



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

# **Anatomía microscópica del hipocampo con correlaciones funcionales**

**Anggie Tatiana Pinilla Ruge**

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Medicina - Maestría Morfología Humana

Bogotá, D.C. Colombia

2023



# **Anatomía microscópica del hipocampo con correlaciones funcionales**

**Anggie Tatiana Pinilla Ruge**

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:  
**Magister en Morfología Humana**

Director:

Dr. Ananías García Cardona  
Msc en morfología humana

Línea de Investigación:

teórico-descriptiva

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Medicina - Maestría Morfología Humana  
Bogotá, D.C. Colombia  
2023



*“Cualquiera que se familiarice completamente  
con la anatomía y la fisiología humana  
observará como se incrementa su fe en Dios”  
-Averroes*

## Declaración de obra original

Yo declaro lo siguiente:

He leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi trabajo original, excepto donde he reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

He obtenido el permiso del autor o editor para incluir cualquier material con derechos de autor (por ejemplo, tablas, figuras, instrumentos de encuesta o grandes porciones de texto).

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.



Angie Tatiana Pinilla Ruge  
14 de noviembre 2023





## Resumen

### **Anatomía microscópica del hipocampo con correlaciones funcionales**

El cerebro humano es un órgano complejo por su estructura y función, pero se considera vital por ser el principal centro de control y comando para el resto del organismo. El hipocampo es una estructura cerebral compacta, alargada y curva, descrita por primera vez por el anatomista del siglo XVI Giulio Cesare Aranzio quien hizo una semejanza con la forma del caballito de mar.

El hipocampo pertenece al sistema límbico y desempeña un papel importante en la memoria y el aprendizaje, además es una de las estructuras cerebrales donde ocurre un fenómeno único del cerebro humano, y es la neurogénesis, formación de nuevas neuronas, proceso que resulta afectado en enfermedades como el Alzheimer. El objetivo de este trabajo es realizar una revisión de literatura de la morfología del hipocampo profundizando en sus características microscópicas, con ayuda de la descripción de algunas placas histológicas del mismo, y así realizar una correlación con el papel funcional del hipocampo.

**Palabras clave: (hipocampo, neuronas, neurogénesis, plasticidad neuronal).**

## **Abstract**

### **Microscopy anatomy of the Hippocampus in relations to its functions.**

The human brain is a complex organ due to its structure and function, but it is considered vital as the main control and command center for the rest of the organism. The hippocampus is a compact cerebral structure, enlarged and curved. that was first described in the 19th century by the anatomist Giulio Cesare Aranzio, who noted its similarity to the seahorse shape.

The hippocampus belongs to the limbic system and plays a critical role in memory and learning, Additionally, a unique phenomenon occurs: neurogenesis, the formation of new neurons, This process can be affected by illnesses such as Alzheimer's. The objective of this work is to conduct a literature review of the hippocampus's morphology by delving into its microscopic features through the description of histological samples and correlating them with the functional role of the hippocampus.

**Key words: (hippocampus, neurons, neurogenesis, neuronal plasticity)**

# Contenido

	Pág.
<b>Resumen .....</b>	<b>IX</b>
<b>1. Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Objetivos.....</b>	<b>3</b>
2.1 Objetivo General.....	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
<b>3. Justificación .....</b>	<b>4</b>
<b>4. Metodología .....</b>	<b>5</b>
<b>5. Referente Teórico.....</b>	<b>7</b>
5.1 Sistema Límbico .....	7
5.2 Anatomía del hipocampo .....	8
5.2.1 Formación del hipocampo.....	10
5.2.2 Áreas de la formación hipocampal.....	10
5.2.2.1 Giro dentado.....	10
<b>5.2.2.1.1 Histología del giro dentado .....</b>	<b>11</b>
5.2.2.2 Asta de Amón.....	14
<b>5.2.2.2.1 Histología del Asta de Amón .....</b>	<b>15</b>
5.2.2.3 Subículo .....	18
5.2.3 Formación parahipocampal.....	19
5.2.3.1 Corteza entorrinal .....	19
5.2.3.2 Corteza perirrinal y postrinal .....	20
5.3 Neurogénesis .....	20
5.3.1.1 Zona subgranular del hipocampo.....	21
5.3.1.2 Zona subventricular del ventrículo lateral.....	21
<b>6. Lista de fotografías .....</b>	<b>26</b>
<b>Microfotografía 1: Neuronas piramidales .....</b>	<b>26</b>
<b>Microfotografía 2: Área C2.....</b>	<b>27</b>

---

<b>Microfotografía 3: Área C2 -Giro dentado .....</b>	<b>28</b>
<b>Microfotografía 4: Área C2 -capas .....</b>	<b>29</b>
<b>Microfotografía 5: Área C3 .....</b>	<b>30</b>
<b>Microfotografía 6: Giro dentado 100X.....</b>	<b>31</b>
<b>Microfotografía 7: Giro dentado -Área CA4.....</b>	<b>32</b>
<b>Microfotografía 8: Giro dentado -Área CA4.....</b>	<b>33</b>
<b>Microfotografía 9: Giro dentado.....</b>	<b>34</b>
<b>7. Conclusiones .....</b>	<b>35</b>
<b>8. Bibliografía .....</b>	<b>37</b>

# 1.Introducción

El Sistema Nervioso Central (SNC), tiene la capacidad de percibir y responder a estímulos extrínsecos e intrínsecos, y es el encargado de integrar el funcionamiento de los sistemas que componen a un organismo, así como de coordinar y controlar las interacciones con su medio (Vladimir et al., 2020)

El hipocampo es una estructura importante en la composición cerebral humana y de otros mamíferos, relacionada con la memoria, el aprendizaje y con otras funciones mentales superiores. El estudio de los aspectos morfológicos del hipocampo, permite la comprensión de la importancia clínica.( Hernández et al., 2015)

La anatomía Macroscópica del Hipocampo, está formada por un conjunto de tres estructuras arquicorticales (es decir, una corteza organizada en tres capas): el subiculum, el asta de Amón y el giro dentado o fascia dentada(Orta-Salazar et al., 2013). Esta estructura se divide en cuatro campos: CA1, CA2, CA3 y CA4, los cuales están constituidos por una capa densa de células piramidales. Una característica especial del campo CA3, es que los axones que se extienden desde sus células piramidales se conocen como colaterales de Schaffer. Estas fibras se proyectan de regreso hacia la región CA1 y se relacionan con plasticidad neuronal.(Mazher et al. 2021). El hipocampo se diferencia funcionalmente en dos regiones: la región dorsal, la cual se encarga del procesamiento espacial, mientras que la región ventral de los procesos de ansiedad y control inhibitorio del comportamiento .(Vladimir Flores, 2015)

Las primeras menciones del hipocampo se deben a Arancio (1587) un anatomista del siglo XVI, quien lo describió como una protrusión en el ventrículo lateral temporal parecida a un caballito del mar y que estaría formada por una cabeza dotada de circunvoluciones, por un cuerpo y una cola (Hernández et al., 2015)

La histogénesis es un proceso dedicado a la formación de nuevos tejidos que se da a partir de células indiferenciadas provenientes de las tres capas germinales (endodermo, mesodermo y ectodermo) en el cerebro también existe un proceso para generar nuevas células neuronales, se le denomina neurogénesis donde a partir de células madres o progenitoras se generan nuevas neuronas (Gerardo Ramírez et al., 2007). La formación de nuevas células nerviosas se da mediante procesos de reparación y se conocen como “nichos neurogénicos” caracterizado por una alta presencia de células madre y precursores químicos específicos, tales como la GFAP (proteína glial fibrilar ácida) y la NCAM (Molécula de Adhesión Celular Neural) entre otros. (Hernández et al., 2015) .Se ha demostrado que con el paso de los años pueden existir alteraciones estructurales y morfológicas en las poblaciones neurales del hipocampo lo cual puede afectar el proceso de neurogénesis, relacionándose con enfermedades neurodegenerativas como Alzheimer, siendo esta la principal causa de demencia, originando cambios cognitivos y de la personalidad del individuo. (Beauquis et al., 2014)

En la presente monografía se presentará una descripción de placas histológicas de hipocampo, tomadas del Laboratorio de Histotecnología de la Universidad Nacional de Colombia y a lo largo de la misma, se describirá la morfología celular del hipocampo y sus diversas funciones incluyendo el proceso neurogénico.

## **2. Objetivos**

### **2.1 Objetivo General**

- Realizar una descripción y revisión de literatura enfocada en la morfología del hipocampo con énfasis en el ámbito microscópico con ayuda de placas histológicas.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Revisar y describir las placas histológicas del hipocampo, existentes del laboratorio de histotecnología de la Universidad Nacional de Colombia
- Realizar una búsqueda de literatura relacionada con los hallazgos de las placas histológicas del hipocampo
- Correlacionar los aspectos morfológicos del hipocampo con la importancia funcional.

### **3. Justificación**

Es de gran interés buscar información enfocada al estudio de una de las regiones del cerebro humano con funciones importantes relacionadas con la memoria, el aprendizaje y la plasticidad neuronal como lo es el hipocampo, haciendo énfasis en la anatomía microscópica, y resaltando su importancia funcional.

El estudio microscópico del hipocampo humano se realiza mediante el uso de placas histológicas que hacen parte de los archivos del departamento de morfología de la Universidad Nacional de Colombia , con el propósito de establecer mediante observaciones morfológicas, las características del hipocampo, teniendo como base esta información se procederá a búsqueda de literatura que argumente los hallazgos de estas placas y determinar las relaciones funcionales del hipocampo con sus características morfológicas.

## 4. Metodología

Se revisará el material preexistente de colecciones histológicas de hipocampo humano de la unidad de histología de la facultad de medicina de la Universidad Nacional de Colombia, realizadas con método azul luxol con medio de contraste de hematoxilina, el cual se utiliza para visualizar la mielina en el tejido nervioso, y diferenciar sustancia blanca de sustancia gris y así identificar estructuras neuronales, creando material fotográfico que se incluye en el presente trabajo.

Los métodos empleados en esta monografía se basaron en la búsqueda en bases de datos como Medline, EMBASE, PubMed, LILACS, revistas científicas como Annals of anatomy, Nature, Revista Internacional de Morfología. Las palabras claves se usaron en español e inglés y fueron las siguientes: Hipocampo, asta de Amón, giro dentado, subículo, corteza entorrinal, células neuronales, neurogénesis, glía, sistema nervioso central, también se realizó combinación de estos términos para generar un mayor resultado de literatura.

Con el propósito de ampliar la información se consultó libros del campo de la investigación en el área de la neuroanatomía. El tiempo de publicación tanto de los libros como de los artículos no es un parámetro de exclusión, teniendo en cuenta que la información resulta ser limitada y algunos documentos antiguos aportan información útil.



## 5. Referente Teórico

### 5.1 Sistema Límbico

A nivel etimológico la palabra "límbico" significa "frontera". Originalmente, el término "límbico" se usaba para describir las estructuras fronterizas alrededor de las regiones basales del cerebro, sin embargo, con el paso del tiempo y del conocimiento sobre las funciones del sistema límbico, el término sistema límbico se ha ampliado para referirse a todo el circuito *neuronal* que Controla el comportamiento emocional y los impulsos motivacionales. (John E. Hall, 2021) .

