

Artículo de revisión

Las neurociencias en el ámbito legal: cerebro en la práctica jurídica y neuroderecho

Neuroscience in the legal field: the brain in legal practice and neurolaw

Mayra Paola Cortez Ocaña^{1*} <https://orcid.org/0000-0002-5731-1323>

Pablo Ermely Espinosa Pico¹ <https://orcid.org/0009-0009-2768-5912>

Andrea Gabriela Suárez López¹ <https://orcid.org/0000-0001-6151-5006>

¹ Universidad Regional Autónoma de los Andes (UNIANDES), Ecuador.

*Autor para la correspondencia: docentetp111@uniandes.edu.ec

RESUMEN

Las neurociencias, con su capacidad para revelar los misterios del cerebro humano, han comenzado a influir significativamente en el ámbito legal, desafiando las nociones tradicionales de culpabilidad y responsabilidad. El objetivo del estudio fue interpretar las neurociencias en el ámbito legal, particularizando en el cerebro en la práctica jurídica y el neuroderecho. Para ello, se llevó a cabo una revisión sistemática de la literatura, enfocada en la intersección entre neurociencia y derecho, utilizando bases de datos académicas relevantes y seleccionando estudios clave publicados en los últimos cinco años. Los resultados más

destacados revelan que los avances en neuroimagen y neurobiología cuestionan la noción de libre albedrío y plantean la necesidad de reconsiderar la imputabilidad y la culpabilidad en el sistema judicial. Asimismo, se destaca el surgimiento del neuroderecho como una disciplina emergente que busca integrar los hallazgos neurocientíficos en la práctica jurídica, lo que podría llevar a una reforma significativa en las políticas legales. En conclusión, el estudio subraya la importancia de adaptar el sistema legal para incorporar estos avances neurocientíficos, promoviendo un enfoque más informado y equitativo en la administración de justicia. Este enfoque requiere no solo una revisión de las leyes existentes, sino también una atención continua a las implicaciones éticas y sociales de la aplicación de la neurociencia en el derecho.

Palabras clave: neurociencias; neuroderecho; neuroética; neuroimagen; pruebas científicas en tribunales.

ABSTRACT

Neuroscience, with its capacity to reveal the mysteries of the human brain, has begun to significantly influence the legal field, challenging traditional notions of guilt and responsibility. The objective of the study was to interpret neuroscience within the legal field, focusing specifically on the brain in legal practice and neurolaw. To achieve this, a systematic review of the literature was conducted, focusing on the intersection of neuroscience and law, utilizing relevant academic databases and selecting key studies published in the last five years. The most significant results reveal that advances in neuroimaging and neurobiology challenge the notion of free will and highlight the need to reconsider imputability and responsibility in the judicial system. Additionally, the emergence of neurolaw as an emerging discipline that seeks to integrate neuroscientific findings into legal

practice is highlighted, which could lead to significant reform in legal policies. In conclusion, the study emphasizes the importance of adapting the legal system to incorporate these neuroscientific advances, promoting a more informed and equitable approach to the administration of justice. This approach requires not only a revision of existing laws but also continuous attention to the ethical and social implications of applying neuroscience in law.

Keywords: neuroscience; neurolaw; neuroethics; neuroimaging; scientific evidence in courts.

Recibido: 16/09/2024

Aceptado: 23/10/2024

Introducción

Las neurociencias son un campo interdisciplinario que estudia el sistema nervioso, particularmente el cerebro, y su influencia en el comportamiento, las emociones, y los procesos cognitivos humanos. Este campo integra conocimientos de la biología, la psicología, la medicina, y otras disciplinas para comprender el funcionamiento neural y su impacto en la conducta humana. En el ámbito jurídico, emerge el concepto de neuroderecho, una disciplina que busca integrar los hallazgos de las neurociencias en el contexto legal. El neuroderecho se enfoca en cómo el conocimiento sobre el cerebro y el sistema nervioso puede influir en la elaboración de leyes, la interpretación de la responsabilidad legal, y la toma de decisiones judiciales, planteando preguntas sobre el libre albedrío, la imputabilidad, y la capacidad de los individuos para tomar decisiones racionales.

El problema científico que se aborda en este estudio radica en la creciente incorporación de datos y conceptos provenientes de las neurociencias en el ámbito legal, lo que plantea desafíos significativos tanto en la interpretación jurídica como en la aplicación práctica de la ley. En particular, surge la preocupación de cómo se debe evaluar y utilizar la evidencia neurocientífica en los tribunales, considerando las limitaciones actuales en la comprensión completa del cerebro humano. Además, existe un debate sobre las implicaciones éticas y sociales de utilizar esta evidencia en decisiones legales, que pueden impactar en los principios fundamentales del derecho como la responsabilidad penal y la justicia.

