

Implantes neurales y libertad morfológica

Luis Alejandro García-Rairán¹, Hernando Augusto Clavijo-Montoya²

¹Facultad de Medicina, Universidad El Bosque, Bogotá, Colombia

²Departamento de Bioética, Universidad El Bosque, Bogotá, Colombia

Resumen

Propósito/Contexto: como propuesta transhumanista, los implantes neurales generan un binomio cerebro-dispositivo que, desde la libertad morfológica, se considera como un derecho a ser sujetos y al mismo tiempo medios y protagonistas de las propias transformaciones; sin embargo, se presentan inquietudes de cómo se interpreta la libertad morfológica con el uso de estos dispositivos.

Metodología/Enfoque: con base en cinco casos ficticios, se realiza un análisis de las connotaciones que tienen los implantes neurales desde la libertad morfológica como postura transhumanista, entendida especialmente con base en los planteamientos de Anders Sandberg.

Resultados/Hallazgos: la libertad morfológica proporciona una mirada de la autonomía que dota de contenido al uso de los implantes neurales como propuesta transhumanista. Los desafíos que emergen implican reflexiones a situaciones como el hackeo, la privacidad de la información, el rendimiento personal, el uso militar y la misma identidad de las personas.

Discusión/Conclusiones/Contribuciones: como en otras neurotecnologías, los avances con los implantes neurales son progresivos, diversos y parecieran no tener límites, lo que aumenta las posibilidades de exploración en la procura del mejoramiento. Estas innovaciones también interpelan a la libertad morfológica, vistas desde un sujeto que al mismo tiempo se convierte en objeto para lograr el mejoramiento.

Palabras clave: bioética, libertad morfológica, prótesis neurales, implantes neurales.



Autor de correspondencia

Luis Alejandro García Rairán, Av. Cra. 9 No. 131A-02, Facultad de Medicina, Universidad El Bosque, Bogotá, Colombia. Correo-e: lagarcia@unbosque.edu.co



Historia del artículo

Recibido: 9 de septiembre, 2022
Evaluado: 30 de mayo, 2023
Aprobado: 9 de agosto, 2023
Publicado: 29 de noviembre, 2023



Cómo citar este artículo

García Rairán, Luis Alejandro y Hernando Augusto Clavijo Montoya. 2023. "Implantes neurales y libertad morfológica." *Revista Colombiana de Bioética* 18, no. 1: e4142. <https://doi.org/10.18270/rcb.v18i1.4142>

Neural implants and morphological freedom

Abstract

Purpose/Context: As a transhumanist proposal, neural implants generate a brain-device binomial that, from morphological freedom, is considered as a right to be subjects and at the same time means and protagonists of one's own transformations; however, concerns are raised about how morphological freedom is interpreted with the use of these devices.

Methodology/Approach: Based on five fictitious cases, an analysis of the connotations that neural implants have from morphological freedom as a transhumanist position, understood especially based on Anders Sandberg's approaches, is carried out.

Results/Findings: Morphological freedom provides a view of autonomy that gives content to the use of neural implants as a transhumanist proposal. The challenges that emerge involve reflections to situations such as hacking, information privacy, personal performance, military use, and the very identity of people.

Discussion/Conclusions/Contributions: As in other neurotechnologies, advances with neural implants are progressive, diverse and seem to have no limits, which increases the possibilities of exploration in the search for improvement. These innovations also challenge morphological freedom, seen from a subject that at the same time becomes an object to achieve enhancement.

Keywords: Bioethics, Morphological freedom, Neural prostheses, Neural implants.

Implantes neurais e liberdade morfológica

Resumo

Objetivo/Contexto: como proposta transhumanista, os implantes neurais geram um binômio cérebro-dispositivo que, a partir da liberdade morfológica, é considerado como um direito de ser sujeito e, ao mesmo tempo, meio e protagonista de suas próprias transformações; no entanto, surgem preocupações sobre como a liberdade morfológica é interpretada com o uso desses dispositivos.

Metodologia/Abordagem: com base em cinco casos fictícios, é feita uma análise das conotações dos implantes neurais do ponto de vista da liberdade morfológica como uma posição transhumanista, entendida especialmente com base nas abordagens de Anders Sandberg.

Resultados/Descobertas: a liberdade morfológica fornece uma visão de autonomia que dá conteúdo ao uso de implantes neurais como uma proposta transhumanista. Os desafios que surgem envolvem reflexões sobre situações como hacking, privacidade de informações, desempenho pessoal, uso militar e a própria identidade das pessoas.

Discussão/Conclusões/Contribuições: assim como ocorre com outras neurotecnologias, os avanços com os implantes neurais são progressivos, diversificados e parecem ilimitados, o que aumenta as possibilidades de exploração na busca de aprimoramento. Essas inovações também desafiam a liberdade morfológica, vista a partir de um sujeito que, ao mesmo tempo, se torna um objeto na busca do aprimoramento.

Palavras-chave: Bioética, liberdade morfológica, próteses neurais, implantes neurais.

Introducción

En una sociedad de la información que es cada vez más compleja, la demanda por el mejoramiento de las funciones cognitivas también aumenta de forma progresiva (Dresler et al. 2019). Dentro de las posibilidades que brindan las neurotecnologías, los implantes neurales representan una opción con sus propias particularidades, entre las que se encuentran la terapia, el mejoramiento del rendimiento y el contexto investigativo. En la actualidad es difícil encontrar una actividad que no se pueda relacionar con un entorno digital, por lo que se hace indispensable repensar cómo cada opción que ofrece la tecnología se relaciona con la propia vida humana, tanto física como mentalmente, incluyendo las interfases cerebro-máquina (Baranzoni 2020).

Se comprende que, en términos generales, las tecnologías que de alguna manera utilizan interfases cerebro-máquina presentan tres eras que pueden facilitar la identificación de las prioridades de las investigaciones y los desafíos bioéticos que se plantean: a) en el corto plazo, los usos en el entorno traslacional de investigación, b) en el mediano plazo, los usos como posibilidades terapéuticas y c) a largo plazo, los usos para el mejoramiento del rendimiento a nivel cerebral (Attiah y Farah 2014). El presente artículo se enfoca principalmente en los usos para el mejoramiento cerebral como propuesta del transhumanismo.

Con base en cinco casos hipotéticos sobre el hackeo, la privacidad de la información, el rendimiento personal, el contexto militar y la identidad, se realiza un análisis de las connotaciones que tienen los implantes neurales desde la perspectiva de la libertad morfológica en términos de posibilidades de mejoramiento y desafíos. La libertad morfológica como postura transhumanista se analiza con base en los planteamientos de Anders Sandberg y se recopilaron diferentes referencias sobre el tema, especialmente el texto considerado como su mayor referente en este campo del conocimiento: *Morphological Freedom - Why We Not Just Want It, but Need It* (Sandberg 2013). Se recopilaron también diferentes artículos como autor y coautor en el que trata esta temática. Cabe aclarar que, aunque los textos recopilados dotan de suficiente contenido a la libertad morfológica, la literatura sobre el tema es limitada, lo cual hace pertinente la elaboración del presente artículo. Además, fueron considerados aportes específicos sobre el tema de Max More y Nick Bostrom.

Los implantes neurales

Se observa que no existe un consenso completo en la definición de términos como prótesis neurales, interfases cerebro-computador, interfases cerebro-máquina e implantes neurales, situación que ha generado cierta confusión (Decker y Fleischer 2008). A nivel léxico, el término “implante” hace referencia a un dispositivo u objeto que se inserta o incrusta en el cuerpo y al agregar el término “neural” se hace alusión a que el implante está conectado al sistema nervioso (Decker y Fleischer 2008). Para el análisis del presente artículo, seguiremos la definición propuesta por Decker y Fleischer: “Los implantes neurales son dispositivos tecnológicos cuya al menos una parte se inserta en el cuerpo y tienen una conexión funcional con el sistema nervioso” (Decker y Fleischer 2008, 1503).

Los implantes neurales pueden ser unidireccionales o bidireccionales, los primeros se caracterizan por estimular sin hacer registros cerebrales mientras que los bidireccionales se caracterizan por ser más innovadores, puesto que tienen la capacidad de estimular y realizar registros cerebrales de forma simultánea. Este tipo de dispositivos se pueden implantar a nivel del sistema nervioso central (SNC) o del sistema nervioso periférico (SNP), sin embargo, los de mayor interés para el mejoramiento del rendimiento cerebral son los implantables en el SNC (Starr 2018).

