

# Neurociberética, un nuevo y pertinente enfoque de la neuroética

Rodrigo Ramos-Zúñiga

Departamento de Neurociencias, Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México

## Resumen

*La ética en la neurociencia presenta un despliegue evolutivo que ha requerido una atención más puntual a partir del conocimiento de la neuroimagen funcional, que define las estructuras relacionadas con las emociones y la cognición. Se llevó a cabo una revisión sistemática en PubMed de acuerdo con el formato PRISMA a partir de las palabras clave neuroética, ciberética y neurociberética. La neurociberética como concepto no figura en los contenidos científicos, pese a los avances contemporáneos de la neurotecnología y la inteligencia artificial. Aun cuando se identifican numerosos aportes relacionados con la inteligencia artificial en la neurociencia, no se han considerado las implicaciones éticas relacionadas con la transparencia, regulación y uso racional de nuevos dispositivos vinculados con este desarrollo neurotecnológico. En la era actual es imprescindible considerar a la neurociberética por su pertinencia conceptual y sus aplicaciones en el panorama de la neurotecnología, lo que propone nuevos retos y dilemas no considerados por la neuroética tradicional.*

**PALABRAS CLAVE:** Ciberética. Inteligencia artificial. Neuroética.

## *Neurocyberethics, a new and pertinent approach to neuroethics*

## Abstract

*Ethics in neuroscience presents an evolutionary development that has required a more punctual attention, from the knowledge of functional neuroimaging that defines the structures related to the emotions and cognitive functions. Systematic review in Pub Med according to PRISMA format from the keywords and specific search for the concept of neuroethics, cyberethics and neurocyberethics. The neurocyberethics is not available, despite contemporary advances in neurotechnology and Artificial Intelligence (AI). Even though in the enormous amount of data related to AI in neuroscience, the ethical implications related to the transparency, regulation and rational use of this digital technological development have not been fully considered. In the current era, neurocyberethics needs to be considered, because of its relevance in the landscape of neurotechnology which poses new challenges and dilemmas not contemplated in traditional neuroethics.*

**KEYWORDS:** Cyberethics. Artificial intelligence. Neuroethics.

**Correspondencia:**

Rodrigo Ramos-Zúñiga

E-mail: rodrigo.ramos@academicos.udg.mx

0016-3813© 2024 Academia Nacional de Medicina de México, A.C. Publicado por Permanyer. Este es un artículo *open access* bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Fecha de recepción: 04-07-2024

Fecha de aceptación: 25-09-2024

DOI: 10.24875/GMM.24000229

Gac Med Mex. 2024;160:505-511

Disponible en PubMed

[www.gacetamedicademexico.com](http://www.gacetamedicademexico.com)

## Introducción

La evolución en el desarrollo de la neurociencia ha contribuido a una comprensión más precisa de los sustratos anatómicos y funcionales que definen las actividades básicas del ser humano en términos de sensibilidad, motricidad y coordinación.<sup>1,2</sup> También se han descrito con mayor detalle otras funciones relacionadas con el discernimiento, la función intelectual y emocional y los mapas cognitivos correspondientes. Adicionalmente, el estudio de las redes neuronales y el desarrollo tecnológico revelaron circuitos psicoemocionales y comportamentales específicos, a partir de los cuales se han identificado las redes que definen las emociones complejas y los procesos cognitivos vinculados al pensamiento crítico.<sup>3-7</sup>