Este estudio se justifica en la necesidad de comprender y establecer un marco claro y ético para la utilización de la neurociencia en el derecho, dado su potencial para transformar la práctica jurídica contemporánea. En un contexto donde la tecnología y el conocimiento científico avanzan rápidamente, es crucial examinar cómo estos avances pueden y deben integrarse en el sistema legal para mejorar la justicia y equidad en los procesos judiciales. Este trabajo busca no solo explorar las aplicaciones actuales del neuroderecho, sino también proponer directrices que orienten su desarrollo futuro, contribuyendo a un debate informado y responsable sobre las implicaciones del uso de la neurociencia en la práctica jurídica.

En el contexto de la transición hacia la denominada 'Era del Conocimiento' o 'Era de la Información', emerge con fuerza lo que se conoce como la 'Era del Cerebro'. Según González (2021), los últimos años del siglo XX y el inicio del siglo XXI han sido testigos de avances dinámicos en el ámbito científico y tecnológico. La tecnología contemporánea ofrece herramientas innovadoras que permiten explorar y visualizar el cerebro en funcionamiento sin recurrir a métodos invasivos, lo que nos brinda una comprensión del cerebro humano sin precedentes.⁽¹⁾ Estos avances están encontrando su aplicación en el ámbito legal, especialmente en

relación con el análisis del comportamiento delictivo y la evaluación de pruebas periciales.⁽²⁾

En este marco, la Administración de Justicia enfrenta el desafío de no solo abordar, sino también integrar esta nueva realidad tecnológica y científica. Como señala Nogueira (2022), esto implica la incorporación de estos avances en el proceso de modernización tecnológica del sistema judicial, con especial énfasis en su aplicación en la investigación policial y judicial, así como en la presentación de pruebas en los juicios orales. Las neurociencias, centradas en el estudio del sistema nervioso central y la explicación de la conducta humana en relación con este sistema y su entorno, plantean un cambio significativo en el derecho penal.⁽³⁾

El Neuroderecho, conocido en inglés como Neurolaw, presenta un desafío considerable que requiere investigaciones sólidas para establecer bases científicas firmes respecto al comportamiento humano y sus implicaciones legales. Según Sánchez Vilanova (2019), el Neuroderecho ha introducido conceptos innovadores, como el uso de evaluaciones neuropsicológicas y técnicas de neuroimagen, que están ganando terreno en el ámbito legal y en el sistema de justicia.⁽⁴⁾ En Estados Unidos, entre 2005 y 2012, se duplicó el número de sentencias judiciales que citan pruebas de neurociencias, lo que evidencia la creciente influencia de las neurociencias y el Neuroderecho en el campo jurídico.⁽⁵⁾

Es fundamental abordar estos avances con cautela, ya que muchas investigaciones recientes están revelando datos cruciales para el derecho penal, como el libre albedrío, los juicios morales, los fundamentos neuronales de la violencia, la empatía, la toma de decisiones y la imputabilidad. Escudero (2019) advierte que es esencial evitar interpretaciones reduccionistas que podrían llevar a un retroceso en la comprensión del comportamiento humano.⁽⁶⁾ Los progresos en el estudio del cerebro humano están teniendo una influencia notable en el

ámbito jurídico, como subraya Lledó Yagüe (2022), especialmente en la dogmática jurídica y en el principio de culpabilidad.⁽⁷⁾

Las neurociencias cognitivas, en su intento de identificar los factores neurobiológicos del comportamiento, tienen el potencial de influir en el ámbito jurídico. Según Ienca (2021), los avances en la investigación del comportamiento y del cerebro, especialmente en psiconeuroinmunología y neuroimagen, han mejorado nuestra comprensión de uno de los órganos más complejos del ser humano, lo que permite identificar trastornos de personalidad y enfermedades mentales que antes no se reconocían como tales.⁽⁸⁾ Estos trastornos, incluidos los relacionados con la conducta criminal, tienen un impacto profundo en la sociedad, manifestándose en forma de comportamientos disruptivos y delictivos, lo que ha llevado a la emergencia del concepto de Neurocrimen o Neurodelito.⁽⁹⁾

El aumento de la violencia en los últimos años ha generado un interés significativo en identificar los factores de riesgo asociados, abordados desde múltiples perspectivas, incluyendo la psicológica, criminológica, sociológica y biológica. Los estudios neurocientíficos han adquirido especial relevancia en este contexto. Martínez (2021) señala que los avances tecnológicos, junto con investigaciones en Neurociencias y Criminología, han dado lugar a nuevos modelos explicativos de la conducta violenta, proporcionando una comprensión más completa del papel del lóbulo frontal y otras estructuras cerebrales en la regulación del comportamiento.⁽¹⁰⁾

