

HORIZONTE DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y NEUROCIENCIAS. ACERCA DE ROBOTS, ANDROIDES Y CYBORGS

ALEJANDRA T. RABADÁN¹⁻³

¹Instituto de Investigaciones Médicas Alfredo Lanari, Universidad de Buenos Aires,

²Subcomisión de Neuroética, Asociación Argentina de Neurocirugía, ³Comité Académico de Ética en Medicina, Academia Nacional de Medicina, Buenos Aires, Argentina

Resumen La inteligencia artificial permite que los procesos cerebrales sean analizados como procesos computacionales. Presenta dos líneas inquietantes: el Proyecto *Robot*, llamado androide cuando es antropomórfico, y el Proyecto *Cyborg*. Los *robots* están destinados a tareas repetitivas, riesgosas o de precisión, en las que pueden superar las limitaciones humanas, no percibiéndose conflictos éticos aunque sí nuevos desafíos en la organización social. Respecto de los androides, más allá de sus capacidades, habrá que considerar los efectos que puedan ocurrir en el ser humano durante la interacción con la máquina, como el impacto de la mímica androide sobre la emoción y estado de ánimo. Los *cyborgs* son criaturas compuestas por elementos orgánicos y cibernéticos cuya finalidad es emular o mejorar las capacidades de la parte orgánica. No se reconoce conflicto en su empleo para rehabilitación o para suplir funciones alteradas o ausentes; aspectos negativos serían su uso para la manipulación. Otra aplicación del proyecto *cyborg* a considerar es el *enhancement*, término utilizado en la literatura anglosajona para definir el aumento de facultades neurocognitivas o sensoriales mediante la estimulación transcraneal o intracraneal. El conflicto neuroético surge porque el objetivo no es curar sino la perfectibilidad, o nuevas modalidades de percepción. Los profesionales de la salud deben actuar en un entorno nuevo y cambiante que trasciende las neurociencias y la salud pública. El progreso continúa; por lo que se debe informar a la sociedad, anticipar dilemas, y ofrecer espacios de reflexión para la toma de decisiones individuales y para la especie humana.

Palabras clave: cibernética, inteligencia artificial, neuromodulación, neurociencias, neurocirugía, robótica

Abstract *Horizon of artificial intelligence and neurosciences. About robots, androids and cyborgs.*

Artificial intelligence permits cerebral processes to be analyzed like computing processes. We can recognize two disturbing lines we can call: *The Robot Project*, android when is anthropomorphic, and *The Cyborg Project*. Robots are destined to perform repetitive, risky or accurate tasks in which they can surpass human limitations. No ethical conflicts are perceived here but there are new challenges to be faced as far as the social organization is concerned. As regards androids, apart from their robotic capabilities, their effect on the human being during interaction should be considered, as the impact of mimic's android on the emotion. The cyborgs are creatures composed by biological and cybernetic elements whose goal is to improve the capabilities of their biological parts. There has been no evidence of conflict in their use for rehabilitation or to supply impaired or non-existing functions. It would be different if they were used for manipulative activities. Another application of the cyborg project to consider is the term "enhancement", used to describe the increase of neurocognitive or sensory faculties through transcranial/intracranial stimulation. The ethical conflict here lies in the fact that the focus is not so much on healing but on seeking perfectibility or new modalities of perception. Health professionals must act in a new and constantly changing environment that transcends neurosciences and public health. Progress never stops; so, society have to be informed, anticipate dilemmas, and make room for reflection to help decision-making processes that involve individuals as well as the whole human species.

Key words: cybernetics, artificial intelligence, neuromodulation, neuroscience, neurosurgery, robotics

La inteligencia artificial (IA) consiste en la simulación de algunas actividades del sistema nervioso humano mediante máquinas. La primera publicación sobre este

tema, que dio origen al término, fue *Computing Machinery and Intelligence* de Alan Turing en 1950¹.

