



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

ICADE

CIHS

**FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS Y
SOCIALES**

**Análisis neurobiológico de los trastornos mentales
mediante técnicas de neuroimagen y su impacto en la
inimputabilidad**

Autor/a: Paola González García

Director/a: María Victoria Montes Gan

Madrid

2024/2025

1. Introducción

1.1. Justificación teórica

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo principal

1.2.2. Objetivos específicos

1.3. Metodología

2. Marco teórico

2.1. Trastornos mentales y su impacto en la conducta criminal

2.1.1. Definición y clasificación de los trastornos mentales

2.1.2. Principales trastornos mentales asociados a conductas delictivas

2.2. Evolución histórica de los estudios neurobiológicos y la criminología

2.3. Neurobiología de los trastornos mentales

2.4. Concepto de inimputabilidad en el contexto penal

3. Técnicas de neuroimagen aplicadas al estudio de los trastornos mentales

3.1. Introducción a las técnicas de neuroimagen

3.2. Técnicas estructurales y funcionales

4. Hallazgos neurobiológicos en trastornos mentales específicos mediante técnicas de neuroimagen

4.1. Neuroimagen en la esquizofrenia

4.2. Neuroimagen en el trastorno de personalidad antisocial

4.3. Neuroimagen en el trastorno límite de la personalidad

4.4. Neuroimagen en la psicopatía

4.5. Neuroimagen en otros trastornos mentales

4.6. Comparación de los hallazgos neurobiológicos entre diferentes trastornos

5. El concepto de inimputabilidad desde un enfoque neurobiológico y criminológico

5.1. Neuroimagen como herramienta en la evaluación de la inimputabilidad. El uso de neuroimagen en procesos judiciales

5.2. Ejemplos de casos relevantes en la práctica judicial

6. Discusión

6.1. Fiabilidad de las técnicas de neuroimagen en el ámbito judicial

6.2. Impacto de la neuroimagen en la sentencia penal

6.3. Implicaciones éticas del uso de neuroimagen en la justicia penal

7. Conclusiones

7.1. Principales hallazgos

7.2. Ventajas y desafíos del uso de neuroimagen en la criminología

7.3. El futuro de la neurociencia en la justicia penal

8. Bibliografía

Introducción

Justificación teórica

Los trastornos mentales han sido objeto de interés durante muchos años en diversas disciplinas, como la psiquiatría, la neurociencia y la psicología. Históricamente, la comprensión de estos trastornos estaba basada en observaciones clínicas y distintas teorías psicológicas. Sin embargo, en los últimos años, el avance de las técnicas de neuroimagen ha permitido visualizar tanto la estructura como el funcionamiento del cerebro, facilitando el estudio en profundidad de las bases neurobiológicas de diferentes trastornos, como la esquizofrenia o el trastorno de personalidad antisocial, entre otros.

La neurociencia como disciplina se ha desarrollado principalmente en los dos últimos siglos, evolucionando desde las primeras teorías centradas en la localización de las funciones cerebrales hasta una comprensión más detallada de los circuitos neuronales. Algunas de las técnicas más relevantes en este campo son la resonancia magnética funcional (fMRI), que permite observar la actividad cerebral en tiempo real y detectar las posibles alteraciones en la conectividad neuronal; la imagen de tensor de difusión (DTI) que mide la sustancia blanca en el cerebro; la tomografía por emisión de positrones (PET) que mide el metabolismo cerebral detectando el consumo de glucosa; la resonancia magnética (RM), que permite observar la estructura cerebral y detectar anomalías físicas; y la magnetoencefalografía (MEG) que mide los campos magnéticos generados por la actividad eléctrica de las neuronas, proporcionando información de alta resolución temporal sobre los procesos cerebrales.

En relación con los trastornos mentales y sus bases neurobiológicas, la esquizofrenia se ha asociado con disfunciones en la conexión entre distintas regiones cerebrales, especialmente en el córtex prefrontal, las estructuras temporolímbicas y los ganglios basales, considerándose la esquizofrenia como una enfermedad fronto-temporolímbica. Asimismo, los síntomas negativos de la esquizofrenia se asemejan a las alteraciones cognitivas provocadas por lesiones en el córtex prefrontal; además, déficits neuropsicológicos como el déficit de atención y problemas relacionados con la memoria de trabajo están también ligados a las funciones del lóbulo frontal (Parellada & Bernardo, 2001).

Por otro lado, el trastorno de personalidad antisocial se asocia con alteraciones neurobiológicas que afectan a la conducta agresiva y el control de impulsos. Las

principales estructuras implicadas son la amígdala y el hipotálamo, que regulan la agresión, así como la corteza prefrontal. Las personas con trastornos de personalidad antisocial presentan hiperactividad del Sistema de Activación Comportamental y baja actividad del Sistema de Inhibición Comportamental, lo que contribuye a la búsqueda de sensaciones, baja reactividad emocional y dificultad para aprender de los castigos. Además, el sistema límbico muestra una disminución en la actividad en regiones como la amígdala, el hipocampo, el giro parahipocampal y el estriado ventral, lo que afecta el control emocional y la impulsividad (Garzón & Sánchez, 2007).