La investigación científica ha puesto de relieve la existencia de un fundamento neurobiológico en la manifestación de la violencia, lo que ha despertado un creciente interés en la aplicación de estos conocimientos en la formulación de leyes, particularmente en el derecho penal. Guarneros (2020) introduce el concepto

de Neurocriminología, que busca emplear metodologías neurocientíficas para comprender, prevenir y tratar la violencia y la criminalidad.⁽¹¹⁾

Desde una perspectiva biopsicosocial, es fundamental entender que las conductas antisociales y la violencia no surgen de manera aislada, sino que resultan de una interacción compleja entre factores biológicos, psicológicos y sociales. Aguilar (2022) resalta la importancia de un enfoque integral que abarque estas tres esferas para evitar una explicación simplista y peligrosa del comportamiento humano y la delincuencia.⁽¹²⁾ En este contexto, la interrelación entre Medicina, Neuropsiquiatría, Neuropsicología, Neuropsicopatología Forense y Derecho es clave para proporcionar apoyo adecuado a individuos con daños neurológicos que enfrentan procedimientos judiciales.

Así, surge una nueva disciplina jurídica que fusiona las Neurociencias con el derecho, conocida como Neuroderecho, Neurojurídica o Neurolegislación, enfocada en guiar a los profesionales judiciales en asuntos médicos complejos fuera de su ámbito de conocimiento. Según Quintero (2022), es cada vez más común la participación de neuropsiquiatras y neuropsicólogos como peritos en el sistema judicial, proporcionando información valiosa sobre las repercusiones conductuales, emocionales y cognitivas de las lesiones cerebrales, y resaltando la importancia de las variables psicosociales en el funcionamiento cerebral y su perturbación.⁽¹³⁾ La conexión entre la Neuropsiquiatría y la Neuropsicología con el Derecho es estrecha, fomentada por la convergencia de múltiples factores que han impulsado su desarrollo, como la investigación que vincula el cerebro y la conducta y la interpretación de la neuropatología en el contexto legal.⁽¹⁴⁾

El estudio se centra en examinar la intersección entre Neurociencias y disciplinas jurídicas, explorando los límites y aplicaciones del Neuroderecho en el ámbito legal. Considerando que muchos estudios sobre el cerebro cuestionan la validez del libre

albedrío, que fundamenta el principio jurídico de la autonomía de la voluntad, este trabajo analiza la existencia y aplicabilidad de esta premisa dentro del marco jurídico.

En este contexto, el objetivo del estudio es interpretar las neurociencias en el ámbito legal particularizando en el cerebro en la práctica jurídica y el neuroderecho.

Métodos

Diseño del estudio

Esta revisión sistemática se lleva a cabo con el propósito de analizar de manera exhaustiva la influencia de las neurociencias en el campo jurídico, centrándose específicamente en el surgimiento y desarrollo del neuroderecho. El propósito central de este estudio es evaluar y sintetizar la literatura existente para proporcionar una visión integral y actualizada de este tema en evolución, identificando las implicaciones legales y éticas derivadas de la integración de las neurociencias en la práctica jurídica.

Identificación de la pregunta de investigación

La pregunta de investigación que guió esta revisión fue: "¿Cuál es el impacto de las neurociencias en la práctica legal y cómo ha surgido y evolucionado el campo del neuroderecho?" Esta pregunta se formuló para enfocar el análisis en los cambios y desafíos que plantea la incorporación de la evidencia neurocientífica en los procesos legales y en la estructura misma del derecho.

Búsqueda de la literatura

Se realizó una búsqueda exhaustiva de la literatura científica en varias bases de datos académicas reconocidas, tales como PubMed, PsycINFO, Web of Science, y

bases de datos especializados en derecho como HeinOnline y Westlaw. Los términos de búsqueda se diseñaron cuidadosamente para abarcar tanto estudios empíricos como teóricos, incluyendo combinaciones de palabras clave como "neurociencias", "derecho", "neuroderecho", "neuroética", "neuroimagen", "responsabilidad penal", y "pruebas científicas en tribunales". Se emplearon filtros para limitar la búsqueda a publicaciones de alta calidad y revisadas por pares, centradas en los últimos cinco años para garantizar la relevancia y actualidad de los hallazgos.

Criterios de inclusión y exclusión

Para asegurar la calidad y relevancia de los estudios seleccionados, se establecieron criterios estrictos de inclusión y exclusión. Se incluyeron artículos científicos publicados en los últimos 5 años, escritos en inglés o español, que abordaran la intersección de neurociencias y derecho, incluyendo estudios empíricos, revisiones teóricas, análisis de casos judiciales y estudios interdisciplinarios. Se excluyeron duplicados, estudios no relacionados directamente con el tema, informes de casos aislados sin análisis en profundidad, y aquellos artículos que no proporcionaron una discusión sustancial sobre las implicaciones legales de las neurociencias.