Broca describió el "gran lóbulo límbico" del cerebro como una gran circunvolución cerebral que se encuentra medialmente y envuelve el tronco del encéfalo y es común a todos los mamíferos (Broca, 1878). Se pensaba que el lóbulo límbico era importante en el olfato debido a sus densas conexiones con la corteza olfativa y a menudo se lo denominaba *rinencéfalo* (cerebro del olfato).(Hamner et al., 2010)

El sistema límbico está compuesto por varias estructuras corticales y subcorticales que participan en una intrincada red de conexiones para regular el comportamiento, la memoria, las emociones, las funciones homeostáticas y el estado motivacional (Drake et al., 2015) a su vez el lóbulo límbico incluye un área en forma de anillo de estructuras corticales que bordean el tronco del encéfalo. Estas áreas corticales incluyen la circunvolución cingulada, la circunvolución parahipocampal y el área subcallosa.(Alan R. Crossman et al. 2010) Lateralmente, la corteza insular también participa en la función del sistema límbico. Las estructuras nucleares del sistema límbico incluyen la amígdala, la

formación del hipocampo, los núcleos talámicos anterior y medio dorsal, los núcleos septales en el prosencéfalo y el núcleo accumbens. (Drake et al., 2015)

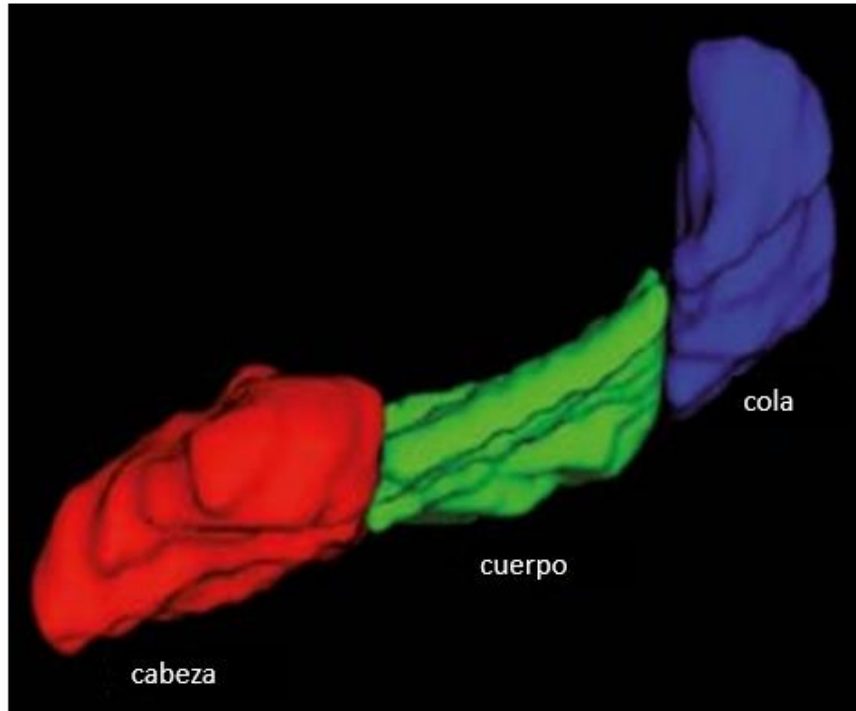
El hipocampo es una estructura del sistema límbico que participa en el procesamiento de la memoria y es una de las tres regiones en donde se lleva a cabo la generación de neuronas de manera constitutiva (Bernabé Ramírez-Rodríguez et al., 2016)

Otra estructura que hace parte del sistema límbico es el hipotálamo el cual tiene vías de comunicación bidireccional con todos los niveles de este sistema. (John E. Hall, 2021)

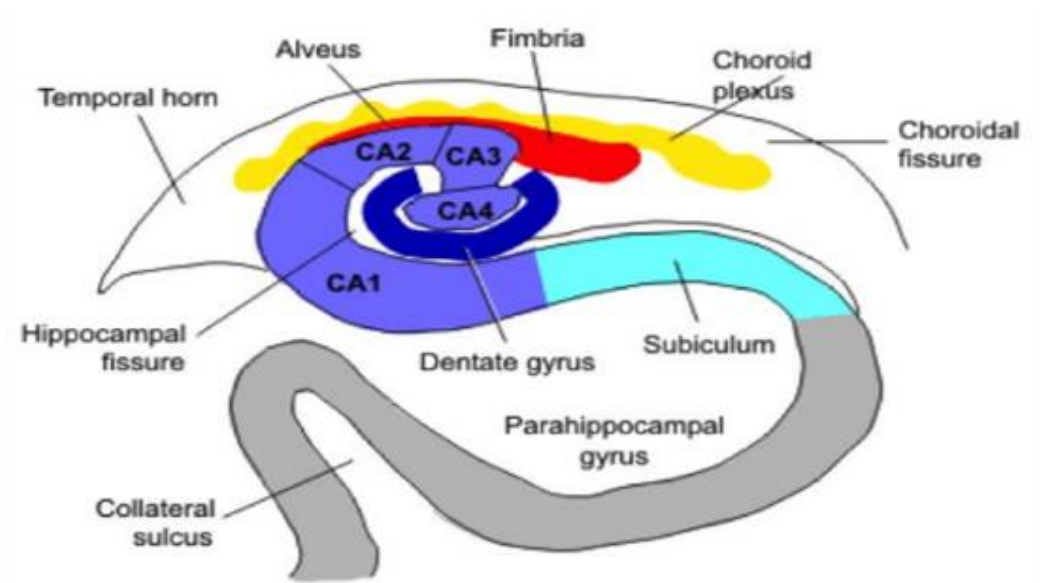
## **5.2 Anatomía del hipocampo**

El hipocampo es una estructura curva en forma de S, ubicado en la región medial del lóbulo temporal, constituye la parte principal de la arquicorteza y está rodeado por el giro parahipocámpico. Está formado por el asta de Ammón, o hipocampo propiamente dicho y giro dentado. (Pozo & Arce, 2018). Dentro de sus límites estructurales generales, el hipocampo está formado por dos capas de neuronas en forma de C claramente entrelazadas: la capa piramidal (estrato piramidal) y la circunvolución dentada (fascia dentata). La capa piramidal se ha denominado además cuerno de Ammón (microfotografía 1). (Thomas et al., 2008). En la superficie dorsal del hipocampo se encuentra una banda gruesa de fibras nerviosas llamada fimbria, la cual se separa del hipocampo por debajo del cuerpo calloso y se continúa con el fórnix, arqueándose hacia los cuerpos mamilares. (Kahle W et al., 2003)

Anatómicamente se divide en tres segmentos: la cabeza, el cuerpo y la cola (Figura 1). El álveo es una estructura que cubre la región del hipocampo que protruye dentro del cuerno temporal del ventrículo lateral, y es la principal vía hipocámpica eferente. El álveo continúa medialmente para formar la fimbria, la cual a su vez se une para formar el fórnix. El cuerno de Ammón (CA) se divide en 4 regiones de acuerdo a sus características celulares, CA1, CA2, CA3 y CA4. CA1 se encuentra adyacente al subículo y es la región más grande (Figura 2). (Barragán Campos et al., 2015)



(Figura 1) :Representación tridimensional de los segmentos del hipocampo.  
(Barragán Campos et al., 2015)



(Figura 2) Anatomía estructural del hipocampo  
(Pozo & Arce, 2018)

## 5.2.1 Formación del hipocampo

Se pueden distinguir dos zonas del hipocampo, la formación hipocampal y la formación parahipocampal.

1. **La formación hipocampal** se compone de giro dentado, hipocampo o asta de Amón y subículo. Estas estructuras son allocorteza, y por tanto tienen tres capas.
2. **La formación parahipocampal** se compone de la corteza entorrinal, una mesocorteza, es decir, tienen un número de capas variable; y la corteza perirrinal y postrinal, una isocorteza (seis capas).(Duvernoy & Cattin, 2013)

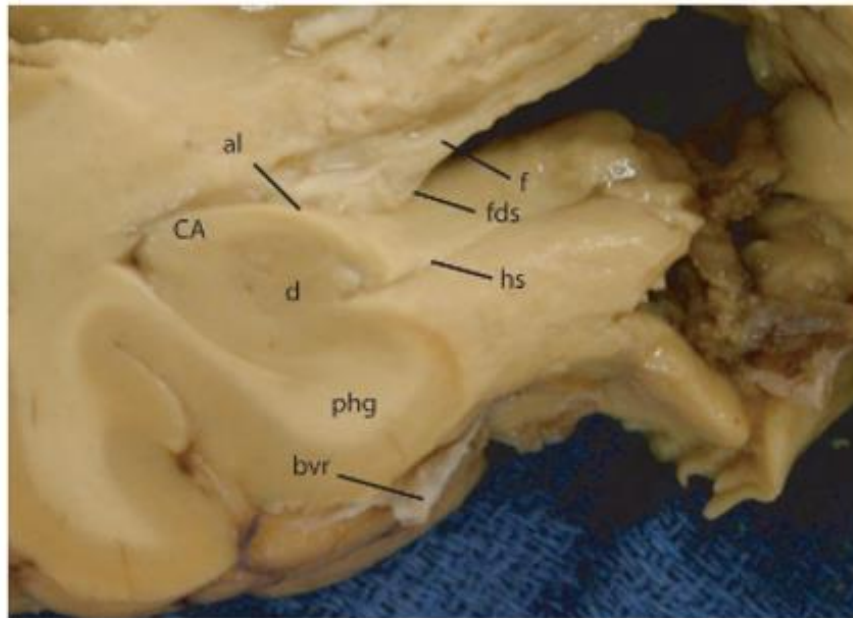
## 5.2.2 Áreas de la formación hipocampal

### 5.2.2.1 Giro dentado

El giro dentado es una banda delgada de corteza situada medialmente a él asta de Ammón y delimita, en la parte interna del lóbulo temporal, la fisura del hipocampo. debe su nombre a una serie de surcos transversales que muestra en su superficie.(Bustamante, 2001) medialmente se separa del giro parahipocampal por el surco del hipocampo y de la fimbria por el surco fimbriodentado (figura 3). Su importancia radica en que es uno de los lugares del sistema nervioso junto con el bulbo olfatorio donde se produce el fenómeno de la neurogénesis adulta, ya que existen allí células madre con la capacidad de generar nuevas poblaciones neuronales. (González-Marrero et al., 2021)

El Giro dentado del hipocampo se encuentra implicado en los procesos de aprendizaje y memoria, en particular en el establecimiento y utilización de representaciones espaciales. se ha demostrado que el aprendizaje espacial incrementa tanto la proliferación como la supervivencia de las nuevas neuronas, promoviendo la neurogénesis.(Francisco et al., 2011). Además, existe un sistema interneuronal interconectado que juega un papel

fundamental en la coordinación de la actividad poblacional de la circunvolución dentada y el cuerno de Ammón.(Sik et al., 1997)



(Figura 3), vista coronal-oblicua del cuerpo del hipocampo : cuerno de Ammón (CA), álveo (al), giro dentado (d), fimbria (f), surco fimbriodentado ( fds), surco del hipocampo (hs), giro parahipocampal (phg), vena basal (bvr). (Thomas et al., 2008)

### 5.2.2.1.1 Histología del giro dentado

El giro dentado está formado por 3 capas: polimórfica, granular y molecular.

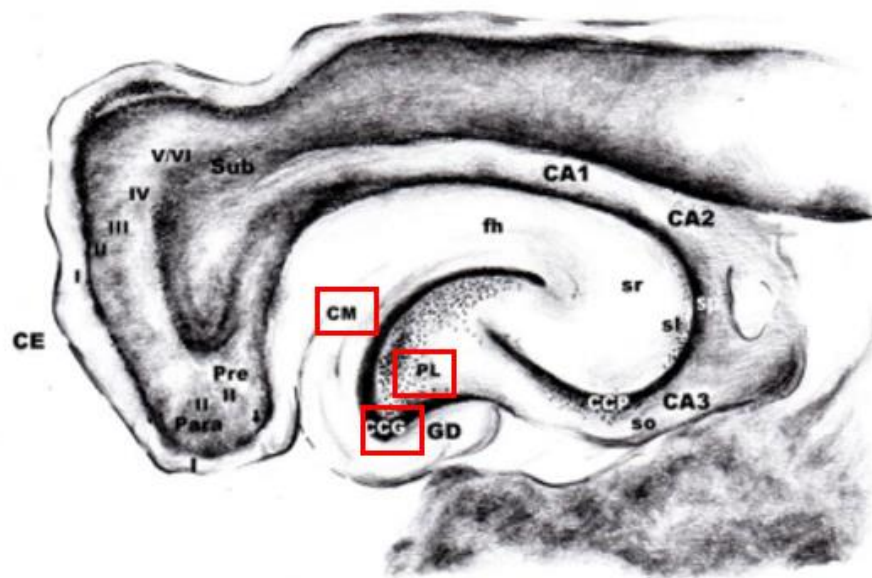
**capa molecular** está constituida por dendritas de células granulares dentadas y por fibras de la vía perforante que son originadas en la corteza entorrinal, en esta capa también se pueden encontrar células piramidales en canasta y células de la capa polimórfica. Las células en canasta son un tipo de interneuronas inhibitorias que tienen un cuerpo celular multipolar en forma de triángulo localizadas en lo profundo de la capa molecular. Estas neuronas tienen espinas dendríticas que permanecen en la capa molecular y se han denominado células asociadas a la vía perforante de la capa molecular esta vía es la

principal fuente de información cortical a la formación del hipocampo (figura 4-5). (Juan Olivares, 2014)

