

Trabajo de fin de grado:

Desafíos que plantea el avance tecnológico de la neurociencia para los derechos humanos

- I. Índice
 - a. Resumen
 - b. Abstract
 - c. Palabras clave

1. Introducción
 - 1.1 Justificación
 - 1.2 Objetivos
 - 1.3 Metodología
 - 1.4 Estructura

2. Neurociencia y Neurotecnología
 - 2.1 Concepto y evolución de la neurociencia
 - 2.2 ¿Qué es la neurotecnología?
 - 2.3 Retos de la neurotecnología
 - 2.4 Relación entre neurociencia y neurotecnología

3. Neuroderechos
 - 3.1 ¿Qué son los neuroderechos?
 - 3.2 Neuroética: Definición y contexto de los neuroderechos
 - 3.3 Tipos de Neuroderechos y su Importancia

4. Retos Éticos, Legales y Sociales para los Neuroderechos

5. Legislación actual y Propuestas para la Protección de los Neuroderechos
 - 5.1 Neuroderechos en la legislación actual
 - 5.2 Jurisprudencia
 - 5.3 Propuestas de organismos internacionales
 - 5.4 Países pioneros en la regulación de los neuroderechos

- 5.5 Propuestas para un marco legal ético en neurotecnología
- 6. Desafíos y Oportunidades en el desarrollo de Neuroderechos
 - 6.1 Avances en la neurotecnología y su implicación en los derechos humanos
 - 6.2 Retos éticos y tecnológicos a largo plazo
 - 6.3 Oportunidades para mejorar la calidad de vida y salud mental
 - 6.4 Nuevas propuestas de protección y autorregulación
- 7. Conclusiones
- 8. Bibliografía y notas a pie de página

1. Introducción

1.1 Justificación del trabajo de fin de grado

La justificación de este trabajo de fin de grado radica en la relevancia de analizar cómo los avances de la tecnología en el campo de la neurociencia han alcanzado tal magnitud que han adquirido el potencial de afectar del bien jurídico máspreciado, la dignidad humana. Este concepto, que constituye la base de los derechos humanos y del ordenamiento jurídico, enfrenta desafíos que demandan un análisis profundo y crítico.

Uno de los aspectos más preocupantes de este fenómeno radica en cómo ciertas tecnologías pueden invadir la esfera más íntima del individuo, comprometiendo derechos fundamentales como la privacidad, la autonomía y la identidad personal. Por ejemplo, avances en interfaces cerebro-máquina, técnicas de neuroimagen o herramientas para la manipulación de pensamientos y emociones, si no son regulados adecuadamente, podrían ser utilizados para fines que vulneren la integridad de las personas. Este panorama genera interrogantes éticas y legales que no solo son relevantes en el ámbito académico, sino también en la construcción de políticas públicas y en el desarrollo de marcos normativos adecuados.

Además, este análisis resulta crucial en un contexto en el que el desarrollo tecnológico avanza a un ritmo acelerado, muchas veces superando la capacidad de las instituciones para regular su uso. La falta de regulación completa, combinada con el creciente interés comercial en la explotación de estas tecnologías, aumenta el riesgo de que el progreso científico se convierta

en una herramienta de control o manipulación, en lugar de un medio para el bienestar colectivo. Por ello, se hace indispensable reflexionar sobre los límites éticos y legales que deben establecerse para garantizar que el desarrollo en neurociencia respete los valores fundamentales que sostienen las sociedades democráticas.

En este trabajo se aborda, por tanto, la necesidad de encontrar un equilibrio entre el fomento de la innovación tecnológica y la protección de los derechos humanos. Este equilibrio no solo es fundamental para preservar la dignidad humana, sino también para asegurar que las aplicaciones de la neurociencia estén alineadas con principios éticos sólidos y contribuyan al progreso de la humanidad de manera justa y equitativa.

