

**NEURALINK: INPLICACIONES ÉTICAS DE LAS TECNOLOGÍAS  
BASADAS EN INTERFACES CEREBRO-MÁQUINA**

***NEURALINK: ETHICAL IMPLICATIONS OF TECHNOLOGIES BASED  
ON BRAIN-MACHINE INTERFACES***

JONATHAN GONZÁLEZ SANTOS  
Universidad Pablo de Olavide  
jgonsan1@alu.upo.es

RECIBIDO: 30/12/2021

ACEPTADO: 18/03/2022

**Resumen:** En los últimos años, Elon Musk se ha convertido en una referencia internacional en el ámbito de la innovación. Entre sus últimas aportaciones se encuentra Neuralink, una empresa neurotecnológica que muchos creen que supondrá todo un hito en el sector. Sin embargo, las aplicaciones que plantea han preocupado a académicos y expertos por el gran impacto que puede generar en la sociedad. En este artículo se ha hecho una breve revisión del estado del arte de la tecnología de interfaces cerebro-máquina, haciendo especial hincapié en las implicaciones éticas asociadas, así como en las medidas que se están empezando a tomar para el desarrollo y uso responsable de esta tecnología.

**Palabras clave:** Neuralink; Interfaz Cerebro-Máquina; Neurotecnología; Neuroética; Bioética.

**Abstract:** In recent years, Elon Musk has become an international reference of the innovation sector. Among his latest contributions we could find Neuralink, a neurotechnology company that many believe will be a milestone in the sector. However, the applications that it raises have worried academics and experts due to the great impact it can generate on society. This article has made a brief review of the state of the art of brain-machine interface technology, emphasizing the associated ethical implications, as well as the measures that are beginning to be taken for the development and responsible use of this technology.

**Keywords:** Neuralink; Brain-Machine Interface; Neurotechnology; Neuroethics; Bioethics.

## Introducción

Mucho ha llovido desde que, en 1888, Santiago Ramón y Cajal fijase el punto de mira de la investigación neurofisiológica en la neurona como entidad fundamental para comprender el funcionamiento del sistema nervioso, hito que hizo posible el desarrollo de la neurociencia como un prometedor campo de estudio con muchas incógnitas por resolver. Desde entonces, múltiples han sido los hallazgos que se han producido en este campo y, por ende, diversas consecuencias se han derivado del mismo, siendo la neurotecnología una de las más destacadas, la cual abordaremos en este artículo.

La neurotecnología se ha definido como el conjunto de métodos e instrumentos que permiten una conexión directa de componentes técnicos –como electrodos, computadoras o prótesis inteligentes– con el sistema nervioso (Müller y Rotter, 2017). Esta ciencia, clasificada por expertos como dentro del grupo de las tecnologías disruptivas (López Baroni, 2019a), se ha disparado en popularidad en la última década (Slutzky, 2019), siendo Neuralink probablemente la empresa más mediática de este sector en la actualidad. Co-fundada en 2016 por el billonario Elon Musk (CEO de Tesla y SpaceX), esta start-up apareció en una publicación del Wall Street Journal (Winkler, 2017), donde se explicaba que, según palabras del magnate, su objetivo era el desarrollo de una tecnología novedosa a la cual se refería como «neural lace», que consistía en el implante de diminutos electrodos cerebrales que permitirían cargar y descargar pensamientos en el futuro. No obstante, esta tecnología no es completamente nueva, sino que se engloba dentro del marco de las interfaces cerebro-máquina.

Los fundamentos teóricos de la interfaz cerebro-máquina (ICM) –brain machine interface (BMI) en inglés– también conocida con otros nombres como interfaz-cerebro-computadora (ICC) o interfaz

cerebro-ordenador (ICO) aparecieron por primera vez en la literatura científica en la década de los años 60. Sin embargo, no sería hasta finales de los 90 cuando los avances tecnológicos del momento permitieron que la investigación en este campo despegase (Lebedev y Nicolelis, 2017). Así pues, en cuanto a su diseño, las BMI pueden variar en función de múltiples parámetros, aunque de forma general suele estar constituido por tres componentes; un módulo sensor, un módulo de procesamiento de la señal y un módulo de aplicación (Minguez, 2010). Los sensores detectan señales de la corteza cerebral, ya sea de forma invasiva o no invasiva (vg. mediante electroencefalografía, EEG), las digitalizan y envían al módulo de procesamiento, que extrae y clasifica patrones o características de la señal y las traducen a comandos. Estos comandos, que se corresponden con las intenciones de la persona, son recogidos por el módulo de aplicación, el cual realiza la función deseada y, por último, se evalúa la reacción del usuario, cerrando así el ciclo de retroalimentación, y permitiendo ajustar correctamente la acción ejecutada (Kawala-Sterniuk et al., 2021; Lebedev y Nicolelis, 2017; Rashid et. al, 2020; Zhang et. al, 2020).

Con respecto a los objetivos de las BMI, si bien inicialmente eran, por una parte, desvelar y utilizar los principios de funcionamiento y propiedades de los circuitos cerebrales y, por otra, crear nuevas terapias que permitieran recuperar la movilidad y sensaciones perdidas en pacientes con discapacidad grave, a raíz de los últimos avances en este campo de investigación han surgido una amplia gama de aplicaciones que han expandido estos propósitos originales (Lebedev y Nicolelis, 2017). En concreto, a partir de la actividad cerebral se han desarrollado aplicaciones basadas en control de cursores (Bacher et. al, 2015; Kennedy et. al, 2000; Wolpaw et. al, 1991), sintetizadores del habla (Fontanillo et. al, 2020; Rashid et. al, 2020; Slutzky, 2019; Zhang et. al, 2020), neuroprotésica –entre las que se incluyen prótesis biónicas,

auditivas o visuales– (Fontanillo et. al, 2020; Zhang et. al, 2020), sillas de ruedas inteligentes (Kawala-Sterniuk et al., 2021; Rashid et. al, 2020), diagnóstico de enfermedades (Fontanillo et. al, 2020), neurofeedback –neuroterapia basada en retroalimentación de la actividad cerebral del individuo– (Fontanillo et. al, 2020; Mínguez, 2010), neuroergonomía –diseño de ambientes inteligentes basados en neurotecnología– (Fontanillo et. al, 2020; Mínguez, 2010), biometría y seguridad (Alimardani e Hiraki, 2020; Fontanillo et. al, 2020; Mínguez, 2010; Rashid et. al, 2020), educación (Alimardani e Hiraki, 2020; Fontanillo et. al, 2020), gaming y realidad virtual (Fontanillo et. al, 2020; Mínguez, 2010; Rashid et. al, 2020) o neuromarketing (Fontanillo et. al, 2020; Kawala-Sterniuk et al., 2021).

Como se puede apreciar, las utilidades de estos dispositivos son diversas. En la actualidad se ofrecen múltiples servicios cuyo número no para de aumentar a medida que pasa el tiempo. Entre las innovaciones más recientes, un ejemplo relevante es el llevado a cabo por BrainNet. En este proyecto se están haciendo pruebas en humanos con interfaces cerebro-cerebro no invasivas para tareas de resolución colaborativa de problemas. Concretamente estos dispositivos combinan registros EEG con estimulación magnética transcraneal para la transmisión de información no invasiva a otro cerebro. En una de las tareas, dos sujetos que actúan como «remitentes» informan a un tercero, «receptor», sobre si debe girar un bloque en un juego similar al Tetris, sin que este pueda ver la pantalla del juego. La tarea ha sido resuelta con muy buenos resultados y nos apunta hacia nuevos sectores donde esta tecnología prevé expandirse (Rashid et. al, 2020).

## Neuralink

En este contexto aparece Neuralink, empresa que queremos destacar por tener probablemente el proyecto más ambicioso que existe actualmente en cuanto a sus objetivos a largo plazo. Además, esta start-up cuenta con Elon Musk entre sus fundadores, una figura relevante por varios motivos; Musk comenzó el 2021 proclamándose como la persona más rica del planeta (Klebnikov, 2021). Su visión de mercado y conocimientos del sector empresarial lo han convertido en una de las principales influencias en el ámbito de la innovación, lo que se traduce en una importante movilización de capital en todos sus proyectos. En concreto, en 2019, Neuralink ya había recibido 158 millones de dólares en financiamiento (Markoff, 2019). Un año después, durante el evento Neuralink Progress Update, la compañía anunció que había conseguido la aprobación de la Food and Drug Administration (FDA) de EE.UU. para hacer pruebas en humanos, según palabras del CEO.

La empresa se está enfocando fundamentalmente en resolver aspectos técnicos asociados a la ingeniería de las interfaces que permitirán ampliar su potencial. Concretamente, pretende aumentar la cantidad de electrodos en al menos dos órdenes de magnitud con respecto a los dispositivos que están aprobados clínicamente, creando un sistema invasivo, seguro y eficaz, que permita a sus usuarios utilizarlo fuera del laboratorio. Los avances presentados hasta la fecha se basan en sondas de polímero ultrafinas, un robot neuroquirúrgico y otros elementos electrónicos personalizados (Musk, E. & Neuralink, 2019; Web de Neuralink, s.f.):

El componente central es el «Link», un dispositivo que se implanta en la corteza cerebral y que contiene chips con la capacidad de procesar y transmitir información obtenida a partir de las neuronas en tiempo real, e incluso permite estimular dichas

células por estimulación cerebral profunda –deep brain stimulation, DBS–. Además, posee una batería que puede ser cargada inductivamente desde el exterior (Musk, E. & Neuralink, 2019; Neuralink). Este implante está conectado a unas sondas de escala neuronal y muy flexibles que contienen muchos electrodos. En total suman un orden de magnitud más de los que poseen los dispositivos de la competencia y pretenden que este número aumente a medida que vayan optimizando la tecnología. El tamaño y la composición de dichas sondas concuerdan mejor con las propiedades del material del tejido cerebral, comparándolas con las que utilizan otras compañías, y, por lo tanto, poseen mejor biocompatibilidad (Musk, E. & Neuralink, 2019; Neuralink). No obstante, son tan finas y flexibles que la mano humana no las puede insertar. Para ello, han desarrollado un sistema robótico que el neurocirujano puede usar para insertarlas individualmente con una precisión de micras, a través de una sola apertura en el cráneo de 8 milímetros, y dirigirlas hacia las regiones específicas del cerebro en las que deben estar (Musk, E. & Neuralink, 2019; Neuralink). Adicionalmente, están trabajando en la aplicación Neuralink. De momento esta aplicación no está disponible ni aprobada por la FDA, por lo que no tenemos información sobre ella. No obstante, en la página web de Neuralink nos presentan una simulación en la que se puede intuir cómo podrá ser. Aparentemente dispondrá de ejercicios que permitirán controlar mejor diferentes dispositivos a través de la actividad cerebral.

### *Objetivos*

Los objetivos a corto plazo de Neuralink son similares a algunos de los que hemos visto en el apartado anterior. A saber; mejorar la calidad de vida de personas con parálisis facilitándoles modos alternativos de comunicarse, ya sea por medio de texto o por

síntesis de voz, además de proporcionarles diferentes alternativas de ocio como puede ser navegar por la web o utilizar diferentes softwares de los dispositivos tecnológicos que usamos cotidianamente, como aplicaciones de fotografía, arte, etc. Una vez cumplido este objetivo, el siguiente paso será ampliar el espectro de trastornos a tratar, incluyendo otras alteraciones neurológicas relacionadas con funciones motoras o sensoriales (Musk, E. & Neuralink, 2019; Neuralink).

A largo plazo, los objetivos se tornan mucho más abstractos y ambiciosos. En una entrevista para Code Conference (2016), Musk mostraba su preocupación sobre los peligros que acarrearían los avances en inteligencia artificial (IA), y planteaba una posible solución para hacerles frente. Mediante un símil sobre la evolución del cerebro humano, se refirió al sistema límbico —primitivo, asociado con las emociones— como una «capa» a la que posteriormente se le sumaría otra más, la neocorteza —implicada en aspectos más complejos que podemos asociar con la inteligencia—. Contra la amenaza que suponen los progresos en IA, Elon proponía añadir una tercera capa digital que actúe en simbiosis con las otras dos, al fin y al cabo, según comentaba, esta capa ya la poseemos gracias a los dispositivos inteligentes que utilizamos a diario, es decir, en la actualidad interactuamos con la IA, pero dicha interacción se ve limitada, dado que la entrada y salida de información depende de nuestros pulgares.

La idea presentada, con algunos matices, finalmente se materializó en la creación de Neuralink. A medida que desarrolle la tecnología y consiga acceder a más áreas corticales, la empresa pretende ampliar la forma en la que los humanos interactuamos, tanto a nivel individual como en sociedad. A partir de esta simbiosis con la inteligencia artificial, según ha apuntado Musk, podremos asegurar nuestro futuro como civilización (Musk et al., 2019). De una forma más concreta, durante el Progress Update de

Neuralink, el equipo reveló algunas funciones que consideran que se podrán desarrollar en el futuro y que a día de hoy pueden parecerse de ciencia ficción, como descargar nuestros recuerdos o poseer una supervisión que nos permita ver radiación infrarroja o ultravioleta, entre otras (Musk et al., 2020). No obstante, como respuesta, se han producido muchas críticas por parte de la comunidad científica, que ven con bastante escepticismo estas declaraciones. Por ejemplo, en una publicación de MIT Technology Review se criticaba duramente estas ideas, tachando a Neuralink como un teatro de las neurociencias, al considerar que prometen cosas que serán muy difíciles de cumplir (Regalado, 2020). De lo que no cabe duda es de que independientemente de que se consigan estos objetivos finales, la tecnología basada en interfaces cerebro-máquina puede acceder a una información muy delicada y personal, que por lo tanto lleva asociadas unas implicaciones éticas que no podemos dejar pasar por alto, como veremos a continuación.

### **Aspectos éticos**

Si hacemos una revisión de la literatura científica que trata sobre temas afines a las BMI no tardaremos en darnos cuenta de la preocupación que genera en cuanto a los aspectos éticos que plantea su utilización. Frecuentemente se discute más de un tema de los que abordaremos en este apartado, ya sea en estudios técnicos que dedican una sección a las implicaciones éticas, como en artículos en los que estas últimas constituyen el tema central. Los temas en los que nos enfocaremos son; seguridad y equilibrio riesgo-beneficio, privacidad y consentimiento informado, alteración del «yo» (autonomía y responsabilidad e identidad), mejora y justicia.

### *Seguridad y equilibrio riesgo-beneficio*

Una de las principales preocupaciones que existen son las consecuencias adversas asociadas a la seguridad de los dispositivos, registradas tanto en contextos médicos como no médicos (Fontanillo et. al, 2020). En el primer caso, estudios como el de Tamburrini y Mattia (2011) alertan sobre posibles daños graves derivados de la plasticidad neuronal, causados por el uso de dispositivos no invasivos, especialmente cuando se aplican a largo plazo en niños y adultos jóvenes. Los problemas de seguridad no médicos también son muy discutidos y abarcan un gran espectro, que va desde las emociones negativas generadas durante el entrenamiento intenso (Glannon, 2014) hasta situaciones en las que la vida del usuario se puede ver en peligro provocadas por fallas tecnológicas (Hildt, 2011). De igual forma, algunos autores también reflexionan sobre la vulnerabilidad de las BMI, y las consecuencias en la salud de sus usuarios que conllevarían posibles ciberataques contra estos dispositivos en determinados contextos (Fontanillo et. al, 2020; Zhang et al. 2020).

Por una parte, si nos centramos en las consecuencias médicas de estas aplicaciones clínicas, está claro que tanto las fallas como los secuestros de los dispositivos BMI podrían tener efectos extremadamente perjudiciales para los individuos. Por otra parte, otras aplicaciones de esta tecnología no son médicas y tienen como objetivo mejorar la calidad de vida del público en general. Estos usos suelen basarse en tecnología no invasiva, en la que los posibles riesgos clínicos parecen menores a priori. Sin embargo, pasarán años o décadas antes de que conozcamos su impacto en la sociedad. A pesar de esto, comenzar ya el análisis ético puede ayudar a orientar su desarrollo. De hecho, la importancia de estos análisis se puede ver atendiendo a los riesgos no médicos, como la frustración, en los que el debate ético se ha estado centrando en los

últimos años y cuyas objeciones han impulsado la búsqueda de mejoras en los dispositivos. Por ejemplo, una de las soluciones que se han propuesto ha sido diseñar BMI adaptativas que puedan interactuar con los estados mentales de los usuarios, lo que reduce cargas físicas y emocionales. Concretamente los prototipos presentados se basan en dispositivos que se desactivarían y reactivarían automáticamente en función de los niveles de atención del usuario o que modifiquen sus algoritmos en función de determinados estados mentales. Por lo tanto, el reto de la seguridad se ve como un tema crítico, y por ello los expertos coinciden en que deben celebrarse discusiones más extensas sobre los riesgos y beneficios de los dispositivos entre los que se incluyan temas como las fallas y la vulnerabilidad algorítmica, con el objetivo de que los aspectos señalados estén incluidos cuando aparezcan dichos avances tecnológicos, y de este modo se garantice una tecnología más precisa y segura (Fontanillo et. al, 2020).

### *Privacidad y consentimiento informado*

Como se venía anticipando, la información que se puede obtener de los dispositivos basados en BMI abarca múltiples aspectos de la persona, desde simples procesos o estados psicológicos temporales hasta rasgos de la personalidad o trastornos mentales (Burwell et al., 2017; Fontanillo et. al, 2020). De hecho, tal y como subrayan algunos expertos, el potencial de estos dispositivos es tal, que la persona podría desconocer el alcance de los datos que se obtienen de su cerebro (Vlek et al., 2012). El concepto de privacidad surge especialmente para intentar frenar el impacto que un mal uso de dicha información podría tener en la vida del usuario. Como por ejemplo problemas de discriminación en determinados contextos (Fontanillo et. al, 2020; Vlek et al., 2012).

De todas las cuestiones éticas que se plantean en este artículo, la privacidad es la que se encuentra más avanzada en cuanto a lo que su legislación se refiere. Por ejemplo, en Europa ya existe cierta regulación sobre los datos cerebrales obtenidos en el ámbito clínico. Según lo proclamado en el Reglamento General de Protección de Datos (GDPR), que entró en vigor en 2018, los datos cerebrales se califican como datos sensibles, lo que genera estándares de protección más altos que los de los datos personales. Esto significa que los motivos para procesar datos sensibles bajo el GDPR se han vuelto más estrictos y deben cumplir con estándares de seguridad más altos. Además, con respecto al consentimiento informado, algunos de los datos que deben proporcionarse de acuerdo con el RGPD son la identidad de los responsables del tratamiento, la finalidad del tratamiento y las actividades de tratamiento que pueden llevarse a cabo. El objetivo buscado es que las tanto entidades públicas como privadas garanticen la transparencia en el tratamiento de estos datos, así como la adecuada seguridad y confidencialidad de los mismos. Dicho reglamento avala que la información extraída se mantendrá confidencial en una base de datos, y sus resultados solo deben ser compartidos por motivos científicos y de forma anónima para asegurar la privacidad del sujeto de investigación. No cumplir con estas medidas se considerará una violación de cualquier práctica de investigación ética y conllevaría sus correspondientes sanciones legales. Según el marco europeo actual para la privacidad y la protección de datos, los infractores pueden ser multados con hasta el 4% de su facturación global, o 20 millones de euros (Fontanillo et. al, 2020). Asimismo, las instituciones deberán mantenerse actualizadas y desarrollar ejercicios de higiene cibernética y seguridad. Por ejemplo, las comunicaciones entre los sensores de los dispositivos y las unidades de procesamiento o almacenamiento se basarán en protocolos encriptados. Al mismo tiempo, los firewalls y las

soluciones de seguridad basadas en sistemas de nombres de dominio deben mantenerse actualizados para evitar el acceso no autorizado y proteger los dispositivos cuando están expuestos en contextos cotidianos (Fontanillo et. al, 2020).

Otro problema que surge es la posibilidad de acceder a los procesos mentales de los individuos sin su consentimiento previo (Farah, 2015). Una decisión autónoma expresada a través de un consentimiento informado debería presuponer que el paciente: (1) comprende la información relevante sobre el tratamiento o la investigación y los riesgos y beneficios relacionados, (2) conoce los diferentes métodos terapéuticos o de investigación y las consecuencias relacionadas, (3) Ha contemplado diferentes opciones y (4) Ha comunicado una elección personal (Farisco et al., 2015). No obstante, en el contexto de las BMI aparece una dificultad adicional, ya que muchos de sus usuarios son pacientes que no se comunican –como por ejemplo los pacientes que sufren síndrome de enclaustramiento (LIS)– y, por lo tanto, tienen una capacidad significativamente disminuida para dar su consentimiento (Burwell et al., 2017; Fontanillo et. al, 2020). Aunque la mayoría de los investigadores están de acuerdo en que los beneficios actuales superan los riesgos en personas con LIS que utilizan dispositivos no invasivos, algunas de ellas pueden no querer utilizarlos. De la misma forma, se ha debatido sobre qué pacientes son adecuados para dar su consentimiento, aunque puedan comunicarlo. El motivo de este debate se basa en la contemplación de que la voluntad del consentimiento puede verse mermada en diferentes situaciones, como en casos límite en que los pacientes actúen por desesperación o como último recurso (Burwell et al., 2017). También se cree que dicha voluntad puede verse alterada por expectativas poco realistas, alimentadas por los medios de comunicación, que suelen dar una cobertura excesivamente positiva y futurista a las noticias relacionadas con la

neurotecnología. Los especialistas opinan que estas expectativas pueden conducir a un consentimiento que no está tan informado como debería ser (Burwell et al., 2017).

### *Alteración del «yo»*

Dada la magnitud de las aplicaciones y siendo el cerebro el foco principal sobre el que actúa esta tecnología, el debate sobre las BMI se ha derivado irremediabilmente hacia cuestiones complejas relacionadas con la naturaleza humana y el comportamiento social. Específicamente, se plantean preguntas sobre la base biológica de la personalidad y el comportamiento social, así como el papel de la neurobiología en la toma de decisiones (Illes y Bird, 2006) tales como; ¿Nuestro «yo» se transforma en otro por estas intervenciones? ¿Somos la misma persona que éramos antes de la operación o antes de la estimulación? ¿Cambia nuestra noción de «responsabilidad» legal si las neuroprótesis inteligentes actúan haciendo interpretaciones de manera autónoma, o incluso cambian nuestra actividad cerebral? ¿Está amenazada la identidad personal del paciente en estos casos? (Müller y Rotter, 2017). Aunque las preguntas sobre la naturaleza, identidad y comportamiento humano han sido tratadas en discusiones filosóficas que se remontan a la antigüedad, en las últimas décadas, los hallazgos científicos sobre la estructura y función del sistema nervioso se han incorporado al debate sobre la naturaleza de la mente y el cerebro. Atendiendo a dicho debate, en la actualidad nos encontramos con expertos divididos entre los que defienden que todo proceso mental viene determinado por la acción del sistema nervioso y los que se oponen a esta idea (Vázquez Costa y Vázquez Costa, 2013).

Dentro del primer grupo, los académicos derivan el debate a investigaciones que demuestran que gran parte de los mecanismos cerebrales que constituyen el sustrato biológico de los procesos

mentales tienen lugar fuera del alcance de la conciencia. Entre los autores más citados a favor del determinismo se encuentra Libet, cuyos experimentos demostraron que la actividad cerebral es previa a la conciencia de voluntad de actuación, lo que ha llevado a que algunos académicos hayan interpretado estos resultados como que libre albedrío es ilusión cerebral. Otros, por su parte, se oponen a esto y consideran que la libertad, desde un punto de vista biológico, debe ser concebida como un concepto continuo en vez de dicotómico. Aunque reconocen que el ser humano se encuentra condicionado por la acción del sistema nervioso, es capaz de tomar decisiones para las que biológicamente no está «programado» por lo que es más libre de lo que los deterministas opinan (Vázquez Costa y Vázquez Costa, 2013). Kenneth Schaffner, en uno de sus trabajos, exponía que los circuitos cerebrales no generan decisiones morales en principio, sino que más bien, el «yo» se va construyendo a través de la suma de un conjunto inicial de condiciones y la predicción de los estados y elecciones posteriores varía en función de diversos factores, desde la neurofisiología hasta la experiencia personal (Illes y Bird, 2006; Schaffner, 2002). Por su parte, Stephen Morse alerta de que los datos obtenidos por técnicas de neuroimagen podrían cegar a las personas ante el supuesto legal fundamental de que «las personas son agentes conscientes, intencionales y potencialmente racionales» y, por lo tanto, responsables por sus acciones (Illes y Bird, 2006; Morse, 2006). En definitiva, las críticas al determinismo se basan en que sus aproximaciones conducen a conclusiones reduccionistas que sitúan «la mente» en el cerebro. Sin embargo, esta visión no es compartida por toda la comunidad científica, que también reconoce que la reducción tanto de «la persona» como de la «la mente» a su cerebro es una formulación «innecesariamente incompleta y humanamente insatisfactoria» y no es, al menos por el momento, científicamente asumible (Vázquez Costa y Vázquez Costa, 2013).

Por consiguiente, el debate aún no está resuelto. Sin embargo, si nos enfocamos en aspectos más concretos, existe evidencia de casos de personas que experimentan determinados trastornos, tanto neurológicos como mentales con fuerte base biológicas en las que las decisiones parecen tomarse en contra de los valores personales o la voluntad del individuo y en los cuales la psicoterapia no es lo suficientemente efectiva. Además, sabemos que se han reportado cambios en la personalidad en individuos que han sido sometidos a intervenciones neuroquirúrgicas. Diversos estudios han reportado cambios en el comportamiento de pacientes sometidos a este tipo de intervenciones hacia la impulsividad, hipersexualidad, manía y juego (Agid et al. 2006; Gisquet, 2008; Glannon, 2009), o que dicen sentirse «como un robot» o «bajo control remoto» (Goering et al., 2017; Schübach et al., 2006). Teniendo esto en cuenta y en referencia a la tecnología que nos ocupa ¿Qué tipos de riesgos pueden plantearse? ¿Cuáles son aceptables?

### *Identidad*

Algunos autores afirman que las BMI pueden cambiar nuestra identidad social o determinados aspectos físicos y/o psicológicos individuales. Argumentan que el potencial de las BMI para inducir cambios en el cerebro es algo que debe considerarse. En contraposición a esto, otros opinan que no vale la pena discutir los cambios de identidad desde un punto de vista ético, ya que los propios pacientes se enfrentan a cambios radicales de identidad provocados por la enfermedad que sufren.

Por otra parte, hay expertos señalan que nuestra identidad fluctúa de forma natural y puede ser modificada por otras terapias médicas como la medicación o incluso tomando una copa de vino o saliendo de vacaciones. Desde este enfoque también se ha sugerido

que «Sería más que arrogante decirles a los usuarios: “Creo que esto podría cambiar su identidad, por lo que no les permito utilizar esta tecnología”». Por lo tanto, exponen que el debate no se debería enfocar tanto en si las BMI provocarán cambios de identidad, sino en si esos cambios suponen realmente una amenaza a la identidad por sí mismos o simplemente deben ser vistos como alteraciones que pueden ser beneficiosas o perjudiciales para el usuario, situando el concepto de identidad como algo fijo o mutable en el foco de debate (Fontanillo et. al, 2020).

Teniendo en cuenta las desventajas mencionadas, y en contraste con las ventajas que proporcionan estos dispositivos expuestos anteriormente, la cuestión que queda aún por identificar está relacionada con las preferencias del paciente, ya que es posible que los usuarios estén dispuestos a sacrificar algún nivel de exposición a favor de tener una mayor autonomía.

### *Autonomía y responsabilidad*

Hablar de autonomía en el contexto de las interfaces cerebro-máquina es algo complejo, ya que el término presenta dos acepciones diferentes y dependiendo del campo de estudio del experto que las emplee tendrá un significado distinto. Mientras que para los neurocientíficos e ingenieros hace referencia a la independencia con la que una persona realiza una tarea sin ayuda de otros, para los eticistas está más ligado a la autodeterminación o voluntad de los individuos por realizar una determinada acción (Burwell et al., 2017). Así pues, para algunos autores, el uso de esta tecnología favorece la autonomía individual, siempre dentro del contexto clínico y no en otros sectores como el del ocio (Burwell et al., 2017; Fontanillo et. al, 2020).

No obstante, la amenaza para la aceptación social de las BMI se basa en su capacidad potencial para «comprender» los procesos de toma de decisiones que puedan promover nuevas formas de manipulación y limiten la autonomía del usuario. Este debate ha sido planteado en muchas ocasiones por las políticas públicas y diferentes instituciones, especialmente en el campo del neuromarketing. En este sentido, el uso de la neurociencia para comprender el subconsciente de los consumidores y alterar sus decisiones de compra es una preocupación ética ampliamente difundida. Algunos autores creen que a partir de la decodificación de la actividad cerebral del consumidor y desarrollando técnicas de comunicación efectivas, las corporaciones podrán descubrir el «botón de compra» en el cerebro de los consumidores, lo que en última instancia puede conducir a niveles de manipulación sin precedentes (Fontanillo et. al, 2020). Asimismo, a raíz de algunos proyectos, como los llevados a cabo por la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzados de Defensa (Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA) como RAM (Restoring Active Memory) o SUBNETS (Systems-Based Neurotechnology for Emerging Therapies), cuyos objetivos incluyen la manipulación de procesos cognitivos y emocionales, cada vez más autores empiezan a preocuparse por los posibles efectos secundarios del uso de BMI sobre la autonomía (Farah, 2015; Ling, 2013).

Por otra parte, los especialistas están incorporando en su debate asuntos que podrán tener gran repercusión en un futuro en el que la tecnología BMI esté consolidada, como, por ejemplo, si tenemos menos control sobre nuestros pensamientos que sobre la conducta más perceptible, o si la elección de usar esta tecnología hace que el usuario sea responsable de todas las salidas del dispositivo. Algunos autores opinan que las BMI podrían funcionar «demasiado bien», y como resultado, ejecutar acciones a partir de eventos subconscientes o pensamientos pasajeros (Burwell et al., 2017).

Respecto a esto, los expertos están divididos entre los que opinan que el usuario debe de ser responsable de las acciones ejecutadas, sean intencionadas o no, y lo equiparan con la responsabilidad que tienen los padres, o dueños de mascotas, por las acciones de sus hijos o animales de compañía, y los que sugieren que las acciones inconscientes deberían considerarse como un defecto del dispositivo y que, por tanto, la responsabilidad debería recaer en sus fabricantes (Tamburrini, 2009; 2014). Además, un último punto a tener en cuenta es la posibilidad de que el dispositivo sea hackeado y por tanto las acciones sean creadas por un tercero. Por todo lo expuesto, actualmente el debate gira en torno a si las herramientas disponibles son suficientes para abordar todas las consideraciones que plantea el uso de BMI o requerirán cambios en nuestros sistemas legales y comprensión de la moralidad (Burwell et al., 2017).

### *Mejora*

Otra cuestión que surge es el hecho de que a medida que esta tecnología se vaya consolidando para el uso terapéutico, probablemente le seguirán otros usos no terapéuticos, de forma análoga a como ha ocurrido con otras terapias médicas, desde la cirugía plástica hasta la psicofarmacología, cuyo uso ha sido reportado en diferentes contextos como en el caso de estudiantes universitarios para aumentar su atención, o incluso para mejorar las habilidades de juego (Farah, 2015). Relacionado con esto, algunos autores han señalado que el empleo de la neurotecnología puede resultar más efectivo que los métodos farmacológicos de mejora cognitiva que se emplean en la actualidad (Farah, 2015). Así pues, al respecto, es conveniente señalar algunos aspectos importantes a tener en cuenta. El primero es que la mejora de las funciones que ofrecen las interfaces cerebro-máquina va ligada a la

mercantilización de las habilidades humanas (Farah, 2015). Asimismo, dado que nuestro organismo funciona como un todo, en muchos casos la mejora de una habilidad implica el costo de otra, por lo que debería considerarse a la hora de tener en cuenta en qué casos estaría justificado su uso.

Por otra parte, a pesar de que el estado actual de la tecnología no permite otorgar nuevas funciones sobrehumanas a sus usuarios, Musk no es el único que opina que esto puede acontecer a largo plazo, por ejemplo, en una publicación, Zehr expone que el desarrollo de tecnologías que mejoran el intelecto y la fisiología humanos podría transformar la condición humana, y como resultado, el homo sapiens sapiens evolucionaría hacia un homo sapiens technologicus que utiliza la tecnología para mejorar su funcionamiento (Zehr, 2015). Esta reevaluación de la humanidad se ha denominado tradicionalmente «transhumanismo» (Farah, 2015; Fontanillo et. al, 2020) y constituye en la actualidad un movimiento cultural e intelectual consolidado, con múltiples corrientes, que ha generado gran controversia en la población. Si bien no hay garantía para que esto suceda, tampoco hay razón para suponer que no pasará. Por consiguiente, cabe preguntarnos ¿qué opinan los eticistas al respecto?

El filósofo Nick Bostrom ofrece un argumento principalmente consecuencialista en el que enfatiza «el enorme potencial de mejoras genuinas en el bienestar y el florecimiento humano que solo se pueden lograr mediante la transformación tecnológica» (Bostrom, 2005). Para el consecuencialismo hedonista, las acciones éticas son aquellas que maximizan el placer de todos. Resulta evidente que las preferencias humanas pueden estar equivocadas, por este motivo se han considerado otras aproximaciones, entre las que se incluye el consecuencialismo perfeccionista, que nos dice que debemos «maximizar la perfección o el pleno florecimiento del potencial humano». Independientemente de las particularidades de

cada subrama, en general, el consecuencialismo alude a que la mejora puede ayudar a lograr una buena vida, proporcionando cualidades que aumentan las posibilidades de que la tengamos, como la salud o la inteligencia (Farah, 2015).

Esta visión parece contradecir a la comprensión deontológica de la ética. Desde este enfoque se contempla que la mejora de las funciones psicológicas mediante la intervención del cerebro es análoga a cuando, por ejemplo, modificamos nuestro coche para aumentar su rendimiento, ya que en los dos casos, independientemente de los resultados, estamos tratando a una persona como un objeto, lo que se traduce en una disminución de nuestra humanidad. En palabras del Consejo de Bioética del Presidente (2003) bajo George W. Bush; «Los logros personales alcanzados de manera impersonal no son realmente los logros de las personas. [El problema] no radica en el hecho de que los medicamentos y dispositivos auxiliares son artefactos, sino en el peligro de violar o deformar la naturaleza de la acción humana y la dignidad de la forma de vida naturalmente humana» (Farah, 2015).

