

La Persistencia de Neuromitos Sobre la Cuantificación Neuronal en el Cerebro Humano

The Persistent of Neuromyt Concerning Neuronal Quantification in the Human Brain

Jhonatan Duque-Colorado¹; Jorge Duque-Parra²; Laura García-Orozco¹; María Fernanda Chamorro² & Mariano del Sol^{1,3}

DUQUE-COLORADO, J.; DUQUE-PARRA, J.; GARCÍA-OROZCO, L.; CHAMORRO, M. F. & DEL SOL, M. La persistencia de neuromitos sobre la cuatificación neuronal en el cerebro humano. *Int. J. Morphol.*, 42(6):1767-1772, 2024.

RESUMEN: En neurociencia, el término neuromito hace referencia a un concepto equivocado y carente de fundamento que ha sido generado por varias razones, entre ellas un malentendido o una cita errónea de hechos científicos en relación con el sistema nervioso. Este estudio aborda la persistencia de neuromitos relacionados con el número de neuronas en el cerebro humano, especialmente en textos educativos de neurociencia. A través de una revisión de 24 de neurociencias y áreas asociadas, y una búsqueda sistemática de artículos experimentales en la base de datos Web of Science, se compararon las cifras reportadas en la literatura con los datos experimentales obtenidos mediante estereología. Los resultados experimentales más recientes sugieren que el cerebro humano contiene aproximadamente 19 mil millones de neuronas, en contraste con las cifras erróneas comúnmente citadas, como 86 mil millones, 100 mil millones, un billón y 86 billones, las cuales podrían originarse de traducciones incorrectas y malentendidos terminológicos. Resulta pertinente desmitificar estos neuromitos y promover más investigaciones experimentales que permitan obtener estimaciones más precisas sobre la cuantificación neuronal, contribuyendo así a una mejor comprensión del cerebro humano en diversas áreas de la neurociencia.

PALABRAS CLAVE: Neurociencia, Cerebro, Neurona, Métodos cuantitativos, Estereología.

INTRODUCCIÓN

Un mito no se encuentra fundamentado en conceptos por mucho que el significado de concepto, comparta en una escala sinónímica las acepciones de mito (Ríos, 2015). En neurociencia, el término neuromito hace referencia a un concepto equivocado y carente de fundamento que ha sido generado por varias razones, entre ellas un malentendido o una cita errónea de hechos científicos en relación con el sistema nervioso (Howard, 2014). En el caso de la cuantificación neuronal, nos referimos a la cantidad de neuronas que posee el encéfalo (Fig. 1), cifra que ha mostrado mediante datos teóricos una visión incongruente de la valoración del número de neuronas que tiene el cerebro humano. Esto, porque los valores que se han citado en la literatura, especialmente de textos dedicados a la enseñanza de la Neurociencia y áreas asociadas, son inciertos, puesto que se han sustentado al parecer en la ideación de los múltiples autores o grupos de investigadores sin bases experimentales por asimilación de otros, sólo desde la tradición, repitiéndola simplemente a manera de neuromito, generándose de esta forma, valores muy diferentes entre los

diversos autores que involucran esta temática (Duque-Parra *et al.*, 2017) y que infortunadamente aún persisten.

Considerando lo anterior, el objetivo del presente trabajo, fue verificar la existencia de valores sobre el número de neuronas del cerebro humano, especialmente en textos relacionados con la neurociencia y compararlos con los de bases experimentales usadas en la cuantificación neuronal.

MATERIAL Y MÉTODO

Se analizaron 24 fuentes escritas, en especial de textos dedicados a la enseñanza general de la Neurociencia y sus áreas asociadas, además de algunos artículos sobre la cuantificación neuronal del cerebro humano. Estos valores fueron comparados con los datos de resultados experimentales que han permitido identificar hasta fechas más recientes, el número de neuronas en el cerebro humano. Los valores para los resultados experimentales se obtuvieron a partir de una revisión sistemática.

¹ Universidad de La Frontera, Facultad de Medicina, Programa de Doctorado en Ciencias Morfológicas, Temuco, Chile.

² Departamento de Ciencias Básicas, Facultad de Ciencias para la Salud. Programa de Medicina. Universidad de Caldas, Colombia.

³ Universidad de La Frontera, Facultad de Medicina, Centro de Excelencia en Estudios Morfológicos y Quirúrgicos (CEMyQ), Temuco, Chile.

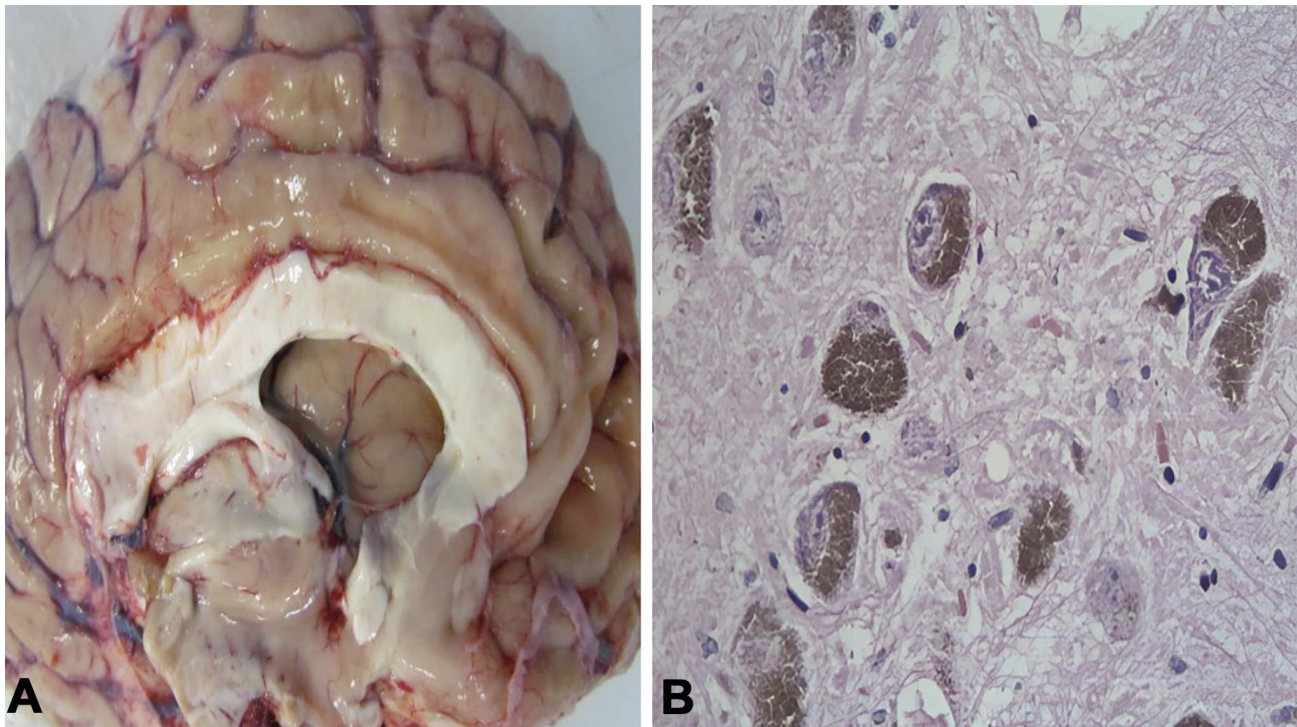


Fig.1. Muestras de sistema nervioso central. a) Corte sagital a través del cuerpo calloso de un cerebro humano que posee gran cantidad de neuronas, especialmente ubicadas a nivel de la corteza. b) Muestra neurohistológica en la que se identifican somas de neuronas del mesencéfalo mediante tinción hematoxilina-eosina.

