

Alba Marcela Zárate Rochín, Jesús Maximiliano Guasso Rodríguez y Aníbal Medina Cabrera



Neurotecnologías y neuroderechos: un mundo futurista haciéndose presente

Resumen

Las neurotecnologías permiten registrar, analizar y modificar la actividad del sistema nervioso y tienen aplicaciones en diversos ámbitos, uno de ellos, el de la salud. Su creciente desarrollo plantea desafíos relacionados con la privacidad mental, la autonomía y el acceso equitativo. En este contexto, los neuroderechos buscan proteger a las personas frente al uso y avance de estas tecnologías.

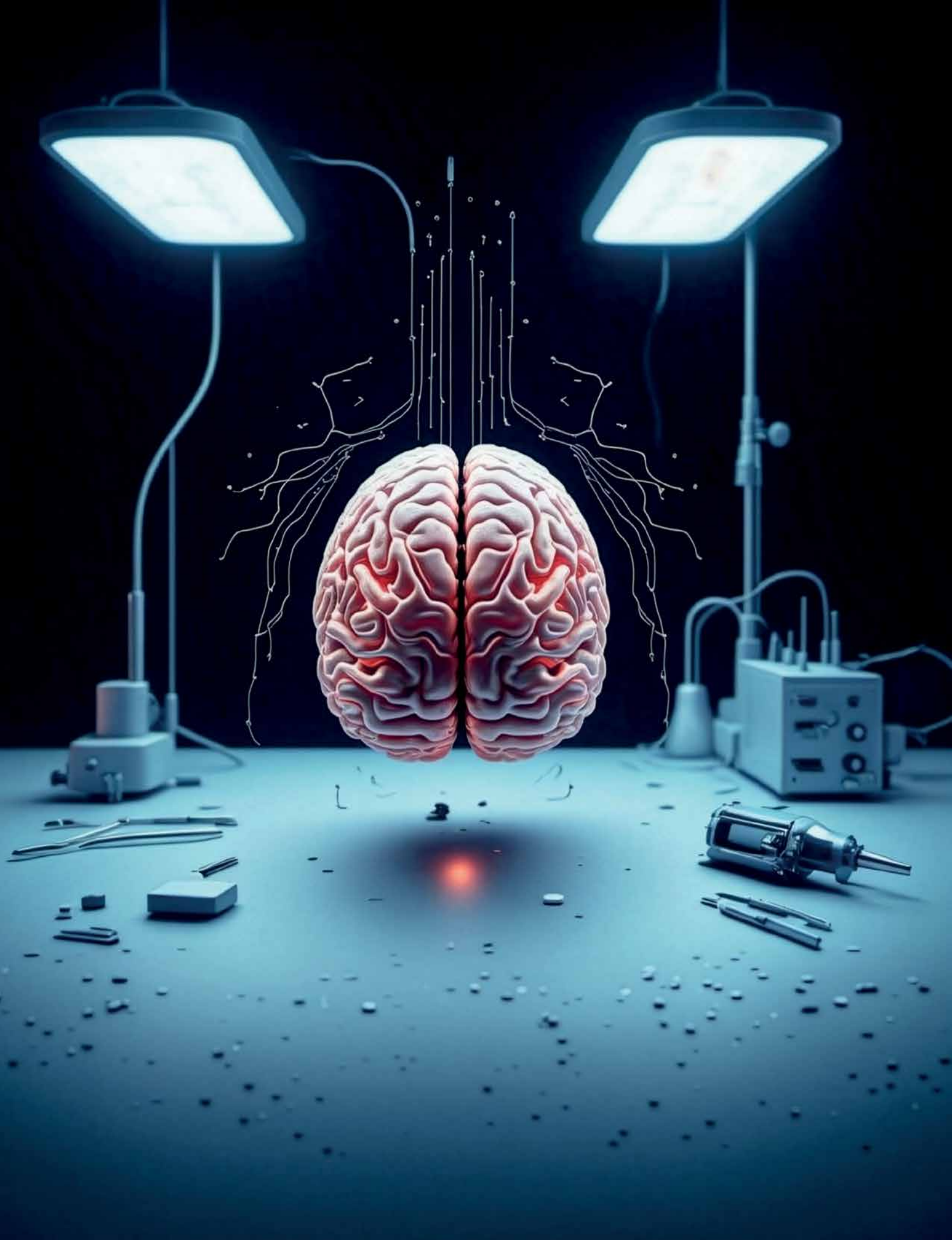
Abstract

Neurotechnologies make it possible to record, analyze, and modify nervous system activity and have applications in various fields, such as healthcare. Their growing development raises challenges related to mental privacy, autonomy, and equitable access. In this context, neurorights seek to protect people against the use and advancement of these technologies.