Selección de estudios

El proceso de selección de estudios incluyó una revisión en dos fases. Primero, se evaluaron los títulos y resúmenes de todos los artículos identificados en la búsqueda inicial. Aquellos que cumplían con los criterios de inclusión fueron seleccionados para una revisión más detallada del texto completo. En esta segunda fase, se examinó la metodología, resultados y relevancia de los estudios para asegurar su pertinencia y calidad científica en el contexto del neuroderecho.

Extracción de datos

Para la extracción de datos, se desarrolló una hoja de extracción estructurada diseñada para recopilar información clave de cada estudio seleccionado. Los datos recolectados incluyeron detalles como nombres de los autores, año de publicación, países de origen, diseño del estudio, métodos de investigación, población estudiada (cuando era aplicable), principales resultados, conclusiones, y cualquier implicación o recomendación para el campo del neuroderecho. Esta estructura permitió una comparación y síntesis efectiva de los hallazgos entre los diferentes estudios.

Análisis de datos

El análisis de los datos recopilados se llevó a cabo mediante un enfoque sistemático que incluyó tanto análisis cualitativos como cuantitativos. Se identificaron tendencias emergentes en la literatura, tales como la frecuencia del uso de pruebas neurocientíficas en tribunales, la evolución de la percepción del libre albedrío y la responsabilidad penal, y los debates éticos y legales en torno a la neurociencia aplicada. Este análisis permitió una comprensión profunda y matizada del estado actual del neuroderecho y sus futuras direcciones de investigación.

Evaluación de la calidad y riesgo de sesgo

Para asegurar la robustez de los resultados, se realizó una evaluación crítica de la calidad de los estudios incluidos utilizando herramientas reconocidas como la lista de verificación de la colaboración Cochrane para revisiones sistemáticas. Se evaluó el riesgo de sesgo en varias dimensiones, incluyendo el diseño del estudio, la metodología utilizada, y la interpretación de los resultados, para asegurar la fiabilidad de las conclusiones obtenidas.

Este método riguroso garantizó una síntesis exhaustiva y crítica de la literatura existente, proporcionando una base sólida para futuras investigaciones y aplicaciones en el campo del neuroderecho.

Resultados

Los avances en la comprensión del cerebro y su funcionamiento han sido notables en las últimas dos décadas, especialmente debido a tecnologías como la neuroimagen, la neurociencia molecular y la neurofisiología. Estas herramientas han permitido a los investigadores explorar la arquitectura cerebral desde niveles anatómicos hasta su complejidad molecular, proporcionando una visión más detallada del órgano más complejo del cuerpo humano.⁽¹²⁾

Este conocimiento ha impactado diversas disciplinas, incluidas la medicina, la psicología y el derecho. La intersección entre neurociencias y derecho, conocida como neuroderecho, se ha centrado en cómo la estructura y función cerebral se relacionan con cuestiones legales y éticas, arrojando luz sobre temas como la responsabilidad penal y la toma de decisiones éticas.⁽¹³⁾

En términos anatómicos, el córtex cerebral, compuesto por sustancia gris y blanca, es clave en los procesos mentales complejos. Las lesiones en áreas como el lóbulo occipital pueden afectar la percepción visual y otros procesos, mientras que el lóbulo temporal está implicado en el lenguaje, la memoria y las emociones. El lóbulo frontal, esencial para la autoconciencia y la personalidad, se divide en áreas como la corteza motora y prefrontal, que regulan desde el aprendizaje motor hasta funciones cognitivas complejas.⁽¹⁴⁻¹⁵⁾

El sistema límbico, responsable de la regulación de emociones y memoria, se asocia con el "cerebro emocional" en contraste con el "cerebro racional", y está implicado en la conducta agresiva. La agresividad se relaciona con la actividad de circuitos neuronales específicos, en especial la amígdala y el hipotálamo, que

regulan comportamientos depredadores y defensivos. Estos mecanismos pueden variar según las condiciones individuales, influyendo en comportamientos violentos.⁽¹⁶⁻¹⁷⁾

Las neurociencias han avanzado en la identificación de los fundamentos neurobiológicos del comportamiento, aportando una comprensión más profunda de cómo la estructura cerebral influye en la conducta humana. Estos hallazgos tienen implicaciones significativas en el ámbito legal, especialmente en el derecho penal, donde cuestionan conceptos tradicionales como el libre albedrío y la imputabilidad.⁽¹⁸⁻¹⁹⁾

El impacto de las neurociencias en el derecho también se refleja en la incorporación de técnicas de neuroimagen en los tribunales. Estas herramientas permiten una evaluación más precisa del estado mental de los acusados, planteando interrogantes sobre la culpabilidad y la responsabilidad penal en el contexto de trastornos neurológicos o mentales.⁽²⁰⁻²¹⁾