Junto a estos avances, el uso de estas técnicas también ha cobrado especial importancia en el ámbito judicial, generando nuevos debates sobre la inimputabilidad de las personas que padecen estos trastornos y sobre cómo las alteraciones cerebrales pueden influir en la capacidad tanto cognitiva como volitiva de los sujetos. En el sistema judicial estadounidense, las técnicas de neuroimagen han comenzado a desempeñar un papel relevante, especialmente en la fase de sentencia de casos penales graves, como los que implican la pena de muerte. Estas pruebas permiten identificar anomalías cerebrales que pueden mitigar la responsabilidad penal de los acusados. Aunque su uso sigue siendo limitado en otras fases del proceso, su impacto en la discusión sobre la inimputabilidad continúa creciendo (Sánchez, 2020).

El Código Penal español no ofrece una definición explícita de la inimputabilidad, pero podría definirse como la incapacidad de una persona para comprender la naturaleza de sus actos o para actuar de acuerdo con esa comprensión. El artículo 20 del Código Penal establece las circunstancias en las que la persona estaría exentos de responsabilidad, estas a su vez pueden dar lugar a eximentes completas o incompletas de la responsabilidad penal.

Objetivos del trabajo

Objetivo principal

Este Trabajo de Fin de Grado tiene como objetivo principal analizar cómo el uso de técnicas de neuroimagen contribuye a la comprensión neurobiológica de los trastornos mentales, así como analizar su impacto en la determinación de la responsabilidad penal y la inimputabilidad en el ámbito criminológico y legal.

Objetivos específicos

El presente trabajo tiene como objetivos específicos la descripción del estado actual del conocimiento neurobiológico sobre los trastornos mentales, destacando las áreas del cerebro más afectadas; el examen del impacto de estas alteraciones en la capacidad volitiva y cognitiva de los individuos; la revisión de las principales técnicas de neuroimagen utilizadas en el estudio de los trastornos mentales; el estudio de los hallazgos neurobiológicos en distintos trastornos mentales a través de estudios de neuroimagen; el análisis de la relación entre las alteraciones neurobiológicas y las conductas criminales en personas con trastornos mentales, la valoración de la inimputabilidad; y la valoración de la fiabilidad y las limitaciones de las técnicas de neuroimagen como prueba científica en la evaluación de la capacidad cognitiva y volitiva en personas con trastornos mentales en el contexto legal.

Metodología

El presente trabajo de fin de grado se ha desarrollado a partir de la revisión de la literatura científica existente.

La principal fuente de datos para la elaboración de este TFG ha sido la consulta de artículos de investigación publicados en revistas científicas especializadas entre otras ramas, en neurociencia, psiquiatría y criminología. La búsqueda de artículos se ha realizado a través de bases de datos académicas como PubMed, Scopus, Google Scholar, y Dialnet. No se han establecido límites temporales en la búsqueda.

Marco teórico

Trastornos mentales y su impacto en la conducta criminal

Definición y clasificación de los trastornos mentales

La clasificación de los trastornos mentales es fundamental para el diagnóstico, tratamiento y comprensión de las patologías psicológicas. Se realiza mediante dos sistemas principales: la Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE) y el Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales (DSM). La CIE, como indica Solé Arrondo (2002), ofrece un enfoque multidimensional que considera tanto los síntomas

como el contexto sociocultural del paciente, permitiendo su aplicación en diferentes entornos. Por su parte, el DSM-5, según Sandín (2013), introduce modificaciones para lograr una mayor precisión en el diagnóstico, enfocándose en los síntomas y su impacto en el funcionamiento del individuo.

Sin embargo, como mencionan Reed y Ayuso-Mateos (2011), ambos sistemas de clasificación tienen importantes limitaciones, especialmente en términos de validez clínica. Aunque estos sistemas han mejorado la identificación de trastornos mentales, aún no reflejan adecuadamente la complejidad de la práctica clínica. Esto se debe a que los diagnósticos a menudo son imprecisos o "no especificados", y muchos pacientes cumplen los criterios para múltiples trastornos, lo que sugiere que los sistemas no capturan todas las facetas de una misma condición. Esto dificulta la selección de tratamientos adecuados y limita la utilidad clínica de estas clasificaciones.

Principales trastornos mentales asociados a conductas delictivas

La relación entre los trastornos mentales y la conducta delictiva ha sido ampliamente documentada, especialmente en el ámbito penitenciario, donde la prevalencia de estas patologías es mayor en comparación con la población general. Entre los trastornos más asociados a la comisión de delitos se encuentran el Trastorno Límite de la Personalidad (TLP), el Trastorno Antisocial de la Personalidad (TAP), la psicopatía, los trastornos psicóticos, el trastorno bipolar y los trastornos relacionados con el consumo de sustancias (Astudillo González y Fajardo Delgado, 2023; Martínez Díaz et al., 2001).