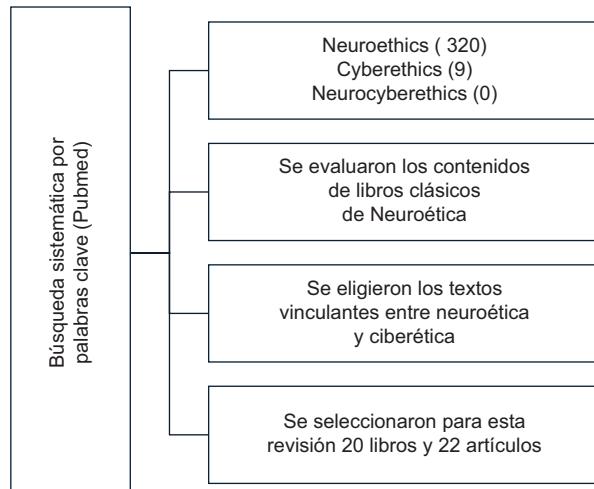
Estas redes han dado lugar al desarrollo de redes digitales basadas en algoritmos informáticos mediante la llamada inteligencia artificial, que han generado sistemas de aprendizaje, análisis de datos y toma de decisiones con cierta autonomía. Las implicaciones éticas de esta nueva dimensión de la neuroética, como una disciplina validada y vigente, no han sido ponderadas ni totalmente reguladas respecto a los desenlaces potenciales y sus efectos colaterales.<sup>8</sup>

Considerando las recomendaciones del sistema PRISMA<sup>9</sup> para revisiones sistemáticas, se utilizó la base de datos PubMed para la búsqueda de literatura mediante tres palabras clave: *neuroethics*, *ciberethics* y *neurocyberethics*. Además, se evaluaron los contenidos de 20 libros publicados sobre neuroética. Se encontraron 320 artículos sobre neuroética, nueve sobre ciberética y ninguno de neurociberética. Finalmente, se seleccionaron 20 libros y 22 artículos vinculados con el tema de interés para el desarrollo de esta revisión (Figura 1).

## Evolución de la emoción y cognición

Una vez resuelto el rol histórico y cultural de la teoría cardiocéntrica en las emociones y la conducta, la teoría neuronal y las redes funcionales nos han acercado más a la comprensión de la identidad del *homo sapiens* y sus capacidades de interacción en ese espacio introspectivo (intrapersonal), además de las competencias interpersonales vinculadas con el entorno social.<sup>10</sup>

El rol evolutivo desde la filogenia y la ontogenia ha definido las partes más novedosas del sistema nervioso humano, mismas que siguen guardando una relación proporcional entre el aumento del volumen y



**Figura 1.** Diagrama de flujo de acuerdo con el método PRISMA, que muestra la ruta de búsqueda de documentos que evidencian los criterios de selección relacionados con las palabras clave neuroética, ciberética y neurociberética. De 329 referencias bibliográficas revisadas, se seleccionaron 42.

la densidad de ramificaciones dendríticas neuronales, con el desarrollo de las habilidades cognitivas y emocionales. De esta forma, se ha comprendido con mayor precisión el papel del lóbulo frontal en el pensamiento reflexivo y crítico, además del discernimiento cognitivo, las funciones ejecutivas, la flexibilidad mental y los circuitos del placer y la recompensa. Algunos de estos sustratos neurobiológicos explican conductas prosociales relacionadas con el altruismo, la solidaridad, la compasión, la resiliencia y la conducta ética.<sup>11-14</sup>

Para la sustentación filosófica propuesta por Aristóteles, la felicidad consiste en cuando menos dos elementos: la hedonia (o placer) y la eudaimonía (una vida en plenitud). Elementos que explican también desde la psicobiología, el vínculo representativo del sentido y la reivindicación de la existencia humana. Tal es el caso del altruismo hedónico, como ejemplo de una actitud proactiva de solidaridad que a su vez genera una ganancia de placer y bienestar en quien lo provee.<sup>14</sup>

Así, la moral como concepción filosófica del discernimiento y su arraigo en las costumbres culturalmente aceptadas, y la ética como expresión cultural formal de estos preceptos y valores traducidos en normas, configura un escenario no solo argumentativo sino que se encuentra fundamentado en un sustrato neurobiológico. Por ello, se asume que la ética tiene implicaciones transferenciales a la vida diaria en los procesos intrapersonales y las acciones interpersonales, sean de

carácter profesional o no, y el impacto en los individuos y la sociedad es de una gran trascendencia.<sup>14</sup>

Desde una visión global, la ética y su perspectiva filosófica y antropológica siguen vinculadas a la moral y a las costumbres socialmente aceptadas por una cultura, llevando implícita la forma en que se transmiten los valores éticos hacia la sociedad. Se asumen como un código conductual que también aplica para las áreas profesionales a manera de códigos deontológicos.<sup>15,16</sup>