Introducción

Imagina un futuro en el que la ciencia ficción se convierte en realidad y un dispositivo conectado a tu cerebro te permite controlar tu entorno con sólo pensarlo. Te despiertas, piensas en una taza de café y la cafetera comienza a prepararlo. Si bien este escenario –cada vez menos lejano– presenta posibilidades sorprendentes, también plantea cuestiones importantes: ¿qué información sobre nuestra actividad cerebral podría obtenerse mediante estas tecnologías?, ¿quién podría acceder a ella?, ¿cómo podría utilizarse?

Estas interrogantes adquieren especial relevancia ante el rápido desarrollo de las neurotecnologías y su creciente aplicación, particularmente, en el ámbito de la salud. El acceso equitativo, la privacidad mental y la autonomía se presentan como posibles desafíos que deben asumirse y debatirse con el fin de establecer mecanismos que protejan a las personas del uso de estas tecnologías. Dado este



contexto, en este artículo exploramos las principales aplicaciones de las neurotecnologías, sus beneficios y riesgos, así como el debate ético y jurídico surgido en torno a ellas bajo el término de los neuroderechos.

■ **Las neurotecnologías en el ámbito de la salud**

■ A grandes rasgos, las neurotecnologías pueden entenderse como un conjunto de herramientas y técnicas que permiten registrar, analizar y modificar la actividad del sistema nervioso, especialmente del cerebro. Aunque el término “neurotecnología” es relativamente reciente, algunas de las técnicas que actualmente se incluyen en este campo se utilizan desde hace décadas.

Un ejemplo ilustrativo es la terapia electroconvulsiva, desarrollada durante el siglo xx como tratamiento psiquiátrico y conocida popularmente como *electroshock*. Esta técnica utiliza corrientes eléctricas controladas para producir una convulsión terapéutica bajo condiciones médicas supervisadas. En la actualidad existen diferentes técnicas de neuromodulación o estimulación cerebral basadas en este procedimiento, que se utilizan o investigan para el tratamiento de diferentes trastornos neurológicos y psiquiátricos, entre ellos la depresión, la enfermedad de Parkinson y la epilepsia.

Otra técnica relacionada con la regulación de la actividad cerebral es el *neurofeedback*, que le propor-

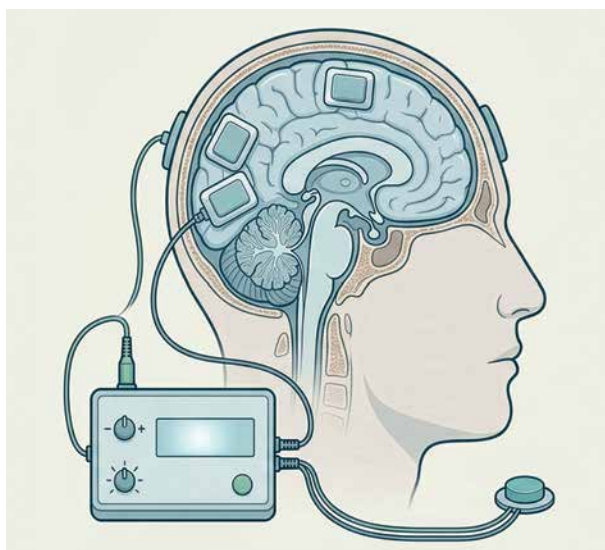
ciona a una persona información en tiempo real sobre determinadas señales de su actividad cerebral con el objetivo de que aprenda a modificarlas. Para ello pueden utilizarse registros electroencefalográficos y señales visuales o auditivas como retroalimentación. El *neurofeedback* ha sido estudiado en diferentes condiciones, entre ellas el trastorno por déficit de atención e hiperactividad, el insomnio y la ansiedad, aunque su eficacia y nivel de evidencia varían dependiendo de la condición y del protocolo utilizado.

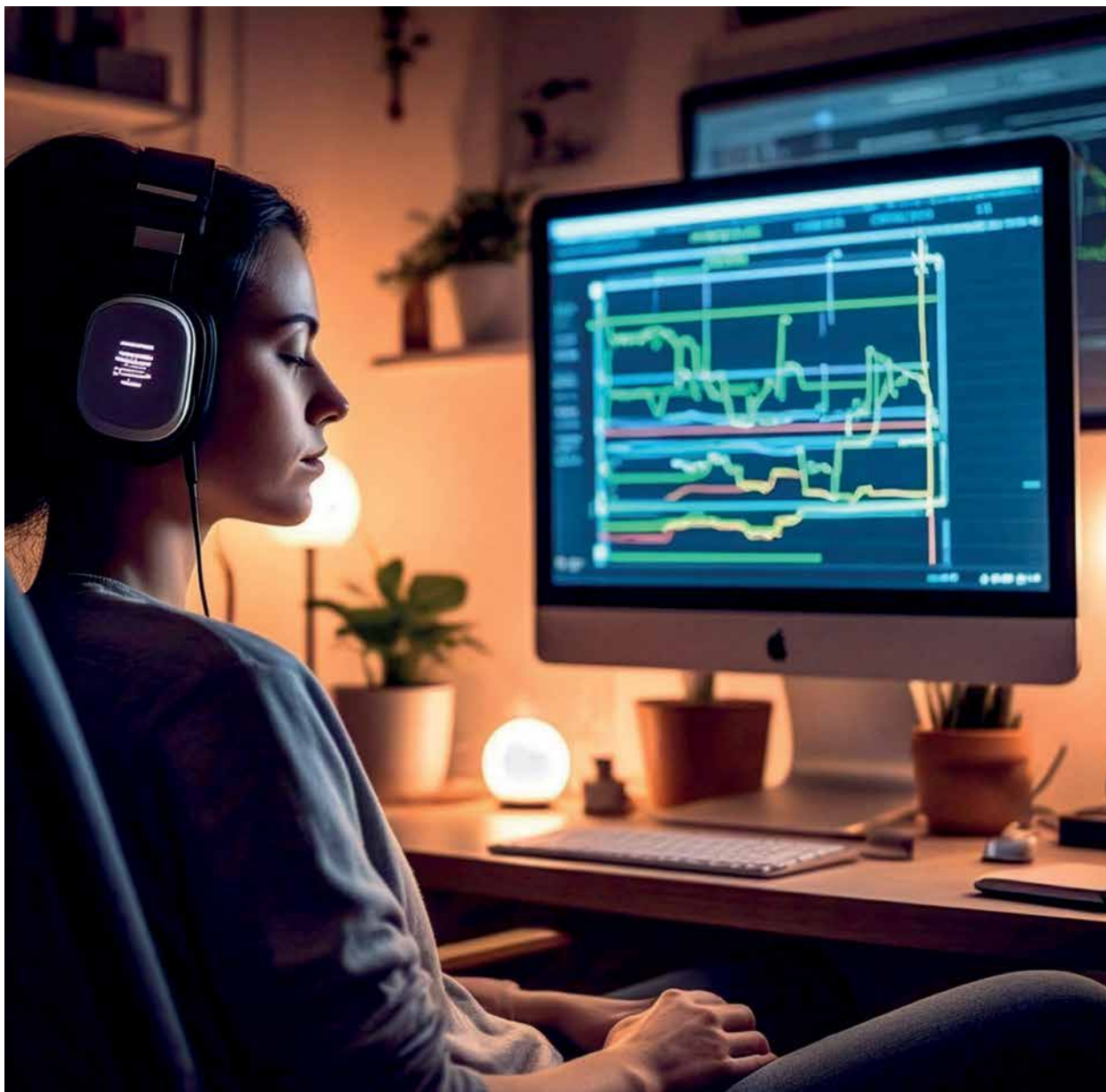
Por otro lado, las interfaces cerebro-computadora o BCI (por sus siglas en inglés) permiten establecer una vía de comunicación entre la actividad cerebral y dispositivos externos sin depender de comandos motores convencionales. Estas interfaces tienen aplicaciones particularmente relevantes en la rehabilitación de personas con alteraciones motoras graves, ya que pueden permitir el control de dispositivos externos, como prótesis o sistemas de asistencia. También se investigan sus posibles aplicaciones en el entrenamiento y la rehabilitación de distintas funciones cognitivas y motoras mediante entornos virtuales y otras herramientas digitales.