Aunque el TAP y la psicopatía suelen usarse indistintamente, es importante señalar que no son sinónimos. Ambos comparten rasgos como el desprecio por las normas sociales y la tendencia a la manipulación, pero tienen diferencias clave que afectan a la manera en que se manifiestan (Martínez Díaz et al., 2001).

El Trastorno Antisocial de la Personalidad (TAP), definido en el *DSM-5*, se caracteriza por un patrón persistente de violación de los derechos de los demás, manipulación, impulsividad, irresponsabilidad y una falta general de remordimiento. Las personas que padecen este trastorno muestran una propensión significativa a la violencia, el fraude y otros delitos graves, debido a su desprecio por las normas sociales y su tendencia a manipular a los demás. Además, su baja sensibilidad al castigo y la falta de empatía incrementan su riesgo de reincidencia delictiva. Estos individuos tienden a involucrarse en conductas delictivas que buscan gratificación inmediata o la evasión de consecuencias,

actuando de manera impulsiva sin una planificación a largo plazo, y sin introspección sobre el impacto de sus acciones (Astudillo González y Fajardo Delgado, 2023).

La psicopatía incluye elementos del TAP, pero con particularidades marcadas. Mientras que todas las personas psicópatas tienen rasgos antisociales, no todas las personas con TAP son psicópatas. Los psicópatas suelen ser más fríos, calculadores y carentes de empatía, pero a diferencia de aquellos con TAP, tienden a ser más metódicos en su comportamiento delictivo. Pueden planificar sus crímenes con detalle y a menudo logran evadir la justicia durante largos periodos. Además, muestran una capacidad de manipulación más sofisticada, haciéndose pasar por individuos funcionales en la sociedad. La psicopatía incluye factores emocionales y afectivos, como la ausencia de culpa, la incapacidad de tener vínculos afectivos y un encanto superficial, aspectos que no están necesariamente presentes en el TAP (Astudillo González y Fajardo Delgado, 2023).

El Trastorno Límite de la Personalidad (TLP) se caracteriza por una marcada impulsividad, dificultades en la regulación emocional y episodios de ira intensa. Estas características pueden desembocar en conductas delictivas, particularmente en situaciones de alta tensión emocional. Los individuos con TLP suelen tener dificultades para controlar sus impulsos, lo que puede llevar a la violencia u otras conductas delictivas relacionadas con la inestabilidad emocional. Además, se ha encontrado una fuerte comorbilidad con el abuso de sustancias, lo que intensifica el riesgo delictivo (Zabala Baños, 2016).

Los trastornos psicóticos, como la esquizofrenia, están asociados a una percepción distorsionada de la realidad que puede llevar a conductas violentas, especialmente cuando los individuos experimentan síntomas psicóticos positivos como delirios o alucinaciones. Aunque no todos los pacientes con esquizofrenia son violentos, existe una mayor probabilidad de que se cometan actos delictivos si se presentan síntomas psicóticos, particularmente cuando se combinan con el consumo de sustancias (Astudillo González y Fajardo Delgado, 2023).

Durante los episodios maníacos, las personas con trastorno bipolar pueden comportarse de forma impulsiva y asumir riesgos excesivos. En estos episodios, los individuos pueden involucrarse en conductas delictivas como agresiones o robos, debido a la

sobreestimación de sus capacidades y la falta de percepción de las consecuencias de sus actos (Astudillo González y Fajardo Delgado, 2023).

El abuso de sustancias está estrechamente vinculado a la delincuencia, tanto por la naturaleza adictiva de las drogas, que puede impulsar a las personas a cometer delitos para obtenerlas, como por los efectos que estas sustancias tienen en el comportamiento. El consumo de drogas suele intensificar los problemas de control de impulsos y generar conductas violentas. En el contexto penitenciario, este tipo de trastornos es uno de los más prevalentes, y su asociación con la reincidencia es particularmente elevada (Astudillo González y Fajardo Delgado, 2023).

Otros trastornos como el TDAH también se han asociado con un aumento de conductas delictivas en adolescentes, tanto en contextos latinoamericanos como españoles. Según Alarcón et al. (2023), los adolescentes con TDAH suelen presentar dificultades en el control de impulsos y en la regulación emocional, lo que puede llevar a comportamientos disruptivos y a la implicación en delitos. Los síntomas como la hiperactividad e impulsividad, combinados con problemas de atención, pueden aumentar el riesgo de involucrarse en actividades delictivas.

Evolución histórica de los estudios neurobiológicos y la criminología

La relación entre la neurobiología y la criminología ha sido estudiada durante varias décadas, con distintos enfoques para comprender la conducta delictiva, desde modelos clínicos hasta el uso de neuroimagen avanzada. En el siglo XIX, Cesare Lombroso propuso teorías sobre la fisonomía criminal, sugiriendo que ciertos rasgos físicos heredados indicaban predisposición a la criminalidad (Lombroso, 1876), aunque sus ideas fueron desacreditadas por su falta de rigor científico y su enfoque determinista.