1.2 Objetivos

El objetivo general de este trabajo es investigar los desafíos que el avance tecnológico de la neurociencia plantea para la protección promoción y salvaguarda de los derechos humanos. Este análisis busca no solo identificar las implicaciones éticas y sociales derivadas del desarrollo de neuro tecnologías, sino también proponer soluciones concretas y marcos regulatorios que permitan alcanzar un equilibrio justo entre el progreso científico y el respeto por los derechos fundamentales de las personas. En esencia, se trata de explorar cómo la ciencia y la tecnología pueden coexistir armónicamente con los principios éticos que garantizan la dignidad humana.

Los objetivos específicos de realizar este trabajo se basan en descubrir más a fondo las principales tecnologías actuales y sus aplicaciones potenciales, tanto para beneficiar al ser humano en la investigación y cura de determinadas enfermedades, como peligrosas en tanto que pueden llegar a adentrarse en el cerebro humano e incluso controlarlo o manipularlo.

Desde un punto de vista más práctico, se tratará de ahondar en las distintas proposiciones legislativas a nivel nacional, europeo o internacional para detectar las actuales deficiencias del sistema regulatorio y qué legislaciones existentes protegen o dejan de proteger esos neuro derechos frente a estas tecnologías.

Por último, se sugerirán estrategias legales para garantizar que el desarrollo y uso de neuro tecnologías respetan los derechos humanos como la privacidad, la identidad personal, la dignidad o el acceso igualitario a las tecnologías de mejora.

A través de este trabajo, se busca no solo identificar los desafíos actuales, sino también proponer recomendaciones que sirvan de guía para un futuro en el que la tecnología y la ética puedan coexistir de manera armoniosa.

1.3 Metodología

Al tratarse de un trabajo descriptivo, el método empleado va a ser de recolección de información cualitativa. Dicha información provendrá tanto de informes documentos manuales o estudios académicos realizados por personas o instituciones con autoridad en ese ámbito, como por ejemplo los emitidos por la “Neurorights Foundation”, como de legislación, jurisprudencia y artículos doctrinales relevantes.

Una vez haya concluido esa primera tarea de investigación exhaustiva acerca de los neuro derechos la neurociencia y la neuro tecnología con el fin de encontrar fuentes de información rigurosas sobre las que pueda basar mi trabajo, comenzaré a redactar una primera parte expositiva o informativa para contextualizar el tema definiendo cada uno de los dos aspectos (neurociencia y neuro tecnología) que se entrelazan en la cuestión planteada.

La segunda tarea por realizar será la redacción de un apartado eminentemente normativo, tratando de plasmar la legislación existente que regula los neuro derechos tanto desde el punto de vista nacional como internacional. Ello llevará a identificar tanto como se están resolviendo los desafíos por los tribunales a través de la jurisprudencia como los vacíos o las deficiencias en el sistema legislativo actual que ponen en peligro algunos aspectos de los derechos de los seres humanos.

El tercer gran bloque es el de proponer ámbitos de mejora o modificaciones legislativas en la protección de estos derechos de cuarta generación y discutir si deberían considerarse como derechos fundamentales con las implicaciones que ello conlleva. Esta parte será más de reflexión y aportación propia en base a todo lo investigado y conocido sobre el asunto. La investigación, por tanto, es de tipo deductivo, pues va de lo mas general a la resolución de un problema concreto.

2. Neurociencia y Neurotecnología

2.1 Concepto y evolución de la Neurociencia

Según un artículo publicado por el departamento de neurociencia de la Universidad de Georgetown, la neurociencia puede definirse como las ciencias que estudian el desarrollo del sistema nervioso, su estructura y sus funciones. Es una ciencia interdisciplinaria que trabaja estrechamente con otras disciplinas, como las matemáticas, la lingüística, la ingeniería, la informática, la química, la filosofía, la psicología y la medicina. (Nordqvist, 2013)

Los neurocientíficos se centran en el cerebro y su impacto en el comportamiento y las funciones cognitivas. La neurociencia no solo estudia el funcionamiento normal del sistema nervioso, sino también lo que ocurre cuando las personas padecen trastornos neurológicos, psiquiátricos y del neurodesarrollo. (Nordqvist, 2013)

Las principales ramas de la neurociencia son:

- Neurociencia afectiva: Analiza cómo se comportan las neuronas en relación con las emociones
- Neurociencia del comportamiento: Estudia cómo el cerebro afecta al comportamiento
- Neurociencia clínica: Especialistas médicos, como neurólogos y psiquiatras, estudian los trastornos del sistema nervioso a partir de hallazgos de la neurociencia básica para encontrar formas de tratarlos y prevenirlos. También buscan maneras de rehabilitar a quienes han sufrido daño neurológico. Los neurocientíficos clínicos consideran las enfermedades mentales como trastornos del cerebro.
- Neurociencia cognitiva: Examina cómo el cerebro forma y controla los pensamientos, así como los factores neuronales que subyacen a estos procesos. En la investigación, los científicos miden la actividad cerebral mientras las personas realizan tareas. Este campo combina la neurociencia con las ciencias cognitivas, como la psicología y la psiquiatría.
- Neurociencia computacional: Los científicos intentan comprender cómo el cerebro procesa información. Utilizan ordenadores para simular y modelar funciones cerebrales, aplicando técnicas de matemáticas, física y otros campos computacionales para estudiar el funcionamiento del cerebro.

- Neurociencia cultural: Este campo estudia la interacción entre los factores culturales y los procesos genómicos, neuronales y psicológicos. Es una disciplina emergente que puede ayudar a explicar las variaciones en los indicadores de salud entre diferentes poblaciones. También puede ayudar a los científicos a evitar sesgos culturales al diseñar experimentos.
- Neurociencia del desarrollo: Analiza cómo crecen y cambian el cerebro y el sistema nervioso desde la concepción hasta la edad adulta. La información recopilada ayuda a comprender mejor el desarrollo y la evolución de los sistemas neurológicos. También permite describir y entender una variedad de trastornos del desarrollo, así como ofrecer pistas sobre cómo y cuándo se regeneran los tejidos neurológicos.
- Neurociencia molecular y celular: descubre el papel de las moléculas individuales, genes y proteínas en el funcionamiento de los nervios y del sistema nervioso a nivel molecular y celular.
- Neuro ingeniería: Aplica las técnicas de la ingeniería para comprender mejor, reemplazar, reparar o mejorar los sistemas neuronales.
- Neuroimagen: Es una rama de la imagen médica que se centra en el cerebro. Se utiliza para diagnosticar enfermedades y evaluar el estado de salud del cerebro. También resulta útil para estudiar su funcionamiento y cómo distintas actividades lo afectan.
- Neuroinformática: Implica la colaboración entre informáticos y neurocientíficos. Los expertos desarrollan métodos eficaces para recopilar, analizar, compartir y publicar datos.
- Neurolingüística: Los especialistas investigan cómo el cerebro nos permite adquirir, almacenar, comprender y expresar el lenguaje. Este conocimiento ayuda a los logopedas a desarrollar estrategias para niños con dificultades del habla o para personas que desean recuperar el habla tras, por ejemplo, un ictus.
- Neurofisiología: Analiza cómo el cerebro y sus funciones se relacionan con distintas partes del cuerpo, así como el papel del sistema nervioso desde el nivel subcelular hasta órganos completos. Ayuda a comprender el pensamiento humano y proporciona información sobre trastornos relacionados con el sistema nervioso. (Nordqvist, 2013)

En cuanto a su evolución histórica, los antiguos griegos fueron pioneros en el estudio del cerebro. Trataban de entender el funcionamiento del cerebro y de explicar trastornos

neuronales. Según un artículo publicado por la revista científica “Scientific American”, el filósofo griego Aristóteles tenía la teoría de que el cerebro era un mecanismo de enfriamiento de la sangre. (Nordqvist, 2013)