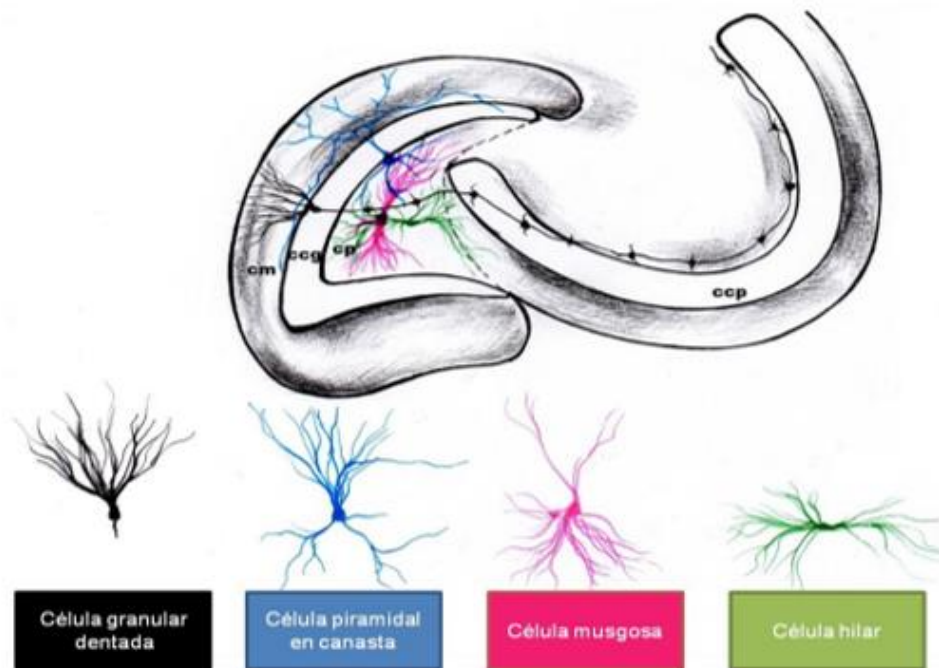
- ❖ **Capa granular** está constituida por células granulares densamente empaquetadas, estas células tienen una forma elíptica, y un árbol dendrítico en forma de cono formado por las puntas de dendritas espinosas, las cuales se extienden por toda la capa molecular y finalizan justo en la fisura del hipocampo o en la superficie ventricular. Además de las células granulares, también existen otras neuronas que se localizan en los límites de la capa granular y la polimórfica. Por ejemplo, el cuerpo celular de las células dentadas piramidales en canasta, con frecuencia se localiza justamente en el borde de la capa de células granulares y de la capa polimórfica. La capa de células granulares rodea una región celular, conocida como capa de células polimórficas, que constituyen la tercera capa del giro dentado (Juan Olivares, 2014) . Las células granulares se proyectan hacia las neuronas piramidales del área CA3 del hipocampo y estas mandan el impulso a las neuronas piramidales del área CA1. Las neuronas piramidales CA1 se encargan de proyectar finalmente al Subículo Dicho circuito sináptico el cual tiene por objetivo generar un impulso con mayor excitabilidad desde las capas superficiales de la corteza entorrinal hasta las capas más profundas (figura 4-5) ( Andersen, 2006)
  
- ❖ **Capa polimórfica** está constituida por un gran número y variedad de células; sin embargo predominan las células musgosas. Las células musgosas también reciben el nombre de células triangulares o estrelladas por su forma triangular o multipolar. La característica más notable de estas células es que todas sus dendritas proximales están cubiertas por espinas muy grandes y complejas, llamadas excrecencias espinosas, éstas son los sitios de terminación de los axones de las fibras musgosas, cuya función es la de dirigir la codificación de nueva información. (figura 4-5) (Carasatorre, 2016) .

Las excrecencias espinosas también se observan en las dendritas proximales de las células piramidales CA3, éstas no son tan densas o tan complejas como en las células musgosas. Las dendritas distales de las células musgosas tienen espinas pedunculadas típicas que parecen ser menos densas que las de las dendritas distales de las células piramidales del hipocampo (Juan Olivares, 2014). Es

importante mencionar que esta capa recibe aferencias moduladoras del septum (fibras colinérgicas), del locus ceruleus (noradrenalina), de los núcleos rostrales del rafe (serotonina) y de los núcleos tuberomilares (histamina), las aferencias dopaminérgicas que recibe el giro dentado desde el área tegmental ventral son dispersas y afectan todas las capas . (Puelles, 2008)



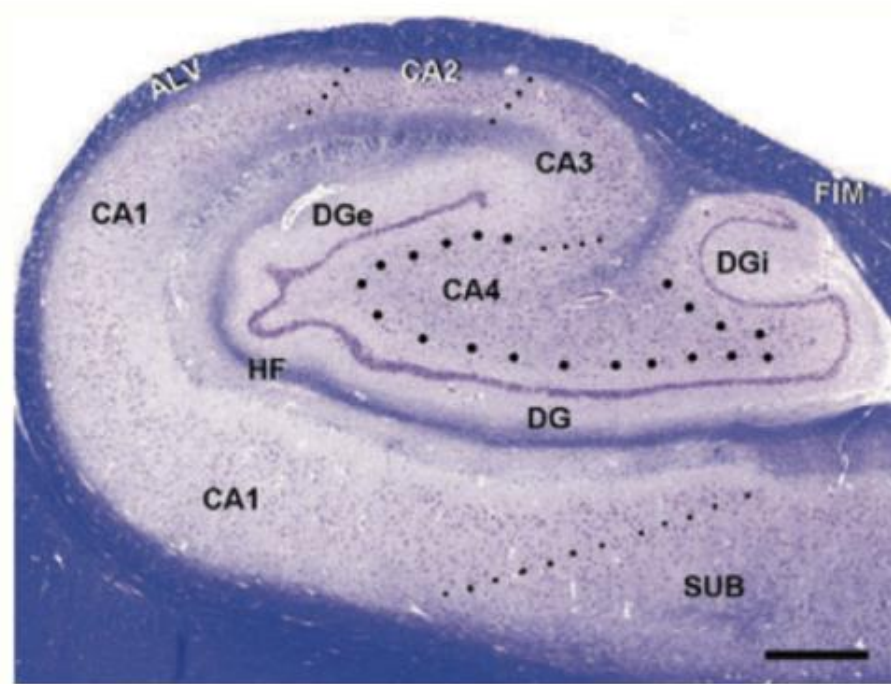
(Figura 4) El giro dentado (GD) está dividido entre la capa molecular (CM) y la capa de células granulares (CCG) y la capa polimórfica (PL)  
(Juan Olivares, 2014)



(Figura 5) células del hipocampo, sus principales características y su ubicación. Abreviaturas: capa molecular (cm), capa polimórfica (cp), capa de células granulares (ccg), capa de células piramidales (ccp).  
(Juan Olivares, 2014)

### 5.2.2.2 Asta de Amón

El asta de Ammón o hipocampo propiamente dicho es una porción de arcuocorteza invaginada ubicada en el interior de la prolongación temporal del lóbulo temporal del ventrículo lateral, en su parte anterior termina en forma de tres o cuatro engrosamientos o digitaciones del hipocampo (Bustamante, 2001). La cara superior del asta de Ammón genera una protrusión en la cavidad ventricular donde la sustancia gris del hipocampo está cubierta por una delgada capa de sustancia blanca denominada álveo del hipocampo el cual se dirige hasta los pilares del fórnix; en su parte inferior, la sustancia gris del hipocampo se continúa con una estructura denominada subículo (figura 2,3 y 7). (Latarjet, 2004)



(Figura 7) Anatomía microscópica del hipocampo humano. Corte de hipocampo teñido con Cresyl violet para ilustrar la organización microscópica de la estructura. Las líneas punteadas delimitan las regiones CA1 a la CA4 y el subículo (SUB). Barra de calibración: 100  $\mu$ m. DG: Giro dentado con porciones internas (DGi) y externas (DGe), HF: Remanente de fisura hipocampal, ALV: Alveo, FIM: Fimbria. (Patricia Aranedo, 2015)

### 5.2.2.2.1 Histología del Asta de Amón

El asta de Amón posee tres capas: molecular, piramidal y polimorfa, cuyas dendritas y axones se ordenan en tres láminas, el estrato oriens, estrato radiado y estrato lacunoso (figura 6,8). La capa piramidal está formada por neuronas piramidales grandes y pequeñas, así como por neuronas tipo Golgi II o interneuronas (Escobar Alfonso1, 2007). La hilera de neuronas piramidales se subdivide según la clasificación realizada por el último discípulo directo de Cajal, Lorente de Nó (1933), en cuatro sectores denominados CA, las siglas CA corresponden a las iniciales cuerno de Amón, empleadas para delimitar los pasos fronterizos existentes en el seno del asta de Amón. (Iniesta, 2014)

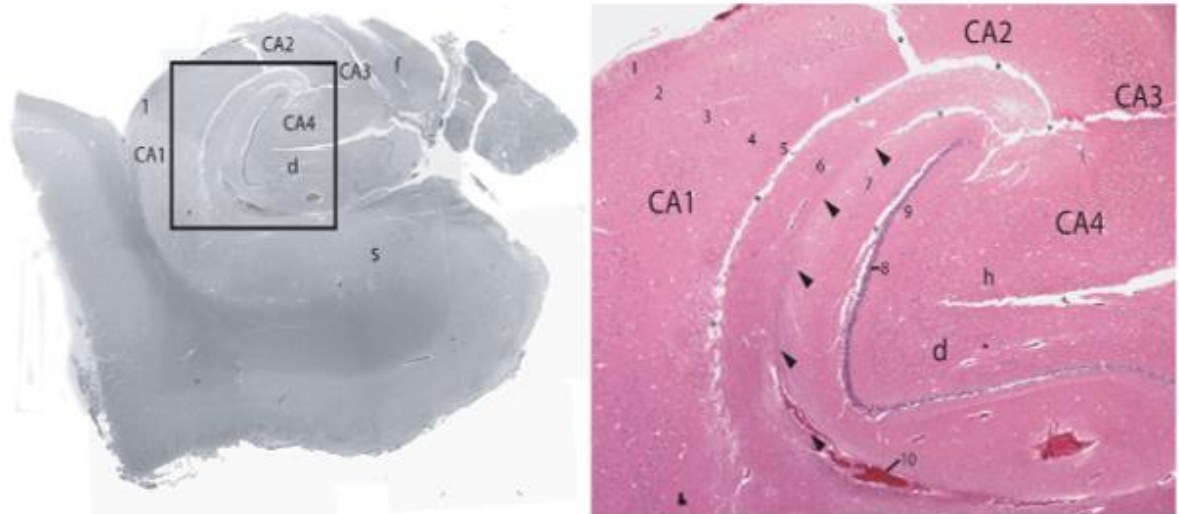
La zona CA1 está formada por células piramidales pequeñas, mientras que la CA2 y CA3 se caracteriza por su composición de células piramidales de mayor tamaño. Las distintas áreas están estratificadas, específicamente la capa más interna está compuesta por un estrato rico en fibras llamado el alveus o sustancia blanca (Juan Olivares, 2014)

La zona CA1, el estrato piramidal consta de 4–6 capas, mientras que en CA2, están dispuestas en 3–4, en CA3, están dispuestas en 2 a 5 capas con un grueso montículo de axones. El CA4 se encuentra en la concavidad de la circunvolución dentada, siendo esta la capa polimórfica profunda de la circunvolución dentada (microfotografía 2,4,5).(Mazher & Hassan, 2021)