Estrategia de búsqueda bibliográfica

Siguiendo las pautas de Elementos de informe preferidos para revisiones sistemáticas y metaanálisis (PRISMA) (Page *et al.*, 2021), se examinó la base de datos Web of Science. Se realizaron búsquedas en todos los campos dando uso a la siguiente consulta: ((((((ALL=(cerebrum*)) OR ALL=(brain*)) AND ALL=("neuron number*") OR ALL=("cell number*") OR ALL=("neuron count") AND ALL=(stereology)) AND ALL=(human*).

Criterios de elegibilidad

Para esta revisión los criterios de inclusión comprendían lo siguiente: 1) artículos de investigación originales; 2) estudios basados en estereología; 3) investigaciones realizadas en humanos; 4) cuatificación de neuronas en el cerebro completo; 5) trabajos en inglés o español. Los criterios de exclusión comprendían: 1) artículos no originales (revisiones sistemáticas, revisiones narrativas o cartas al editor); 2) estudios en animales no humanos; 3) estudios centrados en población pediátrica; 4) trabajos en idiomas diferentes al inglés o español.

Selección de artículos

Los artículos identificados en la búsqueda sistemática

fueron evaluados inicialmente a través de la revisión de título y resumen. Aquellos que cumplieron con los criterios de inclusión fueron analizados en texto completo para verificar su pertinencia respecto al tema.

Análisis de riesgo de sesgo

Utilizando la Escala Newcastle-Ottawa (NOS) para estudios de casos y controles, cada artículo se sometió a una rigurosa evaluación de calidad. A los estudios se les asignó una puntuación de calidad que oscilaba entre 0 y 9. Solo aquellos estudios que alcanzaron una puntuación umbral de 5 o más se incorporaron en el estudio.

RESULTADOS

En varios libros de divulgación científica y de enseñanza de la neurociencia o elementos asociados con esta área de naturaleza interdisciplinaria, se encontraron diferentes valores asociados al número de neuronas en el cerebro, los que oscilaron entre $1,011 \times 10^3$ hasta 1×10^{14} , tal como se visualiza en la Tabla I.

El proceso de búsqueda y selección de artículos se resume en la Fig. 2. Un total de 302 artículos fueron

Tabla I. Número de neuronas en el cerebro según diferentes textos.