Los implantes neurales también se pueden distinguir con base a su función en dispositivos que tienen un enfoque terapéutico o los que tienen como fin exclusivo el mejoramiento del rendimiento (Jebari 2013). Cuando estos dispositivos se utilizan de manera terapéutica, buscan suplir deficiencias orgánicas o funcionales presentes en un individuo. Ejemplos de estos son los implantes cocleares y los implantes motores, cuya función es restaurar parcial o totalmente la función perdida o inexistente a nivel auditivo y motor, respectivamente (Valeriani, Cinel y Poli 2019). Actualmente se desarrollan numerosas investigaciones en implantes neurales con el propósito de permitirle a las personas ciegas distinguir formas y movimientos, mediante la estimulación de zonas específicas de la corteza cerebral, de esta manera se induce la percepción de pequeños puntos de luz en la corteza visual primaria (Antolik et al. 2021). Así mismo, se encuentran en investigación implantes neurales que serán capaces de captar la actividad cerebral relacionada con la fonación, es decir, las áreas del cerebro encargadas de producir el habla. Al utilizar esta información, el dispositivo podrá generar un discurso emulado a través de un tracto vocal virtual (Anumanchipalli, Chartier y Chang 2019). Recientemente, por medio de un implante neural, un hombre tetrapléjico fue capaz de teclear 90 caracteres por minuto imaginando que estaba escribiendo esos caracteres a mano, el dispositivo decodificaba la información de la interfaz para ejecutar un comando que permitió visualizar el pensamiento del paciente mediante un texto visible en una pantalla (Willett et al. 2021).

Los implantes neurales se utilizan en el ámbito de la neurología y la neurocirugía para tratar diversas condiciones médicas, como la enfermedad de Parkinson, los trastornos epilépticos, la distonía, la depresión, el trastorno obsesivo-compulsivo y la hipoacusia. Por lo general, estos implantes son colocados por médicos especializados en neurocirugía en áreas específicas del cerebro, como el núcleo subtalámico, el núcleo ventral intermedio del tálamo y el globo pálido interno (Chari et al. 2021).

Por ejemplo, en el caso del núcleo subtalámico, se busca interrumpir la comunicación entre este núcleo y la corteza motora primaria para mejorar el inicio del movimiento, el procesamiento de señales, las habilidades verbales y la memoria visual. En el globo pálido interno, el efecto neuronal se basa en la modulación directa e indirecta entre los ganglios basales, lo cual resulta en la inhibición de la distonía y una mejora de la deglución, la marcha y el equilibrio (Bergeron et al. 2023).

Dado que los implantes neurales interactúan directamente con el sistema nervioso, es fundamental que los médicos estén capacitados para comprender y manejar las posibles implicaciones médicas asociadas con estos dispositivos. De esta manera, los médicos deberán evaluar adecuadamente la idoneidad de los implantes neurales para cada paciente y proporcionar seguimiento y manejo adecuados en caso de complicaciones o problemas relacionados (Kotchetkov et al. 2010).

Diversas organizaciones han buscado expandir el mercado de los implantes neurales siendo una de las más reconocidas *Neuralink Corporation*, la cual se encarga de crear interfaces cerebro-computadora implantables, con el objetivo de tratar a pacientes con discapacidades e investigar en el área de la neuropotenciación (Fiani et al. 2021).

Dentro de los recientes avances de *Neuralink Corporation* se encuentra el desarrollo de un implante neural capaz de “leer” la actividad cerebral. La interfaz conocida como LINK V0.9, se implantó en tres cerdos (*Sus scrofa domestica*), conectando el dispositivo a las neuronas olfatorias presentes en el hocico de los animales, con el objetivo de evidenciar la actividad de dichas neuronas cada vez que eran sometidas a un estímulo. La interfaz se probó en las neuronas olfatorias de este tipo de animales, debido a las similitudes existentes entre esta especie y el *Homo sapiens*. (Kulshreshth, Anand y Lakanpal 2019). Otra investigación de *Neuralink Corporation* demostró que un chimpancé (*Pan troglodytes*)

fue capaz de jugar el videojuego PONG a través de un chip implantable. Inicialmente, el primate jugó PONG mediante un *joystick* que decodificaba las señales dadas por el dispositivo para ejecutarlas en una acción en el videojuego y, en una segunda fase, se evidenció que el chimpancé jugaba incluso prescindiendo del *joystick*, también con ayuda del implante neural (Pflanzer 2023; Blank 2023).

En el caso de la restauración de las funciones sensitivas y motoras, existen varias limitantes en las interfases cerebro-máquina, entre las que se encuentra el número de canales, hasta hace poco tiempo 256 electrodos, donde en la actualidad y en el ámbito de experimentación en roedores, es posible implantar 3072 electrodos que ocupan menos de $23 \times 18,5 \times 2 \text{ mm}^3$ con sondas neurales de polímero ultrafinas y con la ayuda de un robot neuroquirúrgico. Se estima que en un futuro el número de electrodos puede aumentar ostensiblemente (Musk y Neuralink 2019).

En 2023, la Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos (FDA) aprobó a *Neuralink Corporation* la fase experimental de los implantes neurales en humanos (Li, Qi y Pan 2023).

Actualmente, también se investigan las posibilidades de implantar recuerdos sin recurrir a la experiencia sensorial. Para implantar una memoria artificial se requiere de dos condiciones: el “aprendizaje” se debe realizar exclusivamente a nivel intracraneal (por ejemplo, a través de la estimulación cerebral) y la recuperación de la memoria se debe lograr a través de una señal externa que refleje claramente el contenido preexistente de la información implantada. En ratones (*Mus musculus*) se logró el condicionamiento clásico con una respuesta de evitación al aroma de acetofenona frente a la fotoestimulación, a pesar de que los animales no habían estado expuestos a este olor previamente (Vetere et al. 2019).

El campo de los implantes neurales también es de interés militar, para mejorar el rendimiento en el campo de batalla. Por ejemplo, en Estados Unidos, la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzados de Defensa (DARPA) investiga, junto a varias universidades, las posibilidades de las interfases del cerebro con dispositivos electrónicos y el uso de la inteligencia artificial (Redolfi Riva y Micera 2021). De esta forma, por ejemplo, los soldados adquirirían capacidades que les permitirían tomar decisiones más rápidas y acertadas, geolocalizar al enemigo e interceptar señales de radio a través de los implantes neurales (Rao et al. 2014). Otros proyectos militares se enfocan en potenciar la memoria, la manipulación de dispositivos a distancia y en lograr la comunicación con los implantes neurales entre el personal militar sin requerir de otras herramientas (Devlin 2014).

Existen inquietudes sobre la reacción inflamatoria que puedan causar los implantes neurales, cabe recordar que desde una perspectiva inmunológica se trata de un cuerpo extraño y la reacción inflamatoria puede limitar, entre otros aspectos, los objetivos propuestos. Se requiere más investigación para comprender mejor y maximizar la biocompatibilidad de los dispositivos (Prodanov y Delbeke 2016).

Todas estas propuestas neurotecnológicas, incluidas las interfases neurales, antes de pasar a ser utilizadas en la práctica, requieren todavía de una extensa investigación y experimentación. Esto hace que sea relevante que desde la Bioética se comience a deliberar sobre estos desafíos (Moreno et al. 2022).

Los implantes neurales como propuesta transhumanista: una visión panorámica

Se considera al transhumanismo como una corriente de pensamiento filosófico, cultural y científico que propone que el estatus humano puede ser modificado a través de los avances tecnológicos, potenciando y mejorando la condición humana, de esta manera promueve la búsqueda de estados libres de enfermedad, así como de lograr el mejoramiento cognitivo, físico y emocional (Trimper, Wolpe y Rommelfanger 2014). Se define también a las propuestas transhumanistas como:

Filosofías de vida (como las perspectivas extropianas) que buscan la continuación y aceleración de la evolución de la vida inteligente más allá de su forma y limitaciones humanas actuales mediante el uso de la ciencia y la tecnología, guiadas por principios y valores que promueven la vida (More 2013).

El término transhumanismo fue propuesto por Julian Huxley, el primer director general de la Organización de las Naciones Unidas para la Cultura, las Ciencias y la Educación (Unesco) (Monterde Ferrando 2020) y dentro de este concepto se asume que el *Homo sapiens* no es la culminación de los esfuerzos humanos por alcanzar su máximo potencial, en consecuencia, representa un ser que puede y debe ser superado (Valeriani, Cinel y Poli 2019).

Todas las posibilidades de mejoramiento con interfases cerebro-máquina con intenciones que no solamente propenden por la dimensión terapéutica sino del mejoramiento, representan también opciones del transhumanismo (Warwick 2016). La medicina ha trabajado especialmente en los contextos preventivos y terapéuticos, además que se está consolidando también su campo de acción hacia el mejoramiento.

El transhumanismo no oculta su afinidad con la ciencia ficción debido a que los ideales y las propuestas de mejoramiento humano se entrecruzan con cierta frecuencia. De hecho, en el cine existen varias películas (algunas basadas en obras literarias) en las que se encuentran interfases cerebro-computador como *X-Men*, *Lucy*, *Transcendence* e incluso el desarrollo de temáticas específicamente con implantes neurales como *Johnny Mnemonic*.