Las “ciencias del cerebro” tienen su origen cuando por primera vez se descubren las funciones cognitivas del cerebro, a principios del siglo XIX. El físico cirujano y anatomista francés, Pierre Paul Broca (1824-1880), concluyó que las diferentes regiones del cerebro tenían funciones específicas. La parte del cerebro conocida como área de Broca es responsable de, entre otras, algunas funciones del habla. También en el siglo XIX, Von Helmholtz, un médico y físico alemán, midió la velocidad a la que las células nerviosas producían impulsos eléctricos. En 1873, Camillo Golgi, un médico, patólogo y científico italiano, utilizó sal de cromato de plata para observar la estructura de las neuronas. (Nordqvist, 2013)

En 1878, Richard Caton descubrió la transmisión de señales eléctricas a través del cerebro de un animal. Cuarenta y seis años después, se registró el primer electroencefalograma humano. (Ienca et Al., 2017)

A principios del siglo XX, Santiago Ramón y Cajal, patólogo, histólogo y neurocientífico español, planteó la hipótesis de que las neuronas son unidades independientes de células nerviosas, y recibió el premio nobel de medicina por ello, entre otras cosas. A partir de los años cincuenta, la investigación y la práctica en neurociencia moderna ha avanzado considerablemente, desarrollando tratamientos del ictus, enfermedades cardiovasculares, la esclerosis múltiple, y otras enfermedades (Nordqvist, 2013). En la década de 1990, a menudo denominada la “década del cerebro”, el uso de las tecnologías de la imagen para estudios neuroconductuales aumentó de forma drástica (Ienca et Al., 2017).

Uno de los principales objetivos de la investigación en neurociencia actual es entender el funcionamiento de las conexiones neuronales y como afecta un daño en ellas a las habilidades motoras y al comportamiento cognitivo en enfermedades. (Psychology Today, 2018)

Merece mención en este aspecto, como se desarrollará más adelante, la gran contribución de las ciencias de la computación, en particular el desarrollo de la inteligencia artificial, ya que ha sido clave en la evolución de la neurociencia. (Nordqvist, 2013)

Durante mucho tiempo, los límites del cráneo se habían considerado la línea de separación entre la dimensión observable y la inobservable del ser humano vivo. Es decir, los procesos neuronales, y mentales subyacentes a las emociones, el razonamiento y el comportamiento permanecían en gran medida inobservables. Pero los avances modernos en neurociencia han permitido progresivamente descifrar el cerebro humano y ofrecer información sobre los procesos cerebrales, así como su relación con los estados mentales y el comportamiento observable. (Ienca et Al., 2017). Para todo ello, la neuro tecnología se ha convertido en una herramienta esencial y no se entiende la neurociencia sin el papel auxiliador de la neuro tecnología.

2.2 ¿Qué es la Neuro tecnología?

La neuro tecnología se define como el conjunto de tecnologías que interactúan directamente con el cerebro o, en términos más amplios, con el sistema nervioso, ya sea monitorizando y registrando la actividad neuronal o actuando para influir en ella (leyendo o incluso escribiendo en la mente). Si la neuro tecnología se implanta en el cerebro, se conoce como invasiva, pero también puede ser externa al cuerpo en forma de diadema, pulsera o casco. En ese caso se trata de neuro tecnología no invasiva. Las neuro tecnologías invasivas ofrecen mayores ventajas en términos de capacidad de lectura y escritura, aunque las no invasivas evitan la cirugía. (McCay, 2022)

Un ejemplo ilustrativo podría ser una persona que no puede escribir ni utilizar un software de reconocimiento de voz para redactar texto ni controlar un cursor debido a una enfermedad, como el síndrome de enclaustramiento. Esta persona podría tener un dispositivo implantado en su cerebro o usar un auricular no invasivo que pueda "leer" la actividad neuronal asociada con actos mentales, como imaginar agitar la mano. Este dispositivo asociaría ciertos actos mentales con comandos diferentes, como mover el cursor hacia la derecha al imaginar un movimiento de la mano o hacer clic en "retorno" con solo imaginar un golpe de balón. Así, la persona podría redactar y enviar correos electrónicos o controlar un dispositivo como una silla de ruedas o un dron. (McCay, 2022)