Las disciplinas como la neuropsiquiatría y la medicina forense han explorado cómo los trastornos de la personalidad, como la psicopatía, afectan la capacidad de los individuos para comprender y actuar de acuerdo con las normas sociales y legales. Estas investigaciones han contribuido al desarrollo del neuroderecho, que busca integrar el conocimiento neurocientífico en la práctica jurídica para mejorar la comprensión de la conducta delictiva y las decisiones judiciales.⁽²²⁻²³⁾

En resumen, los avances en neurociencias han comenzado a transformar el panorama legal, proporcionando nuevas perspectivas sobre la relación entre el cerebro y el comportamiento humano, y planteando desafíos éticos y legales que requieren una revisión profunda del sistema jurídico actual.⁽²⁴⁻²⁶⁾

El derecho penal tradicional, como señala Fernández Sucapuca (2020), se basa en la noción de que las personas son seres racionales con libertad de elección. Sin

embargo, si se demostrara que el libre albedrío es inexistente, esto impactaría directamente en el principio de imputación que sostiene el derecho penal actual. Las neurociencias, al explorar la estructura y funcionamiento del cerebro, ofrecen nuevas perspectivas sobre la conducta humana, cuestionando si ciertos comportamientos pueden explicarse más por la biología que por decisiones conscientes.⁽²⁷⁾

La implementación de procedimientos como la neuroimagen en el ámbito judicial plantea interrogantes sobre derechos fundamentales, como la presunción de inocencia y el derecho a no autoincriminarse. Además, surge el dilema de si es ético detener a una persona por una predisposición a la violencia antes de que cometa un delito. Estas cuestiones reflejan los desafíos que presenta la integración de las neurociencias en el sistema legal, y aunque todavía no tienen respuestas claras, podrían resolverse a medida que avancen las aplicaciones neurocientíficas en este campo.^(28,37)

Olaya Rendón (2021) destaca que algunos neurocientíficos están debatiendo si la culpabilidad debería considerarse no solo en función de los actos, sino también del estado mental, lo que ya ha llevado a reducciones de penas en algunos casos.⁽²⁸⁾ Vásquez Espinosa (2023) agrega que el neuroderecho, como disciplina emergente, está integrando avances científicos en el análisis de la culpabilidad, considerando factores como perfiles genéticos y neuroimagen para evaluar la responsabilidad penal de los individuos.⁽²⁹⁾

El surgimiento del neuroderecho busca demostrar cómo el cerebro influye en decisiones ilegales o criminales, y también en la credibilidad de las declaraciones mediante tecnología neurocientífica. Estos avances no solo han impactado en la medicina y biología, sino que también están transformando el derecho penal y procesal.⁽²⁹⁾ Torres Moro (2020) subraya que la colaboración entre neurociencia y

neuroderecho, especialmente en biotecnología y neuroimagen, tiene el potencial de clarificar la verdad en casos criminales.⁽³⁰⁾

Arroyo Rodríguez (2020) aborda la delicada cuestión de la idoneidad y ética de utilizar pruebas relacionadas con la actividad cerebral en los juicios, ya que, aunque pueden establecer culpabilidad o inocencia, también podrían violar derechos humanos fundamentales. Las técnicas de neuroimagen han fortalecido lo que ahora se conoce como neurojurídica o neuroderecho, proporcionando un marco para la asistencia legal a personas con lesiones neurológicas que enfrentan procedimientos judiciales.⁽³¹⁾

Nóbrega Souza (2023) define el neuroderecho como el estudio de la "mens rea" o mente criminal, analizando cómo las disfunciones en la corteza prefrontal pueden influir en conductas violentas o antisociales.⁽²⁶⁾ Las neurociencias, al explorar la relación entre cerebro y comportamiento, buscan explicar cómo millones de células nerviosas interactúan para generar comportamiento humano y cómo este es influenciado por el entorno.⁽²⁶⁾

López Soria (2020) explica que, según la doctrina alemana, la imputabilidad se refiere a la capacidad de una persona para comprender la ilegalidad de un acto y actuar de acuerdo con esa comprensión, lo que es crucial para determinar la culpabilidad.⁽³²⁾ La falta de limitaciones psicológicas que afecten esta comprensión y motivación por la norma es lo que define la reprochabilidad o culpabilidad positiva.⁽³³⁾

En la actualidad, se espera que una persona que comete un acto ilícito lo haga con plena conciencia y voluntad, pero la influencia de la impulsividad en estos actos plantea desafíos tanto en el ámbito clínico como legal. La impulsividad es común en varios trastornos y a menudo está en la raíz de conductas ilícitas, por lo que

determinar su influencia en la libre determinación del individuo es crucial para el análisis de la imputabilidad en contextos médico-legales.⁽³²⁾

Discusión

Las neurociencias han irrumpido en el ámbito del derecho con el objetivo de aportar una perspectiva científica que asista a los profesionales de la justicia en la toma de decisiones legales. Esta integración se fundamenta en la premisa de que el cerebro, y más ampliamente el sistema nervioso central, es el origen y modulador de la conducta humana, la cual constituye un objeto de estudio y regulación dentro del derecho.^(12,13) Este enfoque no solo abre nuevas posibilidades para comprender el comportamiento delictivo, sino que también plantea desafíos éticos y legales significativos.