Autores	Año	Afirmación
Sagan	1980	10 ¹⁴ neuronas están en la corteza del cerebro.
Salazar-Araya	1992	El cerebro humano tiene 20 mil millones de neuronas.
Penrose	1996	El número total de neuronas de un cerebro humano es 7x10 ¹⁰ neuronas.
Ramachandran & Blakeslee	1996	Al nacer, un cerebro típico suele contener más de 100 mil millones de neuronas.
Kandel <i>et al.</i>	2001	El cerebro humano contiene 10 ¹¹ neuronas.
Poch	2001	Hay millones de neuronas en el cerebro humano adulto, cuyas estimaciones indican que son entre 300 mil millones y 1 millón de millones.
Nolte	2007	El cerebro humano tiene un enorme número de neuronas, probablemente cerca de 100 mil millones de neuronas.
Rose	2008	Un cerebro humano adulto contiene 100 mil millones de neuronas, la mitad en el cerebro y la otra mitad en el cerebelo y mini órganos del tronco encefálico.
Burgos-Velásquez <i>et al.</i>	2009	El cerebro posee más de 100 mil millones de neuronas.
Linden	2010	Hay 100 mil millones de neuronas en el cerebro.
Gazzaniga	2010	El cerebro humano tiene aproximadamente 100 mil millones de neuronas.
Redolar-Ripoll	2013	Se estima que el cerebro humano tiene 86 billones de neuronas.
Souza	2014	El cerebro está formado por un billón de células entre neuronas.
Medina-Alva <i>et al.</i>	2015	El cerebro posee cien mil millones de neuronas.
Fuente & Álvarez-Leefmans	2015	Se estima que el cerebro humano consta de 1011 neuronas.
Litchmann <i>et al.</i>	2017	Nuestro cerebro está conformado por casi 100 mil millones de neuronas.
Alonso	2018	El cerebro humano tiene cerca de 86 mil millones de neuronas.
Purves <i>et al.</i>	2018	El cerebro humano tiene 86 billones de neuronas.
Jennings	2018	El cerebro humano está compuesto por cerca de 100 mil millones de neuronas.
Kean	2018	El cerebro humano contienen alrededor de cien mil millones de neuronas.
Affif & Bergman	2020	Se estima que el número de neuronas de la corteza cerebral es de 10 a 20 mil millones.
Amthor <i>et al.</i>	2020	Se estima que el cerebro humano tiene 86 billones de neuronas.
Herculano-Houzel	2020	El número de neuronas de nuestro cerebro asciende a 1 billón
Ambron	2022	El número de neuronas de nuestro cerebro asciende a 1 billón
Autores	Año	Afirmación
Sagan	1980	1014 neuronas están en la corteza del cerebro.
Salazar-Araya	1992	El cerebro humano tiene 20 mil millones de neuronas.
Penrose	1996	El número total de neuronas de un cerebro humano es 7x10 ¹⁰ neuronas.
Ramachandran & Blakeslee	1996	Al nacer, un cerebro típico suele contener más de 100 mil millones de neuronas.
Kandel <i>et al.</i>	2001	El cerebro humano contiene 1011 neuronas.
Poch	2001	Hay millones de neuronas en el cerebro humano adulto, cuyas estimaciones indican que son entre 300 mil millones y 1 millón de millones.
Nolte	2007	El cerebro humano tiene un enorme número de neuronas, probablemente cerca de 100 mil millones de neuronas.
Rose	2008	Un cerebro humano adulto contiene 100 mil millones de neuronas, la mitad en el cerebro y la otra mitad en el cerebelo y mini órganos del tronco encefálico.
Burgos-Velásquez <i>et al.</i>	2009	El cerebro posee más de 100 mil millones de neuronas.
Linden	2010	Hay 100 mil millones de neuronas en el cerebro.
Gazzaniga	2010	El cerebro humano tiene aproximadamente 100 mil millones de neuronas.
Redolar-Ripoll	2013	Se estima que el cerebro humano tiene 86 billones de neuronas.
Souza	2014	El cerebro está formado por un billón de células entre neuronas.
Medina-Alva <i>et al.</i>	2015	El cerebro posee cien mil millones de neuronas.
Fuente & Álvarez-Leefmans	2015	Se estima que el cerebro humano consta de 1011 neuronas.
Litchmann <i>et al.</i>	2017	Nuestro cerebro está conformado por casi 100 mil millones de neuronas.
Alonso	2018	El cerebro humano tiene cerca de 86 mil millones de neuronas.
Purves <i>et al.</i>	2018	El cerebro humano tiene 86 billones de neuronas.
Jennings	2018	El cerebro humano está compuesto por cerca de 100 mil millones de neuronas.
Kean	2018	El cerebro humano contienen alrededor de cien mil millones de neuronas.
Affif & Bergman	2020	Se estima que el número de neuronas de la corteza cerebral es de 10 a 20 mil millones.
Amthor <i>et al.</i>	2020	Se estima que el cerebro humano tiene 86 billones de neuronas.
Herculano-Houzel	2020	El número de neuronas de nuestro cerebro asciende a 1 billón
Ambron	2022	El número de neuronas de nuestro cerebro asciende a 1 billón

encontrados en la base de datos, de los cuales después de la lectura de título y resumen fueron descartados 92 por no estar relacionados con el tema, 131 por ser realizados en animales no humanos y 17 porque fueron revisiones sistemáticas o narrativas. Después de la lectura del texto completo, se descartaron 61 trabajos por no realizar la cuantificación del número de neuronas en el cerebro completo. Finalmente se incluyó en la revisión un

solamente un artículo, correspondiente a estudios estereológicos en el cerebro humano, cuya información se detalla en la Tabla II.

De los textos mencionados en la Tabla I, solamente el trabajo realizado por Salazar-Araya (1992) concuerda en una aproximación, con los trabajos experimentales que dan cuenta del número de neuronas en el cerebro humano.