En los últimos 30 años, han concurrido una serie de eventos y proyectos que han formalizado el estudio del cerebro como una prioridad, con lo que se ha logrado un mayor foco de atención. Esto ha contribuido a acrecentar la comprensión hacia los rasgos que nos hacen únicos, como también los elementos que nos hacen diferentes y nos permiten comprender la diversidad de ideas y costumbres que conforman los nuevos retos para coexistir de forma civilizada.<sup>17,18</sup>

Por otra parte, el desarrollo tecnológico ha tenido un impacto multidireccional en la identificación y comprensión de las estructuras del sistema nervioso humano desde una versión más funcional y no solo estructural. De esta forma, se ha generado una transición del conocimiento que permite conectar entornos diversos en una nueva vinculación con la conformación de redes neuronales, los mapas bioquímicos, los tractos subcorticales y las nuevas cartografías funcionales que brindan un panorama de los dominios cognitivos globales.

Estos hallazgos han dado lugar a una nueva configuración de mapas funcionales de carácter emotivo y comportamental, a partir de las contribuciones de algunos elementos neurobiológicos que sustentan la abstracción, la teoría de la mente, el pensamiento complejo y las emociones morales (prosociales), además de las primitivas, lo cual nos aproxima al reconocimiento de los sitios donde reside el discernimiento conductual de acuerdo con una escala de valores que tiene componentes biológicos intrínsecos, incluyendo los génicos y los epigénicos determinados por la cultura y la sociedad.<sup>18-20</sup>

## **Neuroética**

La corteza prefrontal medial y lateral siguen siendo claves en esta capacidad analítica para entender lo correcto y lo incorrecto al traducir un panorama de valores asumidos culturalmente como aceptables, lo que en conjunto con otros hallazgos de la neurociencia contribuyó a que el prefijo neuro tuviese cada vez mayores implicaciones y aplicaciones en la vida común.

De esta forma surgió la neuroeconomía, el neuromarketing, la neuroeducación, las neurociencias (en plural) y la neuroética.<sup>11</sup>

Hemos transitado del diseño estructural al diseño funcional, reconociendo no solo los patrones de neurodiversidad, sino las intrincadas implicaciones que representan la empatía emocional y la empatía cognitiva en los individuos, como dos elementos fundamentales de los que surge la argumentación ética desde la neurobiología evolutiva que hoy reconocemos como neuroética.<sup>21-24</sup>

Numerosas deliberaciones sobre el prefijo neuro aparecieron de inmediato y cuestionaron el valor de esta expresión semántica, que pudiera parecer una moda o un instrumento de consumo de acuerdo con las leyes del mercado, influido por grupos sociales o líderes de medios de comunicación. No obstante, la neuroética fortaleció su posición a través de la argumentación científica, por lo que en un principio se aceptó la neuroética como la neurobiología de la conducta ética, y como código deontológico entre quienes estudian el sistema nervioso.<sup>22,23</sup>

El desarrollo tecnológico en el mundo digital en el cual la inteligencia artificial y sus algoritmos tienen hoy en día un impacto de alta trascendencia en la comunicación humana, conduce a nuevos retos derivados de la interacción entre la inteligencia artificial y la inteligencia humana. Esta precisión hace necesario un nuevo y pertinente planteamiento para vincular que la inteligencia artificial y sus algoritmos carecen aún de procesos críticos y reflexivos, lo que puede generar premisas falsas, distorsión de la realidad, alucinaciones y confabulaciones en los usuarios. Por ello, es fundamental integrar una nueva visión ética que regule y pondere estos efectos de sesgos colaterales a través de un nuevo concepto que seguramente se agregaría a las dos premisas postuladas con antelación (neuroética como neurobiología de la conducta ética y neuroética como código deontológico que se aplica en el estudio del sistema nervioso): la *neurociberética*.<sup>23-27</sup>