El campo del neuroderecho abarca una amplia gama de cuestiones, desde la detección de mentiras hasta la evaluación de la responsabilidad y el libre albedrío, pasando por el análisis de la imparcialidad judicial y la salud mental de los acusados.^(14,27) La integración de la neurociencia en el contexto jurídico introduce un nuevo nivel de complejidad en la interpretación de la conducta humana y la administración de justicia. Esto obliga a los juristas a reconsiderar sus fundamentos teóricos y operativos, confrontando la seguridad de las antiguas perspectivas con la incertidumbre de los nuevos hallazgos científicos.

Las investigaciones neurocientíficas que cuestionan el libre albedrío tienen un impacto directo en el derecho, especialmente en lo que respecta a la imputabilidad y la culpabilidad. Estas investigaciones sugieren que las decisiones humanas pueden estar más determinadas por procesos neurobiológicos de lo que se había creído tradicionalmente, lo que desafía la noción de responsabilidad penal basada en la elección libre y racional.^(27,29) Este desafío no solo crea un diálogo

interdisciplinario, sino que también genera tensiones, ya que podría llevar a una reformulación de principios jurídicos fundamentales.

La neurociencia no solo ofrece nuevas herramientas para evaluar la conducta, sino que también revela las limitaciones y potenciales sesgos del sistema judicial. Por ejemplo, el uso de técnicas de neuroimagen en los tribunales, aunque prometedor, plantea serias cuestiones éticas sobre la invasión de la privacidad y la interpretación adecuada de los datos neurocientíficos.⁽³¹⁾ Esto pone de relieve la necesidad de un marco ético y regulatorio que guíe la aplicación de estas tecnologías en el ámbito legal, garantizando que se utilicen de manera justa y responsable.

El impacto potencial de las neurociencias en el derecho es amplio y profundo. Como indica la literatura, la posibilidad de que el derecho pierda relevancia en algunas áreas debido a la influencia creciente de la neurociencia es real.^(26,28) Sin embargo, este impacto no debe verse únicamente como una amenaza, sino también como una oportunidad para revisar y mejorar las prácticas jurídicas, alineándolas con una comprensión más avanzada y matizada de la naturaleza humana.

Los neurocientíficos han comenzado a ofrecer evidencias que desafían las bases filosóficas sobre las que se ha sustentado el sistema de imputación penal durante siglos.^(24,26) El derecho, tradicionalmente anclado en la presunción de racionalidad y libre albedrío de los individuos, se enfrenta a la posibilidad de que estas premisas deban ser reevaluadas a la luz de los avances en neurociencia. Este es un momento crítico para el derecho, en el que debe adaptarse a nuevos conocimientos sin perder de vista sus principios fundamentales de justicia y equidad.

En la actualidad, la incorporación de la genética y las neurociencias en los tribunales ha obligado a una revisión de las nociones establecidas sobre la

comisión de delitos y la culpabilidad.⁽²⁹⁾ Esta tendencia sugiere que en el futuro, el derecho podría transformarse de manera significativa, adoptando un enfoque más integrador que considere no solo los actos y las intenciones, sino también las predisposiciones biológicas y psicológicas de los individuos.

En esencia, la relación entre neurociencia y derecho está en un punto de inflexión. Los avances en neurociencia tienen el potencial de redefinir conceptos jurídicos fundamentales y de proporcionar nuevas herramientas para la administración de justicia. Sin embargo, es crucial abordar esta integración con cautela, asegurando que las aplicaciones prácticas de la neurociencia en el derecho estén bien fundamentadas y éticamente justificadas. El futuro de esta línea de investigación dependerá de la capacidad de ambos campos para dialogar y colaborar, construyendo un sistema legal que refleje una comprensión más profunda de la naturaleza humana y sus complejidades.^(32,33)

Los autores consideran que un estudio futuro podría aplicar la neutrosofía a la investigación en neuroderecho, explorando cómo esta lógica de los grados de verdad, falsedad e indeterminación puede enriquecer la comprensión de la imputabilidad y la culpabilidad en casos legales complejos. La neutrosofía, que ha sido utilizada con éxito en áreas como la inteligencia artificial y la toma de decisiones multicriterio, proporciona un marco que permite integrar la incertidumbre y la ambigüedad inherentes a la evaluación del comportamiento humano y su relación con las bases neurobiológicas.⁽³⁴⁻³⁶⁾ Esta metodología podría ofrecer nuevas perspectivas sobre la manera en que los sistemas judiciales evalúan la evidencia neurocientífica, permitiendo un enfoque más matizado y adaptable a las complejidades del comportamiento humano.