Tabla II. Estudios estereológicos que determinan el número de neuronas en el cerebro humano.

Autores	Año	Muestra	Método estereológico	Número de neuronas
Walløe <i>et al.</i>	2014	Cuatro cerebros de individuos entre 62 y 71 años	Fraccionador óptico	19×10^9

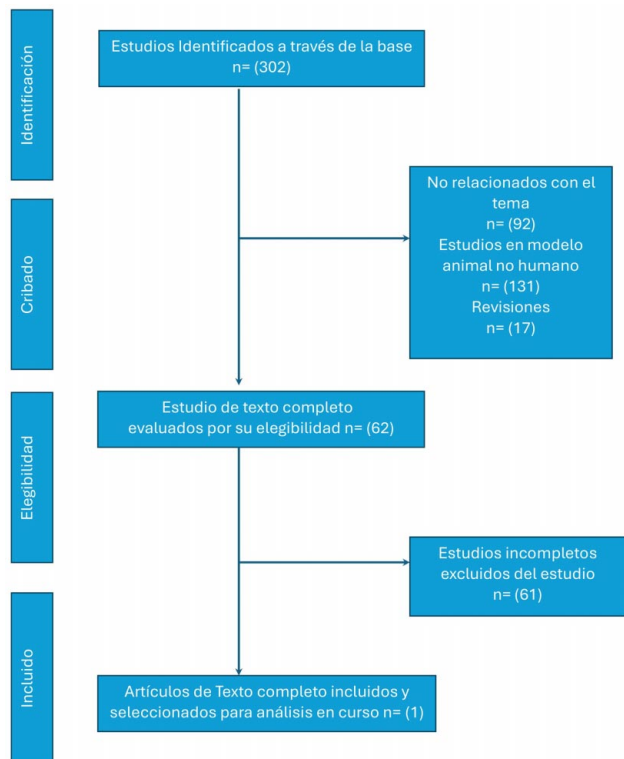


Fig.2. Diagrama de flujo para selección de estudios.

DISCUSIÓN

Las inconsistencias entre *Terminología Anatómica*, *Terminología Neuroanatómica* y *Terminología Histológica*, al igual que su traducción errónea desde el inglés al español (correctamente para los hispanohablantes debería ser del latín al español), ha pasado de ser un problema netamente lingüístico que impide la comunicación precisa entre profesionales de la salud y morfólogos (Duque *et al.*, 2018; Duque-Colorado *et al.*, 2023), a causar discrepancias estereológicas en el caso de la cuatificación neuronal. Dado que, como se visualiza en la Tabla III, el término americano -brain- traducido desde el latín al español correspondería a -encéfalo-, mientras que el término -cerebrum- traducido desde el latín al español, correspondería a cerebro. En este sentido, durante medio siglo, se creyó que el encéfalo humano contenía alrededor de 100 mil millones de neuronas (von Bartheld *et al.*, 2016), por lo que,

probablemente varios de los textos ha sido traducida de manera errónea la palabra -brain- y la han asociado a cerebro, asumiendo estos elevados valores como el número de neuronas en el cerebro. En este mismo sentido, algunas investigaciones han señalado que el encéfalo humano contiene entre 67-86 mil millones de neuronas (Azevedo *et al.*, 2009; Andrade-Moraes *et al.*, 2013), por lo que los valores de los textos y artículos sin bases experimentales que afirman que el cerebro humano contiene cerca de 86 mil millones de neuronas, probablemente ha realizado una traducción errónea de los estudios anteriormente mencionados.

Respecto al valor de 100 mil millones de neuronas en el cerebro, esto también se pudo deber a errores en la traducción de términos, dado que durante décadas, varios textos afirmaron que el ser humano medio tiene 100 mil millones de neuronas en el encéfalo (Wittrock, 1977; Nauta & Feirtag, 1979), y este valor sigue persistiendo como número de neuronas en el cerebro, en literatura más actualizada (Kandel *et al.*, 2001; Kean, 2018), aun así, parece que nadie tiene claro de dónde salió este número tan sospechosamente redondo (Turney, 2019): un neuromito?.