Otro conjunto de herramientas ampliamente utilizado corresponde a las técnicas de neuroimagen, como la *resonancia magnética funcional* (fMRI) y la *tomografía por emisión de positrones* (PET), que permiten estudiar distintos aspectos de la estructura y la función cerebral. Estas técnicas tienen aplicaciones en la investigación neurocientífica y biomédica que contribuyen al diagnóstico, seguimiento y estudio de distintos padecimientos.

El desarrollo de estas neurotecnologías ha adquirido gran relevancia precisamente por la elevada prevalencia de las enfermedades neurológicas que hoy en día representan una importante carga para la salud mundial. Muchas de estas enfermedades carecen todavía de tratamientos curativos, por lo que el desarrollo de nuevas herramientas para su diagnóstico, rehabilitación y tratamiento resulta especialmente valioso.

Asimismo, la integración de la inteligencia artificial (IA) está ampliando las posibilidades de análisis de grandes cantidades de información médica y neurocientífica. Los algoritmos pueden contribuir a





identificar patrones en imágenes y otros datos clínicos, así como al desarrollo de herramientas para el diagnóstico y la personalización de tratamientos. En este sentido, una línea de investigación bastante peculiar es el desarrollo de los llamados *gemelos digitales*, modelos virtuales que buscan representar características de un individuo y que podrían utilizarse para simular y evaluar posibles respuestas a determinadas intervenciones clínicas.

En conjunto, estos avances muestran el gran potencial de las neurotecnologías y la IA para trans-

formar diferentes áreas de la investigación y la atención médica. Sin embargo, su desarrollo e implementación también plantean desafíos tecnológicos, sociales y éticos que deben analizarse cuidadosamente para promover un uso seguro, responsable y equitativo.

Riesgos de las neurotecnologías

 Algunas neurotecnologías permiten registrar y procesar datos neuronales y otra información relaciona-

da con la actividad del sistema nervioso. Por ello, el creciente desarrollo de dispositivos invasivos y no invasivos, tanto para aplicaciones clínicas como de investigación y consumo, plantea interrogantes sobre la recopilación, almacenamiento, procesamiento y posible uso de dicha información fuera de los contextos de origen. Al considerarse información sensible sobre la fisiología o la salud de una persona, su protección constituye uno de los principales desafíos asociados con el desarrollo de estas tecnologías (OECD, 2019).

Al igual que ocurre con otros sistemas digitales, las neurotecnologías pueden presentar vulnerabilidades de seguridad que podrían permitir el acceso no autorizado a información personal. Por lo que, conforme aumente su uso, será necesario desarrollar mecanismos de protección que reduzcan los riesgos asociados con el procesamiento y transmisión de los datos; especialmente ante la posibilidad de que determinada información obtenida de la actividad cerebral permita realizar inferencias sobre aspectos relacionados con los estados o procesos mentales de las personas.

Esto es muy relevante ya que, actualmente, la propaganda política, la publicidad comercial, las campañas de salud y otras formas de comunicación persuasiva buscan orientar actitudes, preferencias o conductas mediante distintas estrategias. Desde las neurociencias se ha observado que la efectividad de este tipo de comunicación se relaciona con procesos cognitivos y afectivos asociados con la valoración, la recompensa y la relevancia social, los cuales intervienen en la toma de decisiones (Vezich y cols., 2017). Esto no implica que la comunicación persuasiva sea lo único que determina nuestras acciones, pero sí puede influir de forma importante en la manera en que evaluamos la información y elegimos entre distintas alternativas.

