



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

ICADE

CIHS

**FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS Y
SOCIALES**

**Aportación de la neurociencia a la predicción de la
conducta violenta**

Autor/a: Beatriz de Silva Coronado González

Director/a: Victoria Montes Gan

Madrid

2020/2021

ÍNDICE

Introducción.....	4
Material y Métodos.....	5
Introducción a la Predicción de Violencia	5
Concepto de Violencia	6
Métodos Tradicionales De Predicción De La Violencia	8
La Neurociencia en el Ámbito de la Predicción de la Conducta Violenta	10
La Neurobiología de la Violencia	10
<i>Estructuras cerebrales.....</i>	<i>11</i>
<i>Genética</i>	<i>13</i>
<i>Neuroquímica</i>	<i>15</i>
La Neuropredicción de la Conducta Violenta	16
La Neuropredicción en el Proceso Penal: Limitaciones y Retos	19
Conclusiones	22
Referencias Bibliográficas.....	24

RESUMEN

La investigación neurocientífica sobre la relación entre la neurobiología y el comportamiento violento ha avanzado de manera exponencial en los últimos años. Cada vez hay más estudios que valoran la introducción de resultados de pruebas neurológicas en ámbitos forenses y judiciales. El objetivo del presente trabajo consiste en analizar qué aporta la neurociencia frente a los métodos de predicción utilizados tradicionalmente. Para ello, en primer lugar, se ofrece una introducción acerca de la predicción de la violencia y qué métodos se han empleado hasta el momento; en segundo lugar, se explican cuáles son los correlatos biológicos de la violencia más estudiados y comprobados; en tercer lugar, se ofrece una revisión de diferentes casos en los que marcadores biológicos han sido utilizados para predecir comportamientos violentos; y, por último, se analizan cuáles son las limitaciones técnicas y los dilemas éticos que plantea el empleo de la neurociencia en contextos forenses. Los resultados de pruebas neurológicas aportan información de gran utilidad a la hora de predecir un comportamiento violento. Sin embargo, no debe prescindirse de otros métodos y depender exclusivamente de ellos, pues una mala interpretación puede resultar en un gran perjuicio tanto para el agresor como para la sociedad.

Palabras clave: neurociencia, violencia, neuropredicción, neurocriminología, comportamiento antisocial, reincidencia.

ABSTRACT

Neuroscientific research on the relationship between neurobiology and violent behavior has grown exponentially in recent years. There are more and more studies evaluating the introduction of neurological test results in forensic and judicial settings. The goal of the present work is to analyze what neuroscience contributes compared to the traditionally used prediction methods. In order to achieve this goal, firstly, an introduction about the prediction of violence and what methods have been used so far is offered; secondly, an explanation of which are the most studied and proven biological correlates of violence is given; thirdly, a review of different cases in which biological markers have been used to predict violent behaviors is offered; and, finally, some technical limitations and ethical dilemmas posed by the use of neuroscience in forensic contexts are analyzed. Neurological test results provide useful information in predicting violent behavior. However, other methods should not be dismissed since an exclusive interpretation of neurological correlates can result in great harm to both the aggressor and society.

Key words: neuroscience, violence, neuroprediction, neurocriminology, antisocial behavior, recidivism.

Introducción

El creciente interés en evaluar la peligrosidad y el riesgo de reincidencia de los sujetos violentos podría explicarse por el cambio de paradigma que se va produciendo gradualmente en las políticas criminales. De esta forma, la necesidad de prevención del delito recibe cada vez mayor atención que la función de castigo o retribución (Gkotsi & Gasser, 2016). Si el objetivo no es tanto castigar, sino prevenir, los métodos de predicción de conductas antisociales surgen para ayudar a tomar decisiones en contextos forenses y judiciales. Dada la relevancia de estas decisiones tanto para la persona evaluada como para la sociedad, los métodos de predicción utilizados deben ser lo más precisos y fiables posible. Así, la neurociencia irrumpe en el escenario de la predicción de violencia como una posible fuente de métodos cada vez más rigurosos.

La investigación neurocientífica avanza gradualmente en el descubrimiento de rasgos o alteraciones cerebrales que correlacionan positivamente con el comportamiento violento y antisocial. Como respuesta a la gran cantidad de evidencia científica que existe sobre la base biológica de la violencia, la neurocriminología ha empezado a estudiar si el perfil neurobiológico de un sujeto puede ser predictivo de un futuro comportamiento violento o antisocial. Es decir, si por tener determinadas características cerebrales a nivel estructural o funcional se puede obtener información sobre si el sujeto tendrá una mayor tendencia a involucrarse en conductas criminales.

Parece que es la investigación de la psicopatía la que más éxito ha tenido en el campo de la predicción de conductas agresivas. Esto es, en parte, porque la psicopatía está relacionada con sintomatología que subyace tanto la violencia de tipo instrumental como la violencia de tipo reactiva (Nadelhoffer et al. 2012). Teniendo en cuenta la estrecha relación entre psicopatía y violencia, junto con el conocimiento, cada vez mayor, sobre las bases neurológicas de la psicopatía, se cree que cada vez será mayor nuestra capacidad para predecir conductas violentas a partir de técnicas de neuroimagen (Poldrack et al. 2018).

Por otro lado, a pesar de que hay razones por las que creer en el potencial uso de la predicción a partir de la neurociencia, también han de considerarse una serie de limitaciones técnicas que pondrán en peligro la validez y fiabilidad de su capacidad predictora (Poldrack et al. 2018). La introducción de la neurociencia en este campo traerá

consigo además ciertos dilemas éticos que serán estudiados y valorados en el presente trabajo. A pesar de que la investigación en este ámbito todavía se encuentra en fase de desarrollo, resulta interesante analizar los estudios que se van realizando para valorar si, y cómo, estos hallazgos podrían ser utilizados con fines jurídicos y forenses.

Material y Métodos

El diseño de la presente investigación es de tipo cualitativo. Para su desarrollo se ha realizado una revisión bibliográfica sistemática tanto en bases de datos de temática general, como Academic Search Complete, Google Scholar y Dialnet, como en bases específicas, como Psychology and Behavioral Sciences Collection, psicodoc, y APA Psycinfo. Se han incluido los documentos y artículos más relevantes publicados en los últimos años debido a la actualidad exigida por el tema que se aborda. La búsqueda ha sido principalmente realizada en inglés, por ser la lengua vehicular en el campo de la neurociencia, así como también en castellano.

Aunque la temática común de toda la extensión del trabajo sea la predicción de la conducta violenta, para el desarrollo de cada apartado se han utilizado bases de datos y palabras de búsqueda diferentes. Los tres grandes bloques temáticos por los que se ha guiado la búsqueda bibliográfica son: métodos tradicionales de la predicción de la conducta violenta, la neurobiología de la violencia y la aplicación de la neurociencia en la predicción de la conducta violenta. Para el primero, las palabras más utilizadas fueron: *risk assessment* y *violence prediction*; para el segundo: *neurobiology*, *violence*, *psychopathy* y *antisocial*; y para el tercero: *neuroscience*, *neuroprediction*, *legal* y *ethics*. Para la búsqueda combinada de estos términos se emplearon los operadores booleanos “AND” y “OR”, evitando el “NOT” por las posibles confusiones que se puedan generar en la base de datos.

Introducción a la Predicción de Violencia

La violencia es un fenómeno interpersonal y social que afecta notablemente al bienestar de la sociedad. Debido a los altos costes psicológicos, sociales, políticos y económicos

que la violencia provoca cada año a gran escala, son múltiples los ámbitos en los que distintos profesionales tratan de abordarla. Tanto la sanidad, como la justicia y los servicios sociales tienen un efecto sobre el control y la prevención de la violencia. Cabe destacar el papel de los profesionales de la salud mental, tanto en la atención a víctimas de sucesos violentos como en la predicción y gestión del riesgo de los agresores. Dentro de las estrategias que utilizan estos profesionales en la intervención con agresores violentos se sitúan las técnicas de predicción de violencia.

El objetivo de estos procedimientos consiste en estimar la probabilidad de ocurrencia del comportamiento violento en el futuro (Andrés-Pueyo y Echeburúa, 2010). La utilidad de la valoración del riesgo está estrechamente ligada a la importancia de la gestión de la violencia en el ámbito profesional correspondiente. Así, por ejemplo, aplicar herramientas de predicción de violencia servirá a un juez en el proceso de toma de decisiones, teniendo en cuenta el riesgo de reincidencia del infractor. Otro entorno en el que es esencial poner en práctica dichas técnicas es el penitenciario, donde urge tomar decisiones en cuanto a las necesidades de tratamiento, la aprobación de permisos penitenciarios, el cambio de régimen o la concesión de la libertad condicional (Martínez y Montes, 2018).

