



## GALERÍA MICROGRÁFICA DE NEURONAS PIRAMIDALES DE HUMANO

Yunuen Castro Reyes<sup>a</sup>, María Eugenia Pérez Bonilla<sup>a</sup>,  
Marina Dorantes Velasco<sup>a</sup>, Arturo Reyes Lazalde<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Biología-BUAP, Puebla, Pue., yunuenreyescastro@gmail.com, bonillaeugenia@gmail.com, maru.dove05@gmail.com, arturoreyeslazalde@gmail.com

### RESUMEN

Visualmente, la diferencia entre las imágenes de los modelos didácticos de las neuronas y las obtenidas por las diversas técnicas de microscopía es radical. A nivel de licenciatura, las prácticas docentes de laboratorio se limitan a la microscopía estereoscópica y óptica, en modalidad demostrativa, debido a los costos, limitaciones de recursos y número de alumnos. En el contexto del curso optativo de “modelos celulares experimentales”, se planteó el objetivo de elaborar una galería micrográfica de las neuronas piramidales de diversas estructuras del cerebro humano, como estrategia de enseñanza-aprendizaje del tema. Para la elaboración de la galería se realizó la búsqueda de micrografías obtenidas por microscopía óptica, electrónica de transmisión, de barrido, por criofractura, marcaje con oro coloidal, inmunomarcaje, marcadores moleculares, fluorescencia, confocal, fuerza atómica e inyección intracelular. Las imágenes seleccionadas, se editaron con Paint® y la galería se integró en archivo de Power Point®, se redactaron los pies de figura en idioma español y las imágenes se catalogaron por técnica microscópica. Todas las imágenes se obtuvieron gratuitamente por internet, respetando los créditos de autoría y/o sitios de procedencia. Como resultado se obtuvo la primera versión de una galería micrográfica de neuronas piramidales de cerebro humano, sano, visualizadas por diversas técnicas de microscopía y a diferentes edades, enfocada en mostrar la morfología exterior e interior de las neuronas. La galería consta de fotografías selectas, de gran utilidad para el entrenamiento visual de los estudiantes interesados en las neurociencias.

### 1. INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos fundamentales de las neurociencias es comprender los mecanismos biológicos responsables de la actividad mental humana, en condiciones normales y patológicas. Indudablemente, el cerebro es el órgano más importante y complejo del sistema. Particularmente el estudio de la corteza cerebral constituye uno de los principales retos de la ciencia. La teoría neuronal representa los principios fundamentales de la organización y función del sistema nervioso, estableciendo que la neurona es la unidad anatómica, fisiológica, genética y metabólica del sistema nervioso.

#### Técnicas de análisis microscópico

Hasta el año 1890, la forma generalmente utilizada para ilustrar las observaciones microscópicas era mediante dibujos, de modo que los hallazgos histológicos que se publicaban entonces carecían de evidencia directa, poniendo en duda la exactitud “artística” de la representación e interpretación personal del autor sobre las preparaciones histológicas. La obtención de una buena imagen microscópica, especialmente a gran aumento, era una tarea difícil, debido a la compleja estructura del sistema nervioso y la selectividad de los métodos de tinción.



El nivel de precisión del conocimiento en biología celular y molecular dependen del desarrollo de la tecnología y la resolución de los instrumentos de análisis a escala microscópica, nanoscópica y atómica. Por consiguiente, la técnica utilizada es clave para la identificación, medición, interpretación y comparación de los componentes celulares y moleculares de la muestra en cuestión. La aparición de nuevas tecnologías de obtención de muestras, registro electrofisiológico, neuroimagen, así como los avances en genética, biología molecular, neurociencia básica y estudios clínicos, demandan la formación de profesionistas capaces de integrar y relacionar la información relacionada con los diferentes niveles de organización biológica (Fig. 1).



**Figura 1. Niveles de organización biológica de las funciones cognitivas y conductuales a los genes.** (Tomado de Peña-Casanova, 2007).