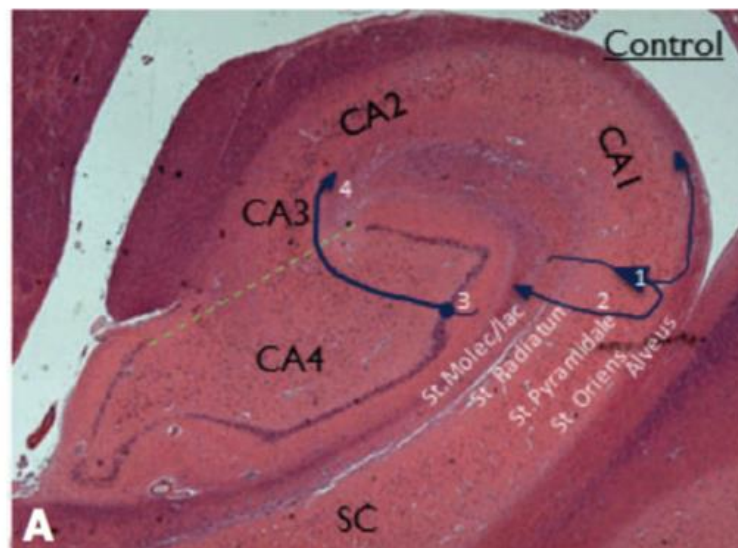
En cuanto a las conexiones hipocampales, las principales aferencias provienen de la corteza entorrinal a través de la vía perforante, cuyos axones terminan en su gran mayoría en la capa molecular del giro dentado y algunos en el subículo e hipocampo. Las células granulares se proyectan a la capa molecular de CA3, cuyas neuronas se proyectan a CA1 y estas finalmente al subículo. El subículo también recibe proyecciones modestas del complejo amigdalino (figura 9).(Patricia Araneda, 2015)

Las eferencias del hipocampo, una parte importante se origina a partir del subículo y algunas del hipocampo propiamente. Sus axones ingresan al alveo y se unen para formar la fimbria del hipocampo, que continúa como el fórnix. Las fibras glutaminérgicas siguen por la extensión del fórnix, alguna cruzan la línea media en la decusación hipocampal hasta el cuerpo caloso. A nivel de la comisura anterior el fórnix se divide en pre- y post-comisural. Las fibras del subículo forman el fórnix post-comisural y algunas terminan en los núcleos mamilares mediales, en tanto que otras lo hacen en el hipotálamo y núcleos del tálamo dorsal. Las fibras del hipocampo forman el fórnix pre-comisural y llegan al núcleo septal, áreas mediales de la corteza frontal, núcleos anterior y preóptico del hipotálamo y núcleo accumbens (Patricia Araneda, 2015).

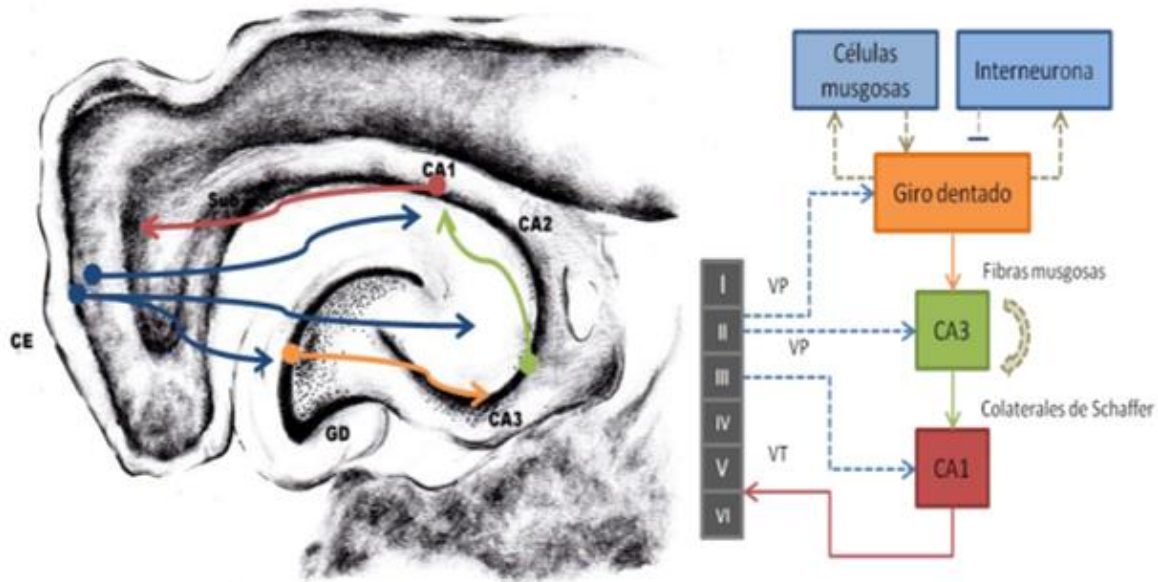
Los circuitos reverberantes CA1 a CA4 fueron descritos por Rafael Lorente de Nó (1902-1990), al explicar el bucle trisináptico integrador de esta zona según el siguiente esquema: 1. corteza entorrinal — giro dentado; 2. giro dentado — CA3; 3. células piramidales de CA3 — axones colaterales de asociación en CA3 y CA1 (figura 9) (Inieta, 2014).



(Figura 6) Izquierda: secciones coronales teñidas con H&E (hematoxilina y eosina) a través del cuerpo del hipocampo con ampliación del área del cuadro (derecha) que muestra el álveo (1), el estrato oriens (2), el estrato piramidal (3), el estrato radiado (4), el estrato lacunoso (5), el estrato molecular (6) estrato molecular del cuerno de Ammón (7) estrato granuloso de la circunvolución dentada (8), capa polimórfica (9), subcampos del cuerno de Ammón (CA1 – CA4), fimbria (f), circunvolución dentada (d), región hiliar (h), subículo (s), surco hipocámpico vestigial (puntas de flecha). (Thomas et al., 2008)



(Figura 8) Secciones hipocámpales y sus respectivas vías en condición normal .  
 1) Dirección de fibras excitatorias perforantes entrantes. 2) Trayectoria axonal en la vía de las fibras musgosas a CA3. 3) Posición y orientación de una célula piramidal normal con su dendrita apical que se extiende desde el estrato radiado al estrato molecular. 4) Axones colaterales de Schaffer conectando las neuronas de CA1 con las neuronas del subículo  
 (Patricia Araneda, 2015)



(Figura 9) Dibujo de los circuitos en el hipocampo adulto. La tradicional vía excitatoria trisináptica (Corteza entorrinal (CE)-giro dentado (GD)-CA3-CA1-CE) es descrita por las flechas de colores. Los axones de las neuronas de la capa II de la corteza entorrinal (CE) proyectan hacia el giro dentado a través de la vía perforante (VP), incluyendo la vía perforante lateral (VPL). (Juan Olivares, 2014)

### 5.2.2.3 Subículo

El subículo es una estructura fundamental pero poco investigada ubicada entre el hipocampo propiamente dicho y la corteza entorrinal y otras cortezas, así como una variedad de estructuras subcorticales (figura 2). (S. O'Mara, 2005). Está compuesto por tres capas principales: una capa molecular, continua con los estratos del campo CA1 del área adyacente del hipocampo; una capa de células piramidales agrandada que contiene el soma de las neuronas principales; y una capa polimórfica. El empaquetamiento celular en la capa piramidal del subículo es más suelto que el observado en el área CA1 del hipocampo. (S. M. O'Mara et al., 2001)

La capa celular principal del subículo está poblada por grandes neuronas piramidales: son consistentes en su forma y tamaño y extienden sus dendritas apicales hacia la capa molecular y sus dendritas basales hacia porciones más profundas de la capa de células piramidales (Insausti & Amaral, 2004). Entre las células piramidales hay muchas neuronas más pequeñas; estas se consideran las interneuronas del subículo. (S. O'Mara, 2005)

El subículo es la principal estructura de salida del hipocampo. Sugieren que la proyección de CA1 al subículo está organizada en un patrón simple, con todas las porciones de CA1 proyectándose al subículo y todas las regiones del subículo recibiendo proyecciones de CA1.(Insausti & Amaral, 2004). El subículo recibe información cortical de las cortezas entorrinal, perirrinal y prefrontal, a las que devuelve proyecciones importantes y prominentes; también recibe información y distribuye a otras cortezas secundarias y terciarias. El patrón particular de convergencia de estas numerosas entradas corticales en las neuronas subiculares desempeña un papel clave.(S. O'Mara, 2005)

- **Funciones del subículo a nivel dorso-ventral:** el componente dorsal parece estar relacionado principalmente con el procesamiento de información sobre el espacio, el movimiento y la memoria, mientras que el componente ventral es principalmente una interfaz entre la formación del hipocampo y el eje hipotalámico-pituitario-suprarrenal. Las neuronas subiculares tienen entradas convergentes, tanto desde dentro como desde fuera de la formación del hipocampo, y que el patrón particular de convergencia de las entradas neuronales determina las propiedades de respuesta de las neuronas subiculares en el subículo dorsal y ventral. (S. O'Mara, 2005)

## 5.2.3 Formación parahipocampal

### 5.2.3.1 Corteza entorrinal

La corteza entorrinal es un centro importante dentro del lóbulo temporal medial que media la comunicación hipocampo-neocortical. En conjunto la corteza perirrinal adyacente y la corteza parahipocampal, estas regiones del cerebro forman un circuito neuronal que es fundamental para el aprendizaje y la memoria.

Sin embargo en estudios en roedores sugiere que existen dos vías de entrada paralelas que transmiten información espacial y no espacial al hipocampo a través de la corteza entorrinal (Maass et al., 2015).

### **5.2.3.2 Corteza perirrinal y postrinal**

La corteza perirrinal está compuesta por las áreas 35 y 36, dos regiones fuertemente relacionadas con la fisura rinal. Presenta unas neuronas llamadas piramidales de espinas tardías, que almacenan información y la transmiten a intervalos temporales determinados, y de esta manera estar envueltas en la integración cortical de la información. Por su parte, la postrinal se divide en ventral y dorsal.(Philippe Taupin, 2007)

Estas dos regiones tienen conexiones corticales, que en general se trata de aferencias de corteza temporal ventral, desde región auditiva, somatosensorial y gustativa. Además, a la corteza postrinal llegan fibras desde corteza visual asociativa y corteza parietal. Y conexiones subcorticales recíprocas con la amígdala, y proyecciones desde la perirrinal al núcleo acumbens, a regiones talámicas (al núcleo anteromedial), y al núcleo supraquiasmático.(Philippe Taupin, 2007)

## **5.3 Neurogénesis**

El término neurogénesis en el cerebro humano adulto fue concebido en los años 1960 por Joseph Altman, revisado en los años 1980 por Fernando Nottebohm y confirmado en los años 1990. (Abdissa et al., 2020) La neurogénesis es el proceso por el cual se forman nuevas neuronas a partir de células madre neuronales en el cerebro, las cuales son células multipotentes y autorrenovables. Aunque se pensaba que la creación de neuronas ocurría principalmente durante el desarrollo embrionario, se ha descubierto que, en ciertas regiones del cerebro, como el hipocampo y la circunvolución dentada, se genera un número limitado de nuevas neuronas incluso en la edad adulta. Este proceso implica la proliferación de células madre, su diferenciación en neuronas inmaduras y su posterior integración en la red neuronal existente.(Moreno-Jiménez et al., 2021)

Se ha observado que la neurogénesis puede ser influenciada por factores genéticos, ambientales y por el estilo de vida, como el ejercicio físico, la estimulación cognitiva y el estrés. Aunque el impacto funcional de estas nuevas neuronas en el cerebro aún está siendo explorado, se ha sugerido que podrían estar asociadas con la plasticidad cerebral, el aprendizaje y la memoria. Además, se plantea su relevancia en contextos clínicos, como

en la recuperación de lesiones cerebrales y en el desarrollo de posibles terapias para trastornos neurológicos. (Moreno-Jiménez et al., 2021)

Nuevas neuronas nacen durante la adultez en dos regiones del cerebro principalmente: La zona subgranular de la circunvolución dentada del hipocampo y la zona subventricular de los ventrículos laterales.(Abdissa et al., 2020)

### **5.3.1.1 Zona subgranular del hipocampo**

Se ubica en la profundidad del parénquima del hipocampo en la interfaz entre el hilio y la capa de células granulares de la circunvolución dentada del hipocampo. Es una región particularmente relevante en el estudio de la neurogénesis, específicamente en el proceso de formación de nuevas neuronas en el cerebro adulto. Esta zona alberga células madre neurales, conocidas como células madre neurales quiescentes, que tienen la capacidad de dividirse y dar origen a nuevas neuronas a lo largo de la vida. Estas células se diferencian en progenitores neuronales tipo 1 y tipo 2 y, posteriormente, en neuronas inmaduras que, con el tiempo, se integran en la red neuronal existente (figura 10,11) (Abdissa et al., 2020).

### **5.3.1.2 Zona subventricular del ventrículo lateral**

La zona subventricular (SVZ) es una región clave en el cerebro, específicamente ubicada cerca de los ventrículos laterales (figura 11). En este sitio, se encuentran células madre neurales que generan nuevas neuronas y células gliales a lo largo de la vida de un individuo. Estas células madre en la zona subventricular del ventrículo lateral son capaces de dividirse y producir células progenitoras neuronales. Los neuroblastos de la zona subventricular del ventrículo lateral migran a través de la corriente migratoria rostral (RMS) hasta el bulbo olfatorio donde se diferencian en interneuronas, también pueden migrar hacia los ganglios basales y la corteza cerebral.(Abdissa et al., 2020)

La neurogénesis en la zona subventricular está influenciada por factores tanto genéticos como ambientales, estímulos como el ejercicio físico, la exposición a entornos enriquecidos

y ciertas condiciones patológicas pueden modular la tasa de generación de nuevas células neuronales (Camacho Ugarte V et al., 2020). La formación de nuevas neuronas en el cerebro adulto, no se limita solo a la zona subventricular y la subgranular del hipocampo (figura 11). Se ha observado que existen otras regiones donde se genera este fenómeno, aunque en menor medida y su función específica no siempre está completamente comprendida. Éstas áreas incluyen la neocorteza, cuerpo estriado, la amígdala, la sustancia negra, el tercer y cuarto ventrículo. (Camacho Ugarte V et al., 2020)

En la corteza cerebral, especialmente en áreas como la corteza prefrontal, se ha demostrado la presencia de neurogénesis. Aunque en menor escala que en las regiones conocidas, las nuevas neuronas en esta área podrían estar asociadas con la adaptación a cambios cognitivos y conductuales, influyendo en la plasticidad y en la regulación de las funciones ejecutivas y emocionales. (Abdissa et al., 2020)

Además, se ha identificado la neurogénesis en el núcleo olfativo anterior, una región relacionada con el procesamiento del olfato. Las nuevas neuronas en esta área se asocian con la adaptación a nuevos estímulos olfativos y podrían desempeñar un papel en la capacidad de reconocer y procesar olores. (John A Kiernan, 2014)

La neurogénesis no se limita al sistema nervioso central, como el cerebro y la médula espinal, sino que también se produce en el sistema nervioso periférico. En este sistema, se generan nuevas células nerviosas, especialmente en dos contextos principales:

- Neurogénesis en el sistema nervioso entérico: El sistema nervioso entérico está compuesto por una red de neuronas en el tracto gastrointestinal. En esta región, se produce la generación continua de nuevas neuronas a lo largo de la vida. Estas neuronas se generan a partir de células madre y desempeñan un papel crucial en el control de la motilidad intestinal, la percepción sensorial y la regulación de funciones digestivas. (Abdissa et al., 2020)
- Regeneración neuronal en lesiones periféricas: En respuesta a lesiones o daños en nervios periféricos, se activa un proceso de regeneración neuronal. Las células nerviosas dañadas pueden regenerarse en cierta medida, a diferencia de lo que ocurre en el sistema nervioso central, lo que puede permitir cierta recuperación funcional después de lesiones nerviosas periféricas. (Abdissa et al., 2020)

La comprensión de la neurogénesis en el sistema nervioso periférico es relevante no solo para entender la función del sistema nervioso entérico, sino también para desarrollar estrategias de tratamiento en lesiones nerviosas periféricas, permitiendo la exploración de terapias que estimulen o faciliten la regeneración neuronal en estas áreas. (Abdissa et al., 2020)

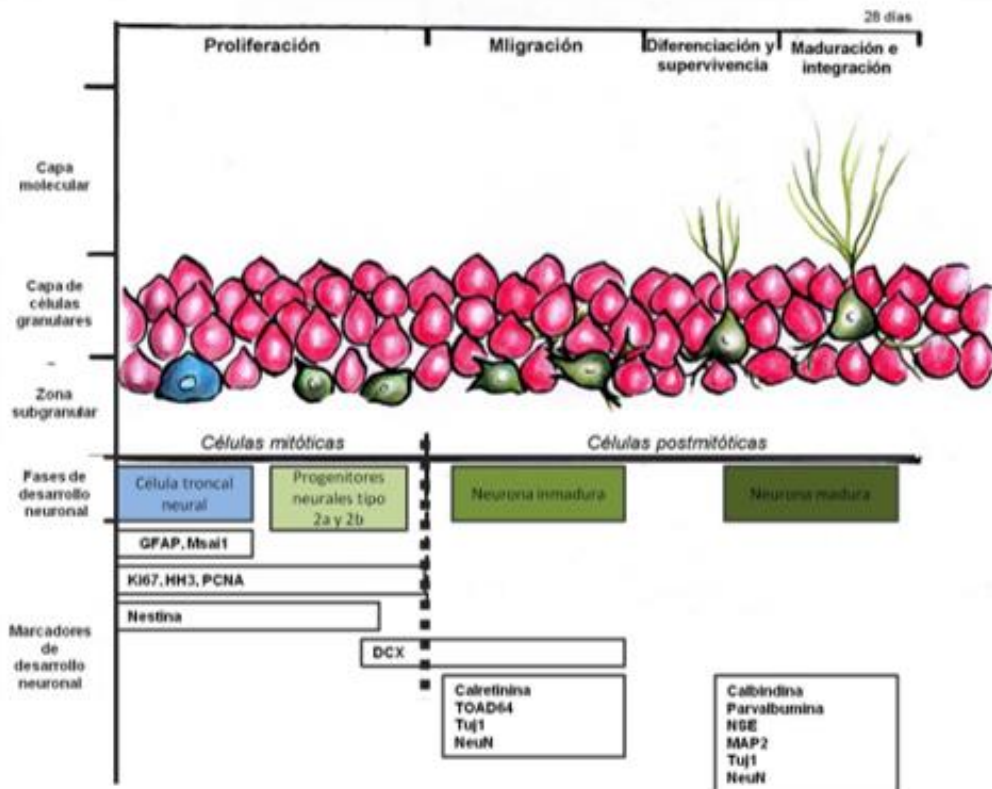
La neurogénesis desempeña roles clave en diversas funciones cerebrales y tiene implicaciones significativas en el ámbito clínico.

1. Plasticidad y adaptación cerebral: La generación de nuevas neuronas permite la adaptabilidad del cerebro a cambios ambientales, potenciando la plasticidad neuronal. Esto se relaciona con la capacidad de aprendizaje, la memoria y la adaptación a nuevas situaciones. (Abdissa et al., 2020)

2. Potencial terapéutico: La comprensión de la neurogénesis sugiere posibles aplicaciones terapéuticas. Investigaciones exploran su uso en el tratamiento de trastornos neurológicos como la enfermedad de Alzheimer, lesiones cerebrales traumáticas o eventos cerebrovasculares, con la esperanza de fomentar la regeneración neuronal para mejorar la función cerebral. (Braun & Jessberger, 2014)

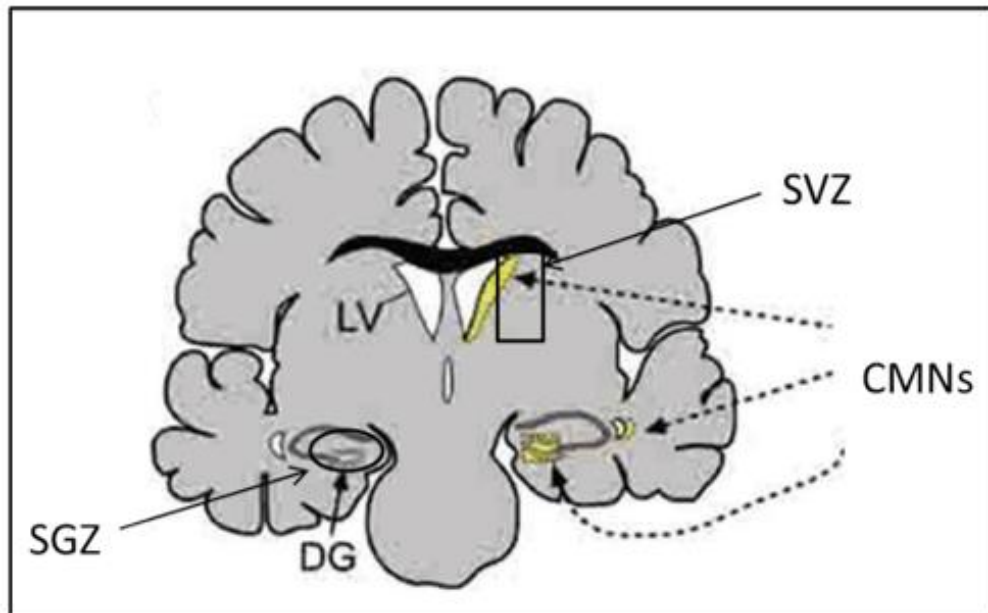
3. Envejecimiento y neurodegeneración: A medida que envejecemos, la neurogénesis tiende a disminuir. Esta disminución se ha asociado con enfermedades neurodegenerativas como el Alzheimer. Comprender la neurogénesis podría ofrecer perspectivas sobre cómo abordar estos problemas asociados con el envejecimiento. (Braun & Jessberger, 2014)

Dado que el hipocampo es una estructura esencial para la formación de memoria de tipo espacial y también para memorias relacionadas con las emociones, se ha considerado que la neurogénesis hipocámpica tiene un papel importante en la formación y regulación de conductas emotivas y de aprendizaje. En este sentido, y con base en estudios neuroanatómicos, computacionales, electrofisiológicos, conductuales e imagenológicos se ha sugerido un papel crucial para las nuevas neuronas del hipocampo en la formación de memorias episódicas. (Bernabé Ramírez-Rodríguez et al., 2016)



(Figura 10 ) Representación de las etapas del proceso de la neurogénesis, así como de las diferencias morfológicas de las células durante la formación de una nueva neurona en el hipocampo.

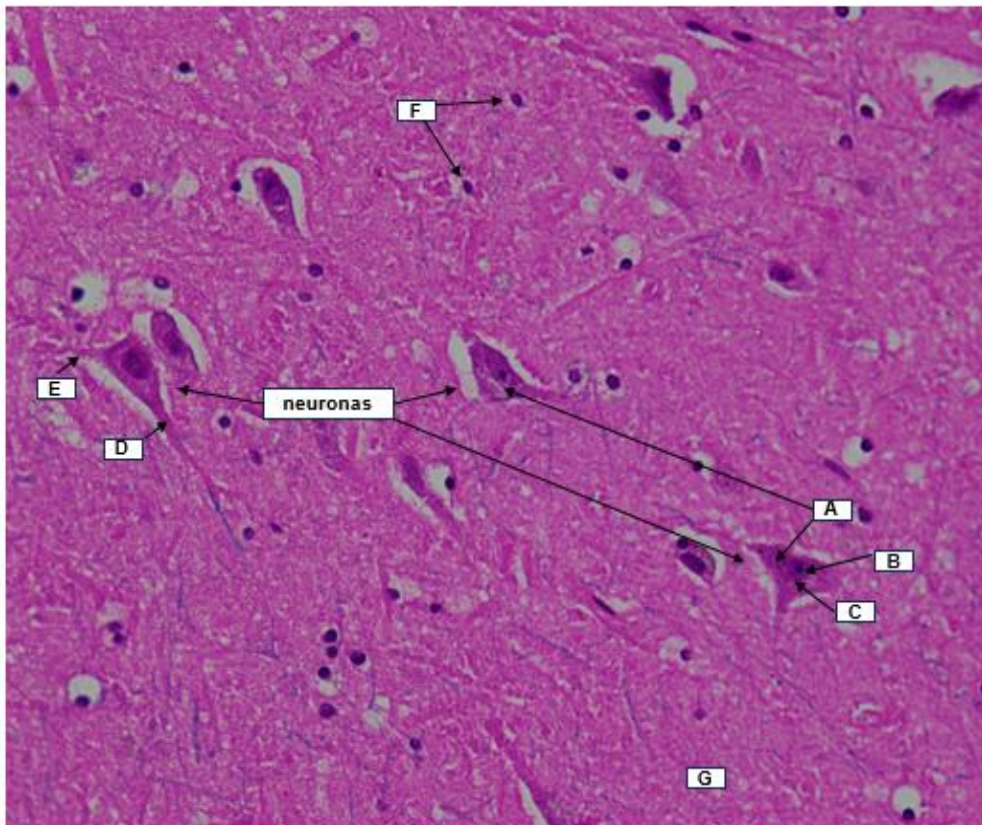
(Juan Olivares, 2014)



**(Figura 11 )** Sección coronal del cerebro humano. Las células madre neuronales (CMNs) se pueden aislar de varias áreas del cerebro; zona subventricular (SVZ) del ventrículo lateral (LV) y zona subgranular (SGZ) del giro dentado (DG). En el resto del cerebro se han detectado regiones no neurogénicas que producen células gliales.  
(Camacho Ugarte V et al., 2020)

## 6. Lista de fotografías

### Microfotografía 1: Neuronas piramidales

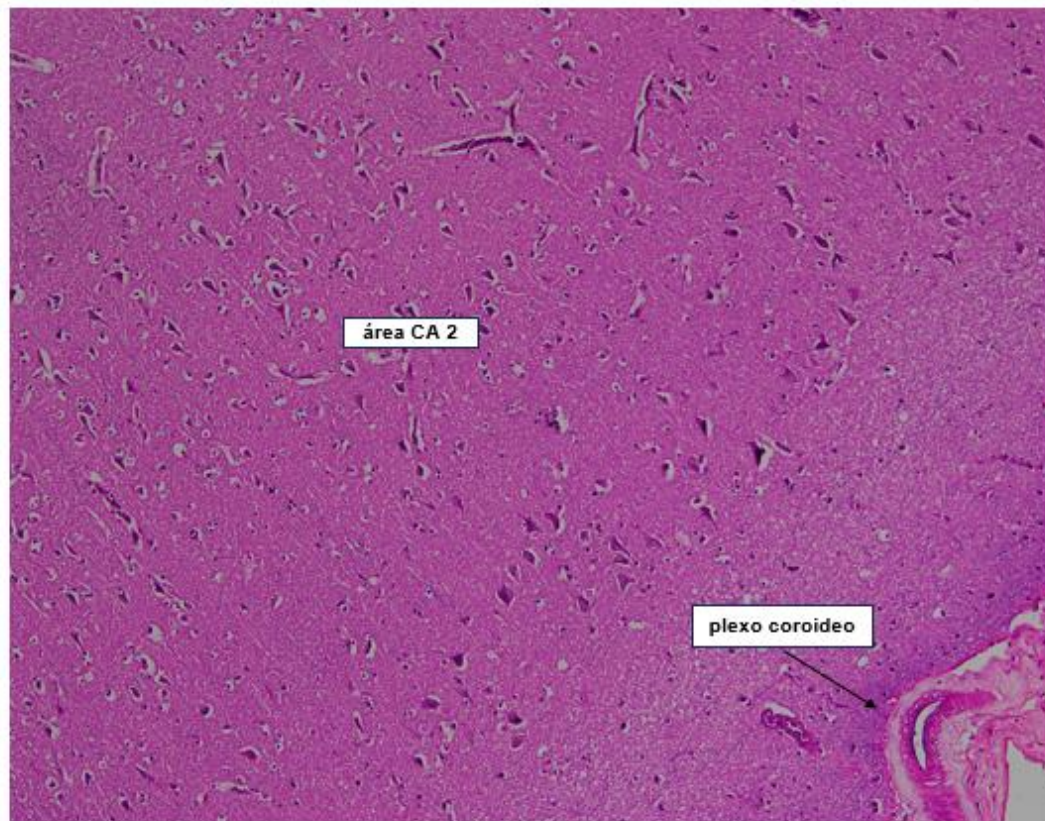


FUENTE: Laboratorio de histotecnología Universidad Nacional de Colombia

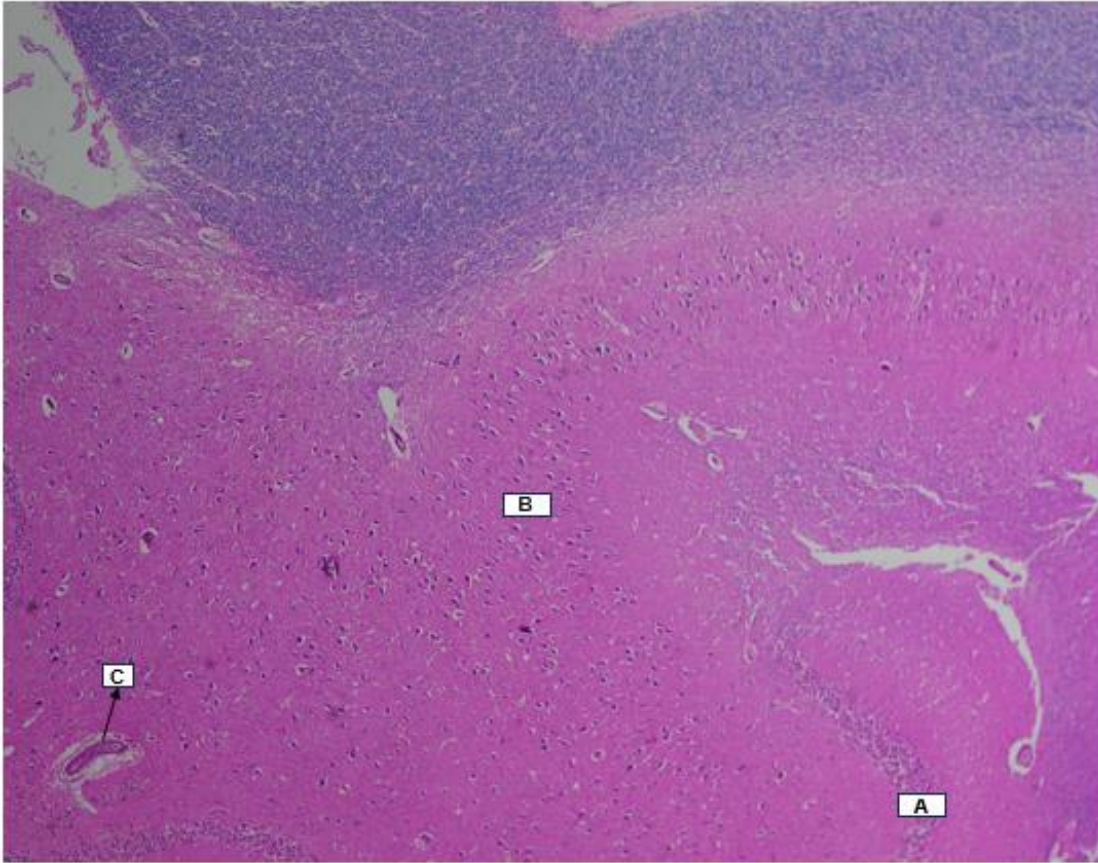
TECNICA : azul luxol con medio de contraste de hematoxilina

AUMENTO: 40 X

Neuronas piramidales de hipocampo Área CA 2 : corte coronal . A. Soma B. Nucléolo C. Núcleo  
D. Dendrita E. Axón F. Oligodendrocito G. Neuropilo

**Microfotografía 2: Área C2**

**FUENTE:** Laboratorio de histotecnología Universidad Nacional de Colombia  
**TECNICA :** azul luxol con medio de contraste de hematoxilina  
**AUMENTO:** 4 X  
**Sector CA 2 –plexo coroideo**

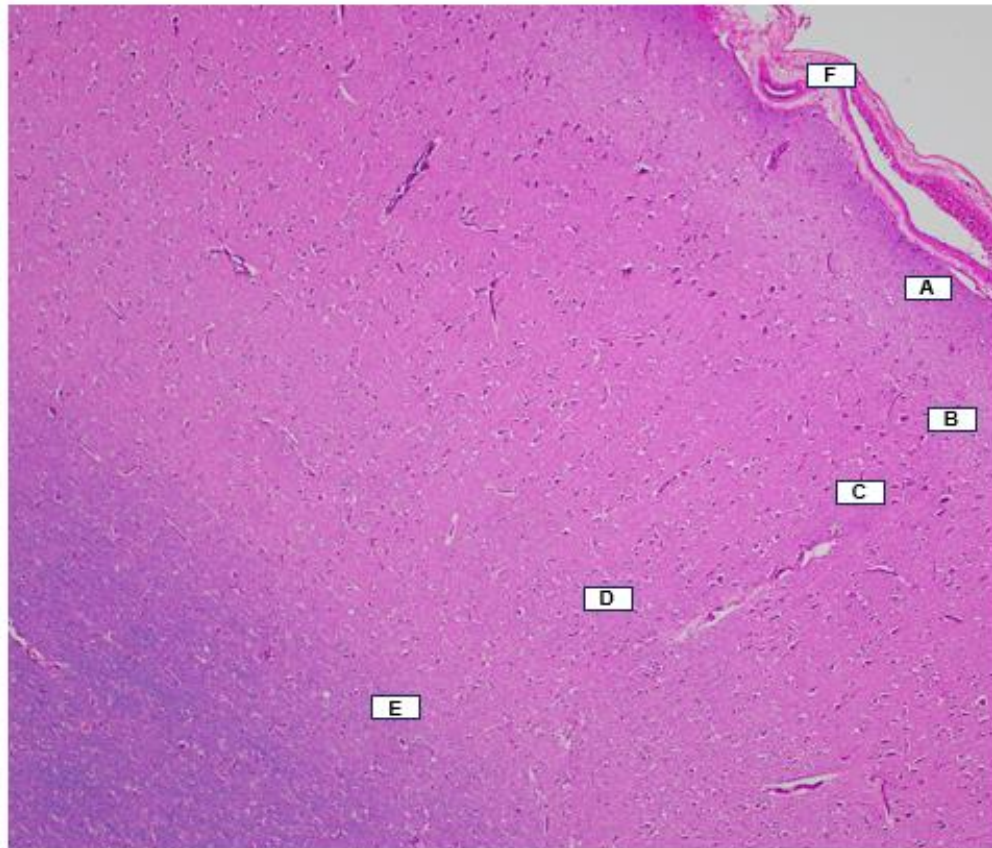
**Microfotografía 3: Área C2 -Giro dentado**

FUENTE: Laboratorio de histotecnología Universidad Nacional de Colombia

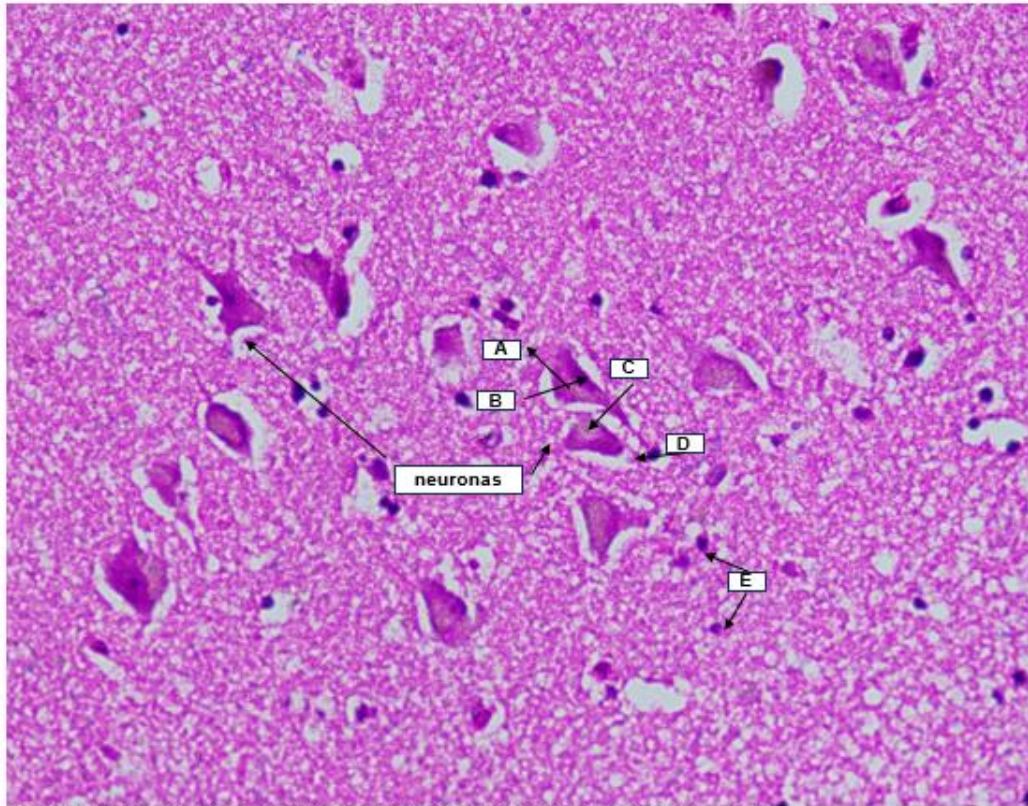
TECNICA :azul luxol con medio de contraste de hematoxilina

AUMENTO: 4 X

corte coronal . A.giro dentado B.sector CA 2 C. vaso sanguíneo

**Microfotografía 4: Área C2 -capas**

FUENTE: Laboratorio de histotecnología Universidad Nacional de Colombia  
TECNICA :azul luxol con medio de contraste de hematoxilina  
AUMENTO: 4 X  
Sector CA2. A.alveus B.stratum oriens C. stratum pyramidale D.stratum radiatum  
E.stratum lacunosum F.plexo coroideo

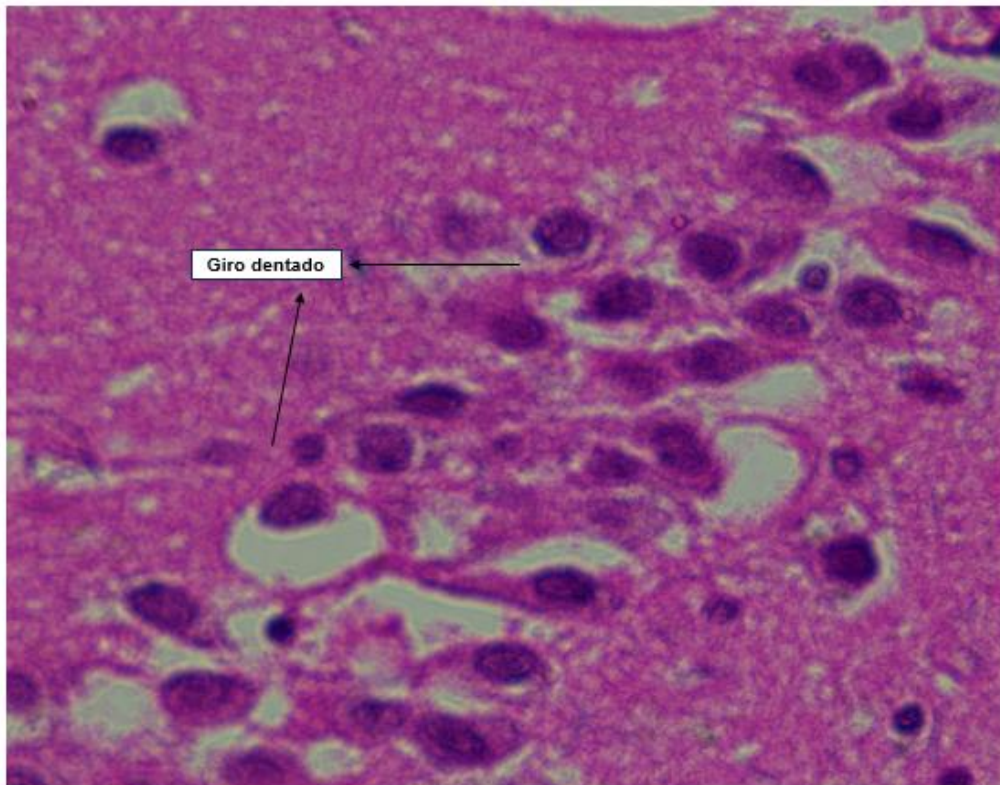
**Microfotografía 5: Área C3**

FUENTE: Laboratorio de histotecnología Universidad Nacional de Colombia

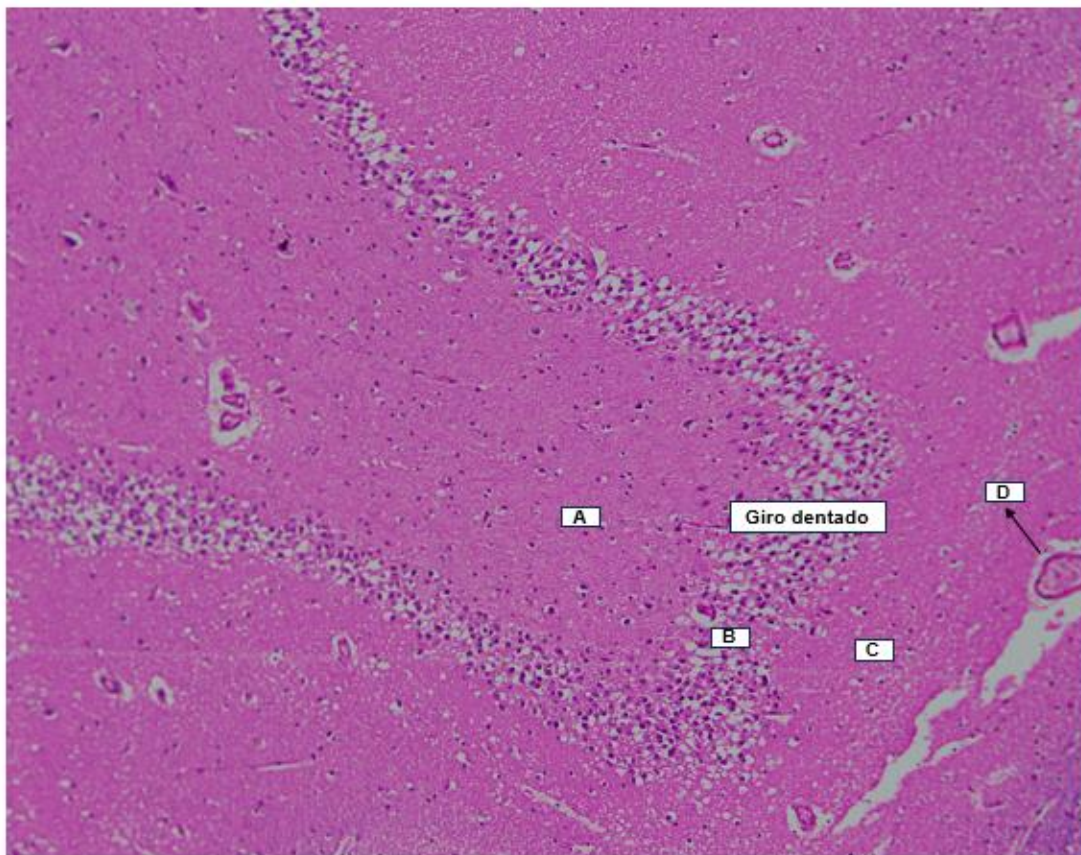
TECNICA : azul luxol con medio de contraste de hematoxilina

AUMENTO: 40 X

Neuronas piramidales de hipocampo Área CA 3 : corte coronal . A. Soma B. Nucléolo C. Núcleo D. Dendrita E. Oligodendrocito

**Microfotografía 6: Giro dentado 100X**

FUENTE: Laboratorio de histotecnología Universidad Nacional de Colombia  
TECNICA :azul luxol con medio de contraste de hematoxilina  
AUMENTO: 100 X  
Giro dentado: corte coronal

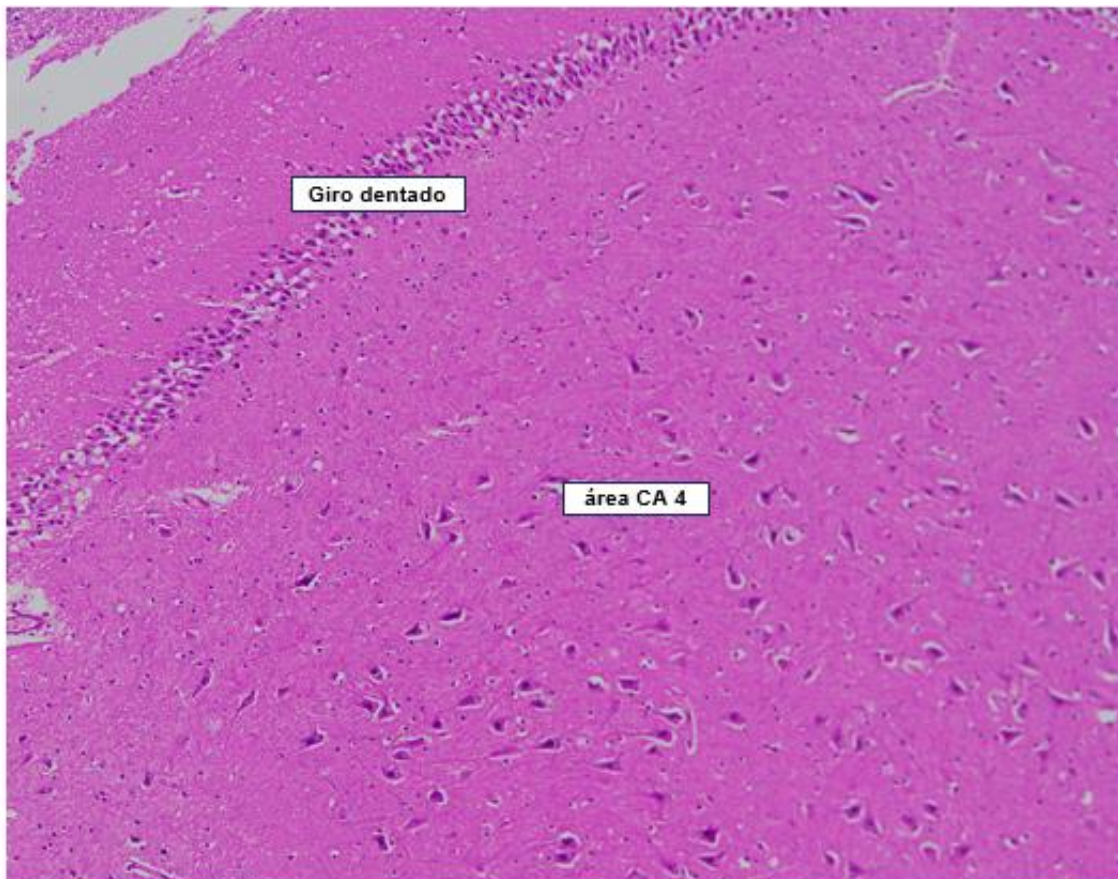
**Microfotografía 7: Giro dentado -Área CA4**

**FUENTE:** Laboratorio de histotecnología Universidad Nacional de Colombia

**TECNICA :** azul luxol con medio de contraste de hematoxilina

**AUMENTO:** 40 X

**Giro dentado:** corte coronal . A. sector CA 4 B.Capa granulosa C.capa molecular D. vaso sanguíneo

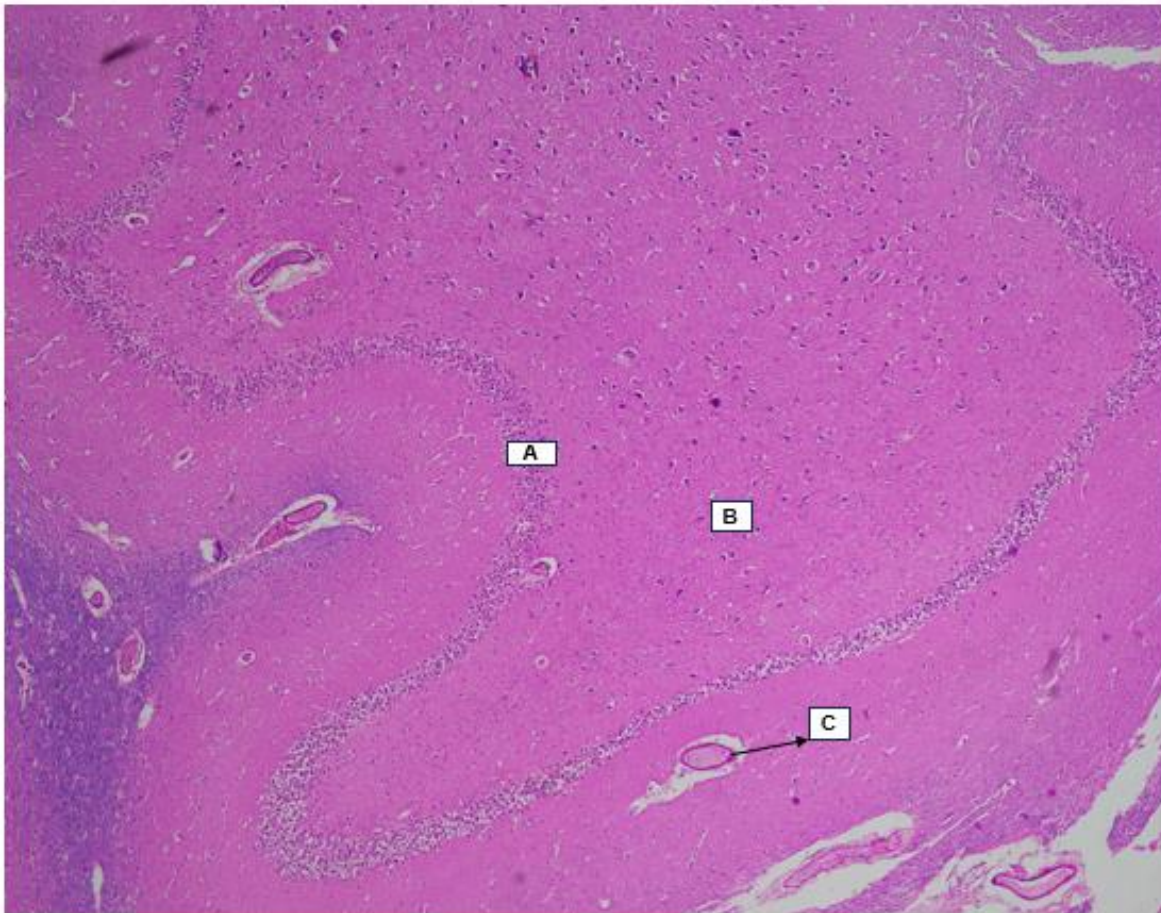
**Microfotografía 8: Giro dentado -Área CA4**