En los entornos digitales, esta capacidad de persuasión adquiere nuevas características debido al uso de algoritmos que seleccionan y recomiendan contenidos a partir del comportamiento y las preferencias de los usuarios. Esta personalización puede modificar aquello a lo que una persona se encuentra expuesta y aumentar la presencia de determinados

contenidos. Sin embargo, los efectos de estos sistemas sobre fenómenos complejos, como la polarización política o las decisiones de consumo, dependen de múltiples factores y continúan siendo objeto de investigación.

En este contexto, el desarrollo de las neurotecnologías plantea una preocupación adicional respecto a que la información obtenida a partir de datos neuronales pueda utilizarse en el futuro para desarrollar formas de personalización o persuasión más específicas. Esta posibilidad refuerza la necesidad de establecer límites claros para la recopilación y el uso de esta información, particularmente cuando pueda emplearse para influir en la toma de decisiones o comprometer la autonomía de las personas.

Otro desafío importante se refiere al acceso a las neurotecnologías. Su desarrollo e implementación pueden implicar costos elevados debido a la complejidad científica y tecnológica, así como al uso de componentes especializados, como sensores, microchips y materiales biológicos. Estas condiciones pueden limitar su disponibilidad y profundizar las desigualdades existentes en la atención sanitaria. Por lo tanto, garantizar un acceso equitativo resulta relevante no sólo desde la perspectiva del derecho a la salud, sino en términos de justicia social y ética. Este desafío podría adquirir aún más relevancia con el uso de neurotecnologías destinadas a mejorar determinadas capacidades cognitivas, por lo que un acceso inequitativo podría profundizar o generar nuevas formas de desigualdad.

El debate sobre los neuroderechos

Los riesgos y desafíos asociados con las neurotecnologías han dado lugar a importantes debates en el campo de la *neuroética*, área que aborda las implicaciones éticas, sociales y filosóficas de los avances en las neurociencias. Entre sus principales interrogantes se encuentran: ¿se debe permitir la mejora cognitiva no terapéutica?, ¿hasta qué punto es éticamente aceptable intervenir el cerebro?, ¿cómo puede la modificación de los procesos cognitivos afectar la identidad personal?, ¿qué implicaciones tendría para la equidad y la justicia social?



Asimismo, los avances recientes en neurotecnologías están haciendo posible inferir, bajo condiciones experimentales específicas, información relacionada con determinados estados y contenidos mentales a partir de la actividad cerebral (Tang y cols., 2023). Aunque las tecnologías actuales no permiten un acceso directo y generalizado a los pensamientos, estos avances plantean dudas significativas sobre la privacidad mental y el uso de los datos neuronales.

Cabe destacar que la discusión sobre los neuroderechos ha dado lugar a distintas propuestas y clasi-

ficaciones. En ese marco, Marcello Ienca y Roberto Andorno (2017) analizaron la necesidad de adaptar el marco de los derechos humanos ante los avances de las neurotecnologías y propusieron cuatro derechos relacionados con la protección de la dimensión mental: libertad cognitiva, privacidad mental, integridad mental y continuidad psicológica. Otra propuesta influyente surgió del Morningside Group, donde Rafeal Yuste y colaboradores (2017) identificaron cuatro áreas prioritarias: privacidad y consentimiento, agencia e identidad, mejora cognitiva y



sesgos. A partir de estos marcos, se han desarrollado cinco ámbitos clave de protección:

1. *Privacidad mental*: protege los datos neuronales y la información sobre los estados o procesos mentales que puedan obtenerse a partir de ellos.
2. *Identidad personal*: busca preservar la identidad y el sentido de sí mismo frente a posibles alteraciones derivadas del uso de las neurotecnologías.
3. *Libre albedrío o agencia*: protege la capacidad de tomar decisiones de manera autónoma, sin interferencias neurotecnológicas no consentidas.
4. *Acceso equitativo a la mejora mental*: plantea una distribución justa de los avances dirigidos a mejorar determinadas capacidades cognitivas, evitando profundizar desigualdades sociales.
5. *Protección frente al sesgo algorítmico*: busca evitar que los algoritmos utilizados junto con las neurotecnologías generen discriminación o reproduzcan sesgos.