El argumento consecuencialista de la perfección también ha sido utilizado en contra de la mejora neurotecnológica por bioeticistas a los que les preocupa que el uso de estas mejoras acabe sucumbiendo a la «tiranía de lo perfecto». Para García Sánchez (2013), a la tradición médica se le está imponiendo que se subordine a los dictados políticos y mediáticos que le indican qué es lo normal en la salud. Y, a su vez, dicho dictado cada vez busca niveles más altos de perfección genética, mental y estética». Según palabras del autor, alcanzar un alto grado de autonomía y de independencia constituye un deseo legítimo y positivo de toda persona y sociedad. Pero una fanática ponderación de estos valores terminaría por rechazar que el ser humano no viene definido por una autonomía y perfección absolutas, ni por estados biológicos puros, sino por lo contrario: estados transitorios de enfermedad y

dependencia. El pensamiento de este académico parece concordar con lo que sugieren algunos estudios como el de Blanco Mercadé y Fernández Natal (2013) en el cual, el propio personal médico definía a la enfermedad exclusivamente desde los tratados de patología médica, sin tener en cuenta los aspectos biográficos del hecho de enfermar.

El autor reconoce la importancia de los logros en el campo de la biomedicina en cuanto a la erradicación de enfermedades y la mejora en las condiciones de higiene y salud de la sociedad, e incluso que algunas acciones de cuidado corporal o mejoramiento estético proporcionan a la persona una situación de bienestar con efectos positivos para su salud. Pero le preocupa la generalización, cada vez más extendida, de la vinculación causa/efecto entre belleza estética y salud física y mental, ya que, como afirma, desde el mero mercado se está determinando cuales han de ser los parámetros exigibles para garantizar una salubridad óptima. Es decir, una supuesta normalidad que debería ser medicalizada en el caso de no alcanzar esos niveles, lo que se traduce en una patologización de la normalidad, o lo que es lo mismo, de la propia sociedad. Argumenta que si bien este fenómeno es más apreciable en el campo de la estética, no es exclusivo de esta especialidad y cada vez se está expandiendo a más ámbitos de la medicina y otras disciplinas. Socialmente, —continúa— se presentan como iconos de normalidad los cuerpos de las celebridades, deportistas de élite, o ciudadanos que por su nivel económico han accedido a mejoras de su físico, transmitiendo una idea ilusoria de la normalidad que trae como consecuencia que cada vez más personas vean como un estigma social la ausencia de determinados aspectos estéticos en su corporalidad, sintiéndose presionadas a acceder a tratamientos de mejora físicas y/o psíquicas hasta el momento innecesarios (García Sánchez, 2013).

Para concluir con el concepto de la búsqueda de la perfección y analizar el impacto que este hecho puede provocar en la población, podemos trasladar la pregunta a la ciencia y ver hacia donde apuntan los estudios. Un ejemplo de estos es el llevado a cabo por Bigatti (2020) que revela que tanto el perfeccionismo como el síndrome del impostor (estrechamente vinculado a personas con rasgos de personalidad perfeccionista) están asociados con una salud mental más deficiente. Se encontró que el perfeccionismo se correlacionó positivamente con depresión, ansiedad, ideación suicida, burnout, angustia psicológica, cinismo y bajos niveles de autoconfianza, entre otros aspectos de salud mental. Considerando esto, la búsqueda de la perfección no parece ser tan positiva como plantean algunos autores consecuencialistas.

### *Justicia*

Entre las cuestiones relacionadas con la justicia, el debate sobre la ética de las BMI abarca todo el proceso del desarrollo tecnológico, desde aspectos más generales como su distribución hasta otros más concretos como el propio diseño de los dispositivos.

Respecto a este último punto, algunos especialistas en la materia sugieren que, a medida que se consolide el uso de las BMI, las personas con mayor probabilidad de verse afectadas por esta tecnología deberían participar en el proceso de diseño, incluyendo tanto a los usuarios potenciales como a otros sectores de la población (Burwell et al., 2017). La importancia de esta cuestión queda más clara si contemplamos algunos trabajos como el de Wolbring y col. (2013), a los que les preocupa que la mayoría de la literatura sobre interfaces cerebro-máquina trate la diversidad funcional como un problema médico en lugar de sociocultural, lo que sugiere que no se han considerado algunas perspectivas de estas personas, y promueve su estigma social. Las BMI aparecen

siguiendo un enfoque clínico que busca, de forma análoga a la que lo harían algunos «tratamientos» médicos, la restauración de las capacidades «normales» de los individuos. Si bien esto puede parecer positivo, no lo es para determinadas personas con diversidad funcional que no se ven a sí mismas como discapacitadas y consideran que estas atribuciones se hacen bajo la perspectiva de «la tiranía de lo normal». Por ejemplo, algunas personas de la comunidad sorda no ven a los implantes cocleares como un tratamiento, sino como una mejora (Burwell et al., 2017). Así pues, definir cuál es el estándar de lo «normal» y, consecuentemente, la línea divisoria entre tratamiento y mejora, es un gran desafío que implica cuestiones éticas subyacentes, como la capacidad de la persona para determinar de manera autónoma su tipo particular de cuerpo o forma de vida (Burwell et al., 2017).

Otra cuestión de justicia social asociada con la mejora neurotecnológica y el transhumanismo está relacionada con la distribución equitativa de estos dispositivos entre todos los sectores de la población. Algunos autores opinan que la administración adecuada de esta tecnología podría disminuir las desigualdades originadas por la educación recibida o incluso los propios genes implicados en características personales, como coeficientes intelectuales más altos o temperamentos más felices (Farah, 2015). Sin embargo, si no se toman medidas, lo más probable será que los ya privilegiados sean los que disfruten de los beneficios de las mejoras tecnológicas, resultando en un fracaso de la justicia distributiva.

Por lo que se refiere al transhumanismo, los expertos defienden que, si finalmente llega a presentarse como una realidad, es probable que cambie las normas sociales y genere nuevas formas de discriminación. Los entornos distópicos, en los que los humanos coexistan con transhumanos, podrían promover una nueva estratificación social. Asimismo, anular el acceso igualitario a los

recursos como consecuencia del acceso desigual a la tecnología puede agravar la competencia social y la injusticia entre los colaboradores, generando así nuevas formas de discriminación (Farah, 2015). Por otra parte, incluso aunque se garantice una distribución justa, también preocupa que la mejora continuada en la escuela o el trabajo acabe redefiniendo lo «normal», y por consiguiente las demandas de trabajo sean cada vez más difíciles de alcanzar para aquellos que no se adhieran a esta tecnología o dispongan de una versión obsoleta de la misma. Esta situación puede conllevar que muchos se resistan a tener que depender de lo que terceras personas hayan decidido fijar a su gusto sobre lo que debe ser lo perfecto y normal en el ser humano (García Sánchez, 2013). Partiendo de esta reflexión, algunos especialistas como Francis Fukuyama se refieren al transhumanismo como «la idea más peligrosa del mundo» al contemplar la idea de que aquellos humanos a los que no les vaya bien en un mundo con transhumanos puedan ser vistos como formas de vida inferiores y tratados en consecuencia. Así pues, el politólogo plantea la siguiente pregunta: «Si comenzamos a transformarnos en algo superior, ¿qué derechos reclamarán estas criaturas mejoradas, y qué derechos poseerán en comparación con los que quedaron atrás?» (Fukuyama, 2009).

## **Neuroderechos**

Como hemos visto, los problemas éticos, legales y sociales que surgen, tanto de ésta como de otras nuevas neurotecnologías, son muchos y podrían ir desarrollándose de forma progresiva. Mientras que algunos pueden surgir a corto plazo, otros son más lejanos y dependerá del curso de los avances en investigación. Si bien hay quien opina que estos escenarios aún forman parte del ámbito de la ciencia ficción, otros creen que ya están en proceso, y por tanto es

necesario actuar cuanto antes (Goering y Yuste, 2016; Yuste, 2018). Rafael Yuste, neurocientífico de la Universidad de Columbia e impulsor del proyecto BRAIN, figura entre los que mantienen esta convicción (Yuste, 2018). Forma parte de El Grupo Morningside, constituido por neurocientíficos, neurotecnólogos, clínicos, especialistas en ética e ingenieros de inteligencia artificial. Entre los que se incluyen representantes de proyectos de tecnología cerebral internacionales y de instituciones académicas y de investigación de Estados Unidos, Canadá, Europa, Israel, China, Japón y Australia (Yuste et al., 2017). El grupo se reunió en un taller patrocinado por la Fundación Nacional de Ciencias de EE. UU. en la Universidad de Columbia, Nueva York, en mayo de 2017 para discutir asuntos relacionados con la ética de las neurotecnologías y de la inteligencia artificial. Como resultado, llegaron a la conclusión de que las pautas éticas existentes hasta la fecha son insuficientes para abordar los problemas planteados. Entre dichas pautas se incluyen; la Declaración de Helsinki (1964), sobre principios éticos para la investigación médica en seres humanos; el Informe Belmont (1979), elaborado por la Comisión Nacional de Estados Unidos para la Protección de Sujetos Humanos de Investigación Biomédica y del Comportamiento; y la Declaración de principios cautelares de inteligencia artificial de Asilomar (2017), firmada por líderes empresariales e investigadores de IA, entre otros.