La IA se refiere a que algunos de los procesos que se llevan a cabo en el cerebro pueden ser analizados, con un cierto nivel de abstracción, como procesos computacionales^{2, 3}. Hasta ahora los sistemas de IA se han basado en los aspectos racionales de la inteligencia; lo que los convierte en eficientes para algunas tareas, ya que por ejemplo no se distraen de la meta que deben alcanzar, como puede ocurrirle al ser humano frente

Recibido: 22-IV-2019

Aceptado: 13-VIII-2019

Dirección postal: Alejandra T. Rabadán, Instituto de Investigaciones Médicas Alfredo Lanari, Universidad de Buenos Aires, Combatientes de Malvinas 3150, 1427 Buenos Aires, Argentina
e-mail: rabadan.alejandra@gmail.com

a perturbaciones emocionales, dolor, o simplemente cansancio. Además, dichos sistemas pueden combinar grandes cantidades de datos con algoritmos de una manera iterativa y rápida permitiendo al *software* aprender de los patrones identificados en el proceso; de este modo las máquinas pueden aprender por sí mismas y resolver problemas a fin de aumentar su eficacia. La interfase cerebro-computadora permite medir la actividad cerebral, procesarla y también crear canales de comunicación con el entorno. Podemos definirla como un sistema capaz de traducir los fenómenos del sistema nervioso en interacción real con un mundo virtual.

Importancia de la inteligencia artificial para la medicina

¿Por qué los que trabajamos en distintas áreas de las neurociencias (neurocirugía, neurología, salud mental) debemos especialmente involucrarnos en conocer estos temas? Porque nos ocupamos del cerebro, órgano responsable de nuestras percepciones, de nuestros pensamientos y de nuestra conciencia. El conocimiento y/o la manipulación involucran a lo más genuino e intransferible del ser humano⁴.

El desarrollo de las neurociencias en las últimas décadas ha sido muy importante, ligado a los avances en el conocimiento neurobiológico del cerebro, de los métodos de diagnóstico por imágenes, la genética y biología molecular, al mismo tiempo que la informática y la cibernética.

Relación con la neuroética

Tan impactante ha sido la evolución y su proyección a futuro, que en 2013, la Comisión Europea para el Futuro y las Tecnologías Emergentes lanzó el *Human Brain Project* (HBP); destinaron un presupuesto de 1000 millones de euros con el objetivo de apoyar las investigaciones, que mediante la informática u otras tecnologías, pudieran reproducir parcial o totalmente funciones cerebrales, como por ejemplo el diseño de prototipos de *chips* neuromórficos que pretenderán emular las capacidades del cerebro como la percepción, la acción y la cognición⁵. Paralelamente el mismo año 2013, se inicia el *National Institutes of Health Brain Initiative (Brain Research through Advancing Innovative Technologies)* en EE.UU., cuyo propósito es acelerar el desarrollo y la aplicación de las innovaciones neurotecnológicas con el fin de revolucionar el conocimiento del cerebro sano y las disfunciones de los circuitos en el enfermo⁶.

Los avances científico-tecnológicos tienen claras implicancias filosóficas, económicas, jurídicas y sociales sobre los seres humanos, y es por ello que se plantea la necesidad de reflexionar sobre sus consecuencias, especialmente en el campo de la neuroética, rama muy

joven de la bioética, nacida en 2002, que se ocupa de los dilemas originados en el desarrollo de las neurociencias⁷. Por estos motivos, los dos proyectos mencionados tienen en común el hecho de que prevén el surgimiento de dilemas éticos, e incorporan ya desde el comienzo la participación de subcomisiones asesoras de neuroética^{5,6}.

Algunos ejemplos de IA se están utilizando desde hace ya algún tiempo y no conllevan ningún cuestionamiento; se trata de la incorporación de elementos para realizar cirugías más sofisticadas y de mejor calidad, como el empleo de brazos robóticos, o neuronavegación intraoperatoria. Una aplicación muy interesante es el papel de la IA en la educación médica mediante el aprendizaje, planificación y realización de procedimientos mínimamente invasivos; donde la cirugía telerrobotizada asistida por computadoras será parte de las herramientas quirúrgicas⁸. Últimamente también se desarrollaron aplicaciones que intentan contribuir con las tomas de decisiones médicas⁹.