Tradicionalmente, la enseñanza-aprendizaje de las disciplinas biológicas se realiza con temáticas englobadas en un solo nivel. Actualmente, es muy conveniente promover y capacitar a los estudiantes universitarios en la lectura de material científico, el análisis y la integración de niveles múltiples que facilitan la comprensión del tema, su aplicación y/o generación de conocimiento. El objetivo de este trabajo fue generar material didáctico que permite entrenar al alumno para relacionar y comprender los mecanismos morfofisiológicos del nivel celular al de las proteínas.

### **Descripción microestructural de las neuronas piramidales de humano**

Las neuronas piramidales de cerebro humano constan de más de veinte subpoblaciones morfológica y funcionalmente diferentes: corticales (de la capa II, IIIa, IIIb, V y VI), hipocámpales (de las áreas CA1, CA2, CA3, CA4 y del subículo), amigdalinas [Tipo I y Tipo II (simples y dobles)], corteza del giro cingular e insular.

Adicionalmente, las características estructurales de la corteza cerebral y sus neuronas piramidales, varían entre las diferentes áreas del cerebro. Siendo la corteza del lóbulo frontal la responsable de las funciones intelectuales superiores, que se conecta con las áreas corticales premotoras, regiones límbicas y recibe la información de todas las modalidades sensoriales. La complejidad de las funciones corticales prefrontales es el reflejo de la estructura neuronal, ya que sus neuronas piramidales presentan 23 veces más espinas dendríticas que las piramidales de las cortezas sensoriales (citado por Valdés y Torralba, 2006). El lóbulo frontal en primates, humanos y no humanos, se subdivide en tres regiones o redes: una red dorsolateral de carácter cognitivo, una red orbital de carácter sensorial y una red medial de carácter visceral-motor.



## 2. METODOLOGÍA

**Obtención de material micrográfico:** se realizó la búsqueda de material micrográfico de interés, disponible gratuitamente por internet, se seleccionaron las microfotografías más ilustrativas de la estructura y la ultraestructura de las neuronas piramidales del cerebro humano, obtenidas por diversas técnicas de microscopía: óptica, electrónica de transmisión, electrónica por criofractura, electrónica de barrido, de fluorescencia, confocal e inyección intracelular de marcadores fluorescentes. Las imágenes se copiaron, editaron y organizaron en una presentación visual (programas @Paint y @Microsoft Power Point de la paquetería de @Microsoft Office). Se redactaron los pies de figura para cada imagen y en todos los casos se incluyeron las referencias del material y/o los créditos de autor.

**Elaboración de galería micrográfica:** Se integró una galería que consta de cien micrografías que muestran la morfología microscópica típica general de las neuronas piramidales de cerebro humano, sus componentes subcelulares y moleculares. Las imágenes se ordenaron de acuerdo a la organización biológica estructural de los seres vivos, desde el nivel tisular al molecular.

## 3. RESULTADOS

### Descripción microestructural de las neuronas piramidales de humano

En la galería se incluyeron micrografías de preparaciones histológicas que muestran las diferentes subpoblaciones de neuronas piramidales y la micro-organización celular del sistema (Fig. 2).

### Características estructurales de las neuronas piramidales

Se incluyen micrografías de las diez regiones anatómicas distintas de las neuronas piramidales: penacho o mechón dendrítico, porción distal del tallo dendrítico apical, porción proximal del tallo dendrítico apical, soma, árbol dendrítico basal proximal, árbol dendrítico basal distal, segmento inicial axonal, axón principal, ramas axonales colaterales y botones terminales o sinápticos (Fig. 2).

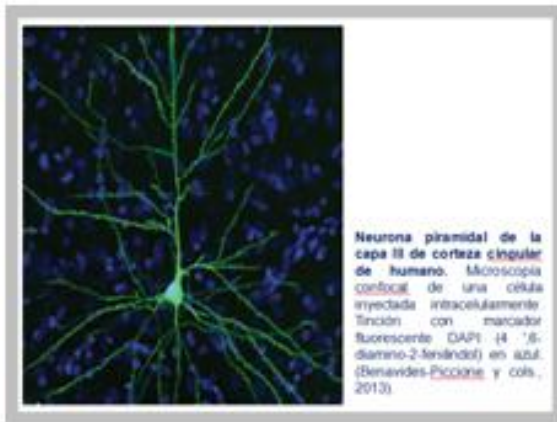
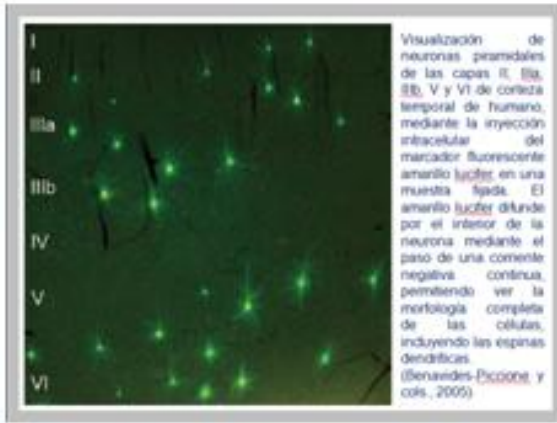
### Características ultraestructurales de las neuronas piramidales

En esta sección se incluyen micrografías de los diecisiete componentes subcelulares: espinas dendríticas, vaina de mielina, plasmalema, axolema, citoesqueleto (microtúbulos, neurofilamentos y microfilamentos), mitocondrias, complejo de Golgi, retículo endoplásmico liso (cisternas hipolemiales), retículo endoplásmico rugoso, vesículas de transporte, vesículas sinápticas, inclusiones o gránulos de lípidos y pigmentos (melanina, lipofuscina), polirribosomas (cuerpos de Nissl), citoplasma perinuclear, centriolo, membrana nuclear, núcleo, nucléolo (Fig. 2).

## CONCLUSIONES

Se integró la primera versión de una galería micográfica, que consta de más de cien imágenes obtenidas por diferentes técnicas de microscopía, que muestran la morfología exterior e interior de los distintos tipos de neuronas piramidales del cerebro humano y sus componentes subcelulares.





**Figura 2. Ejemplos de las pantallas de la galería micrográfica de neuronas piramidales de cerebro humano. En todos los casos, cada pantalla consta de una micrografía o composición micrográfica con un pie de figura explicativo, que incluye los créditos o referencia del artículo científico del que se obtuvo.**



## BIBLIOGRAFÍA

1. Benavides-Piccione R, Ballesteros-Yáñez I, DeFelipe J, Yuste R. 2002. Cortical area and species differences in dendritic spine morphology. *J Neurocytol* 31: 337-346.
2. Benavides-Piccione R, Arellano J. I y DeFelipe J. 2005. Catecholaminergic innervation of pyramidal neurons in the human temporal cortex. *Cerebral cortex*. 15: 1584-1591.
3. Benavides-Piccione R, Fernaud-Espinosa I, Robles V, Yuste R y DeFelipe J. 2013. Age-based comparison of human dendritic spin structure using complete three-dimensional reconstructions. *Cerebral cortex*. 23: 1798-1810.
4. De Felipe J. 2005. In *Arte y Neurología*. Cap. 18: "Cajal y sus dibujos: Ciencia y arte". Ed. Saned. Madrid, España. 213-230.
5. Karp G. 2014. In *Biología Celular y Molecular: Conceptos y Experimentos*. Cap. 18: "Técnicas en Biología Celular y Molecular". 7ª. ed. McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V. 732-783.
6. Peña-Casanova J. 2007. In *Neurología de la conducta y neuropsicología*. Cap. 1: "Bases neurobiológicas de las funciones cognitivas: hacia una integración de niveles. Ed. Médica Panamericana. 1-25.
7. Spruston N. 2008. Pyramidal neurons: dendritic structure and synaptic integration. *Nat. Rev Neuroscience*. 9(3): 206-221. doi: 10.1038/nrn2286.
8. Tomassy GS, Berger DR, Chen HH, Kasthuri N, Hayworth KJ, Vercelli A, Seung HS, Lichtman JW y Arlotta P. 2014. Distinct profiles of myelin distribution along single axons of pyramidal neurons in the neocortex. *Science*. 344: 319-324.
9. Valdés GJL y Torrealba LF. 2006. La corteza prefrontal medial controla el alerta conductual y vegetativo