Otra forma de lectura cerebral implica decodificar imágenes que una persona ve y mostrarlas en una pantalla de ordenador. Un ejemplo notable proviene de científicos que grabaron la

actividad neuronal de personas que veían películas y usaron esa actividad para reproducir imágenes borrosas de las películas vistas. Asimismo, algunos estudios intentan identificar marcadores neuronales predictivos de pensamientos suicidas, lo que podría ayudar en la intervención para prevenir intentos de suicidio. (McCay, 2022)

Existen también neuro tecnologías que "escriben" en el cerebro. Un ejemplo es el implante cerebral utilizado para tratar el Parkinson, que estimula el cerebro para prevenir los síntomas de la enfermedad. Sin embargo, se ha considerado de manera controvertida el uso de la estimulación cerebral profunda para reducir deseos sexuales en personas con riesgo de cometer delitos sexuales. (McCay, 2022)

Algunas neuro tecnologías combinan lectura y escritura. Un ejemplo es el dispositivo Neuropace, que monitorea la actividad cerebral para identificar los precursores de una crisis epiléptica y estimula el cerebro para evitarla. (McCay, 2022)

En el núcleo de la neuro tecnología, se encuentran las interfaces cerebro-máquina (Brain-computer interfaces o BCIs), que son dispositivos que conectan el cerebro de una persona con un ordenador u otro dispositivo externo, como un teléfono móvil o un ordenador. Las BCI permiten una comunicación bidireccional entre el cerebro y el mundo exterior, ya sea exportando datos cerebrales o alterando la actividad cerebral, y pueden funcionar de dos maneras diferentes. Como se ha mencionado antes de forma general, pueden ser invasivas o no invasivas. (Yuste et Al., 2021)

Aquellas interfaces cerebro-máquina invasivas requieren colocar electrodos directamente en el cerebro de la persona. Estos electrodos envían datos cerebrales a un ordenador, donde pueden ser analizados y decodificados. Las BCI invasivas se han utilizado en la medicina convencional durante años; algunos ejemplos conocidos son los implantes cocleares o los estimuladores cerebrales profundos, que pueden ayudar a las personas con la enfermedad de Parkinson a recuperar la movilidad. (Yuste et Al., 2021)

Los científicos también han demostrado cómo las BCI invasivas pueden ayudar a personas con extremidades ausentes o dañadas a sentir calor y frío a través de sus prótesis. Por ejemplo, con un implante de BCI desarrollado por BrainGate (una compañía que diseñó un sistema que utiliza microelectrodos implantados en el cerebro para que los humanos operen con

dispositivos externos como ordenadores o brazos robóticos solo con su pensamiento), una persona con Esclerosis Lateral Amiotrófica (ELA) que antes no podía hablar ni moverse ahora puede buscar preguntas en Google y comprar en Amazon utilizando una Tablet estándar. (Yuste et Al., 2021)

Se espera que en los próximos años las BCI incluso puedan proporcionar prótesis visuales efectivas para personas ciegas, lo que mejoraría su capacidad para percibir la proximidad en el mundo que las rodea. (Yuste et Al., 2021)

Más allá del ámbito médico, la neuro tecnología es de interés militar. En EE. UU., la DARPA estudia su uso para mejorar las capacidades cognitivas y emocionales de los soldados o permitir el control de armas a través de la actividad neuronal. En el Reino Unido, el Ministerio de Defensa plantea el uso de interfaces cerebrales para aumentar la concentración y memoria o incluso descargar habilidades. Un estudio reciente imagina un escenario donde los soldados controlan drones con su mente, pero los dispositivos civiles son hackeados, afectando el rendimiento de los pilotos y generando errores militares. (McCay, 2022)

El interés militar en la neuro tecnología se debe a la competencia por la superioridad, pero esta lógica también se aplica a la educación y el trabajo. En China, ya se han usado dispositivos para monitorear la atención de los niños en el colegio. En el ámbito laboral, algunas empresas buscan medir la concentración y el estrés de los empleados para mejorar la productividad. En los videojuegos, se exploran formas de adaptar la dificultad de los juegos en función del estado mental del jugador. Sin embargo, el riesgo de hackeos plantea preocupaciones. (McCay, 2022)