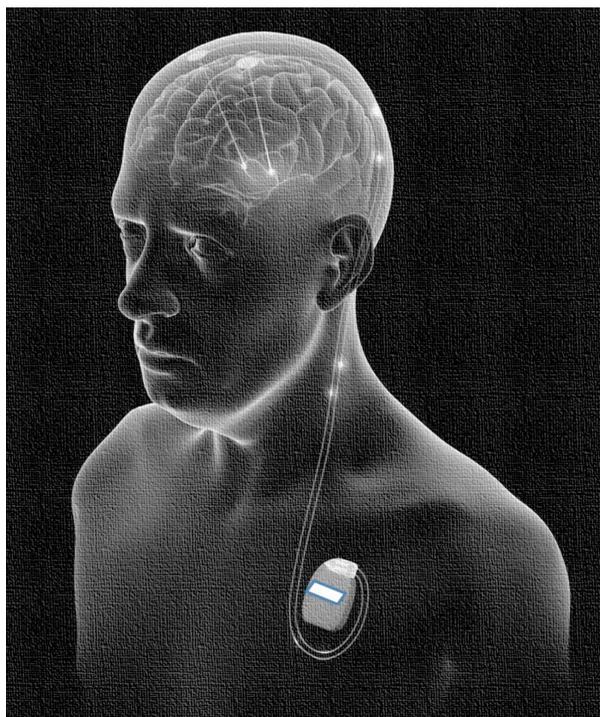
También en las últimas décadas se han utilizado procedimientos que genéricamente se denominan neuromodulación; se trata de técnicas neuroquirúrgicas mínimamente invasivas destinadas a tratar síntomas, síndromes o enfermedades refractarias a los tratamientos médicos convencionales, como ciertos tipos de dolor crónico, movimientos anormales, epilepsia, psicocirugía para trastornos obsesivo-compulsivos, depresión grave, anorexia, o para estados de conciencia alterados¹⁰⁻²⁰. Se utilizan blancos cerebrales específicos en donde se implantan estimuladores, procedimientos conocidos como estimulación cerebral profunda, o por sus siglas en inglés DBS (*deep brain stimulation*) (Fig. 1). La DBS moderna comprende nuevos dispositivos que guiados por programas tecnológicos y computacionales logran estimular, disminuir o detener la actividad de determinados circuitos del sistema nervioso con precisión y anticipación²⁰. Han mostrado efectividad en casos apropiadamente seleccionados por un equipo multidisciplinario y eventualmente con la participación del Comité de Ética Institucional.

Proyectos robot (androide) y Cyborg

Pero lo más inquietante es lo que está viniendo, y nos preguntamos ¿estamos realmente hablando del futuro? ... porque en realidad ya está entre nosotros... Podemos sintetizarlo en dos grandes líneas de aplicación de la IA: uno es Proyecto robot, también conocido como androide cuando es antropomórfico, y el Proyecto *cyborg*.

Los robots son creaciones tecnológicas que están destinados a realizar tareas repetitivas, riesgosas, o de altísima precisión en las que pueden superar las limitaciones biológicas del ser humano; no se perciben conflictos desde lo neuroético sino como nuevos desafíos en la organización social debido al efecto económico, jurídico o sociológico. En este sentido, solamente se trataría de

Fig. 1.— Esquema de sistema de neuroestimulación profunda cerebral



orientar el desarrollo científico hacia la mejora efectiva de las condiciones de vida de todos.

Sin embargo, es de destacar que algunos de estos avances nos enfrentan con perspectivas nuevas, pero de bases neurobiológicas conocidas como son las activaciones de ciertas áreas cerebrales ante el reconocimiento facial y gestual²¹. Es así, que en ocasión de la presentación de la robot antropomórfica Sophia, escena que puede verse en *YouTube*, es sorprendente observar no solo las habilidades de la androide, sino todavía más la actitud del entrevistador humano, quien a pesar de estar en conocimiento de que interactuaba con una máquina, espontáneamente le sonreía y modificaba sus expresiones, mostrándose seducido por la mímica de la robot-androide.