Las mejoras cognitivas propuestas con el transhumanismo están principalmente enfocadas en procesos como la percepción, la atención, la comprensión, la memoria, la comunicación y la resolución de problemas (Sandberg y Bostrom 2006; Cinel, Valeriani y Poli 2019).

La mejora cognitiva es algo que ya se utiliza de forma generalizada, pero no se reconoce como tal, el café de la mañana, los celulares y los computadores son algunos ejemplos. Se considera que las neurotecnologías pueden ser más radicales y se visualizan como futuristas, sin embargo, en el futuro harán parte de la cotidianidad. (Sandberg y Bostrom 2006). Dado el crecimiento exponencial de la tecnología, la manipulación biológica no debe ser un campo ajeno a dichas intenciones de mejora si el objetivo final de la humanidad es su bienestar (Valdés 2021).

Los implantes neurales como tecnologías innovadoras representan varios retos bioéticos que deben ser considerados, para analizar sus posibles implicaciones en el desarrollo de la sociedad. Hughes (2012) propone especialmente dos posturas para generar una tipología sobre los planteamientos transhumanistas: la bioconservadora y la tecnoprogresista. La primera se refiere a perspectivas conservadoras frente a las propuestas del transhumanismo, de esta manera se considera que estas iniciativas tecnocientíficas alejan a las personas de la naturaleza humana y de la esencia que las caracteriza, mientras que

desde la mirada tecnoprogresista se visualiza al transhumanismo como un campo con un potencial inmensurable, capaz de transformar el cuerpo y la mente humana (Hughes 2012). Los tecnoprogresistas consideran que estos avances tecnocientíficos aumentan las capacidades humanas y mejoran la calidad de vida (Cardozo y Meneses Cabrera 2014). Por otra parte, los bioconservadores proponen que las neurotecnologías pueden alterar nuestros esquemas mentales, afectar la psique y los aspectos esenciales de la vida humana, llegando a influir en el libre albedrío, la personalidad, la identidad y la relación mente-cuerpo. Se interpreta desde esta perspectiva que el riesgo es mucho mayor que los posibles beneficios (Anumanchipalli, Chartier y Chang 2019) y se argumenta también desde una perspectiva bioconservadora que las mejoras humanas transformarán a la sociedad, a tal punto que el valor de las cosas cambie y aquello que hoy en día pueda ser ponderado en un lugar alto, pierda su valor, disminuyendo la sensibilidad de la sociedad a las cosas pequeñas, a las relaciones humanas y a los sentimientos, afectando de alguna manera nuestra capacidad de juzgar éticamente las cosas como lo hacemos hoy en día (Gaitán 2021). Los implantes neurales, al promover cambios comportamentales y de la racionalidad humana, pueden conducir a que las capacidades de decisión y de acción se vean distorsionadas y pueden conducir a comportamientos agresivos e impulsivos (Klaming y Haselager 2013).

Hottois argumenta que los riesgos no justifican el rechazo a la mejora y a las revoluciones tecnocientíficas, de manera que el ser humano debe hacerse responsable de sus creaciones y ser capaz de integrar estas propuestas en beneficio del desarrollo de la sociedad (Hottois 2013).

La libertad morfológica

La libertad morfológica considera la posibilidad de un sujeto que pueda ser objeto de su propio cambio. Los seres humanos son fines en sí mismos, pero esto no descarta que la misma persona no pueda recurrir a ser fin y medio al mismo tiempo para lograr su auto-transformación. Una de las mejores formas para que los seres humanos no se conviertan en medios de otros consiste en darles la oportunidad de gestionar sus propios cambios, incluidos los morfológicos (Sandberg 2021). La tecnología posibilita nuevas maneras de autoexpresión y se requiere de una libertad morfológica para ejercer el derecho a esta autorrealización (Sandberg 2013). Desde una perspectiva humanista, las personas tienen derecho a buscar la felicidad y no tiene mucho sentido buscarla sin la libertad. El derecho a la libertad y a la vida corresponden implícitamente a un derecho sobre el propio cuerpo (Sandberg 2013). En una entrevista, Max More también interpreta la libertad morfológica como el derecho que tienen las personas de modificar el cuerpo en la manera que lo deseen (Mason 2018).

Desde la libertad morfológica, maximizar la autonomía personal también implica el derecho a la modificación del cuerpo y el que nadie pueda obligar a otra persona a modificar su cuerpo de una manera que no lo desee (Sandberg 2013). Problemas como el dopaje, los derechos reproductivos, la idoneidad de muchos procedimientos médicos y la eutanasia, por mencionar algunos ejemplos, también tienen un denominador común, que es el derecho a modificar el cuerpo (Sandberg 2013).

Cinco casos sobre implantes neurales

Desde una perspectiva de la ética principialista de Beauchamp y Childress, se observa que para respetar la autonomía de una persona se requiere que esta sea agente moral, esté informada y se encuentre libre de influencias externas (Beauchamp y Childress 2019).

Se plantea que, al integrarse al cerebro del usuario, los implantes neurales podrían considerarse parte de este y emerge la inquietud de cómo estos implantes podrían influenciar al individuo. Una pregunta que todavía no se ha respondido (Decker y Fleischer 2008).

A continuación, se presentan cinco casos ficticios (todos mayores de edad) que sirven de orientación para las reflexiones que se realizarán desde la libertad morfológica.

Caso 1. Después de lograr clasificar con un implante neural que le permite una mayor concentración, "A" está compitiendo en una olimpiada. Una época en la que los implantes neurales con fines de mejoramiento son admitidos. El entrenador y los padres de "A" consideran que su ambición y concentración no está siendo suficiente si la meta es alcanzar el podio y deciden recurrir a "F" (una persona experta en implantes neurales) para aumentar la capacidad del implante sin consultarle a "A".

El "secuestro de cerebros" o hackeo de cerebros hace referencia a la manipulación externa de los implantes neurales sin consentimiento y realizada por terceros, influenciando entre otras, las esferas cognitivas, emocionales o motivacionales (Pugh et al. 2018).

La libertad morfológica contempla el uso de implantes neurales para aumentar las capacidades de un individuo, lo cual puede considerarse aceptable en una sociedad competitiva donde el destacar es importante (Sandberg 2013), sin embargo, como en este caso, la intervención de un tercero en estas modificaciones vulnera la capacidad de toma de decisiones del individuo (Etxeberria 2020).

Además, es relevante tener en cuenta que el cambio del implante neural puede influir en la percepción de sí mismo por parte del individuo (More y Vita-More 2013). La motivación detrás del uso del implante neural puede variar para cada usuario. Por ejemplo, en el caso de un deportista, puede estar más interesado en potenciar sus habilidades físicas o cognitivas (Zehr 2015). La intervención de terceros en esas facultades no solo vulneraría la autonomía de "A", sino que también alteraría su corporalidad (Etxeberria 2020). Cada ser humano tiene una identidad social también basada en su cuerpo y la modificación del implante neural puede generar cambios en cómo la sociedad lo percibe (More 2014).

La mejora cognitiva no consensuada plantea preocupaciones sobre la integridad y la equidad de la competencia en los Juegos Olímpicos. Si "A" recibe una mejora adicional sin que los demás competidores tengan la misma oportunidad de acceso a los dispositivos, genera una desigualdad en el campo de juego. Las reglas y las regulaciones deportivas suelen buscar la igualdad de condiciones y una competencia justa, por lo que una intervención no consensuada podría violar esos principios (Pérez Triviño 2016).

El consentimiento informado es la manifestación del principio de respeto a la autonomía y se refiere a la aceptación o el rechazo por parte de la persona de ciertos procedimientos médicos que se realizarán en su cuerpo. Reconoce la capacidad de la persona para tomar decisiones sobre su propia salud y requiere que se le proporcione información adecuada, comprensible y voluntaria (Velásquez 2012). En este contexto, es importante que "A" otorgue su consentimiento para cualquier acción que se lleve a cabo en relación con su implante neural y, por lo tanto, en el binomio cerebro-máquina.

Es crucial tener en cuenta los posibles riesgos y efectos secundarios de intervenir sin el consentimiento de "A". En este contexto, cualquier modificación o mejora corporal conlleva riesgos inherentes, por lo tanto, es esencial que el individuo pueda evaluar y aceptar voluntariamente estos riesgos. Si el implante neural puede generar reacciones adversas al aumentar su funcionalidad más allá de cierto límite (muchas de las cuales no se conocen completamente), el usuario debe tener la autonomía para aceptar esos riesgos (Ogbujah y Ufomadu 2010). Aunque las modificaciones relacionadas con la libertad morfológica

suelen ser positivas y tienen como objetivo superar el rendimiento humano (More y Vita-More 2013), según el planteamiento de Sandberg, la libertad morfológica se basa en un derecho negativo, lo que implica que la elección de dichas modificaciones no puede ser impuesta ni forzada (Sandberg 2013).