## **Neurociberética**

Este planteamiento se encuentra sustentado en la alta demanda que ha representado este concepto “sombrilla” de la inteligencia artificial, que incluye una serie de instrumentos, algoritmos y modelos de lenguaje a través del aprendizaje profundo (*deep learning*) que se han desarrollado con cierta autonomía en la retroalimentación, aprendizaje, análisis y,

ahora, ejecución en toma de decisiones. Las alertas precautorias relacionadas con las cámaras de resonancia (*eco chamber*) y los sesgos en los datos desarrollados por mecanismos automatizados de producción de información han generado condiciones de riesgo que han sido señaladas como alucinaciones y confabulaciones, con potencial riesgo de distorsionar la verdad y la realidad.<sup>24</sup>

En consecuencia, se define a la pertinencia de la ciberética en la educación como la aplicación de la ética a la cibertecnología, respetando los elementos básicos del principalismo bioético que aplican a la cultura occidental. Este concepto ha sido validado a partir de la premisa de prevenir desviaciones en las decisiones que afectan a la comunidad a partir de inercias definidas por la competitividad de los mercados de consumo de tecnología, y buscar la cooperación equilibrada entre la sociedad industrial y las guías éticas consideradas básicas.<sup>24-26</sup>

Actualmente se encuentra bien definido el importante papel de la innovación en el manejo y apoyo para personas con alguna discapacidad que requieren rehabilitación de enfermedades neurológicas, como lo ha señalado el plan de acción global (2022) de la Organización Mundial de la Salud. Y se ha considerado indispensable que dichos avances se acoplen con lineamientos éticos de equidad, y que sean vinculados con la gobernanza.<sup>27</sup> Por este motivo, la International Brain Initiative 2018 definió la importancia de la neuroética para formular guías éticas que definen las rutas de crecimiento entre los emprendedores y la neuroindustria.<sup>28</sup> Esto aplica a la inteligencia artificial, modelos de lenguaje y otras herramientas generativas aplicadas a la investigación y diseño de neurodispositivos, en los cuales resulta prioritario que se respete la autonomía, privacidad, confidencialidad e identidad.<sup>29,30</sup> De hecho, se definieron cuatro elementos claves a cubrir desde la perspectiva neuroética en el escenario neurotecnológico:

- Uso racional y seguro de modelos personalizados de lenguaje en enfermedades neurodegenerativas.
- Cómo esos modelos pueden afectar la identidad de las personas.
- Cómo pueden afectar su capacidad de relacionarse con otros.
- Cómo estos modelos de interfaz-cerebro-computadora pueden afectar su privacidad,<sup>31,32</sup> incluyendo a los niños.<sup>33</sup>

Todo ello abre un nuevo frente de conflictos y dilemas éticos que no han sido considerados en la agenda neuroética tradicional.<sup>34-37</sup>

De acuerdo con estos elementos, puede resumirse la siguiente trilogía propuesta de la neuroética de acuerdo con las condiciones y retos contemporáneos:

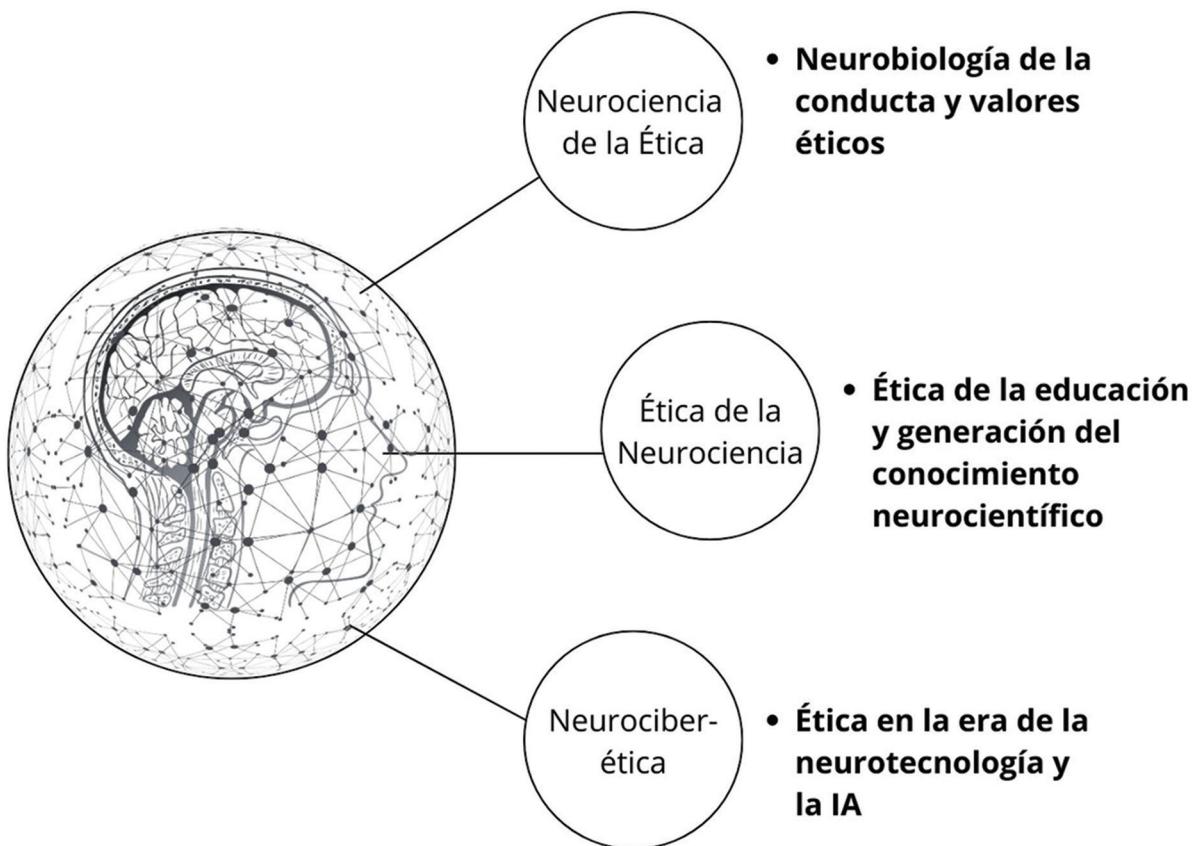
### **Neuroética como neurobiología de la ética**

Los circuitos identificados en la porción más nueva de la historia evolutiva del cerebro del *homo sapiens* residen en particular en la corteza cerebral y están vinculados con redes en el lóbulo frontal. Estos circuitos se relacionan con numerosos procesos transicionales entre las emociones primarias (primitivas) y las emociones complejas que cuentan con un componente prosocial. Redes neuronales relacionadas con el placer, la recompensa, la regulación conductual inhibitoria, la flexibilidad emocional y cognitiva, la planeación, la anticipación de riesgos, la predicción, el lenguaje y la ejecución, son algunos de los ejemplos de las redes que interactúan con las emociones complejas que definen la capacidad para desarrollar el pensamiento reflexivo y crítico que sustentará la neurobiología de la conducta ética. En otras palabras, definen los sustratos neuroanatómicos en donde reside el comportamiento ético en los cerebros de otras especies y en los más desarrollados.

### **Neuroética como código deontológico en el estudio de la neurociencia básica y clínica**

El cerebro social y sus interacciones y relaciones con otros cerebros conforman grupos comunitarios, y define la forma en que estos grupos se comunican a través de procesos funcionales o disfuncionales, e incluso eventualmente disruptivos. Por ello, se buscaron mecanismos regulatorios que permitieran, a través de códigos comportamentales de índole teológica, religiosa, filosófica, social, jurídica, penal y civil, configurar formatos de convivencia más equilibrados. En las áreas profesionales y disciplinarias se adoptaron, además, códigos de conducta que representaban los mínimos valores aceptables para una interacción respetuosa y surgieron los códigos deontológicos, que contaban con la aceptación de grupos de pares que tenían una autoridad moral y reputación distinguida.

Entonces aparece la neuroética como código de conducta, que discierne sobre cómo se comportan los cerebros, que estudia al cerebro desde su perspectiva evolutiva, experimental, de neurociencia básica, clínica, aplicada, y en los rubros de la gestión y transferencia del conocimiento científico en la neurociencia.



**Figura 2.** Diagrama que muestra las vertientes validadas para el concepto de neuroética y sus implicaciones en diferentes campos del conocimiento. Neurobiología de la conducta ética, códigos deontológicos en el estudio y abordaje del sistema nervioso y la ética en el desarrollo y aplicaciones de la neurotecnología.

## Neurociberética

El advenimiento del desarrollo tecnológico, la era digital y los procesos sustentados en algoritmos que denominamos inteligencia artificial como concepto “sombrilla” acoge diferentes instrumentos. Estos cuentan con la capacidad de aprender (*deep learning*), de procesar datos de forma sistemática, analizarlos a través de rutas críticas, conformar diferentes modelos de lenguaje, generar nuevos datos, tomar decisiones y, además, ejecutar acciones con cierto grado de autonomía.

La vinculación existencial con la neuroética no solo es fundacional en términos representativos de la equivalencia entre la red neuronal y una red digital, sino que sus rutas analíticas se sustentan en un lenguaje algorítmico que ha avanzado con pasos enormes hacia el desarrollo de interacciones de interfaz cerebro-máquina, las cuales requieren una ponderación precautoria en cuanto a los neuroderechos y el respeto a la identidad, la confidencialidad de los datos personales y la autonomía (Figura 2).<sup>37-43</sup>

## Conclusiones

Las aplicaciones que hoy tiene la inteligencia artificial en todas sus facetas tienen un destino de interacción y convivencia ineludible con la inteligencia humana, que fácilmente puede entrar en sesgos propiciados por las “cajas de resonancia” de datos, y generar distorsiones de la realidad. Estas alucinaciones y eventualmente confabulaciones requieren una supervisión de la inteligencia humana, especialmente en procesos de toma de decisiones, y representan el tema central de la neurociberética, toda vez que un dispositivo inteligente no garantiza un uso inteligente.

## Recapitulación de los puntos de interés

- Se analizó la evolución de la neuroética con sus vertientes tradicionales que siguen vigentes respecto a la neurobiología de la conducta ética y la ética en la neurociencia.

- La incursión de la inteligencia artificial con sus diferentes modelos de aprendizaje profundo y modelos de lenguaje generativo ha permeado en todas las actividades humanas en el plano individual y colectivo. Las ciencias biomédicas no son la excepción.
- Pese a importantes evidencias de la participación de la inteligencia artificial en la neurociencia, además del desarrollo de aplicaciones y dispositivos neurotecnológicos que han generado nuevos retos, dilemas y conflictos éticos, la neuroética no ha postulado una actualización al respecto.
- Es de alta pertinencia integrar el concepto de la neurociberética en el conocimiento disciplinario de la neuroética, toda vez que existen aspectos de alta prioridad no discutidos en la agenda de la neuroética tradicional.

## Financiamiento

No existió financiamiento para el desarrollo de este manuscrito.

## Conflictos de intereses

El autor declara que no existió conflicto de interés ni vinculación con instituciones financieras o con la industria.

## Responsabilidades éticas

**Protección de personas y animales.** El autor declara que para esta investigación no realizó experimentos en seres humanos ni en animales.

**Confidencialidad de los datos.** El autor declara que en este artículo no aparecen datos de pacientes. Además, el autor reconoció y siguió las recomendaciones según las guías SAGER dependiendo del tipo y naturaleza del estudio.

**Derecho a la privacidad y consentimiento informado.** El autor declara que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

**Uso de inteligencia artificial para generar textos.** El autor declara que no utilizó ningún tipo de inteligencia artificial generativa en la redacción de este manuscrito ni para la creación de figuras, gráficos, tablas o sus correspondientes pies o leyendas.