En cuanto a cifras más elevadas como un billón u 86 billones, es posible que los valores dados se deban al uso discordante de los términos billones, puesto que un billón es un millón de millones (1×10^{12}) en el sistema internacional (SI), pero, en especial los autores de habla inglesa se refieren a un billón como mil millones (1×10^9), lo que daría una connotación completamente diferente del valor que cada cual manifieste, generando un caos conceptual, pues algunos defenderán el valor dependiendo de a que autor se refieran.

De los valores presentes para el número de neuronas en el cerebro, del 100 % (24) de los documentos que se muestran en la Tabla I, solo el 4,2 % (1) concuerda con lo planteado en las observaciones experimentales, 19×10^9 neuronas, valor que se han logrado a través de evaluaciones estereológicas, dando uso al fraccionador óptico. Sin embargo, consideramos que son pocos los estudios encontrados, que han abordado estos análisis en cerebros completos. Esto podría deberse a que la corteza cerebral constituye entre el 80-85 % del volumen del cerebro humano

Tabla III. Encéfalo y cerebro en *Terminología Anatómica* (2019).

	Latín term	Latín synonym	UK English	US English	English synonym	Other
5415	Encephalon	-	Brain	Brain		
5416	CEREBRUM	Prosencephalon	CEREBRUM	CEREBRUM	Forebrain	Endnote 777

adulto (Stephan *et al.*, 1981), por lo que el número de neuronas allí presentes, se asumen como el número total de neuronas en el cerebro, omitiendo la contribución de las estructuras subcorticales, como el núcleo caudado, putamen, globo pálido medial y lateral, estriado, hipocampo, tálamo, entre otras. Aspecto que constituye un sesgo en las investigaciones y una aplicación incorrecta de los métodos estereológicos, ya que se hacen aproximaciones del número de células en una estructura incompleta, y los métodos estereológicos basados en el diseño, tal como el fraccionador óptico o fraccionador físico, brindan una estimación imparcial (exacta) y precisa (baja varianza) del número total de células o estructuras a contar.

El tener un estimado numérico debe ser tenido en consideración, además de sus proporciones en el sistema nervioso, ya que se considera un importante enfoque para comprender el desarrollo, la evolución del cerebro, las enfermedades neurológicas, las enfermedades psiquiátricas, el proceso de envejecimiento y la neurogénesis posnatal en ciertas regiones del sistema nervioso central (Duque, 2017), entre otros factores. Pese a su importancia, probablemente no existe un número definido de neuronas cerebrales para nuestra especie, aunque si un rango de variabilidad, puesto que, aunque el cerebro humano tiene una gran cantidad de neuronas, su valor cambia con el ciclo de vida debido a varios factores, como el grado de neurogénesis, el grado de apoptosis, el sexo y las condiciones patológicas (Duque-Parra, 2017), como la atrofia neuronal relacionada con la edad, que es el factor principal en el deterioro de las neuronas existentes, el cual podría ralentizarse o incluso revertirse, mediante diversas intervenciones farmacológicas (Turlejski & Djavadian, 2002) o hábitos de vida. Se requieren, por lo tanto, más estudios experimentales que aborden estas variables del ciclo vital humano, para para tratar de precisar un número que sea fidedigno de generalizar en la cuantificación neuronal del cerebro humano.

CONCLUSIÓN

Son variados los números de neuronas que posee el cerebro humano según textos de neurociencia y de áreas asociadas a este campo del conocimiento, además, en general, estos no concuerdan con los valores reportados por estudios experimentales. Los valores reportados, en general, en la mayoría de los textos sobre la cuantificación de neuronas en el cerebro, son los persistentes números de 86 mil millones y 100 mil millones, pudiendo ser el más apropiado los 19 mil millones. Por lo que sería ideal desmitificar estos valores citados y otros valores extremos que generan caos conceptual sobre esta variable numérica, mientras más investigadores avancen con experimentos que contribuyan a presentar valores cada vez más precisos.