Concepto de Violencia

Los expertos coinciden en que el primer paso para poder realizar predicciones precisas y eficaces es definir el fenómeno sobre el que se quiere trabajar. La violencia es un fenómeno complejo, complicado de predecir, pues depende de múltiples variables y se expresa de numerosas formas (Ampudia et al. 2018). La OMS, en un estudio epidemiológico sobre la relación entre la violencia y la salud, definió la violencia como “el uso deliberado de la fuerza física o el poder, ya sea en el grado de amenaza, o efectivo, contra uno mismo, otra persona, grupo o comunidad, que cause o tenga muchas probabilidades de causar lesiones, muerte, daños psicológicos, trastorno del desarrollo o privaciones” (Krug et al., 2002). Según esta definición, la violencia es una estrategia con un fin determinado, es decir, conlleva una intencionalidad. La delimitación del concepto de violencia va a depender del propósito específico de cada herramienta y ámbito de aplicación (Loinaz, 2017).

Los teóricos establecen una distinción entre el término de violencia y el de agresividad. Valzelli (1983) explica que la agresividad es una reacción del individuo ante una amenaza para poder mantener su integridad física o psíquica. Por tanto, estaríamos hablando de una conducta enfocada a la supervivencia del individuo. Sin embargo, la violencia hace referencia a la conducta agresiva que ha perdido su valor adaptativo, pudiendo reflejar un deterioro en los mecanismos biológicos relacionados con la conducta agresiva (Anderson & Bushman, 2002). Esto significa que la violencia se construye como un producto de factores de socialización, culturales y personales.

Andrés-Pueyo y Redondo (2007) proponen una conceptualización de la violencia teniendo en cuenta cinco propiedades que la caracterizan:

- *Compleja*: se trata de una estrategia psicológica en la que influyen elementos cognitivos, actitudinales, motivacionales y emocionales de forma interrelacionada con una finalidad concreta. Podemos distinguir finalidades específicas como, por ejemplo, querer situarse en una posición de dominación y poder frente a la mujer en la violencia de género.
- *Heterogénea*: existen diferentes tipos de violencia según la forma de ejercerla, las características del agresor y de la víctima, y según la relación que existe entre ambos.
- *Multicausal*: para que tenga lugar un acto violento es necesaria la combinación de numerosas variables que no suelen ser frecuentes. Cada tipo de violencia depende de unos factores de riesgo y de protección específicos.
- *Intencionada*: la conducta violenta es el resultado de una decisión voluntaria e intencionada de ocasionar un daño, aunque a veces la decisión puede ser inimputable penalmente.
- *Infrecuente*: Independientemente de la alarma social acerca de la violencia, este es un fenómeno que se da con poca frecuencia.

Para el estudio de la predicción de la conducta violenta, además resulta interesante diferenciar la acción violenta de la violencia como disposición o rasgo psicológico, puesto que los determinantes de ambos conceptos van a ser diferentes. La acción violenta, como cualquier conducta, es producto de la actuación conjunta de factores individuales y situacionales. En la violencia como atributo psicológico, por el contrario, los factores biográficos cobran mayor importancia (Andrés-Pueyo, 1997). El determinante más relevante en la acción violenta es la elección de actuar de esa forma y, como toda decisión

intencionada, conlleva una probabilidad de ocurrencia que será la que se estime como valor predictivo del riesgo de violencia (Hart, 1998).

Métodos Tradicionales De Predicción De La Violencia

Debido a la importancia que los gobiernos están otorgando a la intervención sobre la delincuencia en los últimos años, la curiosidad de los académicos sobre la predicción criminológica ha aumentado notablemente. Sin embargo, este campo de la criminología cuenta ya con una larga trayectoria desde principios del siglo XX. Al hacer una revisión del trabajo realizado desde los inicios del estudio de la violencia, destaca el proceso por el cual se ha ido sustituyendo el concepto de peligrosidad por el de riesgo de violencia. La peligrosidad es una categoría común en el ámbito jurídico que hace referencia a la probabilidad de que un sujeto cometa actos violentos, tanto por primera vez como de forma reincidente (Gómez, 2009). Loinaz (2017) afirma que la evaluación de la peligrosidad presenta las siguientes características: dicotómica, se es o no peligroso sin atender a niveles; estática, ser peligroso es inmodificable; y genérica, pues no distingue entre unos tipos de violencia y otros. Al hacer una predicción en base al diagnóstico de peligrosidad, acertar o no va a depender de la experiencia del profesional, de la precisión con la que se pueda explorar el atributo de peligrosidad y la disponibilidad de las técnicas adecuadas (Andrés-Pueyo y Redondo, 2007). Con este tipo de evaluaciones se han cometido dos tipos de errores: falsos negativos, cuando no se considera peligroso a un sujeto que luego comete un acto violento, y falsos positivos, cuando se detecta peligrosidad en sujetos que no vuelven a actuar de forma violenta (Andrés-Pueyo y Echeburúa, 2010).

La valoración del riesgo de violencia, sin embargo, supone la toma de una decisión como resultado de la relación empírica entre factores de riesgo y conductas violentas específicas, siendo el concepto de riesgo un constructo continuo, variable y específico para cada tipo de conducta (Loinaz, 2017).

Este cambio de conceptualización en cuanto al objeto de estudio – de peligrosidad al riesgo – ha tenido lugar simultáneamente al de la forma de medir ese riesgo. Meehl (1954) estableció la diferencia entre métodos de predicción clínica y métodos de predicción actuarial. Se podría decir que existe un continuo en el que en un polo se halla la valoración

clínica no-estructurada y en el otro la valoración actuarial, encontrándose en un punto medio la valoración clínica estructurada.

La valoración clínica no-estructurada surge al aplicar técnicas de diagnóstico de peligrosidad, por lo que depende del “ojo clínico” del experto. Alrededor de los años 70 se llevaron a cabo varios estudios cuyos resultados demostraron que este tipo de predicción conducía a un elevado número de falsos positivos (Martínez, 2016). Este hecho provocó que se extendiera un escepticismo en torno a las técnicas de valoración de la peligrosidad, destacando afirmaciones como la de Mohanan (1981), que indica que solo una de cada tres predicciones de la conducta violenta es precisa (como se citó en Martínez y Redondo, 2018). Cabe mencionar el caso *Barefoot vs Estelle* en 1982, donde se consideró constitucional utilizar este tipo de predicciones para condenar a sujetos potencialmente peligrosos a la pena de muerte. La Asociación Americana de Psiquiatría (APA, 1982) presentó un *amicus curiae* donde criticó y desacreditó el uso del juicio clínico para estos casos, pues no eran métodos fiables.

A raíz de este escepticismo frente a los métodos clínicos no estructurados, surgen los métodos actuariales. Andrés-Pueyo y Redondo (2007) explican que la valoración actuarial se basa en la recogida de datos de la historia personal del sujeto, otorgándole a cada información la importancia correspondiente, con la intención de extraer conclusiones a través de reglas matemáticas. Estos mismos autores señalan que la mayor limitación de estas evaluaciones es que no son evaluaciones individuales, sino generalizaciones grupales aplicadas a los individuos. Aun así, los resultados de estas evaluaciones superan en fiabilidad y validez a las evaluaciones clínicas no estructuradas en prácticamente todos los ámbitos estudiados (Poldrack, 2018).

Un tercer método sería el juicio clínico estructurado, el cual surge como respuesta a las limitaciones de la valoración clínica no estructurada y como alternativa a la rigidez matemática del uso de factores de riesgo en los métodos actuariales. Las herramientas de juicio clínico estructurado son guías que orientan al profesional sobre qué factores debe tener en cuenta en la evaluación del riesgo, permitiéndole un margen de libertad para, incluso, añadir otros factores que puedan ser decisivos (Loínaz, 2017). En este grupo de herramientas se encontraría la familia del HCR-20 (SVR-20, SARA, SAVRY, etc.) creada por D. Webster y S. Hart en Canadá, y la familia de la PCL-R (PCL-SV y PCL-YV) desarrollada por R. Hare (Andrés-Pueyo y Redondo, 2007).