En este sentido, también el aumento de la funcionalidad del implante neural, aunque tenga como propósito mejorar las habilidades, debe ser un acto voluntario por parte de “A”, si este decide adoptar esas modificaciones. “A” es sujeto y objeto de su propio cambio, el hackeo establece una situación en la que terceros procuran convertir al binomio cerebro-máquina en un objeto sin consultar a “A” sus deseos como sujeto. De esta forma, se podría consolidar un nuevo desafío con el hackeo y las propuestas transhumanistas: el deporte de alto rendimiento. Desde la libertad morfológica no se puede obligar a las personas a modificar su cuerpo de una forma que no lo deseen (Sandberg 2013). Existe el debate sobre si se requieren nuevos derechos fundamentales o la interpretación de los derechos que existen es suficiente para enfocar los desafíos que emergen con las neurotecnologías. Países como Chile, Argentina y España ya deliberan sobre lo que denominan neuroprotección y neuroderechos (Kellmeyer 2023).

Caso 2. “B” es una persona que ha adquirido un implante neural porque considera que con una mayor memoria se puede alcanzar más éxito en la vida. La compañía que le implantó el dispositivo a “B” y a otras personas, sin consultarles, está utilizando los datos para venderlos a empresas que realizan investigaciones en neuromarketing, debido a que pueden geolocalizar a los individuos y observar los registros cerebrales una vez entran a los almacenes. Así mismo, el monitoreo también permite vender los datos para investigaciones médicas.

Para las empresas, el *big data* se ha convertido en una herramienta estratégica de creación de valor y se identifica como la nueva frontera para la innovación, la competitividad y la productividad (Elia et al. 2022). Así mismo, el *big data* también se interpreta como una posibilidad muy valiosa en la investigación cerebral para comprender su funcionamiento, así como para el diagnóstico y el tratamiento de enfermedades (Yan et al. 2015).

La información recopilada por los implantes neurales podría también utilizarse con fines comerciales, empresariales o gubernamentales. Obtener información valiosa de los individuos permitiría conocer los intereses de la población general, generando así una ventaja competitiva para ofertar productos, publicidad, propuestas políticas, empleos, etc. Además, para algunos, la productividad en las empresas podría verse potenciada debido a la capacidad de monitorizar a los empleados y su efectividad en el trabajo, reconociendo no solo emociones, sino también comportamientos inadecuados en la labor sin previo consentimiento de las personas (Jebari 2013).

Las regulaciones deben contemplar la prevención de los abusos y aprovechar los beneficios que brindan las tecnologías (Sandberg 2013). Es fundamental abordar los posibles problemas relacionados con la seguridad y la privacidad de la información personal. Los implantes neurales, al interactuar directamente con el sistema nervioso, pueden plantear desafíos en términos de protección de datos y prevención de delitos cibernéticos. Por lo tanto, el Estado debe establecer un marco regulatorio adecuado que permita la judicialización de delitos relacionados con el robo de información o el uso indebido de los implantes neurales. Esto contribuirá a mantener la confianza en estas tecnologías y a proteger los derechos y la integridad de los individuos que las utilizan (Dubljević y Coin 2023).

La privacidad de la información constituye también una preocupación, esto por el po-

sible monitoreo de registros que se obtienen a partir de la actividad cerebral (Decker y Fleischer 2008). Se plantea que con los implantes neurales se podrían almacenar los recuerdos en un dispositivo externo, estableciendo la facultad de inmortalizar dicha información e incluso transferirla a otra persona (Jebari 2013). Se afirma que los implantes neurales pueden ser susceptibles de intervención por terceros, siendo objeto de una nueva modalidad de robo de información con fines delictivos, comerciales o políticos (Ogbujah y Ufomadu 2010).

El derecho a la vida, a la privacidad y a la justicia se interrelacionan y refuerzan entre ellos, no se deben realizar acciones que comprometan estos y otros derechos (Sandberg 2013).

En la libertad morfológica, se propone el derecho que tienen las personas a ser agentes de su propio cambio, sin embargo, de forma paradójica se habla de que cualquier modificación debe contar con el consentimiento de la persona, pero no se hacen reflexiones (por lo menos en la literatura revisada) sobre lo que sería un consentimiento informado, bien sea a nivel investigativo o asistencial. Se establece la pregunta sobre si los formatos existentes son suficientes para responder a las propuestas transhumanistas. Es importante profundizar la deliberación en este campo en el contexto del mejoramiento. De cualquier forma, la privacidad y el tratamiento de los datos deben ser claramente informados, con mayor razón en una sociedad del conocimiento que encuentra en los datos una de las mayores riquezas.

Caso 3. “C” tiene un implante neural que considera le ha permitido tomar mejores decisiones, escalando posiciones en su empresa. Algunos le han reprochado que esto se ha debido gracias al dispositivo y que no todos tienen posibilidades de acceso al mismo, sin embargo, “C” argumenta que tiene toda la libertad para hacerlo y que el dispositivo ya se encuentra integrado a ella como persona e interpreta que tiene derecho a mejorar su rendimiento y no busca la perfección.

Una toma de decisiones se encuentra afectada por diversos procesos que incluyen la atención, la percepción y la memoria, aunque la lista no se agota acá (Cinel, Valeriani y Poli 2019). Existe la posibilidad de que los implantes neurales les brinden la ventaja a los individuos para optimizar su tiempo y capacidades, por ejemplo, en la consolidación de la memoria (Trimper, Wolpe y Rommelfanger 2014). Seres humanos potenciados cerebralmente tendrían presuntamente una mayor capacidad de tomar decisiones frente a diversos ámbitos de la sociedad, como el medio ambiente, la educación, la política y la economía, generando así, una esperanza de mejora en la calidad de vida de las personas (Klein 2016). Existen vínculos muy estrechos entre el sistema técnico y el sistema económico, el trabajo no se concibe sin la técnica y, de otra parte, todo sistema económico representa una teoría del trabajo, de la plusvalía, de los medios de producción y de la misma inversión (Stiegler 1994).

Cabe recordar que los implantes neurales al involucrarse en estados que realmente no requieran intervención pueden promover aún más la competitividad (Ravanel et al. 2018). La constante presión social y la competencia pueden ser un factor determinante para que individuos sin deseos de exponerse a las mejoras biotecnológicas se vean enfrentados a una realidad donde los humanos mejorados logran metas que en otras circunstancias no podrían, necesitando así el uso de tecnologías para el mejoramiento que les permita estar a la par de sus semejantes (Hottois 2013).

En el contexto de la libertad morfológica, el implante neural en el caso de “C” representa un cambio fundamental para esta persona y se encuentra en línea con lo descrito por More sobre el derecho a alcanzar estadios superiores a nivel físico, intelectual, moral y psicológico (More 2014). Específicamente, el implante neural le permite a “C” experi-

mentar una transformación significativa en su capacidad cognitiva al integrar la tecnología en su biología. Esta integración puede traducirse en mejoras notables en su velocidad de procesamiento de información, acceso instantáneo al conocimiento y la posibilidad de realizar tareas que antes eran inalcanzables (Ettxeberria 2020).

Con cierta frecuencia los críticos del transhumanismo hacen referencia a que se busca una perfección o una sociedad utópica, sin embargo, esto no hace parte del proyecto transhumanista, se busca un progreso continuo que no está exento de conflictos, peligros y luchas, cabe agregar que las personas también tienen el derecho de no ser obligadas a mejorar (More 2013).

Mientras se encuentren disponibles nuevas herramientas para expresar la individualidad, siempre habrá personas que se encuentren dispuestas adoptarlas sin que en esto influya la crítica de otras personas (Sandberg 2013). Aunque la libertad morfológica refleja la autonomía de los individuos, esto no significa que no se contemplen también las interacciones humanas, sin embargo, estas interacciones en principio no deberían anular la posibilidad de autorrealización del individuo (Bostrom y Sandberg 2009). Friedrich et al. (2021) consideran que, a través del uso de implantes neurales, los individuos tendrían la capacidad de “ser el tipo de persona que desean ser” al poder controlar sus estados mentales a voluntad. En ocasiones se argumenta que la libertad morfológica se asocia a un exceso de individualismo que llevaría a una estratificación entre poseedores y no poseedores (en este caso del implante) porque no todos tienen los recursos, sin embargo, desde un punto de vista económico, se ha demostrado con varias tecnologías que, a lo largo del tiempo, los costos disminuyen en comparación con los salarios promedio (Sandberg 2013). De todas maneras, hay que recordar que no todos los transhumanistas tienen la misma sensibilidad, la corriente libertaria considera que las máximas libertad y prosperidad de alguna manera ayudan a la mayoría, los que se consideran como transhumanistas progresistas asumen que las soluciones se encuentran en hallar nuevas formas de redistribución o de ayuda con iniciativa y capacidad y también se encuentran aquellos que tienen una visión más egoísta (Sandberg y Diéguez 2015).

El Estado debe establecer regulaciones y marcos legales que promuevan la equidad, la transparencia y la responsabilidad en el acceso y el uso de las tecnologías de mejoramiento, esto implica supervisar la calidad de los implantes neurales y asegurarse de que las empresas encargadas de su distribución cumplan con los estándares y las normativas establecidas. De esta manera, se protege a los individuos de posibles riesgos asociados con implantes defectuosos o de baja calidad (Palmerini 2015). Para los transhumanistas, el papel del Estado debe tener sus límites. A la pregunta sobre el rol del Estado, Max More tiene una visión muy particular (al igual que muchos transhumanistas) y afirma que con base en el mejoramiento tampoco puede imponer el transhumanismo para aumentar la productividad y exigir el pago de más impuestos, esto va en contra de la libertad morfológica (Mason 2018).

Caso 4. “D” es un soldado que tiene un implante neural que le permite manipular dispositivos bélicos a distancia y comunicarse con otros soldados. “D” manifiesta: “no recibí mucha información en el consentimiento informado antes de la colocación del implante y desearía continuar con el mismo una vez deje de trabajar con las fuerzas militares. Le quiero dar usos personales y deseo explorar otras posibilidades con el dispositivo”.

Las aplicaciones militares, en términos de mejoramiento del rendimiento, van desde la realidad aumentada hasta las interfases cerebro-computador implantables y la inteligencia artificial representa un desafío en el cómo se puede integrar en la toma de decisiones y de esta forma mejorar el rendimiento cognitivo (Moreno et al. 2022).

Por medio de los implantes neurales se plantea la posibilidad de transmitir pensamientos sin necesidad de establecer una comunicación perceptible entre dos individuos, es decir, interfases cerebro-implante-cerebro (Trimper, Wolpe y Rommelfanger 2014), algo de interés también en el contexto militar. Existe la intención de potenciar a las personas de las fuerzas armadas a través de nootrópicos, exoesqueletos, implantes neurales, etc., que desafían la autonomía del personal militar en general e incluso de los médicos militares (Sattler et al. 2022).

Cabe recordar que la libertad morfológica implica el derecho de las personas a modificar su propio cuerpo, no se debería obligar a alguien a cambiar de una manera que no lo desea y tampoco impedir los cambios que la persona desea (Sandberg 2013). Las personas deben estar suficientemente informadas y consentir el cambio morfológico (Sandberg y Savulescu 2014; Sandberg 2013).

Es relevante tener una completa claridad sobre el destino del implante neural una vez la persona ya no haga parte del estamento militar y se recomienda que esto quede previamente establecido desde el consentimiento informado a través de la comunicación dialógica. Se proponen nueve consideraciones para avalar el uso de estos dispositivos en el contexto militar: la justificación de la necesidad, los beneficios deben superar a los riesgos, la dignidad, el consentimiento, la transparencia, la justa distribución de los riesgos y beneficios, la responsabilidad de los superiores, los propósitos militares y contemplar que las cargas para el personal militar se deben minimizar (Sattler et al. 2022).

En una encuesta realizada a oficiales militares del Reino Unido (N = 1353) con bases militares en diversos países, especialmente en Europa, se observó que el 96,1 % manifestó que se debe informar a los soldados si pueden conservar el implante neural (cuando ya no trabajen en las fuerzas militares) antes de la realización de la cirugía para implantar el dispositivo. Por otra parte, las opiniones estuvieron completamente polarizadas en torno a preguntas como la propiedad del dispositivo: de las fuerzas militares o de la persona, así como considerar peligroso que una vez dejen el ejército, las personas mantengan el implante o no (Sattler et al. 2022).

La tecnología permite también encontrar nuevos caminos de autoexpresión y las personas tienen el derecho a explorar estas nuevas posibilidades. Con alguna frecuencia se critica que la libertad morfológica de alguna manera afecta a la naturaleza humana, sin embargo, aunque se compartiese este punto de vista sobre la naturaleza, cabe considerar que la autodefinition, la voluntad y la exploración son propios de esta. Por lo tanto, negar estas opciones implicaría también negar una naturaleza humana (Sandberg 2013). En esta situación, en un consentimiento informado debe quedar claramente explícito el destino del implante una vez la persona esté desvinculada de las fuerzas militares y esto aplica para diferentes contextos laborales.

Caso 5. “E” cometió un crimen y la defensa argumenta que de alguna manera el implante neural que recibió le cambió su identidad porque definitivamente ese no es él. Pasado un tiempo, se le diagnostica a “E” un cáncer hepático en fase terminal.

Al considerar la posibilidad de cambios mentales producidos por los implantes neurales que no sean intencionales, ¿existirán repercusiones por el uso de estos dispositivos con respecto a la autopercepción, el carácter o el estado de ánimo?, “¿la identidad personal del usuario de un implante neural se mantendrá conservada después de interconectar al sistema nervioso con un ordenador?” (Ogbujah y Ufomadu 2010).

La afirmación de la defensa de que el implante neural ha cambiado la identidad de “E” implica que el implante neural ha tenido un impacto significativo en cómo “E” se percibe a sí mismo, percibe a los demás y cómo es percibido por los demás. Esto plantea

la pregunta de si los rasgos y características proporcionados por el implante neural se consideran parte integral de la identidad personal. Si el implante neural ha modificado la forma en como “E” piensa, procesa la información o interactúa con el mundo, entonces es lógico argumentar que ha influido en su identidad (Etxeberria 2020). Otra situación es el delito, en el que habría que contemplar si en un futuro una persona podría ser declarada inimputable por la influencia de un implante neural.

El implante neural también puede influenciar los anhelos identitarios de “E” y facilitar la materialización de las proyecciones ideales del yo (More y Vita-More 2013). Al proporcionar nuevas capacidades cognitivas y formas de relacionarse con el mundo, el implante neural le permite a “E” explorar y manifestar aspectos de su identidad que de otro modo serían inaccesibles. Puede contribuir a la realización de sus aspiraciones y permitirle ser la versión más plena y auténtica de sí mismo (More 2014).

En relación con el impacto de los implantes neurales en la identidad y la libertad morfológica de “E”, surge la interrogante de si estos cambios pueden afectar a terceros (Ienca y Haselager 2016). Aunque “E” tiene la libertad de modificar su cuerpo mediante los implantes neurales, es relevante considerar que esta libertad no puede vulnerar la de otros individuos (Savulescu, Sandberg y Kahane 2014). Los individuos tienen el derecho a mejorar su cuerpo, siempre y cuando no se utilice para dañar a terceros (Bostrom 2005).

En el caso específico de “E” y la acusación de cometer un crimen basado en su cambio de identidad, es crucial considerar que “E” está utilizando a su favor la idea de que los implantes neurales pueden generar un cambio en su identidad (Ienca y Haselager 2016), sin embargo, se desconoce si las modificaciones corporales son el factor predisponente para la comisión de dicho crimen o si “E” simplemente se defiende basándose en esa falta de conocimiento (Allhoff, Lin y Steinberg 2011).

En este sentido, es importante destacar que la libertad morfológica contempla la posibilidad de realizar cambios en la identidad (More y Vita-More 2013), pero no argumenta que esos cambios sean lo suficientemente significativos como para alterar los principios, los valores y la autonomía de un individuo de manera determinante (Bostrom 2005), entonces es necesario considerar que la identidad es un constructo complejo y multifacético, y que los cambios morfológicos por sí solos pueden no ser suficientes para alterar de manera fundamental la esencia de una persona (Etxeberria 2020).

Se discute la posibilidad de que los implantes neurales puedan modificar funciones vitales que se encuentran vinculadas al cerebro como la frecuencia respiratoria, la frecuencia cardiaca y la tensión arterial, de esta forma se presenta un desafío adicional, como lo es la capacidad de apagar el dispositivo y finalizar las funciones cerebrales de un individuo, dejando así a merced de terceros la vida de una persona (Burwell, Sample y Racine 2017). ¿Cabría apagar un implante neuronal que esté también relacionado con las funciones vitales de un individuo para realizar una eutanasia?

La eutanasia puede ser planteada como una expresión de autonomía individual, ya que implica la elección del momento de morir (Lacalle Noriega 2021). Aunque existen autores, como Bostrom, que se oponen a la idea de la muerte deseada por considerarla un posible desequilibrio mental que podría ser tratado (Bostrom 2005), otras apreciaciones transhumanistas defienden la posibilidad de prolongar la vida humana y también respaldan el derecho a la eutanasia voluntaria. Además, la posición transhumanista tampoco se opone a la asistencia de un tercero en el acto de la eutanasia o del suicidio asistido (Bugajska 2021).