Las medidas que plantearon para abordar estos problemas se dividen en varias líneas de actuación: Una de ellas se basa en el seguimiento del modelo de la deontología médica (Goering y Yuste, 2016; Yuste et al., 2017; Yuste, 2018); A partir del juramento hipocrático, la medicina ha establecido un conjunto de reglas éticas que han formado una deontología, cuyos principios se enseñan en las escuelas de medicina y sus profesionales siguen cerca en gran parte del mundo y a lo largo de la historia (Goering y Yuste, 2016).

Un primer paso sería exponer a los ingenieros, desarrolladores de tecnología y aprendices de investigación académica a la ética como parte de su capacitación para unirse a una empresa o laboratorio (Yuste et al., 2017). Por otra parte, ya que el informe Belmont es ampliamente respetado y conforma el conjunto básico de valores relativos a la práctica médica moderna, opinan que ha llegado el momento de establecer un informe Belmont sobre neuroética cuyos principios ofrezcan pautas para la protección de los seres humanos y valores en conjunto con la investigación en curso de esta nueva área (Goering y Yuste, 2016). El objetivo final es hacer un llamamiento a la neuroingeniería responsable, en la que los investigadores, tanto académicos como de la industria, asuman las responsabilidades que conlleva diseñar dispositivos o sistemas cuyas consecuencias puedan generar gran impacto en la población. A pesar de que la historia apunta a que la búsqueda de beneficios tiende a prevalecer sobre la responsabilidad social en el mundo empresarial, el grupo mantiene que esta mentalidad podría modificarse si los productores de dispositivos incorporan un código ético de conducta (Yuste et al., 2017). Sin embargo, ¿quién debería desarrollar estas pautas éticas y sociales? El grupo considera que esta acción debería corresponder a cinco figuras principales; los bioeticistas, los expertos legales y los expertos científicos son claramente necesarios ya que en conjunto pueden proporcionar la información correspondiente acerca de los propios dispositivos, así como de aspectos relacionados con los derechos humanos y la integración de estas tecnologías en los códigos legales de la sociedad. A ellos se le suman los médicos, quienes pueden contribuir a través de su interacción con pacientes y personas interesadas en usar estos dispositivos. Por último, piensan que los representantes de la ciudadanía también deberían participar, especialmente los de las personas con discapacidad, al ser el principal público objetivo de las BMI (Goering y Yuste, 2016).

Una segunda línea de actuación se centra en informar a la población sobre los beneficios, así como de los problemas éticos subyacentes a estas tecnologías de una forma clara y precisa. Este aspecto es importante, ya que la publicidad, la literatura y las películas de ciencia ficción puede distorsionar el concepto que las personas tienen de las mismas. Para poder llevar a cabo este trabajo, recomiendan una sólida financiación de la neuroética con el fin de que se consolide como un subcampo de la bioética (Goering y Yuste, 2016). A su vez, sostienen que debe crearse una comisión que trate el problema de las orientaciones éticas para la neurotecnología y la inteligencia artificial (Yuste, 2018).

La tercera línea está enfocada en la legislación. Consideran que es importante que se reconozcan y se protejan unos derechos básicos, los neuroderechos, los cuales deben incluirse en la Declaración Universal de los Derechos Humanos. El objetivo final es que a partir de ahí se extiendan a los sistemas legales de los distintos países (Yuste, 2018). Estos neuroderechos se corresponden con varias de las cuestiones que se han expuesto en apartados anteriores. En concreto, las recomendaciones han puesto el acento en la necesidad de desarrollar la ciencia en un sistema regulatorio que reconozca cuatro nuevos derechos humanos (Proyecto de reforma constitucional de Chile, página 5); Yuste et al., 2017):

- Derecho a la privacidad mental.
- Derecho a la identidad y autonomía personal (incluyendo el libre albedrío y la autodeterminación. En ocasiones pueden aparecer divididos, conformando cinco neuroderechos).
- Derecho al acceso equitativo a la mejora cognitiva.
- Derecho a la protección de sesgos de algoritmos o procesos automatizados de toma de decisiones.

Las personas de diferentes naciones, religiones, etnias y

antecedentes socioeconómicos tendrán necesidades y perspectivas distintas. Por ello, los gobiernos deben crear sus propios órganos deliberantes para mediar en un debate abierto que involucre a los representantes de todos los sectores de la sociedad y para determinar cómo traducir estas directrices en políticas, incluidas leyes y regulaciones específicas (Yuste et al., 2017). Por último, además de estos cuatro neuroderechos, añaden otra preocupación: En los últimos años, el personal de DARPA y de la Actividad de Proyectos de Investigación Avanzada de Inteligencia de EE. UU. están diseñando programas para proporcionar a los soldados y analistas capacidades mentales mejoradas. Al respecto, recomiendan que se regule estrictamente el uso de tecnología neuronal con fines militares (Yuste et al., 2017).

La Iniciativa de los Neuroderechos está trabajando con el Senado de la República de Chile, su ministro de Ciencia y la Pontificia Universidad Católica (PUC) para promover una agenda de protección de neurodatos. El 7 de octubre de 2020, el Congreso Chileno hizo historia en el mundo de la neurotecnología, cuando el Senado presentó una Enmienda a la Constitución que define la identidad mental, por primera vez en la historia, como un derecho inamovible. Posteriormente, el Congreso presentó un Proyecto de Ley de Neuroprotección que incluye los principios fundamentales derivados del trabajo del Grupo Morningside. El 16 de diciembre de 2020, la Reforma Constitucional y el Proyecto de Ley de Neuroprotección fueron aprobados unánimemente por el Senado, convirtiendo a Chile en un pionero en la incorporación de neuroderechos y marcando un hito histórico para la Iniciativa de Neuroderechos y la protección de la privacidad mental. Del 17 al 19 de marzo de 2021 se celebró el Workshop «Neuroderechos en Chile: El debate filosófico», en el que se reunieron los principales expertos en neuroética con el fin de discutir los próximos pasos en el establecimiento de los neuroderechos, incluyendo cuestiones

relacionadas con su aplicación en el país y en el extranjero, así como la posibilidad de que sirvan como base para la nueva Constitución chilena y para una nueva Declaración Internacional de Derechos Humanos.

Los logros hasta la fecha están basados en tres acciones (Columbia NeuroRights Initiative, 2021):

- Enmienda Constitucional. Presentada al artículo 19 de la Constitución chilena al Parlamento chileno. Define la identidad mental como un derecho básico, el cual solo puede modificarse de acuerdo con leyes futuras.
- Proyecto de Ley de Neuroprotección. Este proyecto proporciona las primeras definiciones legales a los términos: «Neurotecnología», «Interfaces cerebro-computadora» y «Neuroderechos». Además, se refiere a todos los datos obtenidos del cerebro como «Neurodatos» y les aplica la misma legislación vigente que a donaciones de órganos, prohibiendo así su comercialización.
- Juramento tecnocrático. Un grupo de la Universidad Católica está elaborando un conjunto de pautas éticas deontológicas para las industrias de informática, inteligencia artificial y neuroingeniería. También está estudiando cómo incluir este código en su plan de estudios.

Por otra parte, esta iniciativa también está llegando a nuestro país. En julio de 2020, el Dr Rafael Yuste se unió al Consejo Asesor Nacional de Inteligencia Artificial, que persigue «analizar las implicaciones que tienen estas tecnologías en diversas áreas como la empresa, el futuro del empleo, la protección de los derechos humanos fundamentales y la gestión de datos para luchar contra la discriminación». El 17 de noviembre de 2020, se realizó la presentación pública de la Carta de Derechos Digitales, elaborada por el Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital. Este documento contiene las pautas éticas y legales en

materia de IA y Neurotecnología. En cuanto a esta última establece, por ley, límites y garantías para el uso de la neurotecnología en las personas, con objetivos como «Asegurar la confidencialidad y seguridad de los datos obtenidos o relativas a sus procesos cerebrales y el pleno dominio y disposición sobre estos» (Durán, 2021). El 2 de diciembre de 2020, Pedro Sánchez, presidente de España, presentó la Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial de la SEDIA (Secretaría de Estado de Digitalización e IA). La estrategia se financiará con una inversión pública de 600 millones de euros para los años 2021-2023 y su objetivo es apoyar el desarrollo de una IA inclusiva y sostenible, centrada en la protección de los ciudadanos. Esto convierte a España en el segundo país en tomar acción en el campo de los Neuroderechos (Columbia NeuroRights Initiative, 2021).

Así pues, el verdadero reto que se plantea en la actualidad es que los demás países, especialmente aquellos que utilizan la ciencia como estrategia geopolítica se sumen a esta línea. No obstante, esta presunción puede pecar de ingenua si tenemos en cuenta algunos fenómenos que se están produciendo en la ciencia en los últimos años. Como probablemente sea el ejemplo más ilustrativo en la actualidad, tenemos el caso de Crispr y la edición genómica de seres vivos, en el que la falta de jurisdicción y políticas se suman a una gran movilización de capital, impidiendo el control sobre las actuaciones contrarias a la ética (López Baroni, 2019a). En palabras de Manuel López Baroni (2019b) «En este panorama, la dictadura china y el neoliberalismo norteamericano compiten por la primacía mundial en su particular Guerra Fría tecnológica». Por un lado, está China, con una legislación especialmente permisiva que ha permitido su rápido ascenso en innovación. En el otro extremo están los Estados Unidos que no pueden quedarse atrás en esta lucha, y por ello sus políticas se caracterizan por la desregulación. De hecho, si nos centramos en las preocupaciones asociadas con

estos dispositivos, temas como la privacidad, la autonomía y la justicia distributiva se corresponden con una visión occidental de los Derechos Humanos, por lo que no parece a priori que pueda suponer un desafío para las empresas tecnológicas de la dictadura asiática que busquen el éxito económico. Así pues, podemos trasladar preguntas ya planteadas para el caso de Crispr; teniendo en cuenta que la herramienta ética fundamental que se dispone a nivel internacional es la moratoria y su principal problema es que se carece de instrumentos jurídicos para imponerla a la comunidad científica «¿Quién va a obligar a China a cumplir con una moratoria decretada por Occidente? ¿Y qué ocurre si alguien no está de acuerdo y prosigue con las investigaciones?» (Manuel López Baroni (2018). Por lo tanto, se plantea un panorama complejo que abre muchas preguntas relacionadas con la posición que adoptarán los demás países y Organismos Internacionales en este conflicto ético, y solo el tiempo nos dará las respuestas certeras.

## Conclusiones

«The future is gonna be weird» comentaba Elon Musk durante el Neuralink Progress Update que se llevó a cabo el verano del año pasado. Esta empresa promete revolucionar el sector de la neurotecnología, fijando como objetivo a largo plazo el desarrollo de unas aplicaciones que pueden ser consideradas asombrosas para algunos y disparatadas para otros. Sin embargo, en pleno revuelo mediático ha conseguido movilizar ingestas cantidades de capital, lo que ha supuesto que muchos eticistas inicien el debate acerca del impacto que estas tecnologías podrían tener en la sociedad.

Dicho debate está siendo extendido y contempla aspectos que van desde la seguridad de los propios dispositivos hasta otros más

metafísicos como si el uso de los mismos puede alterar nuestro «yo». Por otra parte, en este punto cabe destacar que no todas las preocupaciones éticas que pueden surgir a priori se ven reflejadas en la literatura, como el uso militar, el cual se apenas se menciona y si aparece suele ser tratado muy brevemente. Los resultados derivados no son concluyentes en muchos casos, dado que en los estudios científicos se requiere una mayor validez de los datos para contemplar posibles repercusiones, y a su vez en los estudios filosóficos se plantean problemas a la hora de aplicar conceptos como el de «identidad», de los cuales se ha sugerido que deberían ser reformulados.

No obstante, algunos expertos opinan que la acción para regular la neurotecnología debería ser inminente. Una de las acciones más representativas la está llevando a cabo Grupo Morningside, constituido por expertos de diversas ramas del conocimiento, el cual ha impulsado la Iniciativa Neuroderechos. Este proyecto busca que se reconozcan y protejan cuatro neuroderechos universales relacionados con la privacidad mental, identidad y autonomía, acceso equitativo a la mejora y protección frente a sesgos algorítmicos. Chile hizo historia a finales del año pasado al convertirse en el primer país en unirse a esta iniciativa. Acto llevado a cabo bajo tres acciones: una Enmienda Constitucional, un Proyecto de Ley de Neuroprotección y un juramento tecnocrático. Por su parte España está comenzando a tomar parte en este terreno. A pesar de esto, las expectativas de futuro de dicho movimiento aún no están claras.

En los últimos años estamos siendo testigos de cómo la brecha entre desarrollo tecnológico y legislación es cada vez mayor, lo que impide actuar frente a actos moralmente cuestionables. Esto puede ser producido por falta de transferencia de conocimiento entre la ciencia y el derecho, pero también puede ser resultado de la estrategia geopolítica de las diferentes naciones. Respecto de esta

última consideración, algunos de los desafíos que plantean las tecnologías disruptivas se deben a que las empresas se centran en el valor para los accionistas ignorando a las partes interesadas, lo que permite que estas empresas se lucren rápidamente y sus naciones se desarrollen económicamente con facilidad, iniciando una batalla para monopolizar el mercado. Frente a esto, el resto de los países que quieren competir tienden a desarrollar políticas basadas en la desregulación. Lamentablemente, esta es una tendencia que las empresas que desarrollan productos modificados genéticamente han aprendido a tener en cuenta en los últimos años.

Por el contrario, dejando el valor económico de lado, encontramos que el valor social, incluyendo el valor para los clientes, comunidades afectadas y público en general, puede frenar esta situación. Esto nos da un hilo de esperanza para poder concluir que, si se toman las medidas adecuadas, quizá aún estamos a tiempo de evitar un fenómeno Crispr en neurotecnología.

## Referencias

- Agid, Y., Schüpbach, M., Gargiulo, M., Mallet, L., Houeto, J. L., Behar, C., Maltête, D., Mesnage, V., & Welter, M. L. (2006). Neurosurgery in Parkinson's disease: the doctor is happy, the patient less so? *Journal of Neural Transmission. Supplementum*, (70), 409–414.
- Alimardani, M., & Hiraki, K. (2020). Passive Brain-Computer Interfaces for Enhanced Human-Robot Interaction. *Frontiers in Robotics and AI*, 7, 125.
- Bacher, D., Jarosiewicz, B., Masse, N. Y., Stavisky, S. D., Simeral, J. D., Newell, K., Oakley, E. M., Cash, S. S., Friehs, G., & Hochberg, L. R. (2015). Neural Point-and-Click Communication by a Person with Incomplete Locked-In Syndrome.

*Neurorehabilitation and Neural Repair*, 29(5), 462–471.

Blanco Mercadé, A. y Fernández Natal, M.I. (2013). Qué son la vida, la enfermedad y la medicina para un grupo de médicos jóvenes en formación. En Fundación ETNOR para la Ética de los Negocios y de las Organizaciones (Ed.), *Bioética, Neuroética, Libertad Y Justicia* (pp. 126-132). Comares.

Bostrom, N. (2005). A history of transhumanist thought. *Journal of Evolution and Technology*, 14(1). 1-25.

Burwell, S., Sample, M., & Racine, E. (2017). Ethical aspects of brain computer interfaces: a scoping review. *BMC Medical Ethics*, 18(1), 60.

Columbia NeuroRights Initiative. (s.f.). Proyectos y Publicaciones. <https://nri.ntc.columbia.edu/spanish-webpage/proyectos-y-publicaciones>.

Durán, X. (17 de enero de 2021). Neurodrets: la intimitat del cervell, nova frontera en la lluita per la privacitat. Catalunya Radio.

Farah M. J. (2015). An ethics toolbox for neurotechnology. *Neuron*, 86(1), 34–37.

Farisco, M., Laureys, S., & Evers, K. (2015). Externalization of consciousness. Scientific possibilities and clinical implications. *Current topics in behavioral neurosciences*, 19, 205–222.

Fontanillo, C. A., Li, G., & Zhang, D. (2020). Beyond Technologies of Electroencephalography-Based Brain-Computer Interfaces: A Systematic Review from Commercial and Ethical Aspects. *Frontiers in neuroscience*, 14, 611130.

Fukuyama, F. (23 de octubre de 2009). Transhumanism. *Foreign Policy*.

García Sánchez, E. (2013). La tiranía de lo perfecto: implicaciones bioéticas. En Fundación ETNOR para la Etica de los Negocios y de las Organizaciones (Ed.), *Bioética, Neuroética, Libertad y Justicia* (pp. 1201-1213). Comares.

Glannon W. (2009). Stimulating brains, altering minds. *Journal of*

*medical ethics*, 35(5), 289–292.