## Bibliografía

1. Dodge N. *The brain that changes itself*. Estados Unidos: Penguin Books; 2007.

2. Ramos-Zúñiga R. *Guía básica en neurociencias*. Segunda edición. Barcelona: Elsevier; 2014.
3. Kwint M, Wingate R. *Brain, the mind as a matter*. Londres, Reino Unido: Wellcome Collection; 2012.
4. Brooker JS, Webb CE, de Waal FBM, Clay Z. The expression of empathy in human's closest relatives, bonobos and chimpanzees: current and future directions. *Biol Rev Camb Philos Soc*. 2024;99(4):1556-1575. DOI: 10.1111/brv.13080
5. Kandel ER. *La nueva biología de la mente*. México: Booket Paidós; 2021.
6. Damasio AR. *Y el cerebro creó al hombre*. México: Booket Paidós; 2019.
7. Gazzaniga MS. *The ethical brain: the science of our moral dilemmas*. Nueva York, Estados Unidos: Dana Press; 2005.
8. Bennett M, Dennett D, Hacker P, Searle J. *Neuroscience & philosophy, brain, mind, & language*. Nueva York, Estados Unidos: Columbia University Press; 2007.
9. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. *The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews*. *BMJ*. 2021;372:n71. DOI: 10.1136/bmj.n71
10. Wexler BE. *Brain and Culture*. Cambridge, Reino Unido: MIT Press; 2006.
11. Fuster JM. *Neurociencia, los cimientos cerebrales de nuestra libertad*. México: Booket Paidós; 2014.
12. Sternberg EJ. *NeuroLogic: The brain's hidden rationale behind our irrational behavior*. Nueva York, Estados Unidos: Vintage Books (Penguin); 2015.
13. Pfaff DW. *The altruistic Brain: How we are naturally good*. Nueva York, Estados Unidos: Oxford University Press; 2015.
14. Ramos-Zúñiga R. *Neuroanatomía de la esperanza*. Segunda edición. Guadalajara, México: Fondo Editorial Universitario; 2020.
15. Zeki S. *Splendors and miseries of the Brain*. Estados Unidos: Wiley-Blackwell; 2009.
16. Fuchs T. Ethical issues in neuroscience. *Curr Opin Psychiatry*. 2006;19(6):600-607. DOI: 10.1097/01.yco.0000245752.75879.26>
17. Glannon W. *Defining right and wrong in brain science*. Nueva York, Estados Unidos: Dana Foundation; 2007.
18. Illes J, Sahakian BJ. *The Oxford handbook of Neuroethics*. Oxford, Reino Unido: University Press; 2013.
19. Wexler A. At the crossroads of neuroethics and policy: navigating neurorights and neurotechnology governance. *AJOB Neurosci*. 2024;15(2):77-79. DOI: 10.1080/21507740.2024.2330570
20. Illes J. *Neuroethics, defining the issues in theory, practice and policy*. Oxford, Reino Unido: University Press; 2006.
21. Racine E. *Pragmatic Neuroethics*. Cambridge, Reino Unido: MIT Press; 2010.
22. Ramos-Zúñiga R. La neuroética como una nueva perspectiva epistemológica en neurociencias. *Rev Neurol*. 2014;16;58(4):145-146. DOI: 10.33588/rn.5804.2014036
23. Ramos-Zúñiga R. *Neuroethics are more than the bioethics of neuroscience*. *Surg Neurol Int*. 2015;6:24. DOI: 10.4103/2152-7806.151288
24. Ramos-Zúñiga R. *Los artificios de la inteligencia. Del pensamiento creativo al algoritmo*. Guadalajara, México: Ediciones de la Noche; 2023.
25. Christian B, Griffiths T. *Algorithms to live by: the computer science of human decisions*. Nueva York, Estados Unidos: Henry Holt Company; 2016.
26. Fuchs C, Bichler RM, Raffl C. Cyberethics and co-operation in the information society. *Sci Eng Ethics*. 2009;15(4):447-466. DOI: 10.1007/s11948-009-9138-1.
27. Voigtlaender S, Pawelczyk J, Geiger M, Vaios EJ, Karschnia P, Cudkowicz M, et al. Artificial intelligence in neurology: opportunities, challenges, and policy implications. *J Neurol*. 2024;271(5):2258-2273. DOI: 10.1007/s00415-024-12220-8
28. Moss AU, Li ZR, Rommelfanger KS. Assessing the perceived value of neuroethics questions and policy to neuro-entrepreneurs. *Front Neurosci*. 2021;15:702019. DOI: 10.3389/fnins.2021.702019
29. De Gagne JC, Hwang H, Jung D. Cyberethics in nursing education: ethical implications of artificial intelligence. *Nurs Ethics*. 2023;9697330231201901. DOI: 10.1177/09697330231201901
30. De Gagne JC, Koppel PD, Kim SS, Park HK, Rushton S. Pedagogical foundations of cybervility in health professions education: a scoping review. *BMC Med Educ*. 2021;21(1):79. DOI: 10.1186/s12909-021-02507-z
31. Klein E, Kinsella M, Stevens I, Fried-Okne M. Ethical issues raised by incorporating personalized language models into brain-computer interface communication technologies: a qualitative study of individuals with neurological disease. *Disabil Rehabil Assist Technol*. 2024;19(3):1041-1051. DOI: 10.1080/17483107.2022.2146217
32. Klein E. Ethics and the emergence of brain-computer interface medicine. *Handb Clin Neurol*. 2020;168:329-339. DOI: 10.1016/B978-0-444-63934-9.00024-X
33. Bergeron D, Iorio-Morin C, Bonizzato M, Lajoie G, Orr Gaucher N, Racine É, et al. Use of invasive brain-computer interfaces in pediatric neurosurgery: technical and ethical considerations. *J Child Neurol*. 2023;38(3-4):223-238. DOI: 10.1177/08830738231167736