La Neurociencia en el Ámbito de la Predicción de la Conducta Violenta

La falta de consenso acerca de qué método es mejor para ser utilizado en la predicción de la violencia, junto con el creciente interés por la neurociencia en los últimos años, han provocado que el foco de atención sea el estudio de variables biológicas como posibles predictores de riesgo (Poldrack, 2018). Diversas investigaciones han demostrado la influencia de la base neurobiológica en el origen de las conductas violentas, por lo que cada vez es mayor el interés del sistema judicial por aplicar los avances de la neurociencia en el ámbito jurídico-penal (Moy-Albiol et al. 2017). Se plantea que con la aplicación de los avances en la investigación neurocientífica en el ámbito de la evaluación y predicción de la violencia se obtengan datos cada vez más rigurosos y precisos.

Según Kandel (1998), la tarea de la neurociencia consiste en proporcionar explicaciones de la conducta en términos de actividad del cerebro, describir cómo actúan millones de células nerviosas a nivel individual en el encéfalo para originar la conducta y cómo, a su vez, estas células están influidas por el medio ambiente, incluyendo el comportamiento de otros individuos.

La neurociencia ha avanzado de forma exponencial en las dos últimas décadas en la identificación de correlatos neurobiológicos de la violencia. Los métodos de la neurociencia nos permiten examinar el comportamiento violento y las variables que lo condicionan con una precisión y exactitud que nunca antes había sido posible. La neurocriminología surge en este contexto como una rama concreta de la neurociencia que estudia la interacción entre el cerebro, la genética, el entorno y la predisposición de los individuos a desarrollar un comportamiento antisocial (Moya-Albiol, 2017). Aunque se descarta la existencia de una neurobiología definitiva que explique en su totalidad el comportamiento criminal, los neurocriminólogos coinciden en que existen aspectos de la neurobiología que aumentan la propensión a cometer actos violentos y antisociales (Coppola, 2018).

La Neurobiología de la Violencia

Con los avances en los métodos de investigación, recupera relevancia el antiguo debate sobre si la base biológica de cada individuo puede explicar el comportamiento violento. No es un tema de discusión reciente, pero sí es cierto que en la última década se ha

presenciado el escenario perfecto para impulsar la investigación en este ámbito. Muchos de los estudios realizados han sido posibles gracias a la disponibilidad de técnicas de neuroimagen funcional y estructural como, por ejemplo, la tomografía por emisión de positrones (PET), la imagen por resonancia magnética (IRM) o la imagen por resonancia magnética funcional (IRMf) (Bunge & Kahn, 2009).

De la revisión de la literatura existente acerca de las bases biológicas de la violencia, se puede concluir que son diversos los factores que interactúan en la génesis de este tipo de conductas, como la base genética, la neuroquímica del cerebro (hormonas y neurotransmisores), las estructuras subcorticales (amígdala, corteza cingulada anterior, hipotálamo) y el funcionamiento de la corteza prefrontal.

Estructuras cerebrales

A pesar de que actualmente no se pueda afirmar que el comportamiento criminal y violento se produce como consecuencia de una anomalía cerebral, es cierto que existen pruebas suficientes para creer que algunos factores neurobiológicos (junto con factores ambientales) pueden predisponer al individuo a tendencias antisociales. El neurocriminólogo Adriane Raine (2008) sugiere que la presencia de alteraciones estructurales y funcionales en las áreas cerebrales involucradas en las habilidades socio-emocionales pueden ser el cimiento del deterioro cognitivo y emocional considerado riesgo de un futuro comportamiento antisocial. Las alteraciones en el funcionamiento del lóbulo frontal parecen ser el correlato biológico del comportamiento violento mejor replicado en las investigaciones hasta la fecha.

La investigación neurocriminológica se ha centrado mayoritariamente en los correlatos neurobiológicos de trastornos de personalidad como la psicopatía o el trastorno de personalidad antisocial. El cúmulo de conocimiento sobre los rasgos antisociales característicos de ambos trastornos revela que sus comportamientos comparten bases neurobiológicas, como pueden ser, disfunciones existentes a nivel singular o en conjunto en áreas corticales y subcorticales involucradas en el procesamiento y regulación emocional. Dichas áreas son, por un lado, las regiones de la corteza prefrontal (CPF) y, por otro lado, las estructuras del sistema límbico como la amígdala. La CPF se subdivide en el área dorsolateral (CPFdl), ventromedial (CPFvm) y orbitofrontal (CPFof), y cada región controla procesos relacionados con el control de impulsos, toma de decisiones,

planificación y organización de conductas, atención y memoria, lo que en conjunto recibe el nombre de *Funciones Ejecutivas de Alto Nivel* (García et al. 2010).

Concretamente, ha recibido gran interés por parte de los científicos el circuito que involucra a la amígdala y a la corteza prefrontal orbitofrontal (CPFof), por la función inhibitoria de esta última sobre la actividad de la primera. Teniendo en cuenta las funciones de cada estructura y la estrecha conexión que las relaciona, un individuo incapaz de controlar la agresión impulsiva se considera que tiene una elevada actividad amigdalar y una actividad disminuida de la zona CPFof, mientras que un individuo con capacidad de control sobre la agresividad tendrá una gran actividad a nivel de la CPFof (Sepúlveda y Moreno, 2017). De esta forma un individuo con una lesión en la CPFof se espera que presente un aumento de agresión impulsiva.

Junto con la CPF, la corteza cingulada anterior (CCA), ha sido también estudiada en profundidad como un área influyente en las conductas violentas y agresivas. La CCA se considera un área clave en los mecanismos de motivación y control de impulsos, y una lesión puede afectar de forma significativa al comportamiento emocional y social (Koenings, 2012). Por otro lado, la amígdala es una estructura subcortical cuyas funciones principales son la regulación emocional, la detección de amenazas del entorno y la activación de conductas de lucha o huida a través de la conexión con diferentes estructuras del tronco encefálico (Ortega-Escobar y Alcázar-Córcoles, 2016).

Aunque solo representen un 1% o menos de la población, algunas estimaciones sugieren que los sujetos con psicopatía son responsables del 30-40% de los crímenes violentos (Hare y McPherson, 1984). Además, entre los síntomas de este trastorno de personalidad se incluye la violencia tanto instrumental como reactiva (Poldrack et al 2018). Es por esto que la mayor parte de la investigación sobre la violencia se ha centrado en estudiar el funcionamiento del cerebro psicópata. Una vez confirmado que estos sujetos son persistentemente violentos, los neurocientíficos comenzaron a utilizar métodos de neuroimagen funcional y estructural para buscar cuál podría ser la explicación neurobiológica de este comportamiento. (Nadelhoffer et al. 2012).

Los estudios realizados con neuroimagen estructural y funcional señalan que el comportamiento desadaptativo de la psicopatía, incluida la violencia, puede ser resultado de una disfunción tanto del sistema límbico como del córtex prefrontal. Según explican

Urazan y Ávila (2015), estos dos sistemas cerebrales se ocupan de la regulación emocional y del control del comportamiento violento de carácter impulsivo, lo que refleja la relevancia de mantener el equilibrio de estas áreas para controlar este tipo de conductas. Las múltiples investigaciones llevadas a cabo con sujetos psicópatas revelan que la falta de empatía es la razón por la que podrían mostrar mayor desinhibición a la hora de violar las normas sociales y los derechos de los demás (Coppola 2018). En este sentido, el comportamiento violento sin remordimientos ha sido asociado a daños en la CPFvm y en la CCA, estructuras básicas en el procesamiento emocional y control de la conducta (Koenigs, 2012). Otros resultados interesantes acerca de los déficits neurocognitivos de los sujetos con psicopatía son: actividad reducida de la amígdala y de la CPFvm durante tareas de condicionamiento de miedo y de toma de decisiones morales (Veit et al. 2002; Harenski et al. 2010), disminución en la respuesta de la amígdala durante tareas que involucran afectividad (Motzkin et al. 2011)), escasa participación de la CPFvm ante estímulos emocionales faciales (Decety et al. 2014) y conexión estructural y funcional deficitaria entre la amígdala y la CPFvm (Decety et al. 2013).