**FUENTE:** Laboratorio de histotecnología Universidad Nacional de Colombia

**TECNICA :** azul luxol con medio de contraste de hematoxilina

**AUMENTO:** 4 X

**Giro dentado y sector CA 4**

**Microfotografía 9: Giro dentado**

**FUENTE:** Laboratorio de histotecnología Universidad Nacional de Colombia

**TECNICA:** azul luxol con medio de contraste de hematoxilina

**AUMENTO:** 4 X

**Giro dentado:** corte coronal . A.giro dentado B.sector CA 4 C. vaso sanguíneo

## 7. Conclusiones

- ✓ El hipocampo es una estructura cerebral con múltiples funciones involucradas en procesos fisiológicos y patológicos, quizá una de sus funciones fundamentales, particularmente son la memoria y el aprendizaje. Su función fundamental en la consolidación de la información y la formación de recuerdos a largo plazo destacando su papel esencial en la cognición humana.
- ✓ La capacidad del hipocampo para cambiar y adaptarse a nuevas experiencias, es conocida como plasticidad, resalta su importancia en la plasticidad neural. Este fenómeno no solo influye en la adaptación a entornos cambiantes, sino que también sugiere posibles estrategias para mejorar la función cerebral a lo largo del tiempo.
- ✓ La investigación sobre la neurogénesis en el hipocampo revela descubrimientos significativos sobre la capacidad del cerebro para generar nuevas neuronas a lo largo de la vida. Sin embargo, a pesar de la abundancia de investigaciones, aún existen vacíos significativos respecto a este proceso.
- ✓ La neurogénesis no solo influye en funciones cerebrales elementales, sino que también tiene importancia en aplicaciones terapéuticas para trastornos neurológicos y e incluso se relaciona con el bienestar emocional. Su comprensión es crucial para el desarrollo de estrategias clínicas y terapéuticas innovadoras en neurociencia.
- ✓ la histología del hipocampo no solo revela la estructura microscópica de esta región cerebral, sino que también establece conexiones cruciales entre la arquitectura celular y la función cognitiva. Los hallazgos histológicos tienen implicaciones tanto

para la investigación básica como para la aplicación clínica, contribuyendo al entendimiento global del papel del hipocampo en el cerebro humano.

## 8. Bibliografía

- Abdissa, D., Hamba, N., & Gerbi, A. (2020). Review Article on adult neurogenesis in humans. *Translational Research in Anatomy*, 20, 100074. <https://doi.org/10.1016/j.tria.2020.100074>
- Alan R. Crossman, & David Neary. (2010). *Neuroanatomía, Texto y atlas en color* (Elsevier.).
- Andersen, R. M. , D. A. , T. B. , J. O. (2006). *The Hippocampus Book* (P. Andersen, R. Morris, D. Amaral, T. Bliss, & J. O'Keefe, Eds.). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195100273.001.0001>
- Barragán Campos, Celada Borja, & Mondragón Uribe. (2015). Volumetría hipocámpica: guía de segmentación manual. *Anales de Radiología México*.
- Beauquis, J., Vinuesa, Á., Pomilio, C., Pavía, P., & Saravia, F. (2014). Alteraciones hipocámpicas y cambios cognitivos preceden al depósito de placas amiloides en un modelo murino de la enfermedad de Alzheimer. In *Medicina (Buenos Aires)* (Vol. 74, Issue 4). Fundación Revista Medicina (Buenos Aires). [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0025-76802014000400002&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0025-76802014000400002&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Bernabé Ramírez-Rodríguez, G., Del, M., Silva-Lucero, C., Gomez, L., & Ortiz, L. (2016). *Neurogenic regions in the adult: Relationship with the neuropsychiatric disorders*. <https://www.researchgate.net/publication/298835223>
- Braun, S. M. G., & Jessberger, S. (2014). Adult neurogenesis: mechanisms and functional significance. *Development*, 141(10), 1983–1986. <https://doi.org/10.1242/dev.104596>
- Camacho Ugarte V, Bastida Codina A, & Giovana Zarate. (2020). Estudio anatómico del hipocampo como una de las regiones de neurogénesis más relevante. *Rev Cient Cienc Med*.
- Carasatorre, M., Ramírez-Amaya, V., & Díaz Cintra, S. (2016). Plasticidad sináptica estructural en el hipocampo inducida por la experiencia espacial y sus implicaciones en el procesamiento de información. *Neurología*, 31(8), 543–549. <https://doi.org/10.1016/j.nrl.2012.12.005>

- David Olivares Hernández, J., Aguilar, E. J., & García García, F. (2015). *El hipocampo: neurogénesis y aprendizaje Hippocampus: neurogenesis and learning*. [www.uv.mx/rm](http://www.uv.mx/rm)
- Drake, R. L., Vogl, A. W., & Mitchell, A. W. (2015). *Gray - Anatomía para Estudiantes* (Elsevier.).
- Escobar Alfonso1. (2007). Epilepsia. Anomalías del desarrollo cerebral y esclerosis del asta de Amón asociadas a epileptogénesis. ¿Cuál es su relevancia? *Revista Mexicana de Neurociencia*, 165–166.
- Francisco A. Nieto-Escamez, M. M.-M. (2011). Neurogénesis en el giro dentado del hipocampo: implicaciones para el aprendizaje y la memoria en el cerebro adulto. *Arch Neurocién*, 16, No. 4: 193-199.
- Gerardo Ramírez, Gloria Benítez, & Gerd Kempermann. (2007). Formación de neuronas nuevas en el hipocampo adulto: neurogénesis. *Salud Mental*, vol.30 no.3.
- González-Marrero, I., Hernandez-Garcia, J. A., Gonzalez-Davila, E., Carmona-Calero, E. M., Gonzalez-Toledo, J. M., Castañeyra-Ruiz, L., Hernandez-Abad, L. G., & Castañeyra-Perdomo, A. (2021). Variations of the grid and place cells in the entorhinal cortex and dentate gyrus of 6 individuals aged 56 to 87 years. *Neurología*. <https://doi.org/10.1016/j.nrl.2021.04.017>
- Hamner, M. B., Lorberbaum, J. P., & George, M. S. (2010). Limbic System. In *The Corsini Encyclopedia of Psychology* (pp. 1–2). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9780470479216.corpsy0509>
- Henri Duvernoy & Françoise Cattin. (2013). *The Human Hippocampus*. Springer.
- Iniesta, I. (2014). Sobre el origen del asta de Amón. *Neurología*, 29(8), 490–496. <https://doi.org/10.1016/j.nrl.2012.03.015>
- Insausti, R., & Amaral, D. G. (2004). Hippocampal Formation. In *The Human Nervous System* (pp. 871–914). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-012547626-3/50024-7>
- Jairo Bustamante. (2001). *Neuroanatomía funcional y clínica ,Atlas del sistema nervioso central (Celsus)*.
- John A Kiernan. (2014). *The human nervous system .Tenth Edition*.
- John E. Hall. (2021). El sistema límbico y el hipotálamo: mecanismos conductuales y motivacionales del cerebro. In *Guyton & Hall. Tratado de fisiología médica Ed.14* (Elsevier.).
- Juan Olivares. (2014). “Efecto de la administración intracerebroventricular de la hormona de crecimiento sobre la supervivencia celular del giro dentado del hipocampo de ratas adultas.”

- <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/46580/OlivaresHernandezJuan.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Kahle W, Platzer W, & Frotscher M. (2003). *Color Atlas and Textbook of Human Anatomy: Nervous system and sensory organs*.
- Latarjet Ruiz Liard. (2004). *Anatomía Humana* (panamericana).
- Maass, A., Berron, D., Libby, L. A., Ranganath, C., & Düzel, E. (2015). Functional subregions of the human entorhinal cortex. *ELife*, 4. <https://doi.org/10.7554/eLife.06426>
- Mazher, K. M., & Hassan, R. M. (2021). Histological, histochemical, and immunohistochemical studies of hippocampus in male New Zealand rabbits. *Anatomical Record*, 304(2), 393–399. <https://doi.org/10.1002/ar.24418>
- Moreno-Jiménez, E. P., Terreros-Roncal, J., Flor-García, M., Rábano, A., & Llorens-Martín, M. (2021). Evidences for Adult Hippocampal Neurogenesis in Humans. *The Journal of Neuroscience*, 41(12), 2541–2553. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0675-20.2020>
- O'Mara, S. (2005). The subiculum: what it does, what it might do, and what neuroanatomy has yet to tell us. *Journal of Anatomy*, 207(3), 271–282. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7580.2005.00446.x>
- O'Mara, S. M., Commins, S., Anderson, M., & Gigg, J. (2001). The subiculum: a review of form, physiology and function. *Progress in Neurobiology*, 64(2), 129–155. [https://doi.org/10.1016/S0301-0082\(00\)00054-X](https://doi.org/10.1016/S0301-0082(00)00054-X)
- Orta-Salazar, E., Feria-Velasco, A., Medina-Aguirre, G. I., & Díaz-Cintra, S. (2013). Morphological analysis of the hippocampal region associated with an innate behaviour task in the transgenic mouse model (3xTg-AD) for Alzheimer disease. *Neurología*, 28(8), 497–502. <https://doi.org/10.1016/j.nrl.2013.01.014>
- Patricia Araneda. (2015). *Evaluación volumétrica de la esclerosis Hipocampal en pacientes con epilepsia del lóbulo temporal*.
- Philippe Taupin. (2007). *The hippocampus neurotransmission and plasticity in the nervous system* (Nova Biomedical).
- Puelles, Luis P. L. Salvador M. P. (2008). Citoarquitectura del allocórtex del hipocampo . In *Neuroanatomía* (Panamericana, p. 225).
- Sik, A., Penttonen, M., & Buzsáki, G. (1997). Interneurons in the Hippocampal Dentate Gyrus: an In Vivo intracellular Study. *European Journal of Neuroscience*, 9(3), 573–588. <https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.1997.tb01634.x>

Thomas, B. P., Welch, E. B., Niederhauser, B. D., Whetsell, W. O., Anderson, A. W., Gore, J. C., Avison, M. J., & Creasy, J. L. (2008). High-resolution 7T MRI of the human hippocampus in vivo. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 28(5), 1266–1272. <https://doi.org/10.1002/jmri.21576>

Vladimir, Bastida Codina, A., & Zarate, S. G. (2020). Estudio anatómico del hipocampo como una de las regiones de neurogénesis mas relevante. In *Revista Científica Ciencia Médica* (Vol. 23, Issue 2). Sociedad Científica de Estudiantes de Medicina de la Universidad Mayor de San Simón. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1817-74332020000200013&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1817-74332020000200013&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

Vladimir Flores. (2015). *Desarrollo del sistema nervioso*.