Si bien estas propuestas han representado un avance importante en la discusión sobre la protec-

ción de la dimensión mental o cognitiva, existe un debate sobre si los desafíos derivados del uso actual y futuro de las neurotecnologías requieren el reconocimiento de nuevos derechos fundamentales. Mientras algunos consideran necesarias protecciones específicas, otros sostienen que los derechos ya reconocidos, como la privacidad, la libertad de pensamiento, la integridad personal y la no discriminación, pueden ofrecer una protección adecuada si se interpretan y aplican en los nuevos escenarios tecnológicos (p. ej., Bublitz, 2022). De acuerdo con esta última postura, la proliferación de nuevos derechos podría fragmentar el marco jurídico y disminuir la efectividad de los derechos existentes. La controversia, por tanto, no se limita a qué aspectos de la dimensión mental deben protegerse, sino también a cuál es la estrategia jurídica más adecuada para hacerlo.

En América Latina, Chile ha desempeñado un papel relevante en esta discusión. En 2021 promulgó la Ley núm. 21.383, que modificó el artículo 19 de su Constitución y estableció que la legislación debe resguardar de manera especial la actividad cerebral y la información proveniente de ella. Con ello, Chile se convirtió en uno de los primeros países en incorporar explícitamente esta protección en su marco constitucional.

En México, la discusión también ha llegado al ámbito legislativo. En 2024, se presentó una iniciativa para expedir una Ley General de Neuroderechos y Neurotecnologías orientada a regular el desarrollo y aplicación de estas tecnologías y proteger la dignidad y los derechos humanos. Este debate legislativo continúa en curso y uno de sus principales retos consiste en integrar una propuesta dentro de un marco normativo más amplio para una Ley General de Inteligencia Artificial donde se consideren medidas cautelares para los sistemas algorítmicos que vulneren la privacidad mental o promuevan sesgos o manipulación hacia los usuarios.

Conclusiones

El rápido desarrollo de las neurotecnologías tiene un enorme potencial para mejorar diversos aspectos

de la salud y la vida humanas; pero también plantea desafíos importantes. En este escenario, los neuroderechos constituyen una propuesta para fortalecer la protección de la dimensión mental frente al desarrollo de las neurotecnologías. Más allá de la estrategia jurídica adoptada, resulta fundamental garantizar la protección de la privacidad, la autonomía, la identidad y la integridad de las personas, así como promover un acceso equitativo a estas tecnologías. Por ello, se requiere abrir y fomentar un diálogo científico, ético, social y jurídico continuo, que permita discutir cómo aprovechar los beneficios de las neurotecnologías sin comprometer los derechos y la dignidad humanos.

Alba Marcela Zárate Rochín

Laboratorio de Neurocognición, Facultad de Psicología, Universidad Nacional Autónoma de México.

mzarateroc@gmail.com

Jesús Maximiliano Guasso Rodríguez

Licenciatura en Inteligencia Artificial, Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

maxito.78923@gmail.com

Anibal Medina Cabrera

Licenciatura en Inteligencia Artificial, Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

anibalmecca8@gmail.com

Referencias específicas

- Bublitz, J. C. (2022), "Novel neurorights: from nonsense to substance", *Neuroethics*, 15:7. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12152-022-09481-3>.
- Ienca, M. y R. Andorno (2017), "Towards new human rights in the age of neuroscience and neurotechnology", *Life Sciences, Society and Policy*, 13:5. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s40504-017-0050-1>.
- OECD (2019), "Recommendation of the Council on Responsible Innovation in Neurotechnology" (OECD/LEGAL/0457), Organisation for Economic Co-operation and Development [en línea]. Disponible en: <https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0457>, consultado el 30 de agosto de 2026.
- Tang, J., A. LeBel, S. Jain y A. G. Huth (2023), "Semantic reconstruction of continuous language from non-invasive brain recordings", *Nature Neuroscience*, 26(5):858-866. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41593-023-01304-9>.
- Vezich, I. S., P. L. Katzman, D. L. Ames, E. B. Falk y M. D. Lieberman (2017), "Modulating the neural bases of persuasion: why/how, gain/loss, and users/non-users", *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 12(2):283-297. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/scan/nsw113>.
- Yuste, R., S. Goering, B. Agüera y Arcas *et al.* (2017), "Four ethical priorities for neurotechnologies and AI", *Nature*, 551:159-163. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/551159a>.