Algunas de estas IA tienen capacidad de aprendizaje, superándose a sí mismas. Tal vez lo más crítico no es lo que atañe a simples funciones sino que pueden aprender a reconocer las emociones humanas mediante patrones de actitudes y gestualidad, cuya finalidad es mejorar la interacción hombre-máquina. Estas cuestiones nos exigen reflexiones de nuestros esquemas éticos que nos ayuden a actuar de forma responsable en un entorno nuevo y cambiante.

El *cyborg*, a diferencia del robot, es la criatura compuesta por elementos orgánicos y dispositivos cibernéticos²²⁻²⁴. La finalidad suele ser mejorar las capacidades de la parte orgánica mediante el uso de la tecnología.

No existe ningún conflicto a la vista en la aplicación de la cibernética para suplir funciones afectadas o ausentes por ejemplo en la audición, ojos biónicos, miembros paralizados, algunos estados alterados de conciencia, o asimismo en procesos de rehabilitación de defectos neurológicos mediante el uso de la realidad virtual. Las alertas deben existir por el uso potencial de los dispositivos tecnológicos para la manipulación de la personalidad o realización de actos criminales.

Enhancement neurocognitivo

El abanico de aplicaciones *cyborg* es inmenso y nos enfrenta con otro tema: el *enhancement*, término utilizado en la literatura anglosajona para definir el aumento de facultades neurocognitivas o de los fenómenos sensoriales mediante la cibernética, específicamente a través de la estimulación transcraneal y la intracraneal^{4, 25-27}. El conflicto neuroético surge acá porque lo que se está buscando no es la curación sino la "perfectibilidad" o tal vez "nuevas modalidades de percepción de los sentidos". Más allá de las preguntas que puedan surgir, como ¿cuáles serían los efectos a largo plazo en el cerebro humano?, surgen otras, como ¿quién regulará la mejora? ¿a quiénes se les aplicará? y en tal caso ¿quién lo solventará?... ¿este aumento de la cognición será para todos?... ¿o solamente para unos pocos?

Reflexión final

Los profesionales de la salud tendrán que enfrentar problemas que trascienden a las Neurociencias y a la Salud Pública. El progreso de la ciencia nunca se detiene, motivo por el cual se debe estar alerta, anticipándose a los dilemas, informando a la comunidad científica y a la sociedad, a la que se debe servir, ofreciendo espacios de reflexión que ayuden a tomar las mejores decisiones individuales y para la especie humana en su conjunto.

Conflicto de intereses: Ninguno para declarar

Bibliografía

1. Turing AM. Computing machinery and intelligence. *Mind* 1950; 49: 433-60.
2. Wolpaw JR, Birbaumer N, McFarland DJ, Pfurtscheller G, Vaughan TM. Brain-computer interfaces for communication and control. *Clin Neurophysiol* 2002; 113: 767-91.
3. Wolpaw JR, Wolpaw EW. Brain-computer interfaces: Principles and Practice. New York: Oxford University Press, 2012.
4. Rabadán AT. Neuroethics scope at a glance. *Surg Neurol Int* 2015; 6: 183.
5. Human Brain Project. 2013. En: <http://www.humanbrain-project.eu>; consultado enero 2019.
6. Brain Initiative (Brain Research through Advancing Innova-