Además de las personas con psicopatía y trastorno antisocial, la investigación neurocriminológica también ha proporcionado información relevante sobre las personas que cometen agresiones sexuales. Chen et al. (2016), por ejemplo, han investigado las deficiencias cerebrales de los que han cometido violaciones y los resultados revelan que existen disfunciones en la conectividad de la materia blanca en regiones involucradas en la motivación y las decisiones morales. Raine y Yang (2006) se centraron en la pedofilia y concluyeron que las personas que cometían agresiones sexuales contra niños sufrían alteraciones en los lóbulos frontal y temporal, así como en el sistema límbico. Como ya se ha mencionado anteriormente, estas áreas cerebrales se encargan de las funciones cognitivas y afectivas, lo que podría explicar que estas personas tengan problemas de control de impulsos y desarrollen patrones de excitación sexual anormales (Tenberger et al. 2015).

Genética

La cuestión sobre si existe una base genética que justifique el comportamiento violento parece haber sido sustituida por la cuestión sobre cuánto del comportamiento violento está influenciado por la información genética. Investigaciones llevadas a cabo con gemelos demuestran que el comportamiento antisocial, y la violencia concretamente, son

de alguna forma hereditarios (Raine, 2009), siendo entre un 40-60% lo que aportan los factores genéticos a la varianza del fenotipo asociado al comportamiento violento. (Moffitt, 2005).

A la hora de estudiar qué genes son los que predisponen al individuo a comportarse de manera violenta, el foco de atención se ha centrado en el gen MAOA, el cual codifica para la enzima monoamino oxidasa A. Este gen comenzó a estudiarse en diferentes familias que agrupaban a hombres violentos en los que se encontró que existía una mutación que bloqueaba la producción de esta enzima (Brunner et al., 1993). El trabajo pionero de Brunner reveló cuál era el primer gen que podía generar susceptibilidad al desarrollo de un comportamiento antisocial y violento. A raíz de este hallazgo, la investigación continuó y se encontró un polimorfismo para baja expresión de MAOA (MAOA-L) y otro para alta expresión de MAOA (MAOA-H) (Dorfman et al. 2004). El trabajo clínico realizado con el gen MAOA demostró que ser portador de MAOA-L está asociado a síntomas impulsivos y agresivos (Skondras et al. 2004; Alia-Klein, 2008). Además, se conoce una interacción entorno-genotipo por el cual los individuos con MAOA-L que han sufrido maltrato o episodios traumáticos en los primeros años de vida son más propensos a ser arrestados, a desarrollar trastornos de la conducta en la adolescencia y a ser más agresivos que los individuos con MAOA-H, o con MAOA-L con entornos sociales más favorables (Caspi et al 2002).

Gracias al uso de la neuroimagen funcional y estructural, los investigadores han sido capaces de evaluar el impacto de esta variante genética en la estructura del cerebro, sus funciones y conectividad de circuitos en tareas de inhibición, memoria emocional y elevación de arousal (Poldrack, 2012). Buckholtz y Meyer-Lindenberg (2008) exploraron la relación entre la MAOA-L y el control inhibitorio a través de la resonancia magnética funcional. De los resultados concluyen que existen diferencias morfológicas y funcionales en la CCA, amígdala e hipocampo de los individuos con MAOA-L, así como una disminución de 8% del volumen de la materia gris. Otra investigación relaciona la existencia del polimorfismo MAOA-L con la violencia reactiva, encontrando reducciones significativas del volumen del sistema límbico y una amígdala hiperactivada (Meyer-Lindenberg et al. 2006).

Neuroquímica

La actividad científica ha demostrado la influencia de determinados neuroreguladores en la etiología de la conducta violenta. Estas sustancias químicas conforman la base de la actividad mental, por lo que una alteración del comportamiento podría ser explicada por una perturbación en el proceso de neurotransmisión (Ramírez, 2006), de ahí la importancia que la criminología ha otorgado al estudio de las hormonas y neurotransmisores, sin menospreciar la influencia que ejerce también el ambiente sobre las conductas.

Las hormonas regulan la manera que tiene el ser humano de reaccionar frente a diferentes situaciones. Los primeros modelos que trataron de explicar la influencia de las hormonas consideraban que las únicas que participaban en la conducta violenta eran las gonadales, especialmente los andrógenos (Gómez, 2013). En este sentido, Ramírez (2006) encuentra una correlación positiva entre los niveles de testosterona y el comportamiento agresivo en hombres. Aun así, señala que los resultados de estas investigaciones han de ser interpretados con cautela, pues hay otros estudios que avalan la idea de que la testosterona ejerce un efecto sobre otras variables psicológicas que, de forma indirecta, acaban incidiendo en la agresividad.

Además de las hormonas sexuales, también se ha investigado el efecto del cortisol, hormona que interviene en la regulación del estrés y que participa en el sistema neuroendocrino del eje hipotalámico-hipofisario-adrenal (Buchweitz et al. 2019). La hipótesis que los científicos tratan de comprobar es si una menor segregación de cortisol frente a estímulos amenazantes puede considerarse un factor predictor de conductas violentas. Por el momento, los resultados no permiten establecer una correlación significativa, pues existen otras variables intermediarias que se deben tener en cuenta (Pacheco, 2017). Una gran parte de la literatura que estudia la relación entre el cortisol y la violencia pone el foco en la exposición temprana a situaciones violentas o de maltrato, con las consecuentes alteraciones en el funcionamiento del eje hipotalámico-hipofisario-adrenal (Buchweitz, 2019; Fuchs et al. 2018; Peckings et al. 2020). En este sentido, Shenk et al. (2010) encontraron que, en el grupo de mujeres que habían sufrido abuso sexual, la respuesta de cortisol frente a estresores psicológicos era exagerada, y a su vez, esta respuesta actuaba como predictor de comportamiento antisocial siete años más tarde.

Estos resultados, sin embargo, no fueron replicables en el estudio de Gowing et al. (2013).

En la interacción entre los sistemas fisiológicos y endocrinos también intervienen otras biomoléculas llamadas neurotransmisores, cuya función primordial es permitir la comunicación entre las células del sistema nervioso (Garrido et al. 1999). Coccaro y Berman (1998) señalan que existen más de cincuenta tipos de neurotransmisores, pero los que han recibido mayor atención por su importancia para el tratamiento han sido la serotonina (5-HT) y las catecolaminas noradrenalina (NA) y dopamina (DA). Un aumento de las catecolaminas, tanto de la función noradrenérgica como de la dopaminérgica, se encuentra relacionado con el incremento de la impulsividad (Frieder, 2005).

La 5-HT, el neurotransmisor protagonista en materia de violencia, es producida en los núcleos del tronco encefálico que conectan con el sistema límbico y con la CPFof, entre otros (Ortega-Escobar y Alcázar-Córcoles, 2016). La investigación preclínica y clínica señala insistentemente que existe una reducción de la actividad del sistema de la serotonina en los cerebros de los sujetos violentos (Machia et al. 2020). Parece que una deficiencia de 5-HT es característica de la violencia impulsiva y no de la violencia premeditada (Manchia et al. 2017). De los estudios realizados se conoce que los niveles de agresión impulsiva son inversamente proporcionales a los niveles de serotonina en áreas como la CC y la CPF (Coccaro et al. 2015; Siegel y Douard, 2011). La hipótesis de la deficiencia de serotonina como explicación de conductas agresivas ha sido la más contrastada (Duke et al. 2013), manteniéndose aun así abierto el debate pues son varias las interpretaciones que pueden surgir. Como explican Sepúlveda y Moreno (2017), la serotonina participa en diferentes circuitos cerebrales, tiene por lo menos catorce tipos de receptores, puede actuar tanto a nivel pre-sináptico como post-sináptico, y puede, por tanto, favorecer o inhibir la agresión.

La Neuropredicción de la Conducta Violenta

A raíz de los nuevos descubrimientos que la neurocriminología brinda acerca de la relación entre la conducta violenta y el funcionamiento del cerebro, se ha empezado a investigar si el perfil neurobiológico de un individuo puede ser predictivo de un futuro

comportamiento antisocial. Esta rama de la neurociencia se conoce como “neuropredicción” y consiste en el uso de las variables estructurales y funcionales del cerebro para predecir comportamientos, resultados de tratamientos y rasgos comportamentales (Morse, 2015). Estudios preliminares ya han obtenido resultados prometedores, por lo que existe un optimismo cauteloso entre los neurocriminólogos y psicólogos forenses. Aunque la investigación en este campo se encuentra en un estadio inicial, merece la pena continuar con ello para dilucidar si estos hallazgos pueden ser realmente aplicables en contextos forenses y judiciales. A continuación, se presentarán algunos estudios que representan los avances de la investigación en este ámbito y su potencial para predecir conductas violentas y antisociales.

El primer paso en la aplicación de la neurobiología en la predicción de la violencia lo da Aharoni et al. (2013) en una investigación en la que comparó los datos de IRMf de 96 infractores, encontrando que la activación de la CCA, un área, como hemos descrito anteriormente, involucrada en el control de impulsos, en tareas de go/no-go, está asociada a un futuro nuevo arresto. La probabilidad de que los delincuentes con escasa activación de la CCA fueran arrestados de nuevo era el doble que la de los delincuentes con una mayor activación, manteniéndose el resto de factores de riesgo constantes (Aharoni et al. 2013). Estos resultados indican que una actividad disminuida de la CCA puede actuar como un potencial marcador neurocognitivo del comportamiento criminal.

A raíz de este estudio, algunos autores se han planteado extender la idea de utilizar medidas neurobiológicas para intentar mejorar la predicción de conductas antisociales. La edad es una variable de gran potencial en la predicción del riesgo de un comportamiento antisocial (Gendreau et al. 1996). De esta forma, si dos internos, uno de 25 años y otro de 35 años, son puestos en libertad, el de 25 años volverá a ser encarcelado con una probabilidad mayor del 25% sobre el otro (Durose, Cooper, & Snyder, 2014). Sin embargo, la edad cronológica puede ser imprecisa midiendo este tipo de riesgo, pues no tiene en cuenta diferencias individuales en el proceso de crecimiento físico y neurológico. Por ello, Kiehl et al. (2018) desarrollaron un modelo de predicción basado en la edad biológica cerebral a través de un análisis multimodal de datos de IRM. Los resultados demostraron que la medida de los cambios estructurales correspondientes a la edad cerebral era más precisa que la medida de la edad cronológica, de rasgos

psicopáticos o del funcionamiento de ciertas estructuras cerebrales en tareas de inhibición, como en el estudio de Aharoni et al. (2013).

Otro predictor del comportamiento violento bajo investigación es la falta de empatía y de culpa o remordimiento característica de trastornos como el de la psicopatía. Hay autores que señalan que estos rasgos de emocionalidad negativa son los que distinguen la psicopatía del trastorno antisocial de la personalidad (Hyde et al. 2014). A pesar de la controversia existente en la literatura criminológica acerca de la falta de empatía como un factor de riesgo, se considera que la incapacidad que presentan las personas con este déficit a la hora de identificarse emocionalmente con las necesidades de los demás les sitúa en una posición de mayor riesgo de criminalidad (Shirtcliff et al. 2009).

Por la relación establecida científicamente entre psicopatía y violencia, los marcadores neurobiológicos de la psicopatía podrían utilizarse como predictores de violencia (Nadelhoffer et al. 2012). En este sentido, Pardini et al. (2014) realizaron un estudio en el que demostraron la correlación existente entre el volumen de la amígdala y la agresividad persistente, los rasgos psicopáticos y el riesgo de futura violencia. Los hombres que tenían menor volumen amigdalár exhibieron mayores niveles de comportamiento agresivo y rasgos psicopáticos desde la niñez en comparación con el grupo control. A raíz de estos resultados, los científicos plantean utilizar las disfunciones de la amígdala como posibles marcadores biológicos de la violencia y la agresión.

En vista de los resultados preliminares de todas estas investigaciones, los neurocriminólogos empiezan a evaluar la forma en la que la inclusión de variables neurales en la evaluación del comportamiento violento puede mejorar los métodos tradicionales de predicción del riesgo de violencia. Algunos autores se preguntan si los datos revelados por la neuroimagen son mejores predictores que la puntuación obtenida en un test, o en caso de no serlo, si su uso en conjunto con otros métodos mejoraría el grado de precisión de la predicción (Coppola, 2018). Los neurocientíficos dan respuesta a estas preguntas asegurando que las técnicas de neuroimagen funcional van a aportar mayor validez a los métodos de predicción de la violencia y del comportamiento criminal tradicionalmente utilizados (Gaudet et al. 2016).

La Neuropredicción en el Proceso Penal: Limitaciones y Retos

Una de las tareas más complejas y controvertidas a las que se enfrenta frecuentemente el sistema judicial es a la de predecir el comportamiento de los sujetos. Además de evaluar la responsabilidad penal de los infractores, es necesaria la elaboración de pronósticos del comportamiento para tomar algunas decisiones judiciales como, por ejemplo, imponer la prisión preventiva como medida cautelar por riesgo de fuga o peligro para un tercero. Las consecuencias de estas decisiones afectan a los derechos y libertades del evaluado, por lo que los métodos de predicción deben de ser lo más precisos y fiables posible. Como se ha visto en el primer apartado de este trabajo, la capacidad predictiva de los métodos utilizados tradicionalmente se ha puesto en duda en numerosas ocasiones.

De acuerdo con los neurocriminólogos, el uso de marcadores neurobiológicos podría incrementar la validez y fiabilidad de los pronósticos en el ámbito forense y judicial (Coppola. 2018). Mientras algunos autores apoyan una perspectiva optimista, otros señalan que la neurociencia está lejos de revolucionar el sistema penal, pues existen numerosas limitaciones técnicas y cuestiones éticas que obstaculizan su introducción como prueba en el proceso. En cuanto a las limitaciones técnicas, en primer lugar, persiste la dificultad para interpretar correctamente las imágenes cerebrales, pues no se conocen los circuitos exactos de los procesos o funciones cognitivas, y una sola área cerebral puede intervenir en numerosas operaciones (Bingenwald & Chambon, 2019). Esto implica que las neuroimágenes, por sí solas, no sirven para explicar un comportamiento. Además, la neurociencia todavía no tiene la capacidad para inferir procesos mentales exclusivamente de la actividad neural (Kedia et al. 2017), por lo que la interpretación inadecuada de estas imágenes puede llevar a conclusiones erróneas.

En segundo lugar, Bigenwald y Chambon (2019) señalan que los resultados de las resonancias magnéticas funcionales deben ser replicables y sometidos a análisis de grupos para ser significativos. Estos mismos autores explican que relacionar las señales que mide esta técnica de neuroimagen con un proceso cognitivo concreto resulta complejo por tres razones: (1) incluso en un estado de reposo, el cerebro presenta fluctuaciones en la actividad de forma espontánea; (2) el procesamiento de la información neuronal presenta ruido de forma intrínseca; (3) lo que un individuo hace o dice no puede ser controlado de

forma total. En este sentido, Kedia et al. (2017) insiste en la necesidad de la replicación y generalización, pues la interpretación de la imagen de un solo individuo es extremadamente vulnerable a errores estadísticos de tipo I y tipo II.

Y, en tercer lugar, otra de las cuestiones que complica la interpretación de neuroimágenes es que una anomalía funcional o anatómica será considerada incapacitante siempre y cuando el comportamiento que pueda producir sea considerado como tal (Pernu y Elzein, 2020). Como se ha descrito en el presente trabajo, abundante evidencia científica confirma la relación entre anomalías en el CPFof y tendencias antisociales. Sin embargo, existen casos en los que una alteración en el funcionamiento de la CPFof ha provocado el efecto contrario, transformando a un individuo violento en uno más dócil (Ellenbogen et al. 2005). También se encuentran casos en los que hay anomalías anatómicas, como lo es carecer de un hemisferio cerebral completo, y no se experimenta ninguna anomalía en el comportamiento (Schmeiser et al. 2017). Por tanto, la interpretación de una imagen cerebral, tanto funcional como anatómica, debe producirse atendiendo al comportamiento observado y nunca de forma exclusiva (Gkotsi y Gasser, 2016).

En vista de las limitaciones mencionadas, autores como Bingenwald y Chambon (2019) señalan que no es cuestión de negar la aplicación de métodos neurocientíficos en el proceso penal, sino de incrementar la vigilancia y la precisión en la aplicación e interpretación de los resultados.

En cuanto a las consideraciones éticas, muchas se relacionan con el potencial daño a los evaluados por una mala interpretación de los resultados. Algunos autores temen que el empleo de la neuropredicción en el ámbito forense desemboque inevitablemente en la estigmatización y discriminación de los agresores (Owen et al. 2014). Como apunta Fuchs (2006), el uso de la neurociencia con el fin social de prevenir futuros daños puede terminar afectando a varias esferas de la vida del individuo evaluado. Los resultados de las pruebas neurológicas pueden ser utilizadas, por ejemplo, en una prueba de selección de un puesto laboral, o a la hora de contratar un seguro.

Otro debate ético hace referencia al asunto de la privacidad mental de los agresores (Roskies, 2016). Los procesos cognitivos forman parte de la identidad individual, por lo que la revelación de los correlatos neuronales de los pensamientos de un individuo podría suponer una intrusión en la privacidad de su mente (Fuchs, 2006). Esta intrusión se

acentuaría si además el sujeto debe someterse a pruebas de neuroimagen en contra de su voluntad. En este sentido, el empleo de la neurociencia para la predicción de violencia podría utilizarse como una herramienta que favorece la seguridad ciudadana, pero que puede ser contraria al ejercicio de las libertades de los agresores (Nadelhoffer & Sinnott-Armstrong, 2012).

Muchos autores temen que la valoración del riesgo de reincidencia sea un factor más a considerar dentro de la responsabilidad criminal del sujeto (Coppola, 2018), lo que resultaría en penas más duras en aras de preservar la seguridad pública. Esto atentaría directamente contra el principio de proporcionalidad que constituye una de las bases de nuestro sistema penal. Así, podrían volverse indispensables las medidas de seguridad post condena para aquellos agresores que exhiban un perfil neurobiológico que demuestre una tendencia a las conductas antisociales.

Además de atentar contra las libertades del agresor, también podría decirse que el uso de la neuropredicción atentaría contra derechos individuales como, por ejemplo, el derecho a la no auto-incriminación, la presunción de inocencia y el derecho a rechazar tratamiento médico (Nadelhoffer et al. 2012). En los tres casos se convierte en peligrosa la excesiva confianza del sistema penal en la neurociencia como medio para prevenir futuros daños.

Como se ha visto, la precisión de la neurociencia podría mejorar la prevención del delito y garantizar una mayor seguridad ciudadana, pero a la vez plantea numerosas cuestiones éticas y legales que convierten en dudosa su aplicación.

Coppola (2018) se pregunta cómo hacer frente a estas limitaciones para poder emplear el método neurocientífico sin menoscabar los derechos y libertades individuales. En primer lugar, la autora señala que los riesgos del uso de la neurociencia no son distintos ni más alarmantes que los que presentan los métodos tradicionales de predicción.

En segundo lugar, aclara que los resultados de pruebas de neuroimagen no son suficientes para hacer una predicción de conductas antisociales. La neurocriminología no surge para revolucionar la predicción de violencia, sino con la intención de mejorar las herramientas ya existentes (Krakauer et al. 2017). Algunos autores hablan de un modelo integrador e interdisciplinar de la evaluación del riesgo, donde la base del comportamiento criminal sea un análisis de la realidad biopsicosocial del sujeto (Bufkin y Luttrell, 2005).

En tercer lugar, explica que el hecho de que la neurociencia aporte información nueva sobre el comportamiento humano no implica que haya un efecto directo reflejado en la ley. Que la neuropredicción sea utilizada en la valoración de la responsabilidad criminal y a la hora de establecer condenas es una cuestión normativa, no de la neurociencia como tal. El fundamento del castigo de un sistema penal se basa en una elección criminopolítica independiente de los descubrimientos neurocientíficos sobre los correlatos neuronales del comportamiento antisocial.

Conclusiones

Poder predecir el comportamiento violento de un individuo tiene importantes repercusiones para el mismo individuo y para la salud pública, por lo que es esencial que los métodos utilizados sean lo más precisos y fiables posible. Frente a los métodos tradicionales, la detección de marcadores neurobiológicos que predigan si un sujeto se va a comportar de forma violenta en un futuro cada vez va ganando mayor protagonismo en contextos jurídicos y forenses. Ignorar el potencial de los avances de la neurociencia en este ámbito sería totalmente contraproducente, pero el sistema judicial debería adoptar una postura cautelosa y hacer buen uso de las herramientas cuando se considere que preservan las libertades y derechos de los individuos, además de promover la seguridad ciudadana. Como se ha visto en el presente trabajo, una excesiva confianza en la neurociencia puede atentar contra los derechos y libertades del agresor, por lo que es necesario combinar este nuevo método con los ya conocidos.

Para responder al título del trabajo, la neurociencia aporta nueva información sobre el comportamiento violento de los agresores y, por ello, contribuye a una mayor precisión y fiabilidad en los pronósticos de violencia o reincidencia. Además de mejorar los métodos de predicción ya existentes, la neuropredicción ofrece la oportunidad de replantearse el sistema de retribución de las penas. La neurobiología de la violencia explica que las conductas antisociales, en muchos casos, se deben a alteraciones en la gestión emocional, el autocontrol y en el razonamiento moral. Se tratan de alteraciones que afectan negativamente a la capacidad de tomar decisiones y realizar conductas socialmente aceptables. Atendiendo a esta orientación emocional del comportamiento antisocial, se podría pensar que entornos como la prisión, no solo no ayudan en la rehabilitación y

reinserción, sino que además empeoran las circunstancias biológicas con las que ya cuentan los individuos.

En este sentido, la neurociencia mejora el entendimiento de los correlatos neurobiológicos de la violencia y favorece la implementación de estrategias de rehabilitación más efectivas con penas alternativas a la prisión. Así, cada vez se podrían imponer medidas más individualizadas e inclusivas que funcionen como incentivo para los agresores más peligrosos, evitando la reincidencia en el momento de reinserción en la sociedad. A día de hoy el conocimiento sobre tratamientos centrados en la rehabilitación emocional es escaso, por lo que sería conveniente invertir en esta futura línea de investigación.

Referencias Bibliográficas

- Aharoni, E., Vincent, G. M., Harenski, C. L., Calhoun, V. D., Sinnott-Armstrong, W., Gazzaniga, M. S., & Kiehl, K. A. (2013). Neuroprediction of future rearrest. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *110*(15), 6223–6228. DOI: 10.1073/pnas.1219302110
- Alia-Klein, N., Goldstein, R.Z., Kriplani, A., Logan, J., Tomasi, D., Williams, B., Telang, F., Shumay, E., Biegan, A., Craig, I.W., Henn, F., Wang, G., Volkow, N.D. & Fowler, J.S. (2008). Brain monoamine oxidase A activity predicts trait aggression. *Journal of Neuroscience*, *28*(19), 5099-5104.
<https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0925-08.2008>
- American Psychiatric Association (1982). Barefoot v. Estelle, Director, Texas Department of Corrections, U.S. Court, N°, 82-6080. Prediction of long-term dangerousness in capital punishment cases in Texas. Recuperado de <https://www.psychiatry.org/psychiatrists/search-directories-databases/library-and-archive/amicus-briefs>
- Ampudia, A., Sánchez, G. Y Jiménez, F. (2018). La contribución del MMPI-2 a la predicción del riesgo de violencia. *Revista de Psicología*, *36* (2), 603-629.
<https://doi.org/10.18800/psico.201802.008>
- Anderson, C. A. y Bushman, B. J. (2002). Human Aggression. *Annual Review of Psychology*, *53*, 27–51. DOI: 10.1146/annurev.psych.53.100901.135231
- Andrés-Pueyo, A. (1997). *Manual de psicología diferencial*. McGraw Hill.
- Andrés-Pueyo, A. y Echeburúa, E. (2010). Valoración del riesgo de violencia: Instrumentos e indicaciones de aplicación. *Psichotema*, *22*(3), 403-409.
- Andrés-Pueyo, A. y Redondo, S. (2007). Predicción de la violencia: entre la peligrosidad y la valoración del riesgo de violencia. *Papeles del psicólogo*, *28*(3), 157-173.
- Bigenwald, A. & Chambon, V. (2019). Criminal responsibility and neuroscience: no revolution yet. *Frontiers in Psychology*, *10*, 1-19. doi: 10.3389/fpsyg.2019.01406
- Brunner, H. G., Nelen, M., Breakefield, X. O., Ropers, H.H & Van Oost, B. A (1993). Abnormal behavior associated with a point mutation in the structural gene for aminoamine oxidase A. *Science*, *262* (5133), 578-580.
 DOI: 10.1126/science.8211186

- Buchweitz, A., de Azeredo, L. A., Vieira, B. S., Cará, V. M., Esper, N. B., Soder, R. B., da Costa, J. C., Portuguese, M. W., Franco, A. R. & Grassi-Oliveira, R. (2019). Violence and Latin-American preadolescents: a study of social brain function and cortisol levels. *Developmental Science*, 22(5), 1-15.
doi:10.1111/desc.12799
- Buckholtz, J. W. & Meyer-Lindenberg, A. (2008). MAOA and the neurogenetic architecture of human aggression. *Trends in neuroscience*, 31(3), 120-129.
<https://doi.org/10.1016/j.tins.2007.12.006>
- Bunge, S. A & Kahn, I. (2009). Cognition: an overview of neuroimaging techniques. *Encyclopedia of Neuroscience*, 2, 1063-1067. DOI: 10.1016/B978-008045046-9.00298-9
- Caspi, A., McClay, J., Moffitt, T. E., Mill, J., Martin, J., Craig, I. W., Taylor, A., & Poulton, R. (2002). Role of genotype in the cycle of violence in maltreated children. *Science*, 297(5582), 851-854. DOI: 10.1126/science.1072290
- Chen, C.-Y., Raine, A., Chou, K.-H., Chen, I.-Y., Hung, D., & Lin, C.-P. (2016). Abnormal white matter integrity in rapists as indicated by diffusion tensor imaging. *BMC Neuroscience*, 17(1), 1-8. DOI:10.1186/s12868-016-0278-3
- Coccaro, E. F., Fanning, J. R., Phan, K. L. y Lee, R. (2015). Serotonin and impulsive aggression. *CNS Spectrums*, 20, 295–302, <http://dx.doi.org/10.1017/S1092852915000310>.
- Coppola, F. (2018). Mapping the brain to predict antisocial behaviour: new frontiers in neurocriminology, 'new' challenges for criminal justice. U.C.L. *Journal of Law and Jurisprudence- Special issue*, 1, 106–110. DOI: 10.14324/111.2052-1871.099
- Decety, J., Chen, C., Harenski, C., & Kiehl, K. A. (2013). An fMRI study of affective perspective taking in individuals with psychopathy: imagining another in pain does not evoke empathy. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 1-12. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00489>
- Decety, J., Skelly, L., Yoder, K. J., & Kiehl, K. A. (2014). Neural processing of dynamic emotional facial expressions in psychopaths. *Social Neuroscience*, 9(1), 36–49. DOI:10.1080/17470919.2013.866905
- Dorfman, H. M., Meyer-Lindenberg, A. y Buckholtz, J. W. (2014). Neurobiological mechanisms for impulsive-aggression: The role of MAOA. *Current Topics in Behavioral Neuroscience*, 17, 297–313. DOI: 10.1007/7854_2013_272

- Duke, A. A., Bègue, L., Bell, R., & Eisenlohr-Moul, T. (2013). Revisiting the serotonin–aggression relation in humans: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, *139*(5), 1148–1172. doi:10.1037/a0031544
- Durose, M. R., Cooper, A. D., & Snyder, H. N. (2014). Recidivism of Prisoners Released in 30 States in 2005: Patterns from 2005 to 2010. Washington, DC: Bureau of Justice Statistics, 28.
- Ellenbogen, J. M., Hurford, M. O., Liebeskind, D. S., Neimark, G. B., & Weiss, D. (2005). Ventromedial frontal lobe trauma. *Neurology*, *64*(4), 757-757. 10.1212/wnl.64.4.757
- Frieder, P. (2005). Agresividad y violencia. Aspectos neurobiológicos y abordaje psicofarmacológico. *Psicofarmacología Psicomodinámica IV*.
- Fuchs, A., Jaite, C., Neukel, C., Dittrich, K., Bertsch, K., Kluczniok, D., Möhler, E., Attar, C.H., Brunner, R., Bödeker, K., Resch, F., Bermpohl, F., Kaess, M. (2018). Link between children’s hair cortisol and psychopathology or quality of life moderated by childhood adversity risk. *Psychoneuroendocrinology*, *90*, 52–60. doi:10.1016/j.psyneuen.2018.02.003
- Fuchs, T. (2006). Ethical issues in neuroscience. *Current Opinion in Psychiatry*, *19*, 600-607.
- García, A., Tirapu, J., Luna, P., Ibáñez, J., & Duque, P. (2010). ¿Son lo mismo inteligencia y funciones ejecutivas? *Revista de Neurología*, *50*, 193-202. **DOI:** <https://doi.org/10.33588/rn.5012.2009713>
- Garrido, V., Stangenland, P. y Redondo, S. (1999). *Principios de criminología*. Tirant Lo Blanch.
- Gaudet, L. M., Kerkmans, J. P., Anderson, N. E. & Kiehl, K. A. (2016). Can Neuroscience Help Predict Future Antisocial Behavior? *Fordham Law Review*, *85*(2), 503-531. Disponible en: <https://ir.lawnet.fordham.edu/flr/vol85/iss2/6>
- Gendreau, P., Little, T., & Goggin, C. (1996). A meta-analysis of the predictors of adult offender recidivism: what works!*. *Criminology*, *34*(4), 575–608. doi:10.1111/j.1745-9125.1996.tb01220.x
- Gkotsi, G.M., & Gasser, J. (2016). Neuroscience in forensic psychiatry: From responsibility to dangerousness. Ethical and legal implications of using neuroscience for dangerousness assessments. *International Journal of Law and Psychiatry*, *46*, 58-67. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijlp.2016.02.030>

- Gómez, C. A. (2013). Factores asociados a la violencia: revisión y abordaje. *Revista Iberoamericana de Psicología: Ciencia y Tecnología*, 7(1), 115-124.
- Gómez, R. (2009). Violencia en los comportamientos humanos. Valoración de a peligrosidad en presos reincidentes. *Anuario de Psicología Jurídica*, 19, 43-60. Recuperado de <https://journals.copmadrid.org/apj/archivos/jr2009v19a4.pdf>
- Gowin, J. L., Green, C. E., Alcorn, J. L., Swann, A. C., Moeller, F. G., & Lane, S. D. (2013). The role of cortisol and psychopathy in the cycle of violence. *Psychopharmacology*, 227(4), 661–672. doi:10.1007/s00213-013-2992-1
- Gruber, S. A. & Yurgelun-Todd, D. A. (2006). Neurobiology and the law: a role in juvenile justice? *Ohio State Journal of Criminal Law*, 3(2), 321-340.
- Hare, R. D., & McPherson, L. M. (1984). Violent and aggressive behavior by criminal psychopaths. *International Journal of Law and Psychiatry*, 7(1), 35–50. doi:10.1016/0160-2527(84)90005-0
- Harenski, C. L., Harenski, K. A., Shane, M. S., & Kiehl, K. A. (2010). Aberrant neural processing of moral violations in criminal psychopaths. *Journal of Abnormal Psychology*, 119(4), 863–874. Doi:10.1037/a0020979
- Hart, S. D. (1998). The role of psychopathy in assessing risk for violence: Conceptual and methodological issues. *Legal and Criminological Psychology*, 3, 121-137. DOI: [10.1111/j.2044-8333.1998.tb00354.x](https://doi.org/10.1111/j.2044-8333.1998.tb00354.x)
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijlp.2010.11.004>
- Hyde, L. W., Byrd, A. L., Votruba-Drzal, E., Hariri, A. R., & Manuck, S. B. (2014). Amygdala reactivity and negative emotionality: Divergent correlates of antisocial personality and psychopathy traits in a community sample. *Journal of Abnormal Psychology*, 123(1), 214–224. DOI:10.1037/a0035467
- Jones, O. D., Bonnie, R. J., Casey, B. J., Davis, A., Faigman, D.L., Hoffman, M., Montague, R., Morse, S. J., Raichle, M. E., Richeson, J. A., Scott, E., Steinberg, L., Taylor-Thompson, K., Wagner, A., Yaffe, G. (2014). Law and neuroscience: recommendations submitted to the president’s bioethics commission. *Journal of Law and Biosciences*, 1(2), 224-236. <https://doi.org/10.1093/jlb/lisu012>
Jurisprud. Spec. 1, 106–110. DOI: 10.14324/111.2052-1871.099
- Kandel, E., Schwartz, J. y Jessell, T. (1998). *Neurociencia y conducta*. Prentice Hall.
- Kedia, G., Harris, L., Lelieveld, G.-J., & van Dillen, L. (2017). From the brain to the field: The applications of social neuroscience to economics, health and law. *Brain Sciences*, 7(12). doi:10.3390/brainsci7080094

- Kiehl, K. A., Anderson, N. E., Aharoni, E., Maurer, J. M., Harenski, K. A., Rao, V., Claus, E. D., Harenski, C., Koenigs, M., Decety, J., Kosson, D., Wager, T. D., Calhoun, V. D. & Steele, V. R. (2018). Age of gray matters: Neuroprediction of recidivism. *NeuroImage: Clinical*, 19, 813–823. doi:10.1016/j.nicl.2018.05.036
- Koenigs, M. (2012). The role of prefrontal cortex in psychopathy. *Neuroscience*, 23(3), 253-262. DOI: 10.1515/revneuro-2012-0036
- Krug, E. G., Dahlberg, L. L., Mercy, J. A., Zwi, A. B. & Lozano, R. (2002). World report on violence and Health. Geneva. WHO. Recuperado de: https://www.who.int/violence_injury_prevention/violence/world_report/en/full_en.pdf?ua=1
- Loinaz, I. (2017). Manual de evaluación del riesgo de violencia: metodología y ámbitos de aplicación. Ediciones Pirámide.
- Manchia M., Booij L., Pinna F., Wong J., Zepf F., Comai S. (2020) Neurobiology of Violence. En: Carpiniello B., Vita A., Mencacci C. (eds) *Violence and Mental Disorders. Comprehensive Approach to Psychiatry*, vol 1. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-33188-7_2
- Manchia, M., Carpiniello, B., Valtorta, F., & Comai, S. (2017). Serotonin Dysfunction, Aggressive Behavior, and Mental Illness: Exploring the Link Using a Dimensional Approach. *ACS Chemical Neuroscience*, 8(5), 961–972. DOI:10.1021/acchemneuro.6b00427
- Martínez, L. (2016). Errores conceptuales en la estimación de riesgo de reincidencia: La importancia de diferenciar sensibilidad y valor predictivo, y estimaciones de riesgo absolutas y relativas. *Revista Española de Investigación Criminológica*, (14), 1-31.
- Martínez, L. y Montes, F. (2018). El uso de valoraciones de riesgo de violencia en Derecho Penal: algunas cautelas necesarias. *InDret: Revista para el Análisis del Derecho*, (2).
- Meehl, P. (1954). *Clinical vs. Statistical prediction, a theoretical analysis and a review of the evidence*. Mineapolis: University of Minnesota Press.
- Meyer-Lindenberg, A., Buckholtz, J. W., Kolachana, B., Pezawas, L., Blasi, G., Wabnitz, A., Honea, R., Verchinski, B., Callicott, J. H., Egan, M., Mattay, V. & Weinberg, D. R. (2006). Neural mechanisms of genetic risk for impulsivity and violence in humans. *Proceedings of the National Academy of the Sciences of*

the United States of America, 103(16), 6269-6274.

<https://doi.org/10.1073/pnas.0511311103>

- Moffitt, T. E. (2005). Genetic and environmental influences on antisocial behaviors: evidence from behavioral-genetic research. *Advances in Genetics*, 55, 41-104. DOI: 10.1016/S0065-2660(05)55003-X
- Morse, S. J. (2015). Neuroprediction: new technology, old problems. *Faculty Scholarship at Penn*, 8(4), 128-129. Disponible en https://scholarship.law.upenn.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2620&context=faculty_scholarship
- Motzkin, J. C., Newman, J. P., Kiehl, K. A., & Koenigs, M. (2011). Reduced Prefrontal Connectivity in Psychopathy. *Journal of Neuroscience*, 31(48), 17348–17357. DOI:10.1523/jneurosci.4215-11.2011
- Moya-Albiol, L., Sariñana-González, P., Vitoria-Estruch, S. y Romero-Martínez, A. (2017). La neurocriminología como disciplina aplicada emergente. *Vox Juris*, 33(1), 15-20.
- Nadelhoffer, T. & Sinnott-Armstrong, W. (2012). Neurolaw and neuroprediction: potencial promises and perils. *Philosophy Compass*, 7(9), 631-642. <https://doi.org/10.1111/j.1747-9991.2012.00494.x>
- Nadelhoffer, T., Bibas, S., Grafton, S., Kiehl, K. A., Mansfield, A., Sinnott-Armstrong, W. & Gazzaniga, M. (2012). Neuroprediction, violence, and the law: setting the stage. *Neuroethics*, 5, 67-99. DOI: 10.1007/s12152-010-9095-z
- Pacheco, J. L. (2017). Enfoque criminológico de la conducta agresiva y su etiología hormonal. *Vox Juris*, 33(1), 159-165.
- Pardini, D. A., Raine, A., Erickson, K., & Loeber, R. (2014). Lower Amygdala Volume in Men is Associated with Childhood Aggression, Early Psychopathic Traits, and Future Violence. *Biological Psychiatry*, 75(1), 73–80. DOI:10.1016/j.biopsych.2013.04.003
- Peckins, M. K., Roberts, A. G., Hein, T. C., Hyde, L. W., Mitchell, C., Brooks-Gunn, J., McLanahan, S. S., Monk, C. S., Lopez-Duran, N. L. (2020). Violence exposure and social deprivation is associated with cortisol reactivity in urban adolescents. *Psychoneuroendocrinology*, 111. doi:10.1016/j.psyneuen.2019.104426
- Pernu, T. K. & Elzein, N. (2020). From neuroscience to law: bridging the gap. *Frontiers in Psychology*, 11, 1-23. doi: 10.3389/fpsyg.2020.01862

- Poldrack, R. A., Monahan, J., Imrey, P. B., Reyna, V., Raichle, M. E., Faigman, D., & Buckholz, J. W. (2018). Predicting Violent Behavior: What Can Neuroscience Add? *Trends in Cognitive Sciences*, *22*(2), 111–123.
<https://doi.org/10.1016/j.tics.2017.11.003>
- Raine, A. (2009). From genes to antisocial behavior. *Current Directions in Psychological Science*, *17*(5), 323-328. DOI: 10.1111/j.1467-8721.2008.00599.x
- Ramírez, J. M. (2006). Bioquímica de la agresión. *Psicopatología Clínica, Legal y Forense*, *5*, 43-66.
- Schmeiser, B., Zentner, J., Steinho, B. J., Schulze-Bonhage, A., Kogias, E., Wendling, A.-S., & Hammen, T. (2017). Functional hemispherectomy is safe and effective in adult patients with epilepsy. *Epilepsy & Behavior*, *77*, 19–25. doi: 10.1016/j.yebeh. 2017.09.021
- Sepúlveda, E., & Moreno, J. E. (2017). Psicobiología de la agresión y la violencia. *Revista Iberoamericana de Psicología*, *10* (2), 157-166.
<https://doi.org/10.33881/2027-1786.rip.10206>
- Shenk, C. E., Noll, J. G., Putnam, F. W., & Trickett, P. K. (2010). A prospective examination of the role of childhood sexual abuse and physiological asymmetry in the development of psychopathology. *Child Abuse & Neglect*, *34*(10), 752–761. doi:10.1016/j.chiabu.2010.02.010
- Shirtcliff, E. A., Vitacco, M. J., Graf, A. R., Gostisha, A. J., Merz, J. L., & Zahn-Waxler, C. (2009). Neurobiology of empathy and callousness: Implications for the development of antisocial behavior. *Behavioral Sciences and the Law*, *27*(2), 137-171. <https://doi.org/10.1002/bsl.862>
- Siegel, A. y Douard, J. (2011). Who's flying the plane: Serotonin levels, aggression and free will. *International Journal of Law and Psychiatry*, *34*, 20–29.
- Skondras, M., Markianos, M., Botsis, A., Bistolaki, E. & Christodoulou, G. (2004). Platelet monoamine oxidase activity and psychometric correlates in male violent offenders imprisoned for homicide or other violent acts. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*, *254*(6), 380-386. DOI 10.1007/s00406-004-0518-x
- Valzelli, L. (1983). *Psicobiología de la agresión y la violencia*. Madrid: Alhambra.
- Veit, R., Flor, H., Erb, M., Hermann, C., Lotze, M., Grodd, W., & Birbaumer, N. (2002). Brain circuits involved in emotional learning in antisocial behavior and

social phobia in humans. *Neuroscience Letters*, 328(3), 233-236. [https://doi.org/10.1016/S0304-3940\(02\)00519-0](https://doi.org/10.1016/S0304-3940(02)00519-0).