DUQUE-COLORADO, J.; DUQUE-PARRA, J.; GARCÍA-OROZCO, L.; CHAMORRO, M. F. & DEL SOL, M. The persistence of neuromyths concerning neuronal quantification in the human brain. *Int. J. Morphol.*, 42(6):1767-1772, 2024.

SUMMARY: In neuroscience, the term neuromyth refers to an unsubstantiated misconception which has been generated for a number of reasons, such as a misunderstanding or misquotation of scientific facts regarding the nervous system. This study addresses the persistence of neuromyths related to the number of neurons in the human brain, especially in educational neuroscience texts. Through a review of 24 texts in neuroscience and related fields, as well as a systematic search of experimental articles in the Web of Science database, the figures reported in the literature were compared with experimental data obtained through stereology. The most recent experimental results suggest that the human brain contains approximately 19 billion neurons, in contrast to the commonly cited inaccurate figures, such as 86 billion, 100 billion, one billion and 86 trillion, which could originate from incorrect translations and terminological misunderstandings. The results show the need to demystify these neuromyths and promote further experimental research that allows more precise estimates on neuronal quantification, thus contributing to a better understanding of the human brain in various areas of neuroscience.

KEY WORDS: Neuroscience; Brain; Neuron; Quantitative methods; Stereology.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Afifi, A. & Bergman, R.A. Neuroanatomía funcional: Texto y Atlas. McGraw-Hill interamericana editores. México, 2020.
- Ambron, R. The brain and pain. Breakthroughs in neuroscience. Columbia University Press. New York, 2022.
- Amthor, F.; Burton-Theibert, W.A.; Standaert, D. & Roberson, E. Essentials of modern neuroscience. McGraw-Hill. Nueva York, 2020.
- Alonso, J.R. Historia del cerebro. Talenbook. Madrid, 2018.
- Burgos-Velásquez, B.M.; Remolina de Cleves, N. & Calle-Márquez, M.G. El cerebro que aprende. Tabula Rasa, 11:329-47, 2009.
- Duque-Colorado, J.; García-Orozco, L.; Vásquez, B.; Alarcón-Apablaza, P. & del Sol, M. Sustancia cromatofílica: una propuesta de cambio a la *Terminología Histológica y Terminología Neuroanatomica*. *Int. J. Morphol.*, 41(3):965-70, 2023.
- Duque, P. J. E.; Barco, R. J. & Duque, Q. M. La epónima, ese difícil obstáculo que aún no supera la Terminología Anatómica Internacional. *Int. J. Morphol.*, 36(4):1206-9, 2018.
- Duque-Parra, J. E.; Aguirre, J. F. G. & Mejía, F. R. Quantification of cortical neurons: a neuroanatomical myth in Neuroscience. *J. Morphol. Sci.*, 34(1):31-5, 2017.
- FIPAT. *Terminologia Anatomica*. 2nd ed. FIPAT.library.dal.ca. Federative International Programme for Anatomical Terminology, 2019.
- Fuente, R. & Álvarez-Leefmans, F.J. Biología de la mente. Fondo de cultura económica. México, 2015.
- Gazzaniga, M. S. *¿Qué nos hace humanos? La explicación científica de nuestra singularidad como especie*. Paidós. Madrid, 2010.
- Herculano-Houzel, S. *Mechanisms of brain evolution*. In: Kaas, J.H. Evolutionary Neuroscience. Academic Press, USA, 349-75, 2020.
- Howard-Jones, P. Neuroscience and education: myths and messages. *Nat. Rev. Neurosci.*, 15:817-24, 2014.