34. Fins JJ, Shulman KS. Neuroethics, covert consciousness, and disability rights: What happens when artificial intelligence meets cognitive motor dissociation? *J Cogn Neurosci.* 2024;36(8):1667-1674. DOI: 10.1162/jocn\_a\_02157
35. Zohny H, Savulescu J. When two become one: singular duos and the neuroethical frontiers of brain-to-brain interfaces. *Camb Q Healthc Ethics.* 2024;1-13. DOI: 10.1017/S0963180124000197
36. Soldado-Magraner J, Antonietti A, French J, et al. Applying the IEEE BRAIN neuroethics framework to intra-cortical brain-computer interfaces. *J Neural Engl.* 2024;21:022001. DOI: 10.1088/1741-2552/ad3852
37. Okun MS, Marjenin T, Ekanayake J, Gilbert F, Doherty SP, Pilkington J, et al. Definition of implanted neurological device abandonment: a systematic review and consensus statement. *JAMA Netw Open.* 2024;7(4):e248654. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2024.8654
38. Suresh V, Dave T, Ghosh S, Jena R, Sanker V. Deep brain stimulation in Parkinson's disease: a scientometric and bibliometric analysis, trends, and research hotspots. *Medicine (Baltimore).* 2024;103(20):e38152. DOI: 10.1097/MD.00000000000038152
39. Namazi H, Mirikermanshahi S. The medicalization of ethics or ethicalization of neuroscience: toward a conceptual re-examination. *IBRO Neurosci Rep.* 2024;16:567-570. DOI: 10.1016/j.ibneur.2024.04.004
40. Fukushi T. East Asian perspective of responsible research and innovation in neurotechnology. *IBRO Neurosci Rep.* 2024;16:582-597. DOI: 10.1016/j.ibneur.2024.04.009
41. Farahany NA. The battle for your brain: defending the right to think freely in the age of neurotechnology. Nueva York, Estados Unidos: St. Martin Press; 2023.
42. Lissak IA, Young MJ. Limitation of life sustaining therapy in disorders of consciousness: ethics and practice. *Brain.* 2024;147(7):2274-2288. DOI: 10.1093/brain/awae060
43. Ramos-Zúñiga R, González-Pérez O, Macías-Ornelas A, Capilla-González V, Quiñones-Hinojosa A. Ethical implications in the use of embryonic and adult neural stem cells. *Stem Cells Int.* 2012;2012:470949. DOI: 10.1155/2012/470949