More sostiene que sin la capacidad de elegir cuándo morir, no es posible vivir una vida significativa (More y Vita-More 2013). En este sentido, si la muerte es un acto voluntario,

se tiene un mayor control sobre la propia vida y su curso. Por lo tanto, para algunos la opción de la muerte debe ser considerada, al igual que el deseo de alcanzar la inmortalidad (Bugajska 2021).

Además, al igual que con cualquier intervención, es necesario obtener el consentimiento informado para asegurar que “E” esté plenamente informado sobre todos los aspectos relacionados con su procedimiento. Esto incluye información sobre posibles niveles de dolor, duración del procedimiento y la posibilidad de que apagar el implante neural no sea suficiente para detener las funciones vitales, entre otras consideraciones importantes. El objetivo es garantizar que “E” tenga un conocimiento completo y adecuado de todas las implicaciones antes de tomar una decisión informada sobre su implante neural (Esteban y Benito 2019).

Dentro del transhumanismo, también cabe la posibilidad de la criotanasia que es diferente de la eutanasia e implica la criopreservación de una persona que se encuentra en estado terminal antes de que su cerebro y cuerpo en general se encuentren comprometidos. Se espera que con el tiempo y los adelantos científicos se pueda recuperar a la persona e intervenir medicamente su enfermedad (Minerva y Sandberg 2017). El caso de “E” presenta sus propias particularidades por el binomio cerebro-máquina y el antecedente del crimen cometido. Si hay una condena, ¿se debería continuar con ella una vez recuperado?, ¿antes de la criotanasia puede solicitar una modificación en el dispositivo que considera lo influyó para cometer el delito?

La libertad morfológica al hablar sobre derechos a la libertad y a la vida también hace referencia de los derechos sobre el propio cuerpo (Sandberg 2013). Con base en esta premisa, se podría interpretar también que cualquier persona podría solicitar la criotanasia.

Conclusiones

La libertad morfológica proporciona una mirada de la autonomía que dota de contenido el uso de los implantes neurales como propuesta transhumanista y asume que el sujeto puede ser objeto de su propio cambio (Sandberg 2013). Corresponde a un derecho que se basa en la autonomía de las personas el cambiar o no cambiar. Desde la libertad morfológica tampoco se le debe hacer daño a las personas con las opciones que brinda la tecnología, sin embargo, el hecho de que a otros no les guste no constituye un argumento que sea suficiente para la prohibición del uso de los dispositivos (Sandberg y Diéguez 2015).

Como en otras neurotecnologías, los avances con los implantes neurales son progresivos, diversos y parecieran no tener límites, lo que aumenta las posibilidades de exploración en la procura del mejoramiento. Estas innovaciones también interpelan a la libertad morfológica, vista desde un sujeto que al mismo tiempo se convierte en objeto para lograr el mejoramiento. Los desafíos que emergen proporcionan una nueva mirada desde la libertad morfológica a situaciones como el hackeo, visto ya no solamente a un ordenador sino a un binomio cerebro-dispositivo, la privacidad de la información que involucra a los registros cerebrales, el derecho al mejoramiento personal, las opciones con el uso militar (por ejemplo, el destino del implante una vez la persona ya no haga parte del estamento militar) y la misma identidad de las personas.

Hablar de libertad morfológica y de consentimiento también implica deliberar sobre el consentimiento informado, campo en el que no encontramos referencias en la literatura revisada sobre implantes neurales con fines de mejoramiento y en general sobre propuestas transhumanistas. Este será un aspecto crítico en la medida en que estas neurotecnologías con fines de mejoramiento se vayan consolidando. Queda la pregunta sobre si el consentimiento informado, como lo conocemos, es suficiente frente a temas como

el riesgo del hackeo cerebral para convertir al binomio cerebro-dispositivo en un objeto con fines para otras personas, la privacidad de la información en un mundo que cada vez le da una mayor significación a los datos, en este caso a los registros cerebrales, el mantener o no un dispositivo una vez la persona se encuentra desvinculada de las fuerzas militares o la misma criotanasia. Es prudente considerar en la deliberación bioética estas y otras circunstancias en futuros consentimientos informados con fines de mejoramiento en la procura del establecimiento de consensos.

Por otra parte, el Estado no se debe oponer al mejoramiento humano, ni tampoco imponerlo a la fuerza, puesto que para muchos representa un bien para la sociedad y una mejora para las condiciones de vida de los individuos. Por esta razón, es deber del Estado garantizar los derechos, las libertades y las responsabilidades de los individuos mejorados y no mejorados, evitando que las decisiones individuales sobre el uso de implantes neurales y de otras tecnologías de mejoramiento no afecten a terceros (Allhoff, Lin y Steinberg 2011). El Estado puede desempeñar un papel activo en la financiación y la promoción de la investigación y el desarrollo de tecnologías de implantes neurales. Esto puede implicar colaboraciones con instituciones académicas y empresas privadas para fomentar la innovación en este campo y promover avances científicos y tecnológicos (Rinklin y Wolfrum 2021). Mejoramiento y no perfección o utopías es lo que se procura con la libertad morfológica (More 2014). Además, la libertad morfológica permite una mirada individual, pero también integral de los desafíos que se presentan.

Una limitante del trabajo es que los casos se presentaron con mayores de edad y se estima que, con menores de edad, las propuestas de mejoramiento requieren de otras consideraciones que ameritan una investigación diferente.

Definitivamente, el ser humano asume cada vez más responsabilidades con su futuro, incluyendo sus propias creaciones (Hottois 2015).

Contribuciones de los autores

Luis Alejandro García Rairán: conceptualización, análisis formal, investigación, escritura (borrador original), escritura (revisión y correcciones); Hernando Augusto Clavijo Montoya: conceptualización, investigación, supervisión, escritura (borrador original), escritura (revisión y correcciones).

Financiación

Los autores no recibieron financiación para la escritura o publicación de este artículo.

Conflictos de interés

Los autores no tienen conflictos de interés por declarar en la escritura o publicación de este artículo.

Implicaciones éticas

Los autores declaran que, al ser una revisión, este artículo no tiene implicaciones éticas en su desarrollo o publicación.

Referencias

- Allhoff, Fritz, Patrick Lin y Jesse Steinberg. 2011. "Ethics of Human Enhancement: An Executive Summary." *Science and Engineering Ethics* 17, no. 2: 201-12. <https://doi.org/10.1007/s11948-009-9191-9>
- Antolik, Jan, Quentin Sabatier, Charlie Galle, Yves Frégnac y Ryad Benosman. 2021. "Assessment of Optogenetically-Driven Strategies for Prosthetic Restoration of Cortical Vision in Large-Scale Neural Simulation of V1." *Scientific Reports* 2021 11, no. 1: 1-18. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-88960-8>
- Anumanchipalli, Gopala K., Josh Chartier y Edward F. Chang. 2019. "Speech Synthesis from Neural Decoding of Spoken Sentences." *Nature* 568, no. 7753: 493-98. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1119-1>
- Attiah, Mark A. y Martha J. Farah. 2014. "Minds, Motherboards, and Money: Futurism and Realism in the Neuroethics of BCI Technologies." *Frontiers in Systems Neuroscience* 8. <https://doi.org/10.3389/fnsys.2014.00086>
- Baranzoni, Sara. 2020. "Adicción y Metabolismo Digital. Una Mirada Desde La Filosofía de La Tecnología." *Revista Colombiana de Bioética* 15, no. 2: 1-17. <https://doi.org/10.18270/rcb.v15i2.2684>
- Bergeron, David, Christian Iorio-Morin, Marco Bonizzato, Guillaume Lajoie, Nathalie Orr Gaucher, Éric Racine y Alexander G. Weil. 2023. "Use of Invasive Brain-Computer Interfaces in Pediatric Neurosurgery: Technical and Ethical Considerations." *Journal of Child Neurology* 38, no. 3-4. <https://doi.org/10.1177/08830738231167736>
- Beauchamp, Tom y James Childress. 2019. *Principles of Biomedical Ethics*. Nueva York: Oxford University Press.
- Blank, Robert H. 2023. "United States Policy on BCIs: Funding Research, Regulating Therapies, and Commercializing Consumer Technology." En *Policy, Identity, and Neurotechnology*, editado por Veljko Dubljevic y Allen Coin, 189-206. https://doi.org/10.1007/978-3-031-26801-4_11
- Bostrom, Nick. 2005. "In Defense of Posthuman Dignity." *Bioethics* 19, no. 3: 202-14. <https://doi.org/10.1111/J.1467-8519.2005.00437.X>
- Bostrom, Nick y Anders Sandberg. 2009. "Cognitive Enhancement: Methods, Ethics, Regulatory Challenges." *Science and Engineering Ethics* 15, no. 3: 311-41. <https://doi.org/10.1007/S11948-009-9142-5>
- Bugajska, Anna. 2021. "Is Transhumanism the Solution to Euthanasia?" *Jahr* 12, no. 1: 45-64. <https://doi.org/10.21860/J.12.1.3>
- Burwell, Sasha, Matthew Sample y Eric Racine. 2017. "Ethical Aspects of Brain Computer Interfaces: A Scoping Review." *BMC Medical Ethics* 18, no. 1: 1-11. <https://doi.org/10.1186/s12910-017-0220-y>
- Cardozo, John Jairo y Tania Meneses Cabrera. 2014. "Transhumanismo: Concepciones, Alcances y Tendencias." *Revista Colombiana de Humanidades* 46, no. 84: 63-89. <https://doi.org/10.15332/s0120-8454.2014.0084.04>