- Jennings, T.R. *The aging brain*. Bakerbooks. Michigan, 2018.
- Kandel, E. R.; Schwartz, J. H. & Jessel T. M. *Principios de Neurociencia*. Mc Graw Hill. Madrid, 2001.
- Kean, S. *Una historia insólita de la neurología. Casos reales de trauma, locura y recuperación*. Editorial Planeta. México, 2018.
- Litchman, J.W; Pfister, H.; Shavit, N. & von-Hopffgarten, A. En la jungla de las neuronas. *Mente y cerebro*, 84:56-61, 2017.
- Linden, D. J. *El cerebro accidental: la evolución de la mente y el origen de los sentimientos*. Espasa libros, Madrid, 2010.
- Medina-Alva, M. D.; Caro-Kahn, I.; Muñoz-Huerta, P.; Leyva-Sánchez, J.; Moreno-Calixto, J. & Vega-Sánchez, S.M. Neurodesarrollo infantil: características normales y signos de alarma en el niño menor de cinco años. *Rev. Peru. Med. Exp. Salud Publica*, 32(3):565-73, 2015.
- Nauta, W. J.; Feirtag, M. The organization of the brain. *Sci. Am.*, 241(3):88-111, 1979.
- Nolte, J. *Elsevier's integrated neuroscience*. Mosby/Elsevier. Philadelphia, 2007.
- Penrose, R. *Las sombras de la mente*. Editorial Crítica. Barcelona, 1996.
- Poch-Olivé, M. L. Neurobiología del desarrollo temprano. *Contextos educativos*, 4:79-94, 2001.
- Purves, D.; Augustine, J.; Fitzpatrick, D.; Hall, W.; LaMantia, S.; Mooney, D.; Platt, M. & White, L. *Neuroscience*. Oxford University Press. New York, 2018.
- Ramachandran, V.S. & Blakeslee, S. *Fantasmas en el cerebro. Los misterios de la mente al descubierto*. Editorial Debate, S.A. Madrid, 1999.
- Redolar-Ripoll, D. *Neurociencia cognitiva*. Ed. médica Panamericana. Madrid, 2013.
- Ríos, E. J. *La Naturaleza del Mito. Más allá de la Mitología Griega*. Semper Eadem ediciones. 2015.
- Rose, S. *Tu cerebro mañana: cómo será la mente del futuro*. Paidós. Barcelona, 2008.
- Sagan, C. *Cosmos*. Ed. Planeta. Barcelona, 1980.
- Salazar-Araya, C. E. Reflexiones sobre la evolución del cerebro humano. *Neuroeje*, 10(1):7-26, 1992.
- Souza, D. A. *Neurociencia educativa: Mente, cerebro y educación*. Narcea Ediciones. Madrid, 2014.
- Stephan, H.; Frahm, H. & Baron, G. New and revised data on volumes of brain structures in insectivores and primates. *Folia Primatol.*, 35(1):1-29, 1981.
- Turney J. *La biblia de la Neurociencia*. Ediciones Gaia. Madrid, 2019.
- Turlejski, K. & Djavadian, R. Life-long stability of neurons: a century of research on neurogenesis, neuronal death and neuron quantification in adult CNS. *Prog. Brain Res.* 136:39-65, 2002.
- von Bartheld, C.S.; Bahney, J. & Herculano-Houzel, S. The search for true numbers of neurons and glial cells in the human brain: A review of 150 years of cell counting. *J. Comp. Neurol.*, 524(18):3865-95, 2016.
- Walløe, S.; Pakkenberg, B. & Fabricius, K. Stereological estimation of total cell numbers in the human cerebral and cerebellar cortex. *Front. Hum. Neurosci.*, 8:508, 2014.
- Witrock, M. C. *Human Brain*. Prentice Hall. USA, 1977.

Dirección para correspondencia:

Jhonatan Duque Colorado
Programa de Doctorado en Ciencias Morfológicas
Universidad de La Frontera
Temuco
CHILE

Email: jhonatanandresduquecolorado@gmail.com

ORCID: 0009-0002-5949-4407

Dirección para correspondencia:

Jorge Eduardo Duque Parra
Departamento de Ciencias Básicas
Programa de Medicina
Universidad de Caldas
Manizales
COLOMBIA

E-mail: jduqueparra@ucaldas.edu.co

ORCID: 0000-0002-1432-6381