatorio y surcos orbitarios.
- **Circunvolución orbitaria anterior.**
- **Circunvolución orbitaria posterior.**
- **Circunvolución orbitaria lateral:** ubicada lateral al surco orbitario.

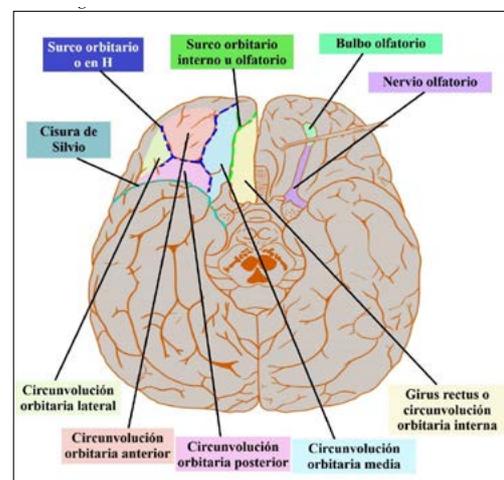


Figura 134. Porción orbitaria de la cara inferior del cerebro  
Fuente: Autor

#### Sustancia blanca

La sustancia blanca se logra identificar por debajo de la corteza cerebral, conforma una masa enorme de fibras nerviosas: estas fibras tienen su origen o terminación en el interior de la corteza. Estas fibras mielínicas ya sea por su origen,

destino o función que realizan se diferencian en tres tipos:

- Fibras de proyección: Conducen los impulsos desde la corteza y hacia esta.
- Fibras de asociación: Conectan diversas regiones corticales del mismo hemisferio.
- Fibras comisurales: Interconectan las regiones corticales correspondientes de ambos hemisferios (2).

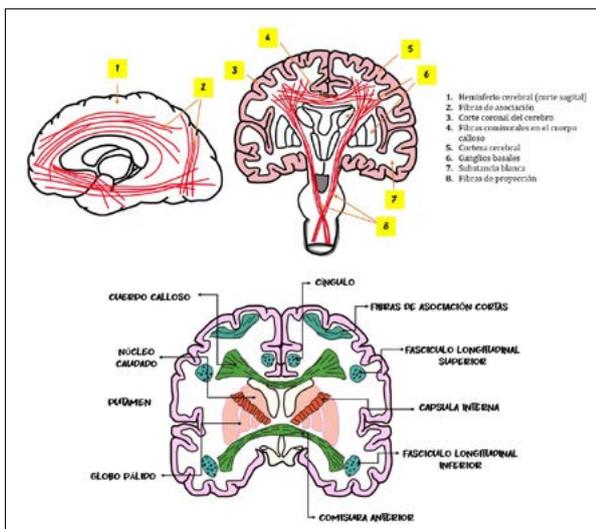


Figura 135. Fibras Nerviosas  
Fuente: Autor

### Fibras de proyección

Contienen fibras aferentes que llevan impulsos hacia la corteza y fibras eferentes que conducen impulsos hacia esta, estas fibras que se dirigen hacia y desde la corteza cerebral se dividen radialmente, y convergen para abajo en sentido del tronco del encéfalo. Estas fibras llegan a concentrarse en una zona reducida denominada cápsula interna, medialmente entre el tálamo y núcleo caudado, y lateralmente con el núcleo lentiforme. La cápsula interna se angula y forma un brazo posterior, una rodilla, un brazo anterior y la porción retrolentiforme (10).

El brazo posterior incluye fibras motoras corticonucleares bulbares y corticoespinales. También existe proyecciones talamocorticales que discurren desde el núcleo central posterior hacia la corteza somatosensorial (somestésica) primaria y desde los núcleos ventral anterior y

central lateral hasta las regiones motoras del lóbulo frontal.

Existe una porción retrolentiforme de la cápsula interna que se encuentra por detrás del brazo posterior, esta región contiene fibras que se originan desde los núcleos de los cuerpos geniculados medial y lateral del tálamo y pasan hacia las cortezas visuales y auditiva como radiaciones ópticas y acústicas (2).

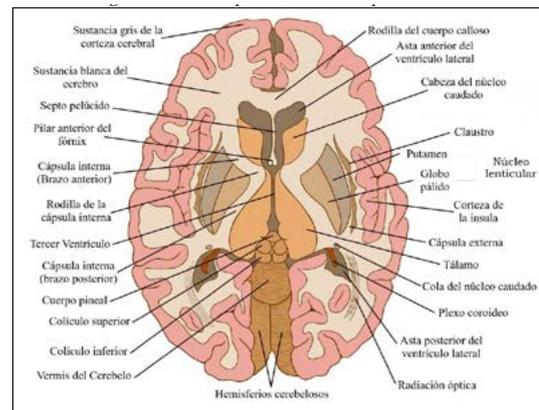


Figura 136. Partes que conforman la cápsula interna  
Fuente: Autor

### Fibras de asociación

Estas fibras que interconectan zonas corticales que pertenecen a un mismo hemisferio se dividen en fibras cortas y fibras largas (2).

#### Fibras de asociación cortas:

Localizadas por debajo de la corteza y conectan las circunvoluciones contiguas, tiene un recorrido transversal al eje longitudinal de los surcos.

#### Fibras de asociación largas:

Mediante estas fibras se interconectan zonas corticales de diferentes lóbulos en un mismo hemisferio, forman tres haces principales:

1. Fascículo unciforme
2. Fascículo arqueado
3. Cíngulo

- **Fascículo unciforme:** haz denso situado por debajo del pliegue falciforme de la ínsula que conectan las eminencias frontales orbitarias con las porciones anteriores del lóbulo temporal.

- **Cíngulo:** largo fascículo que se extiende desde los lóbulos frontal, temporal, parietal y las zonas corticales.

- **Fascículo longitudinal superior:** haz de fibras nerviosas más extenso, el cual vincula la porción anterior del lóbulo frontal con el lóbulo temporal y el lóbulo occipital.
- **Fascículo longitudinal inferior:** se extiende de manera anterior, desde el lóbulo occipital se dirige hacia afuera hasta la radiación óptica, y se distribuye hacia el lóbulo temporal.
- **Fascículo fronto occipital:** acopla el lóbulo frontal con los lóbulos occipital y temporal. Su disposición es profundamente en el interior del hemisferio cerebral y se relaciona inmediatamente con el borde lateral del núcleo caudado.¿

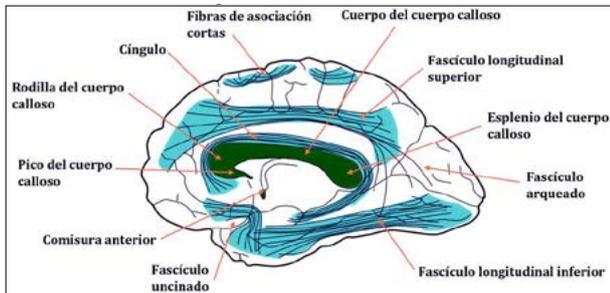


Figura 137. Fibras de asociación  
Fuente: Autor

### Fibras comisurales

Estas fibras interconectan las zonas correspondientes de ambos hemisferios.

- **Cuerpo calloso:** forma la mayor comisura del encéfalo, y conecta los dos hemisferios cerebrales, localizada dentro de la cisura longitudinal conecta a los dos hemisferios cerebrales. Ubicada profundamente en la cisura longitudinal y para su respectivo estudio se divide en cuatro porciones: pico o rostrum, rodilla, tronco y rodete o esplenio del cuerpo calloso (2).

Tabla 23. Porciones del Cuerpo Calloso

<b>Rodilla</b>	Porción curva del cuerpo calloso localizada adyacente al septum pellucidum.
<b>Pico o rostrum</b>	Porción más fina, localizada en el extremo anterior del cuerpo calloso.

<b>Rodete o esplenio</b>	Fibras que se direccionan posteriormente con el polo del temporal originando así el fórceps mayor.
<b>Tronco</b>	Fibras que forman el esplenio del cuerpo calloso. En el extremo anterior aparecen fibras hacia el lóbulo frontal que forman el fórceps menor; medialmente forman la radiación del cuerpo calloso.

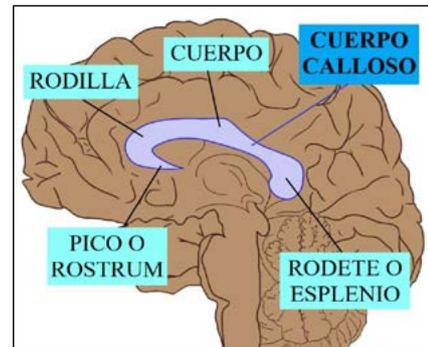


Figura 138. Cuerpo calloso  
Fuente: Autor

- **Fórnix:** forma parte del sistema eferente del hipocampo y sus fibras siguen hacia los cuerpos mamilares. El origen del fórnix inicia con la formación de una capa delgada de sustancia blanca que cubre la superficie anterior del hipocampo denominada álveo el cual se divide originando fimbrias, estas se engrosan y arquean en dos sentidos: por debajo cubren el cuerpo calloso y originan dos pilares, y por arriba cubren el tálamo. Los pilares se unen en la línea media y forman el cuerpo del fórnix, las fibras sobrantes cruzan de un pilar a otro y originan la comisura del fórnix (6).
- **Comisura blanca anterior:** cruza transversalmente por delante de la columna del fórnix e interconecta los lóbulos temporales.
- **Comisura habenuar:** paquete de fibras pequeñas que cruzan en la línea media en la porción superior de la raíz del tallo de la epífisis, se relaciona con los núcleos habenuares, de ahí su nombre. La función de los núcleos habenuares en el ser humano es desconocida.

### Sustancia gris

Llamada también materia gris o sustancia tiroides, constituye la capa más superficial de la corteza cerebral y su función principal es procesar la información que llegue a ella, es decir el razonamiento (2).

### Células nerviosas que conforman la corteza cerebral

#### • Células Piramidales

Se caracterizan por mostrar una forma de pirámide. La mayoría de estas células tienen un diámetro de entre 10 y 50 micrómetros. Sin embargo, existen células piramidales con un gran tamaño. Estas se conocen como células de Betz y presentan un diámetro de hasta 120 micrómetros.

Tanto las células piramidales pequeñas como las células piramidales grandes se encuentran en la circunvolución precentral motora, son abundantes en las capas III, IV y V. Los axones pueden proyectarse por fuera de la corteza cerebral desempeñando las actividades relacionadas con el movimiento.

#### • Células estrelladas

También conocidas como células granulosas son neuronas de pequeño tamaño, presentan un diámetro de 8 micrómetros y poseen una forma poligonal. Tiene múltiples ramificaciones dendríticas y un axón corto que termina en una neurona cercana.

#### • Células Fusiformes

Son neuronas con un eje longitudinal vertical en la superficie. Están concentradas primordialmente en las capas corticales más recónditas del cerebro. El axón de estas neuronas tiene su origen en la parte inferior del cuerpo celular y su trayecto es hacia la sustancia blanca a manera de fibra de proyección y asociación (2).

#### • Células Horizontales de Cajal

Son pequeñas células fusiformes orientadas horizontalmente, se hallan en las capas más superficiales de la corteza. La dendrita emerge a los

extremos de la célula con un axón que tiene un trayecto paralelo a la superficie de la corteza y establece contacto con las dendritas de las células piramidales.

#### • Células de Martinotti

Son pequeñas células multipolares, presente en todos los niveles de la corteza, la célula tiene dendritas cortas, pero el axón se dirige hacia la superficie, durante su recorrido los axones dan origen a las ramas colaterales cortas.

### Capas de la corteza cerebral

#### Capa Molecular o Plexiforme

Está formada por una red densa de fibras nerviosas orientadas tangencialmente. Estas fibras proceden de las dendritas apicales de células piramidales y células fusiformes, los axones de las células estrelladas y de las células de Martinotti (2).

#### Capa Granulosa Externa

Contiene un número de pequeñas células piramidales y células estrelladas. Las dendritas de estas células acaban en la capa molecular y penetran en las capas más profundas, para poder entrar en la sustancia blanca del hemisferio cerebral.

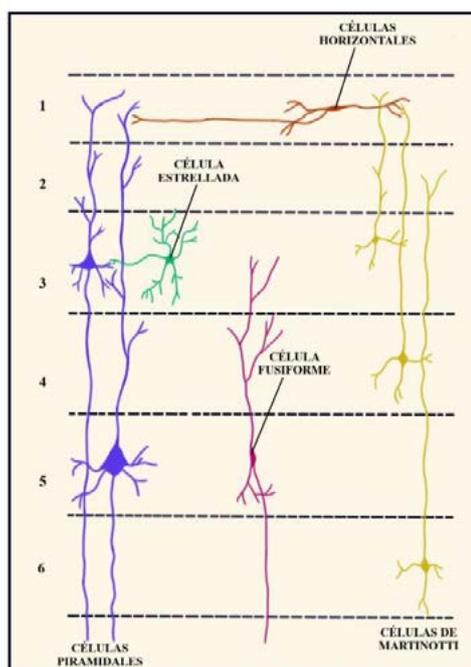


Figura 139. Células de la Corteza Cerebral  
Fuente: Autor

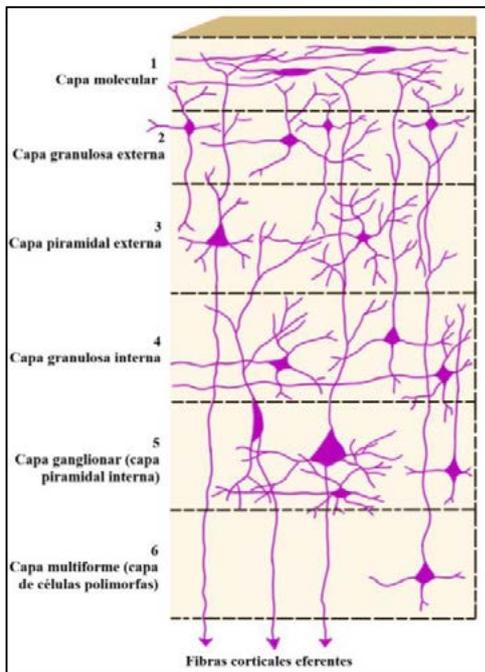


Figura 140. Capas de la Corteza Cerebral  
Fuente: Autor

### Capa Piramidal Externa

Conformada por células piramidales y el tamaño de su cuerpo celular va en aumento desde el límite superficial hasta alcanzar los límites más profundos de la capa.

### Capa Granulosa Interna

Formada por células estrelladas, dispuestas de manera compacta. Existe una concentración elevada de fibras organizadas horizontalmente, se denominan banda externa de Baillarger.

### Capa Ganglionar

Esta capa está conformada por células piramidales muy grandes y de tamaño intermedio diseminadas entre las células piramidales, encontramos las células estrelladas y las células de Martinotti.

Además, hay un gran número de fibras organizadas horizontalmente, forman la banda interna de Baillarger. En la corteza motora de la circunvolución precentral, se localizan las células de Betz, siendo responsables del 3% de las fibras de proyección del fascículo corticoespinal o del fascículo piramidal (2).

### Capa Multiforme

Este estrato se encuentra conformado por células fusiformes, células piramidales y las células de Martinotti. Posee un axón amplio que constituye una porción del cuerpo calloso con dendritas apicales que surgen del soma neuronal.

### Variaciones de la estructura cerebral

No todas las áreas de la corteza cerebral tienen 6 capas.

- Heterópicas: Área de la corteza cerebral donde no se reconocen las 6 capas.
- Homotípicas: Posee las 6 capas.

### Áreas funcionales de la corteza cerebral

#### Tipo Granuloso

Conformado por células estrelladas. Se encuentra en la circunvolución poscentral, circunvolución del hipocampo y circunvolución temporal superior.

#### Tipo Agranuloso

Fibras que se asocian con la función motora. Se encuentran en la circunvolución prerolándica y áreas del lóbulo frontal.

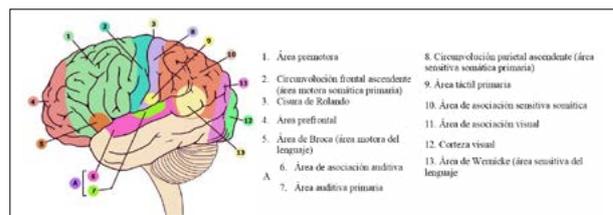


Figura 141. Principales áreas funcionales  
Fuente: Autor

### Lóbulo frontal

Los lóbulos frontales son estructuras que se encuentran en el extremo anterior del cerebro; se ubican por delante de la cisura de rolando y superiormente a la cisura lateral o de Silvio encontrándose en esta distribución el área precentral o prerolándica puede dividirse en dos regiones: Una anterior conocida como área premotora o área 6 de Brodman y la región posterior co-

responde a la área motora primaria o área 4 de Brodman. Su función se basa en coordinar funciones inmediatas, de motricidad voluntaria e individual (2).

### Lóbulo parietal

Se ubica posterior a la cisura central, por delante de la cisura parietooccipital. Estos lóbulos se componen básicamente de células piramidales dispersas, su función se vincula con la percepción de los sentidos como el tacto y cumple un papel muy importante en el reconocimiento de los números y sus relaciones, procesamiento de la información sensorial. En estas regiones se identifican tres áreas:

- Área somatoestésica primaria: Se ubica en la circunvolución parietal ascendente.
- Área somatoestésica secundaria: Se ubica superior al brazo posterior de cisura de Silvio.
- Área somatoestésica de asociación sensorial: Recubre el lobulillo parietal superior (2).

### Lóbulo temporal

Se ubica inferior a la cisura lateral, superior al borde inferior o basal, posterior al polo del temporal y anterior a los lóbulos del occipital, sus funciones se relacionan con el reconocimiento de los sonidos, intensidad y su tono respectivamente. Presenta tres áreas:

- Área auditiva primaria (áreas 21 y 41 de Brodman).
- Área auditiva secundaria.
- Área sensitiva del lenguaje de Wernicke.

### Lóbulo occipital

Se ubica anterior al polo del occipital, detrás de los lóbulos parietal y temporal, delimitado superiormente por el surco parietooccipital. Constituido por una cantidad pequeña de células piramidales, su función radica en el manejo de la información visual (2).

Se identifican dos áreas:

- Área visual primaria (área 17 de Brodman).

- Área visual secundaria (área 17 y 18 de Brodman).

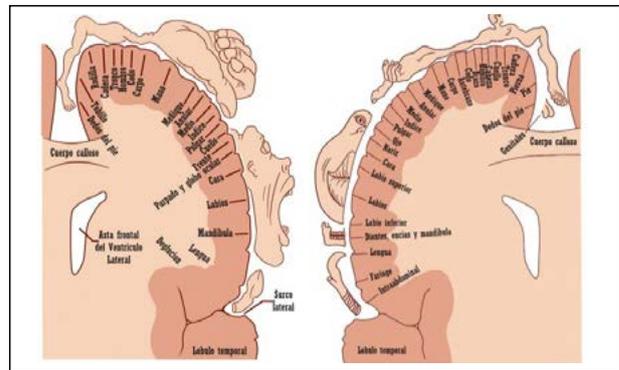


Figura 142. Homúnculo motor y sensitivo de Penfield

Fuente: Autor

### Núcleos basales

Son masas de sustancia gris se encuentran dentro de la sustancia blanca, de acuerdo con la ontogenia y a la filogenia se consideran, tres partes:

- Neostriado: Está comprendido por el núcleo caudado y putamen.
- Paleostriado: Formado por los globos pálidos mediales y laterales.
- Arquiestriado: Corresponde al cuerpo amigdalino (11).

### Núcleo Caudado

Tiene forma de C, está relacionado con el ventrículo lateral. Relacionado con la cápsula interna, se divide en cuerpo, cabeza y cola.

### Núcleo Lenticular

Forma de cuña, insertada en la sustancia blanca del hemisferio cerebral, se ubica medialmente a la cápsula interna, lateral a la cápsula externa, y está conformado por tres estructuras por fibras de sustancia blanca, el globo pálido lateral, medial y el tálamo (2).

### Claustro o Antemuro

Está situado próximo la línea media, cerca del centro del cerebro y tálamo, está inervada por neuronas dopamina, principalmente del área tegmental ventral.

Se encarga de la modulación del movimiento de forma indirecta de la corteza de los núcleos.

### Núcleo amigdalino

Se encuentra en el lóbulo temporal, cerca de uncus, forma parte del sistema límbico.

### Sistema límbico

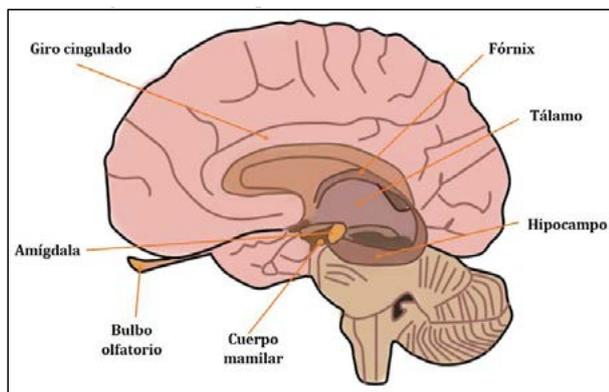


Figura 143. Componentes del sistema límbico  
Fuente: Autor

La palabra límbico significa borde o margen, se utiliza para denominar a un grupo de estructuras que se encuentran en la zona límite entre la corteza cerebral y el hipotálamo. Se halla relacionado con el control de la emoción, la conducta, los impulsos y es un centro importante para la memoria (7).

### Localización y constitución

Es la porción limitante del cerebro situada debajo de la corteza cerebral y el Hipotálamo, formado por varias estructuras cerebrales gestionando las respuestas fisiológicas ante estímulos emocionales (5).

### Vías conectoras del sistema límbico

Corresponde, el álveo, la fimbria, el fórnix, el tracto mamilotalámico y la estría terminal.

El álveo es una capa delgada de sustancia blanca que se encuentra sobre la ventricular del hipocampo. Está compuesto por fibras nerviosas que se originan en la corteza del hipocampo, estas fibras convergen y forman la fimbria lo cual deja el extremo posterior del hipocampo como el pilar posterior del fórnix, los dos pilares posteriores convergen y forman el cuerpo del fórnix, se divide anteriormente en dos columnas una se

curva adelante y abajo sobre el agujero de Monro luego cada columna desaparece en la pared lateral del III ventrículo para alcanzar el cuerpo mamilar (5).

### Formación del hipocampo

El hipocampo se extiende en toda la longitud del piso de la asta inferior del ventrículo lateral. Se denomina hipocampo porque se parece a un caballito de mar en el corte coronal, consiste en el giro dentado y circunvolución del parahipocampo.

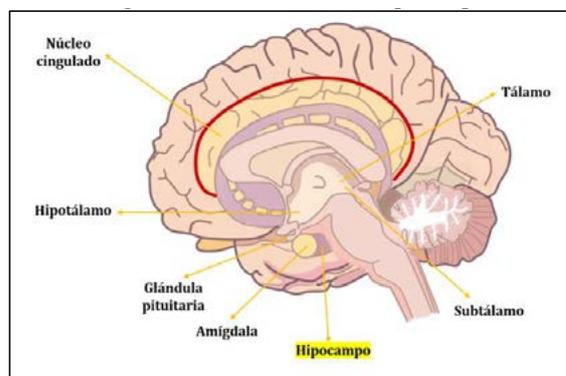


Figura 144. Ubicación del hipocampo  
Fuente: Autor

- **El giro dentado:** se localiza entre la fimbria del hipocampo y la circunvolución del parahipocampo. En su porción posterior, acompaña a la fimbria casi hasta el esplenio del cuerpo caloso, y se continúa en el indusium griseum, cubre la superficie superior del cuerpo caloso, se encuentran dos haces delgados de fibras blancas a cada lado, que se conocen como estrías longitudinales medial y lateral (2).
- **La circunvolución del parahipocampo:** localizada entre la fisura del hipocampo y el surco colateral, y continúa con el hipocampo siguiendo el borde medial del lóbulo temporal.

### Núcleo amigdalino

Ubicado por delante y por encima de la punta de la asta inferior del ventrículo lateral y fusionado con la punta de la cola del núcleo caudado, consiste en un complejo de núcleos que puede

agruparse en un grupo baso lateral de mayor tamaño y otro grupo corticomedia, se asemeja a una almendra (2).

### Conexiones aferentes del hipocampo

Las conexiones aferentes del hipocampo se pueden clasificar en seis grupos:

- Las fibras que surten de la circunvolución del cíngulo y se destinan hacia el hipocampo.
- Las fibras que surgen de los núcleos septales, que pasan por detrás del fórnix hacia el hipocampo.
- Las fibras que surgen de un hipocampo y se dirigen de la línea media hacia el hipocampo contrario en la comisura del fórnix.
- Las fibras que derivan del indusium griseum y que se trasladan desde la porción posterior de las estrías longitudinales hacia el hipocampo.
- Las fibras que proceden de la corteza entorrinal o la que está íntimamente relacionada con el área olfatoria y su trayecto es hacia el hipocampo.
- Las fibras que nacen de las circunvoluciones dentadas y del parahipocampo y se dirigen hasta el hipocampo.

### Conexiones eferentes del hipocampo

Los axones de estas células emergen para formar el álveo y la fimbria, continúa como el pilar del fórnix. Los dos pilares convergen para formar el cuerpo del fórnix se divide en los dos pilares del fórnix, que se curvan hacia abajo y adelante, por delante de los agujeros interventriculares (2).

Las fibras contenidas en el fórnix se distribuyen en:

- Las fibras que cuyo trayecto va desde la zona posterior hacia la comisura anterior para penetrar en el cuerpo mamilar, llegando al núcleo medial (5).

- Las fibras que se dirigen desde la zona posterior hacia la comisura anterior para alcanzar los núcleos anteriores del tálamo.
- Las fibras que se dirigen desde la zona posterior hacia la comisura anterior para internarse en el tegmento del mesencéfalo.

### Diencefalo

Está constituido por estructuras que limitan con el tercer ventrículo, se extiende posteriormente hasta el punto en que el tercer ventrículo se continúa con el acueducto cerebral, y anteriormente llega hasta los agujeros interventriculares (5).

El diencefalo, se lo estudia en 5 porciones mayores: el tálamo, metatálamo, el subtálamo, el epítálamo y el hipotálamo (5).

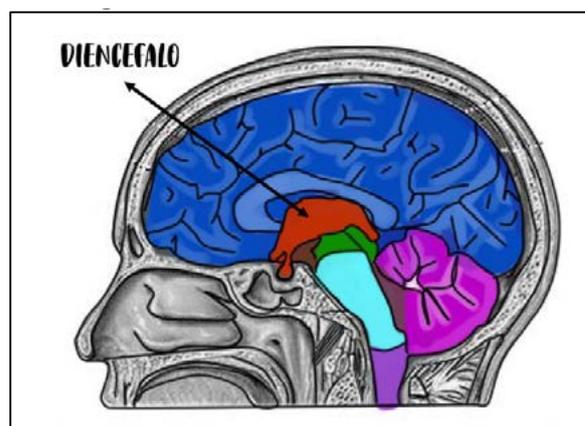


Figura 145. Ubicación del diencefalo  
Fuente: Autor

### Características macroscópicas del diencefalo

La superficie inferior del diencefalo: Está formada por estructuras hipotalámicas, el quiasma óptico, con el tracto óptico a cada lado, el infundíbulo, con el túber cinereum y los cuerpos mamilares.

La superficie superior del diencefalo está oculta por el fórnix, sin embargo, la verdadera pared superior del diencefalo la constituye el techo del tercer ventrículo, está cubierta por un pliegue vascular de piamadre. De las cuales se

originan prolongaciones vasculares denominadas plexos coroideos del tercer ventrículo proyectándose hacia abajo para formar el LCR.

La superficie lateral del diencefalo: Está limitada por la cápsula interna de sustancia blanca, a su vez está formada por fibras nerviosas con la función de conectar la corteza cerebral con otras estructuras como el tallo cerebral y médula espinal.

Al inicio se destacó que el diencefalo está dividido en mitades simétricas por el tercer ventrículo, esta división forma una superficie medial (5).

La superficie medial del diencefalo: Formada en la parte superior por la superficie medial del tálamo, y en su parte inferior, por el hipotálamo; separadas por el surco hipotalámico.

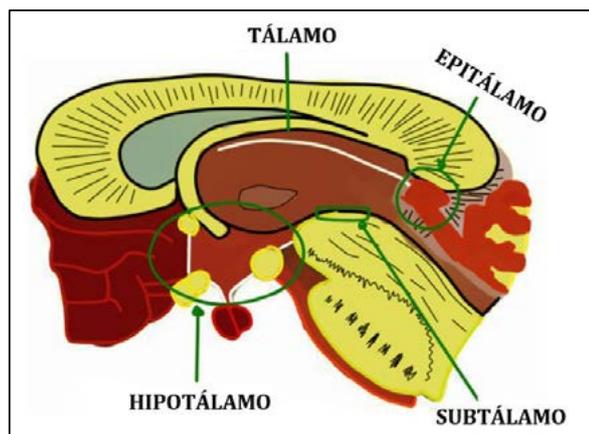


Figura 146. Porciones del diencefalo  
Fuente: Autor

### Tercer ventrículo

Se caracteriza por situarse entre los hemisferios cerebrales. Tiene forma de cubo irregular donde se describen una pared anterior, posterior y dos paredes laterales. La pared anterior formada por la lámina fina de sustancia gris, la lámina terminal, atravesada por la comisura anterior, está situada por delante de los pilares anteriores del fórnix, y conectan los lóbulos temporales derecho e izquierdo (2).

- La pared posterior está formada por el orificio del acueducto de Silvio. Por enci-

ma de esta, se encuentra el receso pineal lo cual se encuentra la pequeña comisura habenuar, proyectado en el tallo del cuerpo pineal (2).

- La pared lateral está formada por la superficie medial del tálamo en su cara superior y el hipotálamo en la inferior, estas dos se encuentran separadas por el surco del hipotálamo.
- La pared superior, está formada por una capa de epéndimo, por encima se encuentra la tela coroidea del tercer ventrículo, dentro de la tela coroidea se encuentran las venas cerebrales internas.
- La pared inferior está conformada por el quiasma óptico, el túber cinereum, el infundíbulo, con su respectivo receso en forma de túnel y los cuerpos mamilares. La hipófisis está unida al infundíbulo.

### Ventrículos laterales

El cerebro contiene dos ventrículos laterales, uno en cada hemisferio cerebral. Cada ventrículo es una cavidad que tiene la forma de una C, que se encuentra recubierta con epéndimo y llena de líquido cefalorraquídeo. Los ventrículos laterales están compuestos por los respectivos: cuerno frontal, cuerpo, atrio, cuernos temporal y occipital. El ventrículo lateral se comunica con la cavidad del tercer ventrículo a través del agujero de Monro, apertura limitada anteriormente por el pilar anterior del fórnix, y posteriormente por el extremo anterior del tálamo.

**Límites:** El cuerpo del ventrículo lateral se extiende desde el agujero de Monro hacia atrás hasta el extremo posterior del tálamo, donde se continúa con las astas posterior e inferior. Está provisto de un techo, un piso y una pared medial.

El techo se estructura por la superficie inferior del cuerpo calloso. El piso se forma por el cuerpo del núcleo caudado y el borde lateral del tálamo. La cara superior del tálamo esta oculta en su parte medial por el cuerpo del fórnix. El plexo coroideo del ventrículo se proyecta en el

cuerpo de este a través de la brecha en la hendidura entre el cuerpo del fórnix y la cara superior del tálamo (5).

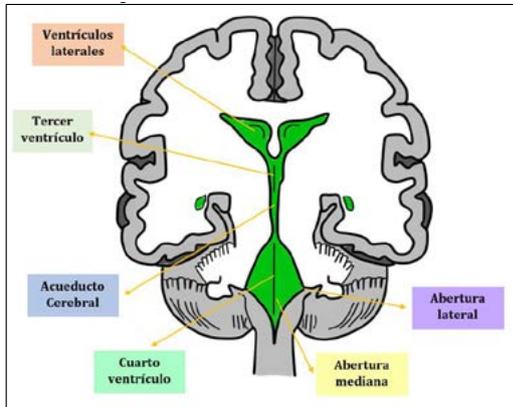


Figura 147. Corte sagital donde se observa las estructuras del sistema ventricular

Fuente: Autor

### Tálamo

El tálamo, es una masa ovoide de sustancia gris que ocupa la mayor parte del diencefalo. Constituye una región de gran importancia funcional, y sirve como estación de intercambio para la mayoría de los sistemas sensitivos principales (excepto para la vía olfatoria).

Las actividades del tálamo se hallan estrechamente relacionadas con las de la corteza cerebral, y una leve lesión en esta área provocaría una gran pérdida de la función cerebral. El tálamo ubicado a cada extremo de los ventrículos laterales (unidos por la masa intermedia). Tiene forma de un huevo de perdiz (5).

### Función:

El tálamo tiene la funcionalidad de una estación de intercambio celular muy importante que recibe los principales tractos sensitivos (excepto la vía olfatoria).

Debe considerarse una estación de relevo sensitivo en la que la información se integra y se transmite hacia la corteza cerebral y muchas otras regiones subcorticales. También desempeña un papel fundamental en la integración de las funciones viscerales y somáticas (2).

### Límites:

- El extremo anterior del tálamo es estrechado y redondeado, y pasa a formar el límite posterior del foramen de Monro.
- El extremo posterior se expande para formar el pulvinar, localizado encima del colículo superior y el brazo del colículo superior. El cuerpo geniculado lateral establece una pequeña elevación por encima de la cara inferior de la porción lateral del pulvinar (5).
- La superficie superior del tálamo está envuelta medialmente por la tela coroidea y el fórnix; esta superficie forma en parte del piso del ventrículo lateral. La parte lateral se denota parcialmente oculta por el plexo coroideo del ventrículo lateral.
- La superficie inferior es la estructura continuada del tegmento del mesencéfalo.
- La superficie medial del tálamo forma la parte superior de la pared lateral del tercer ventrículo y se relaciona frecuentemente con el tálamo opuesto a través una banda de sustancia gris, la conexión intertalámica.
- La superficie lateral del tálamo se encuentra aislada del núcleo lenticular por una cápsula interna, que es una banda muy importante de sustancia blanca (2).

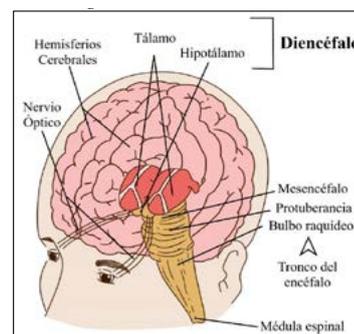


Figura 148. Ubicación del tálamo

Fuente: Autor

### Núcleos talámicos

Los núcleos talámicos se clasifican según la localización respecto a la lámina medular interna, en el cual se distinguen 7 grupos nucleares: (2).

- Anterior
- Medial
- Lateral
- Ventral
- Reticular
- Intralaminar
- La línea media

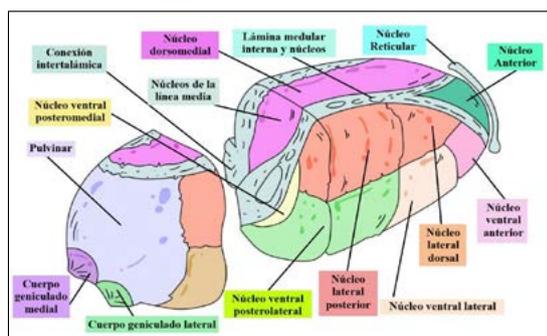


Figura 149. Núcleos del tálamo

Fuente: Autor

**Núcleos talámicos de relevo:** Son estaciones intermedias de procesamiento de la información hasta la corteza cerebral, enviando sus proyecciones a zonas concentradas de las mismas. Los núcleos de relevo de la información sensorial son propios del grupo ventral de cada modalidad sensorial, excepto el olfato, que posee su propio núcleo de relevo. Estos núcleos transmiten sus señales a las áreas concentradas de la corteza situada en los lóbulos parietal, occipital, temporal y de la ínsula (2).

- Los grupos anterior y medial son núcleos de relevo de señales que transmite el hipotálamo hacia la corteza cerebral.
- El grupo lateral transmite señales de igual manera a esta zona de la corteza cerebral de las que las recibe. Otros actúan como relevo de información de carácter motor recibida desde centros como el cerebelo y el cuerpo estriado que están relacionados con el control motor (2).

Los principales grupos del tálamo suelen dividirse en territorios, que a su vez también se subdividen en núcleos (5):

#### Territorio anterior tiene solo un núcleo:

- Núcleo anterior (NA), demarcado por la

lámina medular interna, que lo dividen en un grupo de núcleos anterodorsal, otro anteromedial y un grupo anteroventral (5).

#### Territorio medial:

- Núcleo mediano dorsal (MD)
- Núcleos de la línea media
- Núcleos de la lámina medular interna del tálamo: Núcleo centromedial (CM) (5).

#### Territorio lateral:

- Grupos ventrales:
- Núcleo ventral anterior (VA)
- Núcleo ventral lateral (VL)
- Núcleo ventral posterior (VP)
- Ventral posteromedial (VPM)
- Ventral posterolateral (VPL)
- Ventral intermedio (VI)

#### Grupos dorsales:

- Núcleo lateral dorsal (LD)
- Núcleo lateral posterior (LP)

**Territorio posterior del tálamo**, donde se añade usualmente el territorio lateral del tálamo.

- Pulvinar
- Cuerpos geniculados, región llamada también metatálamo
- Medial, con un prominente núcleo medial
- Lateral, con un prominente núcleo dorsal (5).

#### Metatálamo

Forma parte del diencefalo, se encuentra ubicado en la parte inferior del extremo dorsal del tálamo (5).

Está compuesto por:

- Cuerpo geniculado medial: Forma parte de la vía auditiva, se lo observa como un abultamiento en la parte posterior del tálamo por debajo del pulvinar (5).
- Cuerpo geniculado lateral: Este forma parte de la vía visual, se encuentra conectado con el tracto óptico. Cada cuerpo geniculado lateral recibe información visual del campo visual opuesto (5).

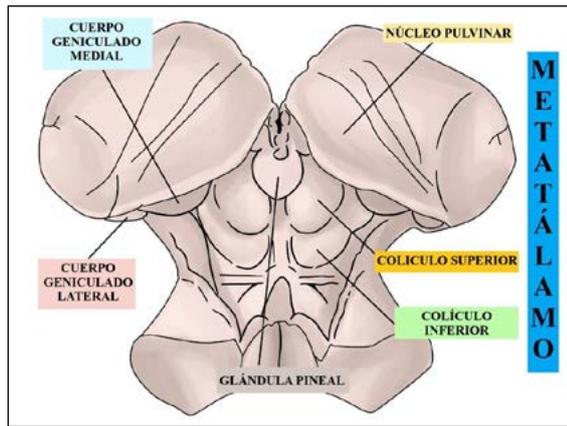


Figura 150. Estructuras del metatálamo  
Fuente: Autor

### Epitálamo

Son dos estructuras que pertenecen al sistema límbico, por lo tanto, está implicado en el instinto afectivo del individuo. Se ubica sobre y detrás del tálamo. Está formado por los núcleos habenuares y sus conexiones, y la glándula pineal (5).

- **Núcleo habenuar:** es un grupo pequeño de neuronas ubicadas en el interior de la superficie posterior del tálamo. Se reciben fibras aferentes del núcleo amigdalino en el lóbulo temporal por medio de la estría medular del tálamo; otras fibras fluyen desde la formación del hipocampo a través del fórnix. La comisura habenuar está formada por varias fibras de la estría medular las cuales cruzan la línea media y alcanzan el núcleo habenuar del lado opuesto (5).

- **Glándula pineal (cuerpo pineal):** es un órgano impar con forma de cono ligeramente aplastado se ubicada detrás del mesencéfalo en los colículos superiores, esta estructura se osifica con los años lo que le permite mostrarse de forma clara en una radiografía. Es una glándula que posee células que secretan melatonina. La glándula pineal es una estructura que no contiene neuronas, pero si posee células de glía y células secretoras especializadas llamadas pinealocitos. Estos últimos sintetizan la hormona melatonina a partir de la serotonina, especialmente durante la noche (5).

**Funciones de la glándula pineal:** A pesar de que antiguamente no se le reconocía ninguna función de importancia, en la actualidad se sabe que esta glándula tiene funciones muy importantes con las actividades de la hipófisis, los islotes de Langerhans del páncreas, las paratiroides, las glándulas suprarrenales y las gónadas. (5).

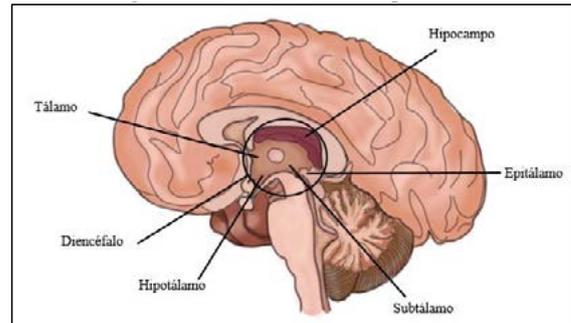


Figura 151. Ubicación del Epitálamo  
Fuente: Autor

### Subtálamo

El subtálamo se encuentra inferior al tálamo, por lo tanto, su ubicación más específica será entre el tálamo y el tegmento del mesencéfalo; en sentido craneomedial se relaciona con el hipotálamo (5).

Entre los grupos de células nerviosas halladas en el subtálamo se encuentran núcleos rojos y la sustancia negra (5).

El núcleo subtalámico goza de una forma de una lente biconvexa. El núcleo mantiene relaciones importantes con el cuerpo estriado, debido a esto tiene importancia en la actividad muscular (5).

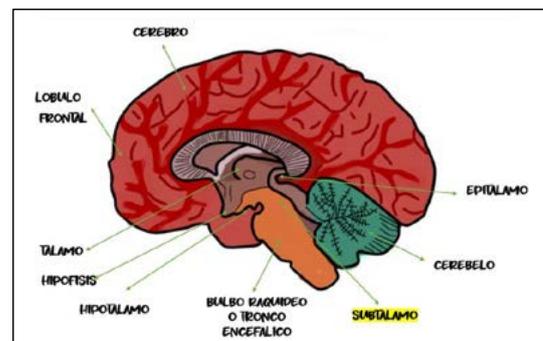


Figura 152. Ubicación del subtálamo  
Fuente: Autor

## Hipotálamo

Esta estructura está ubicada anteroinferior con respecto al diencéfalo, contiene una gran cantidad de núcleos (90 aproximadamente) y pesa alrededor de 4 gramos (7).

Es una estructura muy importante ya que fisiológicamente casi todas las actividades corporales están reguladas por el hipotálamo (7).

- Extremo anterior: limita con la lámina terminalis, se relaciona con la comisura blanca anterior y con el surco hipotalámico (5).
- Extremo caudal: Delimita con el mesencéfalo. Medialmente: Forma las paredes laterales del III ventrículo. Porción lateral: En contacto con el subtálamo.

Se divide en dos partes:

- Hipotálamo Medial y Lateral (5).

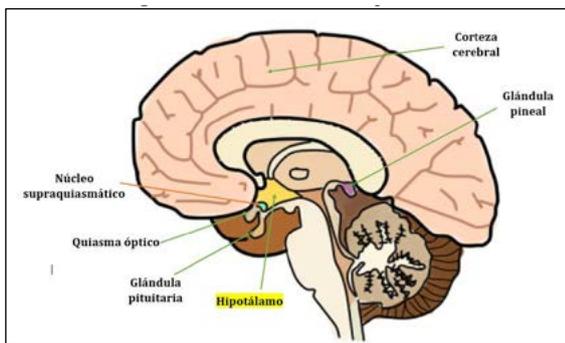


Figura 153. Ubicación del hipotálamo  
Fuente: Autor

## Relaciones del hipotálamo

Visto desde abajo se muestra al hipotálamo relacionado con el quiasma óptico, el túber cinereum y el infundíbulo y los tubérculos mamilares (5).

- Quiasma óptico: Es un haz aplanado de fibras nerviosas que se ubica en la conexión de la pared anterior y el piso del tercer ventrículo. La superficie superior está insertada a la lámina terminal y por debajo se relaciona con la hipófisis cerebral, de la cual está separada por el diafragma sellar (5).
- Túber cinereum: Es una masa convexa de sustancia gris, que se observa desde la

superficie inferior. Con una característica hueca y se continúa con el lóbulo posterior de la hipófisis cerebral (5).

- Tubérculos mamilares: Dos cuerpos hemisféricos pequeños posterolaterales respecto al túber cinereum. Poseen un centro de sustancia gris recubierto por una cápsula de fibras nerviosas mielínicas (5).

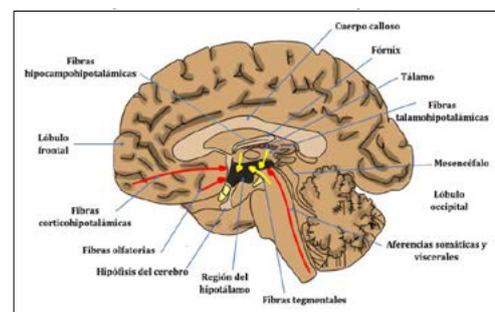
La sustancia perforada es una estructura ubicada en la parte posterior de los tubérculos mamilares, denominada así por los orificios que dan el aspecto perforante a esta estructura.

Estos orificios vinculan las ramas centrales de las arterias cerebrales posteriores (5).

## Conexiones aferentes del hipotálamo

El hipotálamo recibe múltiples conexiones aferentes relacionadas con varias funciones:

- Las aferencias viscerales y somáticas.
- Llegan al hipotálamo como colaterales de los sistemas lemniscales, vía formación reticular (5).
- Las aferencias corticales que logran alcanzar al hipotálamo directamente desde la corteza frontal.
- Las aferencias derivadas del hipocampo; vía Fórnix- núcleos mamilares.
- Las aferencias del cuerpo amigdalino vía estría terminalis.
- Las aferencias del tálamo, procedentes de los núcleos dorsomediano y de la línea media.
- Las aferencias provenientes del tegmento mesencefálico (5).



Figuras 154. Conexiones aferentes del hipotálamo  
Fuente: Autor

### Conexiones eferentes del hipotálamo

Estas conexiones son variadas y complejas:

- Eferencias mamilotalámicas: Se dirigen hacia el núcleo anterior del tálamo, para luego proyectarse a la corteza cingulada (5).
- Eferencias mamilotegmentales: Estas permiten conexiones con la formación reticular del tegmento mesencefálico (5).
- Eferencias descendentes al tronco encefálico y médula espinal: Permiten que el hipotálamo pueda actuar en los centros segmentarios simpáticos y parasimpáticos tales como: núcleo accesorio del oculomotor, núcleos salivatorios superior e inferior, núcleo dorsal del vago, núcleos simpáticos de la asta lateral, núcleos parasimpáticos de la región intermedia lateral de la médula sacra (5).

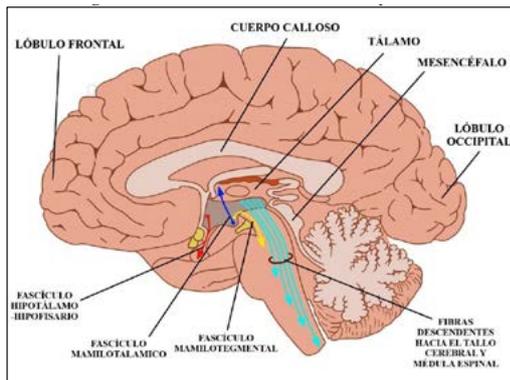


Figura 155. Conexiones eferentes del hipotálamo  
Fuente: Autor

### Sistema porta hipofisario

La hipófisis es una pequeña glándula de 0,6 gramos alojada en la silla turca del esfenoides, está unida al hipotálamo a través del tallo pituitario. El sistema portal hipofisario, es el eslabón crucial entre el hipotálamo y la hipófisis (5). La hipófisis es una glándula que consta de dos partes:

- El lóbulo anterior constituye la mayor parte de la glándula (85%) también denominado adenohipófisis el cual deriva del ectodermo embrionario de una evaginación de la faringe (5).

- El lóbulo posterior o neurohipófisis es más pequeño (15%) y su origen es nervioso.

La vascularización de la adenohipófisis se otorga a través del sistema porta hipotálamo-hipofisario (5)

La importancia de este sistema es que transporta las hormonas liberadoras que secreta el hipotálamo con fines reguladores de la secreción adenohipofisiaria (5).

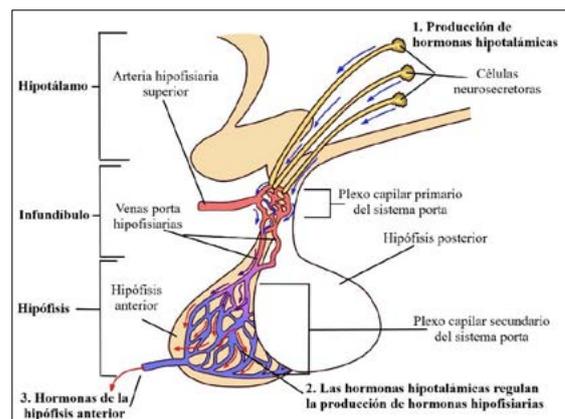


Figura 156. Sistema porta hipofisario

Fuente: Autor

Estas hormonas son:

- Somatoliberina (GHRH): Estimula la secreción de GH proporcionada por la hipófisis.
- Corticoliberina (ARH): Estimula la secreción de ACTH proporcionada por la hipófisis.
- Tiroliberina (TRH): Estimula la secreción de TSH proporcionada por la hipófisis.
- Gonadoliberina (LHRH): Estimula la secreción de LH y FSH proporcionada por la hipófisis.
- Hormona inhibidora de la GH (GHIH) o somatostatina: Inhibe la secreción de la GH proporcionada por la hipófisis.
- Prolactina: Está regulada negativamente por dopamina, un neurotransmisor (5).

## Enfermedades asociadas

### Lesiones en el hemisferio cerebral izquierdo

#### • El lóbulo frontal

Funcionalmente está comprometido en los aspectos del control y programación motora, controla la función expresiva del lenguaje, y además es el responsable de otras funciones cognitivas muy importantes como el discernimiento, la predicción y planificación de la conducta. Las lesiones en esta área son causantes de crisis motoras simples, hipotonía facial y hemiplejía contralateral. También pueden aparecer alteraciones del funcionamiento social y es muy usual la presencia de afasia de Broca, que se caracteriza por una alteración en la expresión de la fluidez verbal, mientras que la comprensión está relativamente preservada. Entre otras manifestaciones son alteración en la lectura (alexia) y escritura (agrafia).

#### • El lóbulo parietal

Desempeña funciones de integración y procesamiento de la información sensorial multimodal y es participante en la noción consciente del esquema corporal, orientación y habilidades espaciales. De haber daño, aparecerán crisis sensitivas que producen alteración o disminución de la sensibilidad en el lado contralateral. Así mismo de la aparición de una distorsión del esquema corporal, dificultando la localización de partes del mismo (autotopagnosia) e incapacidad para identificar los dedos de la propia mano (agnosia digital).

Con frecuencia está presente la pérdida del campo visual inferior; las personas con daño en esta área muestran graves problemas para nombrar objetos (anomia), incapacidad para llevar a cabo operaciones matemáticas (acalculia), alexia y agrafia.

#### • El lóbulo temporal

Presenta multifunciones como la auditiva, la comprensión del lenguaje, la memoria, aspectos emocionales de la conducta y la apreciación consciente del sentido del olfato.

Pacientes con presencia de lesión unilateral izquierda de lóbulo temporal padecen ataques paroxísticos de impasibilidad (ausencias), conductas sin propósito (automatismos), alucinaciones olfativas, auditivas y del complejo visual, trastornos del estado de ánimo y la memoria.

El daño en esta zona dará lugar a la aparición de Afasia de Wernicke, donde el lenguaje es fluido, pero contiene errores (parafasias); no hay repetición y la comprensión está muy deteriorada.

#### • El lóbulo occipital

Es responsable de la percepción e interpretación visual. En caso de lesión tiene tendencia a la aparición de alucinaciones visuales paroxísticas de naturaleza simple, como luces y colores (crisis parciales simples) y pérdida del campo visual contralateral (hemianopsia homónima contralateral).

- Infarto cerebral o accidente cerebral: déficit neurológico causado por una disminución importante del flujo sanguíneo cerebral.
- Accidente cerebral isquémico: cuando la estructura pierde la irrigación súbita e inmediatamente provoca la aparición de una zona infartada la arteriosclerosis la principal causa de este accidente cerebral.
- Accidente cerebral hemorrágico: rotura de un vaso sanguíneo cerebral debido a un pico hipertensivo o un aneurisma se clasifica en intraparenquimatosas y subaracnoideo.
- Síndrome lateral o de Wallenberg: conjunto de signos y síntomas causados por la oclusión de la arteria vertebral o de la cerebelosa posterior inferior causando un infarto bulbo medular lateral.

## Caso clínico

### Presentación del caso

Paciente de sexo femenino de 16 años de edad presenta alteraciones cognitivas, comportamiento inadecuado, alteraciones de memoria, cam-

bio en el desempeño escolar, se llevó a consulta neurológica, donde las pruebas de laboratorio no revelaron alteraciones, se realizó un electroencefalograma lo cual demostró brotes paroxísticos de ondas agudas en medio de la área temporal anterior derecha, en la evaluación de resonancia magnética se mostró un ligero aumento de ambas cabezas de hipocampo, lo cual es causado por epilepsia del lóbulo temporal, caracterizada por la pérdida neuronal, esclerosis a nivel del hipocampo que refleja en los estudios de resonancia magnética como atrofia y aumento de la intensidad de señal en T2 y FLAIR.

Esta enfermedad comienza con una sensación epigástrica que está asociada a cambios emocionales como miedo y síntomas autonómicos sigue la pérdida de la conciencia y automatismos presentar posiciones distónicas lateralizadas hacia el lado de la lesión, duran menos de 2 minutos al inicio es de fácil control, pero a medida que el tiempo pasa hasta 90% son refractarias a tratamiento farmacológico.

El tratamiento que ha demostrado mejores resultados es el quirúrgico, ya que se obtienen resultados satisfactorios en comparación con el tratamiento farmacológico basado en antiepilépticos (10).

## Glosario

- Apófisis Clinoides: Prolongaciones curvadas del hueso esfenoides que limitan la silla turca, donde se aloja la glándula hipófisis. Son cuatro, una a cada lado, una anterior y otra posterior.
- Células mesoteliales: Son células especializadas que recubren las cavidades serosas y los órganos internos.
- Circunvolución: Relieve o pliegue que, junto con muchos otros, forma la superficie exterior del cerebro.
- Cisura intercerebral: Realiza la división del cerebro en dos hemisferios que están vinculados entre sí mediante el cuerpo caloso.
- Cuerpo mamilar: Los cuerpos o tubérculos mamilares son dos esferoides grises ubicados simétricamente al final de los arcos anteriores del triángulo, en la base del cerebro.
- Dendrita: Proyección ramificada de una célula nerviosa que sirve para conducir el estímulo eléctrico proveniente de otra célula hacia el cuerpo de la neurona.
- Epineuro: Capa más externa de los tres revestimientos de tejido conjuntivo que recubren a un nervio. Está constituido por tejido conjuntivo fibroso denso, con algunas fibras elásticas gruesas que envuelven por completo al nervio.
- Fórnix: Estructura de sustancia blanca también llamada triángulo o “bóveda de 4 pilares” por poseer 2 proyecciones anteriores y 2 posteriores también llamados pilares o columnas conecta los cuerpos mamilares con los núcleos.
- Glándula pituitaria: La glándula pituitaria es una glándula del tamaño de un guisante que se encuentra en la base del cerebro. La pituitaria es la “glándula de control maestro” - produce hormonas que afectan el crecimiento y las funciones de las otras glándulas del cuerpo.
- Girus cinguli: Estructura curva larga en la superficie media de los hemisferios cerebrales; la parte cortical del sistema límbico.
- Hipocampo: Pequeño órgano situado dentro del lóbulo temporal intermedio del cerebro y crea a una parte importante del sistema límbico, la región que regula emociones y también está relacionada con la memoria.
- Ligamento dentado: Son ligamentos pertenecientes a la anatomía de la médula espinal y al sistema nervioso central.
- Melatonina: Hormona producida por una parte del cerebro llamada glándula pineal. La melatonina ayuda a regular su ciclo de sueño. Le dice a su cuerpo cuándo es hora de ir a dormir y cuándo es hora de despertar.
- Opérculo: Porción de la corteza cerebral que cubre el lóbulo de la ínsula, es decir los labios superior e inferior de la cisura de Silvio.
- Rostral: Parte de un órgano que se encuentra más cerca de la cara.
- Silla turca: Nicho en forma de hueco situado en la vertiente endocraneal del hueso esfenoides, en la base del cráneo humano. Aloja a la hipófisis o glándula pituitaria.
- Sistema límbico: Parte del cerebro que incluye el tálamo, el hipotálamo y la amígdala cerebral, que regula las emociones, la memoria, el hambre y los instintos sexuales.
- Somatostatina: Hormona proteica producida por las células delta del páncreas, en lugares denominados islotes de Langerhans. Interviene indirectamente en la regulación de la glicemia, e inhibe la secreción de insulina y glucagón.

- Tentorio: Tabique transversal tendido en la parte posterior de la cavidad craneal que separa la fosa cerebral de la fosa cerebelosa.
- Zonas corticales: Responsables de la planificación, control y ejecución de los movimientos voluntarios se encuentran en la corteza motora primaria, situado en el lóbulo frontal, junto a la corteza somatosensorial.

## Actividades

1. Dibuje la cara dorsolateral del cerebro e indique los nombres de los surcos y circunvoluciones, respectivamente.

2. Dibuje y ubique las partes o porciones del cuerpo calloso.

3. Dibuje el sistema límbico y describa las estructuras importantes.

4. Realizar un mentefacto de las funciones del hipotálamo.

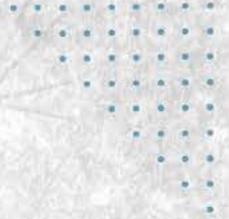
5. Realizar un cuadro sinóptico sobre las divisiones del diencefalo y describir su sinonimia, ubicación, función, trayecto y las vías que posee de cada una de ellas.

6. Explicar el Sistema Porta Hipofisario y realizar un dibujo.

### Referencias bibliográficas

1. Rosales-Reynoso MA, Juárez-Vázquez CI, Barros-Núñez P. Evolución y genómica del cerebro humano. *Neurología*. 2018; 33(4). p. 254–65
2. Chu Lee Á, Cenca Buele S, López M. *Anatomía y fisiología del sistema nervioso*. 1st ed. Machala: UTMACH; 2015.
3. Sadler TW. *Langman. Embriología Médica*. 14a ed. Filadelfia, Pensilvania: Wolters Kluwer; 2019.
4. Ross M.H., Pawlina W. *Histología: Texto y atlas*. 8a ed: Wolters Kluwer; 2020.
5. Mtui E, Gruener G, Dockery P. *Fitzgerald Neuroanatomía Clínica Y Neurociencia*. 8a ed: Elsevier. 2022.
6. Crossman AR, Neary D. *Neuroanatomía, texto y atlas en color*. 6a ed. Barcelona: Elsevier Masson; 2020.
7. Splittgerber R. *Snell. Neuroanatomía Clínica*. 8a ed. Madrid: Wolters Kluwer Health España; 2019.
8. Champney T. *Neuroanatomía Clínica Esencial*. Bogota DC, Colombia: Panamericana Editorial Ltda; 2017.
9. Carpenter M. *Neuroanatomía Fundamentos*. 4a ed. Editorial Médica Panamericana; 1998.
10. Guzmán S, Elizondo R. *Anatomía Humana en Casos Clínicos*. 5a ed. Editorial Médica Panamericana; 2022.
11. Latarjet L. *Anatomía Humana con Orientación Clínica*. 5a ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2019.





## **UNIDAD 7**

# **MENINGES DEL ENCÉFALO Y DE LA MÉDULA ESPINAL**





## Meninges del Encéfalo y de la Médula Espinal

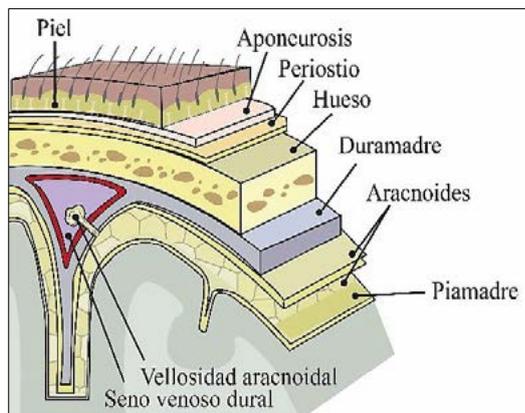


Figura 157. Meninges del sistema nervioso central  
Fuente: Autor

Las meninges son tres membranas que protegen y amortiguan el SNC, envolviendo al encéfalo y la médula espinal, separándolas así de las paredes de los huesos que las rodean (cráneo y columna vertebral). Acorde con su situación, estas se denominan: meninges craneales, aquellas que circundan al encéfalo, y meninges espinales, aquellas que envuelven la médula espinal. No obstante, las meninges craneales y espinales son contiguas una con la otra. Se las describen, desde la más superficial a la más profunda: Duramadre, también conocida como paquimeninge. Aracnoides y Piamadre, en conjunto conocidas como leptomeninges (1). Referente al tema se encontrará

su irrigación, drenaje venoso e inervación de los mismos para una mayor comprensión.

En el presente capítulo se abarca además el estudio del sistema ventricular conformado por dos ventrículos laterales junto con un tercer y cuarto ventrículo por el que circula abundante líquido cefalorraquídeo, creado a nivel de los plexos coroides de los ventrículos. El líquido cefalorraquídeo es de color transparente y completamente estéril, se encuentra tanto en el encéfalo como en la médula espinal e igual que las meninges, cumple la función protectora, además de nutrir, lubricar y proporcionar un medio apto para cumplir la función eléctrica del sistema nervioso central, esto sirve de ayuda como indicativo para afectaciones del área a partir de una toma de muestra.

Mediante el estudio de este capítulo se logrará describir las diferentes estructuras que conforman las meninges y el sistema ventricular, conocer la formación y circulación del líquido cefalorraquídeo y relacionar alteraciones del encéfalo y médula espinal con las estructuras anteriormente mencionadas.

### Meninges craneales

Debido a la delicadeza del encéfalo, este se encuentra dentro de la cavidad craneal, envuelto por un sistema especial de amortiguadores conocidos como las meninges, entre las cuales encontramos: Duramadre, Aracnoides y Piamadre (2).

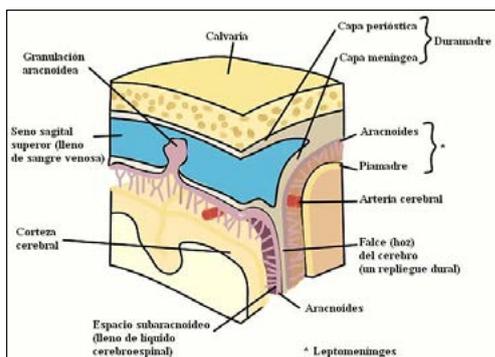


Figura 158. Meninges del encéfalo  
Fuente: Autor

### Duramadre

Es la capa más superficial y resistente, se encuentra formada por dos capas, la capa endóstica y la meníngea (3).

- **Capa endóstica:** Hace referencia al periestio, que cubre la superficie interna de los huesos del cráneo, en el agujero magno no presenta continuación con la duramadre de la médula espinal y se encuentra adherida más firmemente a los huesos sobre la base del cráneo (3).

- **Capa meníngea:** Membrana densa y fuerte que cubre el encéfalo y se continúa a través del agujero occipital con la duramadre de la médula espinal, esta capa proporciona vainas tubulares a los nervios craneales a medida que estos pasan a través de los agujeros del cráneo, también envía

hacia adentro cuatro tabiques encargados de limitar los movimientos de aceleración y desaceleración del encéfalo, que dividen la cavidad craneana en espacios donde se alojan las subdivisiones del encéfalo (3).

Las dos capas de duramadre están conectadas fuertemente, exceptuado los lugares donde se separan para rodear los senos venosos duros. En estas zonas, las capas meníngeas se proyectan hacia dentro, en dirección al tejido cerebral, formando el tabique fibroso que separa parcialmente la cavidad craneal. Los tabiques fibrosos dentro del cráneo son:

- **Hoz del cerebro:** Septo fibroso de mayor tamaño. Se exploya a través de la línea media, desde la apófisis Crista Galli, hasta la protuberancia occipital interna. Separa los hemisferios cerebrales derecho e izquierdo, y está provisto de los senos sagital superior y sagital inferior. Posteriormente, la tienda del cerebelo alcanza una unión con la hoz (1).

- **Tienda del cerebelo:** Presenta una forma de media luna, éste es un pliegue que se ubica sobre la fosa craneal posterior, cubre la superficie superior del cerebelo y sostiene los lóbulos occipitales de los hemisferios cerebrales (3).

- En su borde anterior se encuentra la incisure de la tienda, para el pasaje del mesencéfalo, lo cual produce un borde interno libre y un borde externo adherido o fijo.

- El borde fijo está adherido a las apófisis clinoides posteriores, a los bordes superiores de las porciones petrosas y a los márgenes de los surcos para los senos transversos sobre el hueso occipital.

- El borde libre corre hacia delante hacia sus dos extremos, cruza el borde adherido y se fija en las apófisis clinoides anterior a cada lado (2).

- **Hoz del cerebelo:** Una hoz de duramadre que se encuentra adherido a la cresta occipital interna, el cual se proyecta hacia delante entre los dos hemisferios cerebrales y su margen fijo posterior contiene el seno occipital (3).

- **Diafragma:** También conocido como tienda de la hipófisis que constituye una pequeña lámina que forma el techo de la silla turca y presenta un orificio en su centro que permite el paso del tallo de la hipófisis (3).

### Inervación de la duramadre

La inervación de la duramadre viene de diferentes ramas nerviosas como:

- Ramos del nervio Trigémico.
- Ramos del nervio Vago.
- Ramos de los tres primeros nervios espinales.
- Ramos del tronco simpático que viajan a la duramadre (2).

### Irrigación de la duramadre

La irrigación de la duramadre está dada por:

- Arteria Carótida Interna.
- Arteria Maxilar.
- Arteria Faríngea ascendente.
- Arteria Occipital.
- Arteria vertebral (2).

Cabe recalcar que la irrigación más importante viene de la arteria Meníngea media, la cual se origina en la arteria Maxilar y entra al cráneo por medio del foramen espinoso y luego de ubicarse en la capa meníngea corre hacia delante y lateralmente en un surco ubicado sobre la superficie superior de la porción escamosa del hueso temporal proporcionando dos ramas:

- La rama anterior que viaja junto con la línea de la circunvolución precentral subyacente del encéfalo.
- La rama posterior que se curva hacia atrás e irriga la parte posterior de la duramadre (3).

Las venas meníngeas ocupan la capa endóstica de la duramadre. La vena meníngea media sigue las ramas de la arteria meníngea media y drena en el plexo venoso pterigoideo o el seno esfenoparietal. Las venas están situadas por fuera de las arterias (3).

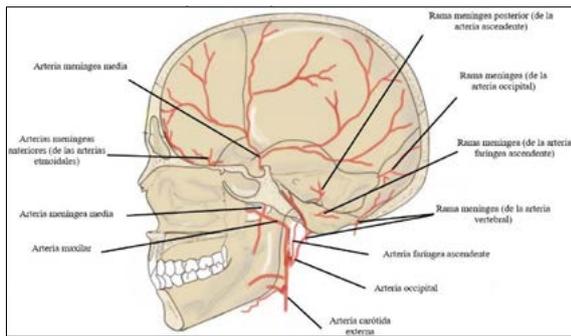


Figura 159. Irrigación de la duramadre  
Fuente: Autor

### Senos Venosos Durales

- Se encuentra revestido por endotelio, y carecen de tejido muscular.
- No contienen válvulas (2).

Ubicación: Cavidad craneana entre las capas de la duramadre.

Función: Recibir sangre desde el encéfalo por medio de venas cerebrales y líquido cefalorraquídeo, desde el espacio subaracnoideo a través de las vellosidades aracnoideas (2).

### Aracnoides

Delicada membrana que cubre el encéfalo y se encuentra separada de la duramadre por el espacio subdural, lleno con una película de líquido, y de la piamadre por el espacio subaracnoideo, que está lleno de líquido cefalorraquídeo (2).