- Chari, Aswin, Sanjay Budhdeo, Rachel Sparks, Damiano G. Barone, Hani J. Marcus, Erlick A.C. Pereira y Martin M. Tisdall. 2021. "Brain-Machine Interfaces: The Role of the Neurosurgeon." *World Neurosurgery* 146: 140-47. <https://doi.org/10.1016/J.WNEU.2020.11.028>
- Cinel, Caterina, Davide Valeriani y Riccardo Poli. 2019. "Neurotechnologies for Human Cognitive Augmentation: Current State of the Art and Future Prospects." *Frontiers in Human Neuroscience* 13: 430907. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00013>
- Decker, Michael y Torsten Fleischer. 2008. "Contacting the Brain - Aspects of a Technology Assessment of Neural Implants." *Biotechnology Journal* 3, no. 12: 1502-10. <https://doi.org/10.1002/biot.200800225>
- Devlin, Matthew. 2014. "Cultivating Better Brains: Transhumanism and Its Critics on the Ethics of Enhancement Via Brain-Computer Interfacing." Electronic Thesis and Dissertation Repository, The University of Western Ontario. <https://ir.lib.uwo.ca/etd/1946>
- Dresler, Martin, Anders Sandberg, Christoph Bublitz, Kathrin Ohla, Carlos Trenado, Aleksandra Mroczko-Wąsowicz, Simone Kühn y Dimitris Repantis. 2019. "Hacking the Brain: Dimensions of Cognitive Enhancement." *ACS Chemical Neuroscience* 10, no. 3: 1137-48. <https://doi.org/10.1021/acscemneuro.8b00571>
- Dubljević, Veljko y Allen Coin. 2023. *Policy, Identity, and Neurotechnology*. Suiza: Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-26801-4>
- Elia, Gianluca, Elisabetta Raguseo, Gianluca Solazzo y Federico Pigni. 2022. "Strategic Business Value from Big Data Analytics: An Empirical Analysis of the Mediating Effects of Value Creation Mechanisms." *Information & Management* 59, no. 8: 103701. <https://doi.org/10.1016/j.im.2022.103701>
- Esteban, Jesús y Cárcar Benito. 2019. "El Transhumanismo y Los Implantes Cerebrales Basados En Las Tecnologías de La Inteligencia Artificial: Sus Perímetros Neuroéticos y Jurídicos." *IUS ET SCIENTIA* 5 (1): 157-89. <https://doi.org/10.12795/IESTSCIENTIA.2019.i01.07>
- Etxeberria, Jon Rueda. 2020. "De La Libertad Morfológica Transhumanista a La Corporalidad Posthumana: Convergencias y Divergencias." *Isegoria* 63: 311-28. <https://doi.org/10.3989/ISEGORIA.2020.063.02>
- Fiani, Brian, Taylor Reardon, Benjamin Ayres, David Cline y Sarah R Sitto. 2021. "An Examination of Prospective Uses and Future Directions of Neuralink: The Brain-Machine Interface." *Cureus* 13, no. 3. <https://doi.org/10.7759/CUREUS.14192>
- Friedrich, Orsolya, Eric Racine, Steffen Steinert, Johannes Pömsl y Ralf J. Jox. 2021. "An Analysis of the Impact of Brain-Computer Interfaces on Autonomy." *Neuroethics* 14, no. 1: 17-29. <https://doi.org/10.1007/S12152-018-9364-9>
- Gaitán, Leandro. 2021. "Naturaleza Humana y Derechos Posthumanos." *Humanidades: Revista de La Universidad de Montevideo* 10, no. 10: 201-20. <https://doi.org/10.25185/10.8>

- Hottois, Gilbert. 2013. "Humanismo; Transhumanismo; Posthumanismo." *Revista Colombiana de Bioética* 8, no. 2: 167-92. <https://doi.org/10.18270/RCB.V8I2.797>
- Hottois, Gilbert. 2015. "Rostros Del Trans/Posthumanismo a La Luz de La Pregunta Por El Humanismo." *Revista Colombiana de Bioética* 10, no. 2: 175-92. <https://doi.org/10.18270/RCB.V10I2.1764>
- Hughes, James J. 2012. "The Politics of Transhumanism and the Techno-Millennial Imagination, 1626-2030." *Zygon®* 47, no. 4: 757-76. <https://doi.org/10.1111/J.1467-9744.2012.01289.X>
- Ienca, Marcello y Pim Haselager. 2016. "Hacking the Brain: Brain-Computer Interfacing Technology and the Ethics of Neurosecurity." *Ethics and Information Technology* 18, no. 2: 117-29. <https://doi.org/10.1007/S10676-016-9398-9>
- Jebari, Karim. 2013. "Brain Machine Interface and Human Enhancement - An Ethical Review." *Neuroethics* 6, no. 3: 617-25. <https://doi.org/10.1007/S12152-012-9176-2>
- Kellmeyer, Philipp. 2023. "Neurotechnology and Fundamental Rights: Conceptual and Ethical Foundations." En *The Risks and Challenges of Neurotechnologies for Human Rights*, edited by United Nations Educational Scientific and Cultural Organization UNESCO, editado por UNESCO, University of Milan-Bicocca - Department of Business and Law y State University of New York (SUNY), 39-44. Brooklyn: Unesco. <https://doi.org/10.54678/POGS7778>
- Klaming, Laura y Pim Haselager. 2013. "Did My Brain Implant Make Me Do It? Questions Raised by Dbs Regarding Psychological Continuity, Responsibility for Action and Mental Competence." *Neuroethics* 6, no. 3: 527-39. <https://doi.org/10.1007/S12152-010-9093-1>
- Klein, Eran. 2016. "Informed Consent in Implantable BCI Research: Identifying Risks and Exploring Meaning." *Science and Engineering Ethics* 22, no. 5: 1299-1317. <https://doi.org/10.1007/S11948-015-9712-7>
- Kotchetkov, Ivan S., Brian Y. Hwang, Geoffrey Appelboom, Christopher P. Kellner y E. Sander Connolly. 2010. "Brain-Computer Interfaces: Military, Neurosurgical, and Ethical Perspective." *Neurosurgical Focus* 28, no. 5: E25. <https://doi.org/10.3171/2010.2.FOCUS1027>
- Kulshreshth, Abhinav, Abhineet Anand y Anupam Lakanpal. 2019. "Neuralink- An Elon Musk Start-up Achieve Symbiosis with Artificial Intelligence." *Proceedings - 2019 International Conference on Computing, Communication, and Intelligent Systems, ICCIS 2019*: 105-9. <https://doi.org/10.1109/ICCIS48478.2019.8974470>
- Lacalle Noriega, María. 2021. "Transhumanismo y Derecho: de la Naturaleza Humana a la Autodeterminación como Fundamento de los Derechos Humanos." *Cuadernos de Bioética* 32, no. 105: 225-35. <https://doi.org/10.30444/CB.100>
- Li, Ming, Yu Qi y Gang Pan. 2023. "Optimal Feature Analysis for Identification Based on Intracranial Brain Signals with Machine Learning Algorithms." *Bioengineering* 10, no. 7: 801. <https://doi.org/10.3390/BIOENGINEERING10070801>