Conclusiones

Las neurociencias están desafiando las bases filosóficas y legales tradicionales relacionadas con la culpabilidad y la responsabilidad en el ámbito jurídico. Los avances en la comprensión del cerebro cuestionan la noción de libre albedrío y la capacidad de las personas para controlar sus acciones, lo que podría tener un impacto profundo en la toma de decisiones legales.

El surgimiento del neuroderecho como una disciplina emergente subraya la necesidad de integrar el conocimiento neurocientífico en la práctica jurídica. Esto incluye la evaluación de la veracidad de los testimonios, la determinación de la capacidad de imputabilidad de los acusados y la consideración de factores neurobiológicos en las decisiones judiciales.

A medida que las neurociencias continúan avanzando, es fundamental que el sistema legal evolucione para abordar las implicaciones de estos descubrimientos. Esto puede requerir una revisión y posible reforma de leyes y políticas relacionadas con la culpabilidad, la privación de libertad y la protección de los derechos individuales en casos donde los factores neurobiológicos desempeñen un papel relevante. Adaptarse a estos avances permitirá un sistema de justicia más informado, equitativo y alineado con los conocimientos científicos actuales.

Referencias bibliográficas

1. Riveros L, Carrasco González RA. *Renovar los procesos educativos en la sociedad del conocimiento digital*. 1.a ed. Málaga: ExLibric; 2021.
2. Guillermo JN. *La era del neurotodo. Uso y abuso de las neurociencias*. 1.a ed. Buenos Aires: Miño y Dávila; 2022.
3. Sánchez Vilanova M. *Neuroimputabilidad*. 1.a ed. Valencia: Tirant lo Blanch; 2019.

4. Escudero WS. *Big data: breve manual para conocer la ciencia de datos que ya invadió nuestras vidas*. 1.ª ed. Buenos Aires: Siglo XXI Editores; 2019. p. 83-9.
5. Lledó Yagüe F. *Los nuevos esclavos digitales del siglo XXI y la superación del hombre óptimo: ¿hacia un nuevo derecho robótico?* 1.ª ed. Madrid: Dykinson, SL; 2022.
6. Ienca M, Andorno R. Hacia nuevos derechos humanos en la era de la neurociencia y la neurotecnología. *Análisis filosófico* [Internet]. 2021 [citado 9 de octubre de 2023];41(1):141-86. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-96362021000100141&lng=es&nrm=iso&tlng=es
7. Cuauro JCA. Las Neurociencias y su impacto en el Derecho. El papel del cerebro en el quehacer jurídico. El Neuroderecho. *Rev Mex Med Forense Cienc Salud* [Internet]. 2022 [citado 9 de octubre de 2023];7(1):125-58. Disponible en: <https://doi.org/10.25009/revmedforense.v7i1.2951>
8. Pérez Vega DJ, Espinoza Martínez EA. *Síndrome orbitofrontal y rasgos psicopáticos en personas privadas de la libertad en el centro de rehabilitación social de la Ciudad de Guaranda en el año 2019* [Internet]. 2020 [citado 10 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uti.edu.ec//handle/123456789/1944>
9. Ruiz Guarneros AI. «Neuroprevención»: ¿una alternativa para analizar la reincidencia delictiva? *Rev Mex Cienc Penales*. 2020;3(12):75-89.
10. Dzib Aguilar JP. *Metodología de la valoración neuropsicológica forense*. 1.ª ed. México: Clínica de Justicia Terapéutica Yucatán; 2022.
11. Quintero LÁM, García-López E, Vaca-Cortés J, Franco RC. *Psicología jurídica, criminológica y forense en México: estado del arte*. México; 2022.

12. Oszlak O. *El Estado en la era exponencial* [Internet]. Buenos Aires: Instituto Nacional de Administración Pública; 2020 [citado 10 de octubre de 2023]. Disponible en: <http://repositorio.cedes.org/handle/123456789/4549>
13. Romero E, Vázquez G. *Actualización en Neuropsicología Clínica*. 1.a ed. Buenos Aires: Ediciones GeKa; 2021.
14. Crossman AR, Neary D. *Neuroanatomía*. Texto y atlas en color. 6.a ed. Barcelona: Elsevier; 2019.
15. Portellano Pérez JA. *Introducción a la neuropsicología*. 1.a ed. Madrid: McGraw-Hill; 2005. p. 1-386.
16. Pulido Villalba IC, Arias Suárez CA, Yory Les L. *Agresividad: Una revisión de neuroanatomía y neuroquímica*. Bogotá: Universidad El Bosque; 2021.
17. Pajares Gay C. *Correlatos neurobiológicos de la psicopatía y sus consecuencias en la inimputabilidad penal*. DSpace. 2022.
18. Badillo Alvarado M, Rodríguez Reynoso AC, Trejo García AA, Arana Nando A, Rodríguez Chavolla TM. *La fisiología de la violencia*. 1.a ed. México: Colegio Libre de Estudios Universitarios Campus Ciudad de México 2; 2020.
19. Kandel ER. *La nueva biología de la mente: qué nos dicen los trastornos cerebrales sobre nosotros mismos*. Barcelona: Paidós Ibérica, Ediciones; 2019.
20. Kandel E. *El principio del placer y la libertad de elección: las adicciones. La nueva biología de la mente*. 2019; p. 211.
21. Maldonado P. *¿Por qué tenemos el cerebro en la cabeza?* 1.a ed. Santiago de Chile: Comunicaciones Facultad de Medicina; 2019.
22. Guerrero Espigares A. *Filosofía y educación: el aprehendizaje de la idea de sujeto como factor condicionante en el desarrollo del sufrimiento humano* [Internet]. 2022

[citado 10 de octubre de 2023]. Disponible en:
<https://www.tdx.cat/handle/10803/673980>

23. Ruiz Rodríguez LR. *Metodología de la investigación jurídica: propuestas contemporáneas* [Internet]. 2019 [citado 10 de octubre de 2023]; p. 309-18. Disponible en:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=687991&info=resumen&idioma=SPA>

24. Moreno Ortiz JC. *Tecnología, agencia y transhumanismo*. 1.a ed. Bogotá: Universidad Santo Tomás; 2020. p. 1-137.

25. Anthes E. *La arquitectura interior*. 1.a ed. Barcelona: Arquitecturas; 2022. p. 1-304.

26. Da Nóbrega Souza J. *TDAH y sistema de justicia penal: un estudio desde la perspectiva del neuroderecho* [Internet]. Murcia: Universidad de Murcia; 2023 [citado 10 de octubre de 2023]. Disponible en:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=317644&info=resumen&idioma=ENG>

27. Fernández Sucapuca JL. *Neurociencias–determinación de la voluntad–en el análisis de la culpabilidad penal y la aplicación de la pena en el proceso penal peruano– Distrito Judicial de Tacna 2017* [tesis]. Tacna: Universidad Privada de Tacna; 2020.

28. Olaya Rendón W. *La prueba neurocientífica: un desafío desde el principio constitucional de la dignidad humana* [tesis]. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada; 2021.

29. Vásquez Espinosa N. *Las neurociencias como herramientas para el análisis de la culpabilidad en el ámbito penal ecuatoriano* [tesis]. 2023.

30. Torres Moro S. *Aplicación de las neurociencias en el sistema penal acusatorio adversarial mexicano* [tesis]. Puebla: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; 2020.
31. Arroyo Rodríguez JJ. *La trascendencia de la implementación de la valoración tasada de pruebas en el procedimiento penal acusatorio en México* [tesis]. Puebla: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; 2020.
32. López Soria Y. *La teoría del delito: revisión crítica del elemento culpabilidad* [tesis]. Buenos Aires: Pontificia Universidad Católica Argentina; 2020.
33. López Martínez MP. Algunos modelos para explicar la violencia y la agresión. *Estud Secur Def.* 2021;16(31):53-74.
34. Centeno Maldonado PA, Puertas Martínez Y, Escobar Valverde GS, Inca Erazo JD. Neutrosophic statistics methods applied to demonstrate the extracontractual liability of the state from the Administrative Organic Code. *Neutrosophic Sets and Systems.* 2019;26(1). Disponible en: https://digitalrepository.unm.edu/nss_journal/vol26/iss1/5
35. Smarandache F, Estupiñán Ricardo J, González Caballero E, Leyva Vázquez MY, Batista Hernández N. Delphi method for evaluating scientific research proposals in a neutrosophic environment. *Neutrosophic Sets and Systems.* 2020;34(1). Disponible en: https://digitalrepository.unm.edu/nss_journal/vol34/iss1/26
36. Martínez-Martínez R, Acurio-Padilla PE, Jami-Carrera JE. Distance of Similarity Measure under Neutrosophic Sets to Assess the Challenges of IoT in Supply Chain and COVID-19. *Int J Neutrosophic Sci.* 2022;18(4):313-322.
37. Fernández DMM, Hidalgo MLM, Arias YMA, Moreno TME. Procedimiento para la dirección investigativa estudiantil en la Facultad de Educación de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Rusia [Internet]. 2021 [consultado el 19 de julio del

2024];13(1):283–91.

Disponible

en:

<https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/1923>