- tive Technologies), 2013. En: <http://braininitiative.nih.gov/>; consultado enero 2019.
7. The Dana Foundation. Neuroethics: Mapping the Field. Cerebrum. 2002. En: http://www.dana.org/Cerebrum/2002/Neuroethics_Mapping_the_Field/; consultado enero 2019.
 8. Wachs JP, Gómez G. Telementoring systems in the operating room: a new approach in medical training. *Medicina (B Aires)* 2013; 73: 539-42.
 9. Sarkiss CA, Germano IM. Machine learning in Neuro-Oncology: Can data analysis from 5346 patients change decision making paradigms? *World Neurosurg* 2019; 124: 287-94.
 10. Cabrera LY, Evans EL, Hamilton RH. Ethics of the electrified mind: Defining issues and perspectives on the principled use of brain stimulation in medical research and clinical care. *Brain Topogr* 2014; 27:33-45.
 11. Collinger JL, Wodlinger B, Downey JE. High-performance neuroprosthetic control by an individual with tetraplegia. *The Lancet* 2013; 381: 557-64.
 12. Deng ZD, McClintock SM, OEY NE, Luber B, Lisanby SH. Neuromodulation for mood and memory: from the engineering bench to the patient bedside. *Curr Opin Neurobiol* 2015; 30: 38-43.
 13. Finns JJ. From psychosurgery to neuromodulation and palliation: history's lessons for the ethical conduct and regulation of neuropsychiatric research. *Neurosurg Clin N Am* 2003; 14: 303-19.
 14. Hayempour BJ. Psychosurgery: Treating neurobiological disorders with neurosurgical intervention. *J Neurol Disord* 2013; 19:1.
 15. Mayberg HS, Lozano AM, Voon V, et al. Deep brain stimulation for treatment-resistant depression. *Neuron* 2005; 45: 651-60.
 16. Monti MM, Vanhaudenhuyse A, Coleman MR. Willfull modulation of brain activity in disorders of consciousness. *N Eng J Med* 2010; 362: 579-89.
 17. Owen AM, Coleman MR, Boly M, Davis MH, Laureys S, Pickard JD. Detecting awareness in the vegetative state. *Science* 2006; 313: 1402.
 18. Scherner M. Health, happiness and human enhancement dealing with unexpected effects of deep brain stimulation. *Neuroethics* 2013; 6: 435-45.
 19. Wardrope A. Authenticity and autonomy in deep-brain stimulation. *J Med Ethics* 2014; 40: 563-6.
 20. Klein E. Neuromodulation ethics: Preparing for brain-computer interface medicine. En: Neuroethics. Anticipating the future. Oxford University Press, 2017, pp 122-39.
 21. Hoffman KL, Gothard KM, Schmid MC, Logothetis NK. Report facial-expression and gaze-selective responses in the monkey amygdala. *Curr Biol* 2007; 17: 766-72.
 22. Reardon S. Welcome to Cyborg Olympics. *Nature* 2016; 536: 20-2.
 23. Service RF. Bioelectronics. The Cyborg era begins. *Science* 2013; 340: 1162-5.
 24. Wittes B, Chong J. Our cyborg future: Law and policy implications. Center for Technology Innovation at Brookings, 2014. En: <http://www.brookings.edu/research/our-cyborg-future-law-and-policy-implications>; consultado enero 2019.
 25. Cabrera LY. How does enhancing cognition affect human values? How does this translate into social responsibility. *Curr Top Behav Neurosci* 2015; 19: 223-41.
 26. Farah MJ. The unknowns of cognitive enhancement. *Science* 2015; 350: 379-80.
 27. Iuculano T, Cohen Kadosh R. The mental cost of cognitive enhancement. *J Neurosci* 2013; 33: 4482-6.

5. *Credo che l'accumulo della conoscenza avvenga sempre così: per linee spezzate anziché continue; attraverso false partite, correzioni, dimenticanze, riscoperte; grazie a filtri, e schemi che accecano e fanno vedere nello stesso tempo. In questo senso la vicenda interpretativa che o ricostruito con minuzia forse eccessiva può essere considerata quasi banale: non l'eccezione ma la regola.*

5. Creo que el acúmulo del conocimiento acontece siempre así: por líneas rotas en vez de continuas; a través de partidas falsas, correcciones, olvidos, redescubrimientos; gracias a filtros y esquemas que enceguecen y a la vez hacen ver. En este sentido el caso interpretativo que he reconstruido con minucia tal vez excesiva puede ser considerado casi banal: no la excepción sino la regla.

Carlo Ginzburg

IGli europei scoprono (o riscoprono) gli schamani.

En: *Il filo e le tracce. Vero, falso, finto. Milano; Feltrinelli, 2006; p 111*