En el siglo XX, los avances en el estudio del cerebro y el comportamiento impulsaron investigaciones centradas en los mecanismos neurales que explican la conducta. Se integraron diversas áreas de conocimientos, facilitando la comprensión de trastornos mentales y emocionales relacionados con comportamientos antisociales (Chamizo Molero y Rivera Urbina, 2012). En las últimas décadas, la neuroimagen ha permitido estudios más precisos, identificando regiones cerebrales claves para la toma de decisiones, el control del comportamiento y la regulación emocional. Las alteraciones en

estas áreas pueden provocar impulsividad y problemas en el procesamiento emocional (Gao et al., 2009). Además, se ha observado una conexión entre la activación de estas regiones y la toma de decisiones éticas (Greene et al., 2001).

Neurobiología de los trastornos mentales

Investigaciones recientes han demostrado que ciertas estructuras cerebrales, cada una con funciones específicas, están involucradas en la manifestación de comportamientos antisociales, y que cualquier alteración en estas áreas puede incrementar el riesgo de presentar estas conductas. Entre las zonas afectadas, destacan la corteza prefrontal y diversas estructuras límbicas (García López, 2022).

Una de las principales estructuras involucradas es la amígdala, que forma parte del sistema límbico, encargado de regular las emociones. La amígdala juega un papel crucial en la respuesta emocional, especialmente frente a estímulos amenazantes. Los estudios de neuroimagen han mostrado que esta estructura se activa ante estímulos que connotan peligro, como las expresiones faciales de miedo (Ortega Rodríguez, 2021).

Otras estructuras del sistema límbico que desempeñan un papel relevante en el comportamiento son el cíngulo anterior, cuya alteración puede dificultar la inhibición de respuestas antisociales y la gestión de situaciones conflictivas; el cíngulo posterior cuya alteración se ha asociado con dificultades en la toma de decisiones morales, lo que puede llevar al incumplimiento de normas sociales y a un bajo locus de control interno en contextos que impliquen consecuencias negativas para el individuo; y el hipocampo que al estar alterado o dañado, puede impedir que el individuo reconozca conductas que han sido previamente castigadas (García López, 2022).

El lóbulo frontal, específicamente la corteza prefrontal, tiene un papel central en la regulación de la conducta, la toma de decisiones y el control de impulsos. La corteza prefrontal se divide en varias áreas que desempeñan funciones críticas:

Corteza ventromedial: Esta área, situada justo encima de los ojos, es responsable de la percepción del miedo, la evaluación del riesgo, la toma de decisiones y el autocontrol. Su correcta función es esencial para el control de los impulsos y la toma de decisiones. Lesiones en esta región pueden provocar una disminución en la empatía, una toma de decisiones alterada y un incremento de conductas antisociales (Ortega Rodríguez, 2021).

Corteza dorsolateral: Responsable de funciones ejecutivas como la planificación, la resolución de problemas y el control cognitivo. La disfunción en esta área puede estar relacionada con comportamientos impulsivos y violentos, además de la continuación en la conducta, aunque se haya castigado por ella (García López, 2022; Ortega Rodríguez, 2021).

Corteza orbitofrontal: Esta área del cerebro está implicada en evaluar lo que es apropiado o no, así como en la incorporación de valores de figuras externas (Ortega Rodríguez, 2021). Su papel es fundamental en la regulación de la conducta (García López, 2022).

La interacción entre el sistema límbico y la corteza prefrontal es fundamental para la regulación emocional. Mientras la amígdala genera respuestas rápidas a los estímulos emocionales, la corteza prefrontal ayuda a moderar e inhibir estos impulsos. Una alteración en estas áreas incrementa la probabilidad de conductas agresivas (García López, 2022).

Concepto de inimputabilidad en el contexto penal

La inimputabilidad es un término jurídico que se refiere a la incapacidad de una persona para ser considerada penalmente responsable de sus acciones debido a diferentes factores que afectan gravemente sus facultades cognitivas (capacidad para entender sus actos) o volitivas (capacidad para actuar en consecuencia a esa comprensión). Es decir, se aplica a aquellos casos en los que, por un trastorno mental grave o una alteración profunda de la conciencia, la persona no puede comprender la ilegalidad de sus acciones o no es capaz de actuar conforme a esa comprensión (Hernández Arguedas, 2015).

En el ordenamiento jurídico español, al igual que en la mayoría de los sistemas penales europeos, no existe una definición directa de imputabilidad. En su lugar, se infiere de manera negativa, a través de las causas que la excluyen, tal como lo recoge el artículo 20 del Código Penal (CP). Este artículo especifica las situaciones en las que un individuo puede ser eximido de responsabilidad penal debido a factores que alteran gravemente su capacidad para comprender o ajustar su conducta a dicha comprensión. Las principales causas de exención relacionadas con la inimputabilidad son la anomalía o alteración psíquica, el estado de intoxicación plena y las alteraciones en la percepción de la realidad desde el nacimiento o infancia.

Anomalía o alteración psíquica (artículo 20.1 del CP): El Código Penal indica que no serán penalmente responsables aquellos que, al momento de cometer el delito, sufran una anomalía o alteración psíquica que les impida comprender la ilicitud de sus actos o actuar conforme a esa comprensión. Esta categoría abarca un amplio espectro de trastornos mentales, como la esquizofrenia, los trastornos bipolares o las psicosis severas. Cabe señalar que no todos los trastornos mentales son suficientes para eximir de responsabilidad penal; estos deben tener un impacto significativo en las capacidades cognitivas y volitivas del individuo.

Estado de intoxicación plena (artículo 20.2 del CP): También estarán exentos de responsabilidad aquellos que, en el momento de cometer el delito, se encuentren en un estado de intoxicación total por el consumo de alcohol, drogas, estupefacientes, psicotrópicos u otras sustancias con efectos similares, o bajo los efectos de un síndrome de abstinencia severo. Esta eximente reconoce que, bajo los efectos de ciertas sustancias, la capacidad del individuo para entender o controlar sus actos puede verse gravemente afectada.

Alteraciones en la percepción de la realidad desde el nacimiento o la infancia (artículo 20.3 del CP): Esta eximente incluye a aquellos que, debido a alteraciones sensoriales graves desde su nacimiento o desde la infancia, tienen una percepción distorsionada de la realidad que les impide comprender plenamente la naturaleza de sus actos. Estos casos suelen estar asociados con discapacidades intelectuales severas o condiciones como el autismo.

Las circunstancias descritas en el artículo 20 pueden dar lugar a dos tipos de eximentes: completas o incompletas. Las eximentes completas implican la eliminación total de la responsabilidad penal, mientras que las eximentes incompletas pueden reducir la pena sin eliminarla por completo, cuando la alteración psíquica no era lo suficientemente grave como para anular por completo el juicio del individuo (Hernández Arguedas, 2015).

Para evaluar si una persona es inimputable, se utilizan diferentes enfoques. Las fórmulas biológicas se centran en la existencia de un diagnóstico médico de trastorno mental, mientras que las fórmulas psicológicas se enfocan en cómo ese trastorno afecta el comportamiento delictivo. La fórmula mixta, que es la más empleada, combina ambos criterios para proporcionar una evaluación más completa de cómo el trastorno mental

influye en la capacidad del sujeto en relación con el acto delictivo (Sánchez Vilanova, 2017).

La base legal de la inimputabilidad en el sistema penal español se apoya en la idea de que una persona que no puede comprender o controlar sus actos debido a un trastorno mental grave no puede ser considerada totalmente responsable de ellos.

Técnicas de neuroimagen en el estudio de los trastornos mentales

Introducción a las técnicas de neuroimagen

El desarrollo de las técnicas de neuroimagen tiene sus orígenes en el descubrimiento de los rayos X por Wilhelm Conrad Röntgen en 1895, que permitió observar el interior del cuerpo sin las intervenciones invasivas que se hacían en el momento como la lobotomía. Durante los siglos XIX y XX, la radiología avanzó con la introducción de la fluoroscopia y el uso de sustancias de contraste, que permitieron la creación de la Tomografía Axial Computarizada (TAC) en los años 70. Este método marcó un hito al poder obtener imágenes del cerebro y diagnosticar patologías neurológicas como tumores y hemorragias con mayor precisión (Parra-Bolaños, 2015).

En las décadas posteriores, surgieron técnicas como la Tomografía por Emisión de Positrones (TEP) y la Resonancia Magnética Funcional (RMf), que permitieron estudiar no solo la estructura cerebral, sino también su actividad durante tareas cognitivas. Por su parte, herramientas como la Resonancia Magnética Nuclear (RMN) que destacaron por la visualización de tejidos blandos como la sustancia gris y la sustancia blanca del cerebro, la Magnetoencefalografía (MEG) y la técnica del Electroencefalograma (EEG) se consolidaron en el estudio de la actividad eléctrica cerebral, con aplicaciones en diagnósticos clínicos e investigación (Parra-Bolaños, 2015).

Las técnicas de neuroimagen han sido esenciales para comprender las bases neurobiológicas de trastornos como la esquizofrenia, la depresión, los trastornos de ansiedad y las demencias. Estas herramientas han permitido identificar disfunciones cerebrales de manera no invasiva, mejorando el diagnóstico y el abordaje terapéutico.

En la esquizofrenia, la TEP y la RMf han permitido identificar alteraciones en la actividad de la corteza prefrontal y el hipocampo, contribuyendo al desarrollo de biomarcadores útiles para el diagnóstico y seguimiento (Crespo Facorro, 2011). En la depresión, estas

técnicas han mostrado patrones anómalos en áreas como la amígdala y la corteza cingulada anterior, lo que ha permitido diseñar terapias dirigidas a corregir los desequilibrios observados en el cerebro (Parra-Bolaños, 2015).

En el caso del Alzheimer, el EEG y la RMf han detectado signos de atrofia cortical y disfunción neuronal en fases tempranas de la enfermedad, facilitando la intervención oportuna con tratamientos como los inhibidores de colinesterasa. Además, estas herramientas permiten monitorear la eficacia de intervenciones terapéuticas, permitiendo evaluar la mejora en el rendimiento cognitivo de los pacientes (Parra-Bolaños, 2015).

Técnicas estructurales y funcionales

Entre las técnicas estructurales destacan la Tomografía Axial Computarizada (TAC), que utiliza rayos X para crear imágenes tridimensionales del cerebro a partir de cortes transversales, facilitando la observación de los tejidos en alta resolución. La Resonancia Magnética (RM) es una técnica no invasiva que utiliza campos magnéticos y ondas de radio para crear imágenes detalladas de estructuras internas como la sustancia blanca y gris, siendo especialmente útil para detectar alteraciones en tejidos blandos. La Imagen por Tensor de Difusión (DTI) es una variante de la RM que permite visualizar la dirección y la integridad de las fibras de sustancia blanca, es fundamental para estudiar la conectividad cerebral y ha demostrado ser útil en la investigación de la esquizofrenia y otras patologías neurodegenerativas. La angiografía, por su parte, es una técnica que utiliza un medio de contraste radiopaco para visualizar la estructura de los vasos sanguíneos (Cuevas-Esteban et al., 2011; Parra-Bolaños, 2015; y Salvatierra, 2021).

Entre las técnicas funcionales destacan la Tomografía por Emisión de Positrones (PET), que utiliza un radiomarcador para observar el metabolismo cerebral, permitiendo identificar áreas del cerebro con alta actividad metabólica. La Tomografía por Emisión de Fotón Único (SPECT), similar a la PET, pero utiliza rayos gamma, es más accesible y permite evaluar la perfusión cerebral. La Resonancia Magnética Funcional (RMf) mide cambios en el flujo sanguíneo cerebral asociados a la actividad neuronal, es usada para investigar las funciones cerebrales relacionadas con tareas cognitivas y en el estudio de enfermedades como la esquizofrenia. La magnetoencefalografía (MEG) es una técnica no invasiva que registra los campos magnéticos generados por la actividad eléctrica del

cerebro, ofrece una alta resolución temporal y espacial, y no genera interferencias significativas. Finalmente, la Espectroscopia por Resonancia Magnética (ERM) es una técnica derivada de la RM que permite cuantificar la concentración de metabolitos en el tejido cerebral, proporcionando datos sobre el metabolismo cerebral para el diagnóstico diferencial de enfermedades del sistema nervioso central. El Electroencefalograma (EEG), aunque no es una técnica de neuroimagen, registra la actividad eléctrica cerebral mediante electrodos colocados en el cuero cabelludo y es esencial para el estudio de la epilepsia y otras alteraciones de la actividad eléctrica cerebral (Cuevas-Esteban et al., 2011; Parra-Bolaños, 2015; Salvatierra, 2021; y Maestú, 1999).

Hallazgos neurobiológicos mediante técnicas de neuroimagen en trastornos mentales específicos

Sánchez Vilanova, M. (2017). *¿Neuroimputabilidad? Una mirada interdisciplinar a la responsabilidad y tratamiento jurídico-penal de los trastornos de la personalidad desde los avances de la neurociencia*. Universidad de Valencia. Tesis.

García López, E. (2022). *Psicopatología forense: Comportamiento humano y tribunales de justicia*. Editorial El Manual Moderno.

Página web

Libro Andrea

4.1. Neuroimagen en la esquizofrenia

F. Ortuño, C. Soutullo, J. Pla, P. Molero, I. Landecho, M. Rapado (2005). Avances de la investigación biológica en la esquizofrenia: aportaciones de neuroimagen funcional Universidad de Navarra 49(2), 16-23

Cuevas-Esteban J, Campayo A, Gutiérrez-Galve L, Gracia-García P, López-Antón R. (2011). Fundamentos y hallazgos de la neuroimagen en la esquizofrenia: una actualización. Rev Neurol 2011; 52: 27-36

Parellada, E., & Bernardo, M. (2001). Lóbulo frontal y esquizofrenia. Psiquiatria.com. <http://psiqu.com/2-1095>

Saiz Ruiz, J., De la Vega Sánchez, D. C., & Sánchez Páez, P. (2010). Bases neurobiológicas de la Esquizofrenia. *Clínica y Salud*, 21(3), 235-254. <https://doi.org/10.5093/cl2010v21n3a3>

Crespo Facorro, B. Conociendo el cerebro, avanzando en la curación de las enfermedades mentales.

4.2. Neuroimagen en el trastorno de personalidad antisocial

Garzón, Á. M., & Sánchez, J. A. (2007). Personalidad antisocial. Factores neurobiológicos del trastorno. *Revista Psicología Científica.com*, 9(19). <https://psicolcient.me/vc0o8>

Sánchez Vilanova, M. (2017). ¿Neuroimputabilidad? Una mirada interdisciplinar a la responsabilidad y tratamiento jurídico-penal de los trastornos de la personalidad desde los avances de la neurociencia. Universidad de Valencia. Tesis.

4.3. Neuroimagen en el trastorno límite de la personalidad

Sánchez Vilanova, M. (2017). ¿Neuroimputabilidad? Una mirada interdisciplinar a la responsabilidad y tratamiento jurídico-penal de los trastornos de la personalidad desde los avances de la neurociencia. Universidad de Valencia. Tesis.

4.4. Neuroimagen en la psicopatía

Harbottle Quirós, F. (2019). Psicopatía y capacidad de culpabilidad: un acercamiento al debate actual. *Revista medicina legal de costa rica* vol. 36 (1) marzo 2019

Lynch, A. J., & Perlin, M. L. (2021). "I See What Is Right and Approve, but I Do What Is Wrong": Psychopathy and Punishment in the Context of Racial Bias in the Age of Neuroimaging. *Lewis & Clark L. Rev.*, 25, 453.

Lara, F. (2021). Biomejora moral de delincuentes psicópatas. : Tecnologías y aspectos éticos = Moral Bioenhancement of Psychopathic Offenders.: Technological and Ethical Aspects. *Política Criminal: Revista Electrónica Semestral de Políticas Públicas En Materias Penales*, 16(31), 14. <https://doi.org/10.4067/s0718-33992021000100381>

4.5. Neuroimagen en otros trastornos mentales

Consumo de sustancias

García García, C.A., Carbajosa Fernández, M.E., Andrés Moreno, N., Sepúlveda García de la Torre, M.A. (2020). Bases neurobiológicas de la imputabilidad en los trastornos mentales debidos al consumo de sustancias psicotropas. *Interpsíquis*. XXI Congreso Virtual Internacional de Psiquiatría, Psicología y Enfermería en Salud Mental

TOC

Pena-Garijo J, Ruipérez-Rodríguez MA, Barros-Loscertales A. Neurobiología del trastorno obsesivo-compulsivo: aportaciones desde la resonancia magnética funcional (I). *Rev Neurol* 2010; 50: 477-85

TDAH

Proal E, González-Olvera J, Blancas AS, Chalita PJ, Castellanos FX. Neurobiología del autismo y del trastorno por déficit de atención/ hiperactividad mediante técnicas de neuroimagen: divergencias y convergencias. *Rev Neurol* 2013; 57 (Supl 1): S163-75

Afectivos

Autismo

Proal E, González-Olvera J, Blancas AS, Chalita PJ, Castellanos FX. Neurobiología del autismo y del trastorno por déficit de atención/ hiperactividad mediante técnicas de neuroimagen: divergencias y convergencias. *Rev Neurol* 2013; 57 (Supl 1): S163-75

4.6. Comparación de los hallazgos neurobiológicos entre diferentes trastornos (TABLA)

El concepto de inimputabilidad desde un enfoque neurobiológico y criminológico

Pallaro, H.A. Y González-Trijueque, D. (2009). Informe forense: imputabilidad y trastorno antisocial de la personalidad.

Hernández Arguedas, F. (2015) La imputabilidad e inimputabilidad desde el punto de vista médico legal. *Medicina Legal de Costa Rica*, 32(2).

Sánchez Vilanova, M. (2017). ¿Neuroimputabilidad? Una mirada interdisciplinar a la responsabilidad y tratamiento jurídico-penal de los trastornos de la personalidad desde los avances de la neurociencia. Universidad de Valencia. Tesis.

Martínez Díaz, T., López Blanco, F., Díaz Fernández, ML. (2001). Los trastornos de la personalidad en el derecho penal: estudio de casos del tribunal supremo. *Psicopatología Clínica, Legal y Forense*, 1(1), 87-101

Boned Torres, A. (2016). Enfermedades y trastornos mentales que pueden afectar a la imputabilidad.

Amay Zhicay, R. B., & Salazar Chuchuca, T. K. (2021). Inimputabilidad en personas con trastornos mentales.

5.1. Neuroimagen como herramienta en la evaluación de la inimputabilidad. El uso de neuroimagen en procesos judiciales

Sánchez Paez, L.D. (2020). Neurociencia e inimputabilidad en el sistema de justicia penal acusatorio.

Sánchez Vilanova, M. (2020). Primeros pasos de la neuroimagen en el proceso penal estadounidense. *Política Criminal*, 15(29), 230-258. <https://doi.org/10.4067/s0718-33992020000100230>

5.2. Ejemplos de casos relevantes en la práctica judicial

Caso Patrick Nogueira, Cao Pioz

Jiménez, C. (2020). Entre la neurociencia y el derecho penal: breve estudio de las sentencias del crimen de Pioz. *Revista Mexicana de Ciencias Penales*, 3(12), 131-159.

Enlace grupo

Discusión

- 6.1. **Fiabilidad de las técnicas de neuroimagen en el ámbito judicial**
- 6.2. **Impacto de la neuroimagen en la sentencia penal**
- 6.3. **Implicaciones éticas del uso de neuroimagen en la justicia penal**

Conclusiones

- 7.1. **Principales hallazgos**
- 7.2. **Ventajas y desafíos del uso de neuroimagen en la criminología**
- 7.3. **El futuro de la neurociencia en la justicia**

Bibliografía (revisar)

- BOE-A-1995-25444 Ley Orgánica 10/1995, de 23 de noviembre, del Código Penal. (1995, 23 noviembre). <https://www.boe.es/eli/es/lo/1995/11/23/10/con>
- Solé Arrondo, M. E. (2002). La clasificación internacional de los trastornos mentales y del comportamiento. *Revista cubana de psicología*, 19(3).
- Sandín, B. (2013). DSM-5:¿Cambio de paradigma en la clasificación de los trastornos mentales?. *Revista de psicopatología y psicología clínica*, 18(3).
- Reed, G. M., & Ayuso-Mateos, J. L. (2011). Hacia una clasificación Internacional de los Trastornos Mentales de la OMS de mayor utilidad clínica. Revista de psiquiatría y salud mental, 4(3), 113-116.*
- Lombroso, C. (1876). *L'uomo delinquente*. Milan: Hoepli.
- Gao, Y., Glenn, A.L., Schug, R.A., Yang, Y. y Raine, A.R. (2009). The Neurobiology of Psychopathy: A Neurodevelopmental Perspective. *Can. J. Psychiatry*, 54 (12), 815.
- Greene, J.D., Sommerville, R.B., Nystrom, L.E., Darley, J.M. y Cohen, J.D. (2001). An fMRI investigation of emotional engagement in moral judgment. *Science*, 293(5537), 2105–2108; Moll, J., de Oliveira-Souza, R., Eslinger, P.J., Bramati, I.E., Mourao-Miranda, J., Andreiuolo, P.A. et al. (2002). The neural correlates of moral sensitivity: a

functional magnetic resonance imaging investigation of basic and moral emotions. *J. Neurosci.*, 22(7), 2730–2736.

Chamizo Molero, A. & Rivera Urbina, G. N. (2012). Cerebro y Comportamiento: Una Revisión. *Revista Argentina De Ciencias Del Comportamiento*, 4(2), 75-89. <https://doi.org/10.32348/1852.4206.v4.n2.5175>

Ortega Rodríguez, M. A. (2021). Neurociencias y Conducta Violenta. *Revista de Análisis Transaccional*.

García López, E. (2022). *Psicopatología forense: Comportamiento humano y tribunales de justicia*. Editorial El Manual Moderno.

Zabala Baños, M. C. (2016). *Prevalencia de trastornos mentales en prisión: análisis de la relación con delitos y reincidencia*. <https://hdl.handle.net/20.500.14352/26808>

Martínez Díaz, T., López Blanco, F., Díaz Fernández, ML. (2001). *Los trastornos de la personalidad en el derecho penal: estudio de casos del tribunal supremo*. *Psicopatología Clínica, Legal y Forense*, 1(1), 87-101

Alarcón, J. S., Téllez Alanís, B., & Rivera Ramírez, E. (2023). El TDAH asociado a conductas delictivas en adolescentes latinoamericanos y españoles: revisión del estado del arte: El TDAH y delincuencia en adolescentes. *Neuropsicología Latinoamericana*, 15(1), 45–55. Recuperado a partir de https://www.neuropsicolatina.org/index.php/Neuropsicologia_Latinoamericana/article/view/785

Astudillo González, M., & Fajardo Delgado, C. (2023). Perfil psicológico criminal y prevalencia de los trastornos mentales asociados a los asesinos seriales.

Hernández Arguedas, F. (2015) La imputabilidad e inimputabilidad desde el punto de vista médico legal. *Medicina Legal de Costa Rica*, 32(2).

Sánchez Vilanova, M. (2017). *¿Neuroimputabilidad? Una mirada interdisciplinar a la responsabilidad y tratamiento jurídico-penal de los trastornos de la personalidad desde los avances de la neurociencia*. Universidad de Valencia. Tesis.

Parra-Bolaños, N. (2015). Impacto de las técnicas de neuroimagen en las ciencias sociales. *Revista chilena de neuropsicología*, 10(1), 31-37.

Crespo Facorro, B. (2011). Conociendo el cerebro, avanzando en la curación de las enfermedades mentales.

Cuevas-Esteban J, Campayo A, Gutiérrez-Galve L, Gracia-García P, López-Antón R. (2011). Fundamentos y hallazgos de la neuroimagen en la esquizofrenia: una actualización. *Revista Neurol* 2011; 52: 27-36

Salvatierra, A. (2021). Nociones básicas en técnicas de Neuroimagen y Electroencefalograma. *Neurama*, 8(1), 25-37.

Parra-Bolaños, N. (2015). Impacto de las técnicas de neuroimagen en las ciencias sociales. *Revista chilena de neuropsicología*, 10(1), 31-37.

Maestú, C., Gómez-Utrero, E., Piñeiro, R., & Sola, R. G. (1999). Magnetoencefalografía: una nueva técnica de diagnóstico funcional en neurociencia. *Rev Neurol*, 28(11), 1077-1090.