Glannon W. (2014). Neuromodulation, agency, and autonomy. *Brain Topography*, 27(1), 46–54.

Gisquet E. (2008). Cerebral implants and Parkinson's disease: A unique form of biographical disruption? *Social Science & Medicine* (1982), 67(11), 1847–1851.

Goering, S., Klein, E., Dougherty, D.D. & Widge, A.S. (2017). *Staying in the Loop: Relational Agency and Identity in Next-Generation DBS for Psychiatry*. AJOB Neuroscience.

Goering, S., & Yuste, R. (2016). On the Necessity of Ethical Guidelines for Novel Neurotechnologies. *Cell*, 167(4), 882–885.

Hildt, E. (2011). Brain-Computer Interaction and Medical Access to the Brain: Individual, Social and Ethical Implications. *Studies in Ethics, Law, and Technology*, 4.

Illes, J., & Bird, S. J. (2006). Neuroethics: a modern context for ethics in neuroscience. *Trends in Neurosciences*, 29(9), 511–517.

Kawala-Sterniuk, A., Browarska, N., Al-Bakri, A., Pelc, M., Zygarlicki, J., Sidikova, M., Martinek, R., & Gorzelanczyk, E. J. (2021). Summary of over Fifty Years with Brain-Computer Interfaces-A Review. *Brain Sciences*, 11(1), 43.

Kennedy, P. R., Bakay, R. A., Moore, M. M., Adams, K., & Goldwithe, J. (2000). Direct control of a computer from the human central nervous system. *IEEE transactions on rehabilitation engineering: a publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 8(2), 198–202.

Klebnikov, S. (12 de enero de 2021). Elon Musk is back at no. 1 richest person in the world after Tesla stock rebounds. *Forbes Magazine*.

Lebedev, M. A., & Nicolelis, M. A. (2017). Brain-Machine Interfaces: From Basic Science to Neuroprostheses and Neurorehabilitation. *Physiological Reviews*, 97(2), 767–837.

Ling, G. (2013). Newsmaker interview: Geoffrey Ling. DARPA

aims to rebuild brains. Entrevistado por Emily Underwood. *Science*.

López Baroni, M. J. (2018). Las narrativas de la Biotecnología. *Argumentos de razón técnica*, 21, 47-76.

López Baroni, M. J. (2019a). *Casos de la Bioética norteamericana en el último decenio* (pp. 137-191). Ediciones Thomson Reuters.

López Baroni, M. J. (2019b). Las Tres Europas frente a la encrucijada genómica. *Revista de Bioética y Derecho*, 47, 77-92.

Markoff, J. (17 de julio de 2019). Elon musk's Neuralink wants 'sewing machine-like' robots to wire brains to the internet. *The New York Times*.

Morse, S.J. (2006). Moral and legal responsibility and the new neuroscience. In J. Illes, (Ed.), *Neuroethics: Defining the Issues in Theory, Practice and Policy* (pp 33-50). Oxford University Press.

Minguez, J. (2010). Tecnología de Interfaz Cerebro-Computador. *Jornadas II Internacionales de Mayores y Nuevas Tecnologías*.

Müller, O., & Rotter, S. (2017). Neurotechnology: Current Developments and Ethical Issues. *Frontiers in systems neuroscience*, 11, 93.

Musk, E. (2016). The Code Conference / Entrevistado por Kara Swisher y Walt Mossberg. Recode.

Musk, E., & Neuralink (2019). An Integrated Brain-Machine Interface Platform with Thousands of Channels. *Journal of Medical Internet Research*, 21(10), e16194.

Musk, E. et al. (2019). Neuralink launch event.

Musk, E. et al. (2020). Neuralink Progress Update, Summer 2020.

Proyecto de reforma constitucional (Boletín N° 13.827-19.), iniciado en moción de los Honorables Senadores señor Girardi, señora Goic, y señores Chahuán, Coloma y De Urresti, que modifica el artículo 19, número 1°, de la Carta Fundamental, para proteger la integridad y la indemnidad mental con relación al avance de las neurotecnologías. República de Chile.

Rashid, M., Sulaiman, N., P P Abdul Majeed, A., Musa, R. M., Ab Nasir, A. F., Bari, B. S., & Khatun, S. (2020). Current Status, Challenges, and Possible Solutions of EEG-Based Brain-Computer Interface: A Comprehensive Review. *Frontiers in neurorobotics*, 14, 25.

Regalado, A. (30 de agosto de 2020). Elon Musk's Neuralink is neuroscience theater. *MIT Technol Rev*.

Schaffner, K.F. (2002). Neuroethics: reductionism, emergence, and decision-making capacities. En S. J. Marcus (Ed.), *Neuroethics: Mapping the Field* (pp 27-33). The Dana Foundation Press.

Schüpbach, M., Gargiulo, M., Welter, M. L., Mallet, L., Béhar, C., Houeto, J. L., Maltête, D., Mesnage, V., & Agid, Y. (2006). Neurosurgery in Parkinson disease: a distressed mind in a repaired body? *Neurology*, 66(12), 1811–1816.

Slutzky M. W. (2019). Brain-Machine Interfaces: Powerful Tools for Clinical Treatment and Neuroscientific Investigations. *The Neuroscientist: A Review Journal bringing Neurobiology, Neurology and Psychiatry*, 25(2), 139–154.

Tamburrini, G. (2009). Brain to Computer Communication: Ethical Perspectives on Interaction Models. *Neuroethics*, 2, 137–149.

Tamburrini, G. (2014). Philosophical reflections on brain-computer interface. En G. Grubler, E. Hildt (Eds.), *Brain-computer-interfaces in their ethical, social and cultural contexts* (pp. 147-62). Springer.

Tamburrini, G., & Mattia, D. (2011). Disorders of consciousness and communication. Ethical motivations and communication-enabling attributes of consciousness. *Functional neurology*, 26(1), 51–54.

Thomas, M., & Bigatti, S. (2020). Perfectionism, impostor phenomenon, and mental health in medicine: a literature review. *International Journal of Medical Education*, 11, 201–213.

Vázquez Costa, M. y Vázquez Costa, J.F. (2013). ¿Somos esclavos de nuestro cerebro? En Fundación ETNOR para la Ética de los

- Negocios y de las Organizaciones (Ed.), *Bioética, Neuroética, Libertad y Justicia* (pp. 1039-1054). Comares.
- Vlek, R. J., Steines, D., Szibbo, D., Kübler, A., Schneider, M. J., Haselager, P., & Nijboer, F. (2012). Ethical issues in brain-computer interface research, development, and dissemination. *Journal of Neurologic Physical Therapy (JNPT)*, 36(2), 94–99.
- Web de Neuralink (s.f.) <https://neuralink.com/>
- Winkler, R. (28 de marzo de 2017). Elon Musk Launches Neuralink to Connect Brains with Computers. *The Wall Street Journal*.
- Wolbring, G., Diep, L., Yumakulov, S., Ball, N., Leopatra, V., & Yergens, D. (2013). Emerging Therapeutic Enhancement Enabling Health Technologies and Their Discourses: What Is Discussed within the Health Domain? *Healthcare*, 1(1), 20–52.
- Wolpaw, J. R., McFarland, D. J., Neat, G. W., & Forneris, C. A. (1991). An EEG-based brain-computer interface for cursor control. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 78(3), 252–259.
- Workshop: Neuroderechos en Chile: El debate filosófico. (17-19 de marzo de 2021). Universidad Alberto Hurtado.
- Yuste, R. (2018). Necesitamos neuroderechos universales. Entrevistado por José Viosca Ros. *Mente y cerebro*.
- Yuste, R., Goering, S., Arcas, B., Bi, G., Carmena, J. M., Carter, A., Fins, J. J., Friesen, P., Gallant, J., Huggins, J. E., Illes, J., Kellmeyer, P., Klein, E., Marblestone, A., Mitchell, C., Parens, E., Pham, M., Rubel, A., Sadato, N., Sullivan, L. S., ... Wolpaw, J. (2017). Four ethical priorities for neurotechnologies and AI. *Nature*, 551(7679), 159–163.
- Zehr E. P. (2015). The potential transformation of our species by neural enhancement. *Journal of motor behavior*, 47(1), 73–78.
- Zhang, X., Ma, Z., Zheng, H., Li, T., Chen, K., Wang, X., Liu, C., Xu, L., Wu, X., Lin, D., & Lin, H. (2020). The combination of brain-computer interfaces and artificial intelligence: applications

and challenges. *Annals of Translational Medicine*, 8(11), 712.

Zhang, X., Wu, D., Ding, L., Luo, H., Lin, C. T., Jung, T. P., & Chavarriaga, R. (2020). Tiny noise, big mistakes: adversarial perturbations induce errors in brain-computer interface spellers. *National Science Review*, 8(4), nwaa233.