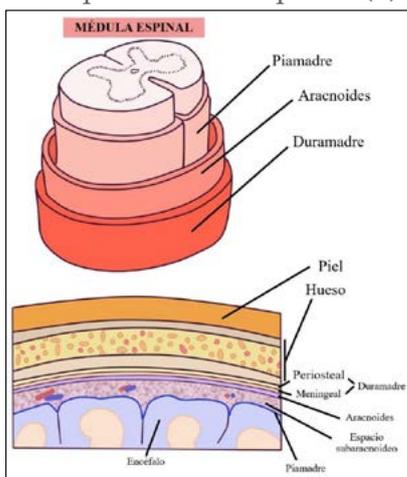


Figura 160. Meninges del encéfalo y médula espinal  
Fuente: Autor

La aracnoides y la piamadre se encuentran separadas entre sí para formar las cisternas subaracnoideas:

1. Cisterna quiasmática
2. Cisterna interpeduncular
3. Cisterna cuadrigémina (cisterna de la vena cerebral magna)
4. Cisterna de la fosa cerebral lateral (cisterna Silviana)
5. Cisterna ambiens
6. Cisterna cerebelosa superior
7. Cisterna pontocerebelosa
8. Cisterna magna (cisterna cerebelomedular posterior)
9. Cisterna pontina
10. Cisterna bulbar (1).

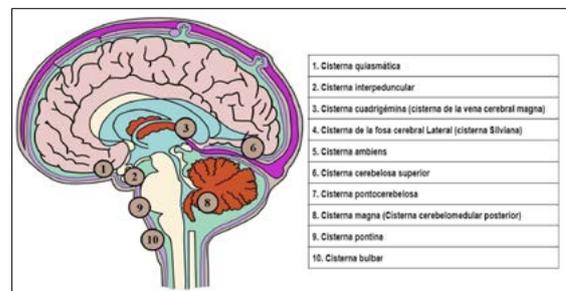


Figura 161. Cisternas subaracnoideas  
Fuente: Autor

### Vellosidades aracnoideas

Sitios donde el líquido cefalorraquídeo se difunde al torrente sanguíneo (3).

Los grupos de vellosidades aracnoideas se denominan granulaciones aracnoideas (3).

### Piamadre

La piamadre craneal es una membrana con la característica de ser muy vascularizada, que sigue de cerca el contorno del encéfalo. No está directamente en la cara del encéfalo, pues se ubica separada de éste por un espacio fino llamado espacio subpial, formado por los pies terminales de los astrocitos (glia limitans). Muchos vasos sanguíneos superficiales del encéfalo están en relación con la piamadre. No obstante, dado que es una membrana muy fina, estos vasos sanguíneos se encuentran parcialmente encajados en la espesura de la piamadre y parcialmente suspendidos por las trabéculas aracnoideas (1).

**Función:** Divide el tejido de los vasos sanguíneos del tejido neural en el espacio subaracnoideo, aumentando la eficacia propia de la barrera hematoencefálica. Contribuye también con la degradación de los neurotransmisores, así evita que cursen con una acción demasiado prolongada en el tejido nervioso (1).

Se prolonga: Sobre los nervios craneanos, hacia afuera (2).

**Fusión:** Con el epineuro (2).

La piamadre forma la tela coroidea del techo del tercero y cuarto ventrículo del encéfalo y se fusiona con el epéndimo para formar los plexos coroides en los ventrículos laterales, tercero y cuarto del encéfalo (2).

## Meninges espinales

### Duramadre

- Por arriba, se continúa por medio del agujero occipital con la capa meníngea de la duramadre (2).
- Por abajo, termina en el filum terminal a nivel del borde inferior de S2 (2).

### Aracnoides

Esta capa se encuentra separada de la piamadre por el espacio subaracnoideo, que está lleno con líquido cefalorraquídeo (2).

- Por arriba: Se continúa por medio del agujero occipital con la aracnoides del encéfalo (2)
- Por abajo: Termina en el filum terminal en el borde inferior de S2 (2).

### Piamadre

Es una membrana vascular engrosada a cada lado entre las raíces nerviosas para formar el ligamento dentado. Esta capa se prolonga sobre el filum terminal, hasta el fondo del saco de la duramadre (2).

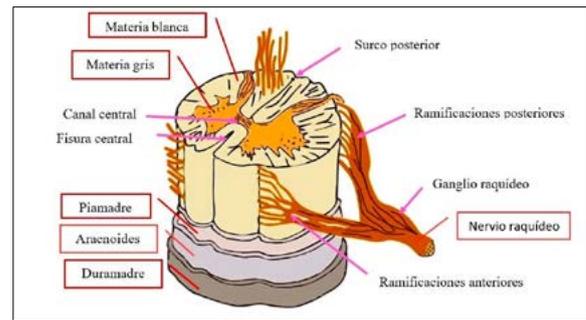


Figura 162. Meninges de la médula espinal  
Fuente: Autor

## Sistema ventricular

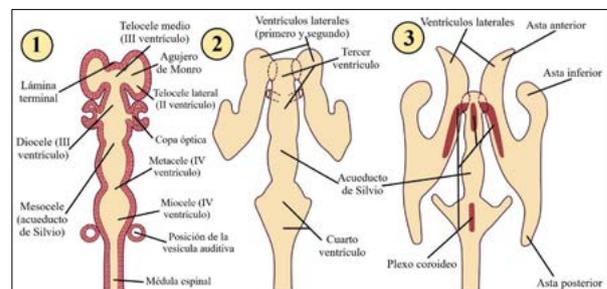


Figura 163. Embriología de los ventrículos  
Fuente: Autor

Los ventrículos son cuatro estructuras derivadas embriológicamente del tubo neural, estas estructuras están llenas de líquido cefalorraquídeo y se encuentran localizadas dentro del cerebro, están conformadas por: dos ventrículos laterales, el tercer ventrículo y el cuarto ventrículo (3).

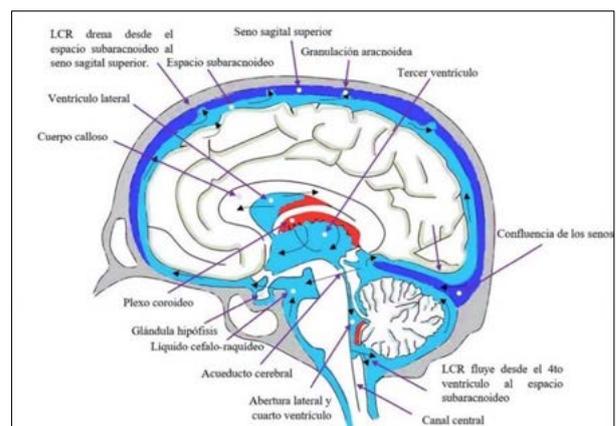


Figura 164. Vista lateral del sistema ventricular  
Fuente: Autor

### Ventrículos laterales

Se ubican en cada hemisferio cerebral, tienen forma de C y se comunican con el tercer ventrículo mediante el agujero de Monro ubicados en la pared anterior del ventrículo (4).

**Se dividen en:** Cuerno anterior o frontal, Cuerpo o parte central, Cuerno Occipital, Cuerno Inferior, Trígono o atrio (4).

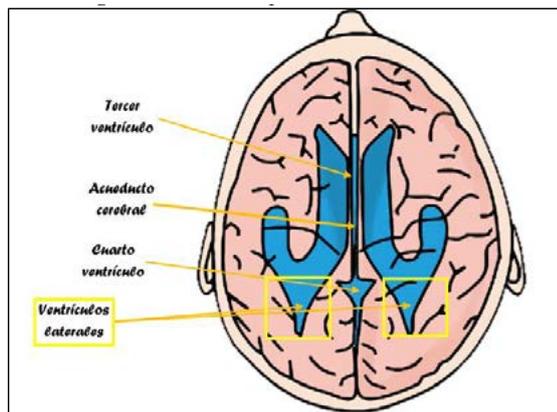


Figura 165. Vista superior de los ventrículos  
Fuente: Autor

### Cuerpo

Es la parte central del ventrículo lateral, ubicado entre el foramen interventricular y el trígono, su techo es la superficie inferior del cuerpo calloso, su parte medial el septum pallucidum y cuerpo del fórnix. Su piso está formado por la cara dorsal del tálamo y parte del núcleo caudado, entre estos se observa un ángulo constituido por (5):

- Lamina affixia y estría terminal
- Vena terminal y plexo coroideo.

### Cuerno Anterior

Es una continuación ubicada por delante del foramen interventricular, se localiza dentro del lóbulo frontal. Su techo o parte superior se relaciona con la rodilla del cuerpo calloso. La pared medial se asocia con el septum pellucidum y la columna anterior del fórnix. Su pared lateral tiene relación con la cabeza del núcleo caudado (5).

### Cuerno Inferior

Se extiende desde el atrio en dirección del polo del lóbulo temporal, una en cada lóbulo detrás del foramen interventricular y delante del atrio.

Su pared lateral se relaciona con el hipocampo y el piso con la eminencia colateral (5).

### Cuerno Posterior

Se encuentra por detrás del atrio, su techo se relaciona con el tapetum del cuerpo calloso, el lóbulo occipital y el fórceps mayor. Su pared medial o piso está en relación con la prominencia del surco Calcarino, calcar avis (5).

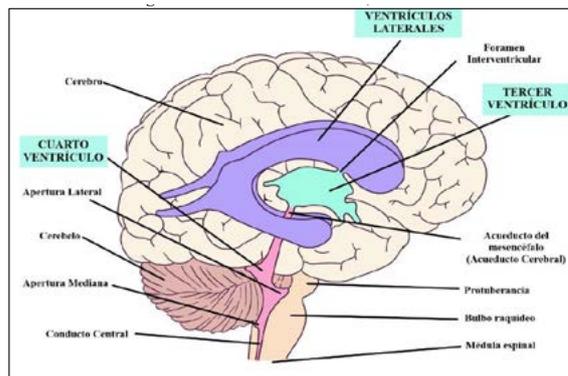


Figura 166. Ventrículos laterales, vista lateral  
Fuente: Autor

### Plexo coroideo

Está formado por una red de capilares con unas prolongaciones que se unen a los oligodendrocitos para utilizar el plasma sanguíneo, necesario para formar el líquido cefalorraquídeo (LCR). Esta red está situada en las paredes de los ventrículos laterales, se proyecta en el cuerpo del ventrículo a través de la fisura coroidea ubicada entre el cuerpo del fórnix y la superficie superior del tálamo (3).

### Tercer ventrículo

Es una estrecha cavidad en forma de hendidura ubicada entre los dos tálamos, en el diencéfalo. Posteriormente limita con la comisura posterior, receso pineal, tallo del cuerpo pineal y comisura habenuar; y anteriormente con la lámina terminal. El techo se proyecta a cada lado de la línea media en la cavidad del tercer ventrículo para formar los plexos coroideos. Su función es amortiguar golpes de las estructuras del diencéfalo (3).

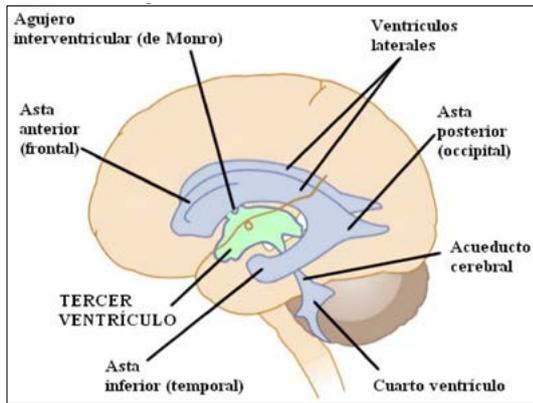


Figura 167. Tercer ventrículo, vista lateral  
Fuente: Autor

### Plexo coroideo del tercer ventrículo

El plexo coroideo está formado por la tela corioidea que son dos prolongaciones vasculares que salen a partir del techo del tercer ventrículo para formar estos plexos. La irrigación de la tela corioidea y los plexos coroideos de los ventrículos laterales y el tercero derivan de las ramas coroideas de arterias carótida interna y basilar; drenada por las venas cerebrales internas que luego drenan en vena cerebral magna o de Galeno (3).

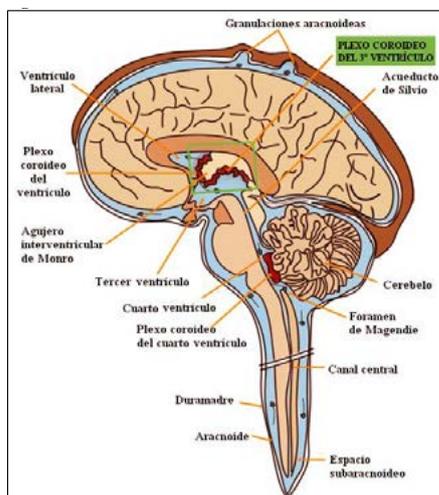


Figura 168. Plexo coroideo del tercer ventrículo, vista lateral  
Fuente: Autor

### Acueducto Cerebral (De Silvio)

Es un canal estrecho de 1,8 cm de largo, ubicado posterior al puente, entre el bulbo raquídeo y el cerebelo, conecta al tercer ventrículo con el cuarto. Revestido por epéndimo y está rodeado por sustancia gris central (5).

### Cuarto ventrículo (Fosa romboidal)

Situado en el rombencéfalo, entre el bulbo raquídeo, la protuberancia y el istmo por delante; y el cerebelo por detrás. Los límites laterales son correspondidos por los pedúnculos cerebelosos superiores e inferiores. Hacia arriba tiene continuidad con el acueducto de Silvio y por debajo con el conducto central de la médula espinal; y por los agujeros de Luchka y Magendie con el espacio subaracnoideo. La pared anterior o suelo, está dividida por el surco limitante en porciones interna o basal y externa o alar. La porción más inferior del suelo, el calamus Scriptorius, contiene los centros respiratorios, cardiaco, vaso-motor y de la deglución (5).

La pared posterior o techo está formada por láminas de sustancia blanca, velos medulares superior e inferior. La porción inferior del techo presenta el agujero medio, por el cual se establece comunicación directa entre la cavidad ventricular y el espacio subaracnoideo cefalorraquídeo hasta el espacio subaracnoideo (3).

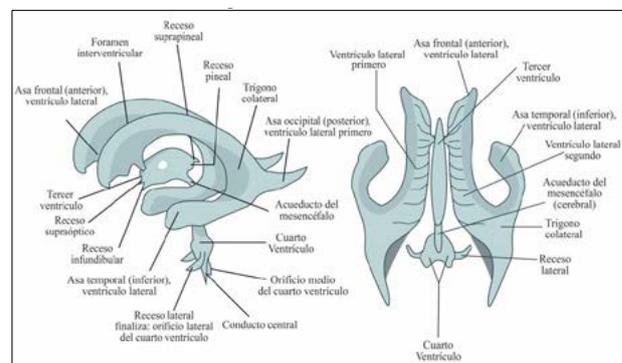
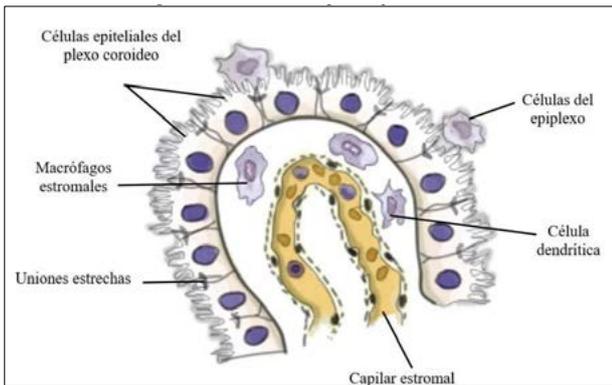


Figura 169. Sistema ventricular  
Fuente: Autor

### Plexo coroideo del cuarto ventrículo.

Se halla en la mitad inferior del techo y está formado por una membrana corioidea fuertemente vascularizada que es una proyección de la piamadre que está cubierta por epéndimo. El plexo coroideo se encuentra irrigado por arterias cerebelosas posteroinferiores (5).



Fuente: Autor

Figura 170. Gráfica histológica del plexo coroideo  
Fuente: Autor

### Conducto Central de la médula espinal

Está lleno de LCR y se extiende a través de toda la médula espinal encerrada por la sustancia gris. En su extremo inferior se expande para formar así el ventrículo terminal, a la altura del cono medular (5).

### Espacio subaracnoideo

Espacio ubicado entre la aracnoides y piamadre, se encuentran en el encéfalo y la médula espinal donde están presentes estas meninges.

En este espacio circula el líquido cefalorraquídeo, además de contener vasos sanguíneos. En algunas zonas se forman las denominadas cisternas subaracnoideas, esto es debido a que no en todas sus porciones la aracnoides sigue en forma paralela a la piamadre, de manera que se amplifica en esas áreas. El límite inferior se encuentra entre el intervalo de las vértebras S1 y S2. Este espacio rodea los nervios raquídeos y craneales. En este punto la piamadre y aracnoides se fusionan con el perineuro de cada uno de los nervios (5).

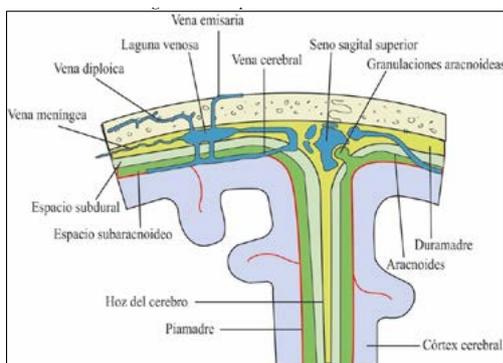


Figura 171. Espacio subaracnoideo  
Fuente: Autor

### Líquido cefalorraquídeo

Es una sustancia incolora parecida al plasma sanguíneo, cumple la función fundamental del correcto funcionamiento del encéfalo y la médula espinal. Circula constantemente en el sistema ventricular y en el espacio subaracnoideo (2).

### Funciones

- Efecto amortiguador y protector de SNC.
- Estabilidad mecánica y apoyo para el cerebro.
- Brinda medio químico óptimo para transmitir impulsos a nivel neuronal.
- Permite transportar nutrientes entre sangre y tejido nervioso.
- Elimina metabolitos del SNC.
- Ruta de las secreciones de glándula pineal (3).

### Formación

LCR se forma en un 70% en los plexos coroideos que están presentes en los ventrículos cerebrales, principalmente en los ventrículos laterales, estos tienen una superficie con un número mayor de pliegues, formado por una parte central de tejido conjuntivo, una red de capilares y rodeado por el epitelio del epéndimo (3).

Mientras que el 30% de líquido encéfalo raquídeo, se origina a partir de las células ependimarias que rodean el sistema ventricular y en una proporción menor se producen del propio encéfalo por medio de los espacios perivasculares (2).

Tabla 24. Características físicas y químicas del LCR

Características Físicas	Características Químicas
Volumen normal 150ml	Proporción de glucosa es de 50-85mg/100ml
Ritmo de producción 0.5ml/min	Proporción de proteínas es de 15-45mg/100ml
Presión constante de 60-150mmH <sub>2</sub> O	Proporción de cloruro es de 750mg/100ml
	Recuento de linfocitos normal es de 0 a 3 células/mm <sup>3</sup>

### Circulación

1. LCR se produce en los plexos coroideos de los ventrículos, pasando la mayoría a los ventrículos laterales.
2. Luego por medio del agujero de Monro (agujero interventricular), entra en el tercer ventrículo para cruzar luego el acueducto cerebral o agujero de Silvio hacia el cuarto ventrículo.
3. Desde allí atraviesa el agujero central o también denominado el foramen de Magendie y dos agujeros laterales o forámenes de Luschka. Aunque una parte del LCR entra en el conducto raquídeo, otro poco sale del cuarto ventrículo por las aberturas a nivel medio y lateral, para luego ingresar en el espacio subaracnoideo que cerca el SNC (2).

### Absorción

El líquido es absorbido por el sistema venoso, desde el espacio subaracnoideo, pasando por las granulaciones aracnoideas que mayoritariamente son dirigidas al interior del seno sagital de la porción superior. El LCR ofrece amortiguación al cerebro, a manera de que “flota”, brindándole sustento para que el propio peso no comprima los nervios craneales presentes (3).

Las vellosidades aracnoideas al unirse conforman granulaciones aracnoideas o de Pacchioni, las cuales establecen el principal lugar en el que se reabsorbe el LCR los cuales se prolongan en los senos venosos de la duramadre, primariamente en el seno sagital superior, sin embargo, actúan como válvulas de manera que permiten la salida del líquido cefalorraquídeo hacia la sangre, pero

no su retorno, es decir su absorción solo se da si la presión del mismo aumenta considerablemente, superando a la presión venosa, provocando la apertura de la válvula de las vellosidades, al contrario si la presión venosa aumenta.

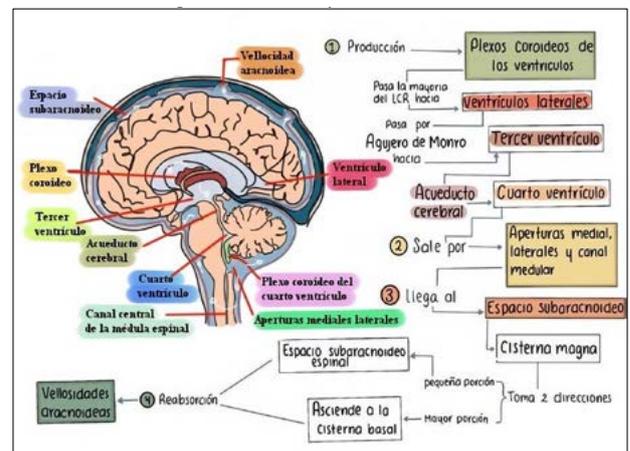


Figura 172. Circulación y reabsorción del LCR  
Fuente: Autor

### Barrera hematoencefálica (BHE)

Es una barrera celular que se localiza entre el tejido neuronal y el torrente sanguíneo, compuesta por células endoteliales que se encuentran en los capilares encefálicos y una de las principales funciones es la estabilidad que le proporcionan al encéfalo, mediante la regulación de las sustancias que componen al LCR, para un funcionamiento neuronal eficaz.

La barrera es semipermeable, por tal razón controla la entrada de sustancias químicas al encéfalo, siendo así muy permeable a sustancias como gases y agua, por ende, su entrada es rápida, mientras que ingresan de una manera más lenta los electrolitos y la glucosa, sin embargo,

otras moléculas orgánicas y las proteínas del plasma son casi Impermeable. La BHE suele diferir estructuralmente en ciertas partes, de modo más preciso la BHE desaparece en determinadas zonas, aquí encontramos múltiples fenestraciones en los capilares, lo cual, les confiere una mayor permeabilidad a proteínas y otras pequeñas moléculas.

Las zonas en las que no hay esta barrera son:

- La Hipófisis posterior.
- La Eminencia media.
- El Área Postrema.
- La Glándula Pineal.
- El Receso preóptico.

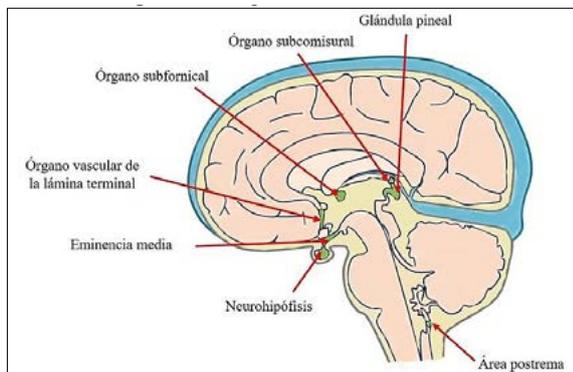


Figura 173. Órganos circunventriculares  
Fuente: Autor

### Estructura

La luz de los capilares sanguíneos del encéfalo y de la médula espinal está separada de los espacios extracelulares que rodean las neuronas y la neuroglia por las características siguientes:

- Células endoteliales de la pared del capilar sanguíneo
- Una membrana basal que está cubriendo el capilar por la parte delantera del epitelio.
- Los podocitos de los astrocitos, se enlaza al capilar sanguíneo.

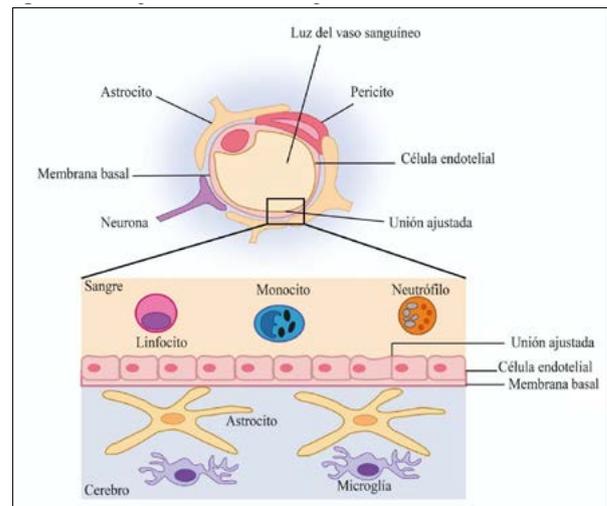


Figura 174. Representación histológica de la barrera hematoencefálica  
Fuente: Autor

### Barrera hematorraquídea

Al igual que la barrera hematoencefálica, es una membrana que posee alta permeabilidad al agua, gases (monóxido de carbono) y sustancias liposolubles (alcohol), así permite el paso libre desde el torrente sanguíneo en sentido a el líquido cefalorraquídeo. En cambio, es impermeable a las macromoléculas (proteínas y muchas hexosas), y su paso en si es casi imposible (3).

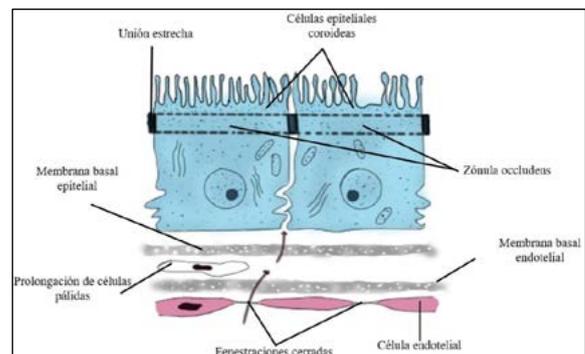


Figura 175. Representación histológica de la barrera hematorraquídea  
Fuente: Autor

El plexo coroideo a un nivel microscópico nos señala la luz de los ventrículos y del capilar se encuentra alejadas por:

- Células endoteliales, que estructuralmente están fenestradas y sus paredes poseen un diámetro menor.
- Membrana basal que está ubicada cubriendo el capilar sanguíneo por frente de las células endoteliales.
- Células pálidas que están dispersas las cuales muestran dilataciones aplastadas.
- Membrana basal continua que le da estabilidad mecánica.
- Células epiteliales del plexo coroideo.

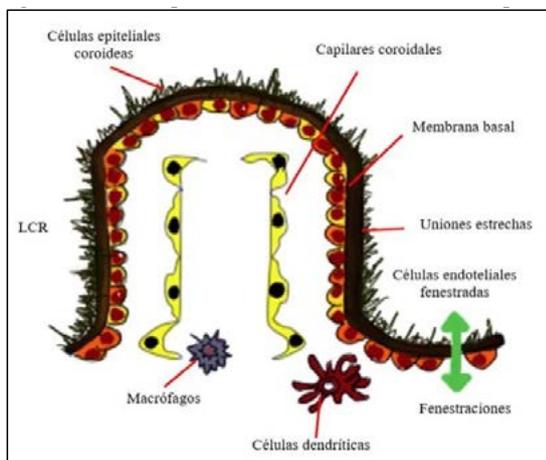


Figura 176. Componentes de la barrera hematorraquídea  
Fuente: Autor

### Interfase LCR - Encéfalo

Existen tres sitios de gran importancia para la examinación de estructuras que separan el líquido cefalorraquídeo (LCR) y el sistema nervioso central:

Superficie recubierta por piamadre cerebral y de la médula espinal.

- El primer sitio es la superficie cerebral se encuentra rodeada por una membrana meníngea del encéfalo y de la médula espinal conocida como piamadre; dicha estructura está constituida por una capa de células piales que obtiene un sostén mecánico de una membrana basal prolonga-

ciones pediculadas de los astrocitos. Las uniones intercelulares son ausentes en las células de la piamadre.

Extensiones perivasculares del espacio subaracnoideo ubicado en el tejido nervioso (2).

- El segundo sitio son prolongaciones perivasculares del espacio comprendido en el espacio subaracnoideo (entre la piamadre y aracnoides). Dichas prolongaciones se dirigen y terminan inferiormente de la superficie encefálica, en esta zona existe una unión entre el revestimiento externo del vaso sanguíneo y con el revestimiento de las células piales del sistema nervioso central.

Superficie endimaria de los ventrículos.

- El tercer sitio de observación es únicamente en las células endimarias (2).

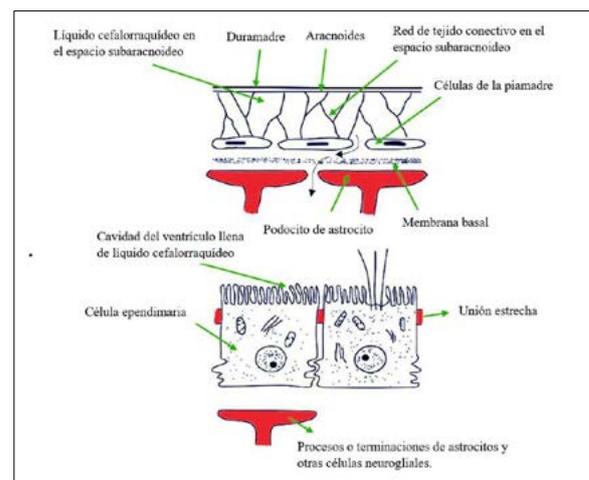


Figura 177. Interfase hematorraquídea  
Fuente: Autor

### Enfermedades asociadas

#### Alteraciones de las meninges

Como conocemos el encéfalo y la médula espinal se encuentran protegidas por tres capas que desde su profundidad a superficie son piamadre, aracnoides y duramadre. Así mismo un espacio formado por la delimitación por la aracnoides y la piamadre se encuentra gran cantidad de líquido cefalorraquídeo y los vasos que se distribuyen en el tejido nervioso. Al hablar de las alte-

raciones de estas capas conocida con el nombre de meningitis, la cual es la inflamación de estas capas producto de diferentes etiologías, ya sea traumática o tóxica infecciosa.

Los signos y síntomas más comunes de la meningitis son: fiebre, sin embargo, no siempre presenta, la rigidez del cuello esto muchas veces es malinterpretado y suele confundirse con otras patologías, cefalea, náusea que pueden desencadenar en vómito, a medida que avanza la patología se puede ver, confusión, somnolencia, fotosensibilidad, en casos infecciosos como el meningococo se observa lesiones cutáneas y si ya compromete la corteza cerebral puede presentar convulsiones.

### **Hidrocefalia**

La hidrocefalia es una dilatación patológica de los ventrículos cerebrales por un incremento del volumen del líquido cefalorraquídeo (LCR).

Se produce generalmente por uno de dos mecanismos básicos fisiopatológicos: Defecto de circulación o de reabsorción del LCR, dando lugar a los dos principales tipos de hidrocefalia: comunicante y no comunicante. Se puede producir tanto en el niño como en el adulto, predominando en el niño las causas genéticas y la patología perinatal. Las causas adquiridas se pueden producir en cualquier rango de edad.

### **La hidrocefalia normotensiva o hidrocefalia crónica del adulto**

Es una forma de hidrocefalia comunicante, en la cual hay un aumento patológico del volumen de los ventrículos cerebrales con presión de apertura del LCR normal. Se caracteriza por una tríada de síntomas: trastorno de la marcha, deterioro cognitivo e incontinencia de esfínteres y es potencialmente reversible mediante un shunt de derivación. La hipertensión intracraneal (HPTIC) benigna, llamada también pseudotumor cerebri, se define por unos criterios clínicos que se refieren a un cuadro de HPTIC con elevación de la presión de apertura del LCR en punción

lumbar (PL), con una composición normal del mismo y descartadas otras causas de

HPTIC con las pruebas oportunas. Si bien es considerado un cuadro benigno, hay riesgo de pérdida de visión permanente.

### **El síndrome de hipotensión intracraneal**

Tiene una etiología y presentación clínica variable que se produce, en la mayoría de casos, por fuga del LCR a través del saco tecal de forma espontánea o secundaria a PL, cirugía, traumatismos o sobre drenaje de un shunt de derivación. Cefalea ortostática, disminución de la presión de apertura del LCR y captación meníngea en resonancia magnética son las manifestaciones más características (6).

### **Caso clínico**

Hidrocefalia e hipertensión intracraneal en una mujer de Ecuador

Una mujer de 40 años de edad de Ecuador se presentó al servicio de urgencias (DE) con dolor de cabeza, vómitos, somnolencia, confusión y habla incoherente. Vive en España desde 2001 y lleva una derivación ventrículo-peritoneal desde 1993, colocada en Ecuador debido a una hidrocefalia obstructiva de origen desconocido. En 2013, consultó repetidamente el ED porque las válvulas de hidrocefalia no coinciden y requieren un reemplazo de la válvula. La prueba de laboratorio en sangre periférica mostró un nivel de proteína C reactiva de 34.90 mg/dl y 7800 neutrófilos/dl. El análisis del líquido cefalorraquídeo (LCR) mostró 260 glóbulos rojos/l, 300 leucocitos/l con un diferencial del 42% de eosinófilos, un nivel de proteína de 1,5 g/l y xantocromía positiva. La tinción de Gram del LCR no mostró microorganismos y se inoculó en placas de agar chocolate con sangre y agar sangre y se incubó resultado negativo después de 48 h.

La tomografía computarizada (TC) confirma la disfunción de la válvula excluyendo el ventrículo izquierdo y mostró algo de parenquimatoso

y periventricular calcificaciones. El paciente se sometió a un reemplazo valvular de emergencia con la colocación del catéter proximal. La RM después de la intervención mostró algunas calcificaciones supratentoriales punteadas y dos lesiones esféricas con múltiples septados con una

densidad similar de LCR colocada periventricular en el ventrículo izquierdo. Una de las lesiones multi-septadas supuestamente responsables de los síntomas se extirpó quirúrgicamente y se hicieron algunos cortes histológicos (7).

## Glosario

- **Acueducto de Silvio:** Conducto por donde circula el LCR del tercer al cuarto ventrículo.
- **Agujero de Monro:** Foramen por donde pasa el LCR de los ventrículos laterales al tercer ventrículo.
- **Área postrema:** Es una estructura medular localizada en el tallo cerebral que controla el vómito. Su ubicación privilegiada en el cerebro permite al área postrema, jugar un papel vital en el control de las funciones autónomas del sistema nervioso central.
- **Área preóptica:** Es responsable de la termorregulación y recibe señales de termorrecepción de la Piel, las membranas mucosas y del mismo hipotálamo.
- **Astrocito:** Células localizadas en el sistema nervioso central: encéfalo y médula espinal. Forman, junto con los oligodendrocitos, células de Schwann y la microglía, el grupo de células gliales del sistema nervioso.
- **Células Ependimarias:** Son células de forma cilíndrica a cuboide, que recubren los ventrículos del cerebro y el conducto central de la médula espinal.
- **Cuerpo Ventricular:** Es la parte central del ventrículo.
- **Epéndimo:** Membrana que tapiza los ventrículos cerebrales y el canal de la médula espinal.
- **Espacio Subaracnoideo:** Cavity por donde circula el LCR entre la Aracnoides y la Piamadre.
- **Fórnix:** conjunto de fibras nerviosas del cerebro que forma parte del sistema límbico, implicado en la emoción, la motivación y la memoria a largo plazo.
- **Fosa Romboidal:** Es la pared anterior y el suelo del cuarto ventrículo cerebral, y es la parte posterior del puente de Varolio y la médula oblongada.
- **Glándula pineal:** Pequeña glándula endocrina que produce melatonina, la cual afecta a la modulación.
- **Granulación aracnoidea:** Pequeña prolongación formada por las meninges piamadre y aracnoides que sobresale dentro del seno sagital superior; el líquido cefalorraquídeo fluye a través de ellas para ser reabsorbido por la circulación sanguínea.
- **LCR: (líquido cefalorraquídeo)** Sustancia parecida al plasma que circula por todo el sistema nervioso central y nutre al mismo.
- **Membrana basal:** Es una capa de matriz extracelular de sostén y de un pequeño espesor variable, que se el líquido cefalorraquídeo en el que se baña el encéfalo para estar protegido de los golpes craneales. Pero el 3er ventrículo también tiene una función de irrigación de las diferentes estructuras del mesencéfalo.
- **Piamadre:** Membrana vascular cubierta por células mesoteliales aplanadas. Reviste estrechamente el encéfalo cubriendo las circunvoluciones y descendiendo en los surcos más profundos.
- **Plexo Coroideo:** Son estructuras vasculares del encéfalo encargadas de formar el líquido Cerebroespinal (o cefalorraquídeo) que sirve de protección al sistema nervioso central.
- **Podocitos:** Célula renal adosada a las asas capilares con un citoesqueleto prominente, retículo endoplasmático rugoso y aparato de Golgi bien desarrollados y lisosomas frecuentes.
- **Tercer ventrículo:** El 3er ventrículo cerebral se localiza a nivel del diencéfalo, es decir, la parte central del cerebro. Como los dos ventrículos laterales, este ventrículo sirve para producir el líquido cefalorraquídeo en el que se baña el encéfalo para estar protegido de los golpes craneales. Pero el 3er ventrículo también tiene una función de irrigación de las diferentes estructuras del mesencéfalo.
- **Ventrículo:** Cavity del encéfalo que, en número de cuatro, contiene el líquido cefalorraquídeo.

## Actividades

1. Realizar un gráfico y un cuadro sinóptico con las principales características de las meninges cerebrales y espinales.

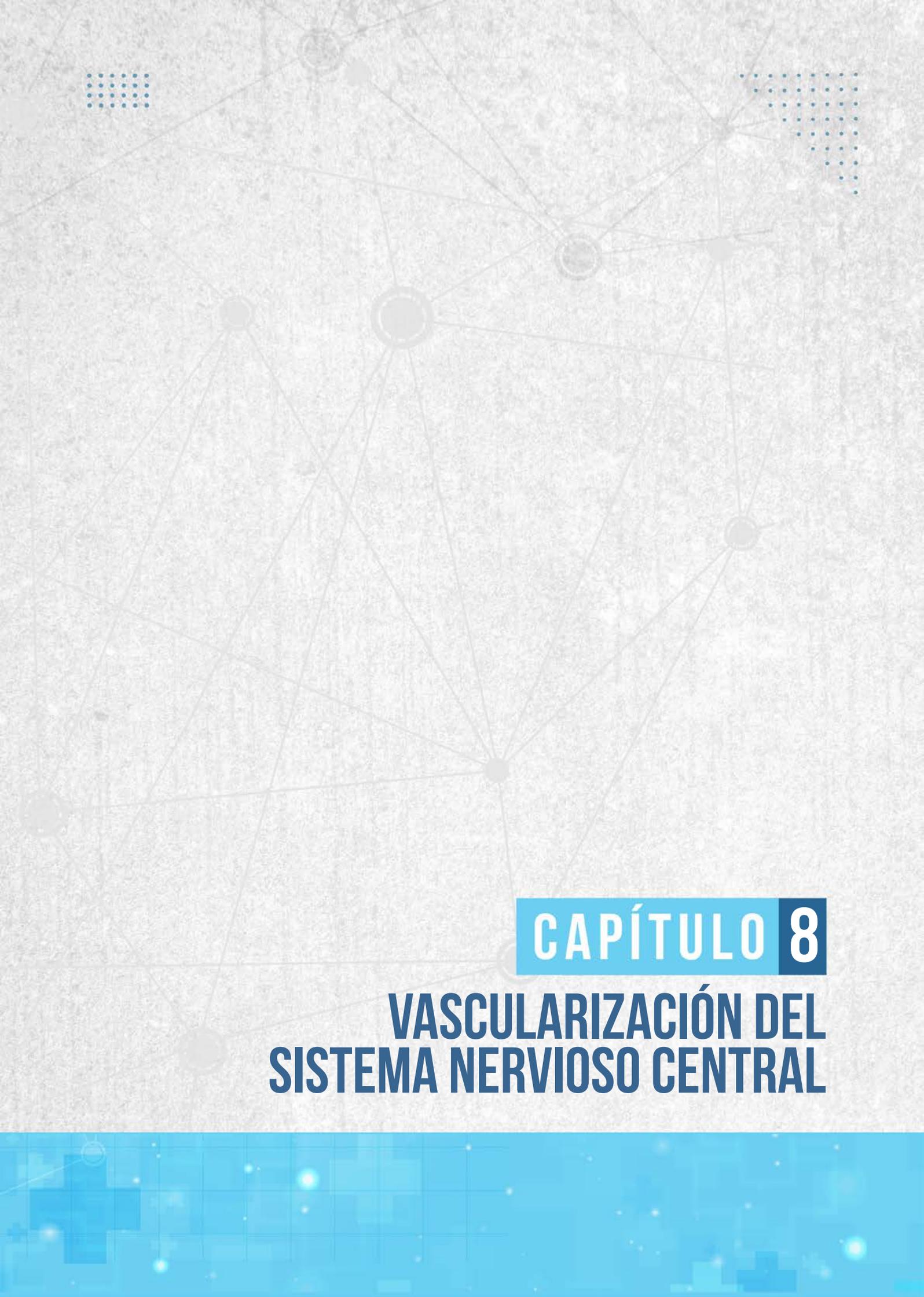
2. Describir las funciones principales de las meninges cerebrales y espinales.

3. Realizar un cuadro de la composición física y química del líquido cefalorraquídeo.

4. Realizar un gráfico que represente la circulación del líquido cefalorraquídeo.

## Referencias Bibliográficas

1. Serrano, C., & Laguna, M. (2022, abril 8). Sistema nervioso.
2. Chu Lee Á, Cenca Buele S, López M. Anatomía y fisiología del sistema nervioso. 1st ed. Machala: UTMACH; 2015.
3. Splittgerber R. Snell. Neuroanatomía clínica. 8a ed. Barcelona, Spain: Lippincott Williams & Wilkins; 2019; p.418-425.
4. Scelsi CL, Rahim TA, Morris JA, Kramer GJ, Gilbert BC, Forseen SE. The lateral ventricles: A detailed review of anatomy, development, and anatomic variations. *AJNR Am J Neuroradiol* [Internet]. 2020 [citado el 4 de octubre de 2023]; 41(4): 566–72. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3174/ajnr.a6456>
5. Latarjet A, Testut L. Tratado de Anatomía Humana, Tomo II Barcelona: Salvat Editores, S.A; 1986.
6. Pascual F, Monteiro G, Izquierdo A. Patología del líquido cefalorraquídeo. Hidrocefalia, pseudotumor cerebral y síndrome de presión baja. *Medicine*. 2019; p. 4537-49.
7. Nieto M, Carrato J, Fernández R. Hidrocefalia e hipertensión intracraneal en una mujer ecuatoriana. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*. 2018; p. 276-277.



## **CAPÍTULO 8**

# **VASCULARIZACIÓN DEL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL**





## Vascularización del sistema nervioso central

El encéfalo es una de las partes más importantes y complejas del cuerpo humano, por lo tanto, el aporte sanguíneo hacia esta estructura es de suma importancia por la especialización de sus células y por los problemas que puede desencadenar la privación de oxígeno de unos pocos segundos hacia esta zona. Adicionalmente, el drenaje consta de un sistema de grandes senos venosos que permiten dirigir la sangre desoxigenada fuera del cerebro.

Por otra parte, la irrigación de la Médula Espinal, abarca un amplio sistema arterial con la finalidad de mantener una óptima vascularización. El Sistema Arterial está dividido en una red extramedular y una intramedular, que provienen de la red arterial perimedular encontrada en la piamadre. La circulación anterior de la médula espinal posee mayor relevancia que la posterior a causa del requerimiento de las astas anteriores. Al igual, el sistema venoso corre de manera paralela con el sistema arterial, este drenaje venoso se puede ver estructurado en tres grupos: primeramente, el drenaje venoso intrínseco de la médula, venas surco-medulares y radiales; el drenaje perimedular, está constituido fundamentalmente por las venas espinales anterior, posterior y lateral con su red anastomótica, poco desarrollada y por último tenemos a las venas extramedulares, de mayor calibre.

El objetivo general del capítulo es detallar el sistema tanto arterial como venoso del sistema nervioso central mediante una lectura comprensiva para poder ampliar los conocimientos sobre este tema. Además, entre los objetivos específicos se encuentra describir el sistema arterial y venoso de la médula espinal, reconocer la irrigación del encéfalo y como se lleva a cabo su sistema venoso y asociar la irrigación del sistema central con posibles patologías que pueden ocurrir por algún tipo lesión en las mismas.

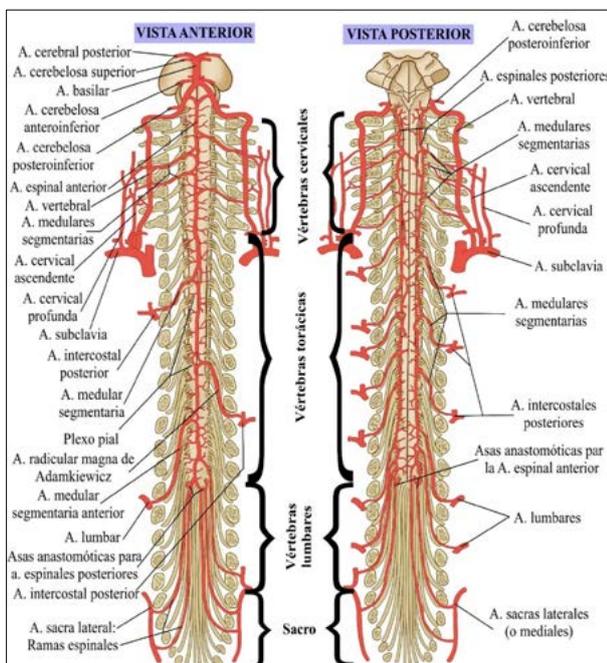


Figura 178. Esquema general del sistema arterial de la médula espinal  
Fuente: Autor

### Sistema arterial de la médula espinal

Las arterias que participan en la irrigación de la médula espinal proceden de la red perimedular arterial contenida en la piamadre, estas son: arterias espinales anteriores, posteriores y por las ramas espinales. Este sistema está conformado por una red extramedular e intramedular.

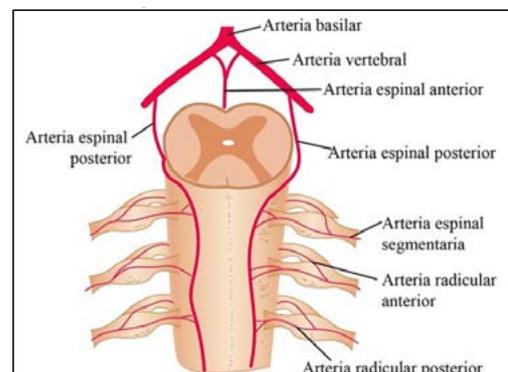


Figura 179. Red extramedular  
Fuente: Autor

### Troncos longitudinales

Está constituido por tres vasos colaterales de la arteria vertebral: arteria espinal anterior y dos arterias espinales posteriores (1).

#### • Arteria Espinal Anterior

**Origen:** Unión de dos ramas provenientes de la arteria vertebral a nivel de la decusación de las pirámides.

**Trayecto:** Desciende por la superficie anterior de la médula espinal dentro del surco medio anterior, su calibre es más delgado en la región dorso medial e incluso puede estar ausente. Termina a 1,5 cm de la cola de caballo donde se anastomosa con las arterias posterolaterales.

**Irrigación:** Irriga los 2/3 anteriores de la médula espinal, parte del bulbo raquídeo y el nervio hipogloso (2).

#### • Arterias Espinales Posteriores

**Origen:** Las dos arterias espinales posteriores derecha e izquierda, se originan de las arterias vertebrales o indirectamente de las arterias cerebelosas posteroinferiores.

**Trayecto:** Descienden por la superficie posterior del bulbo raquídeo y la médula espinal, ubicándose a cada lado del surco medio posterior. Son pequeñas en la región torácica, por tanto, si se ocluyen las arterias radicales y segmentarias que refuerzan la irrigación en esta región presentan gran vulnerabilidad ante una Isquemia (2).

**Irrigación:** Tercio posterior de la médula espinal, los cordones posteriores (2).

#### • Arterias posterolaterales

Formadas por la anastomosis de la arteria espinal posterior (rama de la arteria vertebral) con la rama ascendente de la segunda arteria radicular posterior. La arteria radicular posterior se divide en una rama ascendente y una descendente que se añaden a la arteria posterolateral.

#### • Arterias espinales segmentarias

Las arterias espinales anteriores y posteriores que discurren longitudinalmente están reforzadas a

ambos lados por pequeñas arterias segmentarias, que son ramas de las arterias externas de la columna vertebral (arterias cervicales profundas, intercostales y lumbares). Después de ingresar en el conducto raquídeo, cada arteria espinal segmentaria da origen a las arterias radicales anteriores y posteriores, que acompañan a las raíces nerviosas anteriores y posteriores hasta la médula espinal (2).

De los 31 pares de vasos segmentarios que penetran con los nervios raquídeos, la gran mayoría

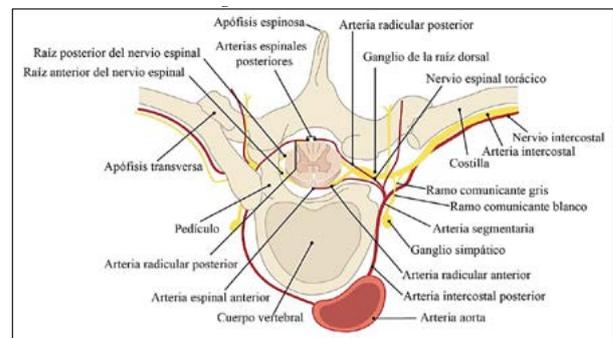


Figura 180. Red extramedular

Fuente: Autor

no termina en la médula espinal (2).

### Arterias radicales

- En el embrión están presentes 62 arterias radicales
- En el adulto de 6 a 8 ramas.
- Entre los vasos segmentarios que penetran los nervios raquídeos encontramos:

o **Arterias radicales:** son aquellas arterias que irrigan las raíces nerviosas y el ganglio sensitivo solamente. No alcanzan la médula espinal.

o **Arterias radículo - piales:** son aquellas que llegan sólo hasta la piamadre.

o **Arterias radículo - medulares:** son un grupo de 8 a 10 arterias que alcanzan la médula espinal, anastomosándose con el sistema longitudinal (1).

- Cada una de las ramas de las arterias radicales se divide en T, dando una rama ascendente y otra descendente siendo la arteria de Adam-

kiewicz las más importantes por su volumen y consistencia alcanzando los últimos segmentos cervicales (C5 y C6) e irrigando los segmentos de T9 a L1(3)

- La arteria radicular se divide en dos ramas:

### Anteriores y posteriores

#### Arteria Radicular Anterior

- Su origen es de la unión de dos ramas de la arteria vertebral que se enlazan a nivel de la decusación de las pirámides para posteriormente descender por la superficie anterior de la médula espinal un poco dentro de la fisura mediana anterior.
- Penetra por el foramen intervertebral, superior y anterior a la raíz. Una vez dentro da arterias cortas y largas en el borde lateral del saco dural, en el plano anterior del ligamento dentado (3).
- Irriga parte del bulbo raquídeo, el nervio hipogloso y los dos tercios anteriores de la sustancia medular.

#### Arteria Radicular Posterior

- Su origen es directamente de las arterias vertebrales o indirectamente de las arterias Cerebelosas Postero-inferiores para luego descender por la superficie posterolateral de la médula espinal próximas a las raíces posteriores.
- Irriga el tercio posterior de la sustancia medular (1).

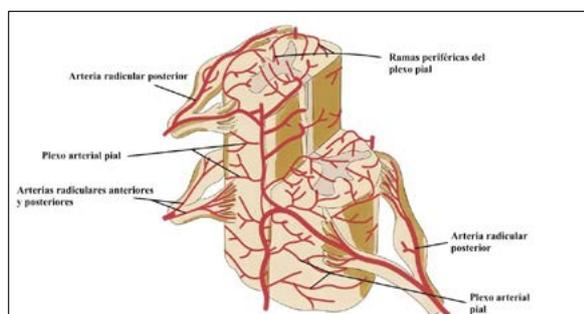


Figura 181. Red radicular  
Fuente: Autor

### Red intramedular:

#### • Arterias centrales

Su origen proviene de la arteria espinal anterior, penetra en la fisura mediana anterior hasta llegar a la comisura blanca anterior en donde emite una rama para cada lado de la médula espinal. Se encargan de irrigar la parte más profunda de la sustancia blanca y gris, excepto en las puntas de las astas posteriores (1).

#### • Plexo coronario perimedular

Se forma por numerosas arteriolas anastomóticas que provienen de las arterias espinal posteriores, anterior y radículo-piales. A partir del plexo pial se originan varios vasos que penetran a la médula en forma radial y constituyen la corona radiada (1).

Las arterias espinales posteriores junto con sus ramos penetrantes irrigan las puntas de las astas posteriores y el cordón posterior. Estas últimas, al igual que las arterias centrales, son funcionalmente terminales, sin embargo, en zona más o menos circular a la médula se pueden superponer ambos sistemas (1).

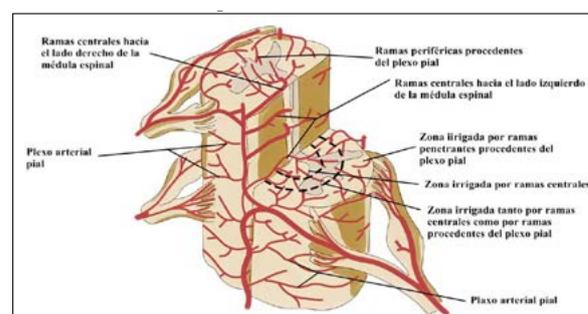


Figura 182. Red intramedular  
Fuente: Autor

### Principales divisiones de arterias de la médula espinal

De acuerdo a su vascularización la médula espinal se divide en 3 segmentos:

- **Cérvico dorsal o superior:** Comprende los segmentos cervicales hasta el segundo o tercer segmento torácico (1). La primera porción: el sistema de vasos longitudinales lo irriga. Existe una:

o Arteria radicular rama de la arteria vertebral que acompaña a la raíz C3.

o Una rama de la arteria cervical profunda que penetra con la raíz C6.

o Una rama de la arteria intercostal superior que acompaña la raíz C8.

Una serie de anastomosis entre los distintos vasos del cuello aseguran la circulación de esta zona, sobre todo a través de la arteria cervical profunda y arteria cervical ascendente. Por tanto, si se desarrolla una obstrucción en la región cervical, el déficit puede ser compensado por alguna de las numerosas colaterales (1).

#### • Región dorsal medial:

Se sitúa entre los segmentos T4 y T8. Por lo general, existe una sola rama del sistema segmentario a nivel de T7, la cual proviene de una arteria intercostal rama de la arteria aorta. Este territorio tiene poca irrigación, por lo tanto, es el lado más

débil antes una obstrucción vascular. La arteria espinal anterior puede estar extremadamente disminuida a este nivel (1).

#### • Región dorsolumbar o inferior:

Se sitúa en los últimos segmentos torácicos hasta la cauda equina. Depende en gran parte de una arteria radículo-medular llamada arteria radicular mayor (de Adamkiewicz), rama de las primeras lumbares provenientes de la aorta, llega a la médula con mayor frecuencia por una de las raíces del lado izquierdo entre los segmentos T12 y L4 y aporta con una rama radicular anterior gruesa y una radicular posterior menor que irrigan el engrosamiento lumbar y se constituye como el mayor aporte nutricional para los dos tercios inferiores de la médula espinal. La región caudal de la médula espinal es un territorio con muy buena vascularización (1).

Tabla 25. Principales divisiones de las arterias de la médula espinal

Región	Segmento	Irrigación
Cérvico dorsal o superior	Cervical-T3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arteria espinal anterior</li> <li>• Arterias espinales posteriores</li> <li>• Ramos radiculares</li> </ul>
Región dorsal medial	T4-T8	<p>Irrigación pobre</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arterias radiculares anteriores y posteriores provenientes de las arterias intercostales</li> </ul>
Región dorso-lumbar o inferior	T9-Lumbar (cono medular)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ramo radicular (representado por la arteria lumbar de Adamkiewicz o también llamada arteria radicular magna)</li> <li>• A nivel del cono terminal el ramo descendente anterior se anastomosa con las colaterales posterior</li> </ul>

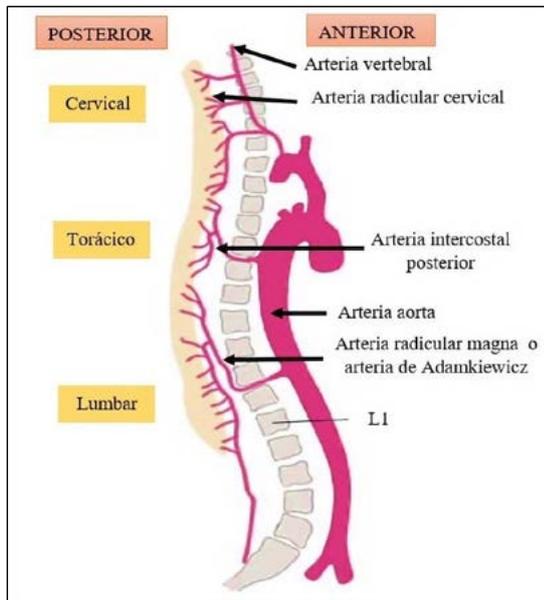


Figura 183. Vista lateral de las principales divisiones de las arterias de la médula espinal  
Fuente: Autor

### Alternativa de flujo arterial anterior

#### Médula cervical

##### • Tercio superior:

Mantenimiento retrógrado del flujo por anastomosis atlanto-axial de ramas musculares de las arterias vertebrales (4).

##### • Dos tercios inferiores:

Arterias tiroideas superior e inferior.

#### Región dorsolumbar

- Arterias anteriores y posteriores radicales lumbosacras (4).

### Distribución arterial intramedular Sistema central

- Las arterias centrales o del surco surgen de la arteria espinal anterior, y son alternantes cada segmento (4).
- A nivel lumbosacro depende de un tronco común a ambos lados (4).
- Más ancha y larga en las regiones cervical y lumbar (4).

#### Irrigación:

4/5 partes anteriores de la médula espinal en su parte anterior.

- Sustancia gris de cuernos anteriores,
- Región alrededor del canal central,

- Tractos espinotalámicos y piramidal,
- Región ventral del fascículo Gracillis y Cuneatus (4).

#### Sistema periférico:

- Las ramas surgen del plexo perimedular.
- Irrigan la región externa de cuernos posteriores y la mayoría de la sustancia blanca en especial la posterior.
- Se suple de los troncos anteriores y posteriores (4).

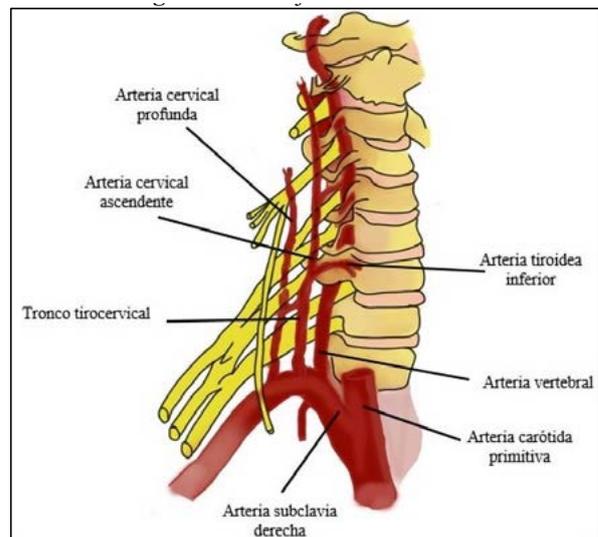


Figura 184. Flujo arterial anterior  
Fuente: Autor

#### Drenaje de la médula espinal

Las venas medulares se forman por la agrupación de vénulas que empiezan de las redes capilares de la médula. En el interior de la médula se detallan las intramedulares y en la superficie de la misma, las perimedulares. Finalmente, se describen las vías eferentes (5).

Se llega a deducir que la columna vertebral se forman dos plexos:

- a) Plexo Vertebral Interno
- b) Plexo Vertebral Externo

Son de gran importancia clínica ya que estas variaciones de presión del líquido cefalorraquídeo o de la cavidad torácica, debido a que las venas son carentes de válvulas y son propensas a variaciones en el volumen sanguíneo (4).

### • Plexo venoso interno

**Sinónima:** Plexo venoso epidural.

**Origen:** Red anastomótica de venas que se entremezclan con el tejido conjuntivo laxo en el espacio epidural (6).

**Trayecto:** Discurre longitudinalmente por la superficie posterior de los cuerpos vertebrales y discos intervertebrales a cada lado del ligamento longitudinal posterior. El plexo venoso interno posterior suele ser menos desarrollado que en la región anterior (4).

**Drenaje:** Envía sus venas intervertebrales (eférentes) a los agujeros intervertebrales y entre los ligamentos amarillos adyacentes para verter en el plexo venoso externo, y de ahí en las venas segmentarias (4).

Se dirigen hacia arriba pasando por el foramen magno para comunicarse con los senos de la duramadre y las venas vertebrales del cráneo.

Este plexo posee una vía de diseminación de células neoplásicas, debido a que el sistema nervioso no posee vasos linfáticos, por lo tanto, por medio de este plexo pueden viajar células neoplásicas hacia la parte superior a nivel de algunas zonas cerebrales (4).

Un dato de relevancia médica es que estos plexos se conectan hacia el exterior por medio de las venas intervertebrales, que posteriormente puede alcanzar una comunicación con el sistema álgico a nivel torácico, con el sistema lumbar a nivel abdominal (vena lumbar ascendente), hemiácigos, etc.

Esto puede presentarse como un problema en presencia de un tumor maligno a nivel abdominal o torácico, la metástasis va por esta vía, ingresa al plexo vertebral donde ascienden a cerebro, cerebelo o puente (4).

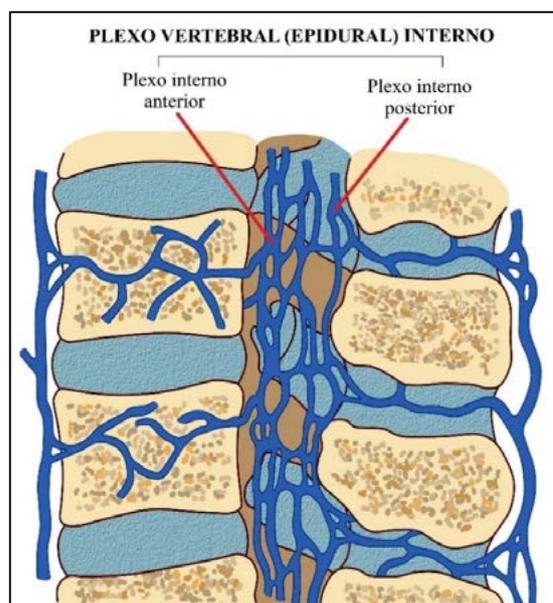


Figura 185. Plexo venoso interno

Fuente: Autor

### • Plexo venoso externo

**Sinónima:** Plexo vertebral externo.

**Origen:** El plexo venoso externo comprende una porción anterior que se localiza anterior a los cuerpos vertebrales y una porción posterior situada sobre las láminas vertebrales (4).

**Trayecto:** Tiene una porción anterior que se comunica con las venas basivertebrales. La parte posterior forma una red en torno a las apófisis espinosas, transversas y articulares y se comunica con las venas occipitales, cervicales profundas y vertebrales.

El plexo venoso externo posterior al igual que el interno, suele ser menos desarrollado que en la región anterior. Este plexo es anterior y posterior, cuyo límite imaginario entre estos es dado por las apófisis transversas (1).

**Drenaje:** Se comunica con los plexos venosos vertebrales internos y también con las venas lumbares ascendentes y venas álgicos y hemiácigos (1).

**Venas anteriores:** Drenan las vértebras (en el cuello), intercostales, lumbares y sacras laterales. Están dispuestos en plexos en la región cervical, más reducida en la región torácica en la región lumbar retoman una disposición plexiforme delante del hueso sacro. Drenan las venas de los cuerpos vertebrales (1).

**Venas posteriores:** Son las más voluminosas y numerosas. Se ubican en la profundidad de los músculos erectores de la columna. Recibe también venas óseas y sobre todo musculares. Son drenadas arriba por medio de las venas cervicales profundas y pos abajo por las venas intercostales posteriores y las venas lumbares. Forman una red en torno a las apófisis transversas, espinosas y articulares (1).

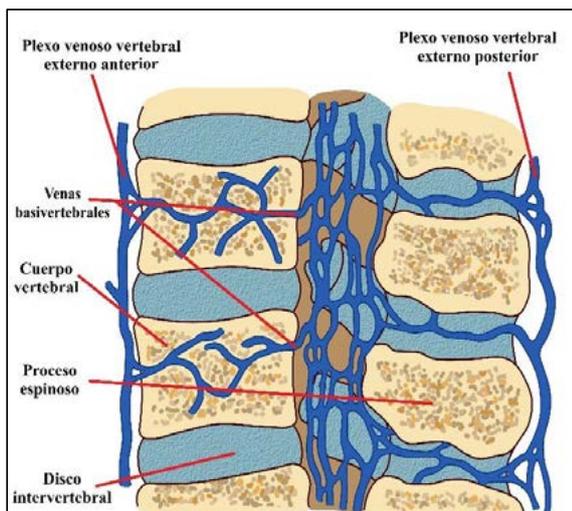


Figura 186. Plexo venoso externo  
Fuente: Autor

#### • Venas espinales anteriores y posteriores

**Sinonimia:** Venas perimedulares.

**Origen:** Las venas espinales son ramas de la vena vertebral en la porción intracraneal de la misma (1).

**Trayecto:** Las venas penetrantes, drenan la mayor parte de la sustancia gris y blanca y terminan en el plexo perimedular, mismo donde se conectan las venas espinales anterior y posterior (1).

**Drenaje:** En sí, las venas espinales drenan en las venas intervertebrales, que salen del conducto vertebral por medio de los agujeros interver-

tebrales. Pero específicamente las venas espinales anterior drenan la porción anterior del plexo perimedular, mientras que las venas espinales posteriores recorren el surco posterior. Es grande y de mayor drenaje en la región cervical y lumbar.

#### • Venas radicales anteriores y posteriores

Son 7 pares de venas radicales principales (anterior y posterior).

**Sinonimia:** Venas medular segmentaria.

**Origen:** Emergen de surcos colaterales anterior y posterior (1).

**Trayecto:** Se distribuyen de manera irregular, se asocia junto a las arterias radicales.

**Drenaje:** Su drenaje venoso aporta a la mayoría el plexo vertebral interno y externo, médula espinal, hacia las venas intercostales posteriores, lumbares, intervertebrales y sacra lateral, según el área en la cual se encuentre (1).

Las venas radicales anterior y posterior se juntan con las venas vertebrales internas para formar las venas intervertebrales (1).

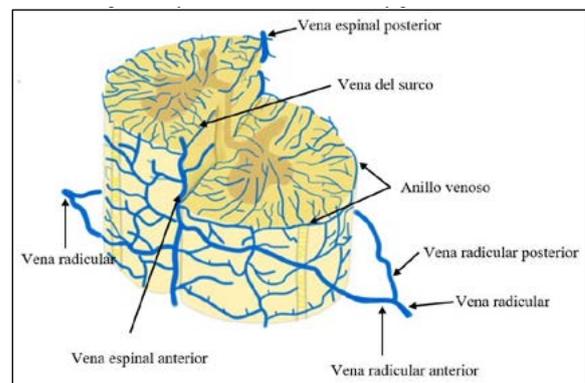


Figura 187. Venas espinales y radicales anteriores y posteriores de la médula espinal  
Fuente: Autor

### Vascularización del encéfalo

#### Generalidades

El flujo sanguíneo cerebral normal en una persona adulta es de 50 a 65 ml por cada 100g de tejido por minuto. Es decir, un total aproximado de 800 ml de aporte sanguíneo arterial total, de los cuales, 660ml son dados por las arterias carótidas y

140ml por las vertebrales. En caso que exista interrupción entre 1 a 2 minutos de la irrigación, con lleva deterior la función neuronal (1).

El encéfalo comprende el 2 al 2.5% del peso corporal total, es decir, un peso aproximado de 1.5 kg por lo que requiere aproximadamente el 17% del gasto cardiaco en reposo y el 20% de oxígeno utilizado por el organismo. La privación total de oxígeno por 4 minutos puede generar daño permanente irreversible (1).

Un adulto de peso normal requiere 200 g de glucosa al día,  $\frac{2}{3}$  de los cuales (unos 130 g) están destinados a cubrir los requerimientos de glucosa del cerebro. La sustancia blanca recibe menor cantidad de sangre con relación a la sustancia gris (1).

### Aporte sanguíneo cerebral

Los hemisferios cerebrales reciben su aporte sanguíneo a través de dos sistemas arteriales muy importantes:

Sistema sanguíneo de las arterias Carótidas Internas o Anterior: aportan el 70% de la irrigación cerebral a los  $\frac{2}{3}$  anterior de los hemisferios cerebrales (1).

Sistema sanguíneo de las arterias Vertebrales o Posterior: conocido también como vertebro basilar, proporcionan el 30% de la irrigación cerebral al  $\frac{1}{3}$  posterior de los hemisferios cerebrales, también del cerebelo, bulbo, protuberancia, mesencéfalo y tálamos (1).

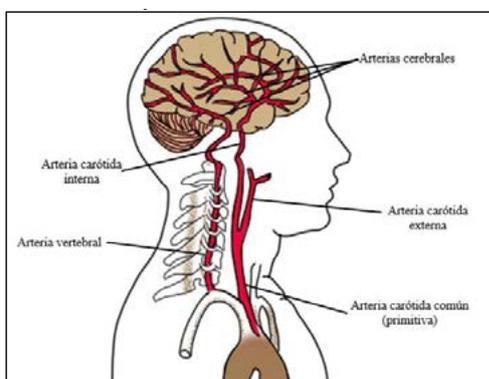


Figura 188. Irrigación sanguínea cerebral procedente del sistema de las arterias carótidas internas y sistema de arterias vertebrales

Fuente: Autor

### Irrigación arterial del encéfalo

Todo el encéfalo está irrigado por:

- Arterias carótidas internas
- Arterias vertebrales

La anastomosis entre estos dos troncos arteriales conformado por las arterias comunicante anterior, comunicante posterior, cerebral anterior y cerebral posterior, contribuye a formar el círculo arterial cerebral (Polígono de Willis) (2).

### Arteria carótida interna

**Origen:** Nace a partir de las arterias carótidas primitivas o arteria carótida común, la cual se bifurca a nivel de la 3ra vértebra cervical dando origen a la arteria carótida interna y externa. Segmentos:

- Cervical** (asciende por el cuello anterior y medial).
- Intrapetroso** (se incurva para asumir una posición horizontal, atravesando la porción petrosa del temporal).
- Intracavernoso** (discurre por el seno cavernoso próxima a los pares craneales III, IV y VI).
- Cerebral** (asciende posterior y lateralmente y termina como arterias cerebrales media y anterior)

El sifón carotideo se conforma por las porciones intracavernosa y cerebral.

**Trayecto:** desde su nacimiento a partir de las arterias carótidas primitivas, ascienden hasta el conducto carotídeo en la base del cráneo, para luego entrar a la cavidad craneal mediante el agujero rasgado anterior (1).

**Irriga:** Parte anterior del encéfalo que incluye los lóbulos parietales y el lóbulo frontal, glándula pituitaria, oído medio, plexo coroideo (1).

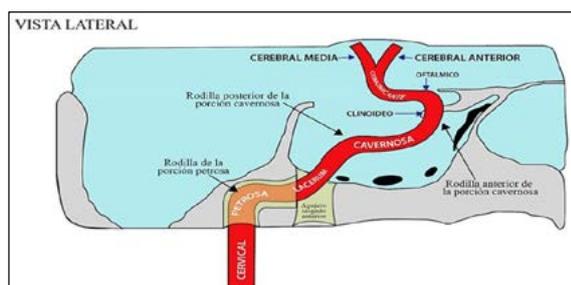


Figura 189. Segmentos de la arteria carótida interna  
Fuente: Autor

### Ramas colaterales de la arteria carótida interna:

Mediante la división en el lado medial del lóbulo temporal se originan cuatro ramas las cuales son:

#### • Comunicante posterior

**Origen y trayecto:** Nace de la arteria carótida interna cerca de su bifurcación terminal, se dirige hacia atrás por encima del nervio oculomotor para unirse a la arteria cerebral posterior, así forma parte del círculo arterial cerebral (2).

**Función:** Conecta las dos circulaciones anterior y posterior.

**Irriga:** Quiasma óptico, tuber cinereum, región hipotalámica, parte del núcleo lateral del tálamo, tercio anterior de los pedúnculos cerebrales, cuerpo subtalámico de Luys y el campo de Forel, nervio motor ocular común (1).

#### • Coroidea anterior

**Origen y trayecto:** Nace de la arteria carótida interna sobre el nacimiento de la arteria comunicante posterior. Sigue un curso posterior recorriendo la cisterna supraselar y se introduce en el ventrículo lateral. Su recorrido termina al llegar al plexo coroideo del ventrículo lateral (1).

**Irriga:** al tracto óptico, el pedúnculo cerebral, uncus, hipocampo, cuerpos geniculados laterales y al brazo posterior de la cápsula interna (1).

#### • Arteria hipofisaria superior.

**Origen:** Nace de la sección intracavernosa de la carótida interna.

**Trayecto:** Forman el sistema de vasos porta hipofisario por el cual son transportados los fac-

tores de liberación desde el hipotálamo hasta la adenohipófisis.

**Irriga:** Neurohipófisis.

#### • Arteria oftálmica.

**Origen:** Nivel de las apófisis clinoides anteriores.

**Recorrido:** discurre por el seno cavernoso y se introduce en la órbita a través de un canal óseo distinto o a partir de la arteria meníngea media y alcanza la órbita a través de la hendidura orbitaria superior.

**Irriga:** el ojo y otras estructuras orbitarias y sus ramas terminales irrigan el área frontal del cuero cabelludo, los senos: etmoidal, frontal y el dorso de la nariz (1).

#### Ramas colaterales

- Arteria muscular inferior: se distribuye por los músculos oblicuo menor, recto externo y recto inferior.
- Arteria supraorbitaria: sigue la pared superior orbitaria y se distribuye hacia la región frontal.
- Arteria muscular superior: se distribuye por los músculos, el oblicuo mayor, elevadores del párpado y por el recto interno.
- Arterias ciliares largas posteriores: son en número de dos: una nasal o interna y otra temporal o externa, que penetra la esclerótica y corren entre la coroides, contribuyendo a formar el gran círculo arterial del iris.
- Arterias ciliares cortas posteriores: en número de 2 y luego de 6 a 8 que penetran la esclerótica y se distribuyen por las coroides.
- Arteria etmoidal posterior: entra en el conducto orbitario interno posterior, para ir a la lámina cribosa del etmoides y luego dar ramos a la pituitaria y las meninges.
- Arteria etmoidal anterior: entra en el conducto orbitario interno anterior y se distribuye por la pituitaria y las meninges.
- Arteria palpebral inferior: inicia a nivel del ángulo interno del ojo y se distribuye por la conjuntiva y el párpado inferior.

- Arteria palpebral superior: da un arco de convexidad superior, termina en la comisura externa y se distribuye por el párpado superior.
- Arteria central de la retina: penetra el nervio óptico y se distribuye por la retina.
- Arteria lagrimal: bordea la pared externa de la órbita y se distribuye por la glándula lagrimal) (1).

**Ramas Terminales:** al llegar al ángulo interno del ojo, la oftálmica termina en dos ramas:

**Arteria frontal o supratroclear:** se dirige hacia arriba en dirección a la frente.

**Arteria nasal:** se dirige hacia abajo, a la raíz de la nariz y se anastomosa con la arteria facial.

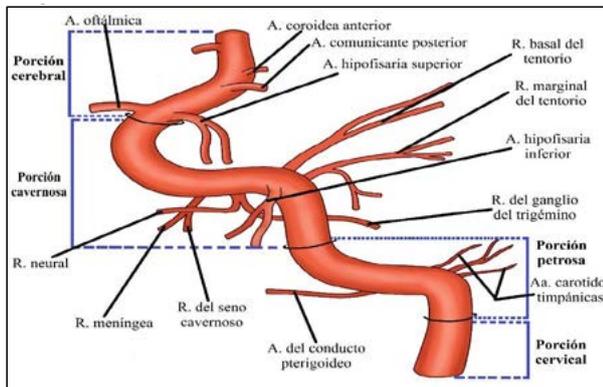


Figura 190. Ramas colaterales de la arteria carótida interna-  
Fuente: Autor

### Ramas terminales de la arteria carótida interna Arteria cerebral anterior (ACA)

**Origen:** Desde de la bifurcación de la arteria carótida interna en ángulo recto, lateralmente al quiasma óptico, a nivel de las apófisis clinoides anterior del hueso esfenoides.

**Trayecto:** Se dirige hacia adelante y medialmente, por arriba del nervio óptico y penetra por la fisura longitudinal del cerebro entre los lóbulos frontales. Una vez ahí se une con su homónima a través de la corta arteria comunicante anterior. Sigue su curvatura hacia atrás, por encima del rostro y rodilla del cuerpo calloso y al final se anastomosa con la arteria cerebral posterior.

**Irrigan:** Superficie media de los lóbulos frontal y parietal, los 4/5 anteriores del cuerpo calloso, la corteza frontobasal y diencéfalo anterior.

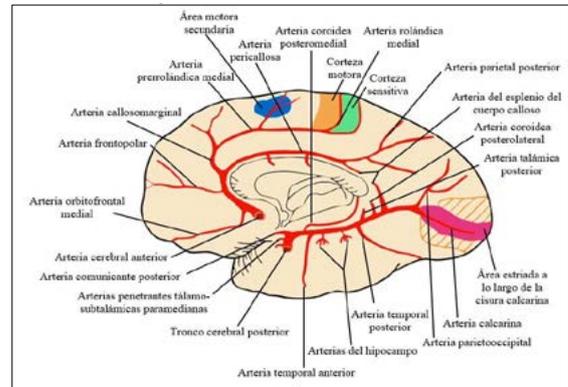


Figura 191. Ramas de la arteria cerebral anterior  
Fuente: Autor

### Ramas colaterales:

- **Arteria frontobasal medial:** Es la primera rama después de la anastomosis con la arteria comunicante anterior, recorre un trayecto en dirección caudal y lateral, finalmente ingresa al espacio perforado anterior e irriga el núcleo lenticular y caudado, la cápsula interna, putamen y núcleos septales.
- **Arteria del polo frontal:** Se origina del cuerpo calloso o en posición ventral a este y se extiende en dirección ventral para irrigar la cara orbitaria y medial del lóbulo frontal.
- **Arteria callosomarginal:** Nace detrás de la arteria frontopolar, pasa en dirección caudal sobre la cisura calloso marginal, llega a la parte anterior del lóbulo paracentral. De aquí, nacen las ramas frontales anterior, media y posterior que ascienden para alcanzar la porción superior de la cara superolateral del lóbulo frontal. Irrigan el lobulillo paracentral y parte de la circunvolución del cuerpo calloso.  
Rama terminal:
  - **Arteria pericallosa:** Se considera como su rama terminal, se dirige caudalmente por la cara dorsal del cuerpo calloso e irriga la cara medial del lóbulo parietal, incluida la precuña.

### Arteria cerebral media (ACM) o Silviana

**Origen:** Es la arteria de mayor calibre de las tres arterias cerebrales con un territorio cortical bastante amplio.

**Trayecto:** Al originarse de la carótida interna, lateral al quiasma óptico, hacen un giro hacia afuera tomando como punto el polo del lóbulo temporal, pasando ventralmente sobre la sustancia perforada anterior en dirección horizontal lateral, y se introducen en la cisura de Silvio y en la ínsula de Reil.

**Irrigan:** Cara lateral de 3 lóbulos: temporal, parietal y frontal.

**Ramas:** Cuando sus ramas alcanzan el margen superior y dorsal de la ínsula, giran hacia abajo en forma de horquilla, descendiendo sobre la superficie interna del opérculo para terminar saliendo por la cisura lateral. En la región insular, cinco a ocho ramas de la arteria cerebral media se encuentran en el triángulo de Silvio. En su ápice es la rama más posterior de la arteria, su lado inferior está formado por sus ramas inferiores, y su lado superior está formado por las ramas curvas dorsales.

#### Ramas colaterales:

**Ramas centrales o basales:** Penetran al encéfalo por la cara basal, atravesando la sustancia perforada anterior, las más importantes son:

- Arterias lenticulares
- Arterias lenticuloópticas
- Arterias lenticuloestriadas

Estas arterias van a nutrir una zona del globo pálido, putamen, núcleo lenticular, la porción superior del brazo anterior y posterior de la cápsula interna y la parte superior de la región posterior de la cabeza del núcleo caudado.

#### Ramas corticales:

Se distribuyen en la piamadre sobre la superficie del hemisferio cerebral correspondiente; abarcan la parte basal del lóbulo frontal hasta llegar a la

ínsula, y gran parte de la cara dorsolateral del resto del hemisferio. Las ramas corticales son las siguientes:

- **Arteria frontoorbitaria (fronto basal lateral):** Arteria ascendente que irriga las porciones inferior y lateral de la zona más anterior del lóbulo frontal.
- **Arteria precentral (prerolándica):** Arteria ascendente que se origina detrás de la arteria frontobasal lateral y discurre por el surco precentral.
- **Arteria central (rolándica):** Arteria ascendente que se origina detrás de la arteria frontobasal lateral y discurre por el surco central.
- **Arteria parietal anterior (posrolándica):** Arteria ascendente que se origina detrás de la arteria frontobasal lateral y discurre por el surco poscentral.
- **Arteria temporal anterior, media y posterior:** Arterias descendentes que están destinadas a la cara superolateral del lóbulo temporal.

#### Ramas Terminales:

Las ramas que irrigan la circunvolución angular constituyen la parte terminal de esta arteria: la arteria angular, que luego se anastomosa con las ramas terminales de la arteria cerebral anterior y arteria cerebral posterior.

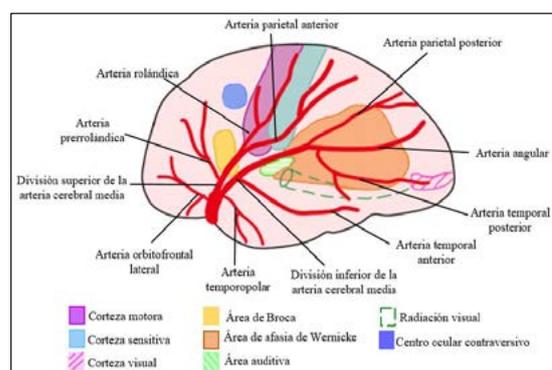


Figura 192. Ramas de la arteria cerebral media o Silviana  
Fuente: Autor

### Arterias vertebrales

**Ramas Colaterales:** A lo largo de su recorrido esta arteria se encarga de la irrigación de la parte posterior del encéfalo mediante sus ramas que son:

- Ramas meníngeas: Arterias diminutas que se encargan de la irrigación del hueso y la duramadre en la fosa craneal posterior.
- Arteria espinal anterior: Es una rama formada cerca de la terminación de la arteria vertebral y desciende por la superficie anterior de la médula oblongada y médula espinal irrigando parte de esta zona.

- Arteria espinal posterior: Desciende por la superficie posterior de la médula espinal irrigando parte de esta zona.
- Arteria Cerebelosa posteroinferior: Esta arteria irriga parte de la médula oblonga, plexo coroideo del cuarto ventrículo, la superficie inferior del vermis y del hemisferio cerebeloso. Así mismo, irriga la parte posterior de los núcleos centrales del cerebelo.
- Arterias medulares: Pequeñas ramas que se distribuyen en la médula oblongada.

### Rama terminal:

- Tronco basilar

Tabla 26. Irrigación del encéfalo

Arterias	Arterias colaterales	Arterias terminales	Zonas que irrigan
Arteria carótida interna	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comunicante posterior</li> <li>• Coroidea anterior</li> <li>• Arteria hipofisaria superior</li> <li>• Arteria oftálmica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arteria cerebral anterior (ACA)</li> <li>• Arteria cerebral media (ACM) o Silvana</li> </ul>	Lóbulos parietales, lóbulo frontal, glándula pituitaria, oído medio, plexo coroideo.
Arterias vertebrales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rama meníngea anterior y posterior de la arteria vertebral</li> <li>• Espinal posterior y anterior</li> <li>• Cerebelosa inferior y posterior</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tronco basilar</li> </ul>	Cerebelo y tronco cerebral

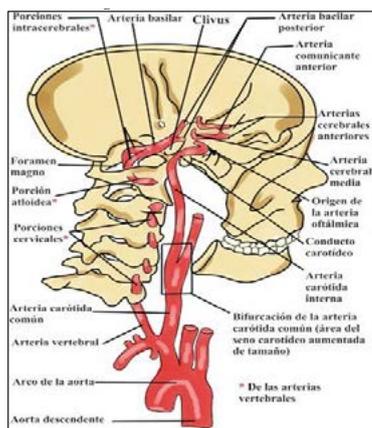


Figura 193. Arteria Vertebral  
Fuente: Autor

### Tronco basilar

**Origen:** Nace entre la médula oblongada y protuberancia a partir de la unión de las arterias vertebrales.

**Trayecto:** Ascende por la parte rostral por el surco basilar de la protuberancia y a nivel del ex-

tremo superior de protuberancia se divide en las arterias cerebrales posteriores.

### Ramas colaterales:

- **Arterias pontinas:** Pequeñas arterias que penetran la sustancia de la protuberancia e irrigan esta zona.
- **Arterias laberínticas:** Es una arteria larga que también se denomina auditiva interna, como su nombre lo indica se encarga de la irrigación del oído interno. Se acompaña de nervio facial y vestibulococlear, a veces surge como una rama de la arteria cerebelosa anteroinferior.
- **Arteria cerebelosa anteroinferior:** Discurre en dirección posterior y lateral, es la rama más voluminosa de la arteria basilar e irriga la cara anterior e inferior del cerebelo, protuberancia y la parte superior del bulbo raquídeo.
- **Arteria cerebelosa superior:** Esta rama se origina cerca de la terminación de la arteria basilar,

avanza contorneando el mesencéfalo e irriga la cara superior del cerebelo, el velo medular posterior, glándula pineal y la protuberancia.

**Rama terminal**

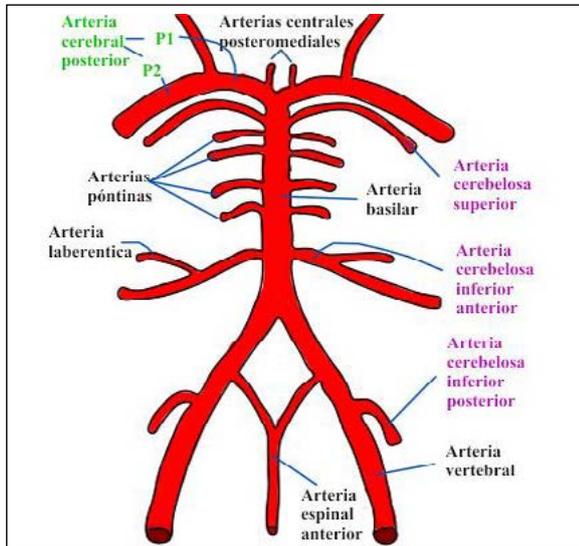


Figura 194. Ramas del tronco basilar  
Fuente: Autor

**• Arterias cerebrales posteriores**

**Origen:** Se originan a nivel de la fosa interpeduncular a partir de la bifurcación de la arteria basilar.

**Trayecto:** A partir de su origen se dirige lateralmente y hacia atrás del mesencéfalo, en paralelo del surco pontopeduncular hasta alcanzar la cara interna del hemisferio cerebral donde emite sus ramas terminales.

**Ramas colaterales:** Se divide en tres porciones

- **Porción precomunicante:** Se hace referencia al trayecto de la arteria desde su origen y la arteria comunicante posterior, en este trayecto se emiten ramas que irrigan el tálamo, el hipotálamo y el globo pálido.
- **Porción postcomunicante:** De esta parte de la arteria salen ramas que irrigan el tálamo y los pedúnculos cerebrales, además de los plexos coroideos del ventrículo lateral y tercer ventrículo mediante las ramas coroides posteriores.
- **Porción terminal o cortical:** Irrigan parte del lóbulo temporal y la cara medial y lateral del lóbulo occipital, en esta porción salen dos arterias importantes que son la arteria occipital lateral y medial.

**Arteria occipital lateral:** Se encarga de la irrigación del lóbulo temporal mediante las ramas temporales anteriores, temporales mediales o intermedias y las ramas temporales posteriores.

**Arteria occipital medial:** Se dirige hacia el lóbulo occipital y en su trayecto emite la rama dorsal del cuerpo calloso que irriga el esplenio del cuerpo calloso. Además, emite la rama occipito-temporal, parieto occipital y en su porción más alejada la rama calcarina.

**Rama terminal:** Arteria Calcarina.

Tabla 27. Tronco basilar (Ramas colaterales y terminales)

Arterias	Arterias colaterales	Arterias terminales	Zonas que irrigan
Tronco basilar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arterias pontinas</li> <li>• Arterias laberínticas</li> <li>• Arteria cerebelosa anteroinferior</li> <li>• Arteria cerebelosa superior</li> <li>• Arteria cerebral posterior</li> </ul>	Arterias cerebrales posteriores	Cerebelo y tronco cerebral

**Polígono de Willis**

Ubicado en la fosa interpeduncular de la base del encéfalo. Está conformado por la arteria cerebral anterior, arteria cerebral posterior, arteria comunicante anterior y arteria comunicante posterior.

Su función es permitir que la sangre que ingresa por la arteria carótida interna y las arterias vertebrales se distribuya hacia los dos hemisferios cerebrales

Tabla 28. Composición arterial del Polígono de Willis

Arterias que la componen		
Ubicación	Arterias	Ramas de
Región dorsal medial	Cerebrales anteriores (2)	Arteria Carótida Interna
	Comunicante anterior	Arteria Cerebral Anterior
	Arteria Carótida Interna (2)	Arteria Carótida Común
Región dorso-lumbar o inferior	Comunicante posterior (2)	Arteria carótida interna
	Cerebrales posteriores (2)	Arteria Basilar

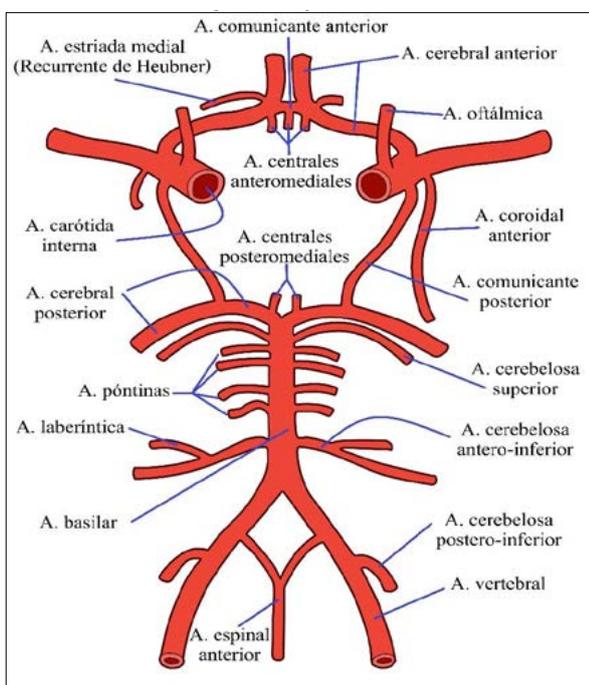


Figura 195. Polígono de Willis  
Fuente: Autor

### Senos venosos del encéfalo

Son estructuras vasculares que se disponen externamente e internamente en el tejido encefálico, reciben venas de todo el cerebro y son encargadas de llevar la sangre desoxigenada hasta la vena yugular interna, para después terminar en la aurícula derecha del corazón.

Se disponen entre las dos capas de la duramadre. La función de estas estructuras es drenar la sangre del cerebro y los huesos del cráneo. En la parte posterior del cerebro a la altura de la protuberancia occipital interna se crea una confluencia de los senos o prensa de Herófilo en

donde desaguan el seno sagital superior, seno occipital y el seno recto, por otra parte, salen los senos transversos.

Anteriormente se clasificaba a los senos venosos en pares e impares, pero carecía de un sentido anatómico. Por esto, se los divide en dos grupos: posterosuperior y anteroinferior (7).

### Grupo posterosuperior

#### Seno sagital superior

Es un seno impar, tiene el mayor diámetro en los senos del cerebro y se direcciona en la parte superior del encéfalo, desde el agujero ciego del hueso frontal hacia la confluencia de los senos o prensa de Herófilo. Su calibre inicial es de 1mm a 2 mm, va en aumento desde anterior a posterior. En la parte media de este seno se encuentran lagunas venosas en donde se puede apreciar ciertas protrusiones aracnoideas denominadas vellosidades aracnoideas.

Las granulaciones aracnoideas, también se encuentran en los senos transversos, senos cavernosos, seno petroso superior y seno recto.

#### Afluentes: Recibe

- Venas del foramen ciego,
- Vena del extremo anterior de la hoz del cerebro,
- Venas cerebrales superiores
- Vena anastomótica superior [de Trolard]
- Venas meníngeas medias diploicas
- Vena emisaria del agujero parietal.

**Desembocadura:** Confluencia de los Senos [Prensa de Herófilo] (7).

### • Seno sagital inferior

Es un seno impar que recorre el borde inferior de la hoz del cerebro, es delgado y va en dirección anterior-posterior. Se une a la Gran Vena Magna para formar el seno recto.

#### Afluentes:

- Venas de la hoz del cerebro **Desembocadura:** Seno recto (7).
- Seno Recto

Seno formado por la anastomosis del seno sagital inferior y de la vena de Galeno, tienen una forma triangular. En su parte inicial existe una válvula que controla el drenaje venoso denominada Ampolla de Galeno.

#### Afluentes:

- Vena cerebral magna
- Seno sagital inferior.

**Desembocadura:** Confluencia de los senos.

### • Senos Transversos

Encontramos dos senos transversos que tienen su inicio en la prensa de Herófilo por encima de la tienda del cerebelo. Inician su recorrido lateralmente del encéfalo y al llegar al peñasco del hueso temporal se en curva hacia la parte interna para continuarse con el seno sigmoideo.

#### Afluentes:

- Confluencia de los senos

**Desembocadura:** Senos sigmoideos.

### • Senos Sigmoideos

Continúan el drenaje de los senos transversos. Se divide en dos porciones: Mastoidea y yugular. En su primera porción el seno se acoda y se dirige en dirección anterior para después descender oblicuamente.

La segunda porción se continúa en la base de la porción petrosa del hueso temporal y termina en la vena yugular interna.

#### Afluentes:

- Senos petrosos superiores
- Venas del acueducto del vestíbulo
- Vena emisaria mastoidea

**Terminación:** Foramen yugular, se continua como vena yugular (7).

### • Seno Occipital

Seno impar que se extiende desde el borde posterior del agujero magno hasta la confluencia de los senos (7).

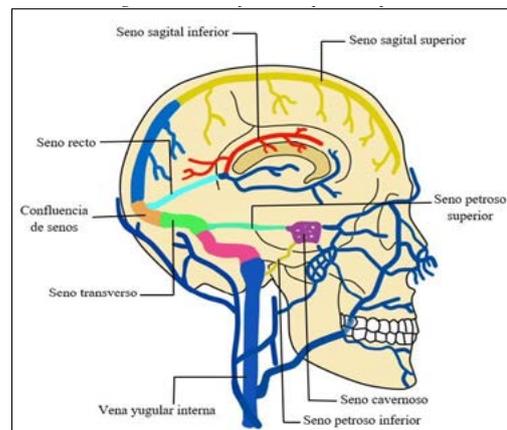


Figura 196. Drenaje venoso posterosuperior  
Fuente: Autor

### Grupo anteroinferior

#### • Senos Cavernosos

Senos pares ubicados en los lados de la silla turca y del cuerpo del esfenoides. En su recorrido este seno se encuentra en relación de los nervios oftálmicos, oculomotor, abducens y troclear. Además, se encuentra trabeculado y en su parte interna transcurre la arteria carótida interna. Se continúa con los senos venosos superior e inferior

#### Afluentes:

- Venas oftálmicas superior e inferior.
- Vena cerebral media superficial.
- Senos esfenoparietales.

**Desembocadura:** Senos petrosos superior e inferior.

### • Senos Intercavernosos o Coronarios

Estos senos se ubican alrededor de la glándula pituitaria, rodeándola superiormente e inferiormente (7).

**Desembocadura:** Senos cavernosos

### • Senos esfenoparietales

El recorrido es por el borde posterior del ala menor del esfenoides.

#### Afluentes:

- Venas meníngeas
- Venas diploicas

**Desembocadura:** Seno cavernoso (7).

### • Senos Petrosos Superiores

Es un seno par que se continúa desde el seno cavernoso en dirección posterior y oblicua hacia el borde superior del peñasco del hueso temporal y se continúan con el seno sigmoideo.

#### Afluentes:

- Senos cavernosos
- Venas cerebelosas, cerebral inferior y laberínticas.

**Desembocadura:** Seno sigmoideo.

### • Senos Petrosos Inferiores

Estos senos se continúan del seno cavernoso y posee una dirección hacia afuera, abajo y atrás. Al llegar al agujero rasgado posterior salen del cráneo y desembocan en la vena yugular interna. Afluentes:

- Senos cavernosos
- Venas cerebelosas, laberínticas, pontinas y bulbares.

**Desembocadura:** Vena yugular interna (7).

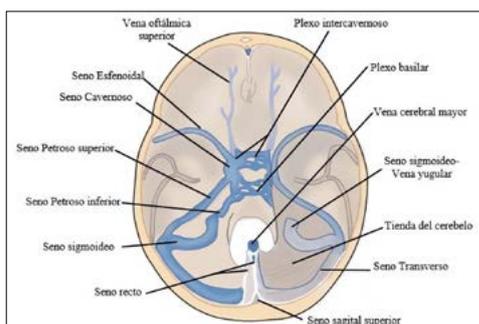


Figura 197. Drenaje venoso anteroinferior  
Fuente: Autor

### Drenaje venoso del encéfalo

Estructuras vasculares que en su interior constan de válvulas, drenan la sangre de los hemisferios cerebrales y estructuras internas. En todo su trayecto, perforan la aracnoides y se disponen en un desdoblamiento de la duramadre, para desembocar en los senos venosos (7).

### Venas superficiales del cerebro

Las venas superficiales drenan el territorio de la corteza cerebral y la sustancia blanca adyacente. Se dirigen por la piamadre, donde se anastomosan presentando una variedad de estructuración y desembocan en el seno sagital superior, mientras que otras siguen una dirección descendente. Se clasifican en: Grupo externo, interno e inferior (7).

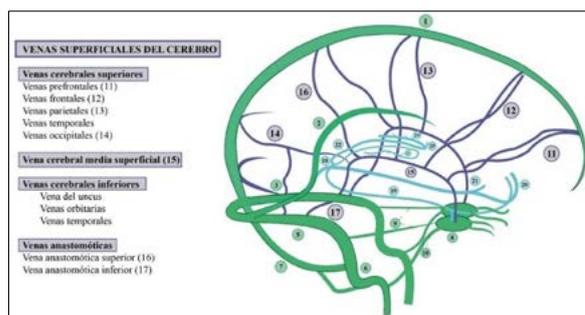


Figura 198. Venas superficiales del cerebro  
Fuente: Autor

### Grupo externo

Drenan la sangre de las circunvoluciones del cerebro. Se identifican tres tipos de venas:

1. Venas cerebrales superiores
2. Vena cerebral media superficial
3. Venas anastomóticas

**1. Venas cerebrales superiores:** Drenan la cara superolateral del cerebro y se continúan por los surcos cerebrales.

**Desembocan:** Seno sagital superior.

#### Abarca varias venas:

- Venas prefrontales.
- Venas frontales.
- Venas parietoccipitales.
- Venas temporales (7).

## 2. Vena cerebral media superficial

Discurre por el surco lateral o de Silvio en sentido anterior, se dirige hacia adentro siguiendo el borde posterior del ala menor del esfenoides.

**Desemboca:** Seno esfenoparietal o en el seno cavernoso (7).

## 3. Venas Anastomóticas

Es la anastomosis entre las venas superiores y las venas inferiores. Se describen:

- **Vena anastomótica superior**, vena anastomótica anterior, o vena de Trolard.

**Discurre:** Sobre la superficie cortical frontal y parietal.

- **Vena anastomótica inferior**, vena anastomótica posterior o vena de Labbé.

**Discurre:** Por la superficie lateral del lóbulo temporal (7).

### Grupo Inferior

Drenan sangre de la cara inferior del cerebro. Se encuentran:

- **Venas orbitarias:** Discurren por la superficie orbitaria del lóbulo frontal y se anastomosan con las venas cerebrales superiores terminando en el seno sagital superior.
- **Venas temporooccipitales:** Transcurren en la superficie inferior de la corteza temporooccipital, constituida por: Venas temporales, venas del uncus y venas occipitales.

### Venas profundas del cerebro

Se dispone en dos sistemas:

- Las venas basales, mismas que discurren por dentro de las cisternas basales.
- Venas internas del cerebro, que discurren por el velum interpositum (7).

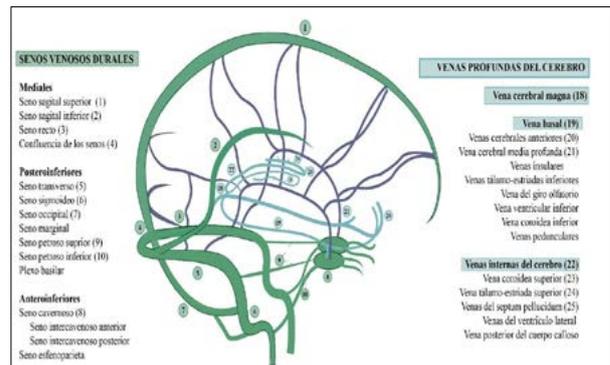


Figura 199. Venas profundas del cerebro  
Fuente: Autor

### Venas basales o venas de Rosenthal

Inicia a nivel de la sustancia perforada, discurre por el espacio subaracnoideo, y desemboca en la vena cerebral magna (7).

#### Afluentes de la vena basal

- **Venas cerebrales anteriores**

Se forman en la circunvolución del cíngulo en su tercio anterior, rodean al cuerpo calloso y se continúan posteroinferiormente hasta la cisura interhemisférica del lóbulo temporal. Constituye la vena basal junto con la vena cerebral media profunda, la vena del giro olfatorio.

- **Vena cerebral media profunda**

Su recorrido inicia en la superficie del lóbulo de la ínsula y se anastomosa con otras venas ya mencionadas para formar la vena basal.

- **Vena del giro olfatorio**

Fluye por la profundidad del surco olfatorio, por encima de la cintilla homónima.

- **Venas tálamo-estriadas inferiores**

Nace en el núcleo caudado y el brazo anterior de la cápsula interna, discurre por la sustancia perforada anterior y desemboca en la vena basal

- **Vena coroidea inferior**

Nace en los plexos coroideos de la asta temporal del ventrículo lateral, discurre por la fisura lateral del cerebro y desemboca en la vena basal.

- **Venas pedunculares**

Emerge de los pedúnculos cerebrales y del istmo del encéfalo y terminan en la vena basal.

- **Vena ventricular inferior**

Se origina por la anastomosis de las venas septales de la asta temporal del ventrículo lateral y desembocan en la vena basal (7).

### Venas internas del cerebro

#### Vena cerebral interna o pequeña vena de Galeno

Se forma por la anastomosis de tres vasos que drenan estructuras encefálicas diferentes, se describen:

- **Vena coroidea superior**

Transcurre por el plexo coroideo del ventrículo lateral.

- **Vena tálamo-estriada superior**

- Se dirige de posterior a anterior por el surco entre el tálamo y el núcleo caudado.

- **Venas del septum pellucidum**

- Son un par de venas, una posterior y otra anterior. Nacen de la anastomosis de la vena tálamo-estriada superior con la vena cerebral interna. Se continúan posteriormente, drenando al septum pellucidum y la parte anterior del cuerpo calloso (7).

#### Vena cerebral magna o gran vena de Galeno.

Se origina por la anastomosis de las dos venas cerebrales internas, se encuentra entre el rodete del cuerpo calloso y los tubérculos cuadrigéminos y fluye bajo la tienda del cerebelo para desembocar en el extremo anterior del seno recto. Drena las estructuras internas del cerebro, los núcleos de la base, paredes ventriculares, plexos coroideos cápsula interna y centros ovals.

#### Afluentes:

- Las venas cerebrales internas.
- Las venas basales.
- Las venas cuneolímbicas, que llevan la sangre del cíneo y la circunvolución del cuerpo calloso.
- Pequeñas venas cerebelosas, provenientes del vermis y cara superior del cerebelo.
- Pequeñas venas ascendentes procedentes de los tubérculos cuadrigéminos (6).

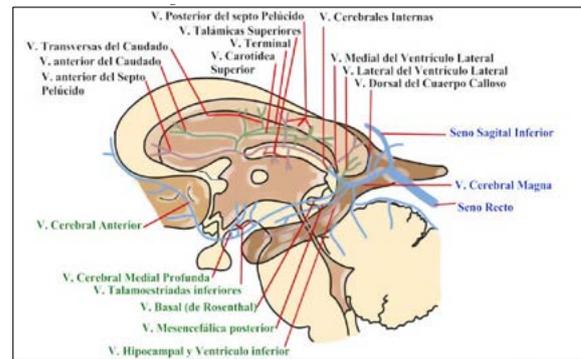


Figura 200. Venas basales o de Rosenthal  
Fuente: Autor

#### Drenaje venoso del tronco encefálico

Venas Ponto Mesencefálicas Anteriores, vena del Puente, vena del Bulbo, vena Dorsolateral del IV Ventrículo (8).

#### Drenaje venoso del cerebelo

Vena Superior del Vermis, vena Inferior del Vermis y las venas talamo-estriadas inferiores (8).

#### Enfermedades asociadas

##### 1. Trastornos de la Vascularización del Encéfalo

Uno de los principales orígenes de daño neurológico corresponde al accidente vascular cerebral (ictus). La obstrucción de un vaso arterial cerebral desencadena un proceso hipóxico por isquemia. Una hemorragia cerebral es causada por la rotura de una arteria, estos eventos llevan al desarrollo rápido de un síndrome neurológico focal. Los accidentes cerebrovasculares relacionados con la arteria carótida y sus ramas cerebrales se asocian con epilepsia focal, deficiencia sensi-

tiva/motora contralateral y déficit psicológico (p. Ej., afasia). Los accidentes cerebrovasculares que implican a la circulación vertebrobasilar conducen a un síndrome focal del tronco del encéfalo. Puede recuperarse la función, pero puede ocurrir al cabo de 2 años, y ser incompleta (9).

## 2. Interrupción de la Circulación Cerebral

El grado de afección de la lesión determinará el nivel de daño neurológico además del estado de la circulación colateral y el área del encéfalo afectada. Algunos estudios clínicos y el examen de material post mortem han centrado la atención en la alta frecuencia de lesiones en las arterias carótida común, carótida interna vertebral en el cuello (9).

### 3. Oclusiones arteriales

#### • Arteria Cerebral Anterior

Hemiparesia y hemihipoestesia contralaterales que afectan principalmente a la pierna y el pie, incapacidad para la identificación de objetos, apatía y cambios de personalidad (9).

#### • Arteria Cerebral Media

Hemiparesia y hemihipoestesia contralaterales que afectan principalmente el rostro y el brazo, afasia (si está afectado el hemisferio izquierdo), hemianopsia homónima contralateral, Anosognosia (cuando está afectado el hemisferio derecho) (9).

#### • Arteria Cerebral Posterior

Hemianopsia homónima contralateral con cierto grado de respeto macular, agnosia visual, deterioro de la memoria (9).

#### • Arteria Carótida Interna

Los mismos signos y síntomas de la arteria cerebral media, pérdida completa o parcial de la visión homolateral (9).

#### • Arteria Vertebral

Pérdida de la sensibilidad termoalgésica homolateral de la cara y contralateral del cuerpo, hemianopsia o ceguera cortical completa, pérdida homolateral del reflejo nauseoso, disfagia, disfo-

nía, vértigo, nistagmo, náuseas, vómitos, síndrome de Horner homolateral, ataxia homolateral y otros signos cerebelosos, hemiparesia unilateral o bilateral (9).

## 4. Aneurisma

Consiste en la dilatación de un vaso en una zona débil y como resultado la formación de un “saco” cuya pared está debilitada y es susceptible a una rotura.

Un aneurisma se puede formar antes del nacimiento durante el embarazo (congénito), también a lo largo de la vida en la adultez, como sucedería después de una lesión de un vaso sanguíneo en caso de un traumatismo o un incremento de la presión intravascular. Existen tipos de aneurismas, el más frecuente es el sacciforme y este suele heredarse de padres a hijos, además puede variar de tamaño desde unos pocos milímetros a más de un centímetro.

Los aneurismas sacciformes gigantes pueden superar los 2 cm. Estos aneurismas son más comunes en los adultos. Otros tipos de aneurismas cerebrales implican un ensanchamiento de todo un vaso sanguíneo o pueden aparecer de manera de abombamiento en el vaso sanguíneo. La aterosclerosis, un traumatismo y una infección son fenómenos que pueden lesionar la pared vascular y todos pueden ocasionar aneurismas cerebrales. Aproximadamente el 5% de la gente tiene un aneurisma en el cerebro, pero sólo un pequeño número de estos aneurismas causa síntomas o ruptura (6).

### Los factores de riesgo incluyen

- Antecedentes Familiares
- Problemas Cardiovasculares (hipertensión, Aterosclerosis)

### Síntomas

- Cefalea intensa
- Visión borrosa
- Cuello Rígido
- Zumbido en los oídos
- Confusión
- Astenia

- Mareo
- Náuseas
- Crisis Epiléptica (9).

### 5. Isquemia Cerebral

Un proceso isquémico está totalmente relacionado con la hipoxia, se define como el déficit de riego sanguíneo por un mecanismo de oclusión de un vaso ocasionando que el tejido reciba menor cantidad de oxígeno y nutrientes. Los accidentes cerebro vascular son causados por un coágulo (trombo) en una arteria que va al cerebro. El coágulo obstruye la luz de vaso disminuyendo el flujo sanguíneo a una parte del cerebro. Uno de los orígenes de un coágulo es la arterioesclerosis. Los ataques cerebrales embólicos son causados por un coágulo que se desplaza (émbolo) y que se forma en otro lugar (generalmente en el corazón o en las arterias del cuello). Los coágulos son transportados en el torrente sanguíneo y obstruye un vaso sanguíneo en o hacia el cerebro (9).

### 6. Infarto Cerebral

Llamado popularmente “derrame cerebral o ictus” es un trastorno que daña un área del cerebro en forma permanente o transitoria a causa de una obstrucción (trombo) o ruptura de un vaso sanguíneo cerebral (aneurisma). El 88% de los casos de ictus son causados por un proceso tromboembólico. El restante 12% es causado por la rotura de un aneurisma o a causa de un traumatismo, derramando sangre en el cerebro o alrededor de él provocando un aumento de la presión intracraneal (6).

Síntomas

- Pérdida de fuerza en un brazo o una pierna.
- Parálisis en la cara.
- Dificultad para expresarse y caminar.
- Pérdida del equilibrio o de coordinación (7).

### 7. Hemorragia intracraneal

La hemorragia intracraneal puede ser consecuencia de un traumatismo o de lesiones cerebrales vasculares como el aneurisma. Se consideran

cuatro variantes: epidural, subdural subaracnoidea y cerebral (7).

#### • Hemorragia epidural

Esta lesión se da a nivel de las arterias y venas meníngeas específicamente. La mayor parte se da a nivel de la rama anterior de la arteria, un traumatismo relativamente leve en la parte lateral de la cabeza, da lugar a fractura craneal en la región de la porción antero inferior del hueso parietal, puede lesionar la arteria. Se produce hemorragia y se lesiona la capa meníngea de la duramadre de la superficie interna del cráneo. Como consecuencia hay un aumento de presión intracraneal y formación de coágulos que complican aún más el cuadro (7).

#### • Hemorragia subdural

Se origina a causa de un desgarro de las venas cerebrales superiores a nivel de la entrada al seno sagital superior. La causa se asocia a un traumatismo en la parte anterior o posterior de la cabeza, lo que origina a un movimiento excesivo anteroposterior del encéfalo en el interior de la cavidad craneal. Este tipo de hemorragia se da con mayor frecuencia que la producida a nivel de la arteria meníngea media, puede ser producida por un golpe leve súbito. La sangre producto del desgarro del vaso empieza a acumularse a nivel de duramadre y la aracnoides (7).

#### • Hemorragia subaracnoidea

Una de las causas se da de origen congénito en el circuito arterial cerebral, con menos frecuencia a causa de un angioma o de una contusión o laceración del cerebro y de las meninges. La clínica se da de forma brusca e incluye cefalea, rigidez de nuca y pérdida de la consciencia (7).

#### • Hemorragia cerebral

La pérdida deliberada de sangre a nivel cerebral a causa de la rotura de un vaso arterial, suele presentarse en personas de mediana edad, frecuentemente implica la rotura de la arteria lenticuloestriada, rama de la colateral cerebral media, cuya pared es delgada. Las fibras corticonuclea-

res y corticoespinales importantes en la cápsula interna resultan dañadas, produciendo hemiplejía del lado contralateral del cuerpo. La pérdida de conciencia se presenta de inmediato, la parálisis es evidente luego de recuperarse. En algunos casos, la hemorragia se abre al ventrículo lateral, dando lugar a una pérdida de consciencia más profunda y a lesiones corticoespinales en ambos lados del cuerpo (7).

### 8. Angioma

Se origina a causa de una acumulación congénita de vasos sanguíneos dilatados llamada también malformación arteriovenosa, es susceptible a romperse y originar un proceso hemorrágico que manifiesta epilepsia y síndrome focal cerebral (6).

### 9. Enfermedades De Los Senos Venosos

Una complicación poco frecuente del parto es la trombosis de los senos sagitales, además de los trastornos de la coagulación y de las infecciones auditivas. La oclusión de las venas cerebrales origina edema y aumento de la presión intracraneal. La lesión cerebral venosa se manifiesta con crisis epilépticas y parálisis focal de los miembros (7). Enfermedades relacionadas a la médula espinal

### 10. Interrupción de la circulación cerebral

Las lesiones vasculares del cerebro son muy frecuentes, y el compromiso y gravedad de la misma depende del tamaño de la arteria o vena ocluida la situación de la circulación colateral y de la zona del cerebro afectada.

### 11. Infarto medular

La isquemia medular representa menos del 1% de todos los casos de ictus, debido a la rica y extensa vascularización colateral segmentaria. La irrigación de la médula cervical consta de tres troncos arteriales que recorren longitudinalmente la médula: la arteria espinal anterior, situada en el surco anterior, y que suple los dos tercios anteriores de la médula, y dos arterias espinales posteriores, que alimentan el tercio posterior. A

partir de la arteria espinal anterior aparecen las arterias locales o centrales, que entran en la médula a través de la fisura anterior (4).

La vascularización de los cuerpos vertebrales cervicales depende de las arterias vertebrales, la arteria cervical ascendente y la cervical profunda (4).

La etiología de la isquemia medular cervical es heterogénea, incluyendo disecciones de arterias vertebrales espontáneas o traumáticas, arterioesclerosis, embolismos cardíacos, hipotensión o fallo cardíaco y, más raramente, vasculitis (4).

### 12. Trombosis venosa cerebral

Es una afección poco frecuente difícil de diagnosticar y tratar. La situación clínica del paciente y recursos disponibles en el centro hospitalario van a condicionar la mejoría del paciente. A consecuencia de la obstrucción se origina un área de edema focal cerebral y posteriormente una zona de infarto venoso. Por cada 3 eventos obstructivos en dos de estos se hallan asociados a un daño de más de una vena cerebral (8).

Terapéutica sea individualizada. Forma un área de edema focal cerebral y posteriormente una zona de infarto venoso. En aproximadamente dos tercios partes de los eventos trombóticos se encuentra involucrada más de una vena cerebral (8).

## Enfermedades del sistema nervioso central asociadas a la infección por sars-cov-2

### 1. Enfermedad cerebrovascular

El ente representativo de enfermedad cerebrovascular durante la COVID-19 es el infarto cerebral, en la cual se produce la muerte del tejido cerebral debido a un proceso isquémico. Los factores de riesgo para esta condición son: la hipertensión, la diabetes mellitus, la dislipidemia y la obesidad. Además, los pacientes graves mantienen niveles elevados de dímero D y una grave reducción de las plaquetas, lo que puede hacer

que sean propensos a sufrir eventos cerebrovasculares agudos. (28)

## 2. Encefalitis y encefalopatía

Se describen tres tipos importantes, en primer lugar, la encefalitis viral causada por una infección viral directa al sistema nervioso central. La segunda es la encefalopatía a causa de la “tormenta de citoquinas” (inflamación sistémica) que rápidamente manifiesta síntomas neurológicos y psiquiátricos. Y, por último, la encefalitis autoinmune, siendo la más rara de los tres descritos, que se produce tiempo después de la infección por COVID-19. (28)

## 3. Síndrome de Guillain-Barré

En este trastorno las células nerviosas son atacadas por el sistema inmunitario, afectando principalmente a los axones o la vaina de mielina de los nervios periféricos, provocando debilidad muscular que, por lo general, comienza en los miembros inferiores y posteriormente se extiende hacia la parte superior. En ciertos casos, este síndrome puede manifestarse alrededor de una semana después del inicio de la infección por COVID-19. (28)

### Caso clínico

Infarto de la arteria cerebral posterior secundario a oclusión aguda de la arteria carótida interna. Paciente de 79 años que se encontró en el piso de su casa con relajación de esfínteres y dificultad para articular sonidos fue trasladado en ambulancia y se halló una hemiparesia derecha. En urgencias presentó afasia no fluida y reportaba antecedente de hipertensión arterial. Se le realizó una tomografía de cerebro en donde se observó un infarto del territorio de la arteria cerebral posterior izquierda, se practicó un angio-TAC en el que se descubrió una oclusión de la arteria carótida interna izquierda desde su origen

luego de la bifurcación en el bulbo carotídeo. Se realizó una resonancia magnética que evidenció un infarto en la ubicación de la arteria cerebral posterior y de la arteria coroidea anterior en el lado izquierdo, con infarto talámico e infarto de los uncus del hipocampo. Con una hipoplasia de las arterias cerebrales posteriores en su porción P1. Cabe destacar que el compromiso del cuadro puede deberse a factores como malformaciones de carácter congénito (cuando la arteria cerebral posterior se origina directamente de la arteria carótida interna) o una hipoplasia de la arteria como se manifestó anteriormente.

El tratamiento se inició administrando aspirina 300 mg a través de sonda nasogástrica, atorvastatina 80 mg, heparina de bajo peso molecular, y se lo trasladó a cuidados intensivos. Durante los primeros días estuvo en estado de confusión, con tendencia a la somnolencia, irritabilidad y agresividad que fue controlada con antipsicótico y con medidas no farmacológicas para delirium. Se inició terapia antihipertensiva oral el quinto día de la hospitalización.

La hemiparesia pasó de 2 a 3/5 en el lado derecho, se administró desde el tercer día fluoxetina 20mg día. Con el paciente más despierto se vio una hemianopsia homónima derecha que mejoró en el transcurso de la hospitalización. Al tercer día no mostró cambios con respecto a la extensión del infarto cerebral, así como tampoco hidrocefalia o edema cerebral considerable. En la semana siguiente se administró anticoagulación oral con dabigatrán 150mg. Tras una semana el paciente tuvo un aclaramiento de la conciencia y lenguaje, se recuperó de la confusión e inició proceso de rehabilitación de su fuerza, lo que le permitió sostenerse de pie con ayuda de bastón (9).

## Glosario

- **Afasia:** Trastorno del lenguaje que se caracteriza por la incapacidad o la dificultad de comunicarse mediante el habla, la escritura o la mímica y se debe a lesiones cerebrales.
- **Analgesia:** Eliminación de la sensación de dolor mediante el bloqueo artificial de las vías de transmisión del mismo y/o de los mediadores dolorosos, o por desconexión de los centros del dolor.
- **Apófisis clinoides anterior:** Proyecciones que surgen de las alas inferiores esfenoidales, rodea a la silla turca.
- **Campo o Núcleos de Forel:** áreas ubicadas en el diencefalo. Materia blanca del subtálamo.
- **Cuerpo o núcleo subtalámico de Lyus:** Masa de sustancia gris que regula las actividades motoras, segrega glutamato, sustancia excitatoria que activa neuronas del globo pálido y sustancia negra.
- **Diploe:** Capa de tejido óseo esponjoso, que se encuentra entre las dos tablas de los huesos planos del cráneo. Contiene médula ósea roja.
- **Edema:** Acumulación de líquido en el espacio extracelular o intersticial.
- **Fosa interpeduncular:** Es una depresión profunda que se ubica en la línea media de la cara anterior del mesencéfalo. Se encuentra limitado por los pedúnculos cerebrales.
- **Fisura longitudinal del cerebro:** Surco de localizado en el centro de la corteza cerebral. Forma la división entre los hemisferios cerebrales.
- **Gasto cardíaco:** Volumen de sangre bombeado por cada ventrículo en 1 minuto.
- **Granulaciones aracnoideas:** Pequeña prolongación formada por las meninges piamadre y aracnoides que sobresale dentro del seno sagital superior.
- **Hemianopsia:** Disminución o pérdida completa de la visión en una mitad del campo visual de uno o de los dos ojos.
- **Hemiparesia:** Disminución de la fuerza motora o parálisis parcial que afecta un brazo y una pierna del mismo lado del cuerpo.
- **Hendidura de Bichat:** Depresión profunda localizada a nivel del cerebro con una forma de herradura, la cual une la parte externa del encéfalo con las cavidades ventriculares media y lateral.
- **Opérculo:** Porción de corteza cerebral, escondida detrás de un surco. También se denomina opérculo de Arnold, opérculo de Burdach u opérculo de la ínsula.
- **Paraplejía:** Parálisis de la mitad inferior del cuerpo que se debe a una lesión nerviosa en el cerebro o en la médula espinal.
- **Prensa de Herófilo:** Confluencia de los senos cerebrales longitudinal superior, recto y transversos. Se encuentra junto a la protuberancia occipital interna.
- **Surco Pontopeduncular:** Separa a la protuberancia anular de los pedúnculos cerebrales (mesencéfalo).
- **Triángulo de Silvio:** Es un triángulo virtual representado por tres líneas: la línea insular superior, la arteria angular, línea entre el origen de la arteria cerebral media y la rama ascendente más anterior.
- **Vermis:** Estructura ubicada entre los hemisferios del cerebelo y que tiene una forma de gusano, donde finalizan varias vías nerviosas de la propiocepción inconsciente.

## Actividades

1. Realizar un esquema simplificado del drenaje venoso de la médula espinal desde su punto de partida hasta el punto final.

**2. Complete el siguiente enunciado:**

El flujo sanguíneo cerebral normal en una persona adulta es de \_\_\_ a \_\_\_ ml cada \_\_\_\_\_ de tejido por minuto. El encéfalo comprende el \_\_\_\_\_ del peso corporal, requiere aproximadamente el \_\_\_\_\_ del gasto cardíaco en reposo y el \_\_\_\_\_ de oxígeno utilizado por el organismo. Un adulto de peso normal requiere \_\_\_\_\_ de glucosa al día, dos tercios de los cuales (unos 130 g) están específicamente destinados a cubrir los requerimientos de glucosa del cerebro.

**3. ¿Cuál es la causa más común de hemorragia espontánea en el encéfalo y en el espacio subaracnoideo?**

-----  
-----  
-----  
-----

**4. Subraye la respuesta correcta.**

El cerebro recibe su aporte sanguíneo de dos sistemas arteriales muy importantes. Estos son:

- Arterias carótidas internas y arterias vertebrales.
- Arterias carótidas externas y arterias vertebrales.
- Arterias cerebrales anteriores y arterias carótidas externas.
- Arterias carótidas internas y arterias espinales anteriores.

**5. Explique sobre la arteria Carótida Interna.**

Origen:

Segmentos:

Recorrido:

Irriga:

Ramas Colaterales:

Ramas Terminales:

**6. Mediante un gráfico describa cómo está conformado, delimitado y función que cumple el Círculo Arterial Cerebral.**

Conformación:

Delimitación:

Función:

**7. Enumera los senos venosos pares e impares del Sistema Nervioso: Senos Venosos Pares Senos Venosos Impares.**

8. ¿Dónde se localizan las venas de TROLARD Y LABBÉ?

---

---

---

---

9. Describa la vena cerebral de Galeno

---

---

---

---

## Referencias bibliográficas

1. Chu Lee Á, Cenca Buele S, López M. Anatomía y fisiología del sistema nervioso. 1st ed. Machala: UTMACH; 2015; p. 229 – 244.
2. Splittgerber R. Snell. Neuroanatomía Clínica. 8a ed. Madrid: Wolters Kluwer Health España; 2019; p. 464 – 472.
3. Latarjet M, Ruiz A. Anatomía Humana. 5a ed. Vol. 1. Buenos Aires: Panamericana; 2019; p. 145 – 148.
4. Quinteros Rountree M. Sinopsis de neuroanatomía. 6a ed. Guayaquil: Graficas Feraud. CIA.LTDA; 1989; p. 259 – 269.
5. Latarjet A, Testut L. Tratado de anatomía humana. Vol. 2, Angiología – Sistema nervioso central. 9th ed. Barcelona: Salvat; 1984; p. 616 – 680.
6. Moore KL, Dalley AF, Agur AMR. Anatomía con orientación clínica. 8th ed. Barcelona: Wolters Kluwer; 2018; p.251 – 294.
7. Acosta LM, Cárdenas S, Peña L, Mora JA, Tramontini C. Anatomía del sistema venoso cerebral. Rev Medica Sanitas [Internet]. 2019 [citado el 5 de octubre de 2023];22(1):28–36. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.26852/01234250.33>
8. Vaca M, Valera C, Sánchez M. Trombosis Venosa Cerebral: Consideraciones Actuales. Rev Ecuat Neurol [Internet]. 2021 [citado el 5 de octubre de 2023]; 30(1): 166–73. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.46997/revecuatneurol30100166>
9. Waxman SG. Neuroanatomía Clínica. 26 th. México: McGraw-Hill; 2011; p. 169 – 181.
10. Shimohata T. Neuro-COVID-19. Clin Exp Neuroimmunol [Internet]. 2022 [citado el 5 de octubre de 2023]; 13(1): 17–23. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1111/cen3.12676>

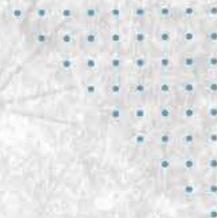


**UNIDAD**

**3**

**SISTEMA NERVIOSO PERIFÉRICO**





## CAPÍTULO 9

# NERVIOS CRANEALES





## NERVIOS CRANEALES

Conjunto de nervios especiales localizados en el cráneo. Se denominan especiales por la relación que establecen con los distintos órganos de los sentidos permitiendo la interacción entre el individuo y el medio en el que este se desenvuelve. El ser humano cuenta con 12 pares y dependiendo de su función pueden ser clasificados en sensitivos, motores y mixtos. Además, hay 4 nervios que tiene componente visceral: parasimpático.

Como objetivo general es comprender el origen, función y recorrido de estos nervios especiales mediante una lectura crítica para relacionarlos con la percepción y respuestas de los diferentes estímulos provenientes del medio externo. Mientras que los objetivos específicos son: relacionar el recorrido de cada nervio con la estructura a la que inerva y diferenciar los pares craneales según la función que realizan.

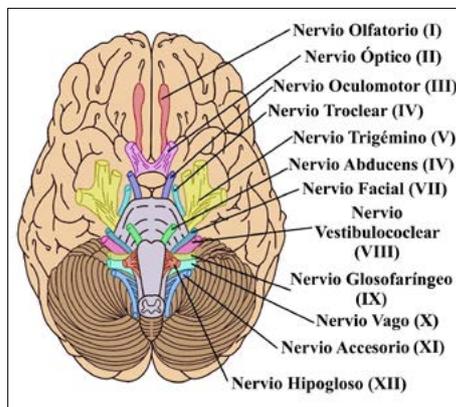


Figura 201. Pares craneales  
Fuente: Autor

### Generalidades de los nervios craneales

Los 12 nervios craneales cumplen con la función de brindar inervación sensitiva o motora a las diferentes áreas de la cabeza y el cuello, sin embargo, el X par craneal (nervio vago) inerva también estructuras torácicas y abdominales.

Se clasifican en sensitivos, motores o mixtos, según la función que realicen, como se observan en la tabla a continuación:

Tabla 29. Fibras aferentes y eferentes del sistema nervioso periférico (nervios craneales).

Fibras aferentes	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aferentes somáticos generales (ASG): Sensaciones.</li> <li>• Aferentes somáticas especiales (ASE): Audición, visión, equilibrio.               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aferentes viscerales generales (AVG): Vísceras.</li> </ul> </li> <li>• Aferentes viscerales especiales (AVE): Olfato y gusto (1).</li> </ul>	
Fibras eferentes	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eferentes somáticos generales (ESG): Músculos estriados somáticos.</li> <li>• Eferentes viscerales generales (EVG): Músculo liso y glándulas.</li> <li>• Eferentes viscerales especiales (EVE): Músculos estriados del arco faríngeo (1).</li> </ul>	

Tabla 30. Principales características de los pares craneales.

Nombre	Componentes (Tipo)	Origen real	Origen aparente	Funciones	Orificios en el cráneo
Olfatorio	Sensitivo (AVE)	Células bipolares de la mucosa olfatoria.	Cara inferior del bulbo olfatorio de la fosa craneal anterior.	Olfacción: Detecta y procesa los olores.	Orificios de la lámina cribosa del hueso etmoides.

<b>Óptico</b>	Sensitivo (ASE)	Fotorreceptores.	Quiasma óptico.	Capta estímulos luminosos del medio ambiente.	Conducto óptico.
<b>Oculomotor</b>	Motor (ESG, EVG)	Núcleo motor principal y núcleo parasimpático.	Cara anterior del mesencéfalo, fosa interpeduncular (borde interno del pedúnculo cerebral).	Eleva el párpado superior, gira superior, inferior y medialmente el globo ocular, contrae la pupila, acomoda el ojo.	Fisura orbitaria Superior o (hendidura esfenoidal).
<b>Troclear</b>	Motor (ESG)	Núcleo motor del nervio troclear.	Cara posterior del mesencéfalo.	Rotación hacia inferior y lateral del globo ocular.	Fisura orbitaria superior.
<b>Trigémino</b>					
<b>División oftálmica</b>	Sensitivo (ASG)	Núcleo sensitivo. Núcleo motor. Núcleo espinal. Núcleo mesencefálico.	Cara anterolateral de la protuberancia.	Córnea, piel de la frente, cuero cabelludo, párpados y nariz, mucosa nasal.	Fisura orbitaria superior.
<b>División mandibular</b>	Sensitivo (ASG)			Piel de la cara a nivel del superior del maxilar, dientes de la mandíbula superior, seno maxilar y paladar.	Foramen redondo mayor.
<b>División mandibular</b>	Motor (EVE)			Músculos de masticación, milohioideo, vientre anterior del digástrico, tensor del velo del paladar y del tímpano.	Orificio ovalado.
	Sensitivo (ASG)			Piel de la mejilla, piel superior a la mandíbula, complejo articular craneomandibular, mucosa bucal, parte anterior de la lengua.	
<b>Abducens</b>	Motor (ESG)	Núcleo motor del nervio Abducens.	Surco budo protuberancial.	Musculo recto lateral, rota lateralmente el globo ocular.	Fisura orbitaria superior.

<b>Facial</b>	Motor (EVE)	Motor (EVE) Núcleo motor principal. Núcleo salivatorio superior. Núcleo lagrimal.	Fosita supraolivar.	Músculos de la cara, estribo, vientre posterior del digástrico, estilohioideos y del cuero cabelludo.	Conducto auditivo interno, canal facial del hueso temporal, orificio estilomastoideo.
	Sensitivo (AVE)			Gusto de los 2/3 anteriores de la lengua, piso bucal y paladar.	
	Parasimpático secretomotor (EVG)			Glándulas salivales submaxilares, sublinguales, lagrimal y de la nariz y del paladar.	
<b>Vestibulococlear</b>					
<b>Vestibular</b>	Sensitivo (ASE)	Núcleo vestibular del ganglio Scarpa.	Fosita supraolivar.	Inerva al utrículo, sáculos y canales semicirculares, movimiento y posición de la cabeza.	Conducto auditivo interno
<b>Coclear</b>	Sensitivo (ASE)	Núcleo coclear del ganglio de Corti.		Responsable de la audición por el órgano de Corti.	
<b>Glossofaríngeo</b>	Motor (EVE)	Núcleo ambiguo superior.	Surco retroolivar.	Encargado de la deglución por el músculo estilofaríngeos.	Agujero rasgado posterior (orificio yugular)
	Parasimpático secretomotor (EVG)	Núcleo salivatorio inferior.		Secreción de la Glándula parótida.	
	Sensitivo (AVG, AVE, ASG)	Núcleo del tracto solitario superior.		Gusto y sensibilidad del tercio posterior de la lengua y faringe. Barorreceptor, quimiorreceptor. Trompa de Eustaquio y amígdalas.	

<b>Vago</b>	Motor (EVG, EVE)	Núcleo del tracto solitario inferior, parte media núcleo ambiguo, núcleo dorsal del vago.	Surco Retrooliv- var.	Músculos constrictores de la faringe y laríngeos, fibras lisas de bronquios, esófago, estomago, intestino delgado y parte del grueso. Moderador de la actividad cardíaca y secretoras del páncreas y tráquea.	Agujero rasgado posterior.
	Sensitivo (AVG, AVE, ASG)			Sensibilidad de la faringe, esófago, estómago, intestino, glotis, tráquea y pulmones, región de la piel auricular, además de las vísceras cardíacas y abdominales.	
<b>Accesorio</b>					
<b>Raíz craneal</b>	Motor (EVE)	Núcleo espinal. Parte inferior núcleo ambiguo.	Surco retrooliv- var.	Inerva los músculos del paladar blando (excepto tensor del velo del paladar), faringe (excepto estilofaríngeo) y laringe (excepto cricotiroidoideo).	Agujero rasgado posterior
<b>Raíz espinal</b>	Motor (EVE)	Astas anteriores de C2-C5.	Raíces espinales.	Músculos esternocleidomastoideos y trapecio.	
<b>Hipogloso</b>	Motor (ESG)	Núcleo del nervio hipogloso.	Surco preoliv- var.	Movimiento de los músculos de la lengua (excepto palatogloso).	Canal del hipogloso.

## Nervios craneales

### 1. Nervio olfatorio (I par craneal)

El primer par craneal, es un nervio eminentemente sensitivo, encargado de la captación de olores (olfacción). Se encuentra conformado por fibras mielíticas cuyo origen es la cara inferior del bulbo olfatorio, que se encuentra localizado sobre la lámina cribosa del hueso etmoides.

#### 1.1 Origen aparente

Es la parte inferior del bulbo olfatorio situado sobre la lámina cribosa del hueso etmoides, a nivel de la fosa craneal anterior.

#### 1.2 Origen real

Son las células nerviosas receptoras olfatorias, aproximadamente 100 millones ubicadas en la mucosa nasal (epitelio olfatorio), que se encuentra localizada en la parte superior de las fosas nasales, sobre el cornete superior. Dichas células nerviosas, son neuronas bipolares que poseen dos prolongaciones:

a) **Prolongación periférica gruesa:** Representada por cilios olfatorio (pelos olfatorios) de 4 a 25 por cada célula olfatoria, cortos de 0,3  $\mu\text{m}$  de diámetro y una longitud de 200  $\mu\text{m}$  según (2), ubicados en el epitelio olfatorio, cuyo objetivo es la recepción y reacción de olores presentes en el aire y a su vez, transmitir la información captada hacia las células receptoras.

b) **Prolongación central fina:** Corresponde a las fibras del nervio olfatorio, aquellas que pasan a través de la lámina cribosa del hueso etmoides para llegar hacia el bulbo olfatorio.

Conjuntamente el sistema olfatorio se compone por el epitelio olfatorio, los bulbos y tractos olfatorios, además de las áreas olfatorias en el encéfalo y sus comunicaciones con otros centros encefálicos (3).

• **Epitelio olfatorio compuesto por:** células receptoras olfatorias (neuronas olfatorias), células en sostén que proveen sostén mecánico y metabólico a las células olfatorias,

células basales o células madre y las células en cepillo (4).

• **Bulbo olfatorio:** Es el núcleo terminal del nervio olfatorio, el cual se conforma por varios tipos de células nerviosas, principalmente, las células mitrales y en penacho, que cumplen con la función de establecer sinapsis con los axones de las células que forman el nervio olfatorio, y de esta manera forman el tracto olfatorio y el trigono olfatorio ubicado superior a la sustancia perforada anterior del encéfalo.

• **Tracto olfatorio:** Corresponde a una banda estrecha de sustancia blanca ubicada en la parte posterior del bulbo olfatorio por debajo de la superficie inferior del lóbulo frontal del cerebro. Posteriormente de establecer sinapsis con las zonas corticales las fibras se distribuyen a distintas partes del área límbica, razón por la cual el nervio olfatorio (I par) desempeña también un papel importante en la construcción de la memoria (1).

#### 1.3 Orificio de salida

Son los orificios de la lámina cribiforme del hueso etmoides.

#### 1.4 Exploración

Para realizar la evaluación o exploración de este nervio se debe realizar el siguiente procedimiento:

1. Preparar en frascos sustancias de olores característicos. Por ejemplo, el olor a café, chocolate, perfumes, entre otros.
2. Se indica al paciente que ocluya una fosa nasal con sus dedos y que permanezca con sus ojos y boca cerrada.
3. Las sustancias preparadas se ubican debajo de la fosa nasal libre. El proceso debe realizar en ambas fosas nasales por separado, realizando de 3 a 4 inhalaciones por cada una.
4. Por último, se debe preguntar al paciente si reconocer el olor, si el olor es agradable o desagradable y que determine a que pertenece.

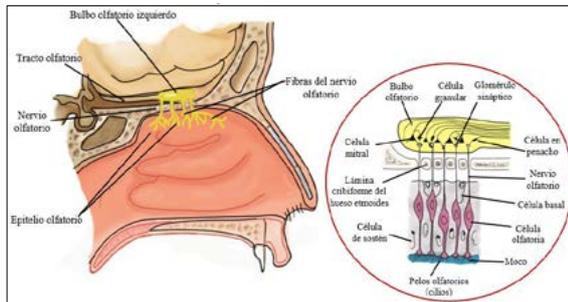


Figura 202. Nervio olfatorio  
Fuente: Autor

## 2. Nervio óptico (II par craneal)

El nervio óptico es el encargado de la función visual, por esta razón se considera un nervio aferente sensorial.

Cuando la luz penetra los ojos y llega a la retina se convierte en impulsos eléctricos, los cuales son llevados hasta el sistema nervioso central para ser procesados e interpretados permitiéndonos visualizar (3).

### 2.1 Origen aparente

Este nervio tiene como origen aparente al quiasma óptico, el cual está ubicado en el diencefalo.

### 2.2 Origen real

El origen real del nervio óptico se encuentra en los fotorreceptores (conos y bastones) presentes en la retina, los cuales forman el nervio óptico por la convergencia de sus axones. El nervio se encuentra recubierto de mielina, pero las vainas están formadas por oligodendrocitos y una vez que el nervio está formado sale por el canal óptico abandonando así, la cavidad orbitaria y se decusa con su homólogo del lado opuesto formando una estructura en forma de cruz llamada quiasma óptico (1).

**a) Conos:** en la retina existen aproximadamente 7 millones de conos, y se relacionan a una mayor agudeza visual, así como la recepción de los colores.

**b) Bastones:** en la retina existen aproximadamente 120 millones de bastones, y se relacionan con la sensibilidad a la luz, se utilizan más en condiciones de poca luminosidad (noche).

## 2.3 Vías Visuales

Los impulsos visuales van desde la retina (fotorreceptores) hasta la corteza visual, pero antes de llegar hasta allí deben pasar por diferentes vías visuales como: quiasma óptico, los tractos ópticos, los núcleos pretectales del mesencéfalo, colículo superior y por el núcleo geniculado lateral del Tálamo (2).

### • Quiasma óptico

Estructura nerviosa formada por la decusación de los nervios ópticos, se encuentra ubicada entre el piso del tercer ventrículo y su pared anterior (1). En el interior del quiasma óptico, el 50% de los axones del nervio óptico cruzan la línea media (sobre todo, las fibras nasales) para unirse a los axones no cruzados del nervio óptico homólogo formando así, los tractos ópticos (3).

### • Tracto óptico

Formado por la unión de los axones del nervio óptico posterior a su decusación en el quiasma óptico y sigue su trayecto en dirección posterolateral al pedúnculo cerebral (1).

Una cantidad mínima de axones procedentes de los tractos llegan al núcleo pretectal del mesencéfalo en donde formará el arco reflejo fotomotor, mientras que, los axones restantes realizarán sinapsis con neuronas presentes en el cuerpo geniculado lateral (3).

### • Cuerpo geniculado lateral y radiaciones ópticas

El cuerpo geniculado lateral se encuentra ubicado en el tálamo y consiste en un ligero abultamiento de forma ovalada, el cual consta de 6 capas de células (neuronas) las cuales realizarán sinapsis con los axones procedentes del tracto óptico y producto de esas sinapsis forman el tracto geniculocalcarino también conocido como radiaciones ópticas de Gratiolet.

Según (2) “Esta función de relevo es tan precisa que existe una transmisión punto por punto exacta, desde la retina a la corteza visual”, las cuales llegan a los hemisferios cerebrales por

la porción retrolenticular de la capsula interna abriéndose en forma de abanico y llegando a la corteza visual occipital primaria (área 17) desde la cual se enviarán los impulsos a las áreas de asociación visual (área 18 y 19) para sus interpretaciones y a los campos oculares frontales los cuales están encargados de realizar cambios de fijación óptica (1) (3).

#### 2.4 Neuronas de la vía visual

Existen cuatro tipos de neuronas que conducen los impulsos visuales hacia la corteza visual:

1. Conos y Bastones, que son fotorreceptores especializados de la retina.
2. Neuronas bipolares, las cuales tienen la función de relacionar los fotorreceptores con las células ganglionares (1).
3. Células ganglionares, poseen axones que permiten llegar al cuerpo geniculado lateral.
4. Las neuronas presentes en el cuerpo geniculado lateral, tienen axones que llegan a la corteza cerebral occipital (1).

#### 2.5 Orificio de salida

Es el agujero y conducto óptico.

#### 2.6 Exploración

##### Medición de la agudeza visual.

Comprenden diferentes exámenes, los cuales son: la agudeza visual, la visión de los colores, el campo visual y el fondo del ojo, siempre se evalúa un ojo a la vez.

La agudeza visual es una prueba que sirve para medir el funcionamiento macular pues, esta estructura nerviosa es la responsable de originar la mayor parte de las fibras del nervio óptico. Se utiliza la cartilla de Snellen, consta de letras con tamaños variables que van de manera descendente y se pide al paciente señalar cuando su visión se vuelve borrosa, en esta prueba cada ojo se evalúa por separado. (3).

En el nervio óptico se puede explorar los siguientes reflejos:

- **Reflejo Fotomotor:** Con los ojos abiertos, se examina con luz de una linterna sobre la pupila a investigar. Lo normal es la constricción (miosis) de la pupila examinada.
- **Reflejo Consensual:** Se estimula la pupila, luego se observa la respuesta de la pupila opuesta. El examinador coloca su mano en la línea media de la cara, para evitar la luz se perciba en el otro lado de la cara.
- **Reflejo de Acomodación:** Con los ojos abiertos, se pide al paciente que dirija su mirada a un punto lejano. Posteriormente, se acerca dedo índice del examinador a unos 30 cm. La respuesta normal es contracción pupilar más convergencia de ambos globos oculares (1).

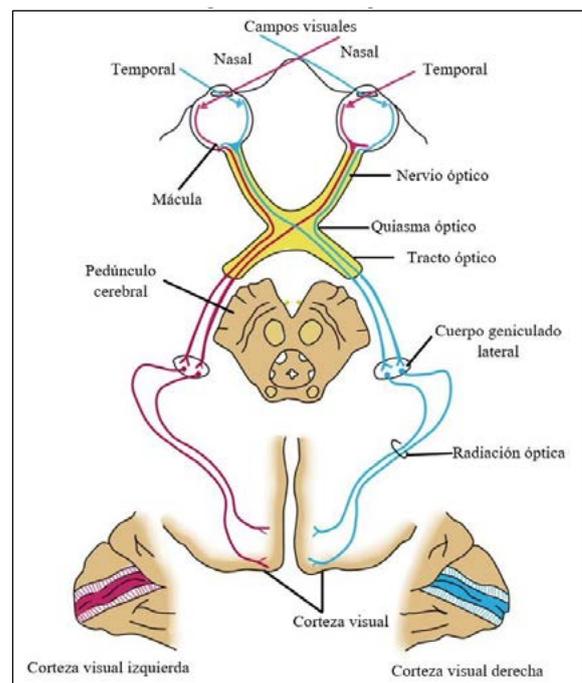


Figura 203. Nervio óptico

Fuente: Autor

### 3. Nervio Oculomotor (III Par Craneal)

También llamado “motor ocular común” es un nervio completamente motor.

Cuenta con dos núcleos, el núcleo motor principal y el núcleo parasimpático accesorio o también llamado núcleo de Edinger-Westphal.

Su función es la de inervar los músculos de la cavidad orbitaria (músculos extrínsecos del ojo) con excepción del músculo oblicuo superior y recto lateral, además de inervar el músculo esfínter de la pupila y el músculo ciliar mediante fibras autónomas que adquiere en su trayecto (5).

### 3.1 Origen real

#### • Núcleo oculomotor principal:

Se encuentra ubicado delante de la sustancia gris que rodea el acueducto cerebral mesencefálico, va a recibir fibras nerviosas de diversas fuentes las cuales son:

##### a) Fibras corticonucleares:

Proceden de ambos hemisferios cerebrales.

##### b) Fibras tectomedulares:

Proceden del colículo superior mediante las cuales obtiene estímulos visuales.

##### c) Fibras del fascículo longitudinal medial:

Mediante el cual forma un complejo con los núcleos de los pares craneales IV, VI y VIII (1).

Este núcleo es el encargado de inervar la musculatura extrínseca del ojo con sus excepciones antes mencionadas.

Es importante mencionar que este núcleo para poder realizar su proceso correcto de inervación, primero sus fibras pasan por el núcleo rojo y emergen por la fosa interpeduncular del mesencéfalo (1).

#### • Núcleo parasimpático accesorio:

Se encuentra ubicado posterior al núcleo oculomotor principal.

Está caracterizado por poseer axones nerviosos que son preganglionares los cuales realizan sinapsis con fibras nerviosas del ganglio ciliar mediante el cual inerva el músculo ciliar y el músculo esfínter de la pupila del iris (1).

Según (1), este núcleo va a recibir fibras nerviosas de dos fuentes:

##### a) Fibras cortico nucleares:

Necesarias para el reflejo de la acomodación.

ción.

#### b) Fibras del núcleo pretectal:

Necesarias para los reflejos fotomotores.

### 3.2 Origen aparente

Es la fosa interpeduncular del mesencéfalo (borde interno del pedúnculo cerebral).

### 3.3 Trayecto y ramos

El nervio emerge de la cara anterior mesencefálica sigue su trayecto cruzando entre las arterias cerebral posterior y cerebelosa superior.

Continuando su recorrido hasta llegar al interior de la fosa craneal media.

Aquí el nervio origina dos ramos terminales los cuales son:

#### • El ramo superior:

El cual se divide en dos ramos:

1. El primero inervará el músculo recto superior (5).
2. El segundo el músculo elevador del párpado superior (5).

#### • El ramo inferior:

El cual dará origen a 3 ramos que son:

1. El ramo del músculo recto inferior.
2. El ramo del músculo recto medial.
3. El ramo del músculo oblicuo inferior del cual se desprenderán algunas fibras nerviosas las cuáles serán las encargadas de hacer sinapsis con fibras del ganglio ciliar e inervar los músculos ciliares y el músculo esfínter de la pupila (5).

### 3.4 Orificio de salida

Hendidura esfenoidal o fisura orbitaria superior.

### 3.5 Exploración

La exploración de este nervio se basa en la motilidad intrínseca del ojo y la contracción de la pupila:

#### • Reflejo fotomotor:

Proceso en el cual se involucran 2 pares craneales: el óptico y el oculomotor (mediante las fibras parasimpáticas).

Este reflejo consiste en la constricción de la pupila cuando existen condiciones de luz va-

riables, es decir, a mayor intensidad de luz absorbida por los fotorreceptores de la retina la pupila se contrae (3).

• **Reflejo de acomodación:**

Es un proceso en el cual el aparato visual se presta para la visión cercana, mediante 3 procesos que son (3):

- Aumento en la curvatura del cristalino.
- Contracción pupilar.
- Convergencia de los ojos.

• **Reflejo consensual:**

Se estimula la pupila, luego se observa la respuesta de la pupila opuesta. El examinador coloca su mano en la línea media de la cara, para evitar la luz se perciba en el otro lado de la cara.

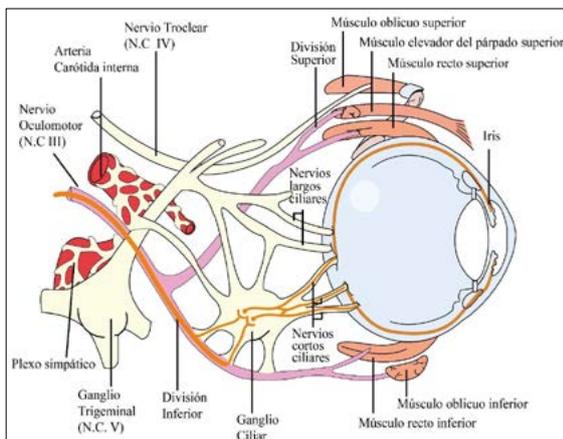


Figura 204. Nervio oculomotor

Fuente: Autor

#### 4. Nervio troclear (IV par craneal)

El nervio Troclear, también denominado “patético”, es un nervio eminentemente motor, cuyo núcleo se encuentra ubicado en el tegmento del mesencéfalo, por delante del acueducto de Silvio y a nivel de los colículos inferiores.

Es el único nervio o par craneal cuyas fibras emergen aparentemente de la cara posterior o dorsal del tronco encefálico.

Su función es inervar el músculo oblicuo mayor o superior, este músculo desplaza el globo ocular hacia abajo y hacia fuera.

#### 4.1 Origen real

Su origen real está determinado por su núcleo motor. Este núcleo estará formado por fibras de 3 fuentes distintas que según (1) son:

- **Fibras corticonucleares** de los hemisferios cerebrales.
- **Fibras tectomedulares** procedentes del colículo superior encargados de los impulsos visuales.
- **Fibras procedentes del fascículo longitudinal medial** mediante las cuales están relacionadas con los nervios craneales III, IV y VIII.

Algo importante a destacar es que estos nervios, son los únicos que entrecruzan sus fibras entre sí, dentro del tronco encefálica, antes de salir a la superficie, tal y como se observa en la imagen a continuación:

#### 4.2 Origen aparente

El origen aparente de este nervio es en la cara posterior del mesencéfalo debajo de los colículos inferiores (6).

#### 4.3 Trayecto y destino

Emerge de la cara posterior del tronco encefálico y una vez que, abandona el encéfalo se decusa con su homólogo del lado opuesto, llega a la fosa craneal media ubicada en la pared lateral del seno cavernoso y penetra en la órbita en donde posteriormente inervará el músculo oblicuo superior del párpado (1).

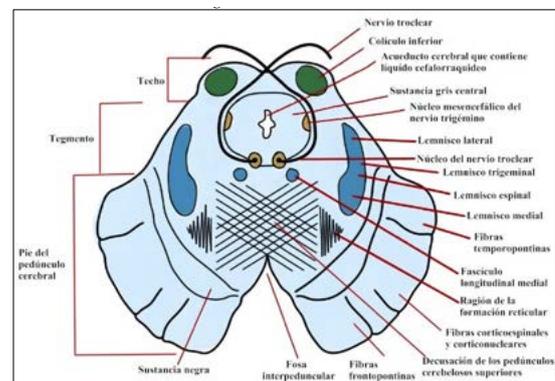


Figura 205. Nervio troclear

Fuente: Autor

#### 4.4 Exploración

El nervio IV inerva al músculo oblicuo superior importante para dirigir la mirada hacia abajo y hacia la línea media. Para su exploración se coloca el dedo índice o un lápiz frente a los ojos del paciente para que lo siga hacia abajo, también se ejerce esta acción (mirada hacia abajo) al momento de bajar las escaleras, entonces los ojos del paciente deben converger. Por otra, si el paciente presenta visión doble al mirar hacia abajo significaría la presencia de una lesión de este nervio.

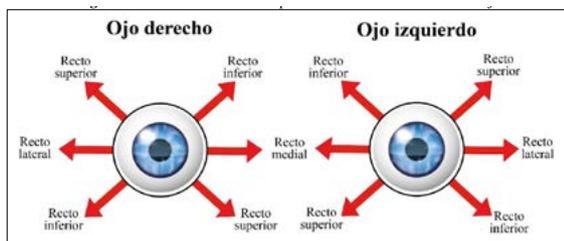


Figura 206. Movimientos dados por los músculos extrínsecos del ojo  
Fuente: Autor

#### 5. Nervio trigémino (V par craneal)

El nervio Trigémino se caracteriza por ser mixto, esto quiere decir que consta de dos raíces una motora y otra sensitiva. Entre sus funciones se encuentra inervar los músculos de la masticación, temporales, maseteros, pterigoides, músculos del martillo, vientre anterior del digástrico, periostafilino y omohioideo. También la sensibilidad de los dientes, 2/3 anteriores de la lengua, paladar blando, mucosa yugal y nasal, la córnea, y el meato auditivo externo (7). Además, consta de tres ramas: oftálmica, mandibular y maxilar respectivamente.

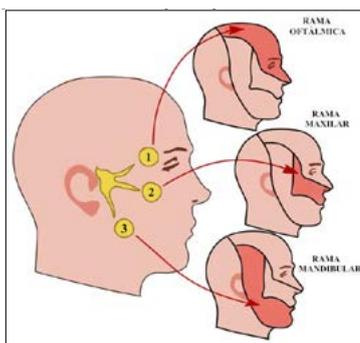


Figura 207. Divisiones del nervio trigémino según la localización de su inervación  
Fuente: Autor

#### 5.1 Origen real

El nervio trigémino tiene su origen real en sus 4 núcleos:

- Núcleo mesencefálico: Recorre todo el mesencéfalo y desciende en dirección al núcleo sensitivo principal. Se encuentra conformado por células nerviosas unipolares alrededor del acueducto de Silvio.
- Núcleo sensitivo principal: Relacionado con el puente en su parte posterior, con el núcleo motor en su porción lateral y el núcleo espinal en su parte inferior.
- Núcleo espinal: Se encuentra por debajo del núcleo sensitivo principal, y recorre toda la medula oblonga, medula espinal hasta ubicarse a nivel de la segunda vértebra cervical.
- Núcleo motor (Masticatorio): Se encuentra en el puente, procede de algunas fibras corticonucleares de los hemisferios cerebrales. Este núcleo inerva diferentes partes: Los músculos de la masticación, el tensor del tímpano y del velo del paladar, el vientre anterior del músculo digástrico y el músculo milohioideo.

Las ramas nacen del ganglio semilunar (ganglio de Gasser), este se encarga de transferir sensaciones del tacto, dolor, cambios de la temperatura. Las prolongaciones de este ganglio una vez que ingresan a la protuberancia, se dirigen en direcciones distintas, ascendente que su lugar de llegada es el núcleo sensitivo principal y descendente los cuales siguen su trayecto sin dividirse.

#### 5.2 Origen aparente

A partir de dos ramas (sensitiva y motora) que emergen de cara anterolateral de la protuberancia (6).

#### 5.3 Orificios de salida

La hendidura esfenoidal para la raíz oftálmica, el orificio redondo para la raíz maxilar y el orificio oval para la raíz mandibular (7).

#### 5.4 Trayecto y destino

El nervio Trigémino abandona la parte anterolateral de la protuberancia anular con una raíz mo-

tora y otra sensitiva, sale de la fosa craneal posterior, descansa sobre la parte petrosa del hueso temporal ubicado en la fosa craneal media. La raíz sensitiva se expande y forma el ganglio trigeminal o de Gasser, el cuál cumple su recorrido a partir de las siguientes ramas:

**Rama oftálmica (V1):** Es un nervio sensitivo. Ingresa en la órbita a partir de la hendidura esfenoidal. Esta rama oftálmica consta de 3 ramas: lagrimal, frontal y nasociliar.

**Rama maxilar (V2):** Esta rama al igual que la oftálmica es un nervio sensitivo, que consta de 4 ramas (ramas: pterigoidea, cigomática, infraorbitaria, alveolar superior). Este nervio maxilar en su recorrido atraviesa el agujero redondo hasta dirigirse a la fosa infratemporal donde llegará al orificio infraorbitario.

**Rama mandibular (V3):** Consta de 2 orígenes un motor y un sensitivo. La parte sensitiva se encarga de inducir sensaciones de la piel perteneciente a las mejillas, mandíbula, lobulillo de la oreja, labio inferior y la región temporal. Por otro lado, su porción motora controla los movimientos de los músculos derivados del primer arco faríngeo.

### 5.5 Exploración

Se basa en la exploración de los puntos emergentes de las ramas del nervio: El nervio oftálmico (en la porción media del arco superciliar); el nervio mandibular (en el agujero mentoniano) y el nervio maxilar (agujero suborbitario).

- **Exploración sensitiva:** se divide en táctil, dolorosa y térmica, las cuales se deben hacer preferentemente con los ojos cerrados (7).

**Sensibilidad táctil:** se debe rozar la cara del paciente (con la mano o martillo neurológico). Se debe realizar de manera simétrica, a ambos lados, y en sentido descendente, desde el vertex hacia el mentón (7).

**Sensibilidad dolorosa:** mismo procedimiento aplicado en la sensibilidad táctil.

**Sensibilidad térmica:** se evalúa con dos recipientes (tubos de ensayo) cada uno con líquidos

de temperatura diferentes, fría y caliente, luego estos se deben apoyar en forma alternante sobre la cara del paciente, se debe preguntar si los percibe y con qué intensidad (7).

- **Exploración motora:** se realiza la motilidad voluntaria, la cual consiste dice que el paciente debe cerrar la mandíbula, mientras se palpan los músculos maseteros y temporales, dicho músculos deben contraerse de manera bilateral. Para poder evaluar los músculos pterigoideos se solicita al paciente que realice movimientos de lateralización (diducción) de la mandíbula. También se evalúa el reflejo nasopalpebral, el reflejo maseterino, y el reflejo superciliar.

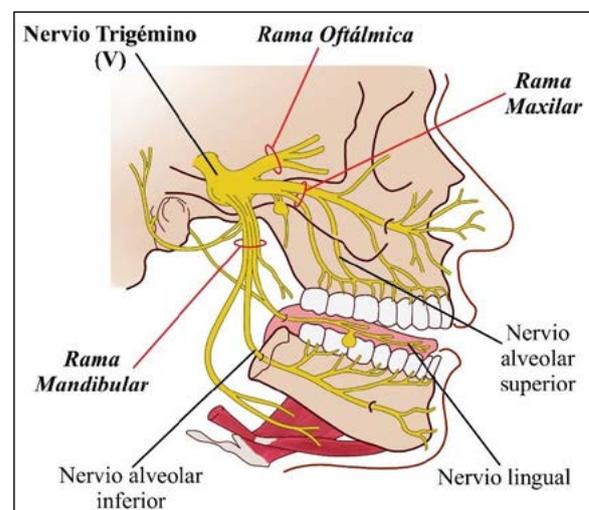


Figura 208. Nervio trigémino  
Fuente: Autor

## 6. Nervio abducens (VI par craneal)

Nervio que posee una inervación netamente motora y es también conocido como motor ocular externo, compuesto por fibras eferentes somático que inervará el músculo recto lateral del ojo (1).

### 6.1 Origen real

**Núcleo motor del nervio abducens (núcleo pontino):**

Este núcleo se encuentra localizado en la protuberancia por debajo del piso de la porción superior del cuarto ventrículo y se ubica próximo a la línea mediana e inferiormente al colículo facial.

## 6.2 Origen aparente

El nervio abducens en su origen aparente emerge por el surco bulboprotuberancial o también conocido como bulbopontino.

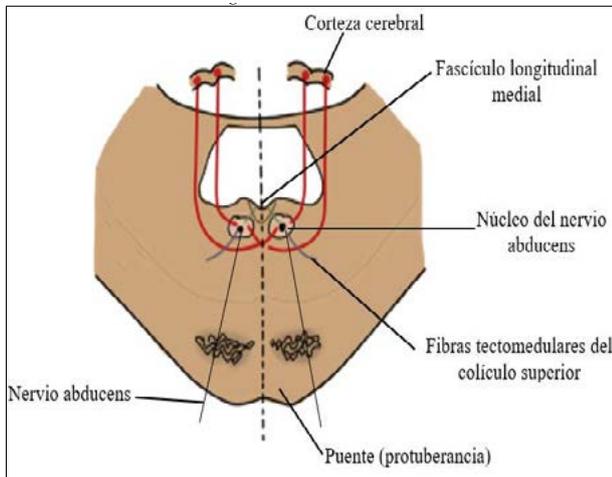


Figura 209. Nervio abducens  
Fuente: Autor

## 6.3 Recorrido y destino

Su origen es a partir de un pequeño núcleo ubicado inferior a la fosa romboidea (piso del cuarto ventrículo) y del colículo facial, desde donde se dirigen a la protuberancia por donde emerge en relación al surco transversal bulboprotuberancial.

Continúa su trayecto por la base del cráneo y llega al seno cavernoso, no sin antes cruzar inferiormente por el ligamento petroclinoideo, y atravesar la duramadre por la silla turca (1) (5) (6).

Finamente se dirige lateral y debajo de la arteria carótida interna, pasa la hendidura orbitaria superior e inerva al músculo recto lateral del ojo.

## 6.4 Función

Su acción primaria es la abducción del músculo recto lateral, por lo tanto, es el encargado de girar el ojo en dirección externa, es decir hacia afuera, distanciándose de la línea media (8).

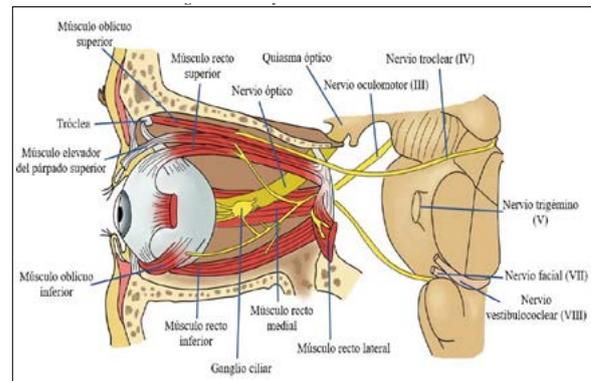


Figura 210. Trayecto del nervio abducens  
Fuente: Autor

## 6.5 Exploración

Se examina conjuntamente con los pares craneales III y IV.

Cuando se evalúa este nervio se debe conducir el ojo a nivel de toda la extensión del plano horizontal, y verificar que los ojos se alejen por completo de la línea media.

## 7. Nervio facial (VII par craneal)

El nervio facial es un nervio mixto conformado por dos raíces: una motora, que constituye el nervio facial propiamente dicho; la otra es el nervio intermedio (de Wrisberg); esta segunda raíz es sensitiva pero también parasimpática (5).

### 7.1 Origen real

El origen real del nervio facial proviene de 3 núcleos ubicados en el tronco encefálico, que son: **Núcleo motor principal:** Ubicado en la parte más profunda de la formación reticular de la parte inferior del puente de Varolio.

Las fibras corticonucleares de ambos hemisferios cerebrales llevan información motora desde la parte del núcleo que inerva los músculos de la porción superior del rostro. Sin embargo, sólo las fibras corticonucleares del hemisferio cerebral opuesto llevan información motora a la parte del núcleo que inerva los músculos de la porción inferior del rostro (1).

**Núcleo parasimpático:** Se encuentran por detrás y por fuera del núcleo motor principal. Este consta de 2 núcleos importantes: el núcleo salivatorio superior que recibe fibras aferentes del hipotálamo a través de las vías autónomas descendentes (1) (8) y el núcleo lagrimal recibe fibras aferentes del hipotálamo para las respuestas emocionales, y, de los núcleos sensitivos del nervio trigémino para la lacrimación reflejo secundario a la irritación de la córnea o la conjuntiva (1).

**Núcleo sensitivo:** Es la parte superior del núcleo del tracto solitario y se encuentra cerca del núcleo motor. Las sensaciones del gusto se transmiten por medio de los axones periféricos de las células nerviosas que se encuentran en el ganglio geniculado por encima del nervio facial (1).

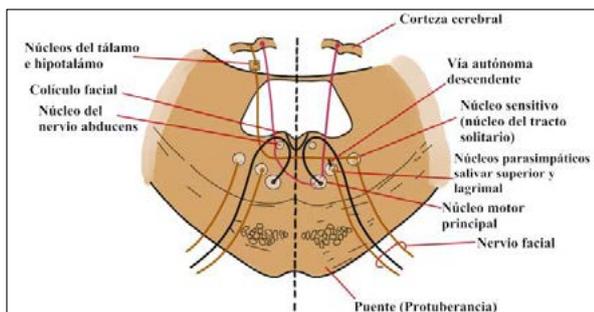


Figura 211. Origen del nervio facial  
Fuente: Autor

### 7.2 Origen aparente

Después de haber terminado su recorrido intrapontino, las dos raíces de este nervio, que aún se encuentran separadas, emergen por la parte lateral del surco bulbopontino, denominada fosita supraolivaria (5).

### 7.3 Funciones

Su rama motora, la más grande, inerva los músculos de la expresión facial, músculos auriculares y del cuero cabelludo, así como los músculos que derivan del 2do arco faríngeo (cutáneo del cuello, estapedio, estilohioideo y vientre posterior del digástrico); por lo que estas fibras motoras son fibras eferentes viscerales especiales.

Su rama sensitiva y parasimpática contiene 2 tipos de fibras (8):

- **Fibras secretoras parasimpáticas (eferentes viscerales generales):**

Que inervan las glándulas salivales, lagrimales, la mucosa de la cavidad bucal y nasal, por medio del núcleo salivario superior; y la glándula lagrimal por medio del núcleo lagrimal.

- **Fibras exteroceptivas (son fibras aferentes viscerales especiales):**

Transportan estímulos gustativos procedentes de los 2/3 anteriores de la lengua, suelo de la boca, paladar, del pabellón auricular y del conducto auditivo interno.

### 7.4 Trayecto y destino

Desde el surco bulbopontino, las dos raíces del nervio facial se dirigen lateral, anterior y superiormente y se introducen en el conducto auditivo interno.

Al llegar al fondo de este conducto, las dos raíces penetran en el conducto facial y lo recorren en toda su extensión.

El nervio presenta, al igual que el conducto, tres porciones o segmentos (5):

1. El primer segmento, de 3 a 4 mm de longitud, comienza en el orificio del conducto facial, en el fondo del conducto auditivo interno; es oblicuo anterior y lateralmente y perpendicular al eje de la porción petrosa del hueso temporal.
2. El segundo segmento, de aproximadamente 1 cm de largo, es oblicuo posterior y lateral y está situado en un plano horizontal casi paralelo al eje mayor de la porción petrosa del hueso temporal.
3. El tercer segmento es vertical, comienza inferiormente a la entrada al antro mastoideo y termina a la altura del agujero estilomastoideo, el cual mide aproximadamente 15 mm de longitud. Al salir de la porción petrosa del hueso temporal, el nervio penetra en la parótida, donde se divide en sus ramos terminales.

### 7.5 Orificio de salida

Conducto auditivo interno (orificio estilo mastoideo).

## 7.6 Exploración

La exploración de este séptimo par craneal se la realiza de acuerdo con las funciones de este nervio:

### a) Función motora

Se observan los rasgos fisonómicos para detectar asimetrías de la cara (ojos, arrugas de la frente, surcos naso genianos, comisura labial, boca), lagrimeo o escurrimiento de saliva. Luego se solicitan ciertos movimientos voluntarios (1).

#### Para el sector facial superior:

- Contraer o arrugar la frente, llevando la mirada hacia arriba y elevando las cejas (músculos frontal y superciliar).
- Abrir y cerrar los ojos con energía (orbicular de los párpados).

#### Para el sector facial inferior:

- Dilatar y elevar las fosas nasales (transverso de la nariz, elevadores del ala de la nariz, dilatador de la ventana nasal).
- Abrir la boca ampliamente (efectuado por los músculos suprahioides, evaluando de este modo posible déficit de orbicular labial y cigomáticos).
- Llevar a uno y otro lado la comisura labial (cigomáticos).
- Desviar la comisura labial hacia abajo y afuera, a uno y otro lado (triangular de los labios).
- Mostrar los dientes, haciéndole repetir una frase (orbicular de los labios, risorio, cigomáticos). Silbar y soplar (buccinador).
- Proyectar el labio inferior (cuadrados del mentón).
- Retraer el mentón y también a las dos comisuras labiales hacia abajo (cutáneo del cuello).
- También se exploran los reflejos conjuntivales, corneano y nasopalpebral, en cuya rama eferente interviene el facial superior.

### b) Función sensitiva

La sensibilidad gustativa se explora en los dos tercios anteriores de la lengua.

- En caso de parálisis facial es importante preguntar si se produjo alteración gustativa subjetiva y si es en una hemilengua.
- La sensibilidad cutánea se explora en el pabellón auricular lateral, el meato auditivo externo anterior y la región mastoidea.
- Las alteraciones de esta sensibilidad no son en general relevantes en las lesiones

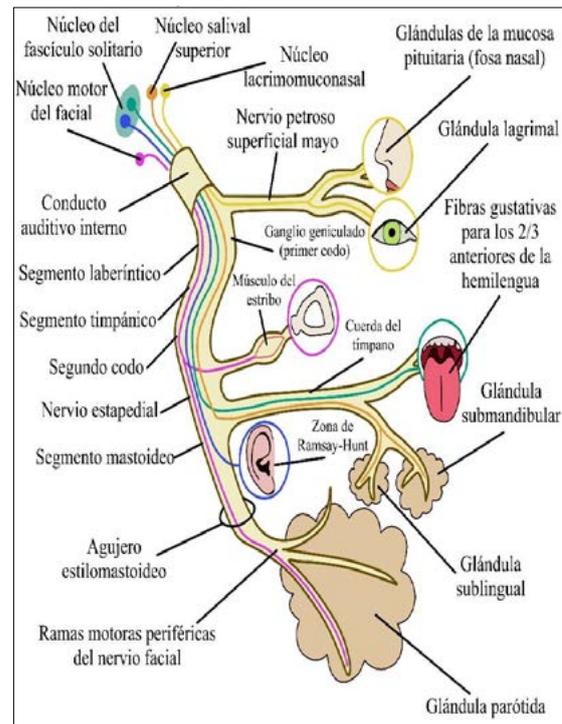


Figura 212. Distribución del nervio facial

Fuente: Autor

del facial (1).

## 8. Nervio Vestibulococlear (VIII Par Craneal)

Es un nervio sensorial, que está compuesto por dos partes: el nervio coclear y el nervio vestibular (5).

Es el único par craneal que no abandona el cráneo, ya que su recorrido hacia el tronco encefálico lo hace mediante el conducto auditivo interno (8).

### 8.1 Origen real

#### • Nervio Vestibular:

El ganglio de origen del nervio vestibular se denomina ganglio vestibular (de Scarpa). Se encuentra en el fondo del conducto auditivo interno.

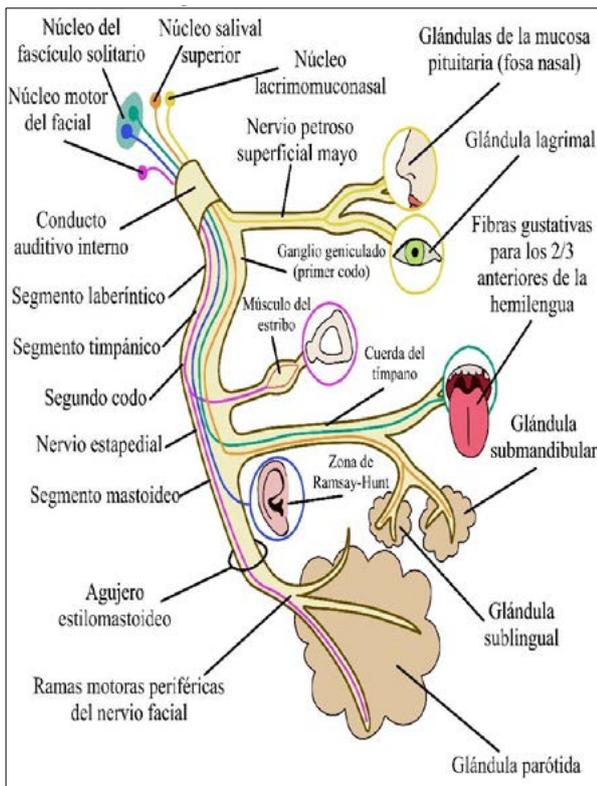


Figura 213. Origen real del nervio vestibular

Fuente: Autor

Las prolongaciones protoplasmáticas de las células del ganglio vestibular transportan las impresiones que proceden del sáculo, del utrículo y de las ampollas membranosas que pertenecen a los conductos semicirculares (8). Sus axones componen las fibras del nervio vestibular. Éste entra en la protuberancia por medio del surco bulbopontino, seguidamente medial al nervio coclear.

Finaliza en el complejo nuclear vestibular de la zona vestibular que pertenece a la fosa romboidea. Este complejo está conformado por 4 núcleos los cuales son: el núcleo vestibular lateral, superior, medial e inferior (5) (1).

A partir del bulbo raquídeo se dirigen fibras de manera directa, pero sin atravesar los núcleos vestibulares a través del pedúnculo cerebeloso inferior al cerebelo.

Desde los núcleos vestibulares envía fibras eferentes por medio del pedúnculo cerebeloso inferior al cerebelo; y desde el núcleo vestibular lateral envía algunas fibras eferentes homolateralmente en dirección a la médula espinal para

formar así el tracto vestibuloespinal; en cambio los núcleos vestibulares superior y también el medial envían fibras mediante el fascículo longitudinal medial, lateralmente hacia los núcleos de los nervios oculomotor, troclear y abducen; así mismo envía fibras ascendentes por medio del tálamo en dirección a la corteza somato sensitiva.

Dichas conexiones son muy importantes ya que están relacionados entre ellos los cuales ayudan a conservar el equilibrio por medio de la coordinación de movimientos como son los cefálicos, oculares y musculares del cuerpo (8).

#### • Nervio Coclear:

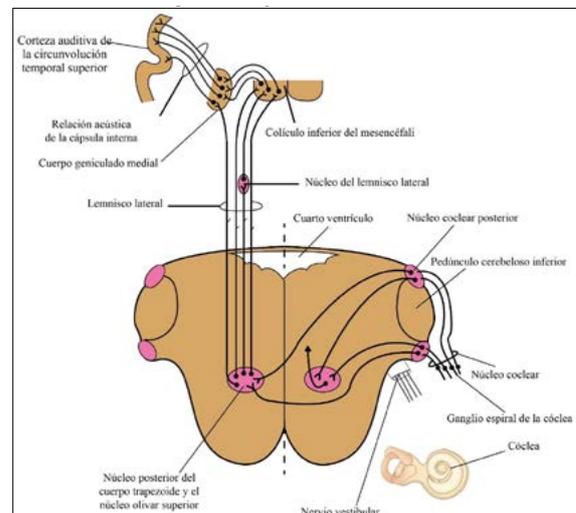


Figura 214. Origen real del nervio coclear

Fuente: Autor

El ganglio de origen del nervio coclear es el ganglio coclear (ganglio espiral de Corti). Ocupa en la cóclea toda la extensión del conducto espiral modiolo.

Existen prolongaciones protoplasmáticas pertenecientes a las células de este ganglio las cuales se extienden desde el órgano espiral al ganglio, atravesando por medio de los conductos longitudinales que pertenecen al conducto espiral del modiolo.

Los axones de las células del ganglio coclear forman las fibras del nervio coclear (8).

Este nervio penetra en la protuberancia por la fosita supraolivaria y finalizan en los dos núcleos; coclear dorsal (posterior) y ventral (anterior) (5).

De dichos núcleos emergen fibras eferentes que llegan a la corteza auditiva y otras se dirigen a la zona reticular del tronco encefálico (8).

### 8.2 Origen aparente

La salida del nervio Vestibulococlear entre el bulbo raquídeo (fosita supraolivar) y el borde inferior de la protuberancia proporciona el origen aparente (8).

### 8.3 Trayecto y destino

La rama vestibular sale del ganglio vestibular o de Scarpa y la rama coclear sale del ganglio coclear o espiral de Corti, y luego ambas ramas se juntan en el fondo del conducto auditivo interno formando el nervio vestibulococlear, este conducto permite su recorrido hacia el tronco encefálico. Los nervios siguen su recorrido y penetran por la fosita supraolivar. Por una parte, el nervio vestibular finaliza en el complejo vestibular de la fosa romboidea que está conformado por los núcleos vestibular lateral, superior, medial e inferior; por otro lado, el nervio coclear finaliza en los núcleos coclear dorsal y ventral.

### 8.4 Funciones

La rama vestibular, mantiene el equilibrio, la posición y el movimiento de la cabeza y cuello, mientras que la rama coclear almacena las impresiones auditivas en el oído interno y las transfiere a los centros nerviosos (1) (5).

### 8.5 Orificio de salida

El foramen auditivo interno (7).

### 8.6 Exploración

#### Porción Vestibular

Prueba de los índices de Barany: el examinador torna a sentarse con los brazos e índices extendidos frente al paciente y le pide al paciente que haga lo mismo, seguidamente el paciente debe bajar los brazos y levantarlos con los ojos cerrados y el examinador tiene que verificar si mantiene la misma posición (8).

#### Porción coclear

El examinador debe murmurar palabras cerca al oído del paciente y pedirle que repita lo que

escucha; así mismo también puede valerse del tic-tac del reloj. Si hay disminución del oído o sordera se aplica la siguiente prueba (8):

- **Prueba de Weber:** se torna hacer vibrar el diapason y se lo coloca en la línea media por arriba del cráneo para ver si el sonido se escucha en los dos oídos.

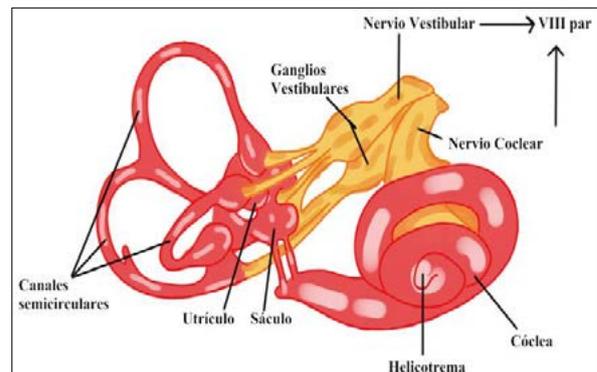


Figura 215. Nervio vestibulococlear  
Fuente: Autor

## 9. Nervio glossofaríngeo (IX par craneal)

Este nervio es de tipo mixto.

### 9.1 Origen real

Su origen real pertenece a algunos núcleos, que son:

**Núcleo motor principal:** Al igual que el núcleo motor principal del nervio facial, este núcleo se encuentra en la parte profunda de la formación reticular, la diferencia es que se encuentra a la altura del bulbo raquídeo en la parte superior del núcleo ambiguo que se lo encuentra en un corte del bulbo raquídeo a nivel de las olivas bulbares. Recibe fibras corticonucleares de los dos hemisferios cerebrales. Las fibras eferentes que surgen de este núcleo se encargan de inervar el músculo estilofaríngeo.

**Núcleo parasimpático:** Las fibras vegetativas están en conexión dentro del bulbo con un núcleo de tipo visceromotor, es el núcleo salivatorio inferior (8).

**Núcleo sensitivo:** Las fibras sensitivas se originan en dos ganglios (inferior y superior) situados en el recorrido del nervio glossofaríngeo, a la altura del agujero yugular. El ganglio inferior del nervio IX (de Andersch), se ubica en la fosita

petrosa del borde posterior de la porción petrosa del hueso temporal y el ganglio superior del nervio IX (de Ehrenritter), depende del anterior (8). Se encuentra en el recorrido del nervio glossofaríngeo, medial al ganglio inferior, al cual suele hallarse unido (5). Las células de estos ganglios hacen sinapsis con el núcleo del tracto solitario y luego manda sus fibras contralaterales a algunos núcleos talámicos y de aquí en dirección al área sensitiva primaria y también a otros núcleos hipotalámicos (8).

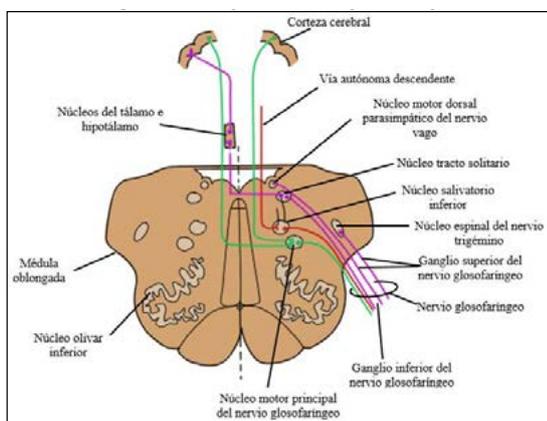


Figura 216. Origen del nervio glossofaríngeo  
Fuente: Autor

### 9.2 Origen aparente

Surge del tronco encefálico posterior a la oliva bulbar (corresponde al 1/3 superior del surco retoolivar) (8).

### 9.3 Trayecto y destino

Una vez que surge del tronco encefálico transita entre la oliva bulbar y el pedúnculo cerebeloso superior, después de atravesar en sentido lateral la fosa craneana posterior, emerge de la base del cráneo por el agujero yugular junto con el nervio neumogástrico y accesorio de Willis. Posteriormente, desciende en el cuello con la vena yugular interna y la arteria carótida interna hasta que llega al borde dorsal del músculo estilofaríngeo.

Finalmente, se dirige por la parte delantera entre los músculos constrictores superior y medio de la faringe hasta terminar en el tercio posterior de la lengua (5) (8).

## 9.4 Funciones

### Función sensitiva:

Percibe la sensibilidad gustativa del tercio posterior de la lengua, contribuyendo con el sentido del gusto.

Además, da sensibilidad táctil, térmica y dolorosa a de la mucosa nasofaríngea, trompa auditiva y cavidad timpánica (5).

Adicionalmente, es un baroregulador y un quimiorregulador, debido a que participa en el control de la presión arterial mediante el seno carotídeo (5).

### Función motora:

Se encarga de inervar los músculos de la faringe elevándola durante la deglución y también en el habla (8).

### Función parasimpática:

Se encarga de estimular la secreción de saliva (glándula parótida) (5).

## 9.5 Orificio de salida

Orificio yugular o también llamado agujero rasgado posterior.

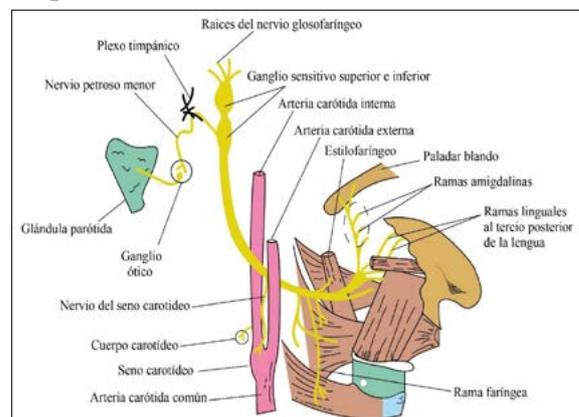


Figura 217. Distribución del nervio glossofaríngeo  
Fuente: Autor

## 9.6 Exploración

### Sensibilidad:

Se explora con un hisopo seco la sensación táctil en el velo del paladar, en el tercio posterior de la lengua, en las amígdalas y la faringe (1).

### Gusto:

Se basa principalmente en el reconocimiento de cuatro sabores: dulce, salado, amargo y ácido. Para la exploración se deben usar unas soluciones con alguno de esos sabores, solubles en agua, y con una concentración determinada, ya que existe un umbral para la sensación gustativa (1).

Se coloca al paciente sentado, con la boca abierta, los ojos cerrados, las fosas nasales ocluidas y la lengua mantenida en protrusión.

Se apoya en la región lingual a explorar la solución.

Se le procede a decir al paciente que, sin hablar, levante su mano cuando perciba gusto y proceda a señalarlo en un papel prescrito.

Los resultados que se pueden obtener mediante esta exploración son (1):

- Percepción gustativa normal.
- Hipogeusia: Disminución de la capacidad de percepción del sabor
- Ageusia: Ausencia de percepción del sabor.
- Percepción de sabor distinto.

### Función motora:

La exploración de este nervio se lo realiza en conjunto con el X par craneal.

#### 10. Nervio vago (X par craneal)

Llamada también nervio neumogástrico, se caracteriza por ser un nervio mixto: motor y sensitivo, además de ser uno de los nervios con funciones parasimpáticas más importantes del cuerpo humano.

##### 10.1 Origen real

Los núcleos del nervio neumogástrico son 3:

##### Núcleo motor principal

Localizado en la profundidad de la formación reticular correspondiente a la médula oblongada. Está conformado por el núcleo ambiguo (1/3 medio), el cual expresa a las fibras corticonucleares que pertenecen a ambos hemisferios.

Por lo general, cumple la función de inervar a los músculos constrictores de la faringe y a los músculos intrínsecos de la laringe.

##### Núcleos parasimpáticos

Este núcleo origina al núcleo dorsal del vago, y se localiza en el piso del cuarto ventrículo, posterolateral al núcleo del hipogloso, a su vez recibe fibras aferentes del hipotálamo, mediante el uso de vías autónomas descendentes, pero, adicionalmente reciben aferentes del nervio glosofaríngeo.

Estas se van a distribuir hacia los músculos involuntarios de los bronquios, esófago, corazón, estómago, intestino delgado y grueso, y finalmente el tercio distal del colon transversos.

##### Núcleo sensitivo

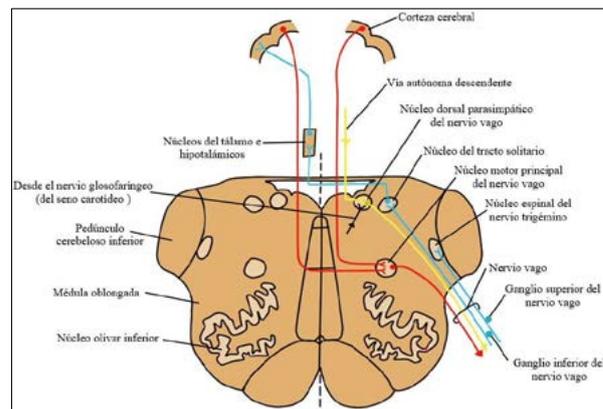


Figura 218. Origen real del nervio vago o neumogástrico  
Fuente: Autor

Corresponde al 1/3 inferior del núcleo del tracto solitario. Por lo general las sensaciones del gusto poseen un trayecto en los axones periféricos que corresponden a las células nerviosas situadas en el ganglio inferior del nervio vago.

Todos los procesos centrales que partan de estas células pueden establecer una sinapsis con las células nerviosas que pertenecen al núcleo (9).

La dirección que toma las fibras eferentes, se da a través del plano medio y se continúa hacia el grupo central al que pertenecen los núcleos del tálamo opuesto, y a los núcleos hipotalámicos.

A partir del tálamo, los axones que pertenecen a las células talámicas pasan a la cápsula interna y a la corona radiada para, finalmente terminar en la circunvolución poscentral.

Adicionalmente la información aferente que se encuentre con relación a la sensibilidad común, puede ingresar al tallo cerebral mediante el ganglio superior del nervio vago (9).

### 10.2 Origen aparente

Surge del tronco encefálico, específicamente en el surco retroolivario, por debajo de la emergencia del nervio glossofaríngeo.

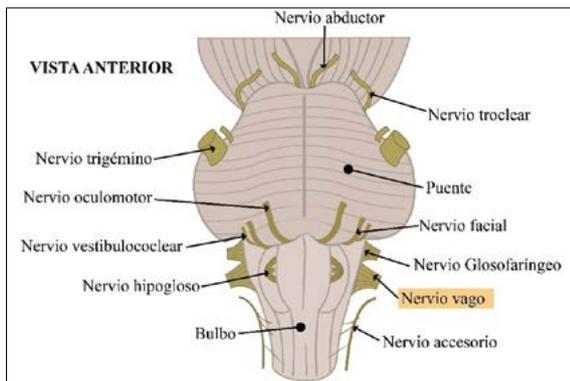


Figura 219. Origen aparente del nervio vago o neumogástrico  
Fuente: Autor

### 10.3 Trayecto y destino

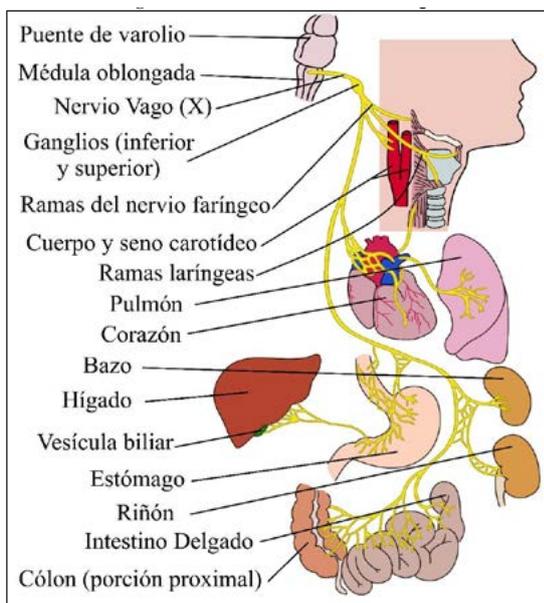


Figura 220. Distribución del nervio vago  
Fuente: Autor

Por lo general este nervio suele abandonar la superficie anterolateral, que pertenece a la parte superior de la médula oblongada, suele presentar la forma de un conjunto de pequeñas raíces entre la oliva bulbar y el pedúnculo cerebeloso inferior, continúa de manera lateral por medio de la fosa craneal posterior y luego abandona el cráneo a través del orificio yugular.

Este nervio presenta dos ganglios sensitivos:

- Un ganglio redondeado superior localizado por encima del nervio específicamente dentro del orificio yugular.
- Un ganglio inferior cilíndrico ubicado por encima del nervio, debajo del orificio. Por debajo del ganglio inferior, la raíz craneal del nervio accesorio se fusiona con el nervio vago y se reparten para los ramos faríngeo y laríngeo recurrente. Este nervio desciende de manera recta hacia el cuello, dentro de la vaina carotídea, la vena yugular y las arterias carótida interna y común (3).

El nervio vago derecho ingresa en el tórax, se dirige a la raíz del pulmón derecho, y contribuir al plexo pulmonar, luego, se continúa dirigiendo a la superficie posterior del esófago para contribuir al plexo esofágico.

Ingresa al abdomen mediante la abertura esofágica que pertenece el diafragma, el tronco vagal posterior se dirige hacia la superficie posterior del estómago a través de una enorme rama celíaca, también por él duodeno, hígado, asimismo riñones, e intestino delgado y grueso, logrando alcanzar el tercio distal que pertenece, esto se consigue mediante los plexos celíaco, y de igual forma por el mesentérico superior y renal (9).

Así mismo, el nervio vago izquierdo ingresa en el tórax, luego se dirige hacia el lado izquierdo del arco aórtico, continúa su descenso posterior a la raíz del pulmón izquierdo, y origina el plexo pulmonar.

Continúa su trayecto descendiendo hacia la superficie anterior del esófago en donde se encarga de formar el plexo esofágico.

Penetra en el abdomen mediante el orificio esofágico correspondiente al diafragma, y recibe el nombre de tronco vagal anterior, el cual se caracteriza por dividirse en varios ramos, los cuales se encuentran repartidos entre el estómago, hígado, parte superior del duodeno y la cabeza del páncreas (9).

#### 10.4 Función

**Función sensitiva:** Encargado de la sensibilidad de la faringe, esófago, estómago, intestinos, tráquea, glotis y pulmones. También, sensibilidad a la piel de la parte posterior del pabellón auricular y pared posterior del conducto auditivo externo.

**Función motora:** Encargado de controlar a los músculos estriados (velos palatinos, músculos constrictores de la faringe, músculos laríngeos) y lisos (bronquios).

**Función parasimpática:** Encargado de preservar la actividad cardíaca y a través de las fibras moderadoras y secretoras, controla el buen funcionamiento del estómago, tráquea y páncreas (9).

#### 10.5 Exploración

La evaluación del nervio se realiza por reflujos faríngeo o reflejo nauseoso. Estos reflejos se evalúan pared lateral de la faringe con un bajalenguas, provocando náuseas de manera instantánea, donde se observan si los músculos faríngeos se pueden contraer, y si existe un desplazamiento de la úvula.

### 11. Nervio accesorio (XI par craneal)

Es un nervio eminentemente motor, formado por la unión de una raíz craneal y una raíz espinal.

#### 11.1 Origen real

a) **Raíz craneal:** Se encuentra formada por los axones que pertenecen a las células nerviosas del núcleo ambiguo y éste recibe fibras corticonucleares que provienen

de ambos hemisferios cerebrales. Cuando emergen las fibras aferentes del surco retroolivario del bulbo raquídeo que se localiza entre la oliva bulbar y el pedúnculo cerebeloso inferior (3).

b) **Raíz espinal:** Se encuentra formado por los axones que pertenecen a las células nerviosas del núcleo espinal, se localiza específicamente en la columna gris anterior que pertenecen a los segmentos cervicales superiores. Al mismo tiempo el núcleo espinal recibe fibras corticoespinales que provienen de ambos hemisferios cerebrales.

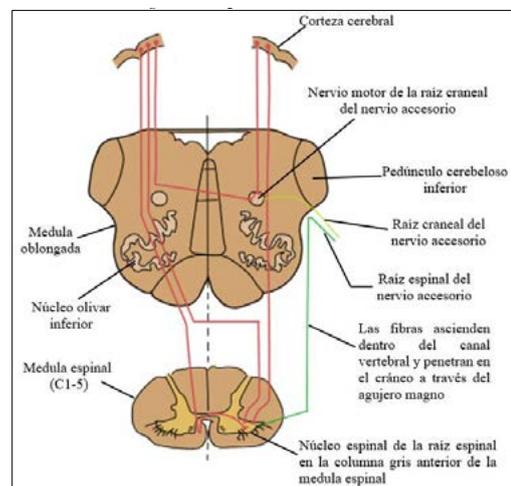


Figura 221. Origen real del nervio accesorio  
Fuente: Autor

#### 11.2 Origen aparente

Este nervio brota del pedúnculo cerebeloso inferior a través del surco retroolivario que se localiza por debajo del nervio vago (5).

#### 11.3 Trayecto y destino

El nervio sigue de manera lateral hacia la fosa craneal posterior, para luego poder unirse a la raíz espinal.

Después las 2 raíces se unen y salen del cráneo mediante el orificio yugular.

Posteriormente se separan y específicamente la raíz craneal se une a lo que es el nervio vago, y reparte ramas faríngeas y laríngeas recurrentes para los músculos del paladar blando, faringe laríngea (9).

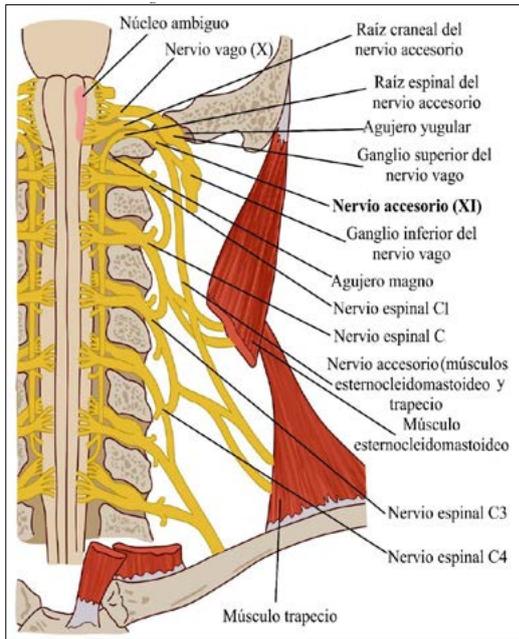


Figura 222. Distribución del nervio accesorio  
Fuente: Autor

#### - Trayecto de la raíz espinal:

Específicamente sus fibras nerviosas salen de la médula espinal a través de las raíces nerviosas anteriores y al mismo tiempo de las posteriores que pertenecen a los nervios raquídeos cervicales.

Estas mismas fibras conforman un tronco nervioso que logran ascender hasta el interior del cráneo mediante el agujero Magno.

Se dirige lateralmente y se logra unir a la raíz craneal mediante el agujero yugular, después de un trayecto corto esta raíz se separa de la raíz craneal, y entra de manera profunda, dirigiéndose hacia la superficie del músculo esternocleidomastoideo, al cual se encarga de inervar.

De esta manera el nervio permite los movimientos del paladar blando también de la laringe y faringe, y al mismo tiempo controla los movimientos de los 2 músculos más grandes del cuello (9).

#### 11.4 Función

Inervación al músculo esternocleidomastoideo y al músculo trapecio.

#### 11.5 Exploración

Se ordena al paciente que eleve sus hombros, para valorar el funcionamiento de los músculos trapecio.

Luego se le indica que gire la cabeza hacia un lado generando contra resistencia, aquí es donde el médico debe oponer resistencia con una de sus manos, específicamente en el lado opuesto en dónde se va a realizar el movimiento.

De esta manera se puede observar de mejor manera tanto la acción y fuerza del músculo esternocleidomastoideo.

Estos ejercicios nos permiten evaluar el funcionamiento adecuado de los músculos y nos indica si hay algún tipo de lesión.

#### 12. Nervio hipogloso (XII par craneal)

Es un nervio netamente motor, corresponde al nervio motor de la lengua.

##### 12.1 Origen real

Contiene su origen real en el bulbo raquídeo, en un núcleo compuesto por neuronas motoras inferiores que se encuentra entre un núcleo dorsal del nervio vago y la línea media justo por debajo del piso de la parte inferior del cuarto ventrículo. Para visualizar este núcleo se realiza un corte transversal en el bulbo raquídeo a nivel de las olivas bulbares.

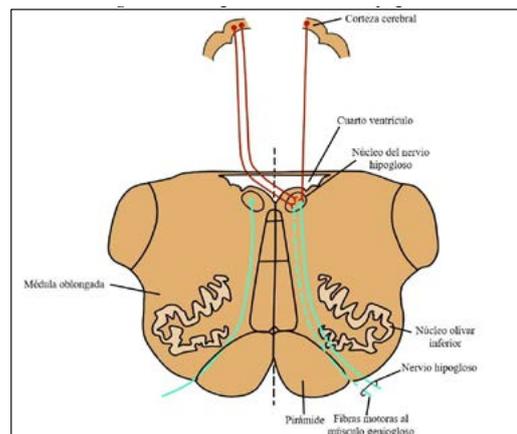


Figura 223. Origen real del nervio hipogloso  
Fuente: Autor

##### 12.2 Origen aparente

Emana del surco preolivar en la superficie anterior del bulbo raquídeo, el mismo que se encuentra ubicado entre la oliva bulbar y la pirámide bulbar.

### 12.3 Trayecto y destino

Las fibras de este nervio convergen por el surco preolivar sobre la superficie anterior del bulbo raquídeo, que se encuentra entre la oliva bulbar y la pirámide (origen aparente) lugar donde se une para formar el tronco común del nervio.

Se dirige lateral por la fosa craneana posterior y luego desciende hacia adelante para salir de la bóveda craneana a través del agujero condíleo al cuello, entre la arteria carótida interna y la vena yugular interna a través del compartimiento retroestileo, hasta alcanzar el borde inferior del vientre posterior del musculo digástrico.

Realiza un giro hacia adelante por arriba del ala mayor del hueso hioides donde atraviesa la arteria carótida interna y externa, y llega a la superficie lateral de la lengua distribuyendo sus ramos en los músculos de la misma.

### 12.4 Función

Inervación de los músculos intrínsecos y extrínsecos de la lengua (estilogloso, hiogloso y genio-gloso), excepto el músculo palatogloso. Controla los movimientos de la lengua y su forma durante la deglución y el habla (8).

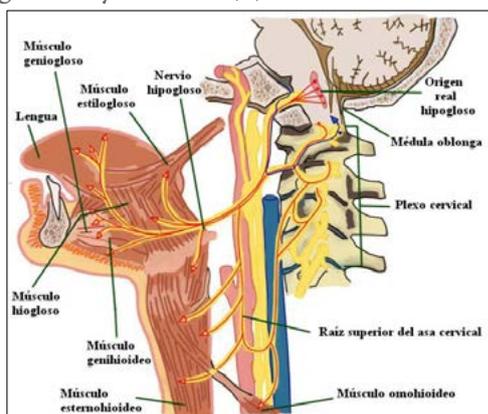


Figura 224. Distribución del nervio hipogloso  
Fuente: Autor

### 12.5 Exploración

#### Técnicas de exploración

- **En reposo:** se le ordena al paciente la apertura de su boca, y se procede a la observación de las dos mitades de su lengua, teniendo en cuenta que éstas deben encontrarse en total

simetría, o en caso de no ser así se observará una atrofia.

- **Protrusión:** Se examina dando la orden al paciente de que presione con su lengua una de las mejillas contra las cuales el examinador ha situado sus dedos o mano por fuera (3).

#### Par craneal 0, realidad o mito?

La gran mayoría de los textos de neuroanatomía señalan que existen solo 12 nervios craneales, quienes surgen a partir de los forámenes y fisuras del cráneo. Pero se omite la existencia de otro nervio craneal, llamado “nervio terminal” y en el año 1878 se lo encontró en el cerebro de un tiburón. Esto sucedió antes de que se descubriera el primer par craneal, entonces, para evitar confusiones obtuvo el nombre de nervio craneal cero. En un principio no se le dio demasiada importancia a este descubrimiento porque se pensaba que solo existía en los tiburones y con el tiempo los anatomistas demostraron que existía en una gran parte de todos los vertebrados. En el año de 1913 se observó este nervio en humanos.

El nervio craneal cero o terminal consiste en pequeños nervios que se encuentran parcialmente ramificados y existe en los vertebrados. Por otro lado, el ser humano también posee este nervio y según los autores está bastante desarrollado durante la vida intrauterina y en el primer año de vida. Pero a medida que el individuo vaya creciendo, el mismo se atrofia y cuando llega la edad de la adolescencia desaparece completamente. Otros autores aseguran que, si persiste en la adultez, y el mismo cumple la función de percibir feromonas. Por tal razón, explican las emociones que se manifiestan cuando estamos con una persona que no conocemos en el caso de que nos agrade o nos disguste.

Anteriormente, se pensó que su origen embriológico era a partir de la placoda olfatoria, pero en la actualidad se ha demostrado que una gran parte de sus células derivan de la cresta

neural. Por lo tanto, las mismas emergen desde la placoda olfatoria y a lo largo del septo nasal conforman cordones de células migratorias que van caudalmente en dirección central a lo largo del nervio terminal, siguiendo la ruta del desarrollo olfatorio.

Este nervio se encamina a la parte rostral del cerebro anterior y en su trayecto presentan alrededor de uno o más ganglios pequeños, los cuales contienen tres tipos de neuronas: bipolares, unipolares y multipolares.

Las neuronas bipolares y unipolares cumplirían con una función sensitiva, mientras que las multipolares una función motora (regulación de los músculos lisos).

Los procesos distales pasan por el etmoides (parte anterior de la lámina cribosa), de esta forma llegarían al neuroeje, al área septal y preóptica. En la mucosa nasal, el nervio terminal se encuentra junto con el ramo medial nasal del ramo etmoidal anterior oftálmico del V par craneal. En este transcurso periférico, se conforma por un plexo estrecho al lado del bulbo olfatorio, esto estaría a nivel de la apófisis (Crista Galli) del hueso etmoides.

También, tiene una conexión con los filetes olfatorios del primer par craneal y desde ahí llega al sistema vomeronasal que está compuesto por un órgano receptor denominado “órgano vomeronasal”. Desde una perspectiva intracraneal, los filamentos del nervio terminal se unen a penachos del nervio olfatorio y del nervio vomero-nasal (frecuentemente se confunde con el nervio terminal).

Descrito su recorrido, se podría deducir que existe una estrecha relación entre el nervio terminal y el olfatorio. Funcionalmente son distintos, el terminal se relaciona con la modalidad sensorial, con la neuromodulación, con la conducta reproductiva y la función vegetativa, estos aspectos son un claro ejemplo que lo diferencian de la función olfativa.

Se menciona que otras de las funciones del nervio cero es enviar sus fibras a las diferentes regiones del cerebro que se relacionan con el sexo: núcleos septales medial y lateral y las áreas preópticas. Dichas regiones participan en la reproducción, liberación de hormonas sexuales, la sed y el hambre.

De esta manera, la conexión que existe en la nariz con los centros reproductivos del cerebro provoca que el nervio cero evada al bulbo olfatorio. Esto se demostró en el año 2007 cuando Douglas Fields y su equipo, corroboraron que no existía ninguna conexión del nervio con el bulbo olfatorio, ya que es independiente del mismo y solo capta las feromonas de parejas potenciales o si la persona es atractiva o no.

Por consiguiente, como existe una conexión del nervio a diferentes partes del cerebro que controlan la reproducción, secretan la hormona liberadora de gonadotropina o gonadoliberina (GnRH) en sangre.

Las neuronas GnRH contienen somas que se encuentran en el cerebro anterior, sus axones llegan hasta la eminencia mediana del hipotálamo. Tanto en el hombre como en la mujer estas neuronas GnRH en la región hipotalámica contribuye a la conducción neural central, dirigiendo aspectos fundamentales de los procesos reproductivos.

En el inicio del primer trimestre de gestación, el hipotálamo medio-basal contiene neuronas con capacidad de producir GnRH, hormona que se libera con más facilidad en el segundo trimestre de gestación y posterior a la diferenciación sexual.

El nervio terminal se encuentra implicado en el síndrome de Kallmann, descrito en 1856. Este síndrome consiste en una enfermedad congénita que provoca el fallo comunicacional del nervio terminal, olfatorio y vomero-nasal con el cerebro anterior, debido a esta falla las neuronas GnRH no cuentan con una ruta a seguir desde la placoda

da olfatoria o de la cresta neural. Los pacientes presentan agenesia de los bulbos olfatorios que causa eventos de disosmia, hiposmia o anosmia, también tienen gónadas no funcionales, por lo tanto, son infértiles, tienen testículos pequeños (inferior a 2,5 cm), e hipogonadismo hipogonadotrópico.

### Enfermedades asociadas

#### 1. Nervio Olfatorio

**Anosmia:** es la pérdida de la olfacción por traumatismo del nervio olfatorio o por fractura de la lámina cribosa del etmoides.

**Hiposmia:** reducción de la olfacción.

**Parosmia:** es la percepción anormal de los olores.

**Cacosmia:** todos los olores se lo perciben como desagradable.

Alucinaciones olfatorias: percepción de olores sin que exista estímulos olorosos.

**Hiperosmia:** exageración del olfato.

#### 2. Nervio Óptico

**Hemianopsia homónima:** pérdida de la mitad del campo visual de ambos ojos a causa de alteraciones en el nervio óptico (5).

**Amaurosis:** ceguera o pérdida de la visión, se puede originar por la lesión del nervio óptico, de las vías o de la corteza visual (7).

**Acromatopsia:** se visualizan los objetos sin color -lesión occipital- (7).

#### 3. Nervio oculomotor

**Ptoxis palpebral:** caída del parpado por una pérdida de la inervación del músculo elevador del parpado superior a causa de daño en el par craneal III (3).

#### 4. Nervio Troclear

**Diplopía:** observación de dos objetos a partir de uno, es decir se produce una visión doble (3).

**Parálisis del IV par craneal:** el ojo se observa

alto y desviado hacia adentro; no puede dirigir el ojo hacia abajo, cuando lo intenta hay diplopía; vértigo al bajar las escaleras (7).

#### 5. Nervio Trigémino

**Parálisis del Nervio Trigémino:** se caracteriza por una deficiencia de la motricidad y ausencia de la constricción de los músculos a causa de una lesión en este nervio (3).

**Neuralgia del Nervio Trigémino:** la Neuralgia del trigémino es un cuadro de dolor paroxístico, lancinante y de breve duración, muy intenso en ocasiones lo llaman dolor suicida, generalmente dura de 5-20 segundos, en su mayoría unilateral y localizado en el territorio de una o más ramas del nervio trigémino. Suele desencadenarse la masticación, hablar, lavarse los dientes o colocación de cosméticos (10).

#### 6. Nervio Abducens

**Lesión del nervio MOE:** se da por parálisis o disminución de la fuerza tensil del musculo recto lateral, como resultado de la lesión del nervio por un trauma craneocefálico o por un trauma facial en el que esté comprometida la órbita óptica (8).

#### 7. Nervio Facial

**Parálisis de Bell:** la lesión del nervio craneal VII producto de una infección bacteriana (Enfermedad de Lyme) o viral (varicela zoster) ocasiona la parálisis de Bell, en la cual ocurre una parálisis de los músculos faciales, disminución de la salivación, pérdida del sentido del gusto y de la destreza de cerrar los ojos inclusive durante el sueño. El nervio facial puede estar afectado también por traumas, tumores, o ACV (11).

#### 8. Nervio Vestibulococlear

**Hipoacusia:** es la pérdida auditiva parcial, en la cual se encuentran afectados tanto el oído externo como el oído medio.

**Laberinto inexcitable o deficitario:** vértigo típico y persistente, tendencia a la caída, desviación

espontánea del índice, la postura o la marcha hacia el lado lesionado, nistagmo espontáneo hacia el lado sano (7).

**Laberinto hiperexcitable o irritativo:** grandes crisis de vértigo que reducen al sujeto a la inmovilidad durante horas o días, las caídas y desviaciones se hacen hacia el lado sano (7).

### 9. Nervio Glossofaríngeo

**Ageusia:** es la pérdida total del gusto ocasionada por una lesión del nervio glossofaríngeo.

**Alteraciones del gusto:** disminución del gusto (hipogeusia), pérdida total del gusto (ageusia), pérdida de sabor anómalo o distinto (parageusia) (7).

### 10. Nervio vago

**Tumor del glomus de la yugular:** es un tumor de los cuerpos glómicos del bulbo yugular, los cuales son células paraganglionares que forman parte del sistema quimiorreceptor; por lo tanto, controlan el O<sub>2</sub>, el CO<sub>2</sub> y el pH. Por lo general, el tumor erosiona el foramen yugular y conduce a la compresión del nervio craneal X (3).

**Parálisis infranuclear y nuclear:** suele ser unilateral, parálisis hemivelopalatina (hemiestafilo-plejía); parálisis de la cuerda vocal (voz bitonal (7)).

### 11. Nervio Accesorio

**Parálisis del nervio espinal:** se debe comúnmente a complicaciones tras cirugías que implican la parte lateral del cuello, como disecciones de carcinomas o escisión de nódulos linfáticos, o ya sea por traumatismos o lesiones cervicales.

### 12. Nervio Hipogloso

**Disartria:** son alteraciones de fonación, respiración, ocasionadas por perturbaciones de inervación sobre la musculatura del habla de procedencia neurológica (3).

#### Casos clínicos

1. Paciente de 35 años de edad, al despertar, posee parálisis en toda la mitad derecha de su cara. Manifiesta hipertensión arterial y disartria. La paciente expresa que la noche anterior, tenía sensación de pesadez en el rostro y entumecimiento, sin embargo, el paciente indicó que no se automedicó fármacos para las molestias que presentaba. Al examen físico, la paciente posee el lado afectado inexpresivo, además no logra fruncir la frente ni parpadear.

**Diagnóstico más probable: Parálisis de Bell, el nervio facial presenta una inflamación en su vaina de tejido conectivo, por lo tanto, afecta las funciones de los axones neuronales del séptimo par craneal.**

2. Paciente masculino, de 80 años, que acude por un aumento o una protuberancia en el cuello en la región lateral, donde se observa una masa tumoral. Se realizó un examen de diagnóstico de vasos sanguíneos por tomografía computarizada observándose una lesión en la región lateral izquierda del cuello.

Diagnóstico más probable: Tumor de glomus de la yugular, este se encuentra comprimiendo al nervio vago.

## Glosario

- **Acueducto de Silvio:** Conducto que atraviesa el mesencéfalo y comunica el tercer y el cuarto ventrículos; contiene líquido cefalorraquídeo.
- **Atrofia:** Disminución del número y/o del tamaño de los tejidos que componen un órgano.
- **Célula Ganglionar:** Tipo de neuronas de axón mielinizado localizadas en la superficie interna de la retina. Reciben información de los fotorreceptores mediante neuronas intermediarias bipolares, amacrinas y horizontales.
- **Decusación:** Cruce de fibras de un lado a otro en la línea media. La mayor parte de las fibras del sistema nervioso central son decusadas.
- **Discinesia:** Trastorno que afecta al sistema nervioso causando un conjunto de movimientos repetitivos persistentes que provocan desfiguración, a menudo del área facial. Ocasionalmente se asocian al uso prolongado de fármacos antipsicóticos.
- **Estrabismo:** Desviación de la línea visual normal de uno de los ojos, o de los dos, de forma que los ejes visuales no tienen la misma dirección.
- **Fibras eferentes:** Transportan los impulsos nerviosos fuera del sistema nervioso central hacia efectores como los músculos o las glándulas (y también las células ciliadas del oído interno).
- **Fosa romboidea:** Es la pared anterior y el suelo del cuarto ventrículo cerebral.
- **Ganglio de Gasser:** Engrosamiento de la raíz sensitiva del nervio trigémino ubicado en una cavidad en la fosa craneana media, específicamente en la cara anterosuperior de la porción petrosa del hueso temporal.
- **Ganglio de Scarpa:** Es el ganglio del nervio vestibular que contiene los cuerpos celulares de las neuronas aferentes primarias bipolares cuyos procesos periférico formulario de contacto sináptico con las células pilosas de los órganos terminales sensoriales vestibulares.
- **Ganglio espiral:** ganglio nervioso, situado en el interior de la columela ósea del caracol, dentro del canal espiral del modiolo, y que contiene la proto neurona o primera neurona de la vía auditiva bipolar.
- **Glottis:** La sección media de la laringe; zona donde se encuentran las cuerdas vocales.
- **Hipopepsia:** Disminución del gusto.
- **Músculo digástrico:** Músculo suprahioides, consta de dos vientres musculares. El vientre posterior es el más largo y se origina en la apófisis mastoides del hueso temporal. El vientre anterior se origina en la fosa digástrica de la mandíbula.
- **Núcleo ambiguo:** Núcleo motor bulbar del nervio glossofaríngeo, vago y accesorio.
- **Parálisis:** Pérdida o disminución de la función motora debido a una lesión nerviosa o muscular.
- **Ptois:** También denominada como blefaroptosis o ptois del párpado, es un descenso permanente del párpado superior.
- **Pulvinar:** Es la parte posterior, prominente, del tálamo, situada encima de los cuerpos geniculados, de los que recibe conexiones.
- **Puntos de Valleix:** Puntos dolorosos observados en las diferentes neuralgias, sobre el trayecto de los nervios enfermos.
- **Surco bulbo protuberancial:** Surco transversal por delante y a cada lado de la protuberancia que la delimita del bulbo raquídeo.

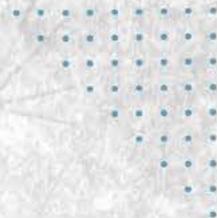
### Actividades

1. En el siguiente recuadro describa los 12 pares craneales: su nombre, tipo, origen real, origen aparente y su función.

PAR CRANEAL	NOMBRE	TIPO	ORIGEN REAL	ORIGEN APARENTE	FUNCIÓN
I					
II					
III					
IV					
V					
VI					
VII					
VIII					
IX					
X					
XI					
XII					

## Referencias Bibliográficas

1. Osvaldo F. Semiología del Sistema Nervioso. 15a ed.: El Ateneo; 2016: p. 31-116.
2. Hall JE, Hall. ME. Tratado de Fisiología médica. 14a ed. Elsevier; 2021: p. 653,679.
3. Pauwels W, Akesson E, Stewart P, Spacey S. Nervios Craneales En la salud y la enfermedad. 3a ed. Medica Panamericana; 2013.
4. Barret K, Boitano S, Barman S. Ganong Fisiología médica. 25a ed. MCGRAW-HILL; 2020: p. 218.
5. Rouviere H, Delmas A, Delmas V. Anatomía humana. Descriptiva, topográfica y funcional. Tomo I. 11a ed. Barcelona: Elsevier; 2005: p.276-308.
6. Latarjet M, Ruiz A. Anatomía humana. 5a ed. Medica Panamericana; 2019: 294,405-406.
7. Troncoso C. Exploración de pares craneales Argente. uDocz [Internet]. 2020 [citado el 6 de octubre de 2023]; Disponible en: <https://www.udocz.com/mx/documentos/85779/exploracion-de-pares-craneales-argente->
8. Llanio R, Perdomo G. Propedéutica clínica y semiología médica. Ciencias Médicas; 2003: p. 194-215.
9. Snell K. Snell R. Neuroanatomía clínica. 8a ed.: Wolters Kluwer; 2019: p, 343-346.
10. Marín D, Cardenas M. Neuralgia del trigémino: aspectos clínicos y terapéuticos. Acta Neurológica Colombiana [Internet]. 2019 [citado el 6 de octubre de 2023];35(4):193–203. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/anco/v35n4/0120-8748-anco-35-04-193.pdf>
11. Rubin M. Parálisis de Bell [Internet]. Manual MSD versión para público general. 2022 [citado el 6 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.msmanuals.com/es-ec/hogar/enfermedades-cerebrales,-medulares-y-nerviosas/trastornos-de-los-pares-craneales/par%C3%A1lisis-de-bell>



# CAPÍTULO 10

## NERVIOS RAQUÍDEOS





## Nervios Raquídeos

Es importante recordar los nervios raquídeos, que forman parte del Sistema Nervioso Periférico, son considerados grupos de fibras nerviosas envueltos en capas sucesivas de tejido conectivo, cuyo origen se localiza en la médula espinal, y atraviesan los agujeros intervertebrales para llegar a su destino final en los territorios efectores. Los mismos se componen de nervios mixtos, formados a partir de la unión de las raíces nerviosas anterior (motora) y posterior (sensitiva), los cuales posteriormente se dividirán en un ramo ventral, de donde emergen los plexos, y otro dorsal, para inervar a los grupos musculares correspondientes.

El objetivo principal es que el lector adquiera nuevos conocimientos acerca de los nervios raquídeos, mediante una lectura comprensiva y analítica. Dentro de los objetivos específicos, describir conceptos que permitan interpretar de una manera más sencilla y eficaz cada uno de los plexos nerviosos periféricos, además de detallar correctamente el proceso de recepción de señales, transporte de sensaciones y posteriormente, la respuesta por parte del órgano efector.

### Nervios raquídeos

Denominados también nervios espinales, forman parte del sistema nervioso periférico.

Constan de una estructura formada por haces de fibras nerviosas conectadas a la médula espinal que conducen información eferente - aferente y se encuentran sostenidas por tejido conectivo.

Los nervios raquídeos emergen en pares, a la derecha y a la izquierda de la médula espinal, a partir de las raíces espinales anteriores y posteriores, realizan un trayecto a través de los forámenes intervertebrales en la columna vertebral para luego ir a segmentos específicos, los cuales toman el nombre según la región de la columna vertebral que están inervando y son los siguientes:

- Ocho nervios cervicales.
- Doce nervios torácicos (dorsales).
- Cinco nervios lumbares.
- Cinco nervios sacros.
- Un nervio coccígeo

Constituyen en total treinta y un par de nervios raquídeos, que llevan el mismo número de la vértebra por encima de la cual emergen de la columna vertebral (1).

Los primeros 7 nervios del segmento cervical surgen con sus raíces numeradas de la columna vertebral por encima de cada vértebra cervical correspondiente.

La raíz del nervio de C8 brota por debajo de los cuerpos vertebrales de C7 y encima de T1. En la parte inferior, cada una de las raíces de los demás nervios espinales (T1-12, L1-5, S1-5, incluidos los coccígeos) nacen por debajo del cuerpo vertebral con el número respectivo.

Las ramas colaterales de los nervios raquídeos son:

- Ramo meníngeo del nervio espinal: destinado a la inervación de las vértebras.
- Ramo comunicante blanco: forma parte del Sistema Nervioso Autónomo.

Las ramas terminales de los nervios intervertebrales son:

- Ramo posterior, delgado, destinado a las regiones posteriores del cuerpo. De esta manera, inerva músculos profundos y piel de la superficie dorsal del tronco.
- Ramo anterior, más voluminoso, es el encargado de la inervación de los músculos y estructuras de las regiones anterolaterales del tronco y sus miembros (2).

Cada nervio espinal se encuentra conectado con la médula espinal por medio de cuatro raíces:

La raíz ventral y la raíz dorsal a la izquierda, y un par similar a la derecha; cada raíz consta de 1 a 8 raicillas.

La raíz ventral está formada por haces de fibras nerviosas que permiten llevar los impulsos desde el SNC. Estas fibras nerviosas se denominan fibras eferentes.

La raíz dorsal está formada por haces de fibras nerviosas, denominadas fibras aferentes, que conducen los impulsos nerviosos hacia el SNC (3).

### 1. Dirección de las raíces

Durante el periodo fetal hasta el tercer mes de vida, la médula espinal tiene igual longitud que el canal vertebral, sin embargo, el desarrollo longitudinal de la columna vertebral es asimétrico en comparación con el desarrollo de la médula espinal. Por ello, las raíces van aumentando su longitud conforme progresa el desarrollo del individuo.

Visto así, las raíces de los nervios raquídeos pertenecientes al segmento cervical superior contienen una estructura corta y se direccionan de manera casi horizontal, mientras que los nervios lumbares y sacros siguen su recorrido por debajo del límite de la médula (la médula en el adulto suele encontrarse al nivel de la primera o segunda vértebra lumbar) y a su vez, éstas forman una cinta vertical de nervios alrededor nombrada filum terminal o cola de caballo.

#### 1.1 Raíces dorsales

Las raíces dorsales o posteriores se originan inmediatamente por fuera de los forámenes intervertebrales, están conformadas por haces de fibras nerviosas, llamadas fibras aferentes, que llevan impulsos nerviosos hacia el sistema nervioso central.

Estas fibras corresponden con la transmisión de información específicamente las sensaciones de tacto, dolor, temperatura y vibración, por lo tanto, son sensoriales y se denominan fibras sensitivas.

Los cuerpos celulares de estas fibras nerviosas están situados en un engrosamiento de la raíz posterior denominado ganglio dorsal espinal.

#### 1.2 Raíces ventrales

Las raíces ventrales conforman las vías de salida motora de la médula espinal y constan de haces de fibras nerviosas que permiten llevar impulsos desde el sistema nervioso central. Son fibras eferentes, llamadas también fibras motoras, que se dirigen hacia los músculos esqueléticos y causan su contracción.

En la asta gris anterior de la médula espinal se encuentran sus células de origen. Los ramos anteriores en lugar de separarse y distribuirse de forma aislada como los ramos posteriores, se reúnen para conformar los plexos.

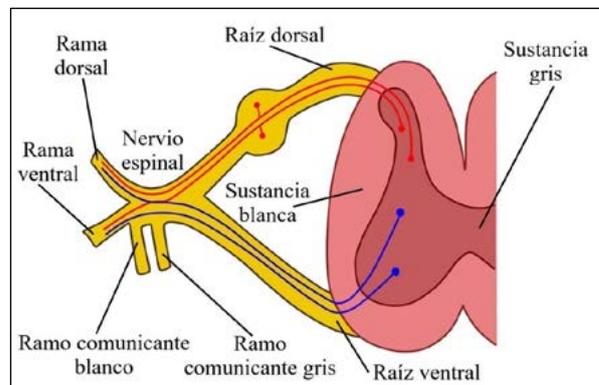


Figura 225. Raíces ventrales y dorsales de los nervios raquídeos  
Fuente: Autor

#### 2. Plexos nerviosos periféricos

Los nervios periféricos son un conjunto de nervios craneales y raquídeos. Cada nervio periférico contiene fascículos paralelos de fibras nerviosas, las cuales comúnmente se encuentran rodeadas de tejido conectivo y pueden ser amielínicas o mielínicas. La porción de un nervio espinal fuera de la columna vertebral se denomina nervio periférico (3). En su recorrido, los nervios periféricos se dividen en ramos que se conectan con nervios periféricos vecinos; cuando esto ocurre, se forma una red de nervios denominada plexo nervioso. En la raíz de los miembros, los ramos anteriores de los nervios espinales forman estos plexos y son:

- Plexo cervical
- Plexo braquial
- Plexo lumbar
- Plexo sacro coccígeo

Esto permite que las fibras nerviosas derivadas de distintos segmentos de la médula espinal se organicen y se distribuyan de manera óptima en distintos troncos nerviosos para la variedad de partes de los miembros superiores e inferiores.

Los plexos braquial y cervical dan origen a los nervios que otorgan la funcionalidad a las extremidades superiores. Ambos están conformados por raíces, ramas, troncos, fascículos y nervios periféricos.

### 2.1 Plexo cervical

El plexo cervical está constituido por los ramos anteriores o ventrales de C1, C2, C3 y C4. Se encuentra formando tres arcos anteriormente a las apófisis transversas de las tres primeras vértebras cervicales:

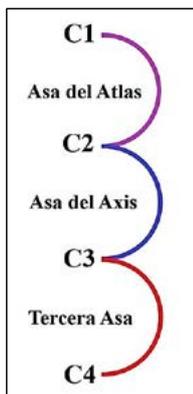


Figura 226. Asas Cervicales  
Fuente: Autor

**Asa del Atlas** - Se conforma con la unión de la rama descendente de C1 y la rama ascendente de C2

**Asa del Axis** - Se conforma con la unión de la rama descendente de C2 y rama ascendente de C3

**Tercer Asa** - Se conforma con la unión de la rama descendente de C3 y rama ascendente de C4

Limita con los músculos paravertebrales y el paquete vascular medialmente, y con el músculo elevador de la escápula lateralmente. Se encuentra cubierto por el músculo esternocleidomastoideo (2).

### El plexo cervical se divide en ramas superficiales y profundas:

#### Ramas superficiales

Forman el plexo cervical superficial. Se encuentran sobre el músculo esternocleidomastoideo y son de tipo sensitivo. Recopilan la sensibilidad de parte de la cabeza, el cuello, y la zona alta del tórax.

• **Nervio occipital menor:** Se origina del segundo arco entre el segundo y tercer nervio cervical.

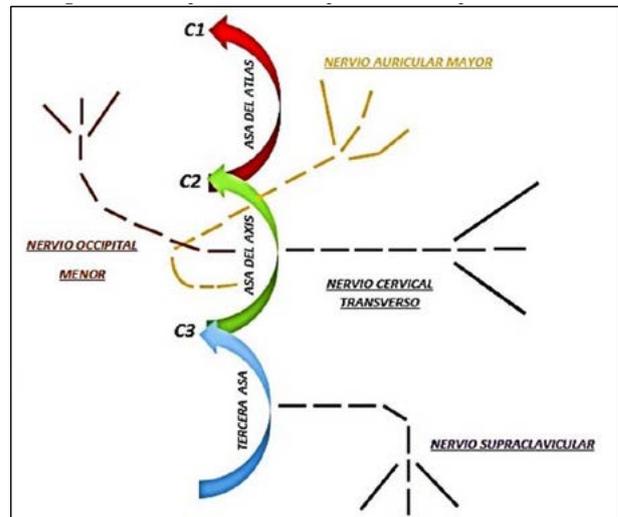


Figura 227. Esquema ramas superficiales del plexo cervical  
Fuente: Autor

Se dirige lateralmente y luego en sentido posterosuperior al músculo esternocleidomastoideo, para emitir dos ramos, el ramo anterior inerva la piel correspondiente a la región mastoidea y la zona posterior de la región temporal, mientras que su ramo posterior se dirige a la piel de la región occipital (4).

• **Nervio auricular mayor:** Al igual que el nervio precedente, surge de la segunda asa cervical. Luego de su origen se encuentra rodeando el borde posterior del músculo esternocleidomastoideo y continúa antero superiormente. A nivel del ángulo de la mandíbula emite dos ramos: el ramo anterior es destinado a inervar la glándula parótida y la piel de esta región (cara lateral de la oreja), el ramo posterior se dirige a la cara medial de la oreja y la región mastoidea (1).

• **Nervio transverso del cuello:** Tiene su origen en el asa del axis, cruza horizontalmente el esternocleidomastoideo. Los ramos terminales se distribuyen por la piel a lo largo de la región suprahiodea e infrahiodea (4).

• **Nervio supraclavicular:** Se origina a partir de la tercera asa, continúa antero inferiormente y emite ramos que se hacen superficiales a nivel del triángulo lateral del cuello. Los ramos mediales se distribuyen por los tegumentos de las regiones esternocleidomastoidea y esternal; los ramos intermedios, por las regiones supraclavi-

culares e infraclaviculares y finalmente los ramos laterales inervan la piel que cubre el muñón del hombro (5).

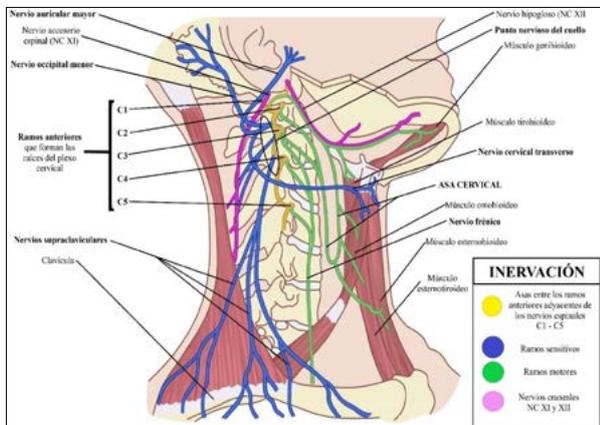


Figura 228. Plexo cervical  
Fuente: Autor

### Ramas profundas

Forman el plexo cervical profundo. Presentan una función motora, con excepción del nervio frénico (3), que contiene en su espesor algunas fibras sensitivas. Se distinguen las siguientes fibras:

**Ramos ascendentes:** emite nervios para los músculos recto lateral, recto anterior de la cabeza.

**Ramos mediales:** emite nervios para los músculos largo de la cabeza y largo del cuello.

**Ramos laterales:** generalmente forman un asa con el nervio accesorio y sus ramos están destinados a los músculos esternocleidomastoideo, trapecio, elevador de la escápula, romboides y escalenos.

Además, emite dos ramos muy importantes:

### Asa cervical (Ramo descendente)

Se conforma a partir de C2 y C3. Esta raíz inferior se une a la raíz supero- anterior de C1 que

sale del nervio hipogloso y juntos forman el asa cervical, que emite ramos que inervan los músculos infrahioideos (5); excepto el tirohioideo que es inervado por nervio hipogloso.

### Nervio frénico (Rama terminal)

Se conforma principalmente por la raíz anterior de C4, aunque puede recibir aportes de C3 y C5 (1). Luego de su nacimiento, se dirige por el borde lateral del escaleno anterior a la altura del borde superior de la cavidad torácica pasando por delante de la arteria subclavia. En la cavidad torácica desciende aplicado contra la pleura, se dirige hacia el mediastino anterior y llega finalmente a la cara superior del diafragma.

El nervio frénico es un nervio mixto, por lo tanto, tiene la capacidad de enviar eferencias y recibir aferencias sensitivas. Se encarga de proporcionar información de tipo motora al diafragma, además de detectar información procedente de la vena cava, el pericardio, la pleura, la cápsula de Glisson y el área peritoneal subdiafragmática (6).

La porción motora del nervio frénico cumple otras funciones además de controlar la respiración, tales como la deglución, vocalización y expectoración de las vías respiratorias (7).

A medida que continúa con su trayecto, realiza varias anastomosis: nervio vago, nervio subclavio, asa cervical, ganglio estrellado, nervios craneales XII y XI, nervio supraclavicular, y nervio esternohioideo (6). Los porcentajes de estas anastomosis pueden variar, dependiendo de la presencia de los nervios frénicos accesorios.

**Comunicaciones:**

Comunicación con el tronco simpático: a través de 3 o 4 ramos que se dirigen hasta el ganglio cervical superior.

- **Con el nervio accesorio:** mediante ramos procedentes de la segunda asa cervical o del tercer nervio cervical. Proporcionan inervación sensitiva a los músculos esternocleidomastoideo y trapecio.
- **Con el nervio hipogloso:** mediante un ramo procedente de la primera asa cervical y otro desde el ramo descendente del plexo.

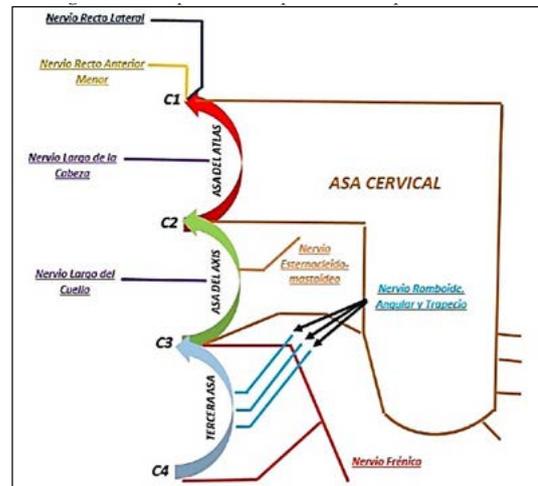


Figura 229. Esquema ramas profundas del plexo cervical  
Fuente: Autor

Tabla 31. Plexo cervical

PLEXO CERVICAL Origen: Ramas anteriores o verticales de C1-C4	ASA DEL ATLAS C1-C2	2 RAMAS	RAMA SUPERFICIAL			RAMA PROFUNDA		
			Nervio	Origen	Inervación	Nervio	Origen	Inervación
			Occipital menor	Asa del Axis	Piel del cuello y la piel cabelluda posterosuperior a la clavícula.	Ramas ascendentes	C1	Músculo recto lateral y recto anterior de la cabeza



**Inervación:** Inerva los hombros y miembros superiores.

Los 5 ramos terminales del plexo braquial inervan los siguientes músculos:

- **Nervio axilar:** Inerva a los músculos deltoides y redondo menor.
- **Nervio musculocutáneo:** Inerva los músculos flexores del brazo (braquial, bíceps braquial y coracobraquial).
- **Nervio radial:** Inerva los músculos de la región posterior del brazo y del antebrazo.
- **Nervio mediano:** Inerva la mayoría de los músculos de la región anterior del antebrazo y algunos músculos de la mano.
- **Nervio cubital:** Inerva a los músculos de la región anteromedial del antebrazo y la mayoría de los músculos de la mano.

A continuación, se presentan las principales divisiones del plexo braquial:

Troncos del plexo braquial

Las ramas anteriores que están en contacto con la porción inferior del cuello darán origen 3 troncos (8):

- **Tronco Superior:** Conformado por la unión del ramo anterior de C5 y C6.
- **Tronco Medio:** Únicamente formado por el ramo anterior de C7.
- **Tronco Inferior:** Conformado por la unión del ramo anterior de C8 y T1.

### Fascículos del Plexo Braquial

Los troncos se dividirán en la cara posterior de la clavícula, en las divisiones anterior y posterior. A nivel axilar, las divisiones anterior y posterior se reúnen para dar paso a los fascículos lateral, medial y posterior, esto acorde a la arteria axilar, que irriga al miembro superior.

• **Fascículo lateral:** Denominado también como tronco secundario anteroexterno o medio musculocutáneo, se encuentra compuesto por las divisiones anteriores del tronco superior y medio, y da origen al nervio musculocutáneo y la raíz lateral externa del nervio mediano.

• **Fascículo medial:** Denominado también como tronco secundario anterointerno o mediocubito-cutáneo, está compuesto por la división anterior del tronco inferior, y da origen a la raíz central interna del nervio mediano, el nervio cubital y el nervio cutáneo medial del antebrazo y del brazo.

• **Fascículo posterior:** Denominado también como tronco secundario posterior o radiocircunflejo, está compuesto por las divisiones posteriores de los tres troncos principales, y del mismo emergen el nervio axilar o circunflejo y el nervio radial (9).

### Ramas colaterales supraclaviculares

#### a. Ramas de las raíces:

- N. torácico largo.
- N. dorsal de la escápula.
- N. para los músculos largos del cuello y escalenos.
- Colateral para el N. frénico.

#### a) Ramas de los troncos:

- N del musculo subclavio
- N. supraescapular

### Ramas terminales y colaterales infraclaviculares

**Fascículo lateral:** Tiene 3 ramas:

- N. musculocutáneo (rama terminal).
- Raíz lateral externa del nervio mediano (rama terminal).
- N. pectoral mayor (rama colateral).

**Fascículo posterior:** Tiene 5 ramas:

- N. axial o circunflejo (rama terminal).
- N. radial (rama terminal).
- N. subescapular superior (rama colateral).
- N. subescapular inferior (rama colateral).
- N. del dorsal ancho o toracodorsal (rama colateral).

**Fascículo medial:** Tiene 5 ramas:

- Nervio cubital (rama terminal).
- Raíz central interna del nervio mediano (rama terminal).

- N. cutáneo medial de antebrazo (rama colateral).
- N. cutáneo medial del brazo (rama colateral).
- N. pectoral menor (rama colateral).

## Ramas terminales

### 1. Nervio musculocutáneo o perforante del coracobraquial de Casserio

Es una rama terminal principal del fascículo lateral, que nace de la fosa axilar por detrás del músculo pectoral menor, y por encima y lateral al nervio mediano y la arteria axilar. Después de haber emergido del plexo, recorre el tendón subescapular dirigiéndose oblicuamente para penetrar e inervar el músculo coracobraquial. Luego de haber perforado este músculo se dispone entre el bíceps braquial anteriormente y el braquial posteriormente, a los que también inerva (2). De esta manera, permite realizar el movimiento flexión del antebrazo sobre el brazo. Además de sus ramos musculares, también dispone ramos vasomotores y sensitivos: para el húmero, articulación del codo, arterias axilar y braquial (5).

En la fosa del codo se divide en sus dos ramas terminales:

- **Rama anterior:** Recoge información sensitiva de la piel correspondiente a la región anterolateral del antebrazo, avanzando hasta la cara lateral de la eminencia tenar (1).
- **Rama posterior:** Proporciona inervación para la piel de la región posterolateral antebrazo (9).

### 2. Nervio axilar

Considerado el nervio terminal más pequeño del plexo braquial, se forma en la fosa axilar a partir del fascículo posterior. Discurre en sentido posterior a los vasos axilares, deslizándose por la superficie anterior del músculo subescapular e inferiormente a la cápsula de la articulación

glenohumeral. Se dirige hacia la región posterior realizando una curva cóncava hacia arriba y adelante.

Suministra ramas colaterales y terminales (4)

- **Ramas colaterales:** corresponden al nervio del redondo menor y el ramo cutáneo del hombro, el cual se distribuye por la piel del muñón del hombro, así como la cara externa del brazo.

- **Ramas terminales:** son numerosos filetes nerviosos que se distribuyen en el músculo deltoideos.

### 3. Nervio mediano

Formado por las raíces lateral externa y central interna de los fascículos lateral y medial respectivamente. En sentido lateral es más externa y gruesa, y medialmente desciende en el paquete neurovascular medial del brazo, acompañado del nervio cubital y la arteria braquial. Luego de recorrer la fosa del codo sigue un trayecto oblicuo, hacia abajo y medialmente, continúa su descenso hasta ingresar al túnel carpiano y llega finalmente hasta la región palmar media (5).

El nervio mediano suministra ramas colaterales y terminales (5).

### Ramas colaterales

- **A nivel del codo:**

Ramos articulares: para la articulación del codo.  
Ramos musculares: nervio superior del pronador redondo.

- **En el tercio superior del antebrazo:**

Un haz de nervios para los músculos del compartimiento anterior del antebrazo, con excepción del flexor cubital del carpo y la parte medial del flexor profundo de los dedos (inervados por el nervio cubital).

Nervio interóseo: proporciona inervación específica al músculo pronador cuadrado, algunos filetes para los músculos flexor largo del pulgar y el flexor profundo de los dedos, así como, para la articulación radiocarpiana.

- **En el tercio inferior del antebrazo:**

Ramo palmar: se distribuye en piel de la eminencia tenar y de la región palmar media.

#### Ramas terminales

- Primer ramo, ramo tenar o nervio digital palmar
- Segundo ramo o nervio digital palmar lateral del pulgar
- Tercer ramo o nervio digital palmar común del primer espacio interóseo
- Cuarto ramo o nervio digital palmar común del segundo espacio interóseo
- Quinto ramo o nervio digital palmar común del tercer espacio interóseo
- Nervios digitales palmares propios.

#### 4. Nervio radial

El nervio radial constituye la continuación del fascículo posterior del plexo braquial. Sus fibras derivan de las raíces C5, C6, C7, C8 y T1 (1).

#### Trayecto

Nace de la fosa axilar, atravesando la parte inferior de la misma. Al alcanzar el brazo, se dirige inferior, posterior y lateralmente, este se inserta en el surco del nervio radial del humero en la cara posterior del hueso (10). Transcurre en el surco bicipital lateral y llega a la proximidad de la interlínea articular del codo, en la que se divide en dos ramos terminales (1).

#### Ramos colaterales:

- Nervio cutáneo braquial posterior.
- Nervio de la cabeza larga del tríceps.
- Nervio de la cabeza medial del tríceps y ancóneo.
- Nervio de la cabeza lateral del tríceps.
- Ramo cutáneo braquial lateral inferior.
- Nervio del músculo braquiorradial.
- Nervio del músculo extensor radial largo del carpo.
- Nervio del braquial.

#### Ramos Terminales

El nervio radial se bifurca a nivel de la articulación del codo en dos ramos terminales que son:

un ramo superficial, anterior o sensitivo y otro ramo profundo, posterior o motor (1).

- **Ramo superficial:** Desciende profundo al músculo braquiorradial, siendo cubierto por la vaina de este músculo. Se ubica en los dos tercios superiores del antebrazo, lateral a la arteria radial (10). En la cara profunda del músculo braquiorradial cruza, de arriba hacia abajo; al supinador, pronador redondo, y, por último, al flexor largo del pulgar. En el tercio inferior del antebrazo, este ramo perfora la fascia antebraquial y se hace subcutáneo. Aquí se divide en tres ramos: Lateral, intermedio y medial.

- **Ramo profundo:** Se dirige inferior, posterior y lateral penetrando en músculo supinador 2 cm inferior a la interlínea del codo y alcanza la región posterior del antebrazo, atravesando este músculo y proporcionándole algunos ramos (2).

El nervio surge por el borde posteroinferior del supinador entre los dos planos musculares de la región posterior del antebrazo y se amplía en diversos ramos (1): para el músculo extensor radial corto del carpo y para el supinador. Una vez que emerge del supinador emite algunos ramos: ramos posteriores para los músculos del plano superficial (extensor del dedo, extensor del meñique y extensor cubital del carpo) y ramos anteriores para los cuatro músculos del plano profundo (abductor largo del pulgar, extensor corto del pulgar, extensor largo del pulgar y extensor del índice).

#### Funciones

**Acción motora:** Es el nervio de la extensión:

- Del antebrazo sobre el brazo.
- De la mano sobre el antebrazo.
- De los dedos (falange proximal).

**Acción sensitiva:** Proporciona sensibilidad al territorio cutáneo del radial, siendo este posterior en el brazo y antebrazo, y dorsal a nivel de la mano y de los dedos (2).

## 5. Nervio cubital

Nace del fascículo medial o tronco secundario anterointerno. Sus fibras parten del octavo nervio cervical y primer nervio torácico. Este nervio desciende en el brazo oblicuamente en sentido inferior y posterior, pasando posterior al epicóndilo medial, se dirige inferior y anterior, y discurre en lado anteromedial del antebrazo hasta el borde lateral del hueso pisiforme. Inferior a este hueso se divide en sus ramos terminales (10).

### Ramos colaterales

En el brazo, el nervio cubital no da origen a ningún ramo colateral (4). A nivel del antebrazo proporciona:

- Ramos articulares para la articulación del codo
- Ramos musculares para el flexor cubital del carpo y el flexor profundo de los dedos.
- Ramos de la arteria cubital
- Ramo dorsal del nervio cubital (sensitivo): Inerva la mitad medial de la cara dorsal de la mano.

### Ramos terminales

Este nervio se divide en la región anterior del carpo, en dos ramos terminales, uno superficial y otro profundo.

- **Ramo superficial:** Desciende anterior a la

eminencia hipotenar recubierto por la fascia hipotenar. Proporciona un pequeño ramo que atraviesa la fascia e inerva el músculo palmar corto. A continuación, éste se divide en dos ramos secundarios, uno medial que se convierte en el nervio digital palmar medial del meñique y otro lateral que es el nervio digital palmar común del cuarto espacio interóseo (10).

- **Ramo profundo:** Acompaña la rama profunda palmar de la arteria cubital y pasa profundamente al arco de los músculos de la eminencia hipotenar. Éste va a inervar los músculos aductores del meñique, flexor corto del meñique y oponente del meñique, así como los dos últimos lumbricales. El ramo profundo termina proporcionando tres ramos destinados al músculo abductor del pulgar a los primeros músculos interóseos palmares y dorsales, y a la cabeza profunda del músculo flexor corto del pulgar.

### Funciones

- **Acción motora:** Proporciona el control de algunos músculos del antebrazo y de la mano por medio de sus ramos superficial y profunda.
- **Acción sensitiva:** Inerva la piel de la mitad medial de la cara dorsal de la mano (10).

Tabla 32. Plexo braquial

Ramos terminales y colaterales del plexo braquial					
Ramas	Nervio	Rama anterior de los nervios	Tronco	Fascículo	Inervación
Ramos terminales	Musculocutáneo	C5, C6, C7	Superior	Lateral	Motora: M. coracobraquial, bíceps braquial y braquial. Sensitiva: Piel de la cara lateral del antebrazo
	Axilar	C5, C6	Superior, medio e inferior	Posterior	Motora: M. deltoides y redondo menor Sensitiva: Piel de la zona lateral del deltoides
	Mediano	C5 a T1	Superior, medio e inferior	Medial y lateral	Función motora: todos los músculos del compartimento anterior del antebrazo. Función sensitiva: piel de la superficie palmar de los 3 dedos laterales.

	Radial	C5 a T1	Superior, medio e inferior	Posterior	Motora: M. del compartimiento posterior del brazo y antebrazo Sensitiva: Piel de la cara posterior e inferolateral del brazo, cara posterior del antebrazo y dorso de la mano.
	Cubital	C8 a T1	Inferior	Medial	Motora: M flexor cubital del carpo, mitad cubital del flexor profundo de los dedos, músculos intrínsecos de la mano, excepto los primeros dos lumbricales y los de la eminencia tenar. Sensitiva: Aspecto palmar del tercio medial de la mano y dedos meñique y anular
Ramas colaterales supraclaviculares de las raíces	Torácico largo	C5 a C7	-	-	Motora: serrato anterior
	Dorsal de la escápula	C5	-	-	Motora: romboide mayor y menor.
Ramas colaterales supraclaviculares de los troncos	Supraescapular	C5, C6	Superior	-	Motora: músculo subclavio
	Subclavio	C5, C6	Superior	-	Motora: supraespinoso infraespinoso
Ramas terminales y colaterales infraclaviculares del fascículo lateral	Pectoral mayor	C5 a C7	Superior	Lateral	Motora: Músculo pectoral mayor
Ramas terminales y colaterales infraclaviculares del fascículo posterior	Subescapular superior	C5, C6	Superior, medio e inferior	Posterior	Motora: Músculo subescapular y redondo mayor
	Subescapular inferior	C5, C6	Superior, medio e inferior	Posterior	Motora: Músculo subescapular y redondo mayor
	Del dorsal ancho o toracodorsal	C6 a C8	Superior, medio e inferior	Posterior	Motora: Músculo dorsal ancho
Ramas terminales y colaterales infraclaviculares del fascículo medial	Cutáneo medial de antebrazo	C8 a T1	Inferior	Medial	Motora: Piel del lado medial del antebrazo
	Cutáneo medial del brazo	C8 a T1	Inferior	Medial	Motora: Piel del lado medial del brazo
	Pectoral menor	C8 a T1	Inferior	Medial	Motora: Pectoral menor

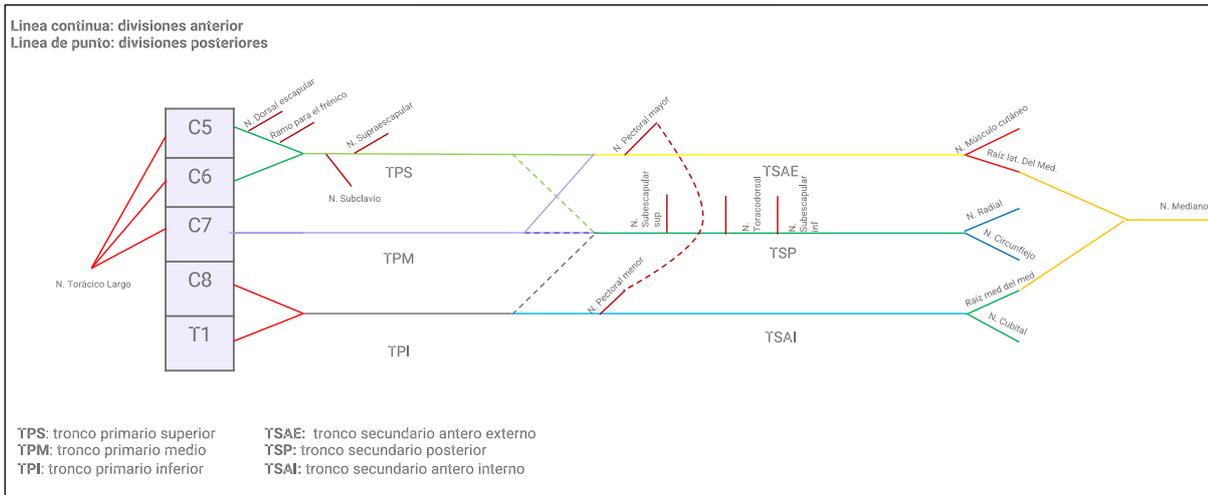


Figura 230. Esquema plexo braquial  
Fuente: Autor

### 2.3. Nervios intercostales (ramos anteriores de los nervios torácicos)

Los ramos anteriores de los nervios espinales T2-T12, que no forman plexos, se conocen como nervios intercostales o torácicos. Estos se conectan directamente con las estructuras que inervan en los espacios intercostales, son mixtos y se los numera como la costilla suprayacente.

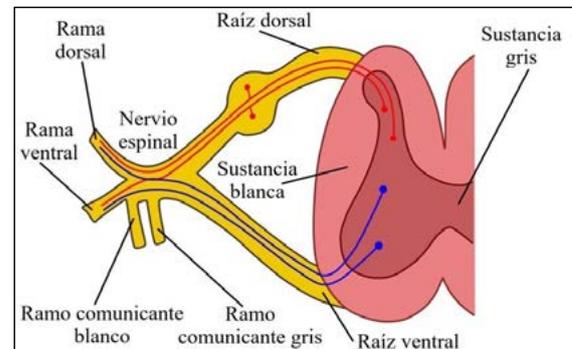


Figura 232. Raíces ventrales y dorsales de los nervios raquídeos  
Fuente: Autor

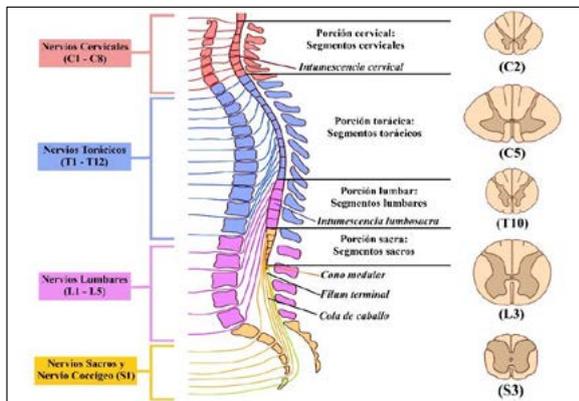


Figura 231. División de los nervios raquídeos  
Fuente: Autor

### Origen

Las raíces ventrales y dorsales de la médula espinal se unen en y forman el nervio espinal, posteriormente este atraviesa el foramen interventricular o agujero de conjunción y al salir de este el nervio se divide en dos ramas una rama ventral o anterior y una rama dorsal o posterior. El ramo anterior es el nervio intercostal propiamente dicho.

### Trayecto y relaciones

Cuando sale del agujero intervertebral, el nervio se divide en un ramo posterior y un ramo anterior o nervio intercostal.

Después, penetran en el espacio intercostal por delante y luego medial al músculo intercostal externo, y lateral al músculo intercostal íntimo.

El pasaje del nervio intercostal separará al músculo intercostal interno del músculo intercostal íntimo (2).

Posteriormente, se dirige hacia arriba, al surco costal suprayacente, donde se encuentra por debajo de la arteria y de la vena intercostal.

Sigue la concavidad torácica y termina: para los seis primeros nervios, por un ramo cutáneo anterior que emerge cerca del borde lateral del esternón, y para los cinco nervios siguientes, por un ramo que penetra en la pared abdominal anterolateral (entre el músculo oblicuo interno del

abdomen y el músculo transverso) y termina en la cara posterior, cerca del borde lateral del músculo recto del abdomen al que inerva (2).

### Distribución

El nervio intercostal emite una serie de ramos que son:

**Ramos colaterales:** Se distinguen ramos musculares y ramos cutáneos.

- **Ramos musculares:** Inervan los músculos intercostales, elevadores de las costillas y transverso del tórax.

- **Ramos cutáneos:** Son dos: ramo cutáneo lateral o perforante lateral y el ramo cutáneo anterior.

- **Ramo cutáneo lateral:** Discurre entre los músculos intercostales íntimo y externo, y después entre los intercostales interno y externo.
- **Ramo cutáneo anterior:** Es considerado el ramo terminal del nervio. Al llegar al extremo anterior del espacio intercostal, el nervio atraviesa el músculo intercostal interno y los músculos que cubren los espacios intercostales, y se divide en dos ramas terminales, una medial y otra lateral (2).

**Ramos terminales:** Los seis primeros nervios intercostales dan un nervio cutáneo anterior, sensitivo, que atraviesa el músculo pectoral mayor e inerva la región mamaria. Los seis últimos nervios intercostales terminan por un ramo motor en los músculos anchos del abdomen, oblicuo externo e interno del abdomen.

Además, este ramo aporta ramificaciones sensitivas para la pleura diafragmática y la piel de la región anterolateral superior del abdomen (2).

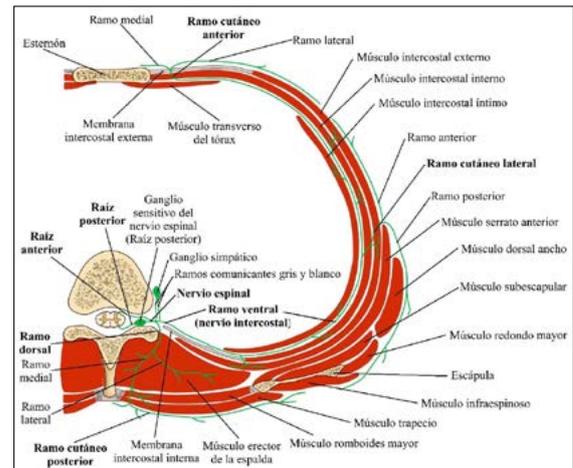


Figura 233. Ramos cutáneo- musculares de los nervios intercostales

Fuente: Autor

### Comunicaciones

Con el tronco simpático torácico entre sí por los ramos yuxtavertebrales; con el plexo braquial arriba y el plexo lumbar abajo, y con el nervio cutáneo braquial medial por el segundo cutáneo lateral (2).

### Características particulares de los nervios intercostales

#### Nervios intercostales T4 - T6 (Típicos)

Se dividen en dos ramos terminales: el cutáneo que es el ramo cutáneo anterior, y el muscular, que termina en el músculo transverso del tórax. Se extienden a lo largo de los surcos costales y luego ingresan en los músculos intercostales y en la piel de la región anterolateral de la pared torácica (2).

#### Nervios intercostales T1 - T3 (Especiales)

Son denominados también especiales por que aparte de inervar el tórax también inervan el miembro superior porque emiten ramos que se unen al plexo braquial.

- **T1:** Es el nervio más grueso de los nervios intercostales, pero a lo largo de su trayecto es el más fino porque este nervio se divide en dos ramas una superior e inferior. Este se ubica por debajo de la primera costilla, adyacente a la pleura parietal. Participa casi en su totalidad en la constitución del plexo braquial por medio de una comunicación que rodea el borde medial de la primera costilla y se une al octavo nervio cervical. El resto de este nervio se separa de su comunicante inferiormente al borde medial de la primera costilla formando un cordón delgado que constituye el nervio propiamente dicho (2). Inerva los músculos intercostales y termina por una rama cutánea anterior. Este nervio no contribuye a ningún ramo cutáneo lateral (2).

- **T2:** Cruza la cara medial de la segunda costilla y penetra ligeramente en el primer espacio intercostal y luego alcanza el segundo espacio. Emite un ramo cutáneo lateral que inerva la piel de la pared torácica, a nivel de la axila y de la cara medial del brazo, se une con el nervio cutáneo braquial para formar el nervio intercostobraquial (2).

### Nervios intercostales T7 - T11 (Toracoabdominales)

Su trayecto no es horizontal como los otros nervios, sin embargo, es muy parecido; viajan como nervios intercostales hasta que pasan por atrás de los cartílagos costales para penetrar en el músculo transverso y oblicuo interno (8). Estos proporcionan uno por uno filetes al diafragma. Brindan inervación a los músculos intercostales y a los músculos abdominales, y también a la piel que los cubre (2).

### Nervio intercostal T12 (Subcostal)

Es considerado como un nervio lumbar, debido a que no ocupa un espacio intercostal, sino que es un nervio subcostal. Éste cruza por delante del cuadrado lumbar y por detrás de la pleura, del riñón y de la glándula suprarrenal. Luego de

cruzar el músculo cuadrado lumbar, perfora el músculo transverso del abdomen para penetrar en la pared abdominal e inervar sus músculos, además de contribuir inervación al músculo piramidal. Este da un ramo perforante lateral o cutáneo lateral, también denominado ramo glúteo que inerva los tegumentos de la región glútea.

### Anatomía funcional

**A. Actividad motora:** la inervación de los músculos intercostales y la de los músculos de la pared abdominal tiene enorme valor funcional en los planos respiratorio y digestivo, así como sobre la estática del tronco (5).

**B. Actividad sensitiva:** el territorio sensitivo de cada nervio intercostal está representado por una banda paralela al espacio intercostal correspondiente, cuya disposición metamérica permite localizar ciertos procesos patológicos espinales. Este territorio puede presentar vesículas en la zona intercostal (5).

**C. Actividad vegetativa:** se manifiesta sobre los vasos intercostales y sobre el tono de los músculos inervado.

### 2.4. Plexo Lumbar

El plexo lumbar es el conjunto de las uniones de las raíces anteriores de los tres primeros nervios lumbares (L1, L2, L3) y de una parte del ramo anterior del cuarto nervio lumbar (L4) (11). También el 50% de la población recibe una pequeña rama del nervio subcostal (T12).

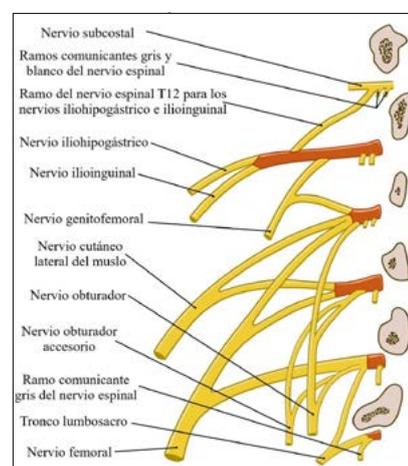


Figura 234. Plexo lumbar  
Fuente: Autor

**Situación:** El plexo lumbar se encuentra ubicado en el ángulo vertebrocostiforme, entre los planos de inserción del músculo psoas, situándose por delante del vertebral y por atrás del plano costiforme (1).

**Trayecto:** El plexo lumbar comienza su trayecto a ambos lados de las cuatro primeras vértebras lumbares, pasando oblicuamente hacia afuera, entre las porciones superficial y profunda del músculo psoas mayor, cruzando también por delante del cuadrado lumbar, para dar origen finalmente a sus nervios periféricos (1).

**Inervación:** El plexo lumbar se encarga de inervar parte de los miembros inferiores, genitales externos y pared anterolateral del abdomen.

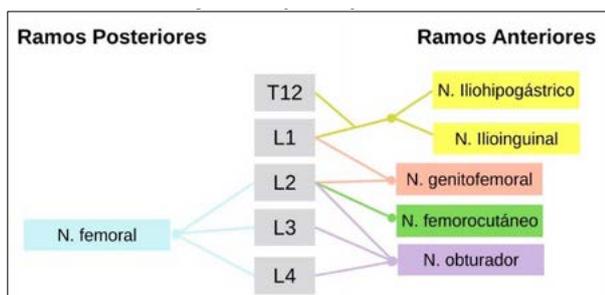


Figura 235. Esquema del plexo lumbar  
Fuente: Autor

### Ramos colaterales:

**Ramos cortos:** Son ramos con función motora que están destinados a los músculos intertransversos, músculo psoas y cuadrado lumbar.

**Ramos largos:** Corresponden a los nervios iliohipogástrico, ilioinguinal, genitofemoral y femorocutáneo.

#### • Nervio iliohipogástrico

Luego de su origen en el primer nervio lumbar, se dirige oblicuamente en dirección lateral e inferior, atraviesa el músculo psoas mayor, se desliza por el músculo cuadrado lumbar y perfora el músculo transverso del abdomen, y su fascia, para situarse entre este músculo y el oblicuo interno (4).

Continúa su trayecto a lo largo de la cresta ilíaca y se divide en tres ramos:

**Ramo perforante:** Se distribuye por la piel del glúteo.

**Ramo abdominal:** Proporciona dos filetes, el primero se distribuye por la piel del lado externo del recto mayor, mientras que, el segundo se distribuye en los músculos y tegumentos correspondientes al abdomen en su parte inferior (12).

**Ramo genital:** Sus ramos mediales se distribuyen en el pubis y el escroto o labios mayores. Su ramo lateral se dirige a la piel del muslo en la región superomedial (12).

#### • Nervio ilioinguinal

Tiene su origen en el primer nervio lumbar, atraviesa el músculo psoas mayor en su parte posterior y superior y se dirige hacia inferior y lateral. Se desliza anteriormente al músculo cuadrado lumbar. Bordea la cresta ilíaca y penetra en la pared abdominal. Posee 2 ramos:

**Ramo genital:** Se introduce en el conducto inguinal para distribuirse en los tegumentos del pubis, escroto o labios mayores.

**Ramo abdominal:** Ramos musculares, inervan los músculos de la pared anterolateral del abdomen. Ramos perforantes cutáneos, tegumentos de la pared abdominal.

#### • Nervio genitofemoral

Tiene su origen en el segundo nervio lumbar. Atraviesa el músculo psoas mayor, se desliza anterior a él y se divide en dos ramos (4):

**Ramo genital:** Ingresa al orificio del conducto inguinal y se ubica en el espesor del músculo cremáster. Luego se distribuye por la piel del escroto o los labios mayores.

**Ramo femoral:** Se distribuye por la piel correspondiente al triángulo de Scarpa.

• **Nervio femorocutáneo**

Se origina ordinariamente en el segundo nervio lumbar. Atraviesa el músculo psoas mayor, se desliza por el músculo ilíaco y emerge de la pelvis a través de la escotadura innominada (4). Se divide en dos ramos:

**Ramo glúteo:** Se distribuye por la piel del glúteo.

**Ramo femoral:** Desciende hasta la altura de la rodilla y se ramifica por la piel de la región anteroexterna del muslo.

Tabla 33. Ramos colaterales del plexo lumbar

	Ramos anteriore	Nervios	Ramas	Función
Ramos Colaterales	Ramos cortos	Ramos con función motora que están destinados a los músculos intertransversos, músculo psoas y cuadrado lumbar.		
	Ramos largos	Nervio iliohipogástrico	Ramo perforante	Se distribuye por la piel del glúteo.
			Ramo abdominal	El primer filete se distribuye por la piel del lado externo del recto mayor, mientras que, el segundo se distribuye en los músculos y tegumentos correspondientes al abdomen en su parte inferior.
			Ramo genital	Sus ramos mediales se distribuyen en el pubis y el escroto o labios mayores. Su ramo lateral se dirige a la piel del muslo en la región superomedial.
		Nervio ilioinguinal	Ramo genital	Se introduce en el conducto inguinal para distribuirse en los tegumentos del pubis, escroto o labios mayores.
			Ramo abdominal	Ramos musculares, inervan los músculos de la pared anterolateral del abdomen. Ramos perforantes cutáneos, tegumentos de la pared abdominal.
		Nervio genitofemoral	Ramo genital	Ingresa al orificio del conducto inguinal y se ubica en el espesor del músculo cremáster. Luego se distribuye por la piel del escroto o los labios mayores.
			Ramo femoral	Se distribuye por la piel correspondiente al triángulo de Scarpa
		Nervio femorocutáneo	Ramo glúteo	Se distribuye por la piel del glúteo.
			Ramo femoral	Desciende hasta la altura de la rodilla y se ramifica por la piel de la región anteroexterna del muslo.

**Ramos terminales:**

• **Nervio femoral (o crural)**

Se origina a partir de L2, L3 y L4. Atraviesa el músculo psoas mayor, emerge lateralmente y se insinúa en el surco formado entre este músculo y el ilíaco. A nivel del ligamento femoral emite sus ramos principales: el nervio cutáneo anterior lateral, el nervio cutáneo anterior medial, el ner-

vio del músculo cuádriceps femoral y el nervio safeno. En la cavidad pelviana emite tres ramos colaterales: nervio del iliopsoas, nervios de la arteria femoral, nervio del pectíneo (4).

**Ramos terminales del nervio femoral:**

**Nervio cutáneo anterior medial:** Emite ramos musculares, para los músculos pectíneo y aductor corto, y ramos cutáneos que se dirigen a la

piel de la parte medial y superior del muslo.

**Nervio cutáneo anterior lateral:** Proporciona ramos musculares para el sartorio. Además, emite tres ramos cutáneos: ramos cutáneos anteriores superior y medio, que se distribuyen en la piel de la región anterior del muslo y el ramo cutáneo accesorio del nervio safeno (12).

**Nervio del músculo cuádriceps femoral:** Emite 4 ramos que se dirigen a las porciones del músculo cuádriceps femoral: recto femoral, vasto lateral, vasto medial, intermedio (5).

**Nervio safeno:** Suministra varios ramos colaterales: ramo cutáneo femoral destinado a la piel de la cara medial del muslo y de la rodilla, ramo cutáneo tibial, para la piel de la región medial de la pantorrilla y ramo articular para la articulación de la rodilla (12). Sus ramos terminales son: el ramo infrarrotuliano, que se distribuye por la cara anterior de la rodilla y el ramo cutáneo anterior inferior, que atraviesa el músculo sartorio.

#### • Nervio obturador

Se origina a partir de los nervios L2, L3, L4. Emerge del músculo psoas mayor, posterior y medialmente, cruza la articulación sacroilíaca e ingresa a la pelvis mediante el agujero obturador (5).

**Ramos colaterales:** Ramos articulares, destinados a la región anteromedial de la articulación de la cadera y el nervio del músculo obturador externo.

**Ramos terminales:** Ramo anterior, emite tres ramos musculares, para el aductor corto, aductor largo y músculo grácil. Además, proporciona un ramo cutáneo que se distribuye por piel de la cara medial del muslo. Ramo posterior, proporciona ramos musculares para el músculo aductor mayor y obturador externo, además de ramos articulares que van a la articulación coxofemoral (5).

Tabla 34. Ramos terminales del plexo lumbar

	Nervios	Ramos	Nervios	Función
Ramos terminales	Nervio femoral	Ramos principales terminales	Nervio cutáneo anterior medial	Emite ramos musculares, para los músculos pectíneo y aductor corto, y ramos cutáneos que se dirigen a la piel de la parte medial y superior del muslo.
			Nervio cutáneo anterior lateral	Proporciona ramos musculares para el sartorio. Además, emite tres ramos cutáneos: ramos cutáneos anteriores superior y medio, que se distribuyen en la piel de la región anterior del muslo y el ramo cutáneo accesorio del nervio safeno.
			Nervio del cuádriceps femoral	Emite 4 ramos que se dirigen a las porciones del músculo cuádriceps femoral: recto femoral, vasto lateral, vasto medial, intermedio
			Nervio Safeno	Suministra varios ramos colaterales: ramo cutáneo femoral destinado a la piel de la cara medial del muslo y de la rodilla, ramo cutáneo tibial, para la piel de la región medial de la pantorrilla y ramo articular para la articulación de la rodilla. Sus ramos terminales son: el ramo infrarrotuliano, que se distribuye por la cara anterior de la rodilla y el ramo cutáneo anterior inferior, que atraviesa el músculo sartorio.
		Ramos colaterales	Nervio del iliopsoas, nervios de la arteria femoral, nervio del pectíneo.	
	Nervio obturador	Ramos colaterales	Ramos articulares, destinados a la región anteromedial de la articulación de la cadera y el nervio del músculo obturador externo	
Ramos terminales		Ramo anterior, emite tres ramos musculares, para el aductor corto, aductor largo y músculo grácil. Ramo cutáneo que se distribuye por piel de la cara medial del muslo. Ramo posterior, proporciona ramos musculares para el músculo aductor mayor y obturador externo, además de ramos articulares que van a la articulación coxofemoral		

### 2.5. Plexo Sacro

Conjunto de nervios espinales que se encargan de inervar los miembros inferiores, glúteos y la pelvis, los cuales están formados desde L4 a S4, convergiendo así, a manera de un abanico y dando su rama terminal que corresponde al nervio ciático.

Por otra parte, algunos autores incluyen al plexo pudendo dentro del plexo sacro, dado que se forma de los segmentos de S3-S4, este va a inervar el periné y los genitales, algunos autores incluyen el plexo pudendo y los que no, el plexo sacro se extiende desde L4 al S1 (2).

## Constitución anatómica

Se debe aclarar que el plexo sacro se forma de las ramas anteriores de los nervios L4-S:

- **Tronco lumbosacro:** Ubicado en la fosa iliolumbar, formado por los ramos anteriores de L4 a L5. También, proporciona una rama para comunicarse con S1 (4).
- **S1:** Recibe al tronco lumbosacro y se une oblicuamente con S2.
- **S2:** Recibe a S2 y envía un ramo comunicante vertical hacia S3.
- **S3:** Recibe el ramo comunicante de S2.
- **S4:** Cuando sale del sacro se divide en un ramo ascendente que se une a S3 y forma parte del plexo sacro; y un ramo descendente que se dirige hacia S5 y forma parte del plexo coccígeo.

Es así que, el nervio ciático tiene su origen en L4-S3 y el nervio pudendo en S2-S4.

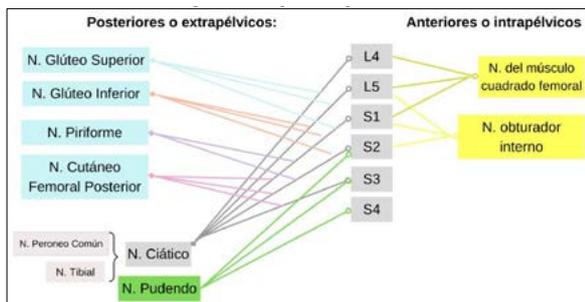


Figura 236. Esquema del plexo sacro  
Fuente: Autor

## Relaciones del plexo sacro

El plexo sacro se sitúa en la pelvis y descansa por detrás sobre el músculo piramidal o piriforme; por delante, lo cubre la aponeurosis pélvica; en la parte medial está en relación con el recto y con la cadena simpática sacra que desciende por dentro de los agujeros sacros; por fuera el vértice del plexo sacro toca el borde anteroinferior de la escotadura ciática mayor.

Por otra parte, está en relación con los vasos hipogástricos o también llamados vasos de la arteria iliaca interna, que son: la arteria glútea inferior, arteria glútea superior, arteria sacra lateral superior, arteria sacra lateral inferior y arteria pudenda interna.

## Comunicaciones

- **Con el plexo lumbar:** mediante la rama anterior de L4 que forma parte del plexo lumbar, pero también da una rama que se anastomosa con L5 y forma el tronco lumbosacro.
- **Con el plexo coccígeo:** por la rama anterior de S4 que da un ramo descendente que se une a S5 y forman parte del plexo coccígeo, pero también da un ramo ascendente que contribuye al plexo sacro.
- **Con los ganglios simpáticos:** el plexo sacro brinda filetes nerviosos que van desde las ramas del plexo hasta los ganglios simpáticos sacros.

## Ramas colaterales

Si bien el plexo sacro se forma de las ramas anteriores de los nervios antes mencionados, cabe resaltar que estas mismas ramas anteriores tienen divisiones anteriores y posteriores, de tal manera que las anteriores se unen formando los nervios respectivos.

## Ramas colaterales posteriores o extrapélvicos

### Nervio glúteo superior

Este nervio se origina a partir de las divisiones posteriores de las ramas anteriores de L4-S1. En cuanto a su trayecto, sale de la pelvis a través del foramen ciático mayor por la porción suprapiriforme, pasa a la región glútea situándose lateral a los vasos glúteos superiores y se dirige hacia afuera siguiendo la línea glútea anterior del hueso coxal para luego dividirse en dos ramos, el ramo superior que inerva al músculo glúteo menor y medio, y el ramo inferior que inerva al músculo tensor de la fascia lata (12).

### Nervio glúteo inferior

Este nervio se origina a partir de las divisiones posteriores de las ramas anteriores de L5-S2. En cuanto a su trayecto, sale de la pelvis a través del foramen ciático mayor por la porción infrapiriforme y llega a la región glútea en donde se distribuye inervando al músculo glúteo mayor (12).

### Nervio cutáneo femoral posterior

Este nervio se origina a partir de las divisiones posteriores de las ramas anteriores de S1-S3, sale de la pelvis a través del foramen ciático mayor por la porción infrapiriforme para situarse medial al nervio ciático y lateral al nervio obturador interno, y luego desciende por la porción posterior del muslo, específicamente entre el músculo bíceps femoral y músculo semitendinoso. Finalmente, a nivel de la fosa poplítea perfora la fascia poplítea y se distribuye por toda la piel de dicha zona brindando inervación sensitiva a la región del glúteo, región perineal, escroto o labios mayores, la parte central de la cara posterior del muslo hasta la fosa poplítea (14).

### Nervio piramidal o piriforme

Este nervio se origina a partir de las divisiones posteriores de las ramas anteriores de S1 y S2, donde sigue su trayecto lateralmente hasta llegar a inervar la cara anterior del músculo piriforme.

### Ramas colaterales anteriores o intrapélvicas

#### Nervio del cuadrado femoral

Este nervio se origina a partir de las divisiones anteriores de las ramas anteriores de L4-S1, luego sale de la pelvis a través del foramen ciático mayor por el compartimiento infrapiriforme descendiendo verticalmente y estando cubierto por el músculo gemelo superior, músculo obturador interno y músculo gemelo inferior, inervando en su trayecto al músculo gemelo inferior y finalmente inervando la cara anterior del músculo cuadrado femoral (14)

#### Nervio del obturador interno

Este nervio se origina a partir de las divisiones anteriores de las ramas anteriores de L5-S2,, sale de la pelvis a través del foramen ciático mayor por el compartimiento infrapiriforme, pasando a la región glútea y situándose lateral a los vasos pudendos internos, luego rodea a la espina ciática y se introduce de nuevo a la cavidad pélvica a través del foramen ciático menor inervando en su trayecto al músculo gemelo superior y termina inervando la cara medial del músculo obturador interno (12).

Tabla 35. Ramas colaterales del plexo sacro

		Rama anterior de los nervios	Nervio	Inervación
Ramo colaterales	Posteriores o extrapélvicos	L4 a S1	Nervio glúteo superior	Músculo glúteo medio, musculo glúteo menor y musculo tensor de la fascia lata
		L5 a S2	Nervio glúteo inferior (ciático menor)	Músculo glúteo mayor
		S1 y S2	Nervio piramidal o piriforme	Parte anterior del músculo piriforme
		S1 a S3	Nervio cutáneo femoral posterior (ramo cutáneo del ciático menor)	Región del glúteo, región perineal, escroto o labios mayores, la parte central de la cara posterior del muslo hasta la fosa poplítea.
	Anterior o intrapélvicos	L4 a S1	Nervio del músculo cuadrado femoral	Músculo Cuadrado femoral y músculo gemelo inferior.
		L5 a S2	Nervio del obturador interno	Músculo obturador interno y músculo gemelo superior

### Rama terminal

#### Nervio ciático

El nervio ciático se forma a partir del tronco lumbosacro y ramas anteriores de S1-S3, mismas que se unen en el borde anterior de la incisura ciática mayor, en el borde inferior del piriforme, por detrás del borde posterior del obturador interno (14).

#### Ramos colaterales del ciático

El nervio ciático mayor tiene siete ramas colaterales, que van destinadas a los músculos de la región posterior del muslo y una de ellas, que es sensitiva, va dirigida a la articulación de la rodilla.

- Nervio superior del semitendinoso: Penetra en el tendón común del bíceps y del semitendinoso e inerva al semitendinoso por arriba de la inserción tendinosa.
- Nervio de la porción larga del bíceps: Oblicuo hacia abajo y hacia afuera, entra en el músculo por la porción media de su cara anterior.
- Nervio inferior del semitendinoso: Penetra por la porción media del músculo.
- Nervio del semimembranoso: Aborda al músculo por su cara externa.

- Nervio del aproximador mayor: Nace del ciático o del nervio del semimembranoso y se distribuye por la porción interna del aproximador mayor.

- Nervio de la porción corta del bíceps: Nace de la cara anterior del ciático o del nervio de la porción corta del músculo bíceps.

- Nervio articular de la rodilla: Brinda inervación sensitiva a la rodilla.

#### Ramos terminales del ciático

El nervio ciático mayor se divide en sus dos ramas terminales a nivel del vértice superior de la fosa poplítea. (14).

- Nervio peroneo común [ciático poplíteo externo]: Destinado a la cara anterolateral de la pierna y a la cara dorsal del pie, este nervio se divide en dos ramas, el nervio tibial anterior o llamado peroneo profundo, y el nervio musculocutáneo o llamado peroneo superficial.

- Nervio tibial [ciático poplíteo interno]: Destinado al plano posterior de la pierna y de la planta del pie, tiene varias ramas entre ellas el nervio tibial posterior, nervio plantar interno y nervio plantar externo.

Tabla 36. Rama terminal del plexo sacro

	Rama anterior de los nervios	Nervios	Ramas	Nervios	Inervan	
Rama Terminal	L4-S3	Nervio ciático	Ramas colaterales	Nervio superior del semitendinoso	M. semitendinoso	
				Nervio inferior del semitendinoso	Porción media del M. semitendinoso	
				Nervio del semimembranoso	M. Semimembranoso	
				Nervio de la porción larga del bíceps	Porción media de la cara anterior del M. bíceps femoral	
				Nervio de la porción corta del bíceps	Parte media del M. bíceps femoral	
				Nervio del aproximador mayor	Porción interna del M. aproximador mayor	
				Nervio articular de la rodilla	Inervación sensitiva a la rodilla	
			Ramas terminales	Nervio peroneo común [ciático poplíteo externo]	N. tibial anterior o N. peroneo profundo	Cara anterolateral de la pierna y a la cara dorsal del pie
					N. musculocutáneo o N. peroneo superficial	
				Nervio tibial [ciático poplíteo interno]	N. tibial posterior: N. plantar interno y N. plantar externo	Plano posterior de la pierna y de la planta del pie

### Plexo pudendo

Por otro lado, los autores que incluyen al plexo pudendo dentro del plexo sacro, mencionan a sus ramas colaterales las cuales están destinadas para el recto, vejiga, órganos genitales y al periné.

### Ramas colaterales del plexo pudendo

- **N. Elevador del ano:** Tiene su origen en la rama anterior de S3, el cual sigue su respectivo trayecto para llegar a la cara interna del músculo elevador del ano.
- **N. Rectal inferior:** Nace de la rama anterior de S3, S4 y da una inervación al músculo esfínter externo del ano y a la piel que lo rodea.
- **N. esplácnicos pélvicos:** Se originan de las ramas anteriores de S2, S3 y S4 los cuales se van a

dirigir al recto, vejiga; en el caso de las mujeres se dirige a la vagina

### Rama terminal del plexo pudendo

- **N. Pudendo:** rama terminal del plexo pudendo, el cual se origina de los ramos anteriores de S2, S3 Y S4. Está destinado a la parte inferior de la pelvis donde se divide en una rama superior que es el nervio dorsal del pene o del clítoris que inerva a la piel del escroto, cara inferior del pene, labios mayores, músculos transversos, isquiocavernoso, bulboesponjoso, bulbo, mucosa uretral y glánde; y una rama inferior que es el nervio labial o escrotal posterior que inerva a los cuerpos cavernosos, glánde, clítoris y los labios menores.

Tabla 37. Plexo pudendo

Plexo pudendo	Rama anterior de los nervios	Nervio		Inervan	
	Ramas colaterales	S3	Nervios Elevador del ano		Cara interna del músculo elevador del ano
S3 y S4		Nervios Rectal inferior		Músculo esfínter externo del ano y a la piel que lo rodea	
S2, S3 y S4		Nervios espláncnicos pélvicos		Recto, vejiga y vagina	
Rama terminal	Origen: S3 y dos raíces accesorias procedentes de S2 y S4.	Nervio pudendo	Ramo inferior	Nervios escrotales Posteriores y superficial	Piel del escroto, cara inferior del pene, músculos transversos superficial y profundo del periné, isquiocavernoso, bulboesponjoso, bulbo, mucosa uretral y glande.
				Nervios labiales posteriores	Labios mayores, mucosa uretral y transversos superficial y profundo del periné.
			Ramo superior	Nervio dorsal del pene	Cuerpos cavernosos, glande.
				Nervio dorsal del Clítoris	Clítoris y los labios menores.

### 2.6. Plexo coccígeo

La rama descendente que sale de la rama anterior de S4, se une con la rama anterior de S5 y con el nervio coccígeo conformando el plexo coccígeo. Este plexo brinda ramos anteriores para el plexo hipogástrico inferior, así como ramos musculares para el músculo coccígeo, el músculo elevador del ano, y el músculo glúteo mayor (14). Además, el nervio anococcígeo que surge de este plexo se encarga de inervar específicamente: la articulación sacrococcígea, cóccix y la piel perteneciente de dicha área.

#### Dermatomas

Existen las llamadas neuronas somato-sensitivas que inervan la piel del cuerpo conduciendo impulsos nerviosos desde la piel hacia la médula

espinal y el cerebro. Resaltando que los nervios espinales contienen neuronas sensitivas que se encargan de inervar segmentos específicos. Es así que, el segmento con inervación sensitiva proveniente de un par de nervios raquídeos o del nervio trigémino se conoce como dermatoma. Se menciona al V par craneal porque está encargado de inervar la piel de la cara y el cuero cabelludo. Al conocer los segmentos de la médula espinal que inerva a su dermatoma respectivo se puede localizar alguna zona dañada de la médula espinal, la manera de hacerlo es estimulando la zona específica y determinar si se percibe alguna sensación, en caso de que no sea así significaría que hay posibles daños en el nervio raquídeo correspondiente. Además, esta información de los dermatomas tiene utilidades terapéuticas.

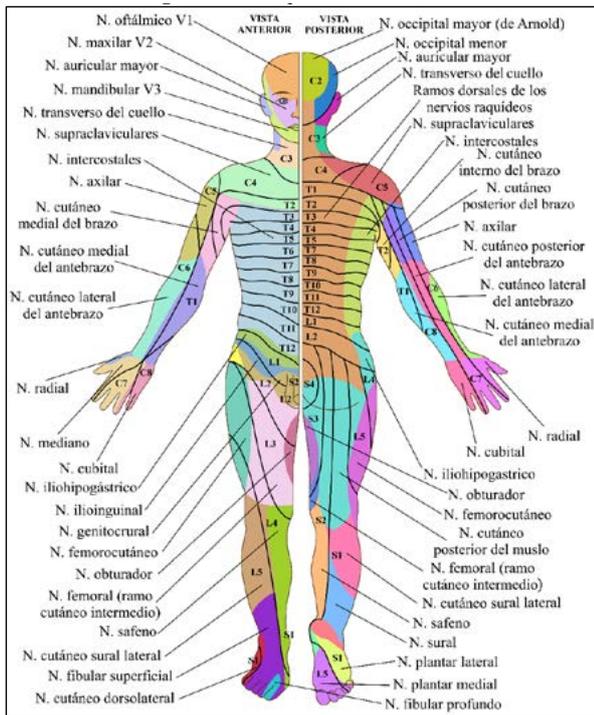


Figura 237. Esquema Dermatomas

Fuente: Autor

### Enfermedades asociadas

#### Lesiones de las raíces nerviosas

Los trastornos de las raíces nerviosas producen déficits radicales segmentarios (p. ej., dolor o parestesias en una distribución dermatómica, debilidad de los músculos inervados por la raíz). El diagnóstico puede requerir estudios de neuroimágenes, pruebas electrodiagnósticas y pruebas sistémicas para descartar trastornos subyacentes (15).

Los trastornos de las raíces nerviosas (radiculopatías) son originados por la presión aguda o crónica sobre una raíz nerviosa o adyacente a la columna vertebral (15).

#### Etiología:

- Una hernia de un disco vertebral
- Los cambios óseos debidos a artritis reumatoide u osteoartritis, especialmente en las áreas cervical y lumbar, pueden comprimir las raíces nerviosas aisladas.
- Con menos frecuencia, la meningitis carcinomatosa produce una disfunción focal de múltiples raíces.

- Meningitis carcinomatosa produce una disfunción focal de múltiples raíces.
- Los trastornos infecciosos.

A continuación, presentamos la sintomatología al existir una lesión de la raíz nerviosa en diferentes niveles.

- C6: Parestesia, dolor de músculo trapecio, pérdida de fuerza del músculo bíceps, hiporreflexia bicipital.
- C7: Dolor axilar y escapular, hiporreflexia tricpital junto con debilidad.
- Raíces torácicas: Sensibilidad tipo disestesia, dolor alrededor del tórax.
- L5: Adormecimiento, dolor en zona glútea, muslos y pantorrillas incluso puede llegar hasta el pie.
- S1: Hiporreflexia del tobillo, parestesia del músculo gastrocnemio medial

**Entre las lesiones de los nervios tanto terminales como colaterales del plexo braquial encontramos:**

#### Síndrome del túnel carpal o carpiano (nervio mediano)

El síndrome del túnel carpiano se produce debido al atrapamiento del nervio mediano en el túnel del carpo, el mismo que está conformado por los huesos del carpo y el retináculo flexor. Esta patología está asociada con lesiones de muñeca, traumatismos repetitivos, neuropatías, artritis reumatoide. El movimiento continuo de la muñeca, y la flexión de los dedos, es un factor de riesgo importante (16).

#### Lesión a nivel proximal del origen del Tríceps (nervio radial)

Existen diferentes consecuencias a partir de esta lesión como:

1. Parálisis del musculo tríceps.
2. No se puede ejercer el movimiento de extensión del antebrazo.

#### Lesión a nivel del antebrazo (nervio radial)

**Mano en garra:** es la parálisis de los extensores de la muñeca o dedos de manera que permanece

la mano caída por la incapacidad de realizar su función motora de extensión de la muñeca debido a la lesión. Existe disminución de la sensibilidad en las zonas de la piel inervadas por este nervio, que corresponde al dorso de la mano, a la falange proximal del índice, al pulgar y a la mitad lateral de la falange proximal del medio (10).

**Lesión a nivel de la Muñeca (nervio mediano)**

La llamada mano del predicador consiste en la persistencia en extensión de los dedos 1° a 3° al intentar cerrar el puño por la parálisis de los flexores de los dedos 1° al 2° y parcial del 3°. Alteración sensitiva en los dedos y palma inervados por este nervio.

### **Lesión del nervio ulnar**

Parálisis de los músculos interóseos dorsales u palmares, los músculos hipotenares, músculo aductor del pulgar, III y IV lumbricales y la cabeza profunda del músculo flexor corto del pulgar, de manera que generan:

- Imposibilidad de realizar la flexión metacarpo falángica con flexión interfalángica
- Impedimento de oponer el meñique.
- Imposibilidad de aducir y abducir los dedos (8).

### **Síndrome de Guillain-Barré**

El síndrome de Guillain-Barré es una polineuropatía desmielinizante inflamatoria aguda mediada por mecanismos inmunes (con varios subtipos clínicos descritos en los últimos años) con curso clínico y resultados muy variables, y que constituye la causa más frecuente de parálisis flácida aguda generalizada en el mundo (11).

Se caracteriza por una debilidad muscular ascendente y bilateral, oftalmoplejía, toma de pares craneales, trastornos sensoriales ligeros y

elevación de las proteínas en el líquido cefalorraquídeo, y entre los factores relacionados está el antecedente de una infección respiratoria o gastrointestinal, vacunación, enfermedades hematológicas y malignas, entre otras (11).

### **Caso clínico**

Paciente de sexo masculino de 33 años de edad, refiere 2 semanas antes de su ingreso de resfrío común con picos febriles de 4 días, una semana antes de dicho ingreso presentó deposiciones líquidas. Se menciona que 6 días antes de su ingreso presenta debilidad en miembro superior izquierdo progresivo posteriormente a miembro superior derecho. Cinco días antes de su ingreso se añade debilidad en miembros inferiores, lo que imposibilita la bipedestación y deambulación, en el transcurso de esto hasta ingreso presenta debilidad general respetando músculos cervicales y cabeza Al ingreso presenta una saturación de oxígeno de 78% por lo que se decide intubación orotraqueal y ventilación mecánica. Al examen Físico: PA 94/61 ausencia de movimientos en miembros superiores e inferiores arreflexia generalizada. Laboratorio con estudio de LCR en la que se encontró disociación albúmino-citológica, además del resultado de sangre PCR positivo para Enterovirus. Con este resultado se da un diagnóstico presuntivo polineuropatía desmielinizante aguda o Síndrome de Guillain Barré de presentación atípica causado por Enterovirus y se decide hospitalizar al paciente, indicándose. Se inicia tratamiento con Inmunoglobulina endovenosa con dosis de 0.4 gr/kg/d por 5 días (17).

## Glosario

- **Abducir:** Movimiento que permite separar o alejar una extremidad del plano medio del cuerpo.
- **Articulación glenohumeral:** Articulación conformada de la región humeral denominada cabeza humeral y la cavidad glenoidea.
- **Canal Cubital:** Está formado por el epicóndilo medial, el olécranon, un techo fibroso y en la base el ligamento medial de la articulación del codo.
- **Espacio Intercostal:** Es aquel existente entre las costillas adyacentes, ocupado por los músculos intercostales.
- **Fascículo:** Compuesto por un haz de fibras nerviosas.
- **Fosa Axilar:** Conjunto de partes blandas que se encuentran entre la pared costal medialmente, el húmero y la articulación del hombro lateralmente, y la escápula posteriormente.
- **Fosa Coronioidea:** Depresión en la epífisis inferior del húmero, donde, en los movimientos de extensión del antebrazo, se aloja la apófisis coronoides.
- **Hiperextensión:** Excesivo movimiento de alguna articulación en la cual el ángulo normalmente formado por los huesos, está más abierto de lo normal.
- **Inervación sensorial:** Inervación de la piel (órgano sensorial).
- **Lumbricales:** Son cuatro músculos anexos a los tendones del músculo flexor profundo de los dedos, están situados en la palma de la mano.
- **Paquete neurovascular:** Conjunto compuesto por nervio, arteria y vena.
- **Parálisis:** Pérdida de funciones musculares en alguna parte del cuerpo, por mala transmisión de los mensajes entre el encéfalo y los músculos.
- **Plexo:** Es una red formada por vasos (arterias o venas) o por nervios.
- **Pronación:** Movimiento que permite girar la mano de afuera hacia adentro, pone palma hacia abajo.
- **Pronador redondo:** Músculo que se encuentra en la parte anterior del antebrazo y pronar el radio sobre el cúbito.
- **Propioceptiva:** Información que permite a nuestro cerebro ejecutar movimientos precisos, esta información es sobre nuestro entorno.
- **Protruir:** Desplazamiento que hace sobresalir a una parte u órgano del límite normal.
- **Suprayacente:** Que se encuentra encima o sobre algo.
- **Tejido celuloadiposo:** Es el tejido anatómico constituido por células cuyo citoplasma posee elevada cantidad de grasa.
- **Vasos axilares:** Referente a las venas y arterias que se encuentran en la

## Actividades

1. Explique y dibuje los troncos y fascículos del plexo braquial.

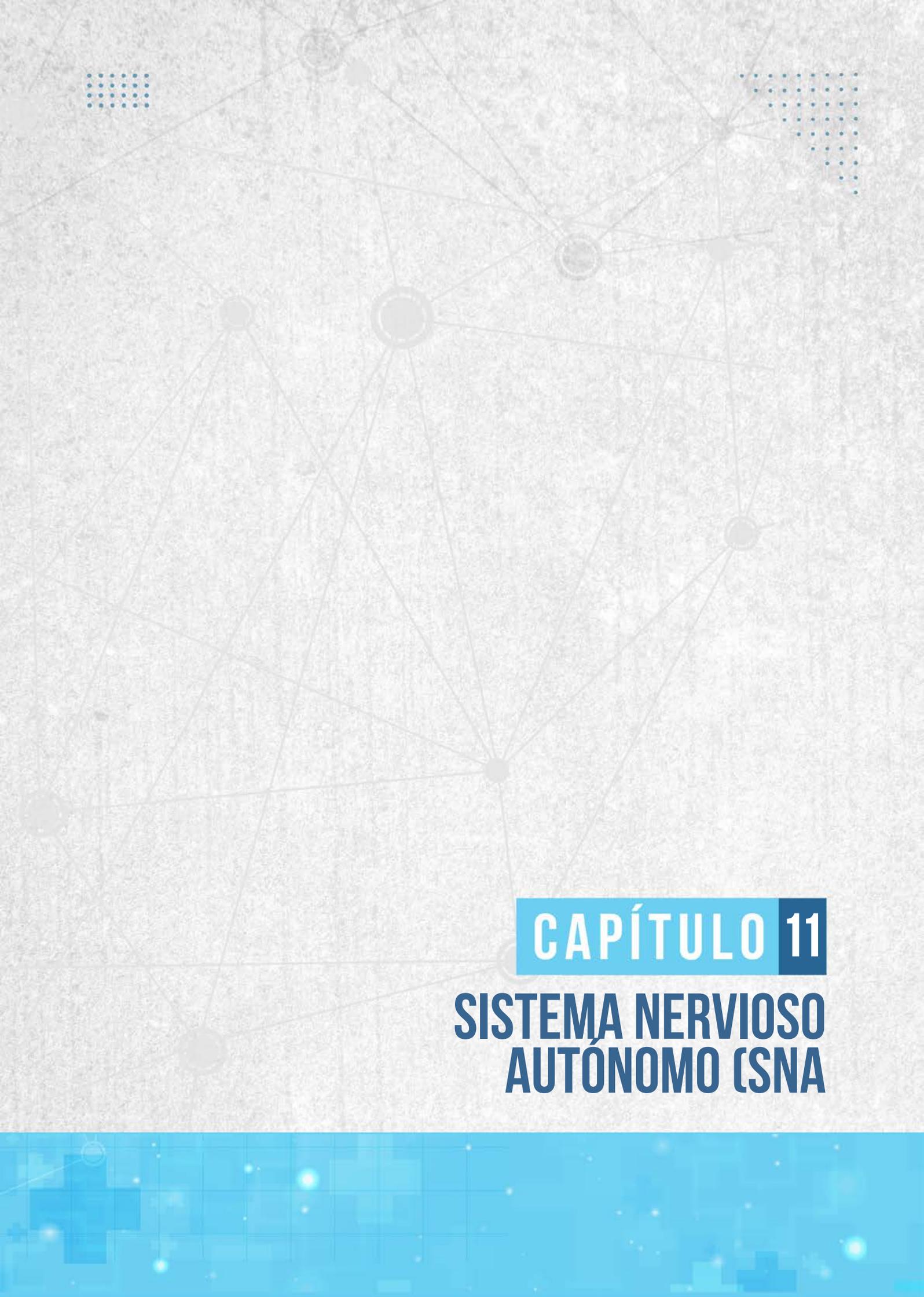
2. Elabore un mapa conceptual describiendo los ramos colaterales del plexo lumbar.

3. Mediante un esquema, explique las ramas colaterales y terminales del plexo sacro.

## Referencias Bibliográficas

1. Rouviere H, Delmas A, Delmas V. Anatomía humana. Descriptiva, topográfica y funcional. Tomo I. 11a ed. Barcelona: Elsevier; 2005; p. 324 – 346.
2. Tortora G, Derrickson B. Principios de Anatomía y fisiología. 15a ed. Editorial Médica Panamericana S.A.; 2018.
3. Chu Lee Á, Cuenca S, López M. Anatomía y fisiología del sistema nervioso. 1a ed. Machala: UT-MACH; 2015; p. 66 – 71.
4. Testut L, Latarjet A. Tratado de Anatomía Humana. Tomo III. 9a ed. Barcelona - Madrid: Editorial Salvat; 1984 p. 245 – 350.
5. Latarjet M, Ruiz A. Anatomía humana. Tomo I. 5a ed.: Panamericana; 2019; p. 348 –355.
6. Oliver KA, Ashurst JV. Anatomy, Thorax, Phrenic Nerves. National Library of Medicine. StatPearls Publishing; 2023.
7. Torres A. Nervio Frénico [Internet]. Kenhub. 2023 [citado el 4 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.kenhub.com/es/library/anatomia-es/nervio-frenico>
8. Snell R. Neuroanatomía clínica. 8a ed. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2019.
9. Bianchi HF. Variaciones del plexo braquial. Rev Argentina Neurocir. 2022;36(04):171–6.
10. Moore K, Dalley A, Agur AMR. Anatomía con orientación clínica. 9a ed. Barcelona: Wolters Kluwer; 2022.
11. Phillips Morales Óscar. Actualización en el Síndrome de Guillain-Barré. Rev.méd.sinerg. [Internet]. 1 de octubre de 2019 [citado el 4 de octubre de 2023];4(11):e290. Disponible en: <https://revista-medicasinergia.com/index.php/rms/article/view/290>
12. Rouviere H, Delmas A, Delmas V. Anatomía Humana Descriptiva, topográfica y funcional. Tomo III. 11a ed. Barcelona: Elsevier; 2005.
13. Rouviere H, Delmas A, Delmas V. Anatomía humana. Descriptiva, topográfica y funcional. Tomo II. 11a ed. Barcelona: Elsevier; 2005.
14. Latarjet M, Ruiz A. Anatomía humana. 5a ed.: Médica Panamericana; 2019; p. 372.
15. Rubin M. Trastornos de las raíces nerviosas [Internet]. Manual MSD versión para profesionales. [citado el 29 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://www.msmanuals.com/es/professional/trastornos-neurol%C3%B3gicos/sistema-nervioso-perif%C3%A9rico-y-trastornos-de-la-unidad-motora/trastornos-de-las-ra%C3%ADces-nerviosas>
16. Arevalo K, Reyes R, Ramirez Marjorie, Villavicencio C. Vista de Síndrome del tunel carpiano. Revista Médica Sanitas [Internet]. Revista Científica de Investigación actualización del mundo de las Ciencias. 2018 [citado el 4 de octubre de 2023]. p. 828–53. Disponible en: <https://revistas.unisanitas.edu.co/index.php/rms/article/view/436/353>
17. Camacho P, Lescano V, Valencia S. Síndrome de Guillain Barré: Reporte de un Caso Causado por Enterovirus. Revista Ecuatoriana de Neurología. 2018; 27(2): p. 4.





## CAPÍTULO 11

# SISTEMA NERVIOSO AUTÓNOMO (SNA)



## Sistema Nervioso Autónomo (Sna)

**Sinónimo:** Sistema nervioso neurovegetativo o sistema nervioso visceral.

El SNA es la parte del sistema nervioso periférico que se encarga de controlar las funciones involuntarias de las vísceras, como: frecuencia cardíaca, digestión, frecuencia respiratoria, salivación, sudoración, dilatación de las pupilas, secreción de glándulas tanto exocrinas como endocrinas y la micción. Además, cumple con un rol importante en el mantenimiento de la homeostasia fisiológica. Dicho sistema es eferente, que transmite impulsos nerviosos desde el sistema nervioso central hasta órganos viscerales del cuerpo para que pueda realizar sus funciones normales.

Es un sistema que trabaja de manera involuntaria, que responde mediante impulsos nerviosos en la médula espinal, tallo cerebral e hipotálamo y algunas porciones de la corteza cerebral como la corteza límbica, pueden transmitir impulsos a los centros inferiores y de esta manera actuar en el control autónomo (1).

Podemos decir que este sistema controla la musculatura lisa de las vísceras y de diversos órganos como el corazón o los pulmones, así como también del control de otras partes como: visión, tubo digestivo y secreción de enzimas y residuos.

El objetivo general es describir los aspectos más importantes del Sistema Nervioso Autónomo, como controla las distintas funciones que se describen en todo este capítulo. De manera que, los objetivos específicos son: describir la psicomotricidad, trayectorias axónicas de las neuronas simpáticas y parasimpáticas tanto preganglionares como posganglionares y las manifestaciones clínicas del sistema nervioso autónomo.

### Anatomía del sistema nervioso autónomo

Lo podemos dividir en diferentes niveles, según las respuestas que coordinen:

- Medular
- Mesencefálico
- Hipotalámico
- Límbico

En el nivel más periférico encontramos dos tipos de neuronas que son las encargadas de la transmisión de la información:

#### 1. Neuronas preganglionares

En la división simpática o toracolumbar estas neuronas tienen sus cuerpos en las astas laterales de la sustancia gris de la médula espinal de los doce segmentos torácicos y en los 2 primeros segmentos lumbares.

En la división parasimpática o craneosacral los cuerpos de las neuronas preganglionares se encuentran en los núcleos de cuatro nervios craneales en el tronco encefálico (III, VII, IX y X)

y en las astas laterales de la sustancia gris de S2 – S4 en la médula espinal (2).

El neurotransmisor liberado por las fibras preganglionares es la acetilcolina y estas fibras se denominan fibras colinérgicas (2).

#### 2. Neuronas posganglionares

Su cuerpo neuronal se encuentra dentro del ganglio autónomo, su axón se extiende desde el ganglio hasta el órgano efector. El neurotransmisor de las fibras posganglionares simpáticas es, en general, la noradrenalina y las fibras se denominan fibras adrenérgicas (2).

Ganglios autónomos: Los ganglios autónomos se dividen en tres grupos; dos de la división simpática y uno para la división parasimpática (2).

#### Ganglios simpáticos

Sitio donde se realiza la sinapsis entre neuronas simpáticas preganglionares y posganglionares. Estos dos grupos corresponden a los ganglios prevertebrales y del tronco simpático (son los

ganglios de la cadena simpática o ganglios paravertebrales; estos se encuentran próximos a la médula y tienen axones cortos. Los axones posganglionares de la cadena simpática van a inervar a órganos situados por debajo del diafragma (2).

Los ganglios prevertebrales son:

- Ganglio celiaco
- Ganglio mesentérico superior
- Ganglio mesentérico inferior

### Ganglios parasimpáticos

Los axones de neuronas preganglionares de la división parasimpática hacen sinapsis con las posganglionares en los ganglios terminales (ubicados en la pared de las vísceras). Los axones de neuronas preganglionares parasimpáticas van desde el SNC hacia el ganglio terminal, estos son más largos. (2)

Los ganglios terminales son (1):

- Ganglio ciliar
- Ganglio pterigopalatino
- Ganglio submandibular
- Ganglio ótico

### Plexos autónomos

Los axones tanto del simpático y parasimpático forman unas redes complejas, los plexos autónomos, entre los más importantes se menciona (1):

- Plexo cardíaco (corazón)
- Plexo pulmonar (árbol bronquial)
- Plexo celiaco o solar (abdomen y pelvis)
- Plexo mesentérico superior (intestino delgado y colon)
- Plexo mesentérico inferior (colon)
- Plexo hipogástrico (vísceras pelvianas)
- Plexo renal (riñón y uréteres).

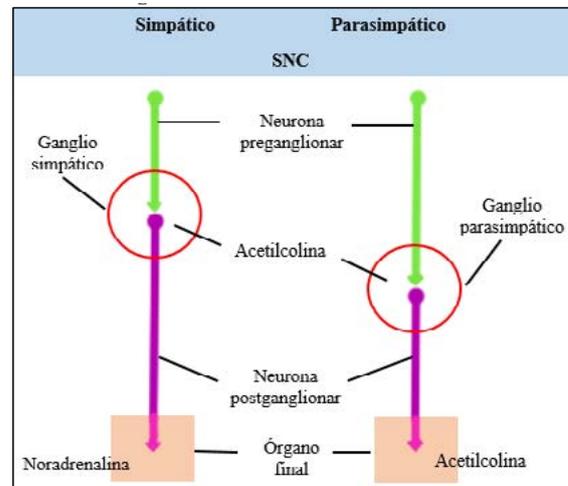


Figura 238. Conexiones Neuronales  
Fuente: Autor

### Sistema nervioso simpático

Conocido como “Sistema de huida o defensa”, actúa haciendo que los órganos del cuerpo dispongan de la energía necesaria para hacer frente a situaciones que supongan un peligro o situación de emergencia. Aumenta la presión arterial, el flujo sanguíneo en músculos activos, el índice metabólico y la concentración sanguínea de glucosa, así como de la concentración mental y de la alerta (3). Este sistema o también denominado tóraco-lumbar nace entre el primer segmento torácico (T1) y los segmentos lumbares (L1-L2), de la médula espinal. Los axones se originan en las neuronas ubicadas en las astas laterales de la médula espinal a través de la raíz ventral de los nervios raquídeos, junto con los de las motoneuronas  $\alpha$  y  $\gamma$ . Dentro de este lugar se va a separar de la raíz ventral por medio de ramos comunicantes blancos y se dirigen a un sistema de ganglios simpáticos que unidos entre si van a formar una cadena ganglionar situada a ambos lados de la columna vertebral, es la cadena paravertebral (2).

Distribución de los ganglios simpáticos:

1. Ganglio prevertebral: junto a la aorta
2. Ganglio paravertebral: generalmente hay de 10 a 12 en cadena. (4 lumbares y 4-5 sacros)
3. Ganglios colaterales: se localizan en el tórax, abdomen y pelvis.
4. Ganglios cervicales.

### Sistema nervioso parasimpático

Sistema conocido como “División craneosacra” del Sistema Nervioso Autónomo, en referencia al sitio en que se encuentran localizadas sus neuronas ganglionares. En este sistema vamos a encontrar fibras denominadas “fibras parasimpáticas” que tienen su origen en el tronco encefálico, en los núcleos de los pares craneales III, VII, IX y X; y en la parte más inferior, en la médula sacra, por alrededor del segundo o tercer nervio sacro (segmentos S2 – S3), otras fibras parasimpáticas abandonan rara vez la médula por medio de los nervios sacros primero y cuarto (2). Los núcleos de los pares craneales que participan en este sistema son:

- III: núcleo parasimpático accesorio o también llamado núcleo de Edinger Westphal.
- VII: núcleo salival superior y lagrimal.
- IX: núcleo salival inferior
- X: núcleo dorsal del vago.

Alrededor del 75% de las fibras nerviosas parasimpáticas proceden del nervio vago (X), debido a que este nervio llega a todas las regiones de la parte torácica y abdominal (4).

En su trayecto el nervio vago otorga fibras a varias estructuras: Corazón, Pulmones, Esófago,

Estómago, Intestino delgado, Hígado, Vesícula biliar, Páncreas, Riñones, Mitad proximal del colon y Parte superior de los uréteres.

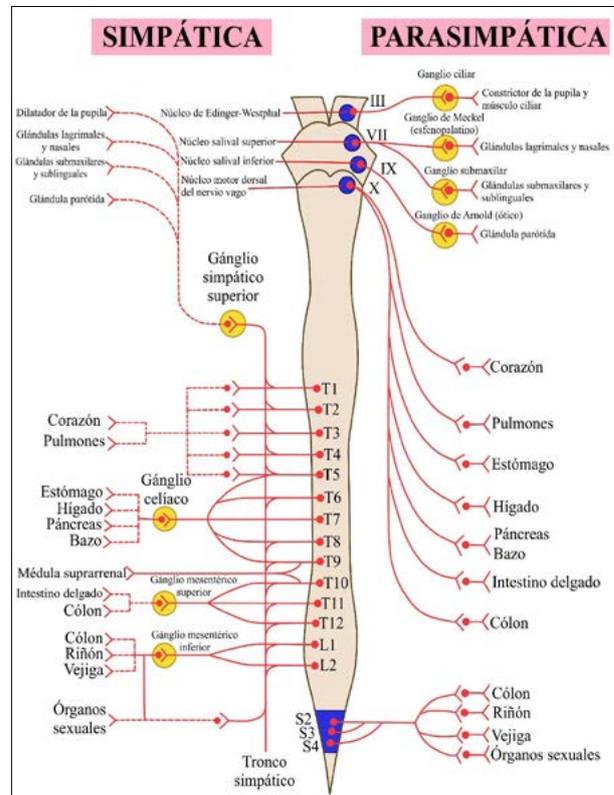


Figura 239. Ganglios simpáticos y parasimpáticos  
Fuente: Autor

### Neuronas Preganglionares y Posganglionares

El sistema nervioso parasimpático al igual que el sistema nervioso simpático posee neuronas tanto preganglionares como posganglionares. Las fibras nerviosas preganglionares, quienes hacen su trayecto sin interrupciones hasta llegar al órgano en el cual van a operar, en este sitio se van a encontrar localizadas las neuronas posganglionares, que van a realizar sinapsis con las fibras preganglionares.

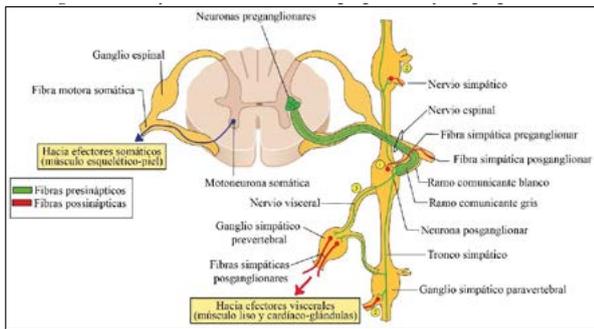


Figura 240. Proyección de las Fibras Preganglionares y Posganglionares

Fuente: Autor

### Sistema nervioso entérico (SNE)

Se origina durante la cuarta semana del desarrollo embrionario a partir de las células precursoras de la cresta neural a nivel de las somitas del 1 al 7, que migran tempranamente a lo largo de las paredes del tubo digestivo, este se divide en dos grandes ramas de células nerviosas entrelazadas, denominándose plexos viscerales “Submucoso o de Meissner” y “Mientérico o de Auerbach” conformando los dos principales componentes del sistema nervioso entérico.

Comienza a nivel del esófago y sigue su trayecto por toda la extensión del tubo digestivo y se conecta con la vesícula biliar y páncreas para realizar funciones de control secretor hormonal.

Este sistema contiene un mayor número de neuronas después del cerebro en comparación con la médula espinal, presenta neuronas aferentes intrínsecas primarias, neuronas motoras, interneuronas y neuronas intestinoefugas (5).

Cumple las siguientes funciones:

- Se encarga de controlar la secreción de ácido gástrico.
- Modifica la absorción de nutrientes.
- Interacciona con el sistema endocrino (SE) e inmune (SI), con el SE debido a la secreción continua de algunas hormonas que provienen del tubo digestivo y con el SI debido que en cuadros infecciosos el SNE produce la eliminación de toxinas y bacterias mediando un aumento del peristaltismo provocando la expulsión del agente causal.

- Transmitir información desde el sistema nervioso simpático y parasimpático hacia el tubo digestivo controlando mediante reflejos locales la actividad motora y secretora, de esta forma controla funciones intestinales de manera independiente del SNC por tanto es considerado como un “segundo cerebro” o “cerebro abdominal”.

- En el epitelio gastrointestinal se originan terminaciones nerviosas sensitivas y envían fibras aferentes a los plexos entéricos y a los ganglios paravertebrales del sistema nervioso simpático, a la médula espinal y al tronco encefálico por medio del nervio vago, de esta forma estos nervios desencadenan reflejos locales dentro del propio intestino o reflejos que regresan al tubo digestivo a partir de los ganglios paravertebrales o de las regiones basales del encéfalo.

En el sistema nervioso entérico (SNE) tiene gran importancia las células intersticiales de Cajal que actúan como marcapasos formadores de ondas eléctricas que determinan el ritmo peristáltico.

El SNE está compuesto por una amplia red interconectada de múltiples neuronas y células gliales que se juntan en los ganglios ubicados en los dos plexos principales:

#### 1. Plexo mientérico o de Auerbach:

Se sitúa entre las capas musculares longitudinal externa y circular media en toda la extensión del tubo digestivo, controlando especialmente la motricidad del músculo liso gastrointestinal (5)

Sus funciones principales son:

- Aumento de la contracción tónica.
- Aumento de la intensidad y la frecuencia de las contracciones.
- Aumento de la velocidad de conducción de las ondas excitatorias.

#### 2. Plexo submucoso o de Meissner:

Situado entre las capas circular media y mucosa, principalmente en el intestino delgado y grueso (5). Su principal función:

- Regular la función parietal interna de cada segmento minúsculo del intestino.
- Control de la secreción intestinal local, la absorción local y la contracción local del músculo submucoso, que induce distintos grados de plegamiento de la mucosa gastrointestinal.

Neurotransmisores producidos por el Sistema Nervioso Entérico:

- Óxido nítrico
- Adenosina trifosfato (ATP)
- Neuropeptido Y (NYP)
- Acetilcolina
- Noradrenalina
- Serotonina
- Dopamina
- Colecistocinina
- Sustancia P
- Polipéptido intestinal vasoactivo
- Somatostatina
- Leuencefalina
- Metencefalina
- Bombesina

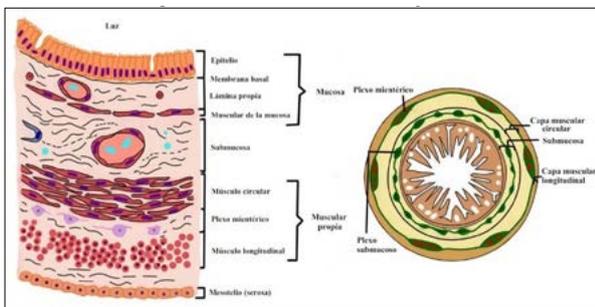


Figura 241. Estructura interna del tubo digestivo  
Fuente: Autor

## Principales neuronas que conforman el sistema entérico

El sistema nervioso entérico está conformado por las siguientes neuronas:

### 1. Neuronas aferentes intrínsecas primarias (NAIP)

Responden a estímulos mecánicos, químicos y además regulan funciones fisiológicas del tubo digestivo transportando información de neurona a neurona desde los órganos hasta el sistema

nervioso central con ayuda de otras células ubicadas en el epitelio celular entérico.

### 2. Neuronas Motoras

Inervan las capas musculares del tubo digestivo, glándulas y vasos sanguíneos según su función pueden dividirse en excitatorias o inhibitoras.

### 3. Interneuronas

Encargadas de asociar información proveniente de las (NAIP) y llevarlos hacia las neuronas motoras, se clasifican en relación a la dirección en la cual emiten señales, ascendentes que inervan al plexo mientérico o descendentes que inervan al plexo submucoso.

### 4. Neuronas intestinofugas

Sus cuerpos celulares se encuentran ubicados al exterior del tubo digestivo formando sinapsis con los ganglios mesentérico superior, inferior y celíaco dando origen al ganglio prevertebral, su función es conducir señales eferentes y funcionan como mecanorreceptores al detectar cambios en la distensión de las paredes intestinales (3).

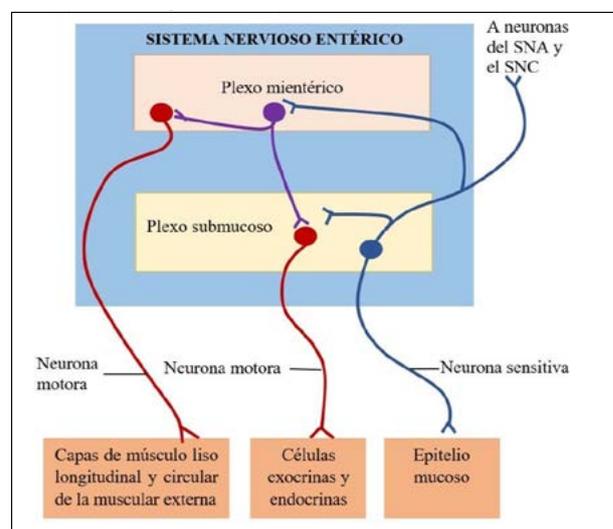


Figura 242. Esquema de la organización del sistema nervioso entérico

Fuente: Autor

## Reflejos gastrointestinales

Las conexiones entre los sistemas, simpático, parasimpático y entérico se encargan de efectuar tres tipos de reflejos gastrointestinales que son de gran importancia para el control gastrointestinal (3):

### 1. Reflejos integrados dentro del sistema nervioso de la pared intestinal

Son aquellos reflejos que controlan la secreción digestiva, movimientos peristálticos, movimientos de mezcla, efectos inhibidores locales y entre otras funciones más.

### 2. Reflejos que van desde intestino a los ganglios prevertebrales simpáticos y su retorno al tubo digestivo

Son los reflejos que transmiten señales y recorren grandes distancias (3):

- **Reflejo gastrocólico:** Proviene del estómago e inducen la evacuación del colon.
- **Reflejos enterogástricos:** Proviene del colon e intestino delgado que inhiben la motilidad y la secreción gástrica.
- **Reflejos colicoileales:** Proviene del colon que se encargan de inhibir el vaciamiento del íleon en el colon.

### 3. Reflejos que van desde el intestino a la médula espinal o al tronco encefálico y su retorno al tubo digestivo

• **Reflejos motores y secretores:** Se originan del estómago y duodeno posteriormente se dirigen al tronco encefálico y regresan al estómago mediante los nervios neumogástricos o vagos.

• **Reflejos dolorosos:** Inhiben la totalidad de la actividad del tubo digestivo.

• **Reflejos de la defecación:** Viajan desde el colon y el recto hasta la médula espinal y retornan para provocar las contracciones del colon, recto y musculatura abdominal que son de gran importancia para la defecación

A continuación, se presenta un cuadro comparativo que refleja las funciones de los sistemas simpático y parasimpático.

Tabla 38. Funciones de los sistemas simpático y parasimpático

	Simpático	Parasimpático
Ojos	SNS: midriasis (dilatación de la pupila)	SNPS: miosis (contracción de la pupila)
Piel	SNS: "piel de gallina", vasoconstricción, sudor	SNPS: no la inerva, no hay efectos
Glándulas salivales y lacrimales	SNS: disminuye la secreción	SNPS: incrementa la secreción
Corazón	SNS: aumenta el ritmo y fuerza de la contracción	SNPS: disminuye el ritmo y fuerza de la contracción
Vasos sanguíneos	SNS: contrae su músculo liso	SNPS: sin efectos
Pulmones	SNS: broncodilatación, disminuye secreción de glándulas bronquiales	SNPS: broncoconstricción, aumenta secreción de glándulas bronquiales
Sistema digestivo	SNS: inhibe la peristalsis, contrae sus vasos sanguíneos y redirige la sangre al músculo esquelético, contrae esfínteres anales.	SNPS: estimula la peristalsis y la digestión, relaja los esfínteres anales.
Hígado y vesícula biliar	SNS: estimula la degradación de glucógeno a glucosa - liberación de energía	SNPS: estimula la producción y almacenamiento de glucógeno - preservación de energía

<b>Sistema urinario</b>	SNS: disminuye la producción de orina, contrae el esfínter interno de la uretra	SNPS: normaliza la producción de orina, contrae el músculo detrusor de la uretra, relaja el esfínter uretral interno.
<b>Aparato genital</b>	SNS: orgasmo, eyacuación	SNPS: erección de genitales externos (pene, clítoris y bulbos del vestíbulo)
<b>Glándula suprarrenal</b>	SNS: estimula la liberación de epinefrina (adrenalina) hacia la sangre	SNPS: sin efectos.

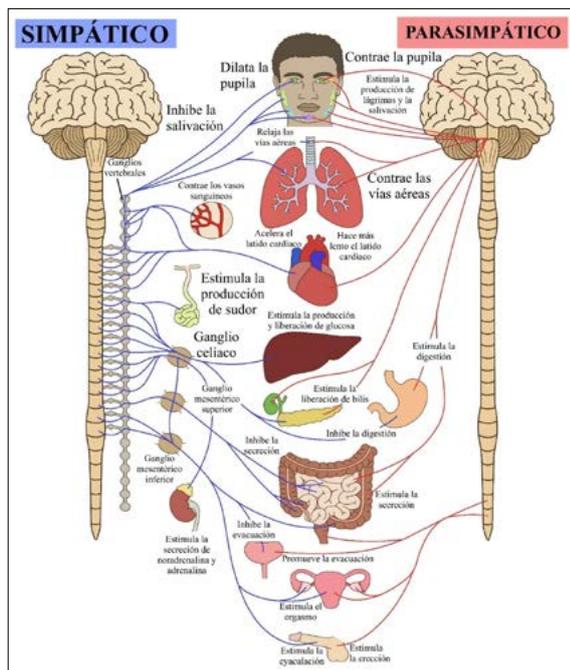


Figura 243. Esquema del sistema nervioso autónomo

Fuente: Autor

### Enfermedades asociadas

#### Síndrome de Horner

También llamada parálisis oculosimpática es una constelación neurológica clásica de blefaroptosis ipsilateral, miosis pupilar y anhidrosis facial debido a un trastorno de la vía simpática proporciona una visión de la cabeza, ojos y cuello. El síndrome de Horner se produce como consecuencia de otro problema médico, como un accidente cerebrovascular, un tumor o una lesión de la médula espinal. En algunos casos, no se puede encontrar la causa oculta. No hay un tratamiento específico para este síndrome, pero el tratamiento para la causa oculta puede restaurar la función nerviosa normal.

#### Síndrome de Frey

Llamado también síndrome auriculotemporal o síndrome de sudación gustatoria, se debe a una disfunción del nervio auriculotemporal que se caracteriza por episodios de eritema y/o hiperhidrosis facial local desencadenados tras el estímulo gustativo. Este síndrome fue descrito por primera vez en 1740 por Kastremsky y en 1757 por Duphenix. Posteriormente, en 1923, la neuróloga polaca Lucja Frey identificó el papel del nervio auriculotemporal en esta entidad. En adultos, este síndrome es relativamente frecuente tras lesiones en la región parotídea, ya sean de origen tumoral, infeccioso, traumático, postquirúrgico, etc. En niños, es una entidad poco común y con una clínica ligeramente diferente, a menudo confundida con una alergia alimentaria.

#### Enfermedad de Hirschsprung

La enfermedad de Hirschsprung fue descrita en 1886 con el reporte de 20 casos de megacolon congénito en niños, y posteriormente se le relacionó con la ausencia de células ganglionares. Es una condición rara que afecta a 1:5,000 nacimientos (6). Se clasifica en función de la longitud del segmento afectado en: segmento corto (no se extiende más allá del sigmoide), siendo la presentación más frecuente (80%); segmento ultracorto o yuxtaanal cuando abarca solo el recto distal (se considera que los pacientes con esta presentación tienen más probabilidades de llegar sin diagnóstico a la edad adulta) y segmento largo cuando es proximal al sigmoide.

### Síndrome de Adie

El síndrome de Adie puede confirmarse estudiando la hipersensibilidad a los agentes colinérgicos. Las gotas utilizadas habitualmente para esta prueba son la metacolina al 2,5 % o la pilocarpina al 0,1%. La pupila tónica de Adie debería contraerse al administrar estas gotas. Estos fármacos colinérgicos no originan contracción pupilar en la midriasis ocasionada por la lesión del oculomotor o en la midriasis relacionada con fármacos.

### Pupila de Argyll Robertson

La pupila de Argyll Robertson se caracteriza por una pupila pequeña, de tamaño fijo y que no reacciona a la luz, pero se contrae como respuesta a la acomodación. Suele ocasionarse por una lesión neurosifilítica que interrumpe las fibras que tienen un trayecto desde el núcleo pretectal hasta el núcleo parasimpático (Edinger-Westphal) del nervio oculomotor en ambos lados. El hecho de que la pupila se contraiga con la acomodación implica que las conexiones entre el núcleo parasimpático y el músculo constrictor de la pupila del iris se encuentran intactas.

### Caso clínico

Paciente femenina de 21 años de edad, con antecedente de cirugía abdominal desconocida al nacimiento, durante la cual le realizan colostomía y permanece hasta los 8 años de edad, cuando se lleva a cabo reconstitución de tránsito intestinal. Acude a consulta por tumoración fosa ilíaca derecha, con crecimiento insidioso, fija, indurada, bien localizada y sin dolor asociado. Examen físico masa de 15 x 15 cm en hipogastrio, fijo, doloroso a la palpación profunda, de características sólidas. Laboratorio con marcadores tumorales negativos. Ecografía abdominal con informe de quiste gigante de ovario 11.1 x 9.9 x 11.6 cm, hidronefrosis severa de lado derecho, y leve de lado izquierdo. Tomografía abdominal con contraste con diagnóstico de megacolon con fecaloma gigante en su interior e hidronefrosis severa, descartando diagnóstico de quiste de ovario. Se realizó laparotomía exploratoria encontrando colon recto sigmoides con dilatación importante y fecaloma en su interior de 18 x 15 x 12cm, se procedió a realizar colectomía izquierda, se realiza colostomía. Con adecuada evolución se decide egreso a los 5 días.

## Glosario

- Axón: Extensión en forma de tubo que sale del cuerpo neuronal, transmite el potencial de acción hacia otras neuronas, o células del cuerpo humano.
- Efector: Órgano o tejido que responde ante estímulos nerviosos produciendo contracción muscular o secreción glandular.
- Ganglios: Agrupación de células nerviosas en sistema nervioso periférico.
- Impulsos Nerviosos: Propagación de diferencia de potencial a lo largo de la membrana neuronal, producida por difusión de iones a través de ella.
- Nervios: Conjunto de fibras nerviosas, ubicadas fuera del sistema nervioso central.
- 6. Neurona motora: Neurona que conduce impulsos nerviosos desde el encéfalo hacia la médula espinal o viceversa a través de los nervios craneales o espinales hacia los efectores (músculo o glándula).
- Neurona Postganglionar: Segunda neurona del sistema nervioso autónomo, que tiene su cuerpo celular y dendritas en un ganglio simpático y parasimpático y su axón amielínico en el músculo o una glándula.
- Neurona Preganglionar: Primera neurona del sistema nervioso autónomo, donde su cuerpo neuronal y dendritas están en el encéfalo o la médula espinal y su axón mielinizado en un ganglio simpático y parasimpático para su posterior sinapsis.
- Neurona presináptica: Neurona que envía los impulsos nerviosos hacia la conexión sináptica.
- Neurotransmisor: Aquellas sustancias químicas generadas por el cuerpo donde transmite la información de una neurona a otra mediante la sinapsis.
- Núcleo: Conjunto de neuronas (somas) ubicadas en el sistema nervioso central.
- Plexo Mientérico: También llamado plexo de Auerbach, es el conjunto de axones que forma una red, localizados en la capa muscular del tracto gastrointestinal para controlar la motilidad (peristaltismo).
- Plexo Submucoso: También llamado plexo de Meissner, es el conjunto de axones que forma una red localizada en la submucosa del tracto gastrointestinal para controlar la secreción y el flujo sanguíneo local.
- Propiocepción: Apreciación de la posición en el espacio y cambios en el sistema músculo esquelético, de gran importante en la locomoción.
- Receptores: Estructuras periféricas que perciben las modificaciones del medio interno o externo del organismo.
- Sinapsis: Sitio donde hacen contacto funcional las neuronas.
- Síndrome: Conjunto de signos y síntomas.
- Sistema Nervioso Autónomo: Parte del sistema nervioso que inerva las vísceras, músculo liso, y glándulas.
- Sistema nervioso entérico: Forma parte del sistema nervioso autónomo donde sus plexos se localizan en la submucosa y la capa muscular del tracto gastrointestinal (desde el esófago hasta el ano) para su posterior control de la motilidad y de las secreciones.
- Submucosa: Es la capa de tejido conectivo localizada por debajo de la capa mucosa, uniendo así la mucosa con la capa muscular.

## Actividades

1. Realizar un cuadro comparativo entre el sistema nervioso simpático y sistema nervioso parasimpático según su funcionalidad.

2. Unir con líneas según corresponda

### GANGLIO PERIFÉRICOS

Ganglio ciliar

Ganglio pterigopalatino  
y submandibular

Ganglio ótico

Ganglios terminales en  
el interior del órgano  
(Plexos torácicos y  
abdominales)

Ganglios terminales en la  
proximidad del órgano  
(Plexo hipogástrico  
inferior)

### NERVIOS PARASIMPÁTICOS

Nervio glossofaríngeo

Nervio vago

Nervios espláncnicos pélvicos

Nervio facial

Nervio oculomotor

**3. Realizar un cuadro comparativo entre las principales funciones de los plexos del Sistema Nervioso Entérico.**

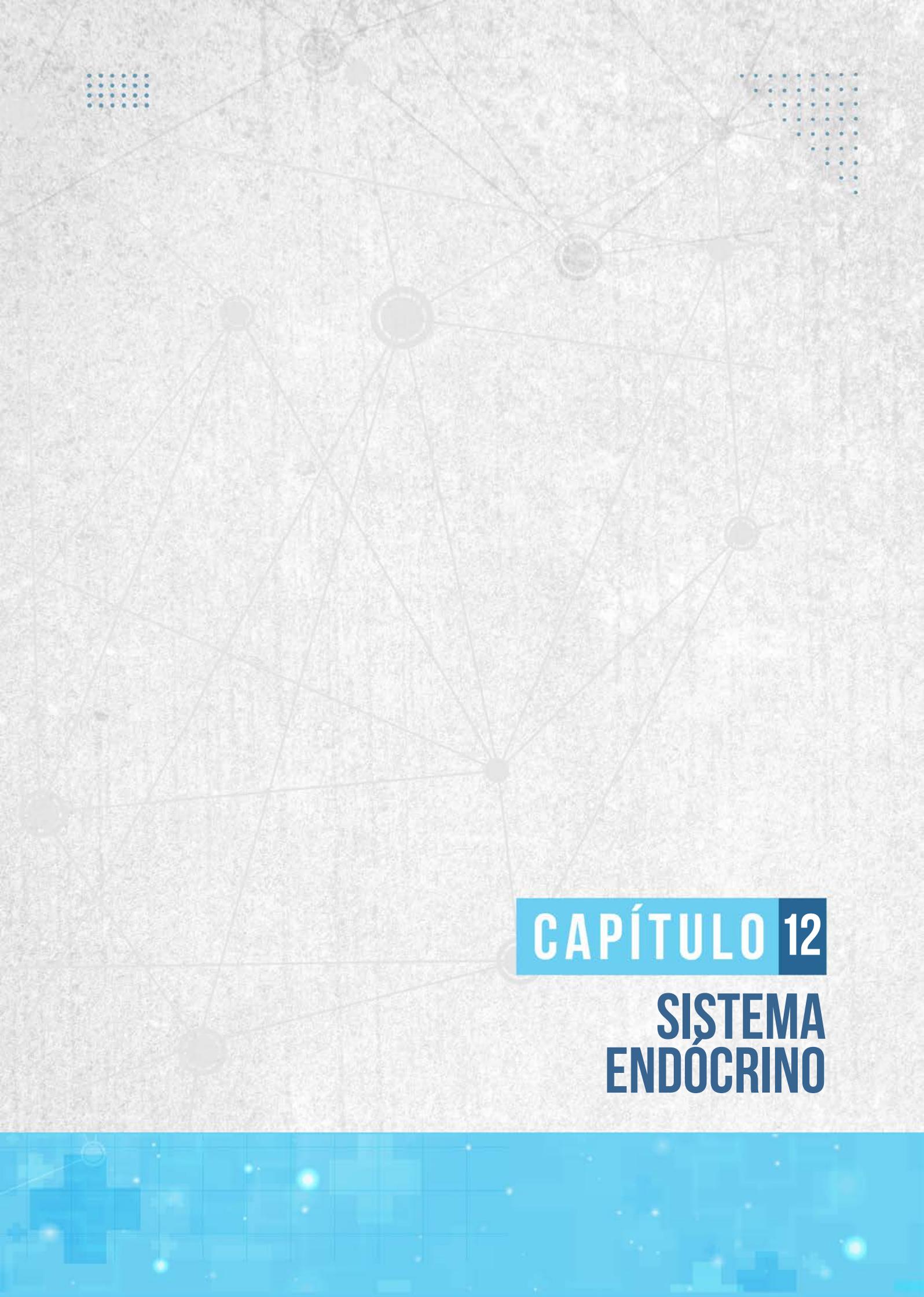
### Referencias Bibliográficas

1. Muñiz L. CE. Neurología clínica de Rangel Guerra. 1a ed. México: Manual Moderno; 2015.
2. Tortora G, Derrickson B. Principios de Anatomía y fisiología. 15a ed. Editorial Médica Panamericana S.A.; 2018.
3. Hall, J.E & Hall, M.E. Guyton & Hall. Tratado de fisiología médica. 14a ed. Elsevier; 2021.
4. Chu Lee A CSLM. Anatomía y fisiología del sistema nervioso. 1a ed. Machala: UTMACH; 2015.
5. Ani Khachatryan Sirakanyan. Afectación del sistema nervioso entérico por el estrés oxidativo en la patología gastrointestinal y neurodegenerativa. Universidad de Zaragoza, MED. 2020; p. 4-10.
6. Alcocer-Sánchez ENPyL&c. Enfermedad de Hirschsprung como causa rara de estreñimiento refractario en un paciente adulto. Revista de Gastroenterología de México. 2019; 84(2): p. 253-254.
7. Laterjet M RLA. Anatomía Humana. 5th ed. MT A, editor.: Médica Panamericana; 2017.
8. Rouviere H, Delmas A, Delmas V. Anatomía humana. Descriptiva, topográfica y funcional. Tomo I. 11a ed. Barcelona: Elsevier; 2005.

# UNIDAD 4

## SISTEMA ENDÓCRINO





## CAPÍTULO 12

# SISTEMA ENDOCRINO



## Sistema Endócrino

El funcionamiento del cuerpo humano es la integración de un todo, en donde los órganos deben comunicarse entre sí y coordinarse constantemente, dos sistemas muestran importancia en el control homeostático: el Endócrino y Nervioso, cuya comunicación es constante, además se lleva a cabo por hormonas propias de las funciones corporales y neurotransmisores propios de las terminaciones nerviosas (1).

“El sistema endócrino es responsable de diversas funciones de integración, entre ellas: el crecimiento, desarrollo, reproducción, control iónico y sustancia de la sangre.” (2).

Cada una de las funciones del sistema endócrino se realiza junto con el sistema nervioso para brindar respuesta eficaz, siendo más lentas las respuestas endocrinas, en su gran mayoría requieren de varios minutos para producir una respuesta. Este sistema permite que haya un coordinado proceso de comunicación de diferentes tejidos y órganos (3).

Para complementar el estudio del sistema endócrino es preciso revisar sus diferentes niveles mediante la teoría y gráficos, para poder diferenciar las múltiples glándulas pertenecientes al mismo y las diferentes hormonas secretadas con su respectivo mecanismo de acción y funciones correspondientes.

Es por ello que el objetivo principal de este capítulo es comprender el funcionamiento del sistema endocrino y su importancia en el cumplimiento de las funciones vitales en el organismo, mediante el estudio comprensivo del lector, para la adquisición y fortalecimiento de conocimiento.

### Generalidades

Es el principal sistema que mantiene la homeostasis cuyos componentes permiten el control de las funciones que ejecuta mediante hormonas, las cuales son secretadas células endócrinas. Estos diversos procesos se llevan a cabo por mensajeros que son:

- **Hormonas neuroendocrinas:** secretadas hacia la sangre por neuronas, cumplen la función de influir en células diana ubicadas en otros lugares del cuerpo humano (4).
- **Neurotransmisores:** liberadas por las terminaciones axónicas de las neuronas en las uniones de la sinapsis actuando como controlador de funciones nerviosas (4).
- **Hormonas endócrinas:** son producidas por glándulas o células especializadas, se secretan a la circulación sanguínea e influyen en otras partes del organismo (4).
- **Hormonas paracrinas:** secretadas hacia el líquido extracelular, ejercen sus acciones en las células adyacentes (4).

- **Hormonas autocrinas:** producidas por las células y actúan sobre ellas mismas (4).
- **Citocinas:** son mediadores inflamatorios que pueden funcionar como hormonas autocrinas, endócrinas o paracrinas. Entre ellas se pueden hallar las interleucinas y otras linfocinas del sistema inmunitario. Las hormonas citocinas como es el caso de la leptina son producidas por los adipocitos, se conocen a veces como adipocinas (4).

Generalmente las hormonas viajan por el torrente sanguíneo hacia las células diana, son distribuidas en todo el cuerpo uniéndose a receptores específicos.

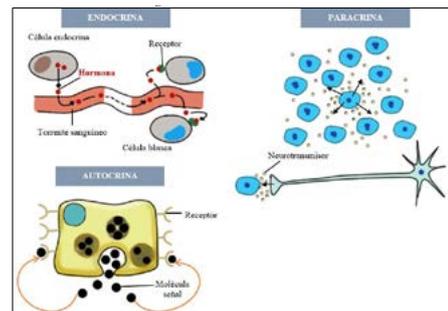
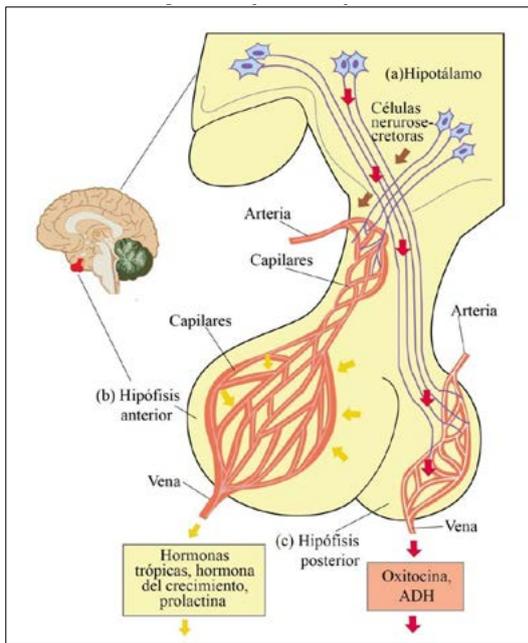


Figura 244. Señalización celular  
Fuente: Autor

### Eje Hipotálamo Hipófisis

La conexión entre el hipotálamo (región del Sistema Nervioso Central constituido por tejido nervioso: neurona y neuroglia) y la glándula Hipófisis (cuelga de la base de cerebro y está constituida en su mayor parte de acinos glandulares) difiere en su parte anterior de su parte posterior. El hipotálamo se conecta con la adenohipófisis (hipófisis anterior) por medio de un sistema de capilares por lo que hay una conexión vascular. Las neurohormonas producidas por el hipotálamo viajan por la sangre a la adenohipófisis. La neurohipófisis (hipófisis posterior) sostiene una conexión nerviosa con el hipotálamo, es decir, los axones de las neuronas hipotalámicas penetran en la hipófisis posterior y transportan 2 neurohormonas producidas en el hipotálamo hasta la neurohipófisis donde se almacenan hasta que se necesiten (5).



Fuente: Autor

Figura 245. Hipotálamo e hipófisis  
Fuente: Autor

### Hipotálamo

Estructura nerviosa ubicado en el medio de la base del cerebro, cerca de la glándula pituitaria y la rodea la porción ventral correspondiente al tercer ventrículo y en un parte superior recubierto por el cuerpo calloso. Coordina gran parte de

las funciones endócrino del cuerpo y sirve como uno de los principales centros del Sistema Nervioso Autónomo (6).

El hipotálamo está estructurado en tres zonas principales: lateral, medial y periventricular, teniendo en cuenta que los núcleos se sitúan en las zonas medial y periventricular, guardando una estrecha relación con la regulación central endócrina, mientras que la zona lateral se le asocia un tipo de relevo donde están establecidas las conexiones del hipotálamo (7).

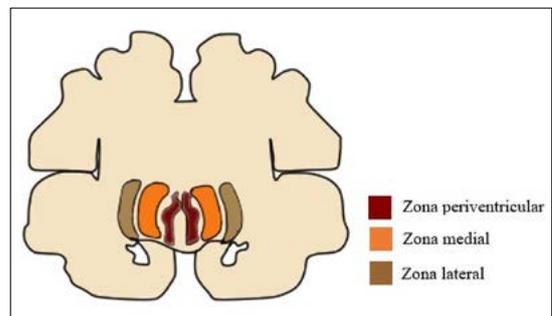


Figura 246. Zonas del hipotálamo  
Fuente: Autor

Entre sus principales funciones tenemos:

- Controla la presión arterial.
- Controla la temperatura corporal. (termostato corporal).
- Conserva el equilibrio de líquidos y electrolitos. (homeostasis corporal).
- Regula el peso corporal, la ingesta de líquidos y el apetito.
- Regulación del sistema endócrino y del sistema nervioso autónomo.
- Regula las emociones y comportamientos.

El hipotálamo de manera directa mediante señales nerviosas controla las secreciones de la neurohipófisis, en cambio las secreciones de la adenohipófisis son controladas por hormonas de inhibición y liberación hipotalámicas, siendo estas sintetizadas en el propio hipotálamo. Las conexiones vasculares entre el hipotálamo y la hipófisis a través de pequeños vasos sanguíneos son denominadas como vasos porta hipotalámico-hipofisarios.

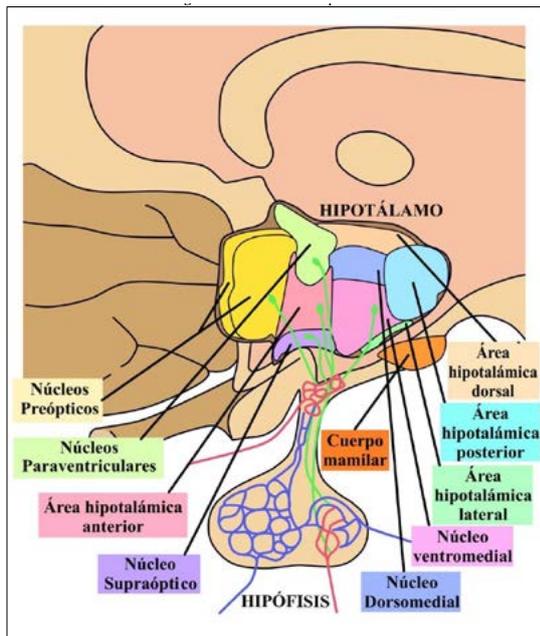


Figura 247. Núcleos del hipotálamo  
Fuente: Autor

### Neurohormonas hipotalámicas

En el campo embriológico, las dos porciones correspondientes de la hipófisis tienen diferentes procedencias: la adenohipófisis siendo derivada de la bolsa de Rathke mediante una invaginación del epitelio faríngeo y la neurohipófisis mediante una evaginación del tejido nervioso procedente del hipotálamo, enmarcando la presencia de células tipo glial en mencionada glándula. El Hipotálamo produce bajo estímulos específicos ocho neurohormonas (hormonas producidas por neuronas);

a) La adenohipófisis secreta seis hormonas peptídicas que influyen en el control de las funciones metabólicas del organismo (4).

- La hormona del crecimiento (GH): por la acción de formación de proteínas, multiplicación y diferenciación celular que promueve el crecimiento de todo el cuerpo.
- La corticotropina (ACTH): controla hormonas corticosuprarrenales, influyendo en el metabolismo de glucosa, proteínas y lípidos.
- La tirotrina (TSH): estimulante de la tiroides, encargada de la secreción de triyodotironina y tiroxina.
- La prolactina (PRL): encargada del desarrollo de las glándulas mamarias y de la producción de leche.
- Dos hormonas gonadotrópicas: la hormona folículo-estimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH).

b) Dos hormonas secretadas por la neurohipófisis (4).

- La hormona antidiurética (ADH): controla la excreción de orina regulando la homeostasis hídrica de líquidos corporales.
- La oxitocina: encargada de la secreción de leche de las glándulas mamarias.

Las hormonas neurohipofisarias no se hallan en la propia neurohipófisis, sino más bien estas corresponden a grandes neuronas nombradas como neuronas magnocelulares, localizadas en los núcleos supraóptico y paraventricular del hipotálamo, siendo importante la intervención del axoplasma de las fibras nerviosas que transporta las hormonas desde el hipotálamo a la neurohipófisis (4).

Tabla 39. Hormonas y funciones

Hormona Reguladora Hipotalámica	Hormona De La Hipófisis Anterior	Resultado Funcional
Hormona liberadora de la hormona del crecimiento (GHRH)	Hormona del crecimiento (GH)	Crecimiento lineal de los cartílagos epifisiarios
Somatostatina u Hormona inhibidora de la hormona de crecimiento GHIH	GH, producción reducida	Reduce el crecimiento lineal de los cartílagos epifisiarios
Hormona liberadora de prolactina (PRH)	Prolactina (hormona luteotrófica LTH)	Estimula la lactogénesis
Dopamina u Hormona inhibidora de prolactina (PIH)	Producción reducida de prolactina	Reduce la lactogénesis
Hormona liberadora de corticotropina (CRH)	Hormona adrenocorticotrópica (ACTH)	Estimula la glándula suprarrenal a producir corticosteroides
Hormona liberadora de tirotrópina (TRH)	Tirotrópina (TSH)	Estimula la glándula tiroidea producir tiroxina
Hormona liberadora de gonadotropinas FSH y LH (GnRH)	Hormona luteinizante (LH) y Hormona estimulante del folículo (FSH)	Estimula los folículos ováricos y la producción de estrógeno y progesterona

La hormona antidiurética (ADH) o vasopresina, es producida en el núcleo supraóptico del hipotálamo ante los siguientes estímulos: osmolaridad plasmática por encima de 320 mOsm/L, hipovolemia, hipotensión, hipoglicemia, altas temperaturas ambientales y fiebre.

La ADH estimula la reabsorción de agua a nivel de los túbulos colectores renales con el fin de bajar la hiperosmolaridad del plasma, al diluirlo y aumenta el volumen plasmático; así mismo, disminuye la diuresis, lo que se traduce en una orina escasa y concentrada. También produce vasoconstricción (de allí el nombre vasopresina) con lo que ayuda a corregir la hipotensión al aumentar la presión arterial. Otras acciones de esta hormona son: estimular la glucogenólisis y la liberación de glucosa por parte del hígado, estimular la secreción de ACTH, acción antipirética, activación de los procesos de aprendizaje y memoria, y ha sido relacionada con la estimulación de patrones de receptividad sexual y conducta

maternal. Las bajas temperaturas y el alcohol inhiben a la ADH y aumentan la diuresis.

La oxitocina, por su parte, es producida en el núcleo paraventricular del hipotálamo, viaja, al igual que la ADH, junto a las neurofisinas (proteínas transportadoras) hasta la neurohipófisis donde se almacena. La estimulación que produce la succión del pezón sobre los receptores táctiles de la areola y la estimulación del tracto genital por dilatación del cuello uterino y de las paredes de la vagina desencadenan su secreción. Sus efectos fisiológicos son: facilitar la eyección de la leche materna y facilitar el parto por aumento de las prostaglandinas. El estrés emocional y la progesterona son inhibidores de oxitocina.

Es importante señalar que todas estas neurohormonas son de naturaleza proteica por lo que viajan fácilmente en plasma, se unen a receptores situados en la membrana plasmática de sus órganos blancos y necesitan segundos mensajeros intracelulares para ejercer su función.

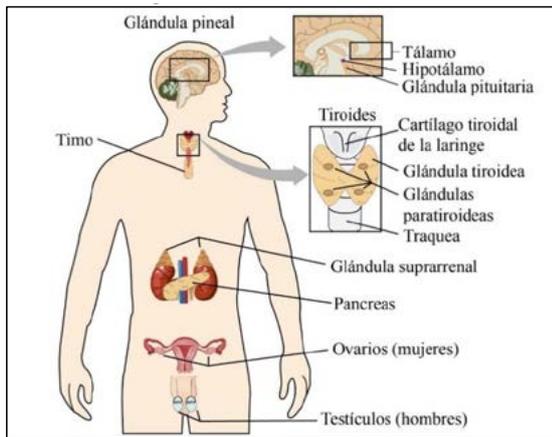


Figura 248. Sistema endócrino  
Fuente: Autor

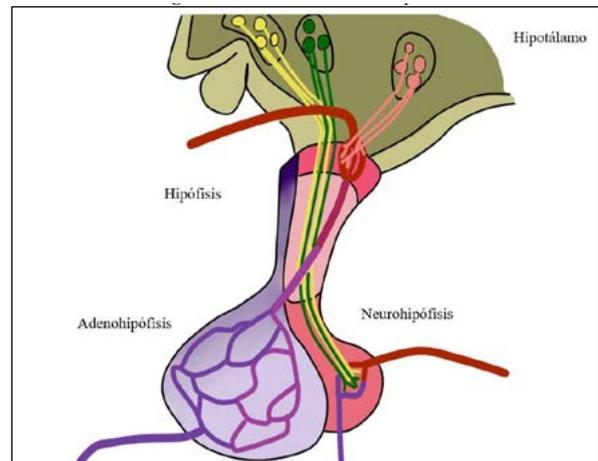


Figura 249. Anatomía de la hipófisis  
Fuente: Autor

### Hipófisis

Llamada también pituitaria, es considerada una glándula directriz o maestra, ya que secreta varias hormonas que controlan la actividad de otras glándulas. Es del tamaño de un guisante por lo que mide alrededor de 1-1.5 cm de diámetro y 0,5-1 g de peso, ubicada en la silla turca del hueso esfenoides sobre la fosa hipofisaria, y está unida al hipotálamo mediante un tallo, el infundíbulo. Posee dos lóbulos que, desde un punto de vista embriológico tienen distintos orígenes:

**a) Lóbulo anterior (adenohipófisis)** deriva de la bolsa de Rathke, una invaginación embrionaria del epitelio faríngeo. La adenohipófisis constituye el 75% del peso de la glándula, y está formada por dos porciones: la pars distalis (la más grande) y la pars tuberalis que forma una bolsa que rodea el infundíbulo.

**b) Lóbulo posterior (neurohipófisis)** deriva del infundíbulo. La neurohipófisis se encuentra formada por la pars nervosa (porción bulbar más grande) e infundíbulo. Entre estas dos partes se encuentra una zona denominada, parte intermedia, que no tiene importancia en la especie humana. (8)

Cuando existen alteraciones en la función de la hipófisis puede desencadenar un diagnóstico de una hipofunción o hiperfunción determinando un desequilibrio en los niveles sanguíneos dando alteraciones de las hormonas principales, afectando en lo general la endocrinología del organismo.

### Hormonas de la adenohipófisis

La adenohipófisis produce bajo la estimulación del hipotálamo, seis hormonas de naturaleza proteica que se unen a receptores y usan segundos mensajeros (6).

**1. La Hormona del Crecimiento (GH)** producida por las células somatotropas de la adenohipófisis. Esta hormona tiene efectos metabólicos y es estimulante del crecimiento a través de su intermediario la Somatomedina o Factor de Crecimiento tipo insulina I (IGF-I) producido por el hígado. Sus órganos blancos son: hueso, músculo, hígado, tejido adiposo y páncreas. Metabólicamente, en relación a las proteínas es una hormona anabólica (favorece la síntesis de proteínas); en relación a los carbohidratos, es una hormona hiperglicemiante (aumenta la glucosa en sangre) y, en relación a los lípidos, es una hormona lipolítica (favorece la ruptura de las grasas).

**En el hueso:** produce aumento de la longitud de los huesos largos, estimula el crecimiento del hueso esponjoso, aumenta las células osteogénicas y aumenta los depósitos de proteínas. En el músculo estimula la síntesis proteica y disminuye la captación de glucosa.

**En el hígado:** estimula la oxidación de los ácidos grasos a cuerpos cetónicos y estimula la gluconeogénesis. En el tejido adiposo: disminuye el almacenamiento de las grasas, estimula la liberación de ácidos grasos y aumenta la conversión de los ácidos grasos en acetil\_CoA.

**En el páncreas:** estimula la secreción de insulina al tiempo que baja la sensibilidad de la misma. Esto lleva a una elevación de concentración de glucosa en la sangre. Su regulación es muy precisa: tiene una hormona que favorece su secreción, la GHRH que es estimulada por la hipoglicemia, la disminución de ácidos grasos, el ayuno, el ejercicio, el sueño profundo; y una hormona que la inhibe, la GHIH o Somatostatina cuyos estímulos son: la hiperglicemia, el aumento de ácidos grasos, la obesidad y el envejecimiento.

Las acciones de la hormona del crecimiento son (2):

- Efecto diabético: La Hormona de Crecimiento (GH) aumenta la resistencia a la insulina y a su vez disminuye el empleo de glucosa por el músculo y el tejido adiposo que actúan como tejidos diana.
- Aumento en la síntesis de proteínas y crecimiento de los órganos: La Hormona del Crecimiento (GH) incrementa la captación de aminoácidos y la síntesis de ADN, ARN y proteínas, por lo cual, se desencadena el aumento de la masa corporal magra y las dimensiones reales de los órganos.
- Aumento del crecimiento longitudinal.

**2. La Prolactina** producida por las células lactotropas de la adenohipófisis es una hormona proteica cuyo principal efecto fisiológico es estimular la producción de leche materna (lactogénesis). Es así como la prolactina es necesaria para el desarrollo de las

mamas, y mantenimiento de la lactancia, por lo cual, en las situaciones antes mencionadas, la concentración de la prolactina aumenta. La estimulación que provoca el aumento o disminución de la secreción de dicha hormona, se realiza por la alteración de la transcripción del gen de la prolactina. Esta hormona afecta la función gonadal (tanto ovárica como testicular). En las mujeres, inhibe la ovulación y por ello se considera a la lactancia como un método anticonceptivo. En el hombre, altos niveles de esta hormona están relacionados con esterilidad. La regulación de la prolactina también es precisa; tiene una hormona liberadora PRH que es estimulada bajo estrés agudo y una hormona inhibidora PIH o Dopamina que es estimulada bajo estrés crónico.

**3. La Hormona Tiroestimulante o Estimulante de la Tiroides (TSH)** producida por las células tirotropas de la adenohipófisis es una sustancia de naturaleza proteica cuyos efectos fisiológicos son:

- Estimulación de la producción y secreción de las hormonas tiroideas (T3 y T4) por parte de la glándula tiroides.
- Aumento del tamaño y vascularización de dicha glándula.
- Aumento de la altura del epitelio folicular y disminución del tamaño del coloide.
- La regulación de esta hormona se hace por estimulación con la hormona TRH y retroalimentación negativa de asa corta y larga por parte de T3 y T4, de manera que cuando estos productos hormonales están bajos en sangre, la TSH aumenta por falta de inhibición.

**4. La Hormona Adrenocorticotrópica (ACTH)** producida por las células corticotropinas de la adenohipófisis, también proteica, es estimulada por la hormona hipotalámica CRH e inhibida por sus productos que son las hormonas corticosteroideas de la glándula suprarrenal vía retroalimentación

negativa. Su efecto fisiológico es promover la síntesis de corticosteroides a nivel de la corteza de la glándula suprarrenal, principalmente el cortisol y los andrógenos suprarrenales para lo cual aumenta la captación de colesterol LDL, aumenta la hidrólisis de los ésteres de colesterol y aumenta el transporte del colesterol hacia la mitocondria en las células de la glándula suprarrenal.

Además, regula las funciones de las zonas fasciculada, glomerular y reticular:

- Las zonas fasciculadas/reticular, se encuentran específicamente bajo el control del eje hipotalámico-hipofisario y secretan esencialmente glucocorticoides.
- La zona glomerular, secreta especialmente mineralocorticoides.

**5. La Hormona Foliculoestimulante o Estimulante del folículo (FSH)** producida por las células gonadotropas de la adenohipófisis es una proteína con acciones específicas en la mujer y en el hombre.

En las mujeres estimula a que el folículo ovárico madure y produzca estrógenos y progesterona. Las células ováricas con receptores FSH son exclusivamente células provenientes de la granulosa.

En el hombre, la FSH estimula la espermatogénesis actuando sobre las células de Sertoli en los testículos. Esta hormona tiene una hormona hipotalámica estimuladora que es la GnRH y se regula por inhibición a través de los altos niveles de estrógenos y progesterona y de la hormona Inhibina producida por el ovario en la mujer y el testículo (células de Sertoli) en el hombre.

Además, las concentraciones de la hormona Foliculoestimulante o Estimulante del folículo (FSH) y de la hormona Luteinizante (LH), van a permanecer bajas hasta la pubertad.

**6. La Hormona Luteinizante (LH)** es otra sustancia proteica producida también por las mismas células gonadotropas de la adenohipófisis. Es la llamada hormona de la ovulación ya que es la responsable de este fenómeno a la mitad del ciclo menstrual de las mujeres. Cuando se llega al pico de la LH y FSH se suscita la ovulación del ovocito maduro.

En los hombres, la LH estimula a las células de Leydig testiculares a producir testosterona. Su regulación cuenta con factores estimuladores, la misma GnRH hipotalámica y factores inhibidores que son los altos niveles de sus productos, estrógenos y progesterona. Esta hormona en conjunto con la FSH, se encargan de promover la estimulación de la síntesis de hormonas sexuales femeninas.

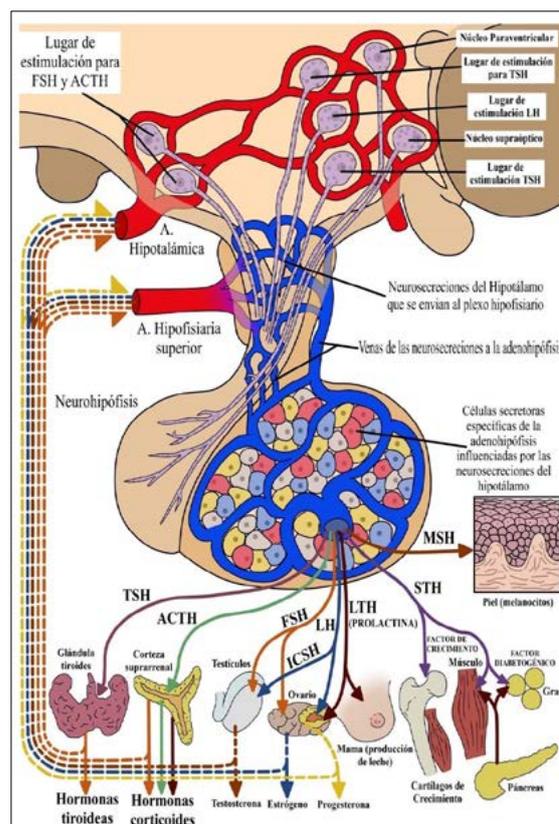


Figura 250. Vasos portales – hipofisarios  
Fuente: Autor

Tabla 40. Células y hormonas de la adenohipófisis y sus funciones fisiológicas

Célula	Hormona	Química	Acciones fisiológicas
<b>Somatótropas</b>	Hormona del crecimiento (GH; somatotropina)	Cadena sencilla de 191 aminoácidos	Estimula el crecimiento corporal; estimula la secreción de IGF-1; estimula la lipólisis; inhibe las acciones de la insulina en el metabolismo de los hidratos de carbono y los lípidos.
<b>Corticótropas</b>	Hormona adrenocorticotropa (ACTH; corticotropina)	Cadena sencilla de 39 aminoácidos	Estimula la generación de glucocorticoides y andrógenos por la corteza suprarrenal; mantiene el tamaño de las zonas fasciculada y reticulada de la corteza.
<b>Tirótropas</b>	Hormona estimulante de la tiroides (TSH; tirotropina)	Glucoproteína formada por dos subunidades, $\alpha$ (89 aminoácidos) y $\beta$ (112 aminoácidos)	Estimula la producción de hormonas tiroideas por las células foliculares de la tiroides; mantiene el tamaño de las células foliculares.
<b>Gonadótropas</b>	Hormona estimulante del folículo (FSH)	Glucoproteína formada por dos subunidades, $\alpha$ (89 aminoácidos) y $\beta$ (112 aminoácidos)	Estimula el desarrollo de los folículos ováricos; regula la espermatogonía testicular.
	Hormona luteinizante (LH)	Glucoproteína formada por dos subunidades, $\alpha$ (89 aminoácidos) y $\beta$ (115 aminoácidos)	Induce la ovulación y la formación del cuerpo lúteo (ovario); estimula la producción de estrógenos, progesterona (mujer), testosterona (hombre).
<b>Lactotropas-mamótropas</b>	Prolactina (PRL)	Cadena única de 198 aminoácidos	Estimula la secreción y producción de leche.

### Hormona Tiroidea

La glándula tiroidea, ubicada a nivel del cuello, produce tres (3) hormonas: la tetrayodotironina (T4), la triyodotironina (T3) y la calcitonina. La T3 y la T4, producidas por el folículo tiroideo, son las llamadas “hormonas tiroideas” y poseen las mismas funciones. La calcitonina, producida en las células C parafoliculares (situadas al lado del folículo tiroideo), es una hormona proteica que interviene en la regulación de los niveles séricos de calcio y no es llamada hormona tiroidea a pesar de producirse en la tiroides.

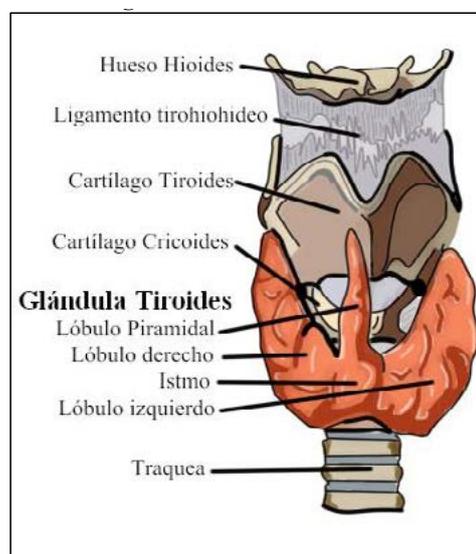


Figura 251. Glándula tiroidea  
Fuente: Autor

La hormona tiroidea es de naturaleza amínica (proviene de la modificación de un aminoácido llamado “tirosina” al cual se le incorporan moléculas de yodo. Es una hormona importante para el desarrollo y crecimiento, sobre todo del Sistema Nervioso Central (SNC), tanto que los recién nacidos productos de madres hipotiroideas sin tratamiento durante su embarazo, nacen con niveles de retraso mental. Esta hormona tiene una acción metabólica importante, de hecho, aumenta el metabolismo basal (la cantidad de energía consumida por el cuerpo para mantenerse vivo, en reposo y despierto).

La ingesta de yodo es importante para la síntesis de la hormona tiroidea y la baja disponibilidad de éste en algunas regiones hace que aparezca, en sus pobladores, “bocio endémico” (aumento del tamaño de la glándula tiroides por efecto del aumento de la hormona TSH debido a una falta de retroalimentación negativa por parte de la escasa T4, la hormona producida en mayor cantidad por la glándula).

El folículo tiroideo está formado por una capa cerrada de células cuboides (tirocitos) y su lumen relleno de un coloide constituido por tiroglobulina, una molécula proteica producida por el mismo tirocito. Cada molécula de tiroglobulina contiene 70 tirosinas que son los sustratos que se combinan con yodo para formar la hormona tiroidea (6).

Los procesos de síntesis, secreción y transporte de la hormona tiroidea, son estimulados por la TSH, comprende los siguientes pasos:

1. Captación y concentración de yodo dentro de la glándula. El yodo es tomado del plasma de los capilares que rodean al folículo, por el lado basal del tirocito y es bombeado gracias a un transporte activo con sodio y es atrapado dentro de la glándula.

2. Oxidación del yodo a hipoyodito con la participación de agua y gracias a la enzima peroxidasa tiroidea (TPO).

3. Organificación de la Tiroglobulina que consiste en incorporar el yodo oxidado a los anillos fenoles de la tirosina. Si a una tirosina se le une un yodo, se produce una molécula de Monoyodotirosina y si se le unen dos yodos, se produce una molécula de Diyodotirosina.

4. Acoplamiento de las moléculas de tirosinas yodadas para formar T3 y T4. Si se combina una molécula de Diyodotirosina con una de Monoyodotirosina, se produce la hormona T3 denominada Triyodotironina; y si se unen dos Diyodotirosinas, se produce la hormona T4 que se denomina Tetrayodotironina o Tiroxina. Todas estas reacciones catalizadas por TPO.

5. Secreción de las hormonas tiroideas: el 93% de la producción de la glándula es T4 y el 7% es T3. En los tejidos blancos mucha T4 se transforma en T3 que es más activa. Se secretan en forma libre al torrente sanguíneo por difusión por el lado basal de la célula.

6. Dado a su naturaleza química (no es hidrofílica), la hormona tiroidea necesita una proteína transportadora en plasma, la TBG, llamada proteína fijadora de tiroxina por tener más afinidad por T4 que por T3.

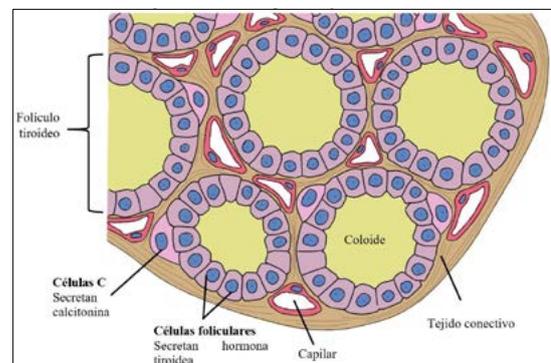


Figura 252. Microscopia de la glándula tiroides  
Fuente: Autor

Las funciones de la hormona tiroidea pueden resumirse en:

- a) Favorece el crecimiento normal y la maduración esquelética.
- b) Estimula el crecimiento de desarrollo del cerebro en etapa fetal y primeros años de la vida.
- c) Favorece la captación de glucosa por la célula y la glucólisis.
- d) Moviliza el tejido graso y disminuye los depósitos de grasa.
- e) Descenso en la concentración plasmática de colesterol, triglicéridos y fosfolípidos.
- f) Aumento del metabolismo basal.
- g) Descenso del peso corporal.
- h) Aumento del flujo sanguíneo al corazón y del gasto cardiaco con presión arterial normal.
- i) Aumento de la respiración.
- j) Aumento de la Motilidad digestiva.
- k) Estimulante, activación del SNC (puede afectar el sueño).
- l) Aumento la liberación de insulina, ACTH y PTH.
- m) Participación en las funciones sexuales masculinas y femeninas.

Por ser liposoluble, atraviesa la membrana plasmática y nuclear de las células de sus órganos blancos y se une a receptor nuclear, desde donde origina los cambios fisiológicos necesarios para ejecutar sus funciones.

La regulación de la hormona tiroidea se hace por estimulación de la TRH, la TSH y retroalimentación negativa de asa larga sobre hipófisis e hipotálamo por parte de sus productos, específicamente tiroxina (T4).

### **Hormonas que regulan el metabolismo del calcio**

La concentración plasmática del calcio es regulada finalmente por la participación de tres hormonas, donde los procesos de deposición ósea (formación y mineralización del hueso, de manos de los osteoblastos) y resorción ósea (disolu-

ción y desmineralización del hueso, de manos de los osteoclastos), están involucrados.

Dos hormonas incrementan el calcio sérico:

La Hormona Paratiroidea (PTH) o parathormona es una hormona peptídica producida por las células principales de la glándula paratiroidea ubicada sobre la glándula tiroides, cuyo estímulo para su secreción es la baja concentración plasmática de calcio. Se une a su receptor en los órganos blancos (hueso y riñón) y activa al adenilato ciclasa para ejercer sus efectos fisiológicos:

1. Incrementar la actividad de los osteoclastos y producir resorción ósea.
2. Aumentar la reabsorción tubular de calcio y la excreción de fosfato a nivel del riñón.
3. Estimula la formación de Vitamina D activa a nivel de riñón, la cual aumenta la absorción intestinal de calcio.

Todo esto incrementa los niveles séricos de calcio restituyendo la normalidad, por eso es llamada la hormona conservadora de calcio en plasma. Se regula por feedback negativo corto de su sustrato (calcio), es decir, cuando aumenta el calcio en sangre se inhibe la secreción de la PTH. La 1,25 dihidroxicolecalciferol (calcitriol) o Vitamina D activa, es una hormona derivada del colesterol cuya síntesis tiene tres pasos definidos: el primero en piel bajo la acción de los rayos ultravioleta, el segundo paso en el hígado y un paso final en el riñón donde se produce su activación.

La vitamina D es una hormona anabólica proteica cuya principal acción es aumentar la absorción intestinal de calcio. En el hueso, actuando sobre los osteoblastos, aumenta la síntesis proteica de la matriz ósea, aumenta la osteocalcina y con ello la matriz orgánica del hueso y promueve el depósito mineral.

Algunos autores le atribuyen un acrecentamiento en la reabsorción tubular de calcio a nivel renal. La Calcitonina, por su parte, es una hormona de naturaleza proteica, producida en las células "C" parafoliculares de la Tiroides ante los altos niveles séricos de calcio.

Es antagonista de PTH en el hueso al ser su efecto fisiológico “disminuir la resorción ósea, reduciendo la actividad de los osteoclastos”. La hipercalcemia incita su secreción mientras que la hipocalcemia la inhibe.

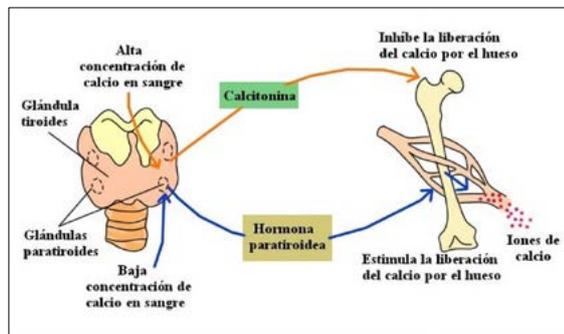


Figura 253. Regulación de Calcemia  
Fuente: Autor

### Hormona del páncreas

El páncreas endócrino produce cuatro hormonas, dos de las cuales manejan el metabolismo de los carbohidratos y las grasas de forma precisa. Los islotes de Langerhans, situados entre los acinos pancreáticos contienen 4 tipos celulares que cada uno produce una hormona diferente:

1. Células A o alfa producen la hormona Glucagón.
2. Células B o beta producen la hormona Insulina.
3. Células D o delta producen Somatostatina pancreática.
4. Células F o PP producen Polipéptido pancreático.
5. Células  $\epsilon$  o E secretan ghrelina

Todas son hormonas de naturaleza proteica que interactúan con su receptor de membrana y usan segundos mensajeros. A continuación, las acciones fisiológicas de cada una.

**1. Glucagón:** Es la hormona contraria a la insulina quien con ella hace una llave perfecta para el manejo del metabolismo. Glucagón es la hormona del ayuno ya que aumenta la cantidad de glucosa en sangre (hiperglicemiante) extrayéndola de aquellos tejidos que la almacenan en forma de glucógeno, y al tenerla en plasma estimula la secreción de insulina para introducirla a los

tejidos para su utilización. Es también una hormona lipolítica y ejerce otras funciones como estimulación de la contracción cardíaca, aumenta el flujo sanguíneo a los riñones, estimula la secreción biliar e inhibe la secreción de HCl por el estómago. La hiperglicemia, el aumento de la concentración de los cetoácidos y la insulina son los principales inhibidores de su secreción.

**2. Insulina:** Es una hormona hipoglicemiante porque favorece la entrada de glucosa a las células para ser utilizada como fuente de energía (aumenta la glucólisis). Favorece la gluconeogénesis al mismo tiempo que disminuye la gluconeogénesis. Todo se hace posible ya que al unirse la insulina con su receptor en la membrana de sus órganos blancos (hígado, músculo esquelético y tejido adiposo), produce la expresión de los transportadores de glucosa intracitoplasmáticos, es decir, su migración hacia la membrana para permitir, éstos, la entrada de glucosa en la célula. También tiene esta hormona acción lipogénica (aumenta la lipogénesis, disminuye la lipólisis y disminuye la cetogénesis) al favorecer la producción de lípidos y es considerada una hormona anabólica proteica por favorecer la producción de proteínas. El principal estímulo para la secreción de insulina es la hiperglicemia (aumento de glucosa en sangre), así, como el aumento de los aminoácidos y de los ácidos grasos libres. La hipoglicemia, el ayuno y el ejercicio inhiben la liberación de insulina. En los últimos años han encontrado un vínculo entre la liberación de insulina y la acción de ciertas neuronas hipotalámicas lo que hace que cada día se avance en la concepción neuroendocrina que integre el sistema nervioso con el sistema endócrino aun en la regulación de hormonas que antes se creía que eran independientes del eje hipotálamo-hipófisis y sólo respondía a la concentración plasmática de sus sustratos.

**3. Somatostatina pancreática:** Es una hormona con efecto sobre las secreciones digestivas al inhibir las secreciones gastrointestinales. Además,

disminuye la motilidad estomacal, duodenal y vesical, disminuye la absorción de glucosa en el intestino y controla la secreción de los islotes de Langerhans inhibiendo a las otras tres hormonas allí producidas.

**4. Polipéptido pancreático:** Es una hormona cuyo efecto fisiológico es lentificar la absorción de los alimentos, al generar un efecto inhibitor a largo plazo sobre las secreciones biliar y pancreática, ahorrando así enzimas y bilis para la próxima comida. Las comidas proteicas, el ayuno, el ejercicio y la hipoglicemia estimulan su secreción mientras que la somatostatina inhibe su secreción.

**5. Ghrelina:** La ghrelina que es secretada por las células E, es un polipéptido de 28 aminoácidos, 14 de ellos son secretados por las células secretoras de la mucosa gástrica e intestinal, por el núcleo arqueado del hipotálamo, y por las células épsilon localizadas en los islotes pancreáticos, los otros 15 están implicados en el control de ingesta de alimentos y se ha demostrado que evoca el aumento de peso por acciones en el hipotálamo. Dicho hipotálamo fue identificado como la fuente principal de síntesis de ghrelina en el sistema nervioso central (SNC), por lo tanto, los efectos del péptido se han relacionado principalmente con esta parte del cerebro. Diversos estudios realizados en la última década resaltan su importancia en la ingesta de alimentos y la regulación del peso corporal. Es así que la ghrelina aumenta la ingesta de alimentos y simultáneamente promueve la digestión, facilitando la secreción de ácido gástrico y la motilidad gástrica (9).

### Tejido adiposo

Entre las adipocitoquinas se encuentra; la leptina, la resistina y la adiponectina.

**1. Leptina:** La leptina es una proteína de 167 aminoácidos, secretada principalmente en las células del tejido adiposo. Recientemente se ha encontrado que la leptina también está presente en la mucosa gástrica que desem-

peña un papel mediador en la regulación a largo plazo del equilibrio energético, generando así una disminución en la ingesta de alimentos y por lo tanto lleva a la pérdida de peso. Es conocida principalmente por fomentar la saciedad, por lo que juega un papel importante en el peso corporal y en el equilibrio energético (9).

**2. Resistina:** La resistina es un polipéptido de 92 aminoácidos que se asocia principalmente con la obesidad y se ha descubierto la presencia de resistina en el humano de manera mínima o indetectable (10).

**3. Adiponectina:** La adiponectina es un polipéptido de 250 aminoácidos, posee inducibles efectos benéficos, al mejorar el perfil metabólico, potencial la vasodilatación y la perfusión tisular, así como amortiguar la cascada inflamatoria. La obesidad, particularmente la visceral y el sedentarismo, reducen la cantidad o calidad e la adiponectina, aumentando el riesgo de enfermedades metabólicas y cardiovasculares.

### Hormonas de la glándula suprarrenal

La glándula suprarrenal, ubicada en el polo superior del riñón, secreta un grupo de importantes hormonas para la vida. Su corteza produce los corticosteroides, tres grupos de hormonas de naturaleza esteroidea y su médula produce las llamadas “catecolaminas” (adrenalina, noradrenalina y dopamina), hormonas de naturaleza anímica ya que provienen del aminoácido tirosina.

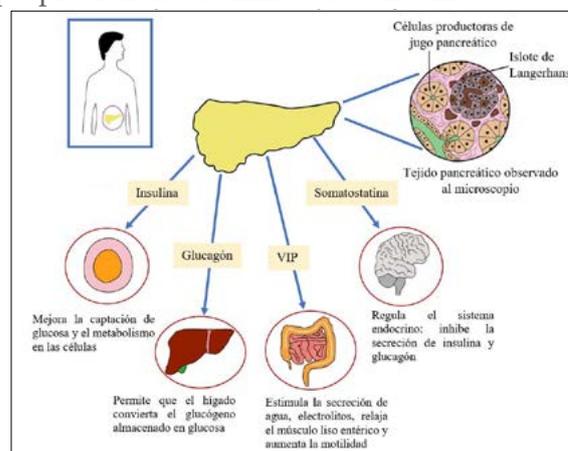


Figura 254. Hormonas de la glándula del páncreas  
Fuente: Autor

La zona glomerular de la corteza suprarrenal produce los mineralocorticoides, cuyo prototipo es la Aldosterona. La zona fascicular de dicha corteza produce los glucocorticoides, cuyo prototipo es el Cortisol; y la zona reticular de la corteza produce los andrógenos suprarrenales.

Bajo estímulos como disminución de sodio, exceso de potasio, disminución del volumen plasmático y disminución de la presión arterial se activa el sistema Renina-Angiotensina- Aldosterona (SRAA), que inicia en el aparato yuxtglomerular del riñón donde los receptores censan los estímulos y se produce en respuesta la hormona renal Renina, enzima que transforma el Angiotensinógeno plasmático (de origen hepático) en Angiotensina I, la cual al interactuar, en la circulación y en los pulmones, con la enzima convertidora de angiotensina se produce la Angiotensina II, un potente vasoconstrictor.

Esta última sustancia va a la corteza de la glándula suprarrenal a favorecer la producción de

Aldosterona. El principal órgano blanco de la Aldosterona es el riñón, donde posee receptores a nivel del túbulo contorneado distal.

Sus efectos fisiológicos son: aumentar la reabsorción tubular de sodio y de agua con lo que aumenta la presión arterial; aumentar la excreción tubular de potasio bajando así la concentración de potasio plasmático; aumentar la síntesis renal de calicreínas con lo que aumenta la producción de prostaglandinas renales; aumenta, también, la secreción renal del hidrogenión y la reabsorción tubular de cloro. Así mismo, esta hormona aumenta la absorción de NaCl a nivel de las glándulas sudoríparas, salivales e intestino. Su efecto sobre los niveles de potasio hace que tenga repercusión en la función muscular y cardíaca.

La regulación de la secreción de Aldosterona depende fundamentalmente de:

1. La concentración plasmática de potasio
2. La actividad del SRAA
3. La concentración plasmática de sodio
4. La hormona ACTH.

El Cortisol, por su parte, es el representante de los glucocorticoides. Es una hormona catabólica proteica, hiperglicemiante y lipolítica, lo cual se explica por sus amplios efectos fisiológicos: estimula la gluconeogénesis, disminuye la utilización de la glucosa por parte de la célula, reduce las proteínas celulares, aumenta las proteínas hepáticas y plasmáticas, aumenta la concentración de aminoácidos en plasma, promueve la movilización de los ácidos grasos del tejido adiposo, favoreciendo su oxidación dentro de la célula.

Tiene, además, un gran efecto antiinflamatorio derivado de la estabilización de la membrana lisosómica, disminución de la permeabilidad capilar y de la quimiotaxia, disminución de la síntesis de prostaglandina y leucotrienos y la disminución de la liberación de interleucina-I. Es un excelente antialérgico. Tiene efecto inmunosupresor al reducir las reacciones tisulares. Sobre el SNC baja el umbral de excitabilidad cortical pudiendo provocar, su exceso, excitación psíquica o emocional tal como insomnio, euforia, irritabilidad, depresión, etc. Produce disminución de los linfocitos y eosinófilos lo que aumenta la susceptibilidad a las infecciones, aumenta los glóbulos rojos, inhibe la síntesis de colágeno y ácido hialurónico. Sobre el aparato gastrointestinal, aumenta la producción de ácido clorhídrico y pepsina por parte del estómago, reduce la resistencia de la mucosa gástrica y disminuye las prostaglandinas.

Favorece la actividad osteoclástica y la resorción ósea. Sobre el aparato cardiovascular, favorece el efecto supresor de las catecolaminas y tiene acción mineralocorticoides, reabsorbiendo sodio y agua, con la consecuencia del aumento de la presión arterial. Disminuye la absorción intestinal de calcio con lo que baja el calcio plasmático y activa la secreción de PTH (hormona paratiroidea). Sobre el crecimiento y desarrollo debemos mencionar que favorece la producción de surfactante pulmonar en el feto y que inhibe la GH y aumenta la Somatostatina con lo que re-

trasa el crecimiento. En la regulación del cortisol cobra importancia el estrés físico, mental y emocional, el cual aumenta la secreción de CRH por el hipotálamo con lo que se estimula la secreción de ACTH hipofisaria y la producción del Cortisol. El aumento del mismo produce retroalimentación negativa sobre el eje hipotálamo-hipófisis.

Los andrógenos suprarrenales son hormonas masculinas de actividad moderada. En condiciones fisiológicas sus efectos son insignificantes ya que en el hombre son enmascarados por los efectos de los andrógenos testiculares dado que son los mismos. En las mujeres premenopáusicas su efecto se ve contrarrestado por el de los estrógenos. Como todos los andrógenos, sus acciones tienden a favorecer el crecimiento y desarrollo de los caracteres sexuales masculinos primarios y secundarios. Se estima que parte del desarrollo inicial de los órganos sexuales masculinos durante la infancia de los varones es producto de sus acciones. El prototipo de estos andrógenos suprarrenales es la Dehidroepiandrosterona. La ausencia de la enzima aromataza en la glándula suprarrenal provoca que estas hormonas no se conviertan en estrógenos.

Todas estas hormonas son de naturaleza esteroidea, viajan en sangre unidas a proteínas plasmáticas, atraviesan membrana plasmática y nuclear, tienen receptores intracitoplasmáticos intranucleares.

Las hormonas producidas por la Médula Suprarrenal son las catecolaminas. Sus acciones tienen una repercusión importante en el aparato cardiovascular. Las que tienen mayor acción fisiológica son Adrenalina y Noradrenalina (Epinefrina y Norepinefrina). Ambas aumentan la frecuencia cardíaca, aumentan el volumen sistólico y producen vasoconstricción, efectos que aumentan la presión arterial, sin embargo, la adrenalina tiene más afinidad por el corazón, mientras que la noradrenalina tiene más efecto vascular. Estas hormonas amínicas se liberan, también, bajo influencia del Sistema Nervioso Autónomo en su rama Simpática.

## Hormonas sexuales

Las hormonas sexuales son sustancias producidas por los órganos sexuales, por lo general se producen en los ovarios (en las mujeres) y en los testículos (en los hombres). A pesar de que se crean en estas partes del cuerpo, es el cerebro quien es el encargado de controlar su liberación. Fisiológicamente normal, estas hormonas residen en el cuerpo desde la infancia, pero en la etapa de la pubertad es donde alcanzan su mayor producción.

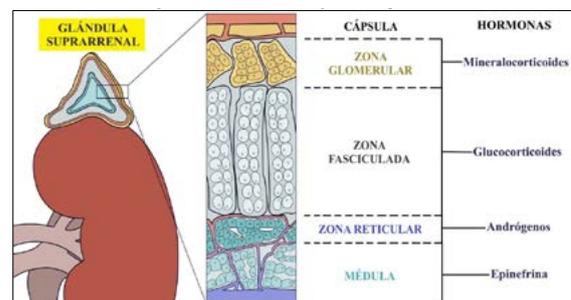


Figura 255. Hormonas de la glándula suprarrenal  
Fuente: Autor

**1. Estrógenos:** Conjunto de hormonas esteroideas que se producen en las células de los ovarios y que, al viajar en sangre junto a una proteína transportadora, llegan a sus tejidos diana: útero (cuerpo y cuello), trompas de Falopio, vagina, mamas, piel, tejido adiposo, esqueleto donde ejerce sus acciones metabólicas. Estrona, Estradiol y Estriol son los tres estrógenos producidos en las células de la granulosa bajo influencia de las hormonas FSH y LH.

Se regulan por retroalimentación negativa de asa larga durante todo el ciclo menstrual, excepción de la mitad del ciclo, donde ejercen un feedback positivo sobre la hormona hipofisaria LH. La producción de los estrógenos también es inhibida, a nivel de la hipófisis, por una hormona de nombre "inhibina" producida en el mismo ovario con acción sobre la FSH.

Los efectos fisiológicos de los estrógenos son:

- a) Facilitan el crecimiento de los folículos ováricos.
- b) Aumentan la motilidad de las trompas de Falopio, al aumentar la motilidad de los cilios y aumentan el número de células glandulares y epiteliales ciliadas.
- c) En el endometrio: Incrementan el flujo uterino, producen alargamiento de las arterias espirales, promueven el desarrollo de las glándulas endometriales para la posterior nutrición del cigoto implantado.
- d) Sobre el miometrio: Hipertrofian las fibras uterinas por incremento de las proteínas contráctiles, aumentan la excitabilidad uterina al aumentar la frecuencia de los potenciales de acción de las fibras musculares individuales y sensibiliza al útero a la acción de la oxitocina.
- e) A nivel de cuello uterino, favorece la secreción de un moco abundante, fluido y elástico que permite la entrada de los espermatozoides. Además, forma helechito en el frotis.
- f) Sobre la vagina: Provocan el cambio del epitelio vaginal de tipo cúbico a estratificado, aumento del tamaño de los labios menores, determinan el depósito de grasa sobre el monte de venus y los labios mayores.
- g) Sobre las mamas: Promueven el desarrollo del estroma mamario, el crecimiento de un amplio sistema de conductos y el depósito de grasa.
- h) Sobre el esqueleto: Favorecen el crecimiento óseo, al estimular la actividad osteoblástica y promueve el cierre de las epífisis óseas. Además, estimulan a la calcitonina.
- i) Sobre la piel: Aumentan la matriz de vascularización lo que torna a la piel blanda y lisa.
- j) Sobre el metabolismo de los carbohidratos: Disminuyen ligeramente los niveles de glicemia e insulina.
- k) Sobre el metabolismo de las grasas: Aumentan el depósito de grasa en tejido celu-

lar subcutáneo de mamas, caderas, nalgas y muslos; tiene acción reductora significativa del colesterol en el plasma e inhiben la aterogénesis.

l) Sobre el metabolismo de las proteínas: Tienen efecto anabólico y aumentan los niveles de la globulina unida a cortisol, tiroxina, y estrógenos sexuales.

m) En el hombre los estrógenos son producidos por las células de Sertoli de los testículos, donde favorecen la espermatogénesis.

n) En la mujer embarazada, los estrógenos producidos por la placenta mantienen el embarazo.

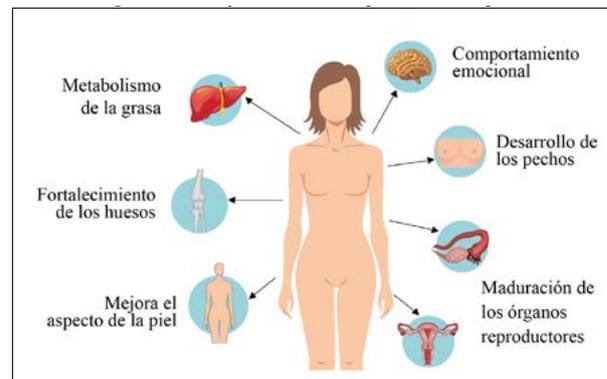


Figura 256. Principales efectos fisiológicos de los estrógenos  
Fuente: Autor

**2. Progesterona:** Hormona esteroidea producida por el cuerpo lúteo, la placenta, las células de la teca interna del ovario y las células de Leydig del testículo, bajo acción de la hormona hipofisaria LH. Viaja en sangre unida a proteínas hasta llegar a sus órganos diana que son prácticamente los mismos de los estrógenos.

Sus acciones son:

- a) Sobre el endometrio: Prepara al útero para la implantación del cigoto, aumenta la secreción de moco y el acúmulo de glucógeno en las glándulas uterinas, hace que las arterias espirales se alarguen, se enroscuen y se edematicen.
- b) Sobre el miometrio: Disminuye la excitabilidad de la musculatura uterina, disminuye la respuesta a la oxitocina y baja la frecuencia de los potenciales eléctricos.

Disminuye el número de receptores de estrógenos y de oxitocina y convierte a los estrógenos en sustancias menos activas.

c) A nivel del cuello uterino hace al moco cervical menos abundante, grueso, grumoso, inelástico y que no forme hehecho en el frotis, el cual impide la entrada de espermatozoides.

d) Sobre las trompas de Falopio: Disminuye la mitosis y produce cambios secretorios en la mucosa.

e) Sobre las mamas: Promueve el desarrollo secretor de los lobulillos y alveolos glandulares sin producir leche por lo que aumenta el tamaño de las mamas.

f) Efecto termogénico: Aumenta 0,5 grados C el nivel de funcionamiento del sistema que regula la temperatura corporal (puede utilizarse para determinar el momento de la ovulación).

g) Disminuye los receptores de estrógenos en algunos tejidos con lo que disminuye, por ejemplo, su acción natriurética.

h) Disminuye la presión alveolar de CO<sub>2</sub> (Acción poca estudiada).

i) En la mujer embarazada la progesterona producida por la placenta, favorece la implantación y mantiene el embarazo.

j) Se regula por retroalimentación negativa de asa larga sobre la hipófisis y el hipotálamo por parte de los altos niveles de progesterona.

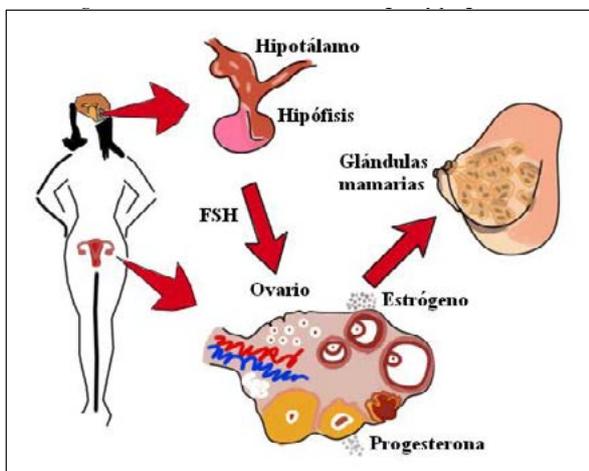


Figura 257. Acción de las hormonas estrógeno y progesterona  
Fuente: Autor

**3. Inhibina:** Es una hormona producida por las células granulosas del cuerpo lúteo (en las mujeres) y por las células del Leydig del testículo (en los hombres) cuya única función es inhibir la producción de FSH por la hipófisis anterior durante la fase lútea o progesterogénica (segunda mitad del ciclo menstrual) en las mujeres y cada vez que se necesite en los hombres.

#### Sus efectos adicionales son:

a) En hombres: Control de la actividad de los túbulos seminíferos, por retroalimentación negativa.

**4. Relaxina:** Es una hormona polipeptídica producida por el cuerpo lúteo, el endometrio secretor y la placenta (algunos autores indican que en glándula mamaria y en próstata también podría producirse).

Sus efectos son:

a) En mujeres grávidas: Facilita el parto ya que relaja la sínfisis púbica y otras articulaciones pélvicas, dilata y reblandece el cuello uterino. Además, inhibe las contracciones uterinas y pudiera desempeñar un rol en el desarrollo de las glándulas mamarias.

b) En mujeres no grávidas: Se desconoce su función

c) En el hombre: Ayuda a conservar la motilidad de los espermatozoides y en su penetración al óvulo.

**5. Testosterona:** Es una hormona esteroidea tipo “andrógeno” ya que favorece el desarrollo y crecimiento de los caracteres sexuales masculinos primarios y secundarios. Tiene su origen en las Células de Leydig del testículo bajo la estimulación de la hormona luteinizante (LH) de la hipófisis y se regula por retroalimentación negativa de asa larga. Sus órganos blancos son los llamados caracteres sexuales masculinos primarios (testículos, epidídimo, conducto deferente, vesículas seminales, próstata, pene y escroto) y los caracteres sexuales masculinos secundarios

(masa muscular, tejido óseo y cartilaginosa, glóbulos rojos, mucosa laríngea, piel, cabello, pelos, glándulas sebáceas).

Entre sus efectos fisiológicos tenemos:

- a) Favorece la producción de proteínas musculares (efecto anabólico).
- b) Aumenta la talla al favorecer el crecimiento de los huesos largos durante la pubertad, al tiempo que provoca que la pelvis masculina tenga forma de embudo para resistir peso, incrementa la matriz ósea y evita la descalcificación por retención de calcio.
- c) Aumenta la producción de glóbulos rojos (hemoglobina), al favorecer la eritropoyesis.
- d) Aumenta el metabolismo basal.
- e) Favorece la alopecia (calvicie)
- f) Favorece el crecimiento del pelo en ciertas áreas del cuerpo como las regiones axilar, púbica y anal, en la cara (barba) y en el tórax (línea alba).
- g) Aumenta el volumen sanguíneo y el líquido extracelular y con ello aumenta el peso.
- h) Favorece la hipertrofia de la mucosa laríngea lo que hace que la voz de los hombres sea más grave que la de las mujeres.
- i) Provoca un engrosamiento de la piel que la hace ruda y áspera. Aumenta el tejido celular subcutáneo y la secreción de las glándulas sebáceas que en ocasiones causan acné.
- j) Favorece la espermatogénesis.
- k) Responsable de la formación de los órganos genitales internos masculinos en los productos de ese sexo genético.
- l) Favorece la retención de agua y electrolitos por lo que es propenso al aumento de la presión arterial.
- m) Favorece el descenso de los testículos a sus bolsas escrotales en fecha próxima al parto. Otros andrógenos gonadales son la Dihidrotestosterona (DHT) la cual es más

potente que la Testosterona (en muchos tejidos blanco, la testosterona se convierte en DHT); y la Androstenediona precursor de la testosterona.

### Hormonas de neurohipófisis (retrohipofisis)

La neurohipófisis es la parte posterior de la hipófisis, la cual participa principalmente en el almacenamiento y liberación de dos hormonas, está conformada de células neurosecretoras ubicadas en los núcleos paraventricular y supraóptico del hipotálamo, así mismo, cada ubicación es específica para la liberación de hormona oxitocina como de hormona antidiurética respectivamente.

A continuación de su producción en dichas células son transportadas en formade vesículas hacia la neurohipófisis para ser almacenadas hasta que el impulso nervioso permita su liberación por exocitosis (1).

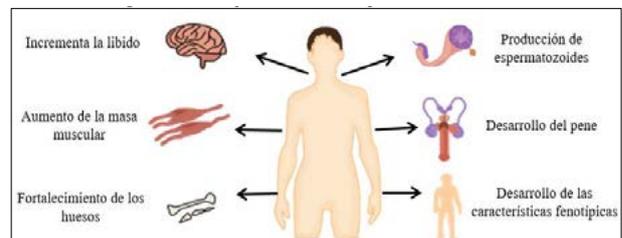


Figura 258. Principales efectos fisiológicos de la testosterona  
Fuente: Autor

### Hormona oxitocina

Es una hormona que interviene específicamente durante el parto como respuesta a la estimulación cervico-vaginal y en la lactancia producto del estímulo con la succión del pezón. Además, en la mujer se considera participa en el transporte de espermatozoides por las vías genitales de la mujer hasta las trompas de Falopio por medio de las contracciones uterinas. En los varones, en el momento de la eyaculación, aumenta la concentración de oxitocina lo que conlleva al aumento de la contracción del músculo liso del conducto deferente y a su vez esto permite que los espermatozoides tomen dirección hacia la uretra (11).

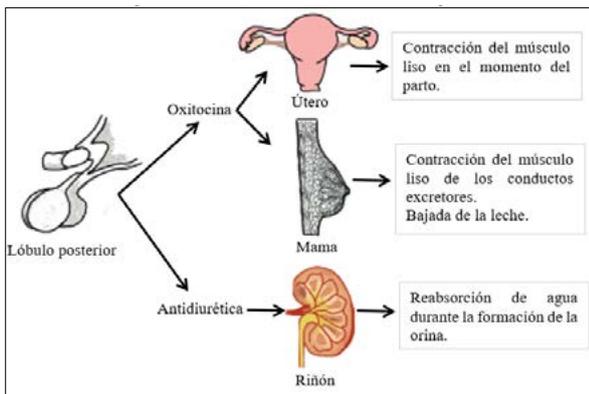


Figura 259. Acción de las hormonas de la neurohipófisis  
Fuente: Autor

### Regulación de la secreción

En el parto se considera que actúa a altas y bajas concentraciones lo que provoca poderosas contracciones rítmicas y dilatación del músculo liso, producto de los impulsos efectuados por los nervios aferentes, los cuales son retransmitidos a los núcleos paraventriculares permitiendo, así el descenso del feto por el conducto de parto, es por esto que constituye una base importante para su empleo en la inducción de parto (11).

Con respecto a su función en la lactancia es dada por los receptores sensitivos en el pezón que transmiten impulsos a la médula espinal por las neuronas aferentes. Esta información se con-

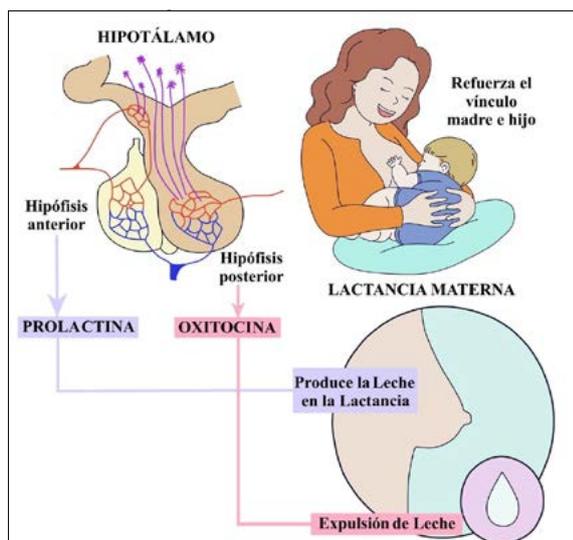


Figura 260. Acción de la hormona oxitocina  
Fuente: Autor

tinúa por el tracto espinotalámico hasta el tronco cerebral y finalmente los núcleos paraventriculares del hipotálamo, cuando se secreta la oxitocina

se produce la contracción de las células mioepiteliales que revisten los pequeños conductos galactóforos, lo que conduce inmediatamente a la eyección de la leche (11).

### La hormona del amor

El sentimiento de afecto fuerte hacia una persona es lo que se define como amor, pero este a la vez es un proceso físico generado por el cerebro, mediante una hormona llamada oxitocina, también conocida como la “hormona del amor” (12). Cuando alguien le sonríe de manera sincera a otra persona, el cerebro inmediatamente siente la sinceridad y le ordena a la Neurohipófisis que libere oxitocina, una hormona vital para la interacción social y los lazos entre humanos. La llamada hormona de los abrazos es una proteína y un nanopéptido que ejerce la función tanto como hormona y como neurotransmisor.

Según diversos estudios, cuando el ser humano se encuentra en una fase de enamoramiento, aquella en la que existen sentimientos muy fuertes de deseo por estar con la otra persona, el cerebro presenta mayores niveles de oxitocina (12).

La mayor muestra de que la oxitocina es la hormona del amor, es cuando los individuos mantienen relaciones sexuales, los niveles de esta hormona en el cerebro aumentan, encontrándose el mayor pico durante el orgasmo.

Además de estas funciones relacionadas con las relaciones amorosas, la oxitocina tiene otras muchas y muy útiles funciones en el cuerpo y el comportamiento, entre ellas, se destaca que es una hormona que potencia las relaciones sociales con los demás, incita a ser más generosos en ciertos momentos y, sobre todo, reduce los efectos del estrés (12).

### Hormona antidiurética (ADH)

Denominada también vasopresina, arginina vasopresina (AVP), o argipresina, es activada en condiciones en las que se precisa la retención de agua para la homeostasis mediante el aumento de la permeabilidad de los túbulos colectores del riñón, como consecuencia la orina se concentra

y se vuelve hipotónica con respecto al plasma. Por tanto, se eleva la osmolalidad del líquido corporal (4).

Cuando la hormona antidiurética se encuentra ausente la excreción de orina se puede incrementar hasta 10 veces más, lo que corresponde a una elevación desde 1 a 2 litros (cantidad normal) hasta cerca de 20 litros por día (2).

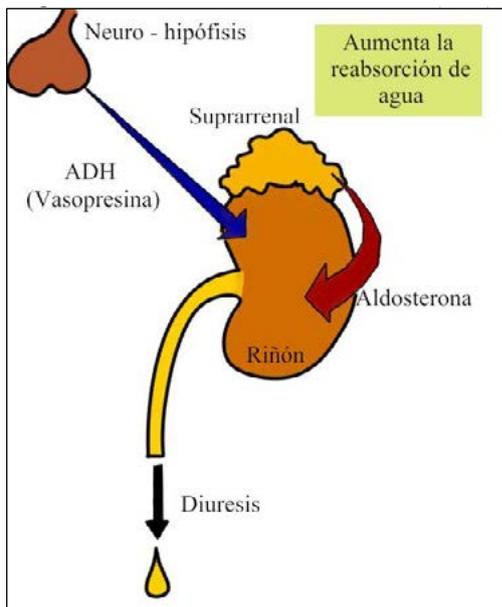


Figura 261. Acción de la hormona antidiurética (ADH)  
Fuente: Autor

### Regulación de la secreción

El aumento de la osmolalidad del líquido extracelular es el estímulo más importante para la secreción de la hormona antidiurética. Es así que, cuando una persona no bebe agua, aumenta la osmolaridad y los receptores osmolares del hipotálamo detectan este aumento e inicia la secreción de ADH desde la neurohipófisis. Por el contrario, cuando existe la disminución de la osmolaridad se envían para que inhiban la secreción de ADH (4).

La hipovolemia también representa un estímulo importante para la secreción de ADH, ya que, la disminución del volumen del líquido extracelular origina la disminución de la presión arterial, que es detectada por los barorreceptores presentes en la aurícula izquierda, la arteria carótida y el arco aórtico, dicha información se

transmite por el nervio vago hasta el hipotálamo lo que dirige un aumento de la secreción de ADH, en consecuencia la hormona estimula la reabsorción de agua en los túbulos renales para restablecer el volumen del LEC (8).

### La hormona de la felicidad

La serotonina es el nombre de la hormona de la felicidad, la cual es una sustancia química que produce el cuerpo de forma natural tanto en el cerebro como en los intestinos. Es un neurotransmisor hormonal que posibilita la conexión entre las neuronas y que actúa no solo en el cerebro sino también en otras regiones del organismo (13).

La serotonina resulta fundamental en la regulación del estado de ánimo y las emociones, ya que es capaz de generar las reacciones químicas necesarias para incrementar los niveles de bienestar. El aumento de la serotonina en el cuerpo genera automáticamente sensaciones de bienestar, relajación y positivismo. Niveles bajos de serotonina se relacionan con sensación de tristeza, desánimo y puede llevarnos a la depresión.

La serotonina además de su función en la regulación emocional y su relación con la felicidad, posee otras funciones como la regulación del sueño, de la función intestinal, de la temperatura corporal, del apetito, de la función sexual y de la coagulación (13)

### El Cuarteto de la felicidad

Existen cuatro químicos naturales en el cuerpo que son definidos como el “cuarteto de la felicidad”, integrado por la endorfina, serotonina, dopamina y oxitocina.

- Endorfina: Es considerada la morfina del cuerpo. Ingerir comida extremadamente picante es una de las formas de liberarla, lo cual induce una sensación de felicidad.
- Serotonina: Es considerada la hormona de la felicidad. La forma más simple para aumentar el nivel de serotonina es pensar en recuerdos felices, exponerse a la luz del sol hacer ejercicio físico aeróbico, como co-

rrer y andar en bicicleta.

c) Dopamina: Es definida como la responsable de sentimientos como el amor y la lujuria, pero también se la considera responsable de las adicciones. Es por esta razón que se dice que es la mediadora del placer. Para elevar la dopamina, es recomendable, establecer objetivos y celebrar cuando uno los cumple.

d) Oxitocina: Es llamada también como la “hormona del amor”, por estar relacionada al desarrollo de comportamientos maternos y a los apegos. Se considera que la oxitocina tiene una “posición de liderazgo” dentro del “cuarteto de la felicidad” debido a que es un compuesto cerebral importante en la construcción de la confianza, que es vital para desarrollar relaciones emocionales. Abrazar es una forma muy sencilla de obtener un aumento de oxitocina.

### El Triptófano potenciador de la felicidad.

La serotonina se produce a partir del triptófano, por eso es de gran importancia consumir alimentos ricos en este aminoácido, siendo los que más contienen: Nueces, maní, chocolate negro, leche, queso y pescados (14).

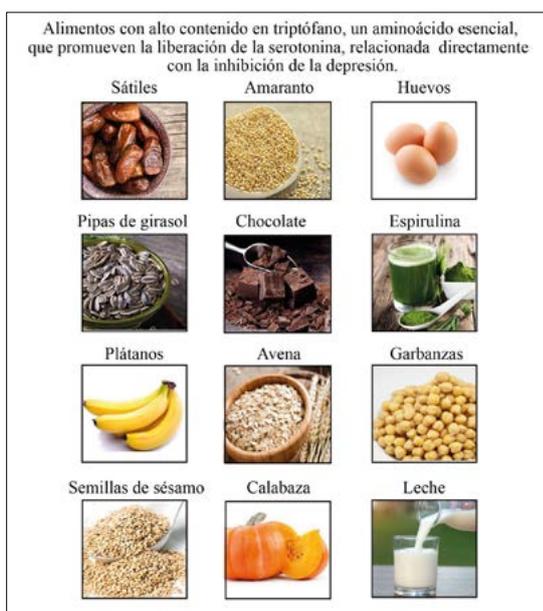


Figura 262. Alimentos ricos en triptófano  
Fuente: Autor

## Información adicional

### Impacto de la COVID-19 en el sistema endocrino

Los efectos del COVID-19 van más allá del sistema respiratorio, provocando secuelas por varios meses luego de la infección original, que se han diseminado en varios sistemas del organismo.

Diversos especialistas de salud del marco de la Serie Conferencia Magistral, realizaron intervenciones acerca de la COVID-19, su impacto en el organismo y la importancia de su descubrimiento anticipado. En particular, la directora de Endocrinología, de la Escuela de Medicina del Recinto de Ciencias Médicas (RCM) de la Universidad de Puerto Rico, la doctora Margarita Ramírez, se refirió a cómo el virus ha afectado al sistema endocrino.

En algunos casos se registraron junto al diagnóstico de la COVID-19 microadenomas sin evidencia de tumor.

La COVID cuando tiene un efecto directo desde la parte más central en la glándula pituitaria se relaciona con la tiroides y ocasiona hipotiroidismo secundario. Así mismo, se ha detectado un daño severo en las células foliculares de la tiroides luego de la infección. Cabe destacar que en el estudio se señala que, desde temprano, en la pandemia, se reportaron varios casos de tiroiditis subaguda ocurriendo de dos a cuatro semanas luego de resolverse los síntomas del COVID.

Esta infección suele ser atípica, porque en la mayoría de casos no ocasiona dolor en el área del cuello, ya que en vez de linfocitosis causa linfopenia. Así mismo, se ha demostrado que los pacientes con la COVID-19 tienden a desarrollar hipotiroidismo.

No es una destrucción de las células, sino un daño mediado por la respuesta inmune, así afirman los estudios realizados, donde se han reportado algunos casos de tiroiditis subaguda asociados a la vacunación contra el SARS-Cov-2

### Enfermedad Graves

Varios casos se han reportado en relación con la COVID-19, ya que ocasiona una respuesta extrema de citoquinas, ocasionando una reacción desencadenante a la enfermedad autoinmune en la tiroides. Es importante resaltar que los reportes del desarrollo de la enfermedad de Graves son de seis a ocho semanas luego de la vacuna, específicamente de la vacuna de mRNA para el SARS-cov-2.

### Síndrome de enfermedad no-tiroidea

Esta es producto de una respuesta fisiológica no se debe a la disfunción tiroidea y se da durante una enfermedad crítica. Esta condición va a progresar a una disminución de T3, T4 y TSH durante el periodo de estrés; es importante aclarar que, si el paciente se recupera de esta enfermedad, sus pruebas tiroideas regresarán a la normalidad. Este patrón se evidencia en las personas que se encuentran relacionadas con el COVID.

En ocasión de que el COVID se pronuncie con mayor carga viral y severidad, los resultados de las pruebas tiroideas regresan a la normalidad en los pacientes en tres a seis meses después de la infección. Por otro lado, si el paciente presenta la variante de la COVID-19 de manera persistente, el cual se caracteriza por cansancio, mialgias y confusión mental, estos podrían provocar una confusión con los síntomas propios de la tiroides. Además, la Dra. Margarita Ramírez, enfatizo que hasta el momento no es conocido por parte de ningún endocrinólogo que se hayan tenido pacientes con alteraciones secundarias en sus pruebas tiroideas, luego de una infección de COVID-19.

### Glándula Adrenal

Durante el primer brote del COVID-19 se reportó, que aproximadamente un 40% de los infectados, luego de más de tres meses de la infección presentaron en sus pruebas de laboratorio insuficiencia adrenal. Por otra parte, en las autopsias realizadas se patentizaron hemorragias, necrosis e inflamación en las adrenales. También, se repor-

taron infartos y hemorragias adrenales en la infección aguda, en la mayoría de los casos los médicos señalaron que las causas podrían deberse a otras condiciones y no al COVID.

En la gran parte de los pacientes la función adrenal tiende a estar protegida durante las primeras 48 horas de la admisión, sin embargo, se evidencia un incremento en el cortisol esperado para la enfermedad crítica, lo cual se va a relacionar con la severidad y un final peor de la enfermedad. Sin embargo, hasta el momento no se han confirmado por laboratorio casos de insuficiencia adrenal.

Por el contrario, mediante el estudio Recovery, se demostró una reducción en la tasa de mortalidad con el uso de dexametasona en los pacientes que requirieron terapia con oxígeno, es por ello que se implementó como parte de las terapias para esta infección. Así mismo que con los síntomas de tiroides, las señales propias del COVID persistente pueden confundirse con insuficiencia adrenal. Sin embargo, cabe señalar que sí se han reportado algunos casos de insuficiencia adrenal luego de un episodio agudo de la enfermedad, en alguno de estos casos se puede deber a cambios transitorias al eje pituitario-adrenal por el uso de glucocorticoides como tratamiento para la COVID.

### Las gónadas

Estos importantes órganos se pueden ver afectados por el COVID-19, en especial los testículos. Y se debe a que se ha encontrado en las biopsias daño a los testículos por el SARS-Cov-2, ocasionando una disminución significativa de las células germinales. Pero cabe mencionar que aún no se conoce a ciencia cierta si esto puede tener implicaciones a largo plazo en la fertilidad de estos pacientes.

En relación a los ovarios, no se ha podido evidenciar un efecto del COVID, sin embargo, sí se ha visto un desarrollo de irregularidades en el periodo menstrual a largo plazo en pacientes infectadas. Se debe de tener en cuenta que factores como el estrés, cambios de ánimo y ganancia

de peso afectan el eje reproductivo de una mujer. Por otra parte, no es clara la asociación del SARS-Cov-2 con los cambios de las hormonas sexuales en la mujer.

### **El páncreas**

Desde inicios de la pandemia se ha evidenciado, una relación bidireccional de la diabetes tipo 2 con el COVID-19. El control de esta diabetes puede acrecentar la seriedad de la infección y se asocia con una mayor morbilidad, ocasionando en la mayoría de los casos un aumento en la tasa de mortalidad, sin embargo, cabe aclarar que hay una mayor progresión de prediabetes a diabetes. De la misma manera, se vio un incremento en la diabetes inducida por esteroides que se han utilizado como parte del tratamiento de la infección. Un factor fundamental que se debe considerar es que la obesidad, se asocia frecuentemente con la diabetes, anuncia las hospitalizaciones por el COVID, intubación y un incremento de la mortalidad, en especial en pacientes con obesidad severa y visceral. Por medio de las biopsias se ha identificado el virus en las células Beta del páncreas en pacientes infectados por COVID.

De igual forma, se han registrado diversos casos de desarrollo de diabetes tipo 1 de novo, sin el registro de anticuerpos, recomendando que el virus pueda ocasionar una destrucción de los islotes del páncreas. También, se ha podido demostrar el desarrollo de cetoacidosis en poblaciones menos típicas, como son: pacientes mayores, no caucásicos y pacientes con diabetes tipo 2.

No se conoce a ciencia cierta cuáles lograrían ser los efectos a largo plazo de aquellos pacientes que desarrollan hiperglucemia de novo con la infección de SARS-CoV-2, sin embargo, un estudio encontró que un tercio persistieron con hiperglucemia seis meses luego de la infección y el 2% se quedaron con diabetes franca.

En conclusión, el sistema endocrino es considerablemente vulnerable a ser perturbado por la infección del COVID-19, especialmente en disfunción tiroidea e hiperglucemia. El COVID duradero puede ser un reto para el sistema de la salud y el grado de alteraciones que puede causar en el sistema endocrino.

### **Envejecimiento y cambios hormonales**

Con el transcurso de la edad, se suscitan cambios en los sistemas corporales, entre ellos ciertos tejidos diana pierden sensibilidad a las hormonas que los controlan y a su vez la producción hormonal cambia. Por ejemplo, un tejido endocrino puede producir menos hormonas que cuando era joven, o puede producir la misma cantidad, pero a un ritmo más lento.

La tiroides con el paso de los años se vuelve nodular, el metabolismo disminuye a partir de los 20 años, sin embargo, los niveles de estas hormonas generalmente siguen siendo normales. Las paratiroides, que se encuentran alrededor de la tiroides, sus niveles suelen elevarse con el paso de los años contribuyendo a la osteoporosis. El páncreas es un órgano productor de la insulina, aumento su secreción debido a la menor sensibilidad de las células, por lo que la glucosa suele ascender de 6 a 14 mg/dL por cada 10 años, a partir de los 50 años de edad.

La aldosterona y el cortisol u “hormona del estrés” disminuye con la edad; la dehidroepian-drosterona igualmente disminuye, aunque no se han podido determinar con precisión su efecto en el cuerpo senescente. Los testículos y ovarios, producen las células reproductoras (óvulo y espermatozoides respectivamente), las cuales suelen reducir su producción de manera tardía en el hombre, y rápida en la mujer (menopausia).

Tabla 41. Cambios hormonales con el envejecimiento.

CAMBIOS HORMONALES CON EL ENVEJECIMIENTO			
Hormonas que disminuyen		Hormonas que aumentan	Hormonas que no suelen modificarse
Aldosterona	Testosterona	Foliculoestimulante	Cortisol
Calcitonina	Estrógenos	Luteinizante	Epinefrina
GH	Prolactina	Norepinefrina	Tiroideas (T3 y T4)
Renina		Paratiroides	Insulina

### Enfermedades asociadas.

Los trastornos de la función endocrina suelen dividirse en 2 categorías: hipofunción e hiperfunción (3). Existe una amplia gama de enfermedades debido a una alteración o deficiencia de las hormonas de la adenohipófisis y neurohipófisis. La siguiente tabla resume las principales patologías asociadas a cada hormona y sus principales causas.

Tabla 42. Patologías de las neuronas de la hipófisis

Hormona	Enfermedades	Causa de la enfermedad
Hormona de crecimiento (GH)	Enanismo	Deficiencia de hormona de crecimiento.
	Gigantismo	Elevadas cantidades de hormonas del crecimiento.
Hormona Tirotropina (TSH)	Adenoma tiroideo	Hipertiroidismo.
	Bocio coloide idiopático	Secreción hormonal deprimida (Tiroiditis leve).
Hormona Adrenocorticotrópica (ACTH)	Hiperfunción corticosuprarrenal (Síndrome de Cushing)	Adenomas adenohipofisarios, anomalías de la función del hipotálamo o adenomas de la corteza suprarrenal.
Hormona luteinizante (LH)	Insuficiencia gonadal	Secreción de LH inferior a lo normal (Síndrome de Kallmann).
Hormona foliculoestimulante (FSH)	Hipopituitarismo	Funcionamiento anómalo de la glándula pituitaria.
	Síndrome de Klinefelter	Elevación de la hormona foliculoestimulante.
	Síndrome de ovario poliquístico	Mayor producción de hormona luteinizante (LH) que de hormona foliculoestimulante.
	Síndrome de Turner	Elevación de la hormona foliculoestimulante.
Prolactina (PRL)	Déficit de prolactina	Tumor hipofisario.

Hormona antidiurética (ADH) o arginina	Diabetes Insípida	Cantidad más baja de lo normal de hormona antidiurética (ADH).
	Síndrome de secreción inadecuada de ADH	Secreción de un exceso de vasopresina.
Vasopresina	Síndrome de interrupción del tallo hipofisario	Deficiencia hipofisaria.

## Hormona del crecimiento (GH)

### Enanismo

Condición debido a la deficiencia de hormona crecimiento de la adenohipófisis durante la niñez. Todas las partes del organismo tienen un desarrollo proporcional pero su velocidad de desarrollo es mucho menor. Los niños de 10 años presentan un desarrollo corporal de un niño de 4-5 años y al llegar a los 20 tienen el desarrollo corporal de un niño de 7-10 años (2).

Las personas con insuficiencia clásica de GH presentan inteligencia normal, peso bajo, obesidad con características faciales inmaduras y cierto retraso de la maduración esquelética. La pubertad con frecuencia se aplaza y los varones con el trastorno presentan microfalo (pene pequeño y anómalo), en particular si la condición se acompaña de insuficiencia de hormona liberadora de gonadotropinas (HLGn) (3).

### Gigantismo

En diferentes situaciones, las células acidófilas del lóbulo anterior de la hipófisis se tornan hiperactivas llegando a originar tumores en la glándula, sintetizando elevadas cantidades de hormonas del crecimiento (3).

El exceso de GH que se presenta antes de la pubertad y la fusión de las epífisis de los huesos largos da origen al gigantismo, situación donde el individuo puede llegar a medir 2.5 metros (1).

Cuando este exceso de GH se presenta en la edad adulta o una vez que las epífisis de los huesos largos se cierran, la persona ya no puede au-

mentar de talla, pero los tejidos blandos siguen creciendo, a esta condición se la denomina acromegalia (3).

El aumento de los huesos pequeños de los pies y manos y de los huesos membranosos de la cara y el cráneo da origen al crecimiento pronunciado de las manos y los pies, al desarrollo de una nariz ancha y bulbosa, a la protrusión de la mandíbula y al aplanamiento de la frente (8).

## Hormona tirotrópica (TSH)

### Adenoma tiroideo

Su causa es el hipertiroidismo, tumor o adenoma que se ubica en el tejido tiroideo provocando la secreción excesiva de hormonas tiroideas. No está asociada con signos de enfermedades autoinmunitarias. Su principal efecto patológico es deprimir la producción de TSH por parte de la hipófisis (5).

### Bocio coloide idiopático

El bocio es un acrecente del tamaño de la glándula tiroidea. Puede concordar con estados de hipotiroidismo, eutiroidismo e hipertiroidismo. El bocio puede afectar a toda la glándula sin ninguna evidencia de nodularidad o puede contener nódulos (3).

Su causa no se asocia a deficiencias de yodo, a pesar de haber una hipertrofia de las glándulas, elaboración normal de hormonas su efecto patológico radica es que la secreción hormonal se encuentra deprimido. Entre las causas de bocio se encuentra la tiroiditis leve (2).

## Hormona adrenocoticotrópica (ACTH)

### Hiperfunción corticosuprarrenal

Síndrome de Cushing: Se debe al exceso de cortisol, aunque la secreción exagerada de andrógenos también ocasiona efectos importantes. El hiper-cortisolismo obedece a múltiples causas, por ejemplo:

- **Adenomas adenohipofisarios:** Secretores de grandes cantidades de ACTH que, a su vez, causan hiperplasia suprarrenal y exceso de cortisol
- **Anomalías de la función del hipotálamo:** Ocasionan un aumento de liberación de la hormona liberadora de corticotropina (CRH), con el consiguiente estímulo exagerado de la secreción de ACTH.
- **Adenomas de la corteza suprarrenal:** Puede ocasionar el síndrome de Cushing secundario a una secreción excesiva de ACTH por la adenohipofísis. (3)

En el síndrome de Cushing existe un rasgo característico y es la movilización de la grasa de la parte inferior del cuerpo y su depósito simultáneo en las regiones torácica y superior del abdomen, lo que otorga al tórax un aspecto de búfalo (3).

La secreción excesiva de esteroides también induce edema facial; la potencia andrógena de algunas hormonas puede causar acné e hirsutismo (exceso de crecimiento del vello facial). El aspecto de la cara suele describirse como de «luna llena» (5).

El síndrome de Cushing también puede producirse por el tratamiento a largo plazo con formulaciones farmacológicas potentes de glucocorticoides; esta variante se denomina síndrome de Cushing iatrogénico (3).

### Hormona luteinizante (LH)

Enfermedades provocadas por una secreción de LH inferior a lo normal por ejemplo la insuficiencia gonadal (4).

**En hombres:** Producción insuficiente de espermatozoides

**En mujeres:** Se manifiesta con amenorrea

## Trastornos que causan niveles bajos de LH:

- Síndrome de Kallmann
- Represión hipotalámica
- Hipopituitarismo
- Deficiencia de gonadotropina (3).

### Hormona foliculoestimulante (FSH)

La deficiencia o aumento de síntesis y secreción de esta hormona se pueden asociar a varios tipos de trastornos como:

### Hipopituitarismo

Trastorno caracterizado por el mal funcionamiento de la glándula pituitaria. Las manifestaciones clínicas del hipopituitarismo tienden a desarrollarse de manera progresiva, pero puede revelarse como una condición aguda y que pone en riesgo la vida. Por lo general, las personas sufieren un malestar crónico, con debilidad, fatiga, pérdida del apetito, disfunción sexual e intolerancia al frío (3).

### Síndrome de Klinefelter

Trastorno cromosómico más común en la actualidad que se caracteriza por presencia de osteoporosis, várices y la recurrencia de enfermedades autoinmunes como el lupus o artritis reumatoide. Las características clínicas del síndrome de Klinefelter, que solo se identifica en varones, son esterilidad, atrofia testicular, hialinización de los túbulos seminíferos y, por lo general, ginecomastia (15).

### Síndrome de ovario poliquístico

Trastorno complejo que se caracteriza por presentar una elevación en los niveles séricos de andrógenos e irregularidad menstrual constante con quistes en uno o ambos ovarios.

Dependiendo de los criterios diagnósticos las características del SOP incluyen los ovarios poliquísticos, hiperandrogenismo, ciclos menstruales irregulares, anomalías metabólicas tales como la hiperinsulinemia, obesidad, riesgo de cáncer de endometrio, infertilidad y resistencia a la insulina (13).

Entre las manifestaciones reproductivas se incluyen infertilidad, diabetes en el embarazo, abortos espontáneos y también desórdenes hipertensivos, entre otras. Pero este síndrome no solo es una patología de índole reproductiva, sino que genera anomalías a nivel endocrino y metabólico como insulinoresistencia (IR), síndrome metabólico, obesidad y riesgo cardiovascular incrementado (13).

### **Síndrome de Turner**

Trastorno frecuente que afecta a diversos órganos, con presencia de cardiopatías congénitas, anomalías renales, afecciones al oído medio e interno y problemas óseos, etc (11).

### **Prolactina (PRL)**

#### **Déficit de prolactina**

Se define como la disminución de prolactina que puede ser causado por un tumor hipofisario u otros factores semejantes. Uno de los síndromes más característicos durante el embarazo es el Síndrome de Sheehan, trastorno en el cual las mujeres pierden una cantidad de sangre que pone en riesgo su vida durante el parto, lo que puede privar al cuerpo de oxígeno y dañar la hipófisis (3).

### **Hormona antidiurética (ADH)**

#### **Diabetes Insípida**

Es un síndrome caracterizado por poliuria debido a la incapacidad para concentrar orina y, por ende, para conservar agua, como resultado de falta de acción de la vasopresina. La poliuria persiste en circunstancias que conduce a una reducción en la producción de orina (p. ej., deshidratación), que se acompaña de sed. Los adultos presentan nicturia y los niños enuresis.

#### **Etiología**

1. Enfermedades del Sistema Nervioso Central (diabetes insípida central), afecta la síntesis o secreción de vasopresina.
2. Enfermedades renales (diabetes insípida nefrogénica), con pérdida de la capacidad

de los riñones para responder a la vasopresina circulante reteniendo agua.

3. Embarazo, por aumento en la depuración metabólica de vasopresina (2).

### **Síndrome de Secreción Inadecuada de ADH (SIAHD)**

Secreción de un exceso de vasopresina respecto del nivel para la hiperosmolaridad (reducción del volumen intravascular).

La hiponatremia sin edema es la manifestación clínica principal del SIADH. Dependiendo de la rapidez y gravedad inicial, las consecuencias neurológicas de la hiponatremia incluyen confusión, letargo y debilidad, asterixis, convulsiones generalizadas y coma.

Diversos tumores secretores de vasopresina, trastornos del Sistema nervioso central, pulmonares y fármacos se relacionan con SIADH. Diversas alteraciones metabólicas pueden ocasionar hiponatremia y deben investigarse y suprimirse antes de que se pueda hacer un diagnóstico de un verdadero SIADH. En especial, es frecuente que la insuficiencia suprarrenal y el hipotiroidismo se relacionen con hiponatremia. En estos padecimientos, la deficiencia de sodio y la subsiguiente reducción en volumen inician la secreción de vasopresina (2).

### **Síndrome de Interrupción del Tallo Hipofisario**

Se caracteriza por una neurohipófisis ectópica (que se desarrolla en un lugar incorrecto) o ausente, tallo hipofisario muy delgado o inexistente, y aplasia de la hipófisis anterior. Esto conlleva a una falla en el funcionamiento de la glándula pituitaria, incluyendo la neurohipófisis. Algunos de los síntomas son hipoglucemia, micropene, talla baja, retraso en el desarrollo, tensión baja y convulsiones. Cualquier daño o disfunción de la neurohipófisis puede provocar problemas en la secreción de vasopresina y oxitocina (1).

## Trastorno hipofisario

### Síndrome de la silla vacía

El síndrome de la silla turca vacía ocurre cuando el espacio subaracnoideo se extiende hacia la silla turca, y la llena parcialmente con líquido cefalorraquídeo. Este proceso causa remodelado de la silla turca y agrandamiento de la misma, y aplanamiento de la glándula hipófisis. Una silla turca se observa con frecuencia después de una intervención quirúrgica o radioterapia hipofisaria, y puede ocurrir también después de infarto hipofisario posparto (síndrome de Sheehan) (3).

Además, los adenomas hipofisarios tanto secretores de PRL como secretores de GH pueden presentar infarto hemorrágico subclínico y causar contracción de la cisterna supraselar suprayacente en dirección descendente hacia la silla turca. Por ende, la presencia de una silla turca vacía no excluye la posibilidad de un tumor hipofisario coexistente.

Los pacientes más frecuentes son mujeres obesas de mediana edad. Muchos tienen hipertensión sistémica; también pueden presentar hipertensión intracraneal benigna. Las manifestaciones clínicas graves son poco comunes. Rara vez pueden ocurrir rinorrea de líquido cefalorraquídeo espontánea y deterioro del campo visual (4).

## Trastorno pituitario

### Síndrome de Sheehan

Durante el embarazo ocurre un aumento del tamaño de la glándula, el tamaño normal es de 4 a 8 mm y en el embarazo alcanza de 10 a 12 mm, debido a que tiene que sustituir las demandas hormonales durante el estado de gestación como, por ejemplo, aumento de los lactotropos. El incremento de volumen la torna vulnerable a los cambios de flujo sanguíneo por incremento de demanda.

Secundario al sagrado en gran medida y a la baja tensional, el paso inicial es la necrosis del lóbulo anterior por infarto o arresto de flujo sanguíneo, siendo muy extraño el daño en el lóbulo posterior, debido al choque hipovolémico se produce un vasoespasmio y trombosis con agregación plaquetaria que genera un daño en las células endoteliales. La glándula pituitaria produce isquemia que produce necrosis, entonces se encuentra sangre coagulada y células inflamatorias, y en las zonas necróticas y células inflamatorias, y en las zonas necróticas hay carencia total de las hormonas; en la fase crónica se forma fibrosis, tornándose la glándula hipotrófica.

## Caso clínico

### Diabetes insípida inducida por el embarazo o gestacional

Mujer de 35 años, primigesta de 32 semana de gestación, que ingresa en Endocrinología para estudio por poliuria y polidipsia. Gestación por fecundación in vitro de curso normal. Sin antecedentes médicos ni quirúrgicos de interés. En tratamiento con sulfato ferroso seco por anemia. Durante la anamnesis la paciente refiere cuadro de 3 meses de evolución, con acrecencia progresiva de sed (hasta 7 litros al día) y acrecencia de diuresis, tanto diurna como nocturna. En los días previos, asocia mareos, náuseas, debilidad generalizada y pérdida de 4 kg de peso.

La paciente presenta tensión arterial y temperatura normal con buen estado general. En la exploración física destaca discreta palidez mucocutánea. De forma fisiológica durante el embarazo. En condiciones fisiológicas, la placenta secreta cantidades pequeñas de vasopresinas. Alrededor de la semana 8 se produce un incremento de 4-6 veces en la producción de vasopresinas por la placenta. La actividad de esta enzima au-

menta de forma secuente hasta alcanzar su nivel máximo en el tercer trimestre, permaneciendo estable hasta el parto. Tras el parto, se produce una disminución brusca hasta alcanzar niveles indetectables alrededor de las 4-6 semanas tras el parto.

En la mayoría de las gestantes, los niveles de ADH permanecen constantes durante el embarazo. Sin embargo, una minoría de gestantes, desarrollan diabetes insípida, ya que no compensan de forma suficiente (16).

## Glosario

- Amenorrea: Es la ausencia de la menstruación que puede estar causada por una enfermedad subyacente. Por ejemplo, por efectos secundarios de medicamentos, por menopausia, embarazo, por el uso de anticonceptivos, incluso por el estrés.
- Andrógenos: Hormonas esteroideas derivados del ciclopentanoperhidrofenantreno, cuya función principal es estimular el desarrollo de los caracteres sexuales masculinos.
- Adenocarcinoma: Cáncer que empieza en las células glandulares (secretoras). Las células glandulares se localizan en el tejido que recubre ciertos órganos internos; secretan y liberan sustancias en el cuerpo, como los jugos digestivos, el moco u otros líquidos.
- Asterixis: Es la caída escalonada o intermitente de una postura en extensión o flexión dorsal máxima de la mano y de los dedos, cuyo síntoma principal es el más visible: el temblor o aleteo involuntario de partes del cuerpo, sobre todo en las manos y los dedos.
- Células intersticiales de Leydig: Célula redondeada, poligonal o fusiforme, de aspecto acidófilo y un tamaño aproximado de 20 micras de diámetro, que se sitúa formando grupos entre los túbulos seminíferos y junto a capilares. El núcleo es central, carece de heterocromatina y posee uno o dos nucléolos prominentes.
- Corticotropina: Hormona polipeptídica de 39 aminoácidos, sintetizada en el lóbulo anterior de la hipófisis a partir de la propio melanocortina, un precursor de 267 aminoácidos, y segregada en respuesta, sobre todo, a la hormona hipotalámica CRH y así mismo al estrés, al ejercicio y a la vasopresina.
- Dihidrotestosterona: Hormona elaborada con la testosterona de la próstata, los testículos y ciertos otros tejidos. Es de vital importancia para desarrollar y mantener las características del sexo masculino, características como; el vello facial, la voz profunda y el crecimiento de los músculos.
- Dispareunia: Dolor genital persistente o recurrente que se produce justo antes, durante o después del coito.
- Enuresis: Es la micción involuntaria mientras se duerme a una edad en la que se espera que el niño ya no se orine durante la noche. Conocida también como «incontinencia nocturna».
- Espermátidas: célula no móvil producida durante la espermatogénesis, que se diferenciará en el espermatozoide maduro.
- Estrógenos: Son hormonas sexuales esteroideas de tipo femenino principalmente, producidas por los ovarios, la placenta durante el embarazo y, en menores cantidades, por las glándulas adrenales.
- Fosfolipasa C: Es una enzima localizada en la membrana plasmática que convierte un fosfolípido de membrana en dos moléculas que desempeñan el papel de mensajeros secundarios en el interior de la célula.
- Folículos ováricos: Son las unidades básicas de la biología reproductiva femenina. Radican de una célula gamética, (el ovocito) rodeada de células diploides denominadas de la granulosa, y por el exterior de éstas se encuentran las células de la teca.
- Glándula: Órgano que se encarga de elaborar y segregar sustancias necesarias para el funcionamiento del organismo o que han de ser eliminadas por éste.
- Galactorrea: Es la secreción espontánea de leche a través de los pezones fuera del periodo de lactancia y sin haber habido un embarazo.

- Hiponatremia: Es la afección que se presenta cuando el nivel de sodio en la sangre es demasiado bajo.
- Hipovolemia: Afección en la que existe una disminución del volumen total de sangre que circula por el cuerpo.
- Hormona: Es una sustancia química producida por un órgano que se encarga de regular la actividad de un tejido determinado.
- Menarquia: Es la primera menstruación que tiene la mujer, que normalmente sucede entre los 10 y los 16 años. Es ocasionada por la activación de los ovarios y la producción de hormonas estrógenos y progesterona que estos liberan.
- Menarquia: Primera menstruación que tiene la mujer, normalmente sucede entre los 10 y los 16 años.
- Mixedema: Alteración de los tejidos que se caracteriza por presentar un edema (acumulación de líquido), producido por infiltración de sustancia mucosa en la piel, y a veces en los órganos internos, a resultado de un funcionamiento inadecuado de la glándula tiroides (hipotiroidismo).
- Micropene: Se define como un pene de estructura normal cuyo tamaño es inferior al rango normal para un bebé.
- Nicturia: Es una enfermedad por la que el individuo se despierta durante la noche con gran necesidad de orinar.
- Osteoporosis: Enfermedad esquelética en la que se produce una disminución de la densidad de masa ósea.
- Poliuria: Producción anormal de grandes cantidades de orina.
- Progesterona: Hormona sexual que segrega el ovario femenino y la placenta, y que tiene la función de preparar el útero para la recepción del huevo fecundado.
- Somatotropina: Hormona del crecimiento, segregada por la adenohipófisis bajo la acción de la correspondiente hormona de liberación del hipotálamo (GHRH).
- Testosterona: Hormona sexual masculina segregada especialmente en el testículo, pero también, y en menor cantidad, en el ovario y en la corteza suprarrenal.

## Actividades

1. Complete la siguiente tabla con los conocimientos obtenidos acerca de las hormonas adenohipofisarias.

Hormona	Función	Enfermedades Relacionadas

2. Describa el mecanismo de acción de la hormona luteinizante.

Hombre	Mujer

3. Describe el mecanismo de acción de la hormona del crecimiento y la hormona que estimula e inhibe su secreción.

---



---



---



---



---



---



---

4. Complete:

La hipófisis o \_\_\_\_\_, es considerada una glándula directriz ya que secreta varias \_\_\_\_\_ que controlan otras glándulas endócrinas. Mide alrededor de \_\_\_\_\_ diámetro y \_\_\_\_\_ de peso, descansa en la \_\_\_\_\_ de la silla turca del hueso esfenoides y está unida al hipotálamo mediante un tallo, el \_\_\_\_\_.

5. Realice un organizador gráfico acerca de las patologías relacionadas a la hormona del crecimiento.

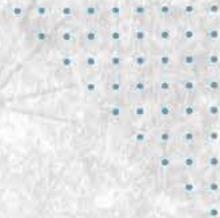
6. Describa la función de la hormona estimulante del folículo en los diferentes géneros.

Hombre	Mujer

## Referencias bibliográficas

1. Saladin KS. Anatomía y fisiología: la unidad entre forma y función. 2021.
2. Costanzo LS. Serie RT. Fisiología. 7th ed. Barcelona, Spain: Lippincott Williams & Wilkins; 2019. p. 343-388.
3. Norris TL. Porth. Fisiopatología: Alteraciones de la salud. Conceptos básicos. 10th ed. Lalchandani R, editor. Barcelona, Spain: Lippincott Williams & Wilkins; 2019. p.1173-1230.
4. Hall, J.E & Hall, M.E. Guyton & Hall. Tratado de fisiología médica. 14a ed. Elsevier; 2021.
5. Cobaleda Peragón J. PROPUESTA UNIDAD DIDÁCTICA: FISIOPATOLOGÍA DEL SISTEMA NERVIOSO Y ENDOCRINO. CICLO TÉCNICO EN LABORATORIO CLÍNICO Y BIOMÉDICO. [Centro de Estudios de Postgrado]: Universidad de Jaén; 2022.
6. Pawlina W, Ross MH. Ross. Histología: Texto y atlas: Correlación con biología molecular y celular. 8th ed. Barcelona, Spain: Lippincott Williams & Wilkins; 2020. P.784-816.
7. Strauss, Jerome F, et al. Yen & Jaffe's Reproductive Endocrinology: Physiology, Pathophysiology, and Clinical Management. Philadelphia. 8th ed. PA, Elsevier, 2020.
8. Tortora G, Derrickson B. Principios de Anatomía y fisiología. 15a ed. Editorial Médica Panamericana S.A.; 2018.
9. Uia.mx. Acceso el 24 de agosto de 2022. Disponible en: <https://repositorio.leon.uia.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12152/99911/Daniela%20Araceli%20Mart%C3%ADnez%20Cordero.pdf?sequence=1>
10. Perazzo AM. ADIPOCITOQUINAS, LAS HORMONAS DEL TEJIDO ADIPOSO [Internet]. alexismateos. 2017. Acceso el 24 de agosto de 2022. Disponible en: <https://www.alexismateos.com/post/2017/06/05/adipocitoquinas-las-hormonas-del-tejido-adiposo>
11. Osvaldo F. Semiología del Sistema Nervioso. 15th ed.: El Ateneo; 2016.
12. Tibán Malpud KL, Jaya Yépez GA. FACULTAD DE FILOSOFÍA LETRAS Y CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN CARRERA DE PSICOLOGÍA EDUCATIVA Y ORIENTACIÓN. [Quito]: UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR; 2021.
13. BBC News Mundo. Los beneficios de tomar sol para el corazón, el ánimo y el sistema inmune (y durante cuánto tiempo se recomienda hacerlo). BBC [Internet]. 2022 [citado el 4 de octubre de 2023]; Disponible en: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-59929094>
14. Montse V. Triptófano potenciador de la felicidad. Farmacia Profesional. 2018; 30(6): p.17-20.
15. Sadler TW. Langman. Embriología Médica. 14va ed. Filadelfia, Pensilvania: Wolters Kluwer; 2019.
16. Paloma B. Diabetes Insípida inducida por el embarazo o gestacional: A propósito de un caso. Revista chilena de obstetricia y ginecología. 2018; 83(3)





## **CAPÍTULO 13**

# **NEUROTRANSMISORES**





## Neurotransmisores

El sistema nervioso se compone de un conjunto de estructuras que tienen la finalidad de transmitir información, estímulos y controlar el funcionamiento de todos los sistemas del cuerpo humano. Para poder realizar las funciones depende de las neuronas las cuales al unirse forman el tejido nervioso. El sistema nervioso se divide en: sistema nervioso central (SNC) y sistema nervioso periférico (SNP).

El SNC, a su vez, se divide en encéfalo y médula espinal, que de igual manera el encéfalo se encuentra distribuido en cerebro anterior (prosencefalo), cerebro medio (mesencefalo) y cerebro posterior (rombencefalo). El SNP se clasifica en sistema nervioso somático (SNS) y sistema nervioso autónomo (SNA). En el SNS se encuentran los nervios raquídeos que derivan de la médula espinal y los pares craneales que derivan del encéfalo. El SNA, controla las funciones involuntarias del cuerpo humano y se subdivide en sistema nervioso simpático y parasimpático.

El encéfalo y médula espinal se hallan recubiertos por 3 membranas denominadas meninges: duramadre, aracnoides y piamadre; las cuales funcionan como una barrera de protección para estas estructuras, y un componente muy esencial para este sistema el cual tiene múltiples funciones es el líquido cefalorraquídeo, el cual proviene de los plexos coroideos.

Las neuronas, son la unidad funcional básica del sistema nervioso; la estructura de las neuronas es el soma, dendritas y axón, existe la sinapsis eléctrica y química. Las células gliales (astrocitos, oligodendrocitos, células de Schwann, glía radial, células ependimarias, microglía), aportan nutrientes y sostén a las neuronas. Mediante la sinapsis, los neurotransmisores principales, cumplirán la función de transmitir señales entre las neuronas.

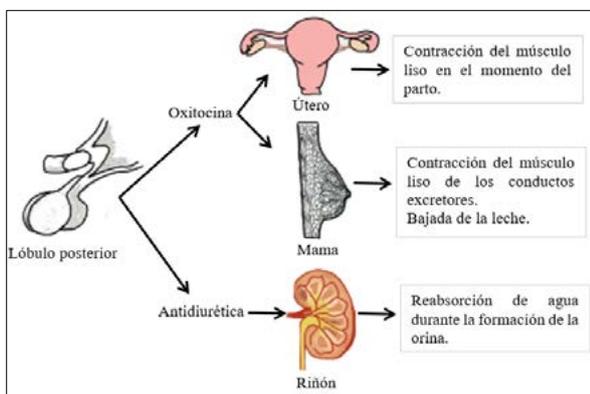


Figura 263. Sistema nervioso  
Fuente: Autor

### Funcionamiento del sistema nervioso

El sistema nervioso transmite la información principalmente por medio de los impulsos nerviosos que transcurren uno tras otro a través de neuronas por uniones interneuronales que son denominadas sinapsis, que es un lugar muy activo.

Cuando hablamos de sinapsis, existen dos clases: **Sinapsis eléctrica:** Los impulsos eléctricos son transmitidos por canales directos desde una célula

la a la siguiente. Ejemplo de esto son el músculo cardíaco de los ventrículos, el útero y la vejiga. Las sinapsis eléctricas permiten que exista el flujo de corriente de una célula excitable a otro mediante vías de baja resistencia entre las células llamadas uniones comunicantes (gap junctions) (1).

**Sinapsis química:** Existe un espacio entre la membrana celular presináptica y la membrana celular postsináptica conocido como hendidura sináptica, donde se transmite la información. Una sustancia que se libera en el terminal presináptico y que se une a los receptores del terminal postsináptico, para excitarla, inhibir o modificar su sensibilidad de alguna manera (1).

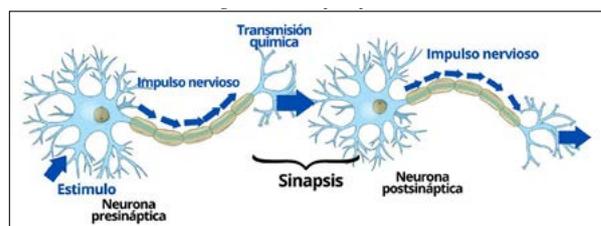


Figura 264. Sinapsis química  
Fuente: Autor

La información es transmitida a través de la hendidura se la realiza por medio de neurotransmisores.

La transmisión de la información del sistema nervioso es dada mayoritariamente por uniones sinápticas de origen químico, esto resalta la importancia de los neurotransmisores para el sistema nervioso y gracias a ellos, el sistema puede cumplir sus roles de funcionamiento, regulación neuroendocrina y mantenimiento de la homeostasis.

La definición de neurotransmisor es algo difusa, aunque comúnmente se asocia a moléculas de un bajo peso molecular, otras sustancias se han aceptado como candidatos a transmisor, esto con varios grados de consenso. Para que haya una aceptación de cierta sustancia como neurotransmisor, debe cumplir algunos criterios, tales como:

1. Que se sintetice en la neurona.
2. Estar presente en el terminal presináptico y se libere una suficiente cantidad para que ejerza un efecto definido sobre la neurona postsináptica u órgano efector.
3. La administración exógena de un fármaco con concentraciones razonables que imite los efectos del transmisor liberado endógenamente (Por ejemplo: que active los mismos canales iónicos o ruta del segundo mensajero en la célula postsináptica).
4. Un mecanismo específico para eliminarla del lugar donde actúe (hendidura sináptica) (2).

### Neurotransmisores

Los neurotransmisores son sustancias químicas que permiten la comunicación y transmisión de señales entre las neuronas y tejidos diana en el proceso de transmisión sináptica. Los neurotransmisores se sintetizan y liberan a nivel de la hendidura sináptica en las terminaciones nerviosas. Una vez liberados, estos neurotransmisores se ligan a proteínas receptoras en la mem-

brana celular del tejido diana. De esta forma, el tejido blanco puede realizar acciones tales como: inhibirse, excitarse o incluso modificarse funcionalmente (3).

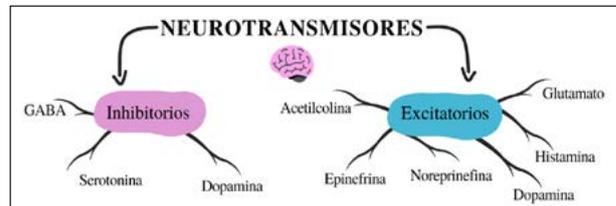


Figura 265. Neurotransmisores

Fuente: Autor

Se debe tener en cuenta que para denominar a una sustancia como neurotransmisor se utilizan criterios importantes:

La sustancia debe ser sintetizada en la célula presináptica y liberada por esta cuando es estimulada. Además, si la sustancia es aplicada exógenamente a la membrana postsináptica a una concentración fisiológica, la respuesta de la célula postsináptica debe ser similar a la respuesta obtenida en vivo (1).

Existe una amplia variedad de neurotransmisores, aproximadamente se conocen más de 100 diferentes, por tal razón, existe gran diversidad en la señalización química entre dos neuronas. Estos mensajeros que genera el cerebro son fundamentales para el funcionamiento diario de nuestro organismo y para entenderlos detalladamente es necesario separarlos en sus respectivas categorías (4). Se puede clasificar de la siguiente manera (1):

### Inhibitorios

#### GABA

El ácido gamma-aminobutírico (GABA) es un neurotransmisor inhibitorio, derivado del glutamato, producido por las neuronas del cerebelo, médula espinal, núcleos de la base y numerosas áreas de la corteza cerebral (3). Tiene una amplia distribución por las neuronas gabaérgicas del sistema nervioso central. Además, luego de su acción en la membrana celular postsináptica, el GABA puede reciclarse en el terminal presináp-

tico o ser degradado mediante la GABA transaminasa para formar parte del ciclo de Krebs (1).

Sus funciones están íntimamente relacionadas con las emociones y el humor. Está distribuido en el cerebro cumpliendo un rol esencial en la disminución de la excitabilidad neuronal a lo largo del sistema nervioso (3).

### Serotonina

La serotonina (5-hidroxitriptamina, 5-HT) es un neurotransmisor inhibitorio producido a partir del triptófano en neuronas serotoninérgicas del cerebro y neuronas que inervan el tracto gastrointestinal. Tras ser liberada de las neuronas presinápticas, la serotonina puede volver de forma intacta al sistema nervioso o ser degradada a ácido 5-hidroxiindolacético (1).

Tiene muchas funciones, una de ellas es que actúa en la médula como inhibidor de las vías del dolor. Participa en la regulación de la temperatura corporal, emociones y el estado de ánimo. Además, la serotonina sirve de precursor de la melatonina en la glándula pineal, de tal forma cumple un rol importante en el ciclo del sueño (3).

### Dopamina

La dopamina es un neurotransmisor con efectos inhibitorios y excitatorios dependiendo del receptor al que esté ligado. Es secretado por la sustancia negra del mesencéfalo y su terminación es producida en la región estriada de los ganglios basales. La acción de la dopamina en la sinapsis finaliza con la recaptura a través de proteínas de transporte (transportador de dopamina, DAT), que están localizados en la terminal dopaminérgica, con la finalidad de inactivar y reciclar dopamina desde el espacio sináptico hacia la terminal nerviosa (5).

Es importante para la inhibición de movimientos innecesarios dado a que forma parte del sistema motor extrapiramidal. Además, en la hipófisis estimula la secreción de la hormona del crecimiento e inhibe la liberación de la prolactina (3).

## Excitatorios

### Acetilcolina

ACh es el único neurotransmisor que permite la unión neuromuscular, este es liberado por todas las neuronas preganglionares y por la mayoría de neuronas posganglionares del sistema nervioso parasimpático y de todas las neuronas preganglionares del sistema nervioso simpático. También es el neurotransmisor que se libera desde las neuronas presinápticas de la médula suprarrenal (1).

### Epinefrina, norepinefrina y dopamina

La noradrenalina, la adrenalina y la dopamina pertenecen a la misma familia de aminas biogénicas, tienen en común un precursor (la tirosina) y una vía biosintética. La tirosina se convierte en l-dopa por la tirosina hidroxilasa y la l-dopa se convierte en dopamina por la dopa descarboxilasa. Si se encuentra dopamina b-hidroxilasa en el terminal nervioso, la dopamina se convierte en noradrenalina. Si se encuentra feniletanolamina-N-metiltransferasa (PNMT; con S-adenosilmetionina como donante de metilo), entonces la noradrenalina se metila para formar adrenalina.

El neurotransmisor específico secretado depende de qué porción o porciones de la vía enzimática se encuentran en un tipo concreto de nervio o glándula. Por tanto, las neuronas dopaminérgicas segregan dopamina porque el terminal nervioso presináptico contiene tirosina hidroxilasa y dopa descarboxilasa, pero no las demás enzimas. Las neuronas adrenérgicas segregan noradrenalina porque contienen dopamina b-hidroxilasa, además de tirosina hidroxilasa y dopa descarboxilasa, pero no PNMT. La médula suprarrenal contiene toda la vía enzimática; por tanto, segrega principalmente adrenalina (1).

### Histamina

La histamina es una amina biogénica que se sintetiza a partir de la histidina y que es cataliza-

da por la histidina descarboxilasa. Se encuentra en las neuronas del hipotálamo y también en el tejido no neural, como los mastocitos del tracto gastrointestinal (1).

### Glutamato

El glutamato es un aminoácido, considerado como el principal neurotransmisor excitador del SNC. Tiene un cometido significativo en la médula espinal y el cerebelo. Hay 4 subtipos de

receptores del glutamato: tres de ellos son receptores ionotrópicos o canales iónicos dependientes de ligando, como el receptor NMDA (N metil-d-aspartato), ampliamente distribuido por el sistema nervioso central. Un cuarto subtipo incluye los receptores metabotrópicos, que se acoplan a los canales iónicos a través de proteínas de fijación de trifosfato de guanosina (GTP) heterotrimétricas (proteínas G) (1).

Tabla 43. Neurotransmisores

Neurotransmisor	Tipo	Sitio de secreción	Funciones
Acetilcolina (ACh)	Excitatorio excepto en el corazón (inhibitorio)	Neuronas motoras, núcleos basales, neuronas preganglionares del sistema nervioso autónomo, neuronas postganglionares del sistema nervioso parasimpático, neuronas postganglionares que inervan glándulas sudoríparas.	Regula el ciclo del sueño, esencial para el funcionamiento muscular.
Norepinefrina (NE) o Noradrenalina (NAd)	Excitatorio	Tronco encefálico, hipotálamo, glándulas suprarrenales.	Incrementa los niveles de alerta y vigilia, estimula numerosos procesos fisiológicos.
Epinefrina (Epi) o Adrenalina (Ad)	Excitatorio	Células cromafines de la médula de la glándula suprarrenal.	Reacción de lucha o huida (incremento en la frecuencia cardíaca, aumento de la presión sanguínea, aumento de la producción de glucosa).
Dopamina	Excitatorio e inhibitorio	Sustancia negra	Inhibe movimientos innecesarios, inhibe la liberación de prolactina, y estimula la secreción de hormona del crecimiento.
GABA (Ácido gamma-aminobutírico)	Inhibitorio	Neuronas de la médula espinal, cerebelo, núcleos de la base, y varias áreas de la corteza cerebral.	Reduce la excitabilidad neuronal en el sistema nervioso.
Glutamato (Glu)	Excitatorio	Neuronas sensitivas y corteza cerebral.	Regula la excitabilidad del sistema nervioso central, procesos de aprendizaje, memoria.
Serotonina (5-hidroxitriptamina 5-HT)	Inhibitorio	Neuronas del tronco encefálico y tracto gastrointestinal, trombocitos.	Regula la temperatura corporal, la percepción del dolor, emociones, y ciclo del sueño.
Histamina	Excitatorio	Hipotálamo, células de la mucosa gástrica, mastocitos, y basófilos en la sangre.	Regula la vigilia, presión sanguínea, dolor y comportamiento sexual; incrementa la acidez del estómago, es mediador de respuestas inflamatorias.

## Aspectos clínicos

### Efectos de los principales neurotransmisores

#### Función de la dopamina

La dopamina provoca sensaciones placenteras y la sensación de relajación. Esta sustancia se encuentra distribuida en diferentes regiones de nuestro cerebro y en cada zona desempeña un papel diferente (6).

- Emociones fuertes
- Sobrepeso y obesidad
- Consumo de drogas
- Satisfacción personal
- Regula nuestra memoria
- Creatividad
- Motivación
- Al sentirnos enamorados
- Personalidad

#### Función de la noradrenalina

La noradrenalina es un neurotransmisor que se ha relacionado con la motivación, el estado de alerta y vigilia, el nivel de conciencia, la percepción de los impulsos sensitivos, la regulación del sueño, del apetito y de la conducta sexual y la neuromodulación de los mecanismos de recompensa, aprendizaje y memoria, funciones que con frecuencia se encuentran alteradas en el paciente deprimido. A excepción de la vigilancia, las demás funciones involucran la acción conjunta de la noradrenalina y otro neurotransmisor.

Los efectos cardiovasculares secundarios a su administración son: aumenta el consumo de oxígeno miocárdico, puede producir arritmias, palpitaciones, bradicardia, taquicardia, hipertensión, dolor torácico y palidez. Puede disminuir el flujo sanguíneo a los órganos vitales y la perfusión renal y ocasionar acidosis metabólica, sobre todo en pacientes hipovolémicos (4).

#### Función de la serotonina

La serotonina permite la modulación de la conducta social, las emociones y una gran cantidad de funciones fisiológicas. La función de los sistemas serotoninérgicos se ha mantenido a lo lar-

go de la escala evolutiva y números pequeños de neuronas inervan prácticamente todo el Sistema Nervioso.

Estas neuronas son capaces de ejercer múltiples efectos, dependiendo de si liberan serotonina de hendiduras sinápticas, que ejercen efectos rápidos y locales o de hendiduras extra sinápticas en la periferia de las sinapsis, el axón, el cuerpo celular o las dendritas, con lo que se producen efectos lentos y difusos, característicos de los estados de ánimo (7).

- Sueño
- Humor
- Apetito
- Temperatura
- Comportamiento

### Ecosistema intestinal

Conocido como segundo cerebro en la cual encontramos 100 millones de neuronas con 20 tipos de neurotransmisores y una conexión permanente entre el Sistema Nervioso Intestinal (SNI) y el Sistema Nervioso Central (SNC).

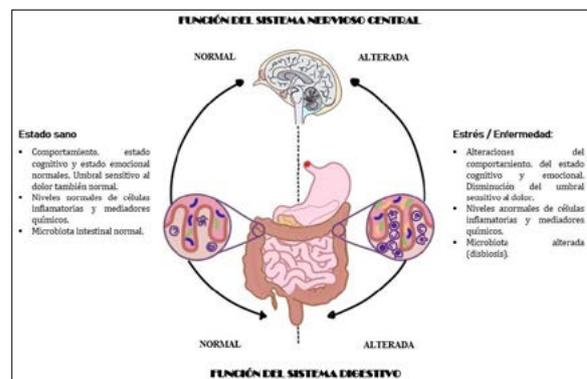


Figura 266. Función del sistema nervioso central  
Fuente: Autor

### Intestino: basurero de las emociones

Conocido como el basurero del organismo o el basurero de las emociones.

El estrés emocional (miedo, cólera, ansiedad, frustración, resentimiento) aumenta el tono simpático, baja el parasimpático resultando en un aumento de noradrenalina, una disminución de acetilcolina; provocando una disminución del

peristaltismo y de las secreciones. Todo esto nos conduce a problemas de digestiones lentas, fermentaciones ácidas, putrefacciones y disbiosis, resultando en problemas de estreñimiento con autointoxicación por el propio contenido fecal con aumento de la permeabilidad del intestino, con reacciones inmunitarias que provocan aumento de radicales libres llevándonos también a una inflamación intestinal (8).

### Alteraciones de los Neurotransmisores

#### Eje dopaminérgico: ácido homovanílico (HVA) elevado

##### Clínica

El exceso de dopamina está asociado a:

- Hiperactividad mental, delirios y alucinaciones.
- Sobreexcitación, sentimientos de euforia.
- Movimientos incontrolados e hipersexualidad.
- Comportamientos de agitación y acciones repetitivas.
- Insomnio debido a que inhibe a la melatonina.

##### Fisiopatología

Hiperestimulación de las vías dopaminérgicas en el caso de intolerancia intestinal (antígenos alimentarios o bacterianos LPS)

##### Consejo

Se recomienda una dieta anti inflamatoria intestinal rica en alimentos vegetales y antioxidantes lo cual puede contribuir al mantenimiento de los niveles fisiológicos óptimos de dopamina. Además, una dieta rica en diversos alimentos (ej. Hidratos de carbono) que ayuden a elevar la serotonina también puede hacer que, en consecuencia, la dopamina disminuye. Otro tipo de alimentos ricos en L-tirosina la cual es un precursor de la dopamina que sería mejor evitar: la cafeína, el chocolate negro, el pato, la harina de avena, el queso y el pollo (9).

#### Eje dopaminérgico: ácido homovanílico (HVA) bajo

##### Clínica

Los bajos niveles de dopamina se relacionan con problemas de socialización por consecuencia de medicamentos, alimentación, acciones ilícitas, por ejemplo: Trastorno Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH). Algunas de las asociaciones con este trastorno son: falta de interés general y de motivación, dificultad para sentir placer, patrón del sueño alterado, síndrome de piernas inquietas, tristeza y sentimiento de culpabilidad, fatiga, falta de memoria y dificultad de concentración, aumento de peso, comportamientos impulsivos y autodestructivos (1).

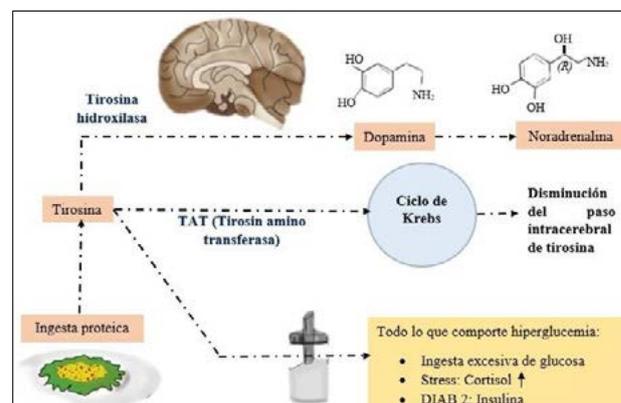


Figura 267. Fisiopatología del ácido homovanílico (HVA) bajo  
Fuente: Autor

##### Fisiopatología

#### Nutrición en hipodopaminergia

Equilibrar de manera eficaz el conjunto de alimentación que se comenta: Consumir grasas saludables, Proteínas (huevo, carne, pescado, yogur, pavo), verduras, granos saludables (aguacate, nueces y mantequillas de nueces, granos integrales (trigo, cebada) y legumbres (lenteja, habas).

##### Consejo

Se puede administrar los aminoácidos de L-TIROSINA de 500mg a 2 gramos y no se debe sobrepasar la dosis de 8 gramos al día

### **Eje noradrenérgico elevado: metoxi 3-metoxi-4-hidroxifenilglicol (MHPG) elevado**

Los niveles altos de noradrenalina activan el autorreceptor alfa-1 en la neurona serotoninérgica, aumentando la tasa de disparo y liberación de serotonina (10).

#### **Clínica**

Dolores de cabeza, boca seca, ansiedad, pánico, taquicardia, hipertensión arterial, reacción a estrés agudo o ansiedad mayor, sudoración, piel fría, pensamientos suicidas.

#### **Fisiopatología**

Hay una disminución del MHPG que se debe a la disminución de la síntesis de noradrenalina, debido a un déficit de hierro, cobre y por un mal funcionamiento de las vías noradrenérgicas.

#### **Consejo**

Tomar precursores: L Tirosina de 500 mg de 1.5 a 5 gramos al día.

Administrar hierro, magnesio y cobre en caso que haya un déficit.

### **Eje serotoninérgico alto: ácido 5-hidroxiindolacético (5-HIA) elevado**

Se conoce que este eje actúa gracias a la ingesta de grandes concentraciones de su precursor primario L-triptófano, que puede aumentar el contenido de serotonina encefálica.

#### **Clínica**

A nivel periférico factores como la irritación intestinal, producen un aumento de la producción de serotonina por las células entéricas que a su vez estimulará a las neuronas del nervio vago de tal manera que una actividad central se produce dentro de las “neuronas del vómito”, capaces de activar el reflejo del vómito cambiando la dirección peristáltica intestinal (11).

Mientras que, a nivel central, el aumento de serotonina se asocia a trastornos cognitivos y del comportamiento, trastornos obsesivos, fobias y neurosis de la angustia

El aumento de serotonina también se suele asociar al término “síndrome serotoninérgico” el

cual es un trastorno iatrogénico relacionado al uso de fármacos agonistas de la serotonina que se presenta como una excesiva estimulación de receptores centrales y periféricos de serotonina produciendo así cambios mentales, autonómicos y neuromusculares, y en el peor de los casos puede progresar a falla multisistémica y a la muerte del paciente (12).

#### **Consejo**

Es importante el aporte transitorio de aminoácidos de cadena ramificada como la isoleucina, leucina y valina en la dieta que sean capaces de competir en la entrada a la barrera hematoencefálica con el triptófano; de esta manera, evita el aumento progresivo de serotonina en el encéfalo.

### **Eje serotoninérgico bajo: ácido 5-hidroxiindolacético (5-HIA) bajo**

Se relaciona directamente con un déficit del metabolito precursor L-triptófano.

#### **Clínica**

Sabemos que, la serotonina es un importante regulador de los ciclos de sueño-vigilia, de las emociones, estados depresivos y agresivos, por lo que un déficit de la misma en el organismo significa la aparición de trastornos de la personalidad, episodios de impulsividad, trastornos alimentarios, problemas de depresión y vulnerabilidad ante el estrés y el pánico; además de otros como el insomnio o episodios de despertares nocturnos.

Así mismo, se encuentra íntimamente relacionado a trastornos como la esquizofrenia y la ansiedad, trastornos obsesivo-compulsivo, anorexia y bulimia; además de contribuir a la aparición de ciertos síntomas en enfermedades neurodegenerativas como el Parkinson, Alzheimer, Corea de Huntington y otros más simples como la migraña (13).

#### **Consejo**

Para el aumento de serotonina es importante incluir en la dieta alimentos ricos en triptófano como huevos, leche, pescado y ciertas carnes

como pollo y pavo; también se debe tomar en cuenta ciertos cofactores como el hierro, zinc, magnesio o vitaminas del grupo B, incluir en la dieta ciertos ácidos grasos como DHA y omega 3, así como el aporte de vitamina D3 y litio (regulador psicoemocional relevante). La insulina juega un rol muy importante al inhibir la albúmina del triptófano para convertirlo en triptófano libre y sea capaz de pasar por la barrera hematoencefálica, así mismo, se considera que la aspirina y el vino tinto estimulan este proceso.

### **Fisiopatología de serotonina y derivación del triptófano**

Los niveles de serotonina tanto a nivel central como periférico pueden elevarse gracias al aumento de ingestión de L-triptófano en la dieta; por estimular su liberación mediante anfetaminas, cocaína, dimetilnitrosamina, fenfluramina o reserpina; por una falla en la recaptación de serotonina dada por antidepresivos tricíclicos, trazodone, venlafaxina o meperidina; por disminución del metabolismo de serotonina gracias a los inhibidores de la monoaminoxidasa o daños en el endotelio vascular, pulmonar o ambos o por estimulación directa de receptores postsinápticos como la buspirona, L-dopa, litio, trazodone o LSD (14).

Por su parte, los niveles deficientes de serotonina pueden estar relacionados al déficit de hierro, de folatos y un problema en la derivación del triptófano; a nivel intestinal debido a una disbiosis producida por un desequilibrio en la flora microbiana intestinal; en la barrera hematoencefálica por competición importante con otros aminoácidos como la tirosina (este problema suele relacionarse más con la dieta) y a nivel cerebral por activación de las vías IDO, esto quiere decir que por factores como inflamación cerebral central, estrés físico y psicológico, otras inflamaciones periféricas, sobrepeso y obesidad (síndrome metabólico) pueden desencadenar la síntesis de citoquinas, factor de necrosis tumoral, radicales libres que activan las enzimas IDO (indola-

mina 2,3-dioxigenasa) degradador del triptófano que provoca la desviación de este metabolito a la vía de los ácidos orgánicos cerebrales y principalmente a la kinurenina (neurotóxica). Sin embargo, esto último se puede inhibir gracias a la administración de 5-OHTRIPTOFANO para la síntesis directa de triptófano a serotonina.

### **Alteraciones relacionadas con la depresión**

#### **Los trastornos endocrinos**

La depresión va de la mano con alteración en ciertas hormonas en el organismo, en concreto la serotonina, la dopamina, la noradrenalina, la endorfina y el cortisol.

Las hormonas tiroideas son esenciales para el correcto desarrollo del SNC y por tanto para el desarrollo cognitivo y conductual; se ha reconocido que la enfermedad de la tiroides puede provocar trastornos psiquiátricos como la depresión, que pueden corregirse restaurando la función normal de la tiroides.

Entre los trastornos endocrinos tenemos el hipotiroidismo, síndrome de Cushing, hipercortisolismo, insuficiencia hipofisaria, menopausia y carencia estrogénicas. Todas las antes mencionadas presentan depresión.

#### **Los déficits nutricionales**

En pacientes con depresión los déficits nutricionales son aminoácidos, mismos que se caracterizan por ser los precursores de los neurotransmisores, ácidos grasos omega 3, vitaminas del grupo B y minerales.

Si en caso no exista suficiente ingesta de aminoácidos triptófano y tirosina, no habrá suficiente producción de serotonina y dopamina, lo que está asociado a trastornos del estado de ánimo como la depresión.

#### **Las alteraciones monoaminérgicas**

Las monoaminas o catecolaminas noradrenalina (NA), adrenalina (A) y dopamina (DA) son neurotransmisores sintetizados a partir de tirosina, mientras que la otra monoamina importante, la serotonina (5-HT), que es una indolamina, se

sintetiza a partir del triptófano. La catecolamina se concentra en la región terminal de las neuronas, la cual son liberadas durante el proceso de transmisión nerviosa de una neurona a otra.

La hipótesis monoaminérgica de la depresión propone que, esta afección se debe a una deficiencia de la actividad monoaminérgica cerebral (déficit en la transmisión de serotonina, noradrenalina y dopamina en sitios cerebrales clave) y que puede ser tratada con drogas que incrementen esta actividad (15).

### Los factores inflamatorios e inmunitarios

Los sistemas inmunológico y nervioso están íntimamente relacionados. Mientras que la depresión provoca reacciones inmunitarias exageradas en algunas personas, a la inversa, los trastornos y disfunciones del sistema inmunitario también pueden causar trastornos depresivos. Ciertos estudios han demostrado que algunas personas con depresión tienen altas concentraciones de mensajeros inmunes inflamatorios, lo que podría favorecer la aparición de la depresión.

Las enfermedades crónicas también pueden contribuir a que las proteínas proinflamatorias se transporten a través del torrente sanguíneo a diferentes partes del cuerpo y, por lo tanto, también lleguen al cerebro. En consecuencia, esto podría estimular la liberación de hormonas del estrés, lo que reduciría aún más los niveles de las hormonas de la felicidad (serotonina) y provocaría episodios depresivos.

### Suplementación

Es importante reponer los co-factores que intervienen en la regulación de la producción de los neurotransmisores, por ejemplo, en el magnesio cuando existen casos de depresión aguda no existe variación del mismo en el plasma. La variación del magnesio plasmático si se altera cuando se trata de depresiones mayores excepto en las leves o moderadas. El magnesio es impor-

tante ya que trabaja junto con el ATP para proporcionar energía al cuerpo.

La deficiencia de los folatos trae consigo trastornos psiquiátricos como irritabilidad, depresión, trastornos de la memoria y del sueño. Los folatos se asocian a declive cognitivo. La vitamina B12 es importante ya que su déficit se asocia a neuropatías, síndrome cerebeloso, labilidad afectiva, depresión. Por lo tanto, grupos de riesgo como los vegetarianos, personas mayores y alcohólicos son más susceptibles a ser bajos en vitamina B12.

En la farmacología el safranal tiene la misma eficacia que la imipramina o la fluoxetina, no presenta efectos secundarios y su vía de acción se da por inhibición de la recaptación de serotonina ayudando así a la regulación del humor y de la saciedad.

La actividad física usa las reservas de glucógeno, también mejora la utilización de los aminoácidos ramificados por el músculo, si se hace esfuerzo por más de 60 minutos la albúmina libera triptófano para fijar ácidos grasos que viajará de esta forma hacia los músculos activos. Esto mejora la disponibilidad del triptófano a nivel central y aumenta la síntesis de serotonina lo cual trae como consecuencias bienestar emocional y disminución del apetito.

La taurina es el aminoácido más abundante del músculo cardíaco y ayuda a normalizar la frecuencia cardíaca al aumentar la retención de potasio y magnesio. La taurina mejora el funcionamiento hepático, visual y mejora la neurotransmisión cerebral.

Es un neuromodulador que favorece la acción del GABA lo que produce efectos ansiolíticos, sedantes y miorrelajantes. Este aminoácido además disminuye las cantidades de adrenalina y noradrenalina producidos durante el estrés, reduce la agregación plaquetaria, reduce la pérdida urinaria de magnesio debido al estrés.

El ejercicio físico también tiene efectos en la dopamina ya que al hacer actividad por más de 60 minutos aumenta la síntesis de la dopamina y de la noradrenalina dando como resultado un aumento de la frecuencia cardíaca, aumenta el nivel de vigilancia y aumenta la motivación.

Es esencial hablar del estrés, este conlleva ansiedad, y la misma normalmente genera que se ingiera más cantidad de comida o en algunos casos al revés. Por esa razón la patología en relación a esta en la obesidad, esta ansiedad hace que aumente la liberación de serotonina u otros neurotransmisores (16).

## Glosario

- SNC: Está conformado por el cerebro y la médula espinal, los cuales se desempeñan como el “centro de procesamiento” principal para todo el sistema nervioso y controlan todas las funciones del cuerpo.
- SNP: Los SNP se presentan cuando un solo nucleótido (elemento fundamental del ADN) es reemplazado por otro.
- SNA: El sistema nervioso autónomo es la parte de su sistema nervioso que controla las acciones involuntarias, tales como los latidos cardíacos y el ensanchamiento o estrechamiento de los vasos sanguíneos.
- Impulso nervioso: El impulso nervioso o eléctrico, es una señal que se transmite de neurona en neurona y que tiene como finalidad pasar la información sensitiva o motora hasta alcanzar a la estructura del cuerpo donde se generó el estímulo desencadenante.
- Interneurona: Las interneuronas son neuronas multipolares, las cuales conectan neuronas aferentes con neuronas eferentes en los tractos neuronales o nerviosos, es por ello que funciona de manera de un puente que intercomunica a las neuronas sensoriales con las neuronas motoras.
- Sinapsis: Espacio entre el extremo de una neurona y otra célula. Los impulsos nerviosos se transmiten a otra célula mediante sustancia química.
- Receptor: Un receptor es algo que recibe., este puede recibir o captar señales eléctricas.
- Presinapsis: Se dice de lo que está próximo a la sinapsis. Se trata de los botones sinápticos axonales (que contactan con los correspondientes de las dendritas) y liberan un neurotransmisor en la hendidura sináptica, que es ligado por los correspondientes receptores postsinápticos.
- Postsinapsis: Son todas las señales inhibitorias y excitatorias que recibe y “decide” si disparar o no un potencial de acción.
- Tejido diana: La parte del cuerpo en la que una sustancia química origina efectos adversos.
- Tejido blanco: Se le considera un órgano por sí mismo por sus funciones autocrinas, paracrinas y endocrinas.
- Hiperestimulación: excesivo o extremo estimulación: el acto o proceso de estimular excesivamente algo o alguien

## Actividades

1. Realice un organizador gráfico acerca de los neurotransmisores.

2. Completa el siguiente cuadro:

Neurotransmisor	Tipo	Sitio de secreción	Función

3. Describa la función de los neurotransmisores inhibitorios y excitatorios.

## Referencias bibliográficas

1. Costanzo LS. Serie RT. Fisiología. 7a ed. Barcelona, Spain: Lippincott Williams & Wilkins; 2019. p. 59-90.
2. Norris TL. Porth. Fisiopatología: Alteraciones de la salud. Conceptos básicos. 10th ed. Lalchandani R, editor. Barcelona, Spain: Lippincott Williams & Wilkins; 2019. p.353-356.
3. Torres A. KEN HUB. [Internet]; 2022 [citado el 4 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.kenhub.com/es/library/anatomia-es/neurotransmisores>.
4. Hall, J.E & Hall, M.E. Guyton & Hall. Tratado de fisiología médica. 14a ed. Elsevier; 2021.
5. Delgado CT. Neurotransmisores: Clasificación, Tipos y Función [Internet]. PsicoTorres. 2020 [citado el 4 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://psicologosalamanca.com/neurotransmisores-clasificacion-tipos-y-funcion/>
6. Ganong WF, Barrett KE. Ganong fisiología médica. 2020.
7. Ramos, A. de J., A. Noalles Dols, y A. Rujas Arranz. «Serotonina: Un Neurotransmisor Que Impacta Nuestras Emociones». RD-ICUAP [Internet]. 2019 [citado el 4 de octubre de 2023]; 5 (13). Disponible en: <http://rd.buap.mx/ojs-dm/index.php/rdicuap/article/view/358>
8. Esteban A. Estrés, intestino y emociones, una relación compleja. El Confidencial [Internet]. 2020 [citado el 4 de octubre de 2023]. Disponible en: [https://www.alimente.elconfidencial.com/bienestar/2020-10-20/segundo-cerebro-estres-intestino-emociones-relacion\\_2795823/](https://www.alimente.elconfidencial.com/bienestar/2020-10-20/segundo-cerebro-estres-intestino-emociones-relacion_2795823/)
9. Silgado, S. Cómo BAJAR el exceso de DOPAMINA - 2 métodos. psicologia-online.com [Internet]. 2021 [citado el 4 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.psicologia-online.com/como-bajar-el-exceso-de-dopamina-5508.html>
10. ¿Quieres un subidón (gratis y natural) de dopamina o serotonina? Haz esto. National Geographic [Internet]. 2023 [citado el 4 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://www.nationalgeographic.es/ciencia/2023/08/subidon-dopamina-serotonina-endorfinas-oxitocina-gratis-natural>
11. Tusell, M. Calinalcacer.com [Internet]. 2014 [citado el 15 de julio de 2022]. Disponible en: <https://www.calinalcacer.com/es/descargar/documentacion/75-eje-cerebro-intestino.pdf>
12. Young, P., Finn, B. C., Álvarez, F., Verdaguer, M. F., Bottaro, F. J., & Bruetman, J. E. Síndrome serotoninérgico: Presentación de cuatro casos y revisión de la literatura. An. Med. Interna (Madrid) [Internet]. 2008 [citado el 4 de octubre de 2023], 25(3), 125–130. Disponible en: <https://doi.org/10.4321/s0212-71992008000300006>
13. Alcalde, A. Academiadefarmaciadearagon.es. Recuperado el 15 de julio de 2022, de Disponible en: <https://www.academiadefarmaciadearagon.es/docs/Documentacion/Documentacion45.pdf>
14. Muñoz, H., Vargas, A. Síndrome serotoninérgico. MedUNAB [Internet]. 2004 [citado el 15 de julio

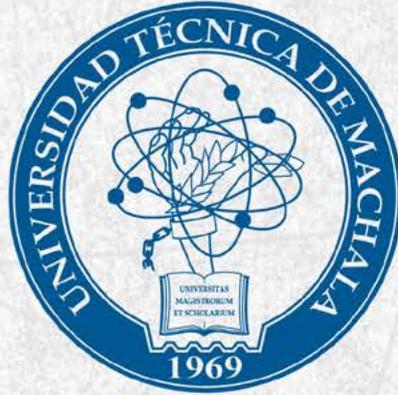
de 2022]. Disponible en: <https://revistas.unab.edu.co/index.php/medunab/article/download/233/216/>

15. Chabla Espinales, M. Ángelo., & Ponce Alencastro, J. A. Bases neurobiológicas y psicofarmacología de la depresión: revisión orientada a la práctica clínica. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS* [Internet]. 2022 [citado el 4 de octubre de 2023]; 4(3), 524–536. Recuperado a partir de <https://editorialalema.org/index.php/pentaciencias/article/view/132>

16. Ramón-Arbués E, Martínez Abadía B, Granada López JM, Echániz Serrano E, Pellicer García B, Juárez Vela R, et al. Eating behavior and relationships with stress, anxiety, depression and insomnia in university students. *Nutr Hosp* [Internet]. 2019 [citado el 4 de octubre de 2023]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.20960/nh.02641>



Universisad Técnica de Machala  
Editorial UTMACH  
Primera Edición  
PDF



2024

ISBN: 978-9942-24-188-7



9 789942 241887