- Mason, Luke Robert. 2018. "Max More & Natasha Vita-More on the History of Transhumanism w/ Luke Robert Mason." Entrevista por Luke Robert Mason, mayo 28, 2020. Audio. <https://www.youtube.com/watch?v=ffEDNLRq6y8>
- Minerva, Francesca y Anders Sandberg. 2017. "Euthanasia and Cryoethanasia." *Bioethics* 31, no. 7: 526-33. <https://doi.org/10.1111/bioe.12368>
- Monterde Ferrando, Rafael. 2020. "El Transhumanismo de Julian Huxley: Una Nueva Religión Para La Humanidad." *Cuadernos de Bioética* 31, no. 101: 71-85. <https://doi.org/10.30444/CB.53>
- More, Max. 2013. "The Philosophy of Transhumanism." En *Morphological Freedom - Why We Not Just Want It, but Need It*, editado por Max More y Natasha Vita-More, 3-17. Chichester, Inglaterra: John Wiley & Sons, Inc.
- More, Max. 2014. "The Enhanced Carnality of Post-Biological Life." En *Intelligence Unbound: The Future of Uploaded and Machine Minds*, editado por Russell Blackford y Damien Broderick, 222-30. Inglaterra: John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9781118736302.CH15>
- More, Max y Natasha Vita-More. 2013. *The Transhumanist Reader: Classical and Contemporary Essays on the Science, Technology, and Philosophy of the Human Future*. Inglaterra: John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9781118555927>
- Moreno, Jonathan, Michael L. Gross, Jack Becker, Blake Hereth, Neil D. Shortland y Nicholas G. Evans. 2022. "The Ethics of AI-Assisted Warfighter Enhancement Research and Experimentation: Historical Perspectives and Ethical Challenges." *Frontiers in Big Data* 5: 978734. <https://doi.org/10.3389/fdata.2022.978734>
- Musk, Elon y Neuralink. 2019. "An Integrated Brain-Machine Interface Platform With Thousands of Channels." *Journal of Medical Internet Research* 21, no. 10: e16194. <https://doi.org/10.2196/16194>
- Ogbujah, Columbus y Charles Ufomadu. 2010. "Ethical Issues in Cyborgization: The Case of Brain-Computer Interface." *MELINTAS* 26, no. 2: 141-59.
- Palmerini, Erica. 2015. "A Legal Perspective on Body Implants for Therapy and Enhancement." *International Review of Law, Computers & Technology* 29, no. 2-3: 226-44. <https://doi.org/10.1080/13600869.2015.1055664>
- Pérez Triviño, José Luis. 2016. "El Dopaje Genético, la Ética del Deporte y la Sociedad Transhumanista." *IUS ET SCIENTIA* 2, no. 2: 54-85. <https://doi.org/10.12795/IETSCIENTIA.2016102.06>
- Pflanzer, Michael. 2023. "Perspectives of Current FDA Guidance on BCI Technology." En *Policy, Identity, and Neurotechnology*, editado por Veljko Dubljevic y Allen Coin, 253-69. Suiza: Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-031-26801-4_14
- Prodanov, Dimiter y Jean Delbeke. 2016. "Mechanical and Biological Interactions of Implants with the Brain and Their Impact on Implant Design." *Frontiers in Neuroscience* 10. <https://doi.org/10.3389/fnins.2016.00011>

- Pugh, Jonathan, Laurie Pycroft, Anders Sandberg, Tipu Aziz y Julian Savulescu. 2018. "Brainjacking in Deep Brain Stimulation and Autonomy." *Ethics and Information Technology* 20, no. 3: 219-32. <https://doi.org/10.1007/s10676-018-9466-4>
- Rao, Rajesh P. N., Andrea Stocco, Matthew Bryan, Devapratim Sarma, Tiffany M. Youngquist, Joseph Wu y Chantel S. Prat. 2014. "A Direct Brain-to-Brain Interface in Humans." *PLoS ONE* 9, no. 11. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0111332>
- Ravanel, Martin de la y Diana Aurenque Stephan. 2018. "Medicalización, Prevención y Cuerpos Sanos: La Actualidad de Los Aportes de Illich y Foucault." *Tópicos (México)* 55, no. 55: 407-37. <https://doi.org/10.21555/top.v0i55.914>
- Redolfi Riva, Eugenio y Silvestro Micera. 2021. "Progress and Challenges of Implantable Neural Interfaces Based on Nature-Derived Materials." *Bioelectronic Medicine* 7, no. 1: 1-10. <https://doi.org/10.1186/S42234-021-00067-7>
- Rinklin, Philipp y Bernhard Wolfrum. 2021. "Recent Developments and Future Perspectives on Neuroelectronic Devices." *Neuroforum* 27, no. 4: 213-24. <https://doi.org/10.1515/nf-2021-0019>
- Sandberg, Anders. 2013. "Morphological Freedom - Why We Not Just Want It, but Need It." En *The Transhumanist Reader*, editado por More Max y Vita-More Natasha, 56-64. Chichester, Inglaterra: John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9781118555927.ch5>
- Sandberg, Anders. 2021. "Post-Human Design: The Crafted Human Body and the Exoself." *Futures*: 313-32. <https://doi.org/10.1093/OXFORD-HB/9780198806820.013.19>
- Sandberg, Anders y Nick Bostrom. 2006. "Converging Cognitive Enhancements." *Annals of the New York Academy of Sciences* 1093, no. 1: 201-27. <https://doi.org/10.1196/annals.1382.015>
- Sandberg, Anders y Antonio Diéguez. 2015. "Looking to the Future of Technology and Human Being. An Interview with Anders Sandberg." *Contrastes, Revista Internacional de Filosofía* 20, no. 2: 373-90.
- Sandberg, Anders y Julian Savulescu. 2014. "The Social and Economic Impacts of Cognitive Enhancement." *Enhancing Human Capacities*: 92-112. <https://doi.org/10.1002/9781444393552.CH6>
- Sattler, Sebastian, Edward Jacobs, Ilima Singh, David Whetham, Imre Bárd, Jonathan Moreno, Gian Galeazzi y Agnes Allansdottir. 2022. "Neuroenhancements in the Military: A Mixed-Method Pilot Study on Attitudes of Staff Officers to Ethics and Rules." *Neuroethics* 15, no. 1. <https://doi.org/10.1007/S12152-022-09490-2>
- Savulescu, Julian, Anders Sandberg y Guy Kahane. 2014. "Well-Being and Enhancement." *Enhancing Human Capacities*: 1-18. <https://doi.org/10.1002/9781444393552.CH1>

- Starr, Philip A. 2018. "Totally Implantable Bidirectional Neural Prostheses: A Flexible Platform for Innovation in Neuromodulation." *Frontiers in Neuroscience* 12: 356027. <https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00619>
- Stiegler, Bernard. 1994. *La Técnica y El Tiempo*. Paris: Editions Galilée.
- Trimper, John B., Paul Root Wolpe y Karen S. Rommelfanger. 2014. "When 'I' Becomes 'We': Ethical Implications of Emerging Brain-to-Brain Interfacing Technologies." *Frontiers in Neuroengineering* 7. <https://doi.org/10.3389/FNENG.2014.00004>
- Valdés, Giovanni Fernández. 2021. "Transhumanism, Question to Human Nature." *Perseitas* 9: 389-421. <https://doi.org/10.21501/23461780.3981>
- Valeriani, Davide, Caterina Cinel y Riccardo Poli. 2019. "Brain-Computer Interfaces for Human Augmentation." *Brain Sciences* 9, no. 2: 22. <https://doi.org/10.3390/BRAINSCI9020022>
- Velásquez, Laity. 2012. "La Relación Médico-Paciente: una Aproximación al Problema de la Autonomía." *Revista Colombiana de Bioética* 7, no. 1: 163-71. <https://doi.org/10.18270/rcb.v7i1.808>
- Vetere, Gisella, Lina M. Tran, Sara Moberg, Patrick E. Steadman, Leonardo Restivo, Filomene G. Morrison, Kerry J. Ressler, Sheena A. Josselyn y Paul W. Frankland. 2019. "Memory Formation in the Absence of Experience." *Nature Neuroscience* 22, no. 6: 933-40. <https://doi.org/10.1038/s41593-019-0389-0>
- Warwick, Kevin. 2016. "Transhumanism: Some Practical Possibilities." *FifF Kommunikation* 2: 24-7. <https://pureportal.coventry.ac.uk/en/publications/transhumanism-some-practical-possibilities-2>
- Willett, Francis R., Donald T. Avansino, Leigh R. Hochberg, Jaimie M. Henderson y Krishna V. Shenoy. 2021. "High-Performance Brain-to-Text Communication via Handwriting." *Nature* 593, no. 7858: 249-54. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03506-2>
- Yan, Wen-Wen, Li-Hua Yao, Chong Chen, Hai-Xia Wang, Chu-Hua Li, Jun-Ni Huang, Peng Xiao y Cheng-Yi Liu. 2015. "Effects of Modafinil on Behavioral Learning and Hippocampal Synaptic Transmission in Rats." *International Neurology Journal* 19, no. 4: 220-27. <https://doi.org/10.5213/inj.2015.19.4.220>
- Zehr, E. Paul. 2015. "The Potential Transformation of Our Species by Neural Enhancement." *Journal of Motor Behavior* 47, no. 1: 73-78. <https://doi.org/10.1080/00222895.2014.916652>