El desarrollo de la neuro tecnología podría acelerarse con aplicaciones de consumo. A medida que se popularicen sus usos terapéuticos, la sociedad podría normalizar su empleo. También existe la posibilidad de que tecnologías de consumo sean las primeras en adoptarse, como dispositivos que optimicen el uso de redes sociales o mejoren la interacción con el metaverso. (McCay, 2022)

Reflejo de que estos descubrimientos se están desarrollando en la práctica son el MIT Media Lab, que utilizó una BCI invasiva para transcribir los pensamientos humanos en mensajes escritos. También Neuralink, propiedad de Elon Musk, anunció que está desarrollando un

chip implantable inalámbrico para vincular las mentes humanas a los ordenadores y crear una cognición “sobrehumana” mejorando a los humanos con inteligencia artificial. (Yuste et Al., 2021)

El empeño en el avance de la neuro tecnología llega hasta tal punto, que los científicos ya han descubierto cómo usar BCI invasivas para controlar las acciones de animales de laboratorio, incluidos ratones. Mientras un ratón realiza una acción, como comer, la BCI registra sus datos cerebrales. Los científicos luego pueden usar esos datos para reactivar y estimular las mismas partes del cerebro del ratón que fueron previamente registradas y hacer que el ratón coma de nuevo, incluso si el ratón no quería comer. Este mismo proceso ya se ha utilizado para la implantación artificial de recuerdos o imágenes en el cerebro de un ratón, generando alucinaciones y falsos recuerdos de miedo que, lo que es importante, son indistinguibles del mundo real. (Yuste et Al., 2021)

Parece a priori que el BCI no invasivo, al no estar en contacto físico con el cerebro, es menos revolucionario. Lo cierto es que los científicos ya han compartido imágenes y palabras entre dos personas situadas en dos habitaciones distintas utilizando BCIs no invasivos, permitiendo el intercambio de pensamientos entre ellos. Algo tan impresionante se ha conseguido con estas neuro tecnologías como que una persona tetraplégica pueda conducir un coche de fórmula uno. (Yuste et Al., 2021)

8. Bibliografía

- Castañeda, A. (2015). *Neurociencias: la nueva forma de entender a la mente humana*. Portal Psicología y Mente. <https://psicologiymente.com/neurociencias/neurociencias-mente-humana>
- Ausín, T., Morte, R., & Monasterio, A. (2020). *Neuroderechos: Derechos humanos para las neurotecnologías*. *Diario la ley*, 43, 1-7.
- Beloso Benito, P. (2023). *Los Neuroderechos*.
- Fundación Ramón Areces. (2022). *LOS NEURODERECHOS*. Recuperado el 23 de enero de 2025 de <https://www.fundacionareces.es/recursos/doc/portal/2022/10/17/los-neuroderechos.pdf>
- Ienca, M., & Andorno, R. (2017). Towards new human rights in the age of neuroscience and neurotechnology. *Life sciences, society and policy*, 13, 1-27.
- McCay, A. (2022). *Neurotechnology, law and the legal profession*. Foundation for Science and Technology. Recuperado el 28 de enero de 2025 de <https://static1.squarespace.com/static/60e5c0c4c4f37276f4d458cf/t/62f55e236227a24ff7910138/1660247589141/Neurotechnology-law-and-the-legal-profession-full-report-Aug-2022.pdf>
- Nordqvist, C. (2013). *About Neuroscience - Department of Neuroscience*. Department of Neuroscience. Recuperado el 25 de enero de 2025 de <https://neuro.georgetown.edu/about-neuroscience/>
- Psychology Today. (2018). *Neuroscience*. Psychology Today. Recuperado el 30 de enero de 2025 de <https://www.psychologytoday.com/intl/basics/neuroscience>
- Yuste, R., Genser, J., & Herrmann, S. (2021). *It's time for neuro-rights*. *Horizon*, Winter 2021. Recuperado el 24 de enero de 2025 de <https://www.perseus-strategies.com/wp-content/uploads/2021/03/Neuro-Rights-Horizons-Winter-2021.pdf>