

Neurociencias y derecho penal. Un enfoque desde la culpabilidad

Tesis para optar por el grado académico de licenciatura en Derecho

Universidad Hispanoamericana

Facultad de Derecho

Autor

Gary Antonio Benavides Meza

Tutor

Lic. Marco Mairena Navarro

Llorente, Costa Rica

Diciembre, 2019

DECLARACIÓN JURADA

Yo Geany Antonia Barronidas Meza, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 603640661 egresado de la carrera de Derecho de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Licenciatura en Derecho, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: Neurociencias y Derecho Penal. Un enfoque desde la culpabilidad.

_____ es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público.

En fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los 16 días del mes de Diciembre del año dos mil diecinueve.



Firma del estudiante

Cédula: 603640661

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
CENTRO DE INFORMACION TECNOLOGICO (CENIT)
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA
REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACION

San José, _____

Señores:
Universidad Hispanoamericana
Centro de Información Tecnológico (CENIT)


Estimados Señores:

El suscrito (a) Geany Inocencio Meza con número de
identificación 603640661 autor (a) del trabajo de graduación titulado
"Nauracionis y derecho Penal. Un enfoque desde
la culpabilidad."

presentado y aprobado en el año _____ como requisito para optar por el título
de licenciatura en derecho; (SI / NO)
autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que con fines
académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual
contenida en este documento.

De conformidad con lo establecido en la Ley sobre Derechos de Autor y Derechos
Conexos N° 6683, Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica.

Cordialmente,


6-0364-0661
Firma y Documento de Identidad

CARTA DEL TUTOR

San José, 14 de diciembre de 2019

**Señor
Piero Vignoli Chessler
Director Carrera Licenciatura en Derecho
Universidad Hispanoamericana**

Estimado señor:

El estudiante Gary Antonio Benavides Meza, cédula de identidad número 6-364-661, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "Neurociencias y Derecho Penal. Un enfoque desde la culpabilidad", el cual ha elaborado para optar por el grado académico de licenciatura en Derecho.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	
C)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEÓRICO	20%	
	TOTAL	100%	

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,


Marco Mairena Navarro

Cédula 5-235-939

Carné Colegio de Abogados 5344

CARTA DEL LECTOR

San José, 16 de enero de 2020

Lic. Piero Vignoli Chessler
Director Facultad de Derecho
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

La universidad Hispanoamericana me entrego para ser leída la tesis de la postulante Gary Antonio Benavides Meza denominada "Neurociencias y Derecho Penal. Un enfoque desde la culpabilidad", leída que ha sido la misma, he verificado que los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones, los cuales encuentro se ajustan a la normativa de la Universidad y requisitos necesarios para la elaboración de dicha investigación, por lo que le doy su aprobación para ser presentada.-

Atentamente.



Msc. Didier Mora Calvo
Cédula identidad 1-474-794
Carné Colegio Profesional 2788

San Rafael de Heredia, 3 de febrero de 2019

Señor
Universidad Hispanoamericana

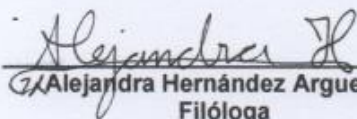
Estimado señor:

En mi calidad de filóloga, hago constar que he revisado el trabajo para optar por el grado de licenciatura en Derecho, bajo el título:

Neurociencias y derecho penal. Un enfoque desde la culpabilidad, elaborado por el estudiante Gary Antonio Benavides Meza, cédula 6-0364-0661.

La revisión se hizo en la parte morfosintáctica, forma, estilo, redacción, puntuación y ortografía; por lo cual este trabajo está listo en tales aspectos para ser presentado ante la Universidad.

Atentamente,


Alejandra Hernández Arguedas
Filóloga
Cédula 4 193 626
Carné 66820 del Colegio de
Licenciados y Profesores en Letras,
Filosofía, Ciencias y Artes
Teléfono 86478512

Alejandra Hernández Arguedas
Filóloga
Teléfono 22 37 61 66
San Rafael de Heredia

Universidad Hispanoamericana

SEDE	LLORENTE
FECHA	22-6-13
LUGAR	TIBAS.

REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	X									

HORA DE INICIO
10:00

HORA DE CIERRE
11:00

PUNTUALIDAD
Si.

TEMAS TRATADOS :

Hipótesis general. Bibliografía. Objetivos generales.

ACUERDOS:

Para la próxima reunión avanzar con la hipótesis. Plantearse objetivo general.

AVANCES

LIMITACIONES

PROXIMA SESIÓN : FECHA 24-7-13 HORA 5:00 LUGAR Lorente.

Firma Estudiante:
Firma Tutor:

[Handwritten signatures]

Universidad Hispanoamericana

SEDE	Moravia
FECHA	12-8-19
LUGAR	TISSA.

REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESION	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		X								

HORA DE INICIO	5:30
----------------	------

HORA DE CIERRE	6:15
----------------	------

PUNTUALIDAD	100%
-------------	------

TEMAS TRATADOS :

Desarrollo del índice / contenidos formalidades / introducción / revisión bibliografía.

ACUERDOS:

Finalizar por capítulos / introducción revisión para poder avanzar.
--

AVANCES

Entrega por capítulos.

LIMITACIONES

--

PROXIMA SESIÓN : FECHA 26-8 HORA 17:30 LUGAR TISSA

Firma Estudiante:

Firma Tutor:





Universidad Hispanoamericana

SEDE	Heredia
FECHA	12/09/2018
LUGAR	Heredia UH

REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESION	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			X							

HORA DE INICIO
5:00

HORA DE CIERRE
6:00

PUNTUALIDAD
-

TEMAS TRATADOS :

Contenido y formato capítulo 1
Temas a cumplir o investigar
Discusión estructura índice

ACUERDOS:

Próxima reunión tener redactado cap 2
y corregidos aspectos formales cap 1
Próxima reunión 3 octubre

AVANCES

Entrega cap. 1
Estructura del Índice

LIMITACIONES

—

PROXIMA SESIÓN : FECHA [] HORA [] LUGAR []

Firma Estudiante:
Firma Tutor:



Universidad Hispanoamericana

SEDE	Manatí
FECHA	06/11/2019
LUGAR	U-1

REGISTRO DE TUTORÍAS PARA TESINA O TESIS

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
				X						

HORA DE INICIO
6:00

HORA DE CIERRE
7:30

PUNTUALIDAD
<input checked="" type="checkbox"/>

TEMAS TRATADOS :

Resolución capítulo 1 con correcciones y observaciones

ACUERDOS:

corrección y cumplimiento de observaciones para el jueves 14 noviembre.

AVANCES

Entrega al tutor capítulos 2 y 3

LIMITACIONES

-

PROXIMA SESIÓN :	FECHA	14/11/2019	HORA	7:30	LUGAR	Manatí
------------------	-------	------------	------	------	-------	--------

Firma Estudiante:

Firma Tutor:

Universidad Hispanoamericana

SEDE	18/06/2019 Llorente
FECHA	18/06/2019
LUGAR	UA

REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
					X					

HORA DE INICIO
5:00 pm

HORA DE CIERRE
6:00 pm

PUNTUALIDAD
✓

TEMAS TRATADOS:

Devolución capítulo 2 con correcciones y observaciones.

ACUERDOS:

Corrección y cumplimiento de observaciones para el 24/11/2019

AVANCES

Entrega el capítulo 4

LIMITACIONES

—

PROXIMA SESIÓN: FECHA 24/11/2019 HORA 5:00 pm LUGAR Llorente

Firma Estudiante:
Firma Tutor:



Universidad Hispanoamericana

SEDE	Lloraente
FECHA	24/11/2019
LUGAR	UH

REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESION	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
						X				

HORA DE INICIO
5:00pm

HORA DE CIERRE
6:00pm

PUNTUALIDAD
✓

TEMAS TRATADOS :

Devolución capítulo 3 con observaciones y correcciones

ACUERDOS:

Corrección y cumplimiento de correcciones capítulo 3

AVANCES

Entrega de conclusiones y recomendación

LIMITACIONES

—

PROXIMA SESIÓN : FECHA 27/11/2019 HORA 5:00pm LUGAR Lloraente

Firma Estudiante:

Firma Tutor:




Universidad Hispanoamericana

SEDE	Llano
FECHA	27/11/2019
LUGAR	Llano

REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
							X			

HORA DE INICIO
5:00pm

HORA DE CIERRE
6:00pm

PUNTUALIDAD
✓

TEMAS TRATADOS :

Devolución capítulo 4 con observaciones y correcciones

ACUERDOS:

Realizar corrección y cumplimiento de correcciones de las conclusiones

AVANCES

-

LIMITACIONES

-

PROXIMA SESIÓN : FECHA 3/12/2019 HORA 5:00pm LUGAR Llano

Firma Estudiante:
Firma Tutor:




Universidad Hispanoamericana

SEDE	Heredia
FECHA	5/12/2019
LUGAR	Heredia

REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
								X		

HORA DE INICIO	HORA DE CIERRE	PUNTUALIDAD
5:00pm	6:00pm	✓

TEMAS TRATADOS:

Devolución y correcciones de las conclusiones

ACUERDOS:

Revisión final trabajo completo

AVANCES

-

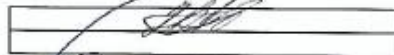
LIMITACIONES

-

PROXIMA SESIÓN: FECHA 10/12/2019 HORA 5:00pm LUGAR Heredia

Firma Estudiante:

Firma Tutor:





Universidad Hispanoamericana

SEDE	Holguín
FECHA	10/12/2014
LUGAR	Holguín.

REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESION	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
									X	

HORA DE INICIO
5:00pm

HORA DE CIERRE
6:00pm

PUNTUALIDAD
✓

TEMAS TRATADOS :

Devaluación y correcciones finales del trabajo

ACUERDOS:

—

AVANCES

—

LIMITACIONES

—

PROXIMA SESIÓN : FECHA 14/12/2014 HORA 5:00pm LUGAR

Firma Estudiante:

Firma Tutor:

[Handwritten Signature]

[Handwritten Signature]

Universidad Hispanoamericana

SEDE	Llarena
FECHA	14/12/2019
LUGAR	UH

REGISTRO DE TUTORIAS PARA TESINA O TESIS

SESION	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
										X

HORA DE INICIO	HORA DE CIERRE	PUNTUALIDAD
10:00 am	11:00 pm	✓

TEMAS TRATADOS :

cumplimiento de las formalidades para la entrega al lector

ACUERDOS:

—



AVANCES

—

LIMITACIONES

—

PROXIMA SESIÓN : FECHA : HORA : LUGAR :

Firma Estudiante: 
Firma Tutor: 

Dedicatoria

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por darme las fuerzas de continuar en este proceso para la obtención uno de mis anhelos más deseados.

A mi hijo Ryan Benavides, por ser un motor que me impulsa a ser mejor cada día.

A mi pareja Jennifer Madrigal, por estar a mi lado durante todo este proceso, apoyarme y creer en mí.

Agradecimientos

A Jennifer Madrigal, por todo su apoyo durante gran parte de mi etapa universitaria.

A mis padres, por ser parte fundamental en mi formación académica, aconsejarme y formarme como persona.

A Jackeline Alvarado, por apoyarme en la fase inicial de investigación.

De manera muy especial a mi tutor Marco Mairena, por haberme guiado en la elaboración de este trabajo de titulación, así como en los distintos cursos de derecho penal que me impartió, los cuales fueron claves para optar por una tesis en esta materia.

Y finalmente a la Universidad Hispanoamericana, por haberme recibido durante estos años y brindado tantas oportunidades, así como medios para concluir la carrera y enriquecerme en conocimiento. Sin duda, una de las mejores universidades privadas del país.

Índice

Dedicatoria	xvii
Agradecimientos	xviii
Índice.....	xix
Índice de figuras	xxiv
Introducción	xxv
Planteamiento del problema.....	xxv
Antecedentes del problema	xxviii
Problematización.....	xxxi
Justificación del tema.....	xxxiii
Formulación del problema	xxxiv
Objetivos de la investigación	xxxiv
Objetivo general	xxxiv
Objetivos específicos	xxxiv
Alcances y limitaciones.....	xxxv
Alcances	xxxv
Limitaciones.....	xxxv
Marco metodológico	xxxvi
Tipo de investigación	xxxvi

Sujetos y fuentes de información	xxxvi
Título I: Bases para el fundamento de la culpabilidad penal	1
Evolución del concepto de culpabilidad en el derecho penal	1
La primitiva teoría psicológica	2
La teoría normativa de la culpabilidad.....	4
La teoría finalista de la culpabilidad	7
El concepto de la culpabilidad según propuestas dogmáticas de Roxin y Jackobs .	11
Elementos analíticos de la culpabilidad	16
Imputabilidad	16
El conocimiento de la antijuricidad.....	29
La exigibilidad de un comportamiento conforme a derecho.....	33
Decisiones libres y voluntarias o determinadas	36
Determinismo e indeterminismo	38
Título II. El libre albedrío según las neurociencias.....	42
Las neurociencias	42
Concepto y objetivo de las neurociencias	46
La interpelación de las neurociencias	47
La respuesta de algunos juristas penales con respecto al neurodeterminismo.....	48
Actos automatizados e instintivos según la neurociencia: concepto de acción	49

Cambios del cerebro con el devenir de la vida, neuroplasticidad	52
El sistema nervioso y su relación con las decisiones y la libertad, ¿cómo funcionan las neuronas, las redes neuronales y el cerebro?.....	55
Funcionamiento neuronal.....	56
La sinapsis.....	59
Redes neuronales y estructura del cerebro	60
Un poco de química cerebral, neurotransmisores y neuropéptidos	73
Las decisiones sencillas estudiadas por la ciencia. Experimentos de Libet, Fried y Haynes	78
Los experimentos de Libet y sus variantes	78
Los experimentos de estimulación profunda de Fried	83
La capacidad de veto y otras formas de salvar el libre albedrío tras los experimentos de tipo Libet.....	85
Experimentos que utilizan la técnica RMIf (resonancia magnética funcional)	87
Libre albedrío y responsabilidad moral.....	96
Existe responsabilidad moral en ausencia de un libre albedrío.....	96
La responsabilidad moral compatibilista	99
Título III. Neurociencia y su relación con el estudio de la agresión y la violencia	101
Relación entre cerebro y violencia.....	104
Estudios iniciales de la agresión y violencia.....	105

Neuroimagen cerebral y agresión.....	108
Consecuencias neurobiológicas del maltrato infantil.....	114
El desarrollo del cerebro y el maltrato	116
Importancia de los cambios neurobiológicos: “ciclo de la violencia”	118
Transmisión intergeneracional de la violencia contra la mujer	120
Serotonina y violencia.....	127
Estudios con respecto a la concentración de serotonina	129
Estudios de neuroimagen	132
Rol de las catecolaminas en la agresión y en la violencia.....	133
Adrenalina y noradrenalina y su implicación en la agresión y violencia.....	133
Violencia y dopamina	137
GABA y otras sustancias químicas cerebrales relacionadas con la agresión.....	139
Glutamato y GABA	140
Acetilcolina	141
Óxido nítrico	142
Vasopresina.....	143
Oxitocina.....	143
Opioides endógenos	144
Título IV. Neurociencia y pruebas judiciales.....	146

Técnicas para detección de engaño y mentira.....	152
Potenciales de evocación P300 y N400	153
Ubicar al sujeto en la escena del acontecimiento.....	155
Participación del sujeto en la escena o desarrollo del crimen.....	156
Controles jurídicos en el nivel epistémico	158
El consentimiento informado para la utilización de pruebas sobre neuroimagen, de acuerdo con instrumentos convencionales de derechos humanos	159
La decisión voluntaria, libre, consciente e informada de sometimiento a pruebas neurocientíficas	161
Libertad probatoria y neurociencias, auxiliares en la averiguación de la verdad	162
Propuesta conciliatoria entre neurociencias y derecho penal: compatibilismo.....	166
Bases del neurodeterminismo	169
Indeterminismo	171
Responsabilidad penal y compatibilismo humanista	172
Postulados básicos con respecto a la existencia o inexistencia del libre albedrío .	176
Conclusiones	180
Recomendaciones.....	184
Bibliografía	186
Resoluciones	218

Índice de figuras

Figura 1. Estructura de la neurona	58
Figura 2. Esquema del funcionamiento de un botón sináptico	60
Figura 3. Esquema del encéfalo	61
Figura 4. Los cuatro lóbulos de la neocorteza cerebral.....	65
Figura 5. Principales regiones del cortex prefrontal	67
Figura 6. Corteza prefrontal medial (CPFM).....	68
Figura 7. Corteza orbifrontal.....	69
Figura 8. Hipotálamo	70
Figura 9. Amígdala.....	71
Figura 10. Ínsula	72
Figura 11. Gráfico del potencial eléctrico de preparación en el experimento de Libet ...	81
Figura 12. Septum	105
Figura 13. Núcleo de la rafe	128

Introducción

Planteamiento del problema

El 13 de septiembre de 1848, Phineas Gage trabajaba en la construcción de un ferrocarril cuando sufrió un accidente laboral debido a la explosión de una carga de dinamita. La explosión ocasionó que una barra de hierro de aproximadamente 5 kilos y medio saliera disparada y atravesara el rostro de este trabajador, perforando la base del cráneo, entrando por el pómulo izquierdo, por debajo del ojo, y saliendo por el centro de la cabeza, más atrás de la frente, al inicio de la cabellera. Después de la explosión, la barra terminó a unos 30 metros del accidente manchada en sangre. Meses después del accidente, su recuperación era rápida y aparentemente sin muchas secuelas; no obstante, comenzó a sorprender a todos su cambio radical en los aspectos sociales, cognitivos y emocionales.

Gage pasó de ser un hombre conocido por ser organizado, capaz de planear, asertivo y hábil socialmente, a ser desorganizado, impulsivo, agresivo, con dificultades para mantener un trabajo y tomar decisiones morales y éticas, aunque sí conservaba intacta su capacidad para razonar. Se indica que la lesión de Gage había ocasionado un daño irreversible en la región orbitofrontal, lo cual demostró por primera vez la conexión entre los lóbulos frontales, el comportamiento social y la personalidad. Antes de este suceso se consideraba que los lóbulos frontales tenían una función meramente de protección, y la ignorancia frente al papel de esta región en el comportamiento se debía en parte a que solo se estudiaban funciones motoras y sensoriales como el lenguaje, pero nada se decía sobre el comportamiento social (Damasio, Galaburda, Frank y Grabowski, 1994; Gómez Pajaveau, 2018, p. 27).

Este incidente dio lugar a una reacción en cadena que contribuyó a la investigación científica rigurosa del cerebro. Aunque fue una circunstancia desafortunada para el señor Gage, marcó el camino para la ciencia moderna. Kaku (2015) señala que el estudio de Gage, así como de otros pacientes con lesiones en diferentes regiones del lóbulo frontal y el avance en las distintas técnicas de neuroimagen tuvieron una influencia sobre el desarrollo de la neurología, lo que llevó a los neurocientíficos a concluir que existen diversos sistemas neuronales involucrados en múltiples funciones, de manera tal que en ocasiones cuando una función se altera, otras asociadas a esta también son afectadas, como ocurre en el caso de las emociones y su estrecha relación con las decisiones morales (pp. 13-14).

Este caso hace reflexionar en las siguientes preguntas: ¿Alberga el cerebro el origen de los comportamientos antisociales y agresivos? ¿Podrían estar muchos de los comportamientos antisociales de personas condenadas en la actualidad por un delito, causados por alteraciones en áreas específicas del cerebro?

Por otro lado, en 1987 en Toronto, Keneth Parks perdió su trabajo, luego de esto desarrolló una gran adicción por las apuestas y en consecuencia enfrentó una situación económica muy difícil. Lo anterior provocó en el sujeto un alto grado de estrés e insomnio. La noche del 23 de mayo de 1987, Ken se levantó de su cama, condujo 33 kilómetros a la casa de sus suegros, con quienes, según se indica, mantenía una buena relación, y procedió a apuñalarlos a ambos, quitándole la vida a uno de ellos y dejando gravemente herido al otro. Tras este incidente se dirigió a la estación de policía y confesó el crimen que había cometido. Fue solo en este momento, en el cual Ken se percató que sus manos estaban severamente lesionadas y ensangrentadas.

El hombre señaló que había estado sonámbulo durante todo el trayecto. En un principio sus alegaciones no fueron tomadas en cuenta, sin embargo, su defensa logró probarlo en el juicio por medio de encefalogramas y descripciones exactas sobre lo ocurrido, sumado a la ausencia de un móvil para cometer el crimen. Él fue absuelto en un primer juicio, no obstante, la Corte Suprema de Canadá finalmente determinó su condena por los crímenes (Broughton, Billings, Cartwright, Doucette y Edmeads, 1994, pp. 253-264).

Asimismo, se hace referencia a un caso que enfrentó el sistema judicial norteamericano a principio de los años 90. Un hombre de 65 años, llamado Harvey Weinstein, estranguló a su esposa y luego para que pareciera un suicidio, decidió arrojar el cuerpo por la ventana de la habitación. Su abogado defensor, antes de comenzar el juicio, planteó el siguiente problema: Harvey tenía un quiste alojado en la membrana aracnoidea de su estructura cerebral, lo cual su abogado alegó ser lo que ocasionó la conducta violenta del acusado. Después de una gran controversia respecto a la admisibilidad o inadmisibilidad de la incorporación de imágenes cerebrales en el juicio, la fiscalía accedió a reducir la pena solicitada (Rosen, 2007). El caso fue de gran impacto en Estados Unidos y trajo consigo una pregunta: ¿Son relevantes a título de imputación jurídico penal las alteraciones orgánico cerebrales que anteceden a la comisión de un delito?

Otro caso es el que sucedió en la India en el año 2008, cuando se acusó a una mujer de ser culpable del homicidio de su marido. Como prueba de su culpabilidad, la fiscalía presentó un estudio electroencefalográfico, que conllevó a determinar finalmente la condena de por vida de la imputada. Los creadores del programa utilizado por la fiscalía (Brain Electrical Oscillation Signature) dijeron que este permite verificar de manera certera

si los recuerdos que tiene una persona sobre un hecho se deben a que realizó personalmente la acción, o bien, si solo lo presencié. Gracias a este estudio electroencefalográfico, se demostró que aquella mujer había realizado personalmente el homicidio de su marido. Este caso sería el primero en el que en una sociedad democrática, como lo es la India, utilizó una prueba científica de vinculación psicológica para condenar por un hecho (Rozanes, 2009).

Así, mediante los distintos métodos de investigación y experimentación, tales como neuroimagen, tomografía axial por emisión de positrones (PET), tomografía computarizada por emisión de fotones simples (TCEFS), resonancias magnéticas funcional o nuclear (RM o fMRI), entre otros, las neurociencias han sufrido un gran avance en los últimos años y muchos han servido de base para determinar la culpabilidad o no culpabilidad de un sujeto.

Los casos reales expuestos reflejan la vinculación existente entre el derecho penal y las neurociencias. Se aclara que este trabajo es sobre derecho penal, por lo tanto su objetivo es analizar los estudios y avances de las neurociencias y cómo estos podrían eventualmente impactar el principio de culpabilidad, a saber, cómo la evolución de las neurociencias en la comprensión del cerebro puede beneficiar al sistema penal costarricense e incidir positivamente en la determinación de la culpabilidad jurídico penal.

Antecedentes del problema

En los últimos años se ha abordado la temática de la culpabilidad desde un punto de vista de que quien delinque es porque así ha decidido hacerlo, basándose el sistema de derecho penal de culpabilidad en el libre albedrío, el cual ha sido muy cuestionable desde

las neurociencias. De esta forma, con la atribución de un comportamiento delictivo se presume, sin mayor análisis la culpabilidad de quien lo cometió.

El derecho penal ha sufrido una serie de evoluciones y aportaciones a lo largo de la historia, modificando la forma en que se interpreta y aplica el derecho en la actualidad. Uno de los grandes avances en la esfera jurídico penal a nivel doctrinal fue el surgimiento de la teoría del delito, la cual llegó a conformar una de las materias de la parte general del derecho penal, considerándose así como un planteamiento serio, al indicar características comunes que debe tener cualquier conducta para ser calificada como delito.

El principio que dicta “no hay pena sin culpabilidad” no existió desde siempre. En la antigüedad muchas sanciones punitivas se basaban en castigar a los sujetos por simples condiciones personales, o rasgos físicos, como lo fueron por ejemplo las teorías de Cesare Lombroso del criminal nato, en la cual, según los rasgos morfológicos y físicos de un sujeto, se determinaba que este era un delincuente nato, con resultados de sanción penal (Repsi, 2010).

En el derecho de los antiguos pueblos, se castigaba al sujeto por la simple producción del resultado dañoso, no se realizaba una valoración adecuada sobre las causas que produjeron la conclusión dañina (Jiménez de Asúa, 1957, p. 102).

La culpabilidad penal, componente dentro de la teoría del delito, no había sido aún desarrollada, lo que existía era un derecho sancionador que no examinaba el resultado. Estas posturas dominaron la mayor parte de la antigüedad.

Por ejemplo, en la antigua Grecia, el concepto de culpa estaba arraigado al *hybris*, cuyo significado se podría traducir en ‘arrogancia, insolvencia, perversidad, injusticia’. *Hybités* era el sujeto, quien llevaba en sí el *hybris*, es decir la persona culpable o responsable. Muchas de estas posturas se encuentran en textos griegos, donde se puede determinar con facilidad la sanción penal por condiciones personales (Guzmán Martínez, 2015).

Similar sucedía con las posturas del derecho romano antiguo. No había consenso entre los historiadores, algunos niegan la existencia de la responsabilidad objetiva material, o sea responsabilidad sin culpa. Otros doctrinarios indican que se aplicó determinado tipo de responsabilidad a partir de la Ley de las Doce Tablas (Teodoro, 1999, p. 10).

Con el desarrollo de la teoría del delito, surgen diferentes posiciones que redireccionan el derecho penal, al reconocer progresivamente que el derecho penal debe sancionar a los sujetos por las acciones que cometan y no por quienes son o por el resultado dañino. Siendo muchas las teorías que se han desarrollado a lo largo de la historia, las cuales han permitido ir realizando un mejor análisis y aplicación de la culpabilidad, en esta tesis se mencionan las tres más relevantes.

Hoy las neurociencias efectúan aportes de gran trascendencia, ya no solo desde un punto de vista teórico doctrinal o filosófico, sino de forma científica y con estudios serios, los cuales han sido acogidos y desarrollados por las universidades de mayor prestigio. En aquellos países, a la vanguardia de este campo, tales como Estados Unidos y Alemania, las investigaciones neurocientíficas gozan de un generoso financiamiento por parte de las agencias gubernamentales e instituciones privadas debido a su importancia, lo cual les ha permitido un rápido avance en sus conocimientos (Manson y Steenhuisen, 2013).

Existe un acuerdo entre los estudiosos de la historia de la ciencia acerca de las etapas cruciales que últimamente ha vivido esta, pues se dice que la primera parte del siglo XX se centró en la física, su segunda parte en la biología y lo que del siglo XXI convoca a la neurociencia cognitiva (Demetrio Crespo, 2017, p. 9).

Costa Rica, que aspira a ser un país de primer mundo, no debe ser ajeno e ignorar o rechazar de plano los avances tecnológicos y neurocientíficos de la actualidad, sino informarse, apoyarse y formar parte de estos, creando convenios con Estados e instituciones a la vanguardia de las neurociencias, que permitan a su vez una mejor capacitación de los juristas y distintas instituciones encargadas de impartir justicia, especialmente en materia penal, lo cual se traduciría en una mejor aplicación de los principios constitucionales.

Problematización

En un Estado social de derecho como el costarricense es fundamental que se realice un estudio exhaustivo del delito, abordándolo de manera multidisciplinaria para su correcta aplicación, siendo la criminología, el derecho penal, las neurociencias, entre otras, parte de sus herramientas. De este modo, toda persona sometida a juicio debe pasar previamente por un examen serio y exhaustivo para determinar su capacidad de culpabilidad, utilizando las herramientas mencionadas, en especial la tecnología de punta que ofrecen las neurociencias.

La doctrina clásica, de la cual se basa en la actualidad el tipo penal costarricense, tiene como elemento común la libertad de voluntad o libre albedrío. Sin embargo, como se

estudia más adelante, muchos autores concuerdan que las tesis fundamentadas puramente en el libre albedrío son insostenibles, no solo porque se cimientan sobre algo indemostrable con la simple observación o comprobación de hechos, sino porque la capacidad de poder actuar de un modo distinto a como realmente se hizo es algo en lo que se puede creer, pero no se puede demostrar con la simple observación o comprobación empírica de hechos.

La culpabilidad no puede solo fundamentarse en la indemostrable imposibilidad de actuar de otro modo. Como se ejemplifica más adelante, aunque el hombre poseyera esta capacidad de poder actuar de un modo distinto a como realmente lo hizo, sería imposible demostrar en el caso concreto si usó o no esta capacidad, porque aunque se repitiera exactamente la misma situación en la que actuó, habría siempre otros datos, nuevas circunstancias, etc., que la harían diferente.

Demetrio Crespo (2017) señala que por lo general los juristas suelen ser personas conservadoras y renuentes al cambio, él se refiere en razón de la actitud intelectual. Por lo tanto, en muchos casos, rechazan todo aquello que venga a desestabilizar las bases de su saber (p. 1). Esta marcada tendencia al conservadurismo jurídico proviene de un erróneo trueque de preferencias, alimentado por la idea de lograr seguridad jurídica, la cual es importante, claro está, pero no puede anteponerse equivocadamente al valor de la justicia material, ni dejar estancado en el tiempo al derecho penal costarricense y convertirse en un obstáculo al cambio social.

Conforme ha evolucionado el estudio del derecho a lo largo del tiempo y nacido con este los distintos estudiosos y pensadores, han surgido nuevas teorías doctrinales, cambiando con esto paradigmas y la forma de analizar la imputación de delitos, a las cuales el derecho

moderno se ha ido adecuado poco a poco. Pero esta evolución ha tomado tiempo. Nada indica que el principio de culpabilidad, que predomina en la actualidad, basado puramente en el libre albedrío, sea la forma correcta, irrefutable e infalible de imputar la culpabilidad penal a un sujeto.

Justificación del tema

El derecho penal no solo es un conjunto de deberes, sino también de garantías, por lo cual el estudio de culpabilidad debe ser exhaustivo y abordarse de manera multidisciplinaria, utilizando para esto los avances tecnológicos de punta que ofrecen las neurociencias, lo que permitirá una mejor comprensión entre el comportamiento delictivo y el cerebro de quien lo cometió.

Por consiguiente, en un Estado de derecho y partiendo de la correcta aplicación de principios constitucionales tales como el principio de objetividad (artículos 6 y 63 Código Procesal Penal), cuyo fin es la averiguación de la verdad real de lo ocurrido, no solo se debe investigar acerca de las circunstancias que posibiliten comprobar la acusación, sino además aquellas que permitan eximir de responsabilidad al imputado. El principio del debido proceso (artículo 39 Constitución Política) dicta que se debe tener un procedimiento especial que “garantice y asegure” la vigencia de los derechos fundamentales de las personas, lo cual no se lograría con la simple asunción o uso de teorías sin sólida o cuestionable fundamentación.

La culpabilidad penal, cimentada meramente en el libre albedrío, carece de fundamentos sólidos. Es necesario discutir los avances de las neurociencias y cómo estos pueden

beneficiar el sistema jurídico penal actual, dando así mejores garantías a los ciudadanos y herramientas al Estado, que ayuden a fundamentar la correcta imputabilidad de culpabilidad a un individuo.

Formulación del problema

Este trabajo pretende analizar cómo los estudios, avances, descubrimientos e investigaciones neurocientíficas con respecto al libre albedrío podrían eventualmente impactar el derecho penal en relación con sus instituciones básicas tales como los fines de la pena.

Objetivos de la investigación

Objetivo general

- Analizar de qué forma los avances de las neurociencias impactan el principio de culpabilidad.
- Analizar el principio de culpabilidad desde una perspectiva de los avances neurocientíficos.

Objetivos específicos

- Analizar si los descubrimientos existentes hasta la fecha de las neurociencias son suficientes para impactar el principio de culpabilidad penal y modificar sus bases.
- Analizar de qué forma el derecho penal costarricense se puede beneficiar de la evolución de las neurociencias en la comprensión del cerebro.

- Ponderar cómo la irrupción de la neurociencia puede incidir en el proceso jurisdiccional.

Alcances y limitaciones

Alcances

Esta tesis no pretende ser un discurso en que se defienda o justifique la delincuencia o actos delictivos, el fin es investigar qué ofrecen las neurociencias hasta la fecha con respecto a sus avances y estudios.

Asimismo, entender temas de gran importancia para el derecho penal desde la óptica de las neurociencias, tales como el libre albedrío, qué origina las conductas antisociales y de qué forma sus herramientas y estudios podrían ser eventualmente utilizados como medios probatorios en los tribunales de justicia costarricenses.

De igual modo, en los casos en que las personas deban recibir una condena, cualquiera que sea, analizar si las neurociencias serían herramientas fiables de peso a las cuales los imputados se puedan someter para un examen serio y multidisciplinario de culpabilidad y que estas pruebas neurocientíficas tengan relevancia y consideración.

Limitaciones

- La escasa información doctrinal nacional con relación al tema.
- Inexistencia de antecedentes jurisprudenciales.
- Escaso número de especialistas en neurociencias aplicadas al derecho penal.

Marco metodológico

Tipo de investigación

Investigación jurídica.

Finalidad

Esta investigación es esencia teórica, en la cual debido a la limitada información que existe en el país en cuanto a neurociencias, se utiliza literatura del exterior.

Dimensión temporal

Es una investigación longitudinal donde se analiza la culpabilidad y las neurociencias en una dimensión temporal, dando un enfoque en la culpabilidad.

Carácter

Esta investigación se basa en el tipo exploratorio, debido a que se abordan temas nuevos y de poco conocimiento, así como los avances que han tenido las neurociencias y cómo estos han influenciado en el derecho penal.

Sujetos y fuentes de información

Sujetos

Con respecto a las neurociencias, los sujetos son neurocientíficos a través de los aportes que han realizado a lo largo del tiempo y en países donde está más desarrollado el tema; además de su literatura en diferentes fuentes.

Fuentes de primera mano

En Costa Rica los especialistas en neurociencias enfocadas en el derecho penal son escasos o nulos, lo mismo es una limitación y de ahí la importancia o aporte de esta tesis. Por tanto, las fuentes de primera mano son escasas o nulas.

Fuentes secundarias

Libros, revistas, artículos electrónicos, jurisprudencia, leyes, tratados, entre otras.

Título I: Bases para el fundamento de la culpabilidad penal

Evolución del concepto de culpabilidad en el derecho penal

Hacer una revisión histórica de la evolución de la culpabilidad penal permite comprender de mejor forma cómo se llegó al concepto normativo que predomina en la actualidad.

El principio de culpabilidad que se encuentra unido al concepto de culpabilidad, los cuales no son exactamente lo mismo, se extrae del aforismo *nulla poena sine culpa* que se traduce en “no hay pena sin culpabilidad”, el cual no ha predominado desde siempre. A lo largo de la historia han ido evolucionando teorías doctrinarias y algunas han sido incorporadas en legislaciones de distintos países (Rojas Chacón y Sánchez Romero, s.f. p. 11).

Con dicha evolución, el concepto de culpabilidad dentro de la teoría del delito también ha sido afectado por estos cambios; no siempre ha sido visto desde un mismo enfoque, sufriendo aportes y críticas por parte de los estudiosos del derecho penal a lo largo de la historia. Y más cambios sucederán en el siglo XXI con el auge y descubrimiento que las neurociencias han ido realizando en torno a elementos que conforman las bases para la imputación de culpabilidad, como lo es el libre albedrío, el cual es muy cuestionado por los neurocientíficos.

Para comprender de mejor forma el concepto de culpabilidad y su ubicación en el campo de la teoría del delito, es importante conocer las principales teorías desarrolladas a lo largo de la historia.

Son muchas las teorías que se han desarrollado entorno a la culpabilidad como elemento dentro de la teoría del delito, sin embargo, para este trabajo se utiliza la clasificación usada por Schunemann, empleada y citada por el jurista costarricense Gustavo Chan Mora (2012).

No obstante, se advierte que el tratamiento que se da en esta tesis es un breve repaso de lo propuesto por cada una de estas, sin ser analizadas a profundidad y exhaustivamente muchos de sus planteamientos, debido a que escaparía de los límites de este trabajo.

La primitiva teoría psicológica

La teoría de la concepción psicológica de la culpabilidad corresponde a la etapa clásica de la teoría del delito, fue elaborada en la segunda mitad del siglo XIX y defendida por Ernst von Beling y Franz von Liszt como principales representantes.

La teoría clásica del delito incluía todos los elementos del delito, ordenados de forma razonable, de conformidad con las teorías naturalistas de la época, las cuales se concebían como fenómenos naturales, es decir que se podían verificar empíricamente (Chan Mora, 2012, p. 25).

El concepto de acción era totalmente natural, se enfatizaba en la producción natural del resultado, acorde a postulados del positivismo. Von Liszt la definía como “voluntad humana encaminada a realizar una modificación en el mundo exterior” (Camacho, Vargas y Montero, 2007, p. 43).

La *tipicidad* era objetivo descriptiva, o sea, se conformaba de elementos externos o descriptivos. La *antijuricidad* era meramente formal, pues solo hacía referencia a la conducta contraria a lo estipulado en el ordenamiento jurídico, sin importar la lesión al bien

jurídico, por lo que se decía que estaba estructurada en forma objetivo normativa (Betancour, 1996, p. 32).

En cuanto a la culpabilidad, la primitiva teoría psicológica se limitó a entenderla como un mero vínculo de causación psíquica (una suerte de nexo causal interno) entre el autor y el hecho, verificable empíricamente, y a ese nivel no requiere ninguna valoración jurídica al respecto. Es decir, como indica Righi (2003), se afirmó que la culpabilidad era la relación subjetiva del autor con el resultado, con lo que el juicio de culpabilidad no se hizo depender de una valoración sino de una constatación (p. 77). Esta comprensión respondía a una matriz mecanicista, claramente identificada en el positivismo naturalista y su esquema de pensamiento (Demetrio Crespo, 2017, p. 158).

Velásquez Velásquez (1995) menciona que la culpabilidad se refería a “todos los procesos espirituales y psíquicos que se desarrollan en el interior del autor, concibiéndose la imputabilidad como un presupuesto de aquella –debía ser tratada-; y el dolo y la culpa como formas o especies” (p. 33).

Por tanto, la culpabilidad estaba compuesta por dolo o culpa, existiendo clases o grados de esta, los cuales eran formas diferentes de representar el nexo psicológico.

El delito tenía realmente un único elemento valorativo, a saber, la antijuricidad; en otras palabras, la conducta contraria al ordenamiento jurídico, lesiva a un interés social protegido. Los componentes tipicidad y culpabilidad del delito carecían de valoración, dado que se presentaban como elementos naturales, como componentes del “ser” del delito.

Siendo la tipicidad una mera descripción objetiva de la conducta en la ley, y la conducta un movimiento corporal voluntario, susceptible de producir transformaciones en la realidad.

La culpabilidad era un elemento *material* del delito y no una valoración. Chan Mora (2012) indica: “Si la conducta delictiva es un movimiento corporal voluntario capaz de transformar la realidad, la culpabilidad es definida como la relación psíquica del autor con su conducta contraria al ordenamiento jurídico, como la relación anímica del autor con el resultado” (p. 25).

En conclusión, lo único que debía ser valorado por el juez para afirmar la culpabilidad, era la relación psíquica del autor con la acción realizada. Por lo anterior, esta teoría se denomina concepto psicológico de culpabilidad.

Esta concepción, que se podría definir como causal mecanicista de la culpabilidad, pronto se vio derrumbada, debido a que no era capaz de explicar la culpa inconsciente, tampoco podía brindar una explicación satisfactoria y coherente en relación con las causas exculpantes, donde a pesar de la existencia de ese nexo psíquico entre el autor y el resultado, el ordenamiento jurídico excluía la culpabilidad del sujeto (Demetrio Crespo, 2017, p. 159).

La teoría normativa de la culpabilidad

La vida del psicologismo fue muy corta en la dogmática penal moderna. El sistema clásico mostró grandes deficiencias al intentar sustentar todas las categorías en un modelo positivista naturalista, lo cual es más propio de las ciencias duras, como por ejemplo, la física, la química o la biológica.

Posteriormente, con la crítica al positivismo, el cual pretendía eliminar el pensamiento filosófico, y con la llegada del neokantismo, se generó una renovación de las categorías que conforman el delito; en lugar de utilizar las ciencias naturales del positivismo que consistían en observar y describir, apareció un método propio de las ciencias humanas que consistía en comprender y valorar (Camacho et al., 2007, p. 45).

En las primeras décadas del siglo XX, se formuló la concepción normativa de la culpabilidad, consistente en la *reprochabilidad* al autor de la acción, dándose la posibilidad de hacer un reproche individual por los actos realizados desde valoraciones y criterios normativos. Fue en 1907 cuando Frank ideó el concepto de reprochabilidad (posibilidad de poder reprochar al autor de la acción por haber emprendido aquella conducta), el cual fue su mayor aporte en materia de culpabilidad, según lo reconoce la mayor parte de la doctrina (Frank, 2002, p. 19). Se entendía que, aunque existiera dolo en un hecho, sea plena conexión psíquica con el acto, este no era culpable si no se le podía reprochar la conducta, debido a un estado de necesidad o por inimputabilidad (Luzón Peña, 2012, p. 6).

De acuerdo con Righi (2003), el modelo de la conducta del delito que llegaron a formular los neokantianos, fue una etapa de transición; si bien es cierto no supuso un cambio radical, generó innovaciones que pueden sintetizarse en: 1) La sustitución del método que utilizaba la observación y descripción, por uno basado en la comprensión y valoración, más acorde a las ciencias del espíritu y 2) la adopción de un esquema teleológico orientado a lograr que el derecho penal alcance determinados fines (p. 80).

Se introdujo entonces el análisis valorativo, axiológico, de la realidad en la dogmática penal. De esta forma, los neokantianos redefinieron la tipicidad, pasando a ser de una

simple descripción objetiva del comportamiento punible, a ser una categoría normativa o valorativa. Integraron la tipicidad con la antijuricidad, para conformar lo que se conocería como el injusto penal, constituyendo un primer juicio de desvalor objetivo, en relación con la conducta prohibida (Chan Mora, 2012, p. 27).

Dejaron de ver la antijuricidad desde un punto de vista meramente formal, dándole un valor material, es decir como lesión o puesta en peligro de un bien jurídico.

La culpabilidad, aspecto de mayor interés en esta tesis, se entendió como un juicio de desvalor, como un reproche o juicio de desaprobación contra el autor que realiza el hecho antijurídico, pudiendo haber adecuado su conducta conforme a derecho, y se le asignó también un contenido normativo valorativo, pasando de esta manera de un concepto psicológico de culpabilidad a un concepto normativo de culpabilidad (Chan Mora, 2012, p. 28).

En las viejas escuelas causalistas, la culpabilidad demandaba imputabilidad, dolo o imprudencia y circunstancias concomitantes; estos son elementos de la culpabilidad en lo sucesivo (Frank, 2002, p. 36).

La culpabilidad como reproche implicaba una serie de condiciones en el causalismo clásico, como la verificación de varios elementos para poder ser emitida. Estos elementos debían ser analizados sucesivamente y de cumplirse todos, se permitía efectuar el reproche.

Los elementos estructurales de la culpabilidad, según demanda el causalismo neoclásico, son: i) una aptitud espiritual normal del autor, lo que se denomina como **imputabilidad o capacidad de culpabilidad**, es decir la existencia de circunstancias psicobiológicas básicas

en el individuo, que le permitan concebir la naturaleza de sus actos y adecuar su voluntad con base en esa comprensión; ii) en segundo lugar **dolo o culpa**, o sea, una relación psíquica del autor con el hecho en cuestión o la posibilidad de esta, conforme lo cual aquel discierne sus alcances (dolo), o bien los podría discernir (culpa); y iii) **la exigibilidad de la conducta**, la normalidad de las circunstancias bajo las que el autor actúa (Chan Mora, 2012, p. 29; Gómez Pajaveau, 2018, p. 171), en otras palabras, “al autor no se le puede reprochar por algunas acciones realizadas bajo circunstancias de cierta anormalidad” (Frank, 2002, p. 42).

Como se expuso, los elementos estructurales de la culpabilidad en esta teoría son capacidad de culpabilidad o imputabilidad, el dolo o la culpa y exigibilidad de la conducta. El juez debía valorar estos elementos para poder emitir un juicio de reproche y con esto se pasa, como ya se ha indicado, de un concepto psicológico a uno normativo de culpabilidad.

De acuerdo con lo anterior, debido a la existencia de elementos subjetivos en los elementos tipicidad y antijuricidad, se cambió la visión del injusto, que era totalmente objetivo, a uno prevalentemente objetivo en el que podían haber elementos subjetivos. Y respecto a la culpabilidad, la cual -como se mencionó en la teoría anterior- era eminentemente subjetiva, se comenzó a considerar también valorativa al incluirse elementos de reprochabilidad.

La teoría finalista de la culpabilidad

El giro más radical y trascendente en materia de culpabilidad lo aporta el finalismo, cuya autoría y desarrollo corresponde al jurista alemán Hans Welzel.

En la escuela finalista de Hans Welzel, la acción es el ejercicio de una acción final, no meramente causal, el fin del resultado es lo que el sujeto quiere. Según Chan Mora (2012), “este autor parte en su base metodológica de que el derecho penal no puede construirse exclusivamente a partir de conceptos jurídicos, explicados únicamente con base en criterios normativos-valorativos” (p. 30).

A partir de lo anterior se entiende que el derecho penal, y más concretamente la teoría del delito, no debe valorarse solo de una norma, no es algo artificial que pueda desvincularse de la realidad. Welzel buscó dar preponderancia al “ser real de la acción humana en el concepto central de la teoría del delito (...)” (Camacho et al., 2007, p. 50).

Se parte de que el derecho no puede transformar ciertos principios materiales respecto de la conducta humana, que se presentan de manera previa. Por lo tanto, el derecho debe considerar estas estructuras lógico objetivas previas al formular la categoría del delito.

Como se aprecia en las teorías anteriores, el dolo y la culpa se encontraban dentro del elemento culpabilidad. Sin embargo, al sostenerse el presupuesto material de que toda acción humana dirigida a un fin requiere voluntad, se concluye que el dolo pertenece a la acción misma, la cual se encuentra dentro de la tipicidad, razón por la cual Welzel traslada el dolo y la culpa al tipo. La tipicidad pasa a ser tipicidad objetiva (elementos facticos) y tipicidad subjetiva (es lo que el autor desea realizar, lo que este persigue) (Chan Mora, 2012, p. 32).

Ese giro sistemático deja allanado el camino para arribar a un concepto normativo puro de culpabilidad. Pasando la culpabilidad a ser entendida como un juicio de reproche que se le formula al sujeto, por el hecho antijurídico (Demetrio Crespo, 2017, p. 160).

Al trasladar el dolo y la culpa a la tipicidad, se vacía la culpabilidad de elementos psicológicos (salvo por la capacidad o imputabilidad) y queda conformada de elementos casi exclusivamente normativos, valorativos.

El finalismo construye un “apoyo ontológico” reflejado en el “libre albedrío”, o sea, el autor posee facultad de autodeterminación, el ser humano está dotado de poder de actuación alternativa, del poder obrar de modo diferente, actuar conforme a derecho. Solo podía formularse un reproche de culpabilidad cuando el agente tenía la capacidad de llegar a una resolución de voluntad contraria a derecho.

Estructurándose de esta forma el juicio de reproche a partir de tres momentos analíticos, cada uno de los cuales requiere el componente previo: i) **la imputabilidad**, juicio general sobre la capacidad del sujeto de comprender el injusto realizado y de dirigirse de acuerdo con esa comprensión; ii) **conocimiento del ilícito o comprensión del injusto**, que el sujeto conozca o tenga la posibilidad de conocer el significado antijurídico del hecho, es decir que dicha acción está prohibida o penada; iii) **la exigibilidad de la conducta adecuada**, el poder exigirle al sujeto un comportamiento distinto al ilícito (Chan Mora, 2012, p. 34; Camacho et al., 2007, p. 51).

En la actualidad esta es la conformación estructural más común y extensamente aceptada para el concepto de culpabilidad.

Teoría estricta de la culpabilidad (finalismo)

La teoría estricta de la culpabilidad tiene sus orígenes en el modelo dogmático finalista, en el cual, como se expuso, su mentor es el doctrinario Hans Welzel. La teoría del delito, nacida bajo la escuela finalista, es también conocida como teoría compleja debido a que cada uno de sus estratos: acción, tipicidad, antijuricidad y culpabilidad, se subdivide en un aspecto subjetivo y otro objetivo (Sueiro y Birruel, s.f.).

Esta teoría trata la conciencia de la ilicitud, no como componente del dolo, sino como un elemento que es exclusivo de la culpabilidad separada del dolo y, en consecuencia, el conocimiento de la ilicitud o comprensión del injusto es presupuesto de la culpabilidad (Maurach y Heinz, 1994, p. 148).

La teoría estricta de la culpabilidad clasifica el error de prohibición como vencible e invencible, siendo que el error de prohibición invencible, por encontrarse situado en la culpabilidad y hacer referencia a la comprensión del injusto o antijuricidad, elimina la culpabilidad o reprochabilidad, mientras que el error de prohibición vencible solo atenúa la culpabilidad o reprochabilidad (Sueiro y Birruel, s.f., p. 650).

Según lo entendía Welzel (1970), un error sobre los presupuestos de las causas de justificación debía conducir a los efectos del error de prohibición (p. 232). Así también lo han llegado a comprender los penalistas Eugenio Raúl Zaffaroni y Enrique Bacigalupo, quienes se han adherido al finalismo clásico.

Sancinetti (1990) indica referente al error sobre una supuesta causa de justificación que “el autor ya no tendría aquí un error sobre lo que hace, sino sobre si lo que hace está prohibido o no” (p. 12).

El concepto de la culpabilidad según propuestas dogmáticas de Roxin y Jackobs

De acuerdo con Borja Jiménez (1999), desde los setenta la dogmática penal alemana ha intentado incorporar dentro de la teoría del delito consideraciones político criminales, en especial con los fines asignados a la pena (p. 92).

Han sido dos las propuestas que más han sobresalido dentro de esta tendencia, las cuales se examinan brevemente: la teoría de Roxin y la propuesta funcional de Jackobs.

El concepto de culpabilidad según Roxin

Es importante señalar la concepción que hace el jurista alemán Claus Roxin con respecto al concepto de culpabilidad.

Este autor cuestiona y renuncia a los criterios establecidos por Hans Welzel en la concepción de la teoría del finalista de la culpabilidad, en cuanto al libre albedrío, por la imposibilidad de demostrarse empíricamente. Roxin (1981) indica lo siguiente con relación a la teoría finalista de Welzel:

(...) esta concepción tropieza con dificultades tanto en sus presupuestos como en sus consecuencias. Se basa en la aceptación de una libertad de voluntad (o libre albedrío) que escapa de comprobación empírica. En la praxis solo puede constatar a lo sumo que el autor ‘de acuerdo con sus disposiciones y aptitudes generales’ habría actuado de otro modo. En cambio, no se puede saber si en el momento del hecho el

mismo era capaz de imponer una decisión de voluntad que se opusiera al hecho. Pero entonces lo que realmente se está discutiendo no es la incontestable cuestión del poder del individuo para actuar de otro modo en el momento del hecho, sino que se trata de ver qué es lo que el orden jurídico exige del autor a la vista de sus condiciones y de las circunstancias externas de lo sucedido en comparación con las de otros hombres, es decir, qué se le exige al particular para que aún se le pueda imputar su hecho. Esto no es una comprobación perteneciente al mundo del ser, sino un procedimiento de limitación de la responsabilidad penal atendiendo a puntos de vistas normativos. Pero sigue sin estar claro cuál es el criterio valorativo por el que se determinan esas exigencias, ya que el criterio aparentemente descriptivo del poder actuar de otro modo no hace sino ocultarlo (...) (p. 161).

De este modo, el libre albedrío escapa de comprobación empírica, en realidad no se puede demostrar que el sujeto pudiera adecuar su conducta de otra forma y no lo hizo, por lo cual, ante la duda, dice Roxin (1981), debería absolverse. Roxin (citado por Chan Mora, 2012) menciona que el reproche debe realizarse con base en la “asequibilidad normativa”, o sea en un análisis de la posibilidad de haber conocido o no la norma, lo cual determinará el juicio de reproche en la culpabilidad (p. 39).

Roxin (1997) define la culpabilidad de la siguiente manera:

(...) actuación injusta pese a la existencia de asequibilidad normativa (...) cuando existe dicha asequibilidad normativa, partimos sin poder ni pretender probarlo en el sentido del libre albedrío, de la idea de que el sujeto posee también capacidad de comportarse conforme a la norma, y de que se convierte en culpable cuando no

adopta ninguna de las alternativas de conducta en principio psíquicamente asequibles para él (pp. 807-808).

Otro aporte de Roxin (2002) es la propuesta de que las categorías dogmáticas de la teoría del delito se integren con consideraciones político criminales, concretamente con los fines asignados a la pena (p. 101).

De acuerdo con Chan Mora (2012), Roxin en su propuesta mantiene los elementos estructurales de la culpabilidad de la doctrina finalista (capacidad de culpa, conocimiento actual o potencial del injusto y exigibilidad), pero introduciéndoles consideraciones político criminales, en relación con los requerimientos preventivos generales positivos o preventivos especiales positivos de la pena (p. 27).

En resumen, uno de los mayores aportes que efectúa Roxin (2002) es ampliar el concepto de culpabilidad, creando la categoría culpabilidad-responsabilidad, en la cual tendría que llevarse a cabo previamente la determinación de la culpabilidad con base en todos los componentes para luego establecer si el autor merece la pena en razón del injusto cometido.

El funcionalismo radical de Jackobs

La propuesta funcionalista del alemán Günther Jackobs es en extremo compleja. Se realiza acá un acercamiento, particularmente al concepto de culpabilidad que plantea, para poner en evidencia por qué dicha formulación conlleva su anulación como límite a la potestad punitiva del Estado.

Chan Mora (2012) menciona que según la propuesta de Jackobs la función del derecho penal no es proteger bienes jurídicos, sino la de mantener la estructura, el orden social y protegerla de cualquier lesión, entendida esta “lesividad” como afectación a los roles que permiten que la sociedad exista, excluyendo así la protección de valores o bienes jurídicos (pp. 43-44).

Mendoza Buergo (2001) señala que se trata de un derecho penal:

(...) que no tiene tanto que ver con el castigo o represión de daños individuales y concretos, sino con la mera inobservancia de normas organizativas, es decir, con la protección de condiciones o estándares de seguridad y con la evitación de perturbaciones sociales; un derecho penal que no persigue -aparentemente- la conservación de objetos, sino el mero mantenimiento de la vigencia de la norma (p. 69).

Desde el funcionalismo sistemático, se expone a la sociedad como un engranaje, en la cual cada miembro cumple un rol específico que le permite a la sociedad desarrollarse. Si se frustra alguno de esos roles por medio de una lesión a una norma debido a una acción delictiva, se frustran los roles sociales asignados y, por consiguiente, se obstaculiza la vigencia y reproducción del sistema social. El injusto penal es relevante no porque lesione un bien jurídico mediante una acción humana, sino porque dicha acción lesiona la vigencia de la norma y con esto afecta la organización de la comunidad. Siendo un comportamiento penalmente importante, no por la adecuación al tipo penal (tipicidad objetiva), sino porque

la acción afecta la vigencia de una norma y el rol que esta impone (Chan Mora, 2012, pp. 44-47).

Para Jackobs (citado por Nieves, 2010), el principio de culpabilidad tiene “la función de estabilizar la norma débil”. En otras palabras, la culpabilidad cumple con un rol estabilizador de la confianza en el orden jurídico, perturbada por el delito, en condiciones normales (volitivas e intelectuales) del contexto social en el desarrollo comunitario. Postura que toca lo referido por Niklas Luhmann, en razón de que lo importante es que el derecho penal funcione, es decir, el derecho convertido en tecnología social (p. 72).

La culpabilidad, según Jakobs (1995), no depende de las circunstancias del sujeto, tampoco es un límite al poder punitivo del Estado, el concepto se construye en función de la sociedad, en una función preventiva de fidelidad a la norma. Jakobs (1995) explica:

La atribución de la culpabilidad de la que hemos tratado hasta el momento no tiene, por consiguiente, más peso que el valor del orden que se pretende estabilizar; la culpabilidad dentro de un ordenamiento que a su vez no vale nada es culpabilidad exclusivamente formal (...) aclarar que el fallo de culpabilidad no se refiere al individuo en su propio ser, sino a una persona social (pp. 1073, 1077).

Como indica Chan Mora (2012), con este planteamiento el derecho penal abandona su función formal asignada de protección de los bienes jurídicos de cualquier sujeto y asume una función de guardián (p. 50).

De acuerdo con Jackobs (1995), no hay nada más importante que mantener vigentes el sistema social y las funciones que lo hacen posible. Para eso, según Jackobs, debe servir el derecho penal, razón por la cual formula ese concepto de culpabilidad.

Elementos analíticos de la culpabilidad

Existe un amplio acuerdo doctrinal con respecto a los elementos que integran la culpabilidad, entendida como un componente esencial de la teoría del delito. Esta se divide en tres elementos: i) la imputabilidad o capacidad de culpabilidad, ii) el conocimiento de la antijuricidad y iii) la exigibilidad de un comportamiento conforme a derecho.

Imputabilidad

La imputabilidad, o más modernamente conocida como capacidad de culpabilidad, es el primer requisito que se debe verificar para formular un juicio de reproche.

Muñoz Conde (2018) dice que la imputabilidad abarca todos aquellos supuestos que se refieren a la madurez psíquica y la capacidad del sujeto de motivarse (edad, salud mental, etc.), basándose en que el infractor de la acción penal, del hecho típico y antijurídico, tenga las facultades psíquicas y físicas mínimas requeridas para ser motivado en sus actos por los mandatos normativos. Si el sujeto no tiene las facultades psíquicas suficientes para motivarse racionalmente, no se le puede imputar la culpabilidad (pp. 127, 129).

Si el sujeto carece de estas capacidades, por ejemplo, por no tener la madurez suficiente o por padecer trastornos mentales, no se le podría declarar culpable y, por consiguiente, no sería responsable penalmente de sus actos, por más que estos sean típicos y antijurídicos.

Camacho et al. (2007) indican que la culpabilidad es una cuestión de naturaleza meramente normativa, por lo cual no se trata de una cuestión médica o psiquiátrica, aunque algunas veces sea necesario acudir a estas ramas de conocimiento por medio de un perito (pp. 86-87). Al respecto, Calabuig (1998) señala que otras ramas, tales como las ciencias médicas o psiquiátricas, mediante un peritaje se podrán referir al tema de imputabilidad debido a la psicopatología detectada, mas no así a los temas de responsabilidad y culpabilidad, pues estos son de naturaleza jurídica (pp. 917-918).

Bacigalupo (1999) dice que para determinar la capacidad de culpabilidad es necesario no solo establecer las anomalías o alteraciones psíquicas, sino determinar que producto de esas anomalías o alteraciones el sujeto activo pueda comprender la ilicitud del hecho o actuar conforme a esa comprensión. Se trata de establecer jurídicamente si el sujeto estaba en una situación personal en la que era imputable (causalidad real) (p. 117).

La determinación de alguna alteración psíquica, enfermedad mental, grave trastorno de la conciencia, entre otros, son relevantes si inciden en la capacidad de comprensión y voluntad del sujeto al momento del hecho. Righi (2003) menciona lo siguiente:

Como de lo que se trata no es de explicar la situación mediante un estudio orgánico del cerebro, sino de examinar si el padecimiento psíquico que afectó al autor permite suponer una pérdida de la subjetividad requerida por el derecho penal, lo que se adopta es el método jurídico. Ello es coincidente con la idea de que se debe prescindir de la índole de padecimiento, para establecer como centro de atención el examen de los efectos que este produjo al autor en el momento de hecho, con lo que cualquiera sea la naturaleza de la afectación, corresponde descartar la

inimputabilidad del sujeto que sí le impidió comprender la ilicitud del hecho (p. 119).

La legislación costarricense define la inimputabilidad en el artículo 42 del Código Penal:

Artículo 42: Es inimputable quien, en el momento de la acción u omisión, no posea la capacidad de comprender el carácter ilícito del hecho o de determinarse de acuerdo con esa comprensión, a causa de enfermedad mental, grave perturbación de la conciencia sea esta o no ocasionada por el empleo accidental o involuntario de bebidas alcohólicas o de sustancias enervantes (Ley n.º 4573, 1970).

Dicha norma es abierta (*numerus apertus*), las enfermedades mentales pueden ser de múltiples índoles y una grave perturbación de la conciencia abre la posibilidad a muchas causas o factores que puedan ocasionarlas.

Chan Mora (2012) hace una crítica al artículo anterior al indicar que este establece una presunción de imputabilidad, sin embargo, no es la imputabilidad la que se constata, sino su ausencia, revirtiendo así la carga de la prueba sobre el imputado, lo cual implica una fricción con el principio de presunción de inocencia y con el principio *indubio pro reo*. Esto es de notoria verificación en la práctica judicial costarricense, donde es la inimputabilidad, y no la capacidad de culpabilidad, la que debe ser demostrada (p. 57).

En el artículo 43 del Código Penal también se contempla la imputabilidad disminuida, la cual existe cuando a raíz de las circunstancias descritas en el artículo 42, el sujeto posea en el momento de realizar la conducta, de manera incompleta, la capacidad de comprender su carácter ilícito o de determinarse de acuerdo con la comprensión:

Artículo 43: Se considera que actúa con imputabilidad disminuida quien, por efecto de las causas a que se refiere el artículo anterior, no posea sino incompletamente en el momento de la acción u omisión, la capacidad de comprender el carácter ilícito del hecho o de determinarse de acuerdo con esa comprensión (Ley n.º 4573, 1970).

De la normativa citada se puede concluir que en Costa Rica se presume que las personas son imputables, salvo aquellos casos en los cuales se pueda acreditar una causa de inimputabilidad total o disminuida.

Chan Mora (2012) indica que la presunción que subyace en la norma y que se ha implementado en la práctica forense es la siguiente:

(...) toda conducta típica y antijurídica es realizada por una persona imputable, salvo prueba en contrario de que el sujeto se encuentra en un supuesto biológico o psicológico (enfermedad mental, grave trastorno de la conciencia) de inimputabilidad, que impida o disminuya su capacidad de comprensión y voluntad (pp. 57-58).

Se trata de una presunción legal *iuris tantum* en la cual se da un relevo de prueba, para el ente acusador y para el juez, de la capacidad de culpabilidad del sujeto que ejecuta la conducta.

En conclusión, Camacho et al. (2007) señalan que si la capacidad se excluye completamente, el sujeto es inimputable. Si la exclusión es parcial, se está ante una imputabilidad disminuida que igualmente impide la imposición de una pena. El artículo 98 del Código Penal establece de forma categórica que cuando el autor del delito se haya

declarado inimputable o actuado con una inimputabilidad disminuida, el juez deberá imponer una medida de seguridad (p. 92).

Causas de inimputabilidad

Inimputabilidad por minoría de edad

La inimputabilidad penal de los menores de edad no es absoluta, la edad mínima de responsabilidad penal de un menor de edad varía entre los Estados. Quirós Harbottle (2015) indica que la legislación de Costa Rica es acorde con estándares internacionales en cuanto a la edad mínima de responsabilidad penal, al haberse fijado en doce años por la Ley de Justicia Penal Juvenil (p. 87). El artículo 1 de la Ley de Justicia Penal Juvenil menciona:

ARTÍCULO 1.- *Ámbito de aplicación según los sujetos.*

Serán sujetos de esta ley todas las personas que tengan una edad comprendida entre los doce años y menos de dieciocho años al momento de la comisión de un hecho tipificado como delito o contravención en el Código Penal o leyes especiales (Ley n.º 7576, 1996).

Con respecto a los menores de doce años, el artículo 6 de la Ley de Justicia Penal Juvenil dice que no son objeto de esta ley penal:

ARTÍCULO 6.- *Menor de doce años*

Los actos cometidos por un menor de doce años de edad, que constituyan delito o contravención, no serán objeto de esta ley; (...) Sin embargo, los juzgados penales

juveniles referirán el caso al Patronato Nacional de la Infancia, con el fin de que se le brinde la atención y el seguimiento necesarios (Ley n.º 7576, 1996).

Muñoz Conde (2018) dice que la imputabilidad es el resultado de un proceso de socialización, en el que el individuo va desarrollando una serie de facultades que le permiten conocer las normas que rigen la convivencia en el grupo al que pertenece y regir sus actos de acuerdo con dichas normas; es decir, actuar motivado por las normas jurídicas y por todo el entramado de normas sociales que constituyen los sistemas de control social, formal e informal (p. 131).

Hay una etapa de la evolución cronológica de la madurez del ser humano en la que aún no están plenamente asentados los rasgos psicológicos ni la personalidad (Muñoz Conde, 2018, p. 132). El ambiente familiar, económico o social incide en este proceso incluso con más fuerza que las propias facultades individuales. Por eso, en esta etapa es más importante influir en la socialización del menor que ha cometido un delito y en el respeto de las normas por parte de este, por medio de medidas educativas y correctoras de sus defectos de socialización, que en una pena que a pesar de orientarse a la reinserción social del condenado, tiene un componente aflictivo que puede incidir negativamente en las posibilidades de socialización del menor (Muñoz Conde y García Arán, 2010, pp. 364-365).

Por razones de seguridad jurídica, el legislador ha optado por marcar un límite exacto, dejando fuera de cualquier tipo de responsabilidad penal a los menores de doce años, por ende este es el límite mínimo de edad a partir del cual se puede comenzar a exigir responsabilidad penal.

A partir de los doce años y hasta cumplir 18 el menor es imputable, pero su responsabilidad penal se exigirá conforme a la Ley de Justicia Penal Juvenil.

Inimputabilidad por enfermedad mental

Los artículos 42 y 43 del Código Penal contemplan la enfermedad mental como presupuesto que excluye o disminuye la imputabilidad del sujeto activo.

El sistema exige dos presupuestos o niveles de análisis para determinar la exclusión o disminución de imputabilidad:

- 1) Un análisis psicológico o psiquiátrico que constate la enfermedad mental.
- 2) Segundo, una valoración sobre la incidencia de ese estado en la falta o ausencia de comprensión de la desaprobación jurídico penal. Es decir, si esta enfermedad mental en realidad incidió en la capacidad de comprensión y voluntad respecto de lo prohibido y penado por el derecho al momento de realizar la conducta (Bacigalupo, 1994, pp. 156-157; Chan Mora, 2012, p. 56).

Por tanto, es importante que las pericias psicológicas o psiquiátricas establezcan la existencia de una enfermedad mental (verbigracia, esquizofrenia, manías depresivas, etc.), sean estas permanentes o transitorias. Sin embargo, como indica Cabello (2002), “El perito no es un juez sino un colaborador técnico” (p. 51). La determinación de la capacidad de culpabilidad (inimputabilidad) de un sujeto no es una cuestión médica, corresponde su fijación a la autoridad jurisdiccional, de ahí la envergadura de un examen analítico de las sentencias (Sala de Casación Penal de Costa Rica, Voto n.º 00053, 16 de enero de 2015).

La Resolución n.º 01363–2011 de la Sala de Casación Penal señala que si bien el artículo 87 del Código Procesal Penal contempla la posibilidad de que el tribunal ordene la realización de un examen mental al imputado, para determinar si al momento de llevar a cabo el hecho ilícito tenía algún problema en su capacidad de comprensión o de determinación a causa de enfermedad mental o grave perturbación de la conciencia, el órgano constitucional ha sido claro en indicar que esta opción es potestativa para el juzgador (Sala de Casación Penal de Costa Rica, Voto n.º 01363, 11 de noviembre de 2011).

Lo normal es que las personas mantengan una adecuada capacidad mental, por lo que la inimputabilidad debe demostrarse. Vargas Alvarado (1999) aclara que no basta para excluir la imputabilidad el solo hecho que un individuo padezca una enfermedad mental, sino que esta sea trascendente en el momento de comisión del hecho (p. 422). Entre las enfermedades determinantes de inimputabilidad, están: la esquizofrenia cuando alcanza el grado psicosis franca, el retraso mental en sus grados de moderado a severo, la paranoia en forma de delirio, la epilepsia en situación de demencia y las crisis convulsivas. Asimismo, la imputabilidad disminuida se genera por la locura incompleta con disminución de las funciones cognitivas y volitivas, el retraso mental en grado grave y leve, la esquizofrenia cuando no ha alcanzado el grado de psicosis franca, la paranoia, la epilepsia incipiente y la desarrollada, entre otras (Camacho et al., 2007, p. 94).

Según Carbonell Mateu (1987), para determinar si una persona se encuentra o no estado de enajenación mental y, por ende, no se le puede exigir responsabilidad penal por ser

inimputable de acuerdo al artículo 42 del Código Penal, sería en aquellos casos donde falta en el autor la capacidad para conocer la norma (pp. 45-54).

Inimputabilidad por grave perturbación de la conciencia

El artículo 42 del Código Penal señala que es inimputable quien al momento de la acción u omisión posea una grave perturbación de la conciencia, sea esta o no ocasionada por el empleo accidental o voluntario de bebidas alcohólicas o sustancias enervantes.

Cabello (2002) menciona que la grave alteración de la conciencia es un concepto acuñado por la nomenclatura forense para aproximarse al trastorno mental y que desde la perspectiva psiquiátrica no aparece con características propias ni límites precisos, cumpliendo la misión de llenar los vacíos zonales que a menudo se producen entre los diferentes grados de una conducta inconsciente, desde la absoluta epilepsia hasta la imperfecta de la ebriedad del sueño (p. 50).

La resolución de la Sala Tercera n.º 00753–2008 menciona por mayoría de votos que el trastorno debe ser de tal intensidad que el estado mental pueda equiparse al del enfermo mental, donde hay una completa anulación del libre albedrío, e indica que para que la persona llegue a ese estado, el agente endógeno o exógeno que lo provocó ha de ser de tal envergadura que obnuble sus sentidos (Sala de Casación Penal, Voto n.º 00753, 22 de julio del 2008).

Camacho et al. (2007) dicen que en la grave perturbación de la conciencia no se da una pérdida total de la conciencia, donde se excluya la existencia de una acción voluntaria. Las razones que científicamente respaldan las causas de acarrear la inimputabilidad, es que

llevan a una conducta incongruente, insensata e insólita, en discordancia con los antecedentes biográficos o vitales del encausado, o ligan a una motivación suficiente o idónea para justificar el hecho delictivo (Cabello, 2002, pp. 51-52).

Imputabilidad por trastornos mentales transitorios

Los trastornos mentales transitorios son una alteración o anomalía psíquica que transcurre durante un lapso o tiempo limitado, en la cual no es exigible ninguna base patológica y que ocasiona en el sujeto la incapacidad de comprender lo ilícito y adecuar su conducta según ese conocimiento.

Arias Madrigal (2002) indica cuatro requisitos del trastorno mental transitorio:

- 1- **Perturbación mental:** Lo importante no es que padezca de una enfermedad, sino el efecto psicológico que se pueda producir al momento del hecho. Por lo tanto, no basta que concurra el factor biológico, sino el efecto anímico que causa aquella acción, siendo más relevante el factor anímico que las causas que lo producen.
- 2- **Intensidad de la perturbación:** La intensidad que genere un trastorno mental transitorio es tal que se pueda equiparar a la enfermedad mental, con la única diferencia de ser transitorio; o sea, que logre la curación total o definitiva al terminar el lapso en que transcurra la perturbación. Algunas causas podrían ser ocasionadas por una reacción vivencial o pasional, drogas o sustancias tóxicas y patologías mentales.
- 3- **Momento de apreciación:** La inimputabilidad debe apreciarse justamente al momento de la comisión del injusto.

- 4- **Duración:** El trastorno mental transitorio aparece repentinamente y su duración es corta, sin embargo, lo importante es que el efecto psicológico anule en el momento del acto la capacidad de comprender y poder determinarse de acuerdo con esa comprensión (pp. 144-146).

El trastorno mental transitorio puede ser no psicótico o incompleto, donde el paciente no recuerda partes o recuerda poco de lo sucedido inmediatamente después del suceso. Y el trastorno mental transitorio psicótico o completo es cuando las funciones cerebrales superiores están abolidas, el individuo no recuerda nada del hecho ni de lo que sucedió antes o después del mismo (Camacho et al., 2007, p. 102).

Inimputabilidad por emoción violenta

La emoción violenta es una de las causas más comunes de trastorno mental transitorio. La Sala de Casación Penal dice:

(...) es un concepto jurídico que requiere de un estado de alteración psíquica, pero también de una causa idónea generalmente provocada por la propia víctima o por circunstancias atribuidas a ella, de tal magnitud que hacen perder el control normal al agresor, quien llega a comportarse de una manera distinta y agresiva (Sala de Casación Penal de Costa Rica, Voto n.º 657, 30 de enero de 2012).

También ha señalado la necesidad de que exista el factor externo (causa eficiente) para que pueda configurarse la causa de atenuación de la responsabilidad penal (Sala de Casación Penal de Costa Rica, Voto n.º 500-F-92, 08 de octubre de 1992).

La jurisprudencia indica la necesidad de que esa emoción violenta sea causada por un estímulo externo ajeno al autor y que esta revista de cierta gravedad; o sea, que la causa sea eficiente con respecto a la emoción para que alcance características de violencia. En otras palabras, se trata de un estímulo externo que tomando en cuenta parámetros culturales muestre la emoción violenta como algo comprensible.

Cabe destacar que no es cualquier estado de emoción violenta la que puede atenuar el injusto penal cometido, sino que debe tratarse de un estado de emoción violenta “que las circunstancias hicieren excusable”, a diferencia de un simple enojo en el autor. El juez debe recurrir a criterios culturales y psicológicos para determinar cuáles circunstancias, en cada caso concreto, harían o no excusable el estado de emoción violenta (Sala de Casación Penal de Costa Rica, Voto n.º 00223, 15 de abril del 2016).

El Código Penal en los artículos 113 y 127 contempla la emoción violenta como causal de atenuación de los delitos de lesiones y homicidios:

Artículo 113.- Se impondrá la pena de uno a seis años:

- 1) A quien haya dado muerte a una persona hallándose el agente en estado de emoción violenta que las circunstancias hicieren excusable. El máximo de la pena podrá ser aumentado por el Juez sin que pueda exceder de diez años si la víctima fuere una de las comprendidas en el inciso primero del artículo anterior.
- 2) (...)
- 3) (...).

Artículo 127.- Si la lesión fuere causada encontrándose quien la produce en un estado de emoción violenta que las circunstancias hicieren excusable, se impondrá prisión de seis meses a cuatro años, si la lesión fuere gravísima, de tres meses a dos años, si fuere grave; y de uno a seis meses, si fuere leve (Ley n.º 4573, 1970).

Como se puede analizar de los artículos anteriores, el estado de emoción violenta no excluye la imputabilidad, solo la disminuye. La Sala de Casación Penal ha señalado, en primer término, como lo indica la doctrina, que es un concepto jurídico y no psiquiátrico y quienes determinan la existencia de emoción violenta en un caso concreto no son especialistas de las ciencias médicas, sino los jueces, por lo que el criterio de los psiquiatras no vincula ni condiciona obligatoriamente la decisión que se vaya a adoptar, pudiendo haber una emoción violenta (Sala Casación Penal de Costa Rica, Voto n.º 387, 18 de mayo del 2005).

La actio libera in causa

La inimputabilidad por trastornos mentales transitorios encuentra su límite con la teoría de la *actio libera in causa*. El artículo 44 del Código Penal menciona que cuando el mismo sujeto ha provocado esa perturbación de su conciencia, el juicio de reproche jurídico penal se traslada a un momento anterior, respondiendo entonces del hecho cometido por el dolo o culpa en que se hallare en el momento en que él se colocó en ese estado:

Artículo 44.- Cuando el agente haya provocado la perturbación de la conciencia a que se refieren los artículos anteriores, responderá del hecho cometido por el dolo o culpa en que se hallare en el momento de colocarse en tal estado y aun podrá

agravarse la respectiva pena si el propósito del agente hubiera sido facilitar su realización o procurarse una excusa (Ley n.º 4573, 1970).

El artículo 44 del Código Penal prevé varias opciones: a) el agente provoca la perturbación de su conciencia, colocándose en estado de inimputabilidad o imputabilidad disminuida, a raíz de un acto *culposo*. Por ejemplo, cuando un sujeto sin estar seguro de la naturaleza de la sustancia y sin guardar el mínimo cuidado la ingiere produciendo la eliminación o disminución de su capacidad de comprensión; b) el sujeto sabiendo que la sustancia lo colocará en ese estado de inimputabilidad, voluntaria y conscientemente la toma, colocándose *dolosamente* en ese estado, por lo cual en la especie no resultan aplicables los artículos 42 y 43 del Código Penal y c) el sujeto perturba voluntaria y conscientemente su capacidad con el deliberado propósito de facilitar la realización de un injusto penal y procurarse una excusa.

El conocimiento de la antijuricidad

El segundo elemento de la culpabilidad es el conocimiento de la antijuricidad o conocimiento actual o potencial del injusto penal, es decir conocer que la acción realizada está prohibida por el derecho y que está sujeta a pena. Este elemento se analiza solo después de haber sido comprobada la existencia del elemento anterior.

La regulación de este elemento se encuentra en el Código Penal en los artículos 35 y 79.

Al respecto, establecen:

Artículo 35.-No es culpable, el que por error invencible cree que el hecho que realiza no está sujeto a pena. Si el error no fuere vencible, la pena prevista para el hecho podrá ser atenuada, de acuerdo con lo que establece el artículo 79.

Artículo 79.-En los casos de error no invencible a que se refiere el artículo 35 o en los casos de exceso no justificado del artículo 29, la pena podrá ser discrecionalmente atenuada por el Juez (Ley n.º 4573, 1970).

Con este concepto se pretende analizar si el actor de una conducta catalogada como típica y antijurídica tenía conocimiento pleno, o como mínimo posibilidad de conocer, que dicha acción estaba prohibida o penada por el ordenamiento jurídico (error de prohibición vencible). A este nivel de la culpabilidad, indica Chan Mora (2012), se analiza el error de prohibición, el cual puede ser vencible o invencible.

Cuando se habla de invencible, se hace referencia a la ausencia total o falta de conocimiento de que dicha conducta llevada a cabo se encuentra prohibida y penada, mientras el error de prohibición vencible implica un conocimiento potencial del injusto, le resultaba posible haberlo conocido. Si se interpreta *a contrario sensu*, se puede afirmar que el autor es culpable solo cuando tiene un conocimiento pleno o potencial de que la conducta que realiza está sujeta a pena, o sea, prohibida y penada por el derecho (Chan Mora, 2012, pp. 58-60).

Juicio de reproche

El juicio de reproche cabe contra quien pudiendo comportarse conforme con el ordenamiento jurídico, no lo hizo. Este juicio de reprochabilidad solo se puede efectuar al sujeto que podía conocer la antijuricidad de su saber (Camacho et al., 2007, p. 188).

Cuando se habla de conocimiento de la antijuricidad o de la norma, no significa que el sujeto deba conocer el contenido exacto de la norma, tampoco que al momento del hecho tenga una conciencia exacta de que su conducta está prohibida, basta con que posea motivos suficientes para entender que el hecho está jurídicamente prohibido. Es suficiente con que, de acuerdo con su formación, nivel cultural, etc., se represente dicha ilicitud como posible y, a pesar de esto, actúe. Chan Mora (2012) dice que un gran sector doctrinal concuerda con que debe ser un conocimiento potencial de la antijuricidad para poder reprochársele culpable (pp. 145-146).

Error de prohibición

El error de prohibición consiste en la situación de desconocimiento o ignorancia en que se encuentra el sujeto activo en torno al carácter ilícito del hecho. No obstante, la particular situación de desconocimiento o ignorancia del agente no afecta la naturaleza ilícita del acto. Es el caso de quien comete una acción que cumple con todos los elementos objetivos y subjetivos del tipo penal, sin estar amparado en causa de justificación alguna, pero que actúa en la creencia de que las circunstancias lo permiten, en cuyo caso el error recae sobre las causas de justificación (Camacho et al., 2007, p. 205).

A continuación, se exponen las formas básicas de error de prohibición, las cuales son el error de prohibición directo e indirecto. Cabe señalar que en ambos casos el autor no conoce lo injusto del hecho.

Error de prohibición directo

El error de prohibición directo recae sobre la norma, es decir el sujeto desconoce que su conducta contradice el ordenamiento jurídico. También podría suceder que el sujeto tenga un conocimiento completo de la norma, pero por razones ulteriores no la crea vigente. O piense que su conducta no infringe o alcanza la norma prohibida. En estos casos procederá el error de prohibición directo (Armaza Galdos, 1993, p. 3).

En el Código Penal costarricense, el error de prohibición directo está contemplado en el numeral 35:

Artículo 35.- No es culpable, el que por error invencible cree que el hecho que realiza no está sujeto a pena. Si el error no fuere invencible, la pena prevista para el hecho podrá ser atenuada, de acuerdo con lo que establece el artículo 79 (Ley n.º 4573, 1970).

En este caso, el sujeto de la acción asume que la conducta que ejecuta no se encuentra prohibida en el ordenamiento jurídico, siendo que se excluye la culpabilidad y, por ende, la punibilidad, si el error es invencible. Si fuera vencible, la pena se atenuaría (Camacho et al., 2007, p. 220).

Error de prohibición indirecto

El error de prohibición indirecto recae sobre la existencia, límites o presupuestos objetivos de una causa de justificación. En este tipo de error, el sujeto conoce que hay una prohibición o mandato, sin embargo, cree que el hecho que está realizando no es antijurídico porque erróneamente asume la existencia de una causa de justificación inexistente o se extralimita de forma errónea (Sáenz Montero, 2019, p. 126).

En el Código Penal costarricense, el error de prohibición indirecto está contemplado en el numeral 34:

Artículo 34.-No es culpable quien, al realizar el hecho, incurre en error sobre algunas de las exigencias necesarias para que el delito exista, según su descripción. No obstante, si el error proviene de culpa, el hecho se sancionará solo cuando la ley señale pena para su realización a tal título. Las mismas reglas aplicarán respecto de quien supone erróneamente la concurrencia de circunstancias que justificarían el hecho realizado (Ley n.º 4573, 1970).

El autor asume que su conducta está amparada en una causa de justificación.

La exigibilidad de un comportamiento conforme a derecho

El tercer y último elemento por analizar de la culpabilidad es la exigibilidad de un comportamiento conforme a derecho.

Al llegar a este tercer elemento de la culpabilidad, se está ante una conducta que ya ha pasado por una serie de filtros, por lo tanto, dicha conducta es *típica* (primer elemento por analizar en la teoría del delito), *antijurídica* (segundo elemento que se analiza en la teoría

del delito) y en cuanto a la *culpabilidad* (tercer elemento en la teoría del delito), se puede decir que el sujeto es *imputable* (primer elemento de la culpabilidad que se analiza), el cual además *conoce que el hecho realizado es antijurídico* (segundo elemento que se analiza de la culpabilidad), faltaría por analizar este tercer elemento de la culpabilidad para determinar si al autor del injusto penal se le puede *exigir un comportamiento conforme a derecho* o si su ámbito de autodeterminación se encuentra reducido por alguna circunstancia objetiva.

La no exigibilidad de otra conducta comprende la improcedencia de una pena ante la imposibilidad de que el imputado pudiera actuar de otra manera a como lo hizo. Por lo general la coacción y amenaza a un sujeto para que cometa un delito son elementos que encuadran en la no exigibilidad de otra conducta. Es decir, es aquel impedimento de exigirle a una persona que tenga un comportamiento conforme a derecho, en virtud de una situación forzosa e inevitable.

Chan Mora (2012) indica que no es exigible un comportamiento conforme a derecho cuando:

“a. Se presenta un estado de necesidad exculpante por colisión de bienes jurídicos del mismo rango.

b. Existe coacción o miedo en el autor del injusto penal” (p. 65).

La crítica que se hace a este concepto de exigibilidad es que se formula a partir de un criterio ideal abstracto. Lo que se evalúa es si el sujeto con base en el criterio de un *ciudadano promedio* podía actuar o no conforme a derecho y no de conformidad con lo que

podría o no haber hecho la persona concreta enfrentada a la situación (Chan Mora, 2012, p. 65).

En Costa Rica, conforme el numeral 38 del Código Penal, opera el estado de necesidad exculpante: “Artículo 38.-No es culpable quien obra bajo coacción o amenaza de un mal actual grave, sea o no provocada por la acción de un tercero, cuando razonablemente no pueda exigírsele una conducta diversa” (Ley n.º 4573, 1970).

En cuanto a la obediencia debida, el numeral 36 del Código Penal dice:

Artículo 36.- No es culpable el que actúa en virtud de obediencia, siempre que concurren los siguientes requisitos:

Que la orden dimanare de autoridad competente para expedirla y esté revestida de las formas exigidas por ley.

Que el agente esté jerárquicamente subordinado a quien expide la orden.

Que la orden no revista el carácter de una evidente infracción punible (Ley n.º 4573, 1970).

Cuando existe una situación en la cual el sujeto se encuentra subordinado o dependiente de otro, como es el caso de la coacción o amenaza, esto implica que el sujeto no tiene la alternativa de autodeterminar su conducta, o sea de optar por otra opción u alternativa. Debido a esto, se excluye la exigibilidad de un comportamiento conforme a derecho.

Decisiones libres y voluntarias o determinadas

Como se estudió en el tema de imputabilidad, el libre albedrío en la actualidad es el cimiento para determinar la culpabilidad penal y así poder formular un juicio de reproche.

Gómez Pavajeau (2018) menciona que “el derecho penal sin la consideración de libre albedrío sería un castillo de naipes absolutamente vulnerable” (p. 43). Por su parte, Jiménez Martínez (2016) comenta que el libre albedrío “constituye el elemento imprescindible para construir el concepto de responsabilidad, sin el cual resulta difícil comprender la esencia y razón de ser de las ciencias normativas” (pp. 2-3).

Deborah W. Denno (2002), profesora y fundadora de la Escuela de Neurociencias y Derecho en la Universidad de Fordham, indica que las acciones tienen tres elementos claves: un evento *interno o volitivo* (sucede en la esfera del pensamiento del autor, se propone la ejecución de un fin), una *demostración física externa* de esa volición (la realización del pensamiento en el mundo exterior) y un *nexo causal* entre los elementos internos y externos (p. 274).

Entonces, la *acción* es todo comportamiento dependiente de la voluntad humana. Como establece Muñoz Conde (2018), “solo el acto voluntario puede ser penalmente relevante y la voluntad implica siempre una finalidad” (p. 9). La valoración penal puede recaer sobre cualquiera de esos tres aspectos de la acción, pero solo una vez que se haya realizado en el mundo exterior, porque los pensamientos no delinquen. Lo importante son los efectos concomitantes o los medios seleccionados para llevarla a cabo. Muñoz Conde (2018) ejemplifica lo anterior de la siguiente forma:

(...) cuando el autor conduce un coche a más velocidad de la permitida, puede pretender una finalidad absolutamente lícita (llegar a tiempo al lugar de trabajo), pero los medios empleados para ello (conducir imprudentemente un coche) o los efectos concomitantes (la muerte de un peatón atropellado) son desvalorados por la ley penal (p. 10).

Al decir que la acción final es la base del derecho penal, no quiere decir que solo interese el fin de esa acción, el derecho penal también puede estar interesado en los medios usados para conseguir ese fin o los efectos concomitantes a la realización.

Hecha esta aclaración, se continúa con el concepto de libre albedrío. Demetrio Crespo (2011) brinda la siguiente definición:

La idea constitutiva del concepto tradicional de la libertad de voluntad implica que el ser humano posee la capacidad de intervenir en los acontecimientos dirigiéndolos en un determinado sentido a través de su voluntad, toda vez que esta última está conformada por la razón y por lo tanto por ética y moral.

Esta comprensión configura a su vez la concepción determinada de la causalidad, denominada en la filosofía moderna 'motivación mental'. Según esta comprensión kantiana contenida en la 'Crítica de la razón pura' la voluntad puede iniciar una cadena causal por sí misma, lo que presupone que la voluntad por su parte no está determinada, sino que es libre, lo que por otra parte, no implica en modo alguno, según Kant, comprobación empírica al respecto (p. 12).

Con relación al libre albedrío, haciendo referencia al principio de imputación, Kelsen (1991) indica:

Es frecuente afirmar que, como el ser humano es libre (o goza de libre albedrío) es decir, según el sentido corriente de esta expresión, no está sometido a las leyes causales que determinan su conducta, es capaz de imputaciones morales, religiosas o legales. El hombre sólo puede responsabilizarse de ciertos hechos por ser libre. Puede ver recompensado su mérito, puede esperar hacer penitencia por un pecado y puede ser castigado por un crimen. Es corriente considerar que la libertad de que goza es la que posibilita la imputación (p. 234).

La existencia del libre albedrío es un tema que ha sido una discusión centenaria, en la cual hay muchas posiciones al respecto, algunas son irreconciliables entre sí y otras buscan combinar los distintos puntos de vista. Este tema es tan relevante que tomar una u otra posición podría conducir a resultados sociales tan diferentes que posiblemente sería necesario recapacitar a los propios penalistas.

A continuación se muestra una breve explicación sobre los conceptos “determinismo” e “indeterminismo”, los cuales serán frecuentes en los demás capítulos.

Determinismo e indeterminismo

Determinismo

El determinismo viene de la palabra en latín *determinare*, que significa ‘determinar’ y es contraria al libre albedrío.

Es una doctrina filosófica, cuya figura principal es Frans Von Liszt. El determinismo indica que todo acontecimiento físico, incluso los pensamientos y acciones humanas, está causalmente determinado por una irrompible cadena causa consecuencia, en la cual todo efecto futuro es el resultado de una causa presente (Caruso, 2017, p. 2).

Para ejemplificar de mejor forma este término, se aprecian los siguientes ejemplos: el *determinismo conductista* afirma que la educación o formación que se recibe determina a la persona, de tal manera que aunque el genio sea irritable, por medio de la educación se puede aprender a controlarlo y así evitar conflictos. El *determinismo psíquico* considera que las acciones están motivadas por las experiencias vividas, sobre todo en los primeros años de la existencia, dichas vivencias se acumulan en el inconsciente, de tal modo que en un futuro los comportamientos van a ser motivados por estas experiencias; por ejemplo, piénsese en un niño que vio muchas veces a sus padres pelear, por lo cual al crecer y formar su propia familia, va a repetir este tipo de conductas vistas y aprendidas inconscientemente de sus padres.

Por otro lado, el *determinismo geográfico* afirma que el lugar de nacimiento y el clima determinan las acciones humanas, piénsese en la forma que se comportan las personas que viven en clima frío y quienes viven a orillas del mar; las primeras tienden a ser tímidas e introvertidas debido a que el clima frío las obliga a recogerse en sus casas, las segundas tienden a ser alegres y fiesteras, debido a que el calor las obliga a salir de sus casas y socializar. El *determinismo por carácter social* establece que las leyes de una sociedad o de un país determinan las acciones humanas, hay muchas acciones que se dejan de llevar a

cabo por temor a la ley, o bien, por el convencimiento de que dichas leyes buscan preservar la vida y mejorar el bienestar.

Por último, el *determinismo de clase* considera que de acuerdo al nivel socioeconómico en que se nazca, así será el comportamiento y desarrollo, la mentalidad con la que se forma es diferente y determinada según el nivel socioeconómico; se podría decir que siguiendo este determinismo, la mayoría de los pobres continuará siéndolo por la mentalidad y ambiente en que se desarrollan (Villahuer, 2013, pp. 141-160).

En resumen, el determinismo indica que en realidad ningún ser humano tiene ante sí la elección libre de sus acciones. El actuar bien o mal moralmente sería consecuencia de experiencias pasadas y el ambiente en que se desarrolló el sujeto. Se contrapone al libre albedrío o también conocido como indeterminismo, incluso algunos neurocientíficos aducen que la libertad de voluntad es una mera ilusión y más adelante se estudiará por qué.

Indeterminismo

Maurach (1962) menciona que el indeterminismo es la posibilidad de orientar según *libre decisión* el actuar conforme a ciertas representaciones valorativas y desvalorativas (libre albedrío) (pp. 97-98).

El indeterminismo plantea que todo acto o decisión humana es libre y no determinado por elementos externos. Que el ser humano tiene la capacidad de elegir y adecuar sus conductas, llevando a cabo comportamientos dirigidos finalísimamente, precedidos del conocimiento de los hechos, la planificación y la voluntad de su realización mediante su ejecución motora.

El punto de vista tradicional del principio de culpabilidad en derecho penal, sostenido por la mayoría, presupone la libertad de decisión de la persona, argumentando que no se puede desconocer la existencia del libre albedrío como fenómeno asentado en las estructuras elementales de la comunicación social y el propio entendimiento que el ser humano tiene (Weigend y Jescheck, 2002, p. 437).

Este punto de vista tradicional sobre el principio de culpabilidad es lo que se conoce como indeterminismo, el cual es contrario al determinismo.

Título II. El libre albedrío según las neurociencias

Las neurociencias

La película *La naranja mecánica* de 1971, en su escena final muestra al protagonista postrado en una cama de hospital tras intentar suicidarse, luego de recibir un tratamiento experimental que tenía como objetivo eliminar todo rasgo de violencia. El protagonista llamado Alex se deja llevar en el último minuto por imágenes mentales sabiendo que aún tenía un margen de libertad que no había sido tocada por el Estado. Alex había sido sometido a una violenta terapia conductista, lo cual ocasiona en los espectadores un rechazo instintivo y, por ende, una valoración negativa del procedimiento, a pesar de las conductas psicopáticas del protagonista (Kubrick, 1971). Detrás de esta interpretación ficticia, hay importantes controversias éticas sobre la autonomía e identidad del ser humano, y la comprensión del funcionamiento de la mente.

La posibilidad de modificar la conducta del ser humano es tan solo una de muchas hipótesis que plantea el crecimiento de un campo que ha adquirido mucha fuerza en los últimos tiempos: el de las neurociencias.

Los descubrimientos realizados por las neurociencias en los últimos años están revolucionando todos los ámbitos de la vida moderna. El físico Michio Kaku (2015), sin duda una de las autoridades contemporáneas más respetadas en la física actual, indica que los avances en neurociencias han sido astronómicos y en muchos sentidos la clave ha estado en la física moderna, que emplea toda la potencia de las fuerzas electromagnéticas y nucleares para adentrarse en los grandes secretos ocultos en el interior de la mente.

Kaku (2015) señala que gracias a las máquinas de resonancia magnética (las cuales él compara con la invención del telescopio a mediados de la década de los 90) y una variedad de sofisticados escáneres cerebrales, se ha aprendido más sobre el cerebro en los últimos quince años que en toda la historia humana; y la mente, antes considerada fuera del alcance, empieza por fin a ocupar su lugar (p. 5).

Para ejemplificar lo anterior, la mayoría de las disciplinas conocidas hoy llevan el prefijo *neuro* para denotar que la neurociencia se encuentra presente, desde el planteamiento de la enseñanza y la educación hasta campos tan extraños como su influencia en las decisiones en el ámbito del derecho internacional público o de la medicina. El derecho penal no queda exento de las neurociencias, llegándose a conformar términos tales como neuroderecho y neurocriminología. Siendo estos algunos términos que en la actualidad abren paso al conocimiento sobre el funcionamiento del cerebro y las implicaciones que puede tener en el ámbito del sistema penal (Gómez Pavajeau, 2018, p. 15).

Diferentes líneas en neurociencias comenzaron a estudiar las bases neurobiológicas de la violencia. No se trata solo de extraer conclusiones generales acerca del delito y la criminalidad, tampoco se trata de explicaciones deterministas, ahora se habla de un fenómeno complejo en el que existen diferentes y múltiples causas. Razón por la cual el delito debe ser abordado de manera multidisciplinaria, utilizando herramientas tales como la criminología, el derecho y las neurociencias (Ruiz Guarneros, 2019).

Tal es el caso de la utilización de neuroimágenes como una práctica frecuente en tribunales de ciertos países, las cuales han generado nuevas investigaciones para tratar de

explicar el comportamiento humano. Los estudios de neuroimagen han aparecido en el ámbito jurídico penal como una herramienta que ayuda a comprender los procesos mentales de personas que han cometido delitos graves, buscando así un factor diferenciador que explique dicha conducta. Una característica de las técnicas de neuroimagen es que permite evaluar y estudiar el cerebro por medio de métodos no invasivos, haciendo posible visualizar cosas que antes no se podían. Modernas técnicas de imagen cerebral tales como la resonancia magnética, la resonancia magnética funcional, la tomografía por emisión de fotón único y la tomografía por emisión de positrones, posibilitan evaluar y medir funciones y disfunciones del cerebro (Ruiz Guarneros, 2019). Indica Kaku (2015) que por primera vez en la historia lo que un día fue territorio de la ciencia ficción, se ha convertido en una asombrosa realidad (p. 9).

Lo anterior ha llevado a Estados contemporáneos a patrocinar investigaciones científicas como ha ocurrido en varios países europeos, en sus más altos centros universitarios. Por ejemplo, la Unión Europea había anunciado el Proyecto del Cerebro (HBP por sus siglas en inglés, Human Brain Project), agrupando 24 naciones para que estas, en el transcurso de diez años del proyecto, simulen el cerebro humano, lo mapeen, identifiquen la cura de enfermedades cerebrales y desarrollen una cartografía detallada del cerebro humano (Human Brain Project, 2014).

En los Estados Unidos de Norteamérica, el expresidente Barack Obama anunció el pasado 2 de abril del 2013, en un evento realizado en la Casa Blanca, la billonaria puesta en marcha de un ambicioso proyecto para elaborar el mapa del cerebro, que permita saber qué es, qué hace y de qué es capaz el cerebro humano, cuya inversión aprobada según el New

York Times es de más de \$ 300 millones de dólares al cabo de los de diez años de duración (Markoff, 2013). Se espera no solo entender cómo actúa este órgano de manera normal y en cada enfermedad, sino también buscar mejores tratamientos y curas o prevenir dolencias, lo cual además posibilite adquirir bases para desarrollar estructuras de inteligencia artificial (Kiderra, 2013).

Gracias a estas millonarias inversiones, las neurociencias cuentan con herramientas que hace pocos años pertenecían a la ciencia ficción. La revolución digital, los avances en física subatómica y la ingeniería molecular ahora permiten representar en tres dimensiones áreas de menos de un milímetro del cerebro mediante vóxeles en un ordenador.

Los aportes que la neurociencia puede dar al derecho penal son enormes, debido a que le otorga a este un soporte real sobre el cual construir su normativa, sumado a la seriedad del trabajo de los neurocientíficos, muy particularmente su rigurosidad metodológica.

La neurociencia abre en el ámbito penal nuevos e interesantes debates sobre los conceptos de enfermedad mental, imputabilidad, libre albedrío y tratamiento penal, que podrían eventualmente replantear las bases de cualquier sistema penal legítimo, el concepto de culpabilidad o más bien los fundamentos de esta.

A continuación, en este título se habla de conceptos, términos, experimentos y estudios efectuados por la neurociencia enfocados en el libre albedrío principalmente y toma de decisiones, sin entrar a profundizar en estos, con el propósito de dar a conocer al lector común interesado en la rama de derecho penal principalmente, tales como estudiantes y abogados, hechos y circunstancias que antes eran exclusivos de quienes estudiaban las

ciencias del cerebro humano. De esta forma, se incentiva a desarrollar esta área de estudio en el país, tal como lo han hecho países de primer mundo en la actualidad.

Concepto y objetivo de las neurociencias

Los expertos definen la neurociencia como “la disciplina que estudia el desarrollo, estructura, función, farmacología y patología del sistema nervioso” (Mora y Sanguinetti, 1994), por medio de los procesos físicos y químicos que ocurren a lo largo de todo este sistema. Los prefijos *neur*, *neuri* y *neuro*, que siempre aparecen asociados a expresiones utilizadas en la temática de las neurociencias, están referidos al nervio o al sistema nervioso, por lo que la expresión “neural” se asocia con “las células nerviosas (neuronas) o partes de ella (dendritas y axones)” (Gómez Pavajeau y Gutiérrez de Piñares Botero, 2017, p. 95).

El propósito principal de las neurociencias es entender la forma en que el encéfalo produce la marcada individualidad de la acción humana, explicar la conducta humana en términos de actividades del encéfalo, cómo millones de células nerviosas actúan en el encéfalo para producir la conducta y cómo a su vez estas células están influidas por el ambiente en que se desarrollan, incluyendo la conducta de otros individuos (Ruiz Guarneros, 2019).

John Carew Eccles (citado por Ruiz Graneros, 2019), premio Nobel de Medicina, dice: “Sin que quiera ser demasiado dogmático, se podría decir que el objetivo de las neurociencias es formular una teoría que pueda suministrar una explicación completa de toda la conducta de los animales y del hombre, incluyendo la conducta verbal humana”. Las

neurociencias pretenden explicar la actividad humana voluntaria partiendo de la configuración del cerebro y sus funciones.

La interpelación de las neurociencias

El debate entre la existencia de libre albedrío o conductas determinadas, la controversia entre determinismo o indeterminismo, son temas que han venido acuciando a la filosofía y a la teología desde hace mucho tiempo. Sin embargo, ahora son los neurocientíficos quienes intervienen en el derecho penal, pero esta vez con evidencia científica y no solo con argumentos filosóficos, indicando que en sus investigaciones sobre el cerebro humano se ha comprobado que muchos comportamientos humanos están determinados, es decir, que se llevan a cabo en ausencia de lo que se cree ser una libertad de voluntad ejercida conscientemente, lo cual de ser verdad podría destruir de manera irremisible el supuesto fundamento del reproche de culpabilidad (Demetrio Crespo, 2017, p. 8).

Ahora bien, la neurociencia no es reciente, se puede remontar por lo menos a finales del siglo XVIII, cuando Galvani constató el hallazgo de actividad eléctrica del sistema nervioso y luego Broca, hacia 1860, planteó en forma primigenia la localización cortical de las distintas funciones cognitivas (Blanco, 2014, pp. 63, 79). No obstante, el gran salto cualitativo ocurrió en el siglo XX, después de que Santiago Ramón y Cajal descubrieron el mecanismo de la sinapsis neuronal y más tarde, en la década de los años 20, cuando Otto Loewi y Henry Dale confirmaron que los neurotransmisores químicos modelan la conducta, la cognición y las emociones (Ibáñez y García, 2015, p. 44).

Sin embargo, no son aquellos viejos investigadores neurológicos quienes afectan a los penalistas en la actualidad, sino los neurocientíficos de la historia reciente, quienes han postulado la falta de autoconciencia de la conducta humana, la cual estaría cerebral y cuasi robóticamente impelida, para referirlo de algún modo conciso. Y en su vertiente más radical, la neurociencia moderna aduce haber verificado empíricamente el inexorable determinismo cerebral, es decir que las conductas están determinadas.

Pero, a pesar de esta notable cuota de exageración, este planteamiento no debe ser tomado a la ligera y mucho menos tildarlo de ser una especie de resurrección del *lombrosianismo*, como lo ha hecho Hassemer (2011), catalogando a los neurocientíficos de “agrimensores de seres humanos” (pp. 2, 4). No obstante, las teorías del delincuente nato de Lombroso y Garofalo carecían de la más mínima solvencia científica, en vez, dejaban al descubierto el flanco de su feroz impronta ideológica. Esa expresión sin fundamento de Hassemer conquistó el auditorio y se escuchó repetir por doquier en diversos eventos académicos, en donde muchos la consideraron sin titubear, sin darse la tarea de estudiar el tema a más profundidad.

La respuesta de algunos juristas penales con respecto al neurodeterminismo

En cuanto al planteamiento neurodeterminista, algunos penalistas se han pronunciado de la siguiente forma.

En la doctrina alemana, Merkel apela a la adscripción normativa para legitimar la idea de culpabilidad y Weisser defiende la supervivencia del concepto de culpabilidad como atribución normativa de responsabilidad (por acciones ilícitas) que deriva de un consenso

social (Taruffo y Nieva Fenoll, 2013, pp. 145-165). En tanto, Lampe (citado por Demetrio Crespo, 2017) establece que los indicios empíricos de que el ser humano puede conseguir fidelidad al derecho son ya suficientes para reprochar *in abstracto* una lesión al deber de orientarse conforme a la norma (p. 11).

En la doctrina hispanoparlante Ramos Vázquez (2013), allegado a las ideas de Tomas Vives Antón, se aferra a la idea de libertad como una *praxis* que nace y se nutre dentro del espacio intersubjetivo, mientras que Weezel (2013) indica que la *provocación* del neuroderecho demuestra lo contrario de lo que se propone:

(...) la imputación jurídico-penal sigue siendo irreductiblemente normativa, al punto que los hechos brutos nada significan sin una mediación que pasa por los fines del sistema de imputación penal (...) incluso si el yo fuera el cerebro, y un cerebro determinado, habría que imputar el hecho a algún cerebro para hacer posible la convivencia social (pp. 13-14).

Balarce (2014) afirma que el derecho penal no se encuentra ajeno a los conocimientos provenientes de las ciencias duras, “sin que meras aproximaciones incipientes puedan modificar las bases jurídicas actuales” (p. 101), pero a su vez señala que si se llegara a comprobar el fatalismo determinista, ineluctablemente desaparecería la legislación penal (Balarce, 2014, p. 103).

Actos automatizados e instintivos según la neurociencia: concepto de acción

Los resultados logrados por medio de la investigación del cerebro hasta la fecha restringen de manera significativa el concepto de acción o conducta, válidamente para el

derecho penal. Se explica de la siguiente forma: el delito reclama siempre una conducta, sea esta una acción u omisión o comportamiento humano, que encuadre dentro de un tipo penal, es decir una figura legal, lo cual exige una acción realizadora del tipo penal. La acción supone voluntariedad, lo cual deja de lado movimientos reflejos y los ocasionados por fuerza física irresistible (Garzón Valdés, Spolansky y Nino, 2007, p. 11).

Dicha voluntariedad de la acción asume que el sujeto sea consciente de la acción que está realizando y la conduzca o ejecute de modo intencional, por lo que como se mencionó los supuestos de fuerza irresistible o de inconciencia absoluta quedan excluidos del concepto de acción, debido a que les falta la intencionalidad consciente o *subjetividad interna*.

Sin embargo, un supuesto que ya no está generando tanto favor doctrinal son los actos instintivos. Para ejemplificar los actos instintivos, puede imaginarse un conductor, el cual para ahuyentar una abeja repentinamente entrometida en su vehículo aparta las manos del volante y la espanta, ocasionando un accidente. Dicho lo anterior, existen actos automatizados, o automatismos, los cuales se adquieren mediante una larga práctica o entrenamiento y dictan la forma o disposición a actuar de determinado modo, por ejemplo, conducir un automóvil. Estos movimientos instintivos, aun cuando podrían considerarse como acciones defensivas y ser realizadas en fracción de segundos, la doctrina penal se ha empeñado en considerarlos como acciones, indicando que podrían ser supuestamente inhibidos por decisiones voluntarias (Gramajo, 1975, pp. 35, ss).

Roxin (1997) argumenta que se da un movimiento defensivo transmitido psíquicamente y dirigido a un objetivo, de modo que aun sin que medie reflexión consciente, el mismo

ingresa dentro de su concepto personal de acción y constituye una expresión de la personalidad del agente (p. 262). Jescheck entiende que no constituyen acción los reflejos corporales puramente somáticos, en los que el movimiento se desencadena de manera inmediata por estímulos del sistema nervioso (Demetrio Crespo, 2017, p. 14).

Un cuadro se presenta en los actos automatizados. Con escasas excepciones la doctrina dominante afirma la concurrencia plena de una acción, susceptible de valoración penal, optando por no excluirla del concepto de acción, a pesar de que se reconoce que se halla en una zona intermedia. En este punto, la neurociencia explica que los actos instintivos, sobremanera los de índole reactiva, volviendo al ejemplo inicial de la abeja que ataca al automovilista, provienen de respuestas electroquímicas (sinapsis) dimanantes del sistema límbico, las cuales quedan fuera de todo control consciente, por lo que no cabe imputar al sujeto una conducta que sirva de base a la atribución de responsabilidad penal. Se indica que ahí solo se encuentra puro instinto de conservación. Lo mismo ocurre con relación a los automatismos inconscientes, donde la respuesta neural de igual manera procede del sistema límbico y el acto automatizado se desencadena antes de la toma de conciencia por parte del sujeto (Demetrio Crespo, 2017, p. 15).

El cerebro almacena la información y la memoria, pues ambas son cruciales para la supervivencia humana y se activan ante la recepción sensorial de un estímulo externo. La neurociencia explica que en los casos de actos automatizados funciona la denominada *memoria implícita* que “incluye formas de aprendizaje perceptivo y motor que no requieren conocimiento consciente” (Kandel, 1997, p. 712).

Demetrio Crespo (2017) menciona que frente a supuestos de este tenor (actos instintivos y automatismos), el sistema social debe resignarse y acudir a otros mecanismos de resolución de conflictos, civiles o administrativos, no con una respuesta punitiva por parte del Estado, porque categorizar dichos actos de una acción humana voluntaria no solo violenta la dimensión antropológica del concepto de conducta, sino que significa un apotegma anticientífico estruendoso (p. 16).

Cambios del cerebro con el devenir de la vida, neuroplasticidad

De forma simplificada, se cuenta con tres cerebros, los cuales son tronco, cerebelo y neocórtex. El neocórtex lo tienen muy desarrollado únicamente los seres humanos y está muy especializado. Justo bajo el neocórtex está el cerebro límbico que tiene el tamaño de un limón y es responsable de regular la química del cerebro (segregación de neuropéptidos, etc.). El cerebelo es el sitio donde se encuentra el subconsciente y el tronco encefálico que se ocupa de tareas muy básicas, casi exclusivamente no conscientes. Hay 100 000 millones de neuronas que tienen la habilidad única de guardar información y comunicación entre ellas (Pérez Castells, 2018, p. 83).

Cada vez que se aprende algo nuevo, se crean nuevas redes neuronales, las cuales son grupos de neuronas fuertemente conectadas. En esas conexiones residen las ideas, experiencias y emociones. Las conexiones tienen un componente químico y uno eléctrico. Los impulsos eléctricos que se hacen en el cerebro son muy numerosos.

Ahora bien, con respecto al libre albedrío, surge preguntarse: ¿Dónde puede residir la libertad? Joe Dispenza (2013), un divulgador de la neurociencia, considera que, en

resumen, la libertad reside en la capacidad de cambio de los cerebros. La mente es el cerebro en acción, lo que el cerebro hace. Lo que es verdaderamente sugerente es conseguir que el cerebro funcione de forma diferente, porque eso significa cambiar la mente (p. 31).

Cuando se aprende algo desde el punto de vista teórico, una vez que se ha entendido en su profundidad de manera filosófica, se incorpora al cerebro y se pone en práctica, se personaliza y se empieza a modificar la conducta. Un cambio en la conducta significa tener una nueva experiencia y cuando hay una nueva experiencia, todo lo que se percibe por medio de los sentidos se recoge y se envía al cerebro. Al procesar toda esta información, muchas neuronas empiezan a organizarse en patrones. En el momento en que esas neuronas forman una red nueva, el cerebro emite los compuestos químicos como la dopamina o los neuropéptidos, que producen una emoción o un sentimiento.

De este modo, las experiencias cambian la circuitería del cerebro consiguiendo que se emitan compuestos químicos que van al cerebro emocional. Es así como quedan recogidas las grandes experiencias de la vida. Cuando se recuerda alguna experiencia, los péptidos pequeños que se generan la primera vez vuelven a segregarse y conducen al recuerdo y a la misma emoción que se tuvo entonces. No obstante, muchas veces no se es capaz de recordar lo que se cena el día anterior y eso es porque la rutina lleva al cerebro a adormecerse (Helmstetter, 2013, p. 27).

Ahora bien, el siguiente es un ejemplo de cómo se puede cambiar el cerebro y la vida. Si una persona nunca ha recibido formación cristiana y un día asiste a una charla en la que se habla de la compasión y del amor al prójimo, incluso a los enemigos, y esto impresiona a la persona al punto que empieza a leer sobre esta idea, en la mente se comienza a crear una

nueva red neuronal. Así que las neuronas con las cuales se ha creado una nueva red, se empiezan a unir y fortalecer cada vez más. Se inicia el cambio en el neocórtex. Si después se le ordena a la persona que es necesario que se reúna con un compañero de trabajo al que detesta, en ese momento el cerebro lo interpreta como una amenaza y empieza a generar todos los compuestos químicos y neuropéptidos necesarios para defenderse de cualquier amenaza, este comienza a producir adrenalina. La sangre va hacia los músculos y el individuo se pone en situación de estrés, de manera que sea capaz de salir corriendo o pelear si se requiere. Sin embargo, la persona recuerda lo que ha trabajado acerca del amor al enemigo y reflexiona sobre su reacción de reunirse con su colega, por lo que empieza a tener conciencia de cómo está reaccionado la mente y cómo se están generando los sentimientos. Esta situación en la que se percibe el trabajo de la mente se llama metacognición (Bello Díaz y Bello Llinás, 2018, p. 44).

Así, cuando se está siendo consciente de lo que le pasa al cerebro, se puede modificar, debido a que la conciencia está trabajando. Se puede conseguir silenciar los circuitos que están disparando los mecanismos de estrés, si se es consciente de que no se quiere reaccionar de esa forma. Si se logra silenciar esos circuitos, se podrían desconectar esas neuronas y cambiar la mente y se empieza a cambiar la circuitería del cerebro. Eso no quiere decir que la circuitería antigua haya desaparecido, en ese momento van a competir ambas redes neuronales.

Se podría imaginar la clásica visión del ángel bueno y el demonio malo que hablan al oído, uno diciendo que se debe ser compasivo y el otro empujando a la mecánica habitual, que para el cerebro es lo más cómodo porque es hacer siempre lo mismo. Si se sigue

trabajando en el circuito neuronal nuevo, se estaría reforzando y debilitando el antiguo, hasta que este sea el dominante. Al final si se logra repetir muchas veces, el cerebro empezará a actuar de modo similar ante la misma situación, porque se ha conseguido que el conjunto del cerebro aprenda a hacer lo que la mente quiere. Se ponen en marcha nuevos automatismos y se actuará sin necesidad de pensarlo porque se habrá logrado lo más difícil, que es activar el tercer cerebro, es decir el cerebelo. Se convertirá en inconsciente esa nueva acción, la nueva forma de actuar. Lo que se habrá hecho es memorizar un funcionamiento químico que se ha convertido en un hábito, en un comportamiento automático (Helmstetter, 2013, pp. 110-112).

De este modo cambia el cerebro a lo largo de la vida, generando las redes neuronales que harán actuar a las personas ante las situaciones o lo que se conocería en filosofía como la construcción de la moralidad, ese molde que permitirá filtrar las decisiones en aceptables o no según los valores que se posean. Pero además se puede seguir cambiando durante toda la vida, aunque se dificulta con los avances de los años y la fortaleza de las costumbres. Lo que hay detrás de la trabajosa neuroplasticidad es la modificación de circuitos, los cambios en las conexiones de las neuronas. La actividad cerebral durante los procesos de decisión es, pues, la mejor forma de arrojar luz desde los experimentos científicos al problema del libre albedrío (Pérez Castells, 2018, p. 106).

El sistema nervioso y su relación con las decisiones y la libertad, ¿cómo funcionan las neuronas, las redes neuronales y el cerebro?

Para muchas personas, las enfermedades mentales son simplemente un desequilibrio químico de dopamina, serotonina y otras moléculas. De hecho, los antidepresivos y los

fármacos que tratan enfermedades mentales cambian el equilibrio químico del cerebro (RTVE.es, 2018). Por eso, como se mencionó, se intenta hacer un gran mapa del cerebro para saber de qué se ocupa cada neurona y, *contrario sensu*, qué neuronas están involucradas en cada una de las acciones, actitudes y tareas que se llevan a cabo. Todo lo que se piensa, siente y recuerda supone eventos bioquímicos en el cerebro. Las neuronas se activan solas o en grupo y en eso consiste un pensamiento o un recuerdo. Buscar las causas de esos disparos es el comienzo de la pregunta por el libre albedrío (Pérez Castells, 2018, p. 117).

Asumiendo que todo lo que se piensa y decide lleva aparejados eventos físicos, en particular neuronales, resulta importante estudiar si algunos de dichos eventos neuronales pueden estar afectados por el indeterminismo. En esta sección se efectúa un breve recorrido por los aspectos del funcionamiento del cerebro, en lo que afecta al problema de la toma de decisiones; estructurado de lo más pequeño, la neurona, como célula esencial del cerebro, hasta la visión del encéfalo como órgano completo. También se indican los compuestos químicos que intervienen en procesos de decisión y en la afectividad. De esta forma, se da cuenta de la enorme complejidad que implica este órgano.

Funcionamiento neuronal

La neurona es la célula esencial del sistema nervioso, su cuerpo está compuesto de numerosas dendritas que salen de él y un largo axón que finaliza en varios terminales. La longitud de este axón puede ser enorme, incluso de más de un metro en aquellas neuronas que parten del final de la médula espinal y llegan hasta los dedos de los pies. Las dendritas reciben los estímulos que son transmitidos a través del axón hasta el otro extremo, para que

este transmita el estímulo a otras neuronas o a células somáticas diversas, si está al final de la fibra nerviosa. La transmisión es fundamentalmente eléctrica. La membrana de la neurona se encuentra polarizada, con cargas negativas en su interior y positivas en el exterior, esta diferencia de cargas en su interior y exterior se debe a que dentro de ellas existe una deficiencia de cationes sodio (positivos) que son más abundantes fuera. El instrumento que mantiene esta polarización es la bomba sodio potasio, habiendo así un gran equilibrio dinámico en la superficie neuronal. El potencial eléctrico de estas cargas ha sido medido y es de -70 mV (milivoltios), esto es el potencial de la neurona en reposo. El movimiento de iones tiene un coste energético, es tanto así que el cerebro consume el 20 % de la energía total del organismo y representa tan solo un 2 % de la masa corporal (Clark, Boutros y Méndez, 2012, p. 14).

Cuando una neurona recibe una señal, los canales de sodio se abren para que los sodios vuelvan a entrar dentro de la neurona, lo cual hace que se despolarice, disminuyendo la diferencia de potencial entre las cargas positivas y negativas en el interior y el exterior. Esta despolarización modifica el potencial haciéndolo menos negativo. Sin embargo, no todas las señales que reciben las neuronas son despolarizadoras, algunas actúan en sentido contrario, favoreciendo el mantenimiento de la polarización negativa. La apertura de canales que producen los cambios de diferencia de potencial se debe a la acción de neurotransmisores y de neuropéptidos.

Se podría ejemplificar la descripción de la neurona con un sistema que tenga una parte analógica y otra digital. La parte analógica estaría constituida por el cuerpo y las dendritas donde constantemente se está recibiendo información. La polarización de la membrana

fluctúa con todas las señales recibidas en la zona analógica de la neurona. Estos potenciales se denominan de gradiente. Pero nada importante sucederá mientras el potencial de la membrana no supere los -55 Mv (Clark et al., 2012, p. 16).

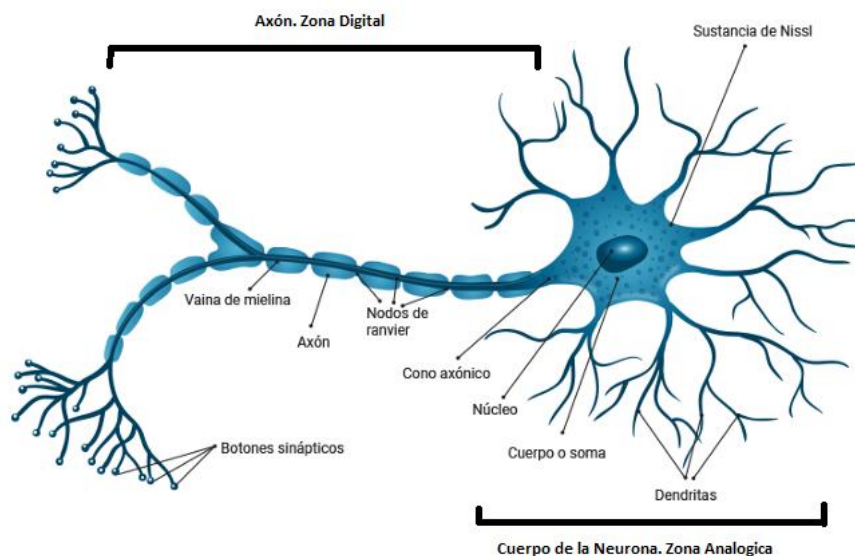


Figura 1. Estructura de la neurona

Tomada de: <https://medium.com/soldai/inspiraci%C3%B3n-biol%C3%B3gica-de-las-redes-neuronales-artificiales-9af7d7b906a>

Cuando la intensidad de las señales despolarizadas supera la barrera de los -55 mV, ocurre el disparo neuronal, comenzando con la apertura de un canal especial que permite la entrada de cantidades masivas de sodio dentro de la neurona, invirtiendo la polarización hasta llegar a $+30$ mV. Luego otros canales se abren para dejar salir el potasio al exterior, al final la situación se restablece en -70 mV. Este cambio en la diferencia de potencial se transmite rápidamente por el axón. El axón actúa como la parte digital de la neurona, no admite estados intermedios, se encuentra en reposo o en disparo, haciendo el papel de un código binario, o sea encendido o apagado.

El impulso, denominado potencial de acción, ha comenzado en una o varias dendritas y se transmite al axón por donde va avanzando. Al terminar el impulso, la neurona se vuelve a polarizar porque los canales de sodio se cierran cuando la señal llega al final del axón. Para que la información viaje con rapidez, el axón está envuelto en vainas de mielina que son pequeños tubos coaxiales similares a macarrones que lo envuelven, y entre estos queda un hueco para los canales de sodio (Pérez Castells, 2018, p. 65).

La forma en que estas neuronas están conectadas entre sí es demasiado compleja y en el caso de los seres humanos, tienen más de cien mil millones de neuronas.

La sinapsis

Ahora que se posee una noción de cómo viajan las señales por dentro de la neurona, es importante entender cómo pasan dichas señales de una neurona a otra. Las neuronas nunca llegan a tocarse entre sí, se acercan mucho unas a otras, pero queda un espacio entre ellas denominado espacio sináptico. La mayoría de la sinapsis es química, es decir, la información se transmite a través de los neurotransmisores, que son compuestos químicos. Los neurotransmisores están contenidos en pequeñas vesículas situadas en las dendritas de la zona de la sinapsis. En ellas hay unos botones o bulbos que son los encargados de permitir o no el envío de los neurotransmisores.

Cada botón contiene unas 2 000 vesículas y en cada vesícula hay entre 5 000 y 10 000 moléculas de neurotransmisor. Cuando la neurona envía su señal a las dendritas, esta alcanza los botones de la membrana presináptica, que pueden ser entre 30 y 50. Solo uno de ellos liberará los neurotransmisores hacia la otra neurona. El proceso implica la apertura de

unos canales que dejan entrar iones calcio dentro de la neurona. El calcio se une a las vesículas, las conduce al extremo de la neurona y allí su membrana se diluye con la membrana neuronal dejando salir los neurotransmisores al exterior. Estos viajan a través del espacio sináptico para unirse a los receptores de la otra neurona. Entonces, si se trata de un neurotransmisor excitatorio, se produce la apertura de canales de sodio que se expuso; pero si es un neurotransmisor inhibitorio, lo que hace es mantener la polarización de la otra neurona. Eso lo puede conseguir abriendo canales de potasio para que el potasio salga de la neurona siguiente al exterior (Melo, 2019).

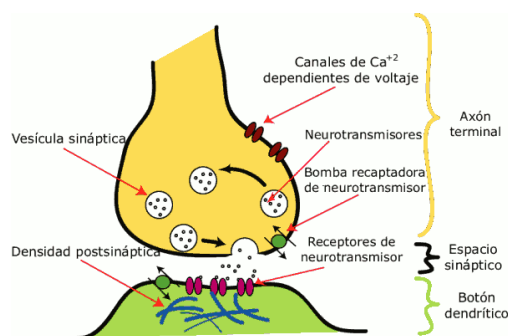


Figura 2. Esquema del funcionamiento de un botón sináptico

Tomado de: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a0/Sinapsis.png>

Redes neuronales y estructura del cerebro

Ahora bien, ¿qué es una idea, un pensamiento o una emoción? En resumen, son un conjunto de neuronas que trabajan juntas formando una red neuronal. Las neuronas se disparan, se conectan de manera estable utilizando sustancias como el factor de crecimiento nervioso, que se trata de una proteína que sirve para generar cableados estables de neuronas y que es muy activa en la fase embrionaria, aunque sigue teniendo un papel muy importante durante toda la vida (Pérez Castells, 2018, p. 49).

A lo largo de toda la vida, los seres humanos crean redes neuronales como resultado de sus pensamientos, experiencias y emociones. Cuentan con neuroplasticidad, la cual decrece con la edad y también neurorigidez, que es la tendencia a usar las redes existentes.

Diversas técnicas permiten saber qué zonas cerebrales se están utilizando en cada momento. La RMNf (resonancia magnética nuclear funcional) detecta las neuronas que se están disparando, porque ellas precisan energía para su acción y se puede ver el aporte de oxígeno adicional que reciben (Sell, 2007).

Conforme los avances, los mapas cerebrales van siendo cada vez más detallados y posibilitan saber qué zonas del cerebro se usan para cada cosa. Se dice que el encéfalo está formado por tres cerebros (tronco, cerebelo y neocórtex), cada uno con su propia circuitería y sus propias funciones e historia en la evolución. El neocórtex solo lo tienen altamente desarrollado los seres humanos (Pérez Castells, 2018, p. 50).

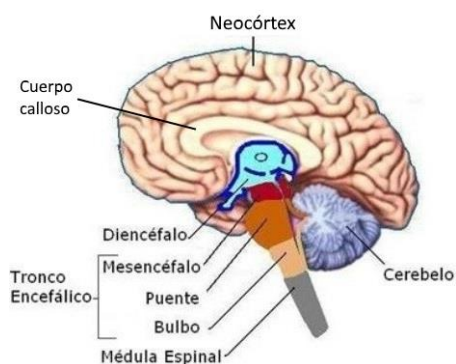


Figura 3. Esquema del encéfalo

Tomado de: <https://eltamiz.com/elcedazo/wp-content/uploads/2016/11/encefalo2.jpg>

Entre más profundo se sitúe una zona en el encéfalo, más básicas son las funciones que realiza y más se parece a la misma zona de los animales. La información llega

mayoritariamente al cerebro a través de la médula espinal y lo primero que encuentra es el tronco del encéfalo, que se encarga de las funciones más básicas como el control de la respiración, la circulación y la digestión, lo cual se hace de forma automática. El cerebelo al lado del tronco encefálico es el responsable de buena parte del subconsciente, controla a su vez la memoria del movimiento y la coordinación de los órganos. Si se sabe conducir y no se olvida, es porque está precisamente gravado en esta área (Morales Aguilar, 2011, p. 56).

El tálamo sería el cerebro límbico, a veces asimilando el cerebro emocional. El tálamo vendría a ser el equivalente a un *router* en un ordenador, porque es una estructura de la que emanan muchos compuestos químicos que van a dar información a otras partes del cerebro. Debajo de él está el hipotálamo, que está justo encima del cielo de la boca y su responsabilidad es mantener la homeostasis, o sea, la temperatura corporal, la concentración de los distintos compuestos químicos en el cuerpo, además de otras funciones como el ritmo cardiaco. La pituitaria, situada justo debajo, es responsable de segregar péptidos y hormonas que viajan por el cerebro, como la oxitocina y la vasopresina, los cuales tienen mucha importancia en la creación de apegos. Encima de esta zona límbica está el cerebro propiamente, el cual lleva a cabo la integración de todos los datos que llegan de los sentidos y de la médula espinal y es donde se da sentido a toda esa información (Morales Aguilar, 2011, p. 18).

El cerebro está dividido en dos hemisferios unidos por el cuerpo calloso. En el hemisferio izquierdo se desarrollan elementos tales como la lógica y el cálculo matemático y en el derecho otras como el reconocimiento facial. Pero si se llegara a sufrir un gran trauma y se pierde incluso casi la totalidad de uno de los hemisferios, se podría continuar

viviendo, porque el cerebro sigue vivo y puede reprogramarse y utilizar más el otro hemisferio para suplir la falta (Morales Aguilar, 2011, p. 17).

Lo que está en la zona más externa y se podría considerar más humano (constituye el 80 % del peso del encéfalo) es el neocórtex. Su parte frontal es la que más determina la personalidad. La zona parietal está relacionada con las sensaciones, es la zona utilizada para relacionarse con el entorno y hay muchas neuronas aquí que se activan ante una entrada sensorial. El lóbulo occipital se encarga fundamentalmente de la visión. Luego al lado está el lóbulo temporal, que tiene mucho que ver con el lenguaje, el oído y donde también se sitúan muchos recuerdos. En la zona parietal hay una parte muy relevante que se llama corteza somatosensorial, donde la información sensorial llega al cerebro. Al lado se ubica la corteza motora, donde a partir de la información aferente se elaboran respuestas motoras que van por la médula hacia los músculos (Morales Aguilar, 2011, pp. 9-10).

Lo anterior es a grandes rasgos la distribución de funciones; sin embargo, cuando a una persona se le va a operar y se le tiene que extraer parte del cerebro, se efectúan mapas individualizados para conocer el uso que esa persona hace de la parte dañada y de su entorno. Técnicas tales como la resonancia magnética funcional (RMNf) o la tomografía computarizada de emisión monofotónica (SPECT) sirven para detectar cerebros enfermos, no solo enfermedades como el cáncer, sino también para ayudar en el diagnóstico de enfermedades mentales y la evaluación de la responsabilidad moral de los criminales (Pérez Castells, 2018, p. 53).

Aprender es realizar nuevas conexiones neuronales, o sea, se hace que el cerebro cambie físicamente. Cualquier enseñanza produce una nueva red de circuitos en el cerebro y la

arquitectura cerebral guarda esa información en forma de nuevas redes neuronales (Bello Díaz y Bello Llinás, 2018, p. 82).

Respecto a las zonas del cerebro que más intervienen en decisiones, se debe indicar que cualquier proceso decisorio es muy complejo pues puede incluir componentes como el juicio, la previsión de las consecuencias de las acciones y la consideración de las ventajas y desventajas de cada una de las alternativas. A la hora de analizar los posibles escenarios en el proceso de toma de decisiones, estarán presentes componentes motores y motivacionales. Varias zonas corticales y subcorticales participan en la decisión con especial importancia del córtex prefrontal y los ganglios límbicos basales.

Dentro del córtex prefrontal se encuentra la zona orbitofrontal del córtex y también otros componentes dorsales, todos estos son zonas críticas para el desarrollo de la personalidad, la motivación y tienen gran contribución en la regulación de los aspectos afectivos y del humor. Estas regiones reciben señales difusas procedentes del lóbulo temporal medio, el cíngular anterior, el lóbulo parietal y de los ganglios basales. Esto hace que sea la zona mejor preparada para conducir el comportamiento y las decisiones, así como las acciones guiadas por estímulos tanto internos como externos. Mucho de lo que se sabe del córtex prefrontal viene de los casos de lesiones graves que conducen generalmente a desinhibición, inestabilidad emocional, impulsividad y toma de decisiones de manera irracional (Faveron Patriau, 2017, p. 41).

La otra zona muy implicada en el proceso de decisión son los ganglios basales, que son una colección de núcleos subcorticales. Su función principal es la generación de movimientos voluntarios. Participan además en la selección de acciones tanto inconscientes

como conscientes. Las primeras generadas por el tronco cerebral y la médula espinal y las segundas originadas en el córtex motor y en el área motora suplementaria. Estas zonas también tienen un papel más allá de los aspectos motores y que se extiende en cuestiones asociadas con la decisión. Esto se ha probado al aparecer conjuntamente desórdenes neurológicos y psiquiátricos, por el efecto ansiolítico que se observa de las cirugías que tocan estas estructuras, y por la actividad que se ha visto mediante las técnicas de imagen ante desordenes psiquiátricos (Morales Aguilar, 2011, p. 7).

La neocorteza

En la siguiente figura se observa la neocorteza, la cual es la capa más externa del cerebro, dividida en cuatro lóbulos. Todos se dedican a procesar las señales procedentes de los sentidos, excepto uno: el lóbulo frontal, localizado detrás de la frente (Pérez Castells, 2018, p. 57).

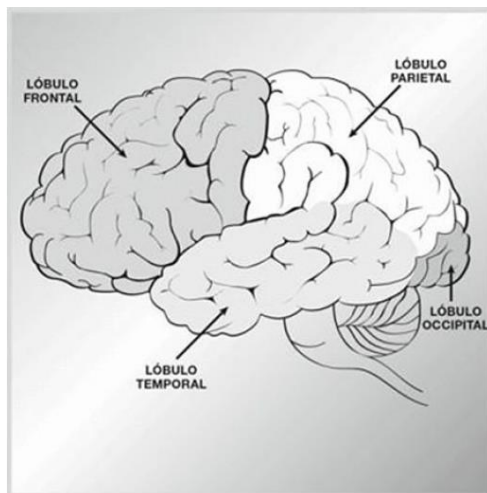


Figura 4. Los cuatro lóbulos de la neocorteza cerebral

Tomado de: <https://www.psicologia-online.com/la-corteza-cerebral-funciones-y-partes-595.html>

En la corteza prefrontal, la parte delantera del lóbulo frontal es donde se procesa la mayor parte del pensamiento racional. La información que se está leyendo ahora mismo se procesa en la corteza prefrontal. Si esta zona sufre daños, esto puede afectar la capacidad para hacer planes o proyectar en el futuro, como le sucedió a Phineas Gage. Esta es la región donde se evalúa la información procedente de los sentidos y se determinan las acciones futuras (Kaku, 2015, p. 17).

El lóbulo parietal, situado en la parte superior del cerebro, controla la atención sensorial y la representación del propio cuerpo. Las lesiones en esta área pueden provocar muchos problemas, tales como dificultades para localizar las partes del cuerpo (Kaku, 2015, p. 18).

El lóbulo occipital se encuentra en la parte posterior del cerebro y procesa la información visual procedente de los ojos. Las lesiones en esta área pueden ocasionar ceguera o problemas visuales.

El lóbulo temporal controla el lenguaje (únicamente la parte izquierda), así como el reconocimiento visual de los rostros y determinados sentimientos emocionales. Una lesión en este lóbulo puede hacer que se pierda la capacidad de hablar o que se sea incapaz de reconocer los rostros conocidos (Kaku, 2015, p. 18).

Corteza prefrontal ventromedial (CPVM)

Estudios con técnicas de neuroimagen y en pacientes que han presentado lesiones en la CPVM indican que la CPVM está implicada en diversas funciones relacionadas con la regulación emocional y el comportamiento social.

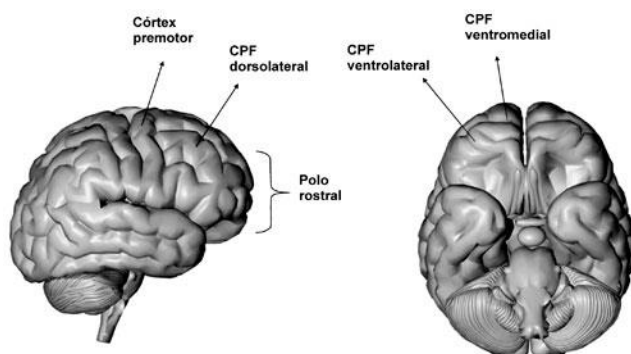


Figura 5. Principales regiones del cortex prefrontal

Tomada de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-92272005000200004#img01

En cuanto a la regulación emocional, la CPVM se activa para responder a eventos que pueden producir consecuencias negativas como el peligro, el dolor o el asco. Desempeña un papel activo tanto en la respuesta emocional como en la inhibición efectiva de respuestas emocionales ante una señal que genere una respuesta emocional negativa, como el miedo o a la ira; así mismo, participa en la empatía, en la regulación de conductas asociadas a una actividad emocional, en la asociación emocional entre eventos pasados y presentes y en el procesamiento del riesgo y el miedo (Gómez Pavajeau y Gutiérrez de Piñares Botero, 2017, pp. 87-88).

Respecto a la toma de decisiones, la CPVM ayuda a elegir opciones en aquellos casos donde la incertidumbre se asocia con una elección que implica riesgo o ambigüedad, participa del aprendizaje a partir del error en las elecciones que producen resultados negativos y en la elección de alternativas que brindan recompensas positivas a largo plazo. Frente a la teoría de la mente, la CPVM está involucrada en el reconocimiento de la ironía, el engaño y el sarcasmo (Gómez Pavajeau y Gutiérrez de Piñares Botero, 2017, p. 88).

Además tiene un papel en la capacidad para hacer juicios morales sin errores y de manera consciente tanto en situaciones de la vida real como en situaciones hipotéticas. Pacientes que presentan daños en esta región, especialmente cuando se ha visto afectada durante la infancia o la adolescencia, pueden hacer juicios en situaciones hipotéticas, pero no en situaciones de la vida real, lo que conlleva a que elijan comportamientos que van en contra de los valores morales, apoyando acciones que rompen las reglas o causan un daño moral a otros.

Corteza prefrontal medial (CPFM)

Está involucrada en procesos de inhibición, regulación atencional y de la agresión, aprendizaje, predicción de resultados de la acción, detección y solución de conflictos, detección de discrepancias entre las respuestas reales y previstas, predicción de la probabilidad de error, detección de la volatilidad ambiental y en los procesos motivacionales. Además de ser una de las regiones más importantes en el procesamiento de la información socialmente relevante, como la comprensión de sí mismos y de otros, y en el desarrollo temprano de la cognición social (Charpenter, Moutsiana, Garrett y Sharot, 2014, pp. 88-89).

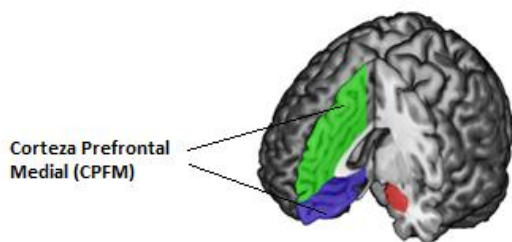


Figura 6. Corteza prefrontal medial (CPFM)

Tomada de: <https://ivanlerma.com/2013/02/27/el-control-del-miedo-la-amigdala-y-la-corteza-prefrontal/>

Corteza orbifrontal (COF)

Esta región cumple múltiples funciones; entre otras, participa en la regulación emocional, la inteligencia social, la toma de decisiones, el control de impulsos y la monitorización de situaciones sociales, asimismo puede actuar como mecanismo de comprobación de datos, asegurándose por ejemplo de que se ha cerrado bien la puerta y lavado las manos. Se activa cuando la persona trasgrede una norma moral (Gómez Pavajeau y Gutiérrez de Piñares Botero, 2017, p. 89).

Al tener gran cantidad de conexiones con estructuras tales como la amígdala y el hipotálamo, y al estar correlacionada con respuestas más reflexivas que impulsivas, una de sus principales funciones es la regulación emocional, por lo que responde a preguntas del tipo: ¿Cómo debo reaccionar ante otros?

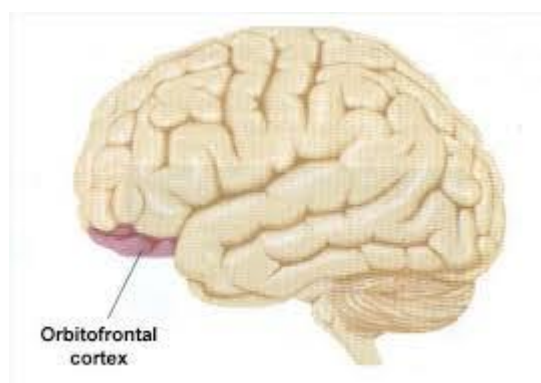


Figura 7. Corteza orbifrontal

Tomada de: <http://nepesa.es/areas-y-funciones-cerebrales-vi-corteza-orbitofrontal/>

Estudios realizados demuestran que esta región es la responsable de las preferencias de las personas, por ejemplo, del equipo de fútbol, la elección de empleo, el alimento, la ropa,

la pareja, etc. Y el ajustamiento al comportamiento social en que se desarrolla (Charpenter et al., 2014).

Hipotálamo

El hipotálamo se activa especialmente ante situaciones de miedo, cuando una persona debe decidir situaciones tales como luchar o huir. Tiene una gran conexión con el sistema nervioso autónomo, involucrando la regulación de la tasa cardiaca, la presión sanguínea, el azúcar en la sangre, la temperatura corporal, el hambre, la sed, el placer, entre otros. Ha sido denominado “el cerebro dentro del cerebro” por el papel que juega en una gran cantidad de procesos cognitivos, emocionales y motivacionales. Está situado bajo el tálamo, de ahí su nombre (Charpenter et al., 2014, pp. 90-91).

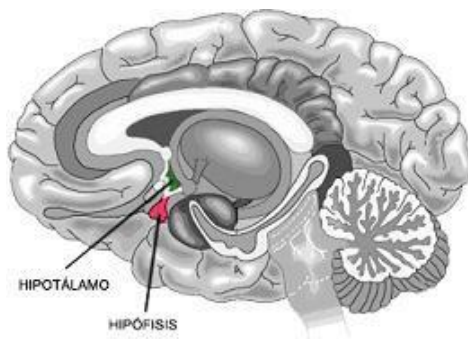


Figura 8. Hipotálamo

Tomada de: <https://definicion.de/hipotalamo/>

Amígdalas

Son unas estructuras bilaterales, con eferencias y aferencias, es decir que transmiten y reciben energía desde y hacia prácticamente todas las regiones del cerebro. Son un conjunto compuesto por más de una docena de núcleos neuronales, que anatómicamente tienen

forma de almendra y son parte del sistema límbico. Están involucradas con el procesamiento emocional y las respuestas somáticas periféricas gracias, entre otras razones, a que el principal neurotransmisor en esta región es el GABA. Están conformadas por complejos circuitos neuronales que permiten respuestas autónomas elaboradas, asociadas a emociones innatas y aprendidas, por lo que generan respuestas con una latencia más corta, por ejemplo, ante el miedo o un estímulo doloroso (Gómez Pavajeau y Gutiérrez de Piñares Botero, 2017, pp. 91-92).

Según una entrevista realizada por el físico Michio Kaku (2015) al doctor Simon Baron Cohen, psicólogo de la Universidad de Cambridge, muchos asesinos patológicos (aunque no todos) tienen una anomalía cerebral en común, las imágenes de sus cerebros muestran que carecen de empatía cuando ven sufrir a otra persona (p. 338).

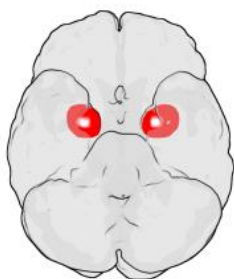


Figura 9. Amígdala

Tomada de: https://es.wikipedia.org/wiki/Cuerpo_amigdalino

Ínsula

Se considera como el centro de conexión entre el sistema límbico y el neocórtex, razón por la cual participa en una gran cantidad de procesos, tales como la percepción del gusto y el olfato, variaciones en la presión arterial, percepción consciente del espacio y en procesos

emocionales como el reconocimiento emocional. Una de las mayores funciones es su participación en la empatía, activando el comportamiento como el contagio emocional, por ejemplo, al ver una persona agrediendo a otra (Gómez Pavajeau y Gutiérrez de Piñares Botero, 2017, pp. 92-93).

En años recientes las imágenes por resonancia magnética del cerebro de drogadictos han revelado una nueva manera de tratar o curar algunas formas de adicción. Se observó que a las víctimas con derrames cerebrales que habían sufrido daños en la ínsula, les resultaba más fácil dejar de fumar que los fumadores corrientes, lo cual también se verificó en adictos a la cocaína, el alcohol, los opiáceos y la nicotina. De confirmarse este hallazgo, significaría que es posible regular la actividad de la ínsula por medio de electrodos o estimuladores magnéticos para así tratar la adicción. La doctora Nora Volkow, directora del Instituto Nacional de Drogadicción, indica que este hallazgo es impresionante. Por el momento no se sabe cómo funciona, pero si este resultado se confirma, podría cambiar todo el panorama de los estudios sobre la adicción (Kaku, 2015, pp. 188-190).

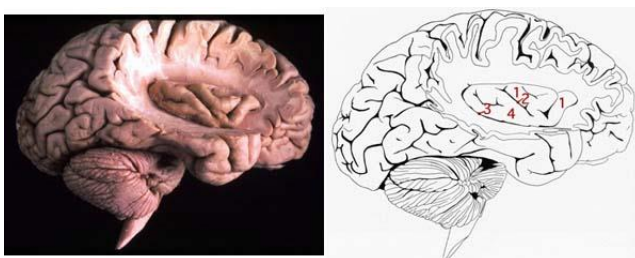


Figura 10. Ínsula

Tomada de: <http://s-f-walker.org.uk/optionintranet/imagesfw/insularame.html>

Un poco de química cerebral, neurotransmisores y neuropéptidos

Los neurotransmisores son compuestos químicos con estructura sencilla, los cuales se sintetizan rápidamente y en grandes cantidades. En el proceso de la sinapsis, es necesario que llegue al receptor una gran cantidad de compuestos químicos para que no haya ningún tipo de error. En otras palabras, la señal tiene que ser intensa y clara, a eso se debe la gran cantidad de moléculas de neurotransmisor que atraviesan el espacio sináptico. La cantidad de receptores al otro extremo es variable. Un neurotransmisor al ser liberado solo se comunica con una célula (neurona) cercana mediante el proceso de la sinapsis, a diferencia de una hormona que se comunica con otra célula sin importar lo lejos que se encuentre, viajando a través del corriente sanguíneo (Balaguer, 2014, p. 83).

Dopamina

El neurotransmisor que se considera estar más relacionado con la voluntad y, por tanto, con el libre albedrío es la dopamina. Esta se produce en muchas partes del sistema nervioso y es también una neurohormona que inhibe la liberación de prolactina regulando la producción de leche. Tiene papeles importantes en el comportamiento, la cognición, la actividad motora, la motivación, la recompensa, el sueño, el humor, la atención y el aprendizaje. La dopamina suele asociarse con el sistema del placer y de motivación cerebrales, asimismo participa en experiencias gratificantes como la alimentación o el sexo. Por lo anterior, la dopamina se ve afectada con el consumo de drogas; sustancias tales como la cocaína, la nicotina y las anfetaminas producen directa o indirectamente el incremento del nivel de dopamina, por lo tanto la dopamina es estudiada por muchos

grupos de investigación especializada en adicciones porque las vías dopaminérgicas se alteran patológicamente en las personas que presentan adicciones (Balaguer, 2014, p. 85).

Un nivel alto de dopamina está también asociado a desórdenes psiquiátricos y esquizofrenia (Saiz Ruiz, De la Vega Sánchez y Sánchez Páez, 2010), por esto la mayoría de los fármacos antipsicóticos están diseñados para bloquear la función de la dopamina en diversos grados. En personas con desorden bipolar, la fase de manía puede producir hipersociabilidad al igual que hipersexualidad, lo cual ocurre debido a un incremento de dopamina que puede ser tratado con antipsicóticos bloqueadores de dopamina.

Algunos fármacos como los neurolépticos (que ejercen una acción calmante sobre el sistema nervioso) reducen la actividad de los circuitos de dopamina, quienes los toman ven reducida su motivación y pierden la capacidad de experimentar placer. Lo cierto es que la sociabilidad se encuentra muy bien ligada a la neurotransmisión de dopamina. Las personas con ansiedad social frecuentemente tienen baja captabilidad de dopamina. También se ha relacionado un nivel bajo de dopamina con el déficit de atención por hiperactividad. Todo esto apunta a una influencia de los niveles de dopamina en la toma de decisiones, por ejemplo, al formular prioridades o deseos a partir de estímulos recibidos (Pérez Castells, 2018, p. 58).

Serotonina

El otro neurotransmisor vinculado con la toma de decisiones que condiciona la conducta y, por consiguiente, se relaciona al libre albedrío, es la serotonina. Esta regula el comportamiento exterior del individuo, el sueño, la actividad sexual, el apetito, los ritmos

circadianos, las funciones neuroendocrinas, la temperatura corporal, el dolor, la actividad motora y las funciones cognitivas (Torres, 2018).

La serotonina media en algunas fases del sueño, en el caso de un estado depresivo puede afectar la fase profunda, la fase REM (*Rapid Eye Movement*) del sueño, lo cual puede deberse a un mal balance entre la serotonina y otro neurotransmisor, la acetilcolina. Un exceso de serotonina produce una inhibición de la respuesta sexual normal, porque la serotonina inhibe la liberación de gonadotrofinas. También regula las funciones neuroendocrinas, es decir los ritmos circadianos del organismo.

Con respecto a la regulación de la temperatura, tiene un efecto dual porque dos de sus receptores tienen propiedades contrapuestas, el 5HT1 produce hipotermia (temperatura del cuerpo por debajo de lo normal) y el 5HT2 hipertermia (aumento de la temperatura corporal). Estos receptores regulan los cambios de temperatura durante el sueño. La serotonina desempeña una función importante en el trastorno obsesivo compulsivo y cambios en su nivel se han asociado con la esquizofrenia y el autismo infantil. Algunos hongos alucinógenos como el LSD actúan en los receptores de serotonina. Las personas con fibromialgia (enfermedad caracterizada por el dolor muscular difuso e intenso) tienen bajos niveles de serotonina y eso las hace dormir mal además de tener dolores. Los niveles bajos de serotonina asimismo se han asociado con estados agresivos, depresión, ansiedad y migrañas, debido a que cuando los niveles de serotonina bajan, los vasos sanguíneos se dilatan (Pérez Castells, 2018, p. 63).

Otros neurotransmisores

Existen muchos otros neurotransmisores que tienen menos relación con los procesos de decisión, recompensa y aprendizaje. La acetilcolina se localiza en neuronas motoras de la médula espinal. Está involucrada en la unión de las neuronas con los músculos y tiene la misión de excitar estos a partir de la señal nerviosa. También aparece en el encéfalo y realiza papeles tanto excitatorios como inhibitorios (Clark et al., 2012, p. 19).

Otro neurotransmisor, la noradrenalina, está encargado, entre otras cosas, del ritmo cardiaco. Además de neurotransmisor, actúa como hormona del estrés, afectando diversas partes de cerebro como la amígdala cerebral donde controla la atención. Junto con la adrenalina, también activa la reacción de lucha, incrementa directamente la frecuencia cardiaca, desencadena la liberación de glucosa de las reservas de energía e incrementa el flujo sanguíneo hacia el músculo esquelético. De igual modo, incrementa el oxígeno al cerebro. Finalmente, el ácido y aminobutírico (GABA) es el principal neurotransmisor inhibitorio del cerebro. Un aumento de la cantidad disponible de GABA por lo general tiene efectos de relajación, anticonvulsivante y combate la ansiedad (Clark, et al., 2012, p. 22).

Neuropéptidos

Las mismas neuronas que producen neurotransmisores y los almacenan en vesículas de baja densidad situadas en las terminales sinápticas, son capaces de fabricar péptidos que son acumulados en vesículas de alta densidad. Estas vesículas de los péptidos se sitúan y se liberan en todas las zonas de la neurona, incluido el axón, el cuerpo y en especial las

dendritas. Todas las neuronas realizan sinapsis, pero las que además producen péptidos los liberan desde cualquier zona del cuerpo de la neurona (Pérez Castells, 2018, p. 58).

Los neuropéptidos son muy importantes en relación con algunas enfermedades y tienen un uso terapéutico potencial. Dos pequeños péptidos están muy implicados en procesos vinculados con el apego y el amor, se trata de la vasopresina y la oxitocina, que son excretados por diversos tipos de neuronas, en especial las neuronas magnocelulares del sistema nervioso central. La oxitocina se libera durante el parto para inducir la contracción uterina que facilita el nacimiento y también es liberada como respuesta a la succión del bebé, permitiendo que la leche baje desde las células mamarias. La vasopresina se libera como respuesta al aumento de la presión osmótica del plasma ante un fallo o una bajada en el volumen de la sangre, actuando sobre los riñones para promover la reabsorción del agua y producir vasoconstricción (Clark et al., 2012, p. 142).

Todo este gran número de neurotransmisores y neuropéptidos producen disparos neuronales que a su vez se traducen en cambios fisiológicos del cuerpo, enfermedades, sensaciones, emociones y pensamientos. Muchas de estas situaciones se deben no solo a factores internos, sino que también son producidas por impulsos que proceden del exterior por medio de los sentidos, los cuales están fuera del control de la persona y suponen un condicionamiento a veces muy grave para el libre albedrío. En otras ocasiones, los disparos neuronales o la segregación de compuestos químicos suceden tras darse algún impulso interno (Pérez Castells, 2018, p. 61). Si se es capaz de controlar o no ese tipo de impulsos es el tema que se intenta discutir.

Las decisiones sencillas estudiadas por la ciencia. Experimentos de Libet, Fried y Haynes

Distintos experimentos se han practicado en los últimos años por la neurociencia con el fin de determinar si existe o no libre albedrío en los seres humanos y en general los resultados han sido inquietantes y de apariencia nada positiva para el concepto popular de libre albedrío.

Dentro de las numerosas divisiones de las neurociencias, se ha definido la neurociencia del libre albedrío como el estudio de las interconexiones entre el libre albedrío y la neurociencia moderna. Desde que se puede estudiar el cerebro humano vivo, los investigadores han comenzado a ver en directo los procesos de toma de decisiones (Glannon, 2015, p. 66).

Sin embargo, es necesario analizar los experimentos realizados por neurocientíficos y sus resultados, delimitando bien sus alcances, sus errores de diseño y sus sesgos, los cuales algunos neurocientíficos han ido profundizando al diseñar experimentos más refinados, encaminados a buscar explicaciones menos halagadoras para el libre albedrío.

No se trata de demostrar que el libre albedrío existe, sino dejar claro que los resultados científicos actuales no han demostrado la inexistencia o existencia del libre albedrío.

Los experimentos de Libet y sus variantes

Históricamente el estudio pionero fue diseñado por Benjamín Libet en la década de 1980. Se estudió la actividad eléctrica cerebral de un conjunto de sujetos a quienes se les pidió hacer cuando quisieran una acción voluntaria sencilla: el movimiento de una muñeca.

Cada sujeto eligió un momento al azar para alzar su muñeca mientras se medía la acumulación de señal eléctrica llamada “potencial de preparación” en sus cerebros (Benjamín, Gleason, Wright y Pearl, 1983, p. 106). Los resultados demostraron que las acciones se iniciaban inconscientemente en un primer momento, y entraban en la conciencia después. Visto desde la actualidad, se trata de un experimento rudimentario, dada la técnica utilizada. A pesar de esto, continúa siendo una referencia obligada. Este experimento es empleado en todo debate sobre libre albedrío.

En el experimento de Libet los participantes tenían electrodos en la superficie de sus cabezas que medían la actividad eléctrica del cerebro. El procedimiento utilizaba el mismo equipo con el que se llevan a cabo los electroencefalogramas. Los distintos terminales pueden dar información sobre actividad cerebral en diferentes áreas del cerebro. A los sujetos se les pedía que elevaran la muñeca cuando sintieran la necesidad, la urgencia o la voluntad de hacerlo. Se les pedía que miraran constantemente un reloj y que recordaran la posición de la manecilla en el momento en que habían sido conscientes de la voluntad de mover la muñeca. El reloj de Libet en realidad era un punto que giraba a una velocidad de dos segundos y medio por cada vuelta. Con ese ritmo se podían medir lapsos de tiempo muy pequeños, en el rango de milisegundos.

A cada participante se le hacía elevar la muñeca unas 40 veces y también se monitorizaba la tensión muscular del brazo para poder saber exactamente cuándo comenzaba el movimiento. Asimismo, se les pedía que no pensarán en nada y no planearan nada o en absoluto sus movimientos de muñeca. El resultado fue que se observó una actividad eléctrica anterior a la decisión del sujeto. Esta actividad anterior, que se llama

potencial de preparación, comenzaba unos 500 milisegundos antes de que el músculo empezara a moverse. En un punto de este periodo de medio segundo, aproximadamente 200 milisegundos antes del comienzo del movimiento muscular, se producía la toma de conciencia de la intención de la acción. Había existido pues una actividad cerebral anterior a la conciencia de la decisión. Libet concluyó que la decisión se tomaba por parte del cerebro de forma automática y después, de alguna manera, entraba en la conciencia. Se podía afirmar que el cerebro informaba posteriormente al sujeto de la decisión que había tomado y entonces, este tenía una impresión de conciencia en la decisión, que en realidad era ilusoria (Benjamín et al., 1983, pp. 623-641).

Libet extendió sus conclusiones a todas las acciones que se realizan con el cuerpo y concluyó que para que la actividad cerebral fuera consciente y voluntaria debería comenzar con la conciencia de la toma de decisión. Por tanto, el libre albedrío no estaba funcionando en estas decisiones, o sea, en ninguna decisión, si se aceptaba la generalización (Libet, Freeman y Sutherland, 2004, p. 56).

El siguiente gráfico muestra un resumen del proceso de Libet. La actividad eléctrica del cerebro comienza unos 550 milisegundos antes del inicio de la acción y unos 200 milisegundos antes es cuando se produce el momento de la supuesta decisión consciente.

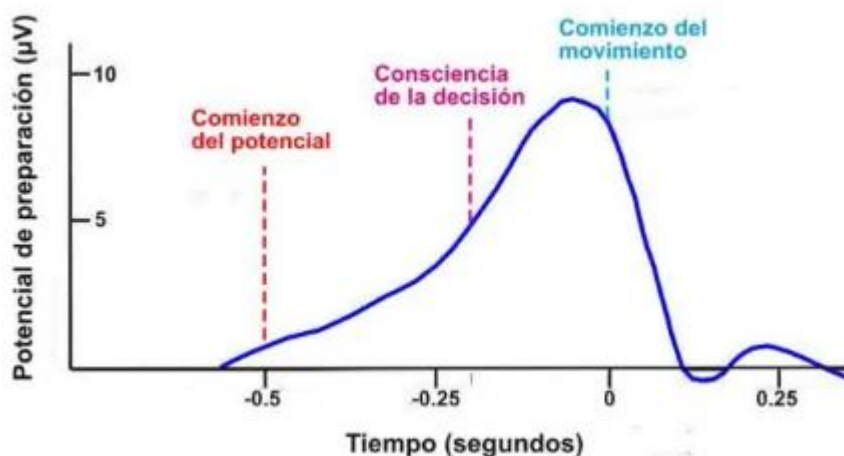


Figura 11. Gráfico del potencial eléctrico de preparación en el experimento de Libet

Tomado de: <https://elgatoylacaja.com.ar/elige-tu-propia-aventura/>

Para Libet los resultados fueron inesperados, debido a que este había iniciado sus experimentos con la intención de demostrar que se toman decisiones conscientemente, pero se encontró con que los resultados parecían contradecir su propuesta inicial. Para salvar el libre albedrío, Libet propuso que durante los 200 milisegundos que van desde la consciencia de la decisión hasta el movimiento real de la muñeca se disponía de capacidad de veto; en otras palabras, se podía detener el movimiento de la muñeca. Esa capacidad de veto es donde en realidad residiría el libre albedrío.

Luego Libet llevó a cabo un experimento para probar la capacidad de veto, pero su diseño resultó poco convincente. Se indicó a los participantes que se preparan para mover la muñeca cuando el reloj alcanzara una determinada posición, pero que finalmente no la movieran. Naturalmente, ninguno lo hizo, aunque se observó en sus cerebros una evolución de potencial de preparación parecida a la del primer experimento. La explicación más

probable era que los participantes no se habían preparado para mover la muñeca, sino para hacer que iban a mover la muñeca y no moverla (Benjamín et al., 1983, p. 85).

A los resultados de Libet se le han hecho numerosas críticas. Está claro que en el cerebro están pasando cosas, pero no significa que se esté preparando una decisión. Por otro lado, Libet no monitorizaba la actividad cerebral de los sujetos durante todo el tiempo que duró la prueba, sino que solo reportaba la que tenía lugar justo antes del movimiento de la muñeca. Se sabe en la actualidad que el potencial de preparación y la actividad cerebral están constantemente ocurriendo en el cerebro y van fluctuando de una manera en apariencia aleatoria (Pérez Castells, 2018, p. 65). Pudo haber momentos de actividad cerebral alta que sin duda no desembocaron el movimiento de la muñeca. Libet no estudió esos procesos que suponían actividad cerebral, pero no terminaban en una acción. En este sentido, un estudio efectuado por Miller y Trevena (2002) sugiere que la señal de potencial de preparación de los experimentos de Libet no representa una decisión de actuar, sino solo una señal de que el cerebro está prestando atención (pp. 308-312).

Eimer y Haggard (1999) son neurocientíficos británicos que consideran que las personas son robots de carne. En una variación del experimento hecho por Libet, Haggard y Eimer, pidieron a los sujetos que decidieran no solo cuándo movían sus manos, sino también qué mano se movía. En este caso la intención era medir la “potencia de preparación lateralizada” (PRL), que mide la diferencia entre la actividad cerebral de los hemisferios izquierdo y derecho (pp. 128-133). Demostraron que en efecto existe actividad cerebral antes de ser conscientes de la decisión que se va a tomar. Después viene el momento en que se es consciente de que se va a tomar una decisión y después cuando se ha apretado el

botón o levantado la mano. Según estos investigadores, el cerebro sabe lo que se va a ejecutar antes de que la persona lo sepa y eso la lleva a pensar que el libre albedrío es una ilusión. Es el cerebro el que toma la decisión. El pensamiento surge de entre sus funciones y solo tiempo después se es consciente de que se ha tomado esa decisión.

Masao Matsuhashi y Mark Hallert publicaron un estudio en el 2008 afirmando haber reproducido los resultados de Libet sin depender del informe o la memorización del reloj por parte de los participantes. Los autores creen que su método puede identificar el tiempo en que un autor toma conciencia de su propio movimiento. Matsuhashi y Hallet (2008) mencionan que la toma de conciencia no solo se produce más tarde que el inicio del potencial de preparación, sino que algunas veces ocurre después de que las primeras fases de la génesis del movimiento ya hayan comenzado. Su conclusión es que la conciencia de una persona no puede ser la causa del movimiento, sino que tan solo percibe el movimiento (p. 15).

Los experimentos de estimulación profunda de Fried

El equipo del profesor Itzhak Fried publicó un experimento en el cual, a diferencia del experimento anterior de Libet, este medía directamente la actividad de neuronas situadas en el área motora supletoria del cerebro y no el potencial eléctrico. A los participantes de los experimentos de Fried se les indicaba que pulsaran una tecla cuando quisieran y después informarían sobre su creencia de dónde estaba la manecilla de un reloj tipo Libet cuando sintieran por primera vez la urgencia de tocar la tecla. Se trataba de conocer algo más sobre el momento, que los investigadores llaman W (*Window*). El uso de la letra W se debe a

Libet y se supone que es el momento de la decisión consciente, además viene de la palabra inglesa *Window*, refiriéndose a la apertura de una ventana decisoria.

Los resultados fueron que el 80 % de las veces se observaban cambios en la actividad neuronal unos 700 m antes del momento W que posteriormente reportaba el participante. Los investigadores situaban el momento W unos cientos de milisegundos antes que el propio participante. Este experimento ha sido señalado por muchos como una prueba importante en contra del libre albedrío; no así por parte del propio autor, porque los participantes tenían que reportar la posición de una manecilla que va a toda velocidad cuando ellos consideraban haber sentido la necesidad de mover el dedo, eso conduce a un 80 % de acierto en predicción anterior a la conciencia, quedaría un 20 % de las decisiones que no estarían tan determinadas, volviendo a la misma crítica de los trabajos de Libet.

El sentir la urgencia es una cosa y el mover o tocar la tecla a raíz de dicha urgencia es otra, y puede suponer una actividad decisoria libre. Por consiguiente, no queda demostrado que la aparición de urgencias que sí pueden ser inconscientes sea la única causa de las decisiones. Podría ser que el sujeto pudiera descartar esa urgencia y esperar a la otra para decidirse. La intención consciente y libre podría ser una forma de monitorizar y de controlar, a través de la experiencia, las urgencias que emergen del cerebro (Fried, Mukamel y Kreiman, 2011, pp. 548-562).

Estos resultados son demasiado preliminares para tener un panorama completo de la volición y del proceso de formación de las decisiones, que no se circunscriben a una sola zona anatómica y que probablemente involucran casi todo el cerebro (Pérez Castells, 2018, p. 67).

La capacidad de veto y otras formas de salvar el libre albedrío tras los experimentos de tipo Libet

La interpretación realizada por Libet respecto al aumento gradual de la actividad cerebral antes de la conciencia de voluntad no iba en la línea de probar la inexistencia de la voluntad consciente. Según Libet et al. (2004), aunque la tendencia a presionar un botón se puede ir acumulando durante 500 milisegundos, la voluntad consciente conservaría un derecho de veto sobre cualquier acción hasta el último momento. Así los impulsos inconscientes para llevar a cabo un acto volitivo estarían abiertos a la supresión por los esfuerzos conscientes del sujeto. Esta visión ha sido estudiada por varios grupos y en cierta forma despreciada por algunos como un intento de salvar al libre albedrío contra la evidencia de los datos (p. 84).

En cuanto a la capacidad de veto, el grupo de Haggard ha llevado a cabo experimentos en donde ha determinado que hay una zona del cerebro que se activa cuando, después de haber tomado una decisión, se vuelve atrás y se veta. Por tanto, sí que mantiene abierta la posibilidad de reconducir las decisiones inconscientes, tal y como había postulado Libet (Haggard, 2011, pp. 404-406). Sin embargo, una investigación reciente de Siomne Kühn y Marcel Brass (2009) sugiere que la conciencia puede no ser lo que hace que algunas acciones sean vetadas en el último momento (pp. 12-21).

En primer lugar, su experimento se basa en la simple idea de saber cuándo se ha cancelado conscientemente una acción. En segundo lugar, señalan que el acceso a esta información significa que se debería ser capaz de decir con facilidad, tras completar una acción, si esta fue el resultado de un impulso o de una deliberación, en la que se decide

permitir y no vetar la acción. Los participantes, al parecer, no fueron capaces de identificar de forma fiable si realmente habían tenido tiempo para decidir. Los investigadores interpretaron sus resultados en el sentido de que la decisión de veto de una acción se determinaría también de forma inconsciente, al igual que el inicio de la acción. Los autores sugirieron que el fenómeno de la conciencia del veto sería la narración posterior y no el arbitraje directo pues todos los pensamientos nacerían inconscientemente y se procesarían de nuevo de manera consciente (Pérez Castells, 2018, p. 71).

Un grupo de neurólogos franceses liderados por Aaron Schurger publicó en 2012 un trabajo en el que se reinterpretaron las conclusiones de los experimentos de Libet y de Fried (Schurger, Sitt y Dehaene, 2012). Estos investigadores creen que la actividad cerebral preparatoria (RP por *readiness potential*) no consciente identificada por Libet es en realidad parte de un flujo aleatorio y del flujo de fondo de la actividad neuronal, y que los movimientos se producen cuando esta actividad cruza un umbral determinado. Todos los experimentos de Libet terminaron con el movimiento de muñeca, estos aumentos de RP no se registraron. Así, plantearon un nuevo modelo que denominaron decisión estocástica, consistente en que tan solo cuando el RP fluctuante alcanza una determinada frontera es cuando se puede producir el movimiento, lo cual sucede mucho más próximo a la conciencia de dicha decisión.

Este modelo ayuda a resolver otra pregunta desconcertante que parecía surgir del paradigma de Libet. Libet encontró que los sujetos eran capaces de estimar el tiempo de una decisión sensorial táctil en relación con una esfera de reloj que gira rápidamente con solo unos 50 ms de error de promedio. ¿Por qué debe haber entonces una larga brecha entre

el momento de la decisión del sistema motor y la estimación subjetiva del momento de la decisión de moverse, mientras que no existe tal brecha para las decisiones de sensoriales? Propusieron que la decisión de moverse coincide en el tiempo con las estimaciones subjetivas promedio del tiempo de la conciencia de la intención de moverse y que el cerebro produce una estimación razonablemente precisa del momento de la decisión que causa el movimiento.

Las tareas de toma de decisiones se modelan normalmente en términos de la acumulación de evidencias sensoriales. Lo que es único para la tarea de movimiento espontáneo es que a los sujetos se les instruyó en no basar sus decisiones de movimiento en la evidencia sensorial. A los sujetos también se les pidió no utilizar estrategias como contar el tiempo transcurrido. En el nuevo experimento se registraron las ondas cerebrales de los participantes a medida que pulsaban repetidamente un botón con el dedo, a veces de forma espontánea y otras veces en respuesta a un sonido que ocurría al azar. Los investigadores encontraron que los participantes eran mucho más rápidos en sus respuestas a los sonidos cuando ocurrieron en el momento en que la actividad cerebral de fondo estaba alcanzando un pico. De este modo, los movimientos intencionales de las personas son más rápidos cuando el flujo de fondo está en un punto alto (Glannon, 2015, p. 168).

Experimentos que utilizan la técnica RMIf (resonancia magnética funcional)

Antes de hablar de los experimentos con RMIf, es necesario efectuar una pequeña introducción a esta técnica para entender cómo funciona. De esta manera, destaca que permite tener información de muy diversas zonas del cerebro que se iluminan o se activan en distintos momentos del proceso de decisión.

En presencia de un campo magnético externo, los núcleos de los átomos no se alinean perfectamente en dirección de dicho campo magnético externo, sino que rotan a su alrededor., debido a que los núcleos son cargas en movimiento y, por tanto, son pequeños imanes. Este movimiento tiene una frecuencia, denominada de Larmor, que depende del campo magnético aplicado. Como es un vector, se puede descomponer en una componente vertical llamada longitudinal y otra horizontal (trasversal) que sería la que da vueltas a la frecuencia de Larmor.

En general, el momento magnético transversal neto es nulo debido a que la rotación de los distintos espines de la muestra está fuera de fase y la suma vectorial es cero. Sin embargo, si se aplica a la muestra un pulso de radiofrecuencia, los espines entran en fase (en resonancia), generándose un momento magnético neto en este plano. Al apagarse el pulso y por las interacciones entre los núcleos, los espines pierden gradualmente su coherencia y, por consiguiente, el momento magnético transversal desaparece. Este proceso de relajación transversal posee como tiempo característico la constante T_2 , que asimismo depende del medio en el que se encuentran los núcleos.

Es decir, los espines que están en diferentes tejidos requieren distintos tiempos para retornar a su posición original (desfasarse y que se pierda la señal). Por ende, la medición del tiempo T_2 en un espacio dado ayuda a identificar el tipo de medio que lo constituye. La RMI (resonancia magnética de imagen) analiza los espines de los hidrógenos del agua. En el cerebro se pueden identificar tiempos T_2 correspondientes a la sustancia blanca, la materia gris y el líquido cefalorraquídeo, pudiéndose crear un mapa de constantes de tiempo T_2 y transformarlo en una imagen en el que los valores están representados por una escala

de colores o niveles de gris, dando una imagen anatómica del cerebro. Estas imágenes de RMI clásica son muy útiles en aplicaciones clínicas, como por ejemplo para la detección de tumores (Armony, Trejo Martínez y Hernández, 2012, pp. 36-40).

Recientemente se ha introducido una variante llamada RMI funcional que permite estudiar la activación de zonas específicas del cerebro. Cuando una zona del cerebro se activa, la demanda energética se incrementa y, por tanto, la demanda local de oxígeno, causando un incremento gradual de sangre oxigenada (rica en oxihemoglobina) que acude a esta región. La oxihemoglobina tiene propiedades magnéticas que afectan y mucho a los valores del tiempo de relajación T2 del agua del tejido. Si un tejido está activo, la presencia de oxígeno produce una relajación más rápida de la magnetización del agua. Por consiguiente, si se compara la señal en una misma región bajo dos condiciones, una de reposo y otra en la que esa región está activa, se encuentran diversos valores. La diferencia puede tomarse como un índice indirecto del grado de actividad neuronal en esa área. Este tipo de señal contraste BOLD (del inglés *Blood Oxygen Level Dependent* o en español dependiente del nivel de oxígeno en la sangre) es el más utilizado en la adquisición de imágenes de RMI f (Armony et al., 2012, pp. 40-47).

El experimento de Haynes pretendía solventar las dudas que había generado el experimento de Libet, con respecto a las deficiencias en la medida del tiempo y en la inespecificidad del efecto de preparación de la onda cerebral eléctrica, como posible simple aumento de la atención. Se pidió a una serie de sujetos que se relajaran y se les presentó una cadena de letras en una pantalla a una velocidad de una letra cada medio segundo. Cuando sintieran la necesidad de hacerlo, apretarían uno de dos botones con sus dedos

índices izquierdo o derecho y debían recordar la letra que estaba pasando por la pantalla en ese preciso instante. Después de apretar el botón debían informar acerca de la letra que habían visto. Mientras tanto sus cerebros eran monitorizados por RMIf observando la activación de partes del córtex frontal, del córtex motor primario y del SMA (área motora supletoria).

Los resultados fueron espectaculares, porque siete segundos antes de que el sujeto sintiera que había tomado la decisión, se ponían en marcha zonas del cerebro correspondientes al hemisferio en el cual se había decidido mover el dedo. Y en cuanto al momento en el que se iba a producir la decisión, se podía ver cerebralmente que se iba a tomar hasta cinco segundos antes de que el sujeto sintiera la urgencia consciente de apretar el botón (Haynes, 2010, pp. 85-93).

El papel del córtex frontal y del precuneus se investigó haciendo que los sujetos pulsaran el botón izquierdo o derecho al percibir una determinada señal, es decir eliminando la decisión sobre el momento. Este segundo experimento demostró que también la iluminación del córtex frontal era predictiva durante la selección de la respuesta, mientras que el precuneus se iluminaba más tarde interpretando que la decisión se podía tomar en el córtex frontal mientras que se almacenaba en la zona del precuneus (Haynes, 2010, p. 94).

Cabe destacar que para los autores los resultados sugieren que la decisión tomada por el sujeto alcanza la conciencia muy influenciada por actividad inconsciente del cerebro que se desarrolla hasta diez segundos antes. No afirman que la decisión sea inconsciente, sino que está influenciada por el inconsciente (Haynes, 2010, pp. 85-96).

En otro experimento publicado en 2016, el grupo de Haynes planteó que hay cierta evidencia que apunta en la dirección de validar la teoría del veto consciente. Estudiaron si los participantes podían cancelar un movimiento después del inicio de la actividad cerebral no consciente de preparación identificada por Libet. Si pudieran, sería una señal de que los seres humanos pueden intervenir de manera consciente y realizar los procesos de veto que algunos habían considerado automáticos y más allá del control intencional. El experimento consistió en que los participantes tenían que presionar un pedal lo más rápido posible cada vez que veían una luz verde y cancelar este movimiento cada vez que veían una luz roja. Los investigadores pusieron la luz roja bajo el control de un equipo que estaba vigilando las ondas cerebrales de los participantes. Cada vez que el ordenador detectaba signos de actividad cerebral no consciente de preparación, se encendía la luz roja.

Si esta actividad preparatoria es verdaderamente una señal de acciones que están fuera del control consciente, los participantes no deberían haber sido capaces de responder a estas luces rojas repentinas. No obstante, en muchos casos fueron capaces de anular la actividad cerebral no consciente de preparación y detener su movimiento de los pies antes de que comenzara. Si las luces rojas aparecían muy cerca (menos de alrededor de un cuarto de segundo) del inicio del movimiento del pie, este no podía ser completamente inhibido. Pero, aun así, los resultados demostraron al menos que la actividad identificada por Libet puede ser vetada por la voluntad consciente. Haynes se confesó perplejo ante este resultado y se preguntaba cómo podía considerar un acto volitivo como suyo si ni siquiera sabía cuándo había ocurrido en el cerebro (Haynes et al., 2016, pp. 1-5).

La conciencia de la decisión podría parecer un sentimiento retrospectivo basado simplemente en la bioquímica. Pero Haynes no cayó en la fácil salida de declarar finiquitado el libre albedrío como han hecho otros neurocientíficos, sino que se mantuvo en una sana indecisión sobre el asunto y siguió trabajando.

Si existe actividad cerebral inconsciente previa a las decisiones es algo que ya nadie discute, pero no está nada claro qué es exactamente lo que sucede en esos momentos iniciales. Walter Glannon (2015), un filósofo de la Universidad de Calgary en Canadá, dice que si bien se han hecho correlaciones entre la actividad cerebral y la decisión, aún no se ha demostrado una conexión causal entre esos mecanismos y el comportamiento (p. 231).

Es necesario reconocer que muchas actividades se realizan de forma inconsciente, por esto la secuencia de algunas decisiones que se suponen tendrían que ser aleatorias nunca lo son. Por ejemplo, piénsese en un futbolista que va a tirar un penalti y cómo está influenciado por las veces que ha tirado penaltis anteriormente, por mucho que intente hacerlo de forma aleatoria, es casi seguro que no lo hará, porque en su cabeza ha guardado un plan de cómo lo va a hacer la próxima vez, lo habrá guardado consciente o inconscientemente.

En el caso del experimento de Haynes, los participantes a quienes se les solicitó presionar el botón izquierdo o derecho posiblemente estaban influenciados por la secuencia de decisiones tomadas en el pasado. Decirle a un grupo de personas que no piensen en algo suele llevar a que lo hagan. Balaguer (2014) pone el siguiente ejemplo: “Dígale usted a alguien que piense un número del uno al diez pero que espere un minuto para comenzar a

pensarlo. Probablemente es imposible que esa persona no esté ya pensando en un número concreto, aunque quizás no sea consciente de estar haciéndolo” (p. 16).

En el experimento de Haynes, es muy probable que los participantes quisieran seguir las instrucciones que se les habían dado, pero por la razón que sea y sin darse cuenta, habían hecho planes antes de la elección para apretar un botón u otro, información que fue inconscientemente grabada en sus cerebros y cuando llegó el momento, los planes se activaron. Es decir, las regiones del cerebro donde sus planes estaban grabados se activaron y esta actividad cerebral causó que los sujetos eligieran de forma predeterminada por ellos mismos cuando hicieron el plan. Esto explicaría por qué en algunos sujetos había actividad anterior a la elección en las regiones donde se hacen planes y se graban.

Si esta interpretación de Balaguer es correcta, no se añade nada nuevo a lo investigado, o sea, a veces las decisiones son inconscientes, determinadas por el cerebro. Pero mientras no estén todas determinadas y todas sean inconscientes, no se puede decir que no se tiene libre albedrío.

Balaguer (2014) brinda una interpretación alternativa a los resultados de Haynes, indicando argumentos para defender su postura. En primer lugar, señala que hay evidencia independiente de que las zonas que se activan en el córtex del cerebro son relevantes, no respecto a la toma de decisiones, sino en cuanto a la formación y la conservación de planes y de intenciones. La aparición de actividades en esas regiones debe estar relacionada con planes grabados y no con decisiones. Segundo, el hecho de que haya de siete a diez segundos de brecha entre la actividad cerebral de esas zonas y la decisión consciente

también es una evidencia de que esa actividad no es parte de la decisión porque es demasiado tiempo (p. 121).

Hay mucha evidencia experimental de que las personas son capaces de tomar decisiones en mucho menos de un segundo, incluso de medio segundo. Por ende, no es tan plausible suponer que la actividad cerebral necesaria para tomar una decisión como pulsar una tecla tenga que empezar siete o diez segundos antes, es mucho más creíble suponer que la actividad cerebral que se ha recogido es de otro tipo, por ejemplo, la correspondiente a la fabricación y grabación de planes.

Balaguer (2014) no pretende demostrar la existencia de libre albedrío, sino que la inexistencia del libre albedrío no ha quedado demostrada, que hay alternativas para explicar los resultados que no pasan por acabar con la posibilidad de elección libre.

Michael Gazzaniga (2012), un neurocientífico de la Universidad de California, considera que muchos de sus colegas no interpretan correctamente la actividad cerebral preparatoria anterior a la decisión y se creen que es una especie de proceso secuencial, que va a paso por paso, hasta una decisión. Sugiere que los investigadores deberían pensar en los procesos como mecanismos que trabajan en paralelo, formando una red muy compleja con interacciones que van continuamente de una a otra red neuronal. El momento en que se toma la decisión quizás no sea tan importante como se había pensado (p. 64).

Según George Northoff (2014), quien es un reconocido filósofo, neurocientífico y psiquiatra alemán, hay que añadir a la consideración de los experimentos anteriores, que cuando se entresacan conceptos a partir de los datos, en estos experimentos existe una

injerencia del observador. Hay una brecha entre lo que se observa que ocurre en el cerebro y lo que verdaderamente sucede, lo señalado por dos razones; en primer lugar, por los límites de la tecnología utilizada, por ejemplo, lo que dice el potencial eléctrico preparatorio es tan solo que existe una actividad eléctrica en alguna zona del cerebro, por su parte la resonancia magnética funcional indica que a una zona del cerebro le está llegando más sangre de lo habitual y además ese dato se obtiene después de la suma de una serie de experimentos para conseguir tener suficiente sensibilidad de la señal, de este modo ellos interpretan el significado de la actividad eléctrica o del aporte adicional de oxígeno. En segundo lugar, también están alterando al propio cerebro cuando observan; como es el caso de los experimentos de Fried, cuando se excitan las neuronas con electrodos. Así es como la interpretación de los datos puede estar sesgada, pero es posible mejorarla, esta segunda injerencia es inevitable (p. 120).

Los argumentos en contra del libre albedrío no parecen funcionar tan bien, pero eso no significa que quede demostrada la existencia del libre albedrío. Se está muy lejos de poder contestar a la pregunta de si el libre albedrío existe, en términos de conocimiento del funcionamiento del cerebro. Sin embargo, Pérez Castells (2018) menciona que demostrar la existencia del libre albedrío es todavía más complicado que demostrar que no existe, porque no es una cuestión meramente intuitiva. Se necesitaría, para empezar, saber dónde se sitúan las áreas de decisión del cerebro en lo que respecta a las decisiones claramente abiertas. En segundo lugar, se debería saber con exactitud cuál es el mecanismo neuronal que lleva a tomar una determinada opción en una de esas decisiones abiertas, y por último se necesitaría estudiar esos eventos neuronales que conducen a una acción específica para

establecer si algo causa que esta sea la elegida o si hay evidencia de que no existe nada físicamente que origine algunas de esas decisiones (p. 74).

Libre albedrío y responsabilidad moral

Una de las razones principales por las cuales se discute la posible inexistencia del libre albedrío se relaciona con la responsabilidad moral. Muchos discursos deterministas dan por sentado la imposibilidad de achacar responsabilidad moral al ser humano y la necesidad de cambios en los sistemas penales debido a la inexistencia del libre albedrío, lo cual conduce a preguntarse: ¿Van totalmente unidos el libre albedrío y la responsabilidad moral?

Existe responsabilidad moral en ausencia de un libre albedrío

A modo de ejemplo, Joshua Green y Jonathan Cohen señalan que la neurociencia cambiará la ley, no para acabar con las asunciones actuales, sino para transformar las intuiciones morales de la gente sobre el libre albedrío y la responsabilidad. Recomiendan y predicen un movimiento que disminuya la cultura del castigo retributivo que consideran injusta y que debido a la indignación moral, produce castigos excesivos (Greene y Sheeran, 2006).

Cashmore (2010) menciona que muchas discusiones acerca del comportamiento humano están centradas en la influencia que tienen los genes y el ambiente que rodea a las personas o entorno en el que nacen (pp. 4499-4505). Sin embargo, los seres humanos no pueden ser responsables de sus genes ni del entorno en el que nacen, desde este análisis simple se sigue que los seres humanos no pueden ser responsables de su comportamiento y debido a que los sistemas legales consideran al individuo capaz de elegir, estos deben ser cambiados. Si los

eventos neuronales del cerebro determinan el comportamiento, independientemente de si son inconscientes o conscientes, y asumiendo que no exista el libre albedrío, ¿puede haber responsabilidad?, ¿debería revisarse la calificación de las acciones humanas?

Eso mismo es lo que expresa Cashmore (2010) al decir que teniendo en cuenta la genética, el entorno y el mecanicismo neuronal, se es una fuerza mecánica de la naturaleza en la que por evolución se ha dado el fenómeno de la conciencia, que ha brindado a su vez la ilusión de la responsabilidad. Por lo tanto, es tiempo que el sistema legal se enfrente a la realidad de que no se tiene más libre albedrío que una mosca o una bacteria.

Existen otros testimonios entre los que se encuentra el del catedrático de la Universidad Complutense de Madrid, Francisco Rubia (2009), quien considera que todos los códigos penales deben ser cambiados. Todos hacen declaraciones en el mismo sentido, se trata de deterministas duros que no aceptan ninguno de los presupuestos del libre albedrío, es decir, la posibilidad de que haya comportamientos alternativos ante circunstancias específicas.

El libre albedrío se refiere a la habilidad que tienen las personas de ejercer control sobre sus conductas, de tal forma que se pueda aplicar responsabilidad moral por los actos que se lleven a cabo. Existe un vínculo muy fuerte entre responsabilidad moral y libre albedrío, debido a que para catalogar a una persona como moralmente responsable de sus actos, tendría que ser consciente de las consecuencias de sus actos, por lo cual el libre albedrío para la responsabilidad moral es una condición necesaria (Clark, Kiverstein y Vierkant, 2013, p. 54).

De aquí se sigue la importancia de la discusión sobre el libre albedrío en el ámbito legal, debido que para los deterministas duros ninguna persona puede ser acusada de sus actos y en este supuesto no tendría sentido hacer distinción alguna entre personas mentalmente enfermas, como psicópatas, y personas sanas, porque ninguna de ellas sería responsable de lo que hicieran.

No obstante, hay cierto consenso sobre la posibilidad de considerar dos versiones de libre albedrío. La más amplia es el libre albedrío fuerte, la que todos deberían desear, esta incluye tres elementos: 1) la capacidad de actuar de otra manera, en otras palabras, que existan alternativas y se puedan elegir conscientemente; 2) actuar como resultado de la elección; 3) que la persona sea el agente que origina la acción. Pero hay otro libre albedrío más débil, el de los compatibilistas, el cual han definido como la capacidad de obrar sin coacción de otros, de acuerdo con las motivaciones, aunque estas vengan determinadas. Con algunos matices, esta visión de libre albedrío puede ser suficiente para garantizar la responsabilidad moral del individuo (Pérez Castells, 2018, p. 145).

La discusión es doble, por un lado, en la actualidad no es aceptable establecer como premisa que las pruebas científicas hechas hasta ahora ya hayan demostrado el determinismo que claman los filósofos y científicos que abogan por cambios legales. Se tendría que ser pacientes y esperar más avances y resultados de más estudios. Por otro lado, la opción compatibilista está muy bien fundamentada y es compatible con la responsabilidad moral y el determinismo.

La responsabilidad moral compatibilista

Una noticia del diario *The Economist*, del 23 de mayo del 2002, profetizaba que la genética podía amenazar la privacidad, matar la autonomía y cambiar el concepto de la libertad humana, que las neurociencias harían todo eso y más pronto. Sin embargo, no se decía mucho con respecto al ámbito legal.

Morse (2015), quien es un defensor del compatibilismo, ha venido observando desde el 2004 que los avances en neurociencias no han cambiado esencialmente las doctrinas y prácticas sobre la responsabilidad penal, pero de todos modos demuestra un gran interés por su influencia de la neurociencia en la justicia penal.

Morse (2015) señala que el problema del libre albedrío está lejos de resolverse y en la actualidad no lo considera ninguna amenaza, pues este no ha producido ningún cambio sustancial en las leyes (p. 252). Su opinión es que la ley no se ocupa de la presencia o ausencia de libre albedrío como tal y que las doctrinas existentes sobre responsabilidad criminal son totalmente compatibles con la presencia de determinismo; por lo tanto, hasta que la ciencia no demuestre que los seres humanos no pueden actuar bajo su propia voluntad o razonamiento, el modelo actual seguirá siendo válido.

Según Morse (2015), hay un exceso de expectativas sobre los cambios legales que las neurociencias podrían eventualmente promover en la ley, debido al rechazo de aspectos tales como el castigo o la pena, donde si el determinismo es verdad, ningún criminal sería genuinamente responsable. La única conclusión lógica sería que la ley adoptara un objetivo preventivo o predictivo de los crímenes y estaría guiada por los grandes sabios de la

neurociencia, los cuales suplantarán a los juristas. Algunos abogados un poco más modestos opinan que la neurociencia podría no llegar a revolucionar la justicia criminal, pero sí a demostrar que muchos acusados son incapaces y no merecen castigo (Pérez Castells, 2018, p. 168).

Morse (2015) considera como grave error hacer del libre albedrío un sinónimo de la responsabilidad criminal. Él cree que el determinismo es compatible con las doctrinas criminales actuales; las cuestiones criminales incluyen la conciencia, la formación de estados mentales, la intencionalidad y la capacidad para el raciocinio o la compulsión. Pero de acuerdo con Morse (2015), no tiene nada que ver con la existencia o no de libre albedrío (p. 260).

La mayoría de los expertos en este tema son compatibilistas y piensan que la responsabilidad es genuinamente posible incluso si el determinismo es cierto. El compatibilismo no presupone dualismo (cuerpo y alma) y tiene una potente base moral y metafísica.

Morse (2015) indica que el compatibilismo es la opinión concluyente de los expertos en el campo, sobre todo de aquellos que están bien informados de los avances científicos y que la ley solo podrá cambiar si la neurociencia u otra ciencia puede demostrar de forma concluyente que la psicología de la ley es incorrecta (p. 270).

Título III. Neurociencia y su relación con el estudio de la agresión y la violencia

La violencia humana está presente en multitud de situaciones de la vida y lo ha estado en todas las sociedades y en todos los periodos históricos desde el principio de la humanidad. Se produce en distintos niveles, desde la violencia individual, entendida como aquella que se genera entre individuos, a la grupal, como aquella que se da en el caso de guerra entre naciones. Costa Rica no ha sido la excepción; en cuanto a esto, Llobet Rodríguez (2001) dice que se ha generalizado el sentimiento de la existencia de una gran inseguridad ciudadana, la cual se traduce en una preocupación de ser víctima de un delito violento, ya sea en contra de la vida, la integridad física o la salud, la libertad sexual, entre otras (p. 19).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) menciona que la violencia supone un importante problema global de salud pública, en especial debido al impacto que ocasiona en las personas afectadas. Se señala que sus repercusiones son enormes, con grave perjuicio para la salud mental, física y social de las víctimas. Muchos de estos actos violentos, por no producir daños severos, sus víctimas no los denuncian; sin embargo, ocasionan que necesiten atención médica y psicológica (Krug, Dahlberg y Mercy, 2003, p. 3).

Además del impacto personal que produce en las víctimas, la violencia no puede ser considerada como un asunto privado, sino como un problema social a escala mundial con notables repercusiones en la economía y el desarrollo de los países. En Costa Rica, un estudio efectuado por la CCSS indica que la violencia es una importante causa de discapacidad física desde edades tempranas. En el año 1992 se registraron 19 575 hospitalizaciones por accidentes y actos de violencias, cifra que aumentó a 19 847 en el año 1993. Las hospitalizaciones por accidentes o violencias en general tienen una estancia

promedio de siete días y es más alta para las mujeres, asimismo con el resto promedio institucional por estancia, se estima que se producen gastos de 2 mil millones de colones. Las cifras de mortalidad elaboradas por el Ministerio de Salud señalan que los accidentes y violencias representan el tercer lugar como causa de muerte de los costarricenses con una tasa de 49 defunciones por cada 100 000 habitantes (Rojas, Jiménez y Miryan, 2004, pp. 40-41).

Todos los días se está expuesto a un gran número de noticias e informaciones sobre actos agresivos y sucesos violentos. La información acerca de cómo matar o hacer daño con gran crueldad entra directamente en los cerebros solo apretando el botón del televisor. Difícilmente se puede apartar a alguien de todo esto, debido al gran número de filmes que incluyen este tipo de sucesos. También es común el detalle de los sucesos, el análisis de la mente del asesino, las alusiones a su frialdad, la capacidad de planificación, la crueldad y la saña, o a una infancia maltratada, desgraciada y falta de afecto como se ejemplifica muy bien en la película dirigida por Todd Phillips llamada *Guasón*, lanzada en el 2019, en la cual el protagonista tiene una notoria enfermedad mental; genes desconocidos, pero de alto riesgo; una crianza caótica; trauma craneano; nadie siente empatía por él; tiene acceso a armas y, además, en un sistema médico fallido le dejan de suministrar los medicamentos que le ayudaban a controlar su impulsividad, lo cual detona en actitudes violentas y agresivas.

Pero no toda la información sobre conducta agresiva y violenta llega por medio de películas o series; una buena parte es a través de los medios informativos, que informan acerca de las masacres en numerosas partes del mundo ocasionadas por atentados

terroristas, guerras y enfrentamientos armados, de igual modo sobre las víctimas de asesinatos ocasionales en la puerta de una discoteca u otros en serie a los que les descubren múltiples víctimas, en muchos casos después de varios años de impunidad, también se podría hablar de la llamada violencia de género contra la mujer.

En Costa Rica, como respuesta a la violencia e inseguridad ciudadana, se ha recurrido a aumentar las penas privativas de libertad. Por ejemplo, la Ley n.º 7389 del 22 de abril de 1994), disponiendo en contra de la prohibición constitucional de cadenas perpetuas (Art. 40 de la Constitución Política), contempló que la pena máxima de prisión sería de 50 años en vez de 25 años como estaba previsto en años anteriores, aumentando así drásticamente las penas para una serie de delitos como los homicidios y la violación.

Sin embargo, como lo señala Llobet Rodríguez (2001), era de esperar que este aumento en las penas privativas de libertad no disminuyera la delincuencia. Al contrario, la tasa de homicidio en 1994 fue la más alta registrada desde 1980, manteniéndose igual en 1995. Sumado a lo anterior, el incremento en las penas ha causado la saturación de los centros penitenciarios, en donde de forma inhumana tienen que tratar de sobrevivir los presos con problemas de ociosidad, drogadicción, higiene, alimentación, atención médica y violencia sin límites, lo cual incide de manera negativa en una rehabilitación (pp. 28-29).

Pero en Costa Rica y muchos países latinoamericanos no se ha considerado que la mejor forma de combatir la delincuencia no es mediante el aumento en penas privativas de libertad, más prisión preventiva o por medio acciones violentas por parte del Estado, sino con labores preventivas que solucionen los problemas sociales que causan la delincuencia. Por todo esto, en la actualidad existe una alta demanda social que reclama una intervención,

la cual debería ser llevada a cabo por profesionales de distintas ramas que actúen en conjunto, no solo a nivel de prevención de la violencia y la criminalidad, sino además en el tratamiento y estudio de los presos actuales para analizar la posibilidad de una verdadera rehabilitación más allá de la simple privación de libertad, o bien, entender qué los llevó a delinquir, aprender de ellos y crear medidas preventivas y educativas en la población. Por consiguiente, es importante para los estudiosos del derecho penal entender aquellos estudios realizados por especialistas en neurociencias y demás disciplinas a fin de que puedan suponer un beneficio para la sociedad y contribuyan a la disminución de la violencia y la criminalidad.

La red neuronal de la agresión y de la violencia comprende diversas estructuras, algunas de las cuales ya se habló en capítulos anteriores, tales como el hipotálamo, la amígdala, el lóbulo temporal y el frontal, así como neuroquímicos tales como la serotonina, entre otros, que guardan una relación muy estrecha con la agresión y la violencia. Junto a todo esto, se debe tener en cuenta el efecto de otros sistemas tales como el endocrino y el inmunológico, ya que ambos están implicados en la regulación de las conductas. Y a todo este complejo entramado de factores interaccionados habría que añadir el ineludible efecto de la experiencia, tal como la gestación materna, el consumo de sustancias psicoactivas o el maltrato (Moya, 2015, p. 21).

Relación entre cerebro y violencia

Hacia finales de los años 70 se pensaba que las únicas hormonas implicadas en conductas agresivas eran las gonadales (hormonas sexuales), especialmente los andrógenos (hormona sexual masculina). La mayoría de los estudios experimentales se centraban en los

efectos de la administración de testosterona en los hombres. Sin embargo, en la actualidad se acepta una conceptualización integradora que comprende un método más complejo, en donde participan varios sistemas neurales en interacción y con otros factores que establecen una relación bidireccional con la conducta agresiva (Moya Albiol, 2004, p. 1). A continuación, se mencionan algunas de las primeras aproximaciones al estudio de la agresión y la violencia.

Estudios iniciales de la agresión y violencia

Estudios de estimulación cerebral indican que las principales zonas cerebrales facilitadoras de la agresión son la amígdala, el hipocampo y diversas estructuras tegmentales (de recubrimiento), mientras que las supresoras son el septum, la zona ventromedial de los lóbulos frontales y el área de los lóbulos temporales. Otras investigaciones llevadas a cabo en primates resaltaron el papel facilitador del hipotálamo (Martínez Selva, 1995, pp. 221-236).

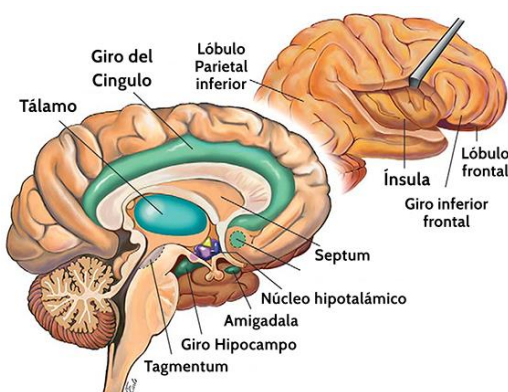


Figura 12. Septum

Tomado de: <https://www.bostonmedicalgroup.es/destacados/el-sexo-empieza-en-el-cerebro>

Los principales resultados de trabajos sobre cirugías cerebrales se obtuvieron con investigación animal. Gran parte de los hallazgos logrados se basan en neurocirugía, que pretende suprimir, reducir o controlar la conducta de individuos extremadamente violentos mediante cirugías quirúrgicas localizadas. Los supuestos en los que se basan han sido muy criticados y han generado dudas acerca de que sea adecuada su utilización, debido a que se trata de áreas cerebrales que se encuentran en zonas restringidas y como consecuencia de una intervención o error, se podría producir un daño mayor (Bruce, 1991, p. 6).

Las cirugías estereotáxicas (mínimamente invasivas) de la amígdala, centradas fundamentalmente en el núcleo basolateral, parecen tener mayor efectividad para reducir la agresión y menores efectos colaterales (Muñoz López, Alamo y Cuenca, 2000, pp. 197-220). Es la cirugía más utilizada para disminuir o inhibir la conducta agresiva excesiva en seres humanos. Además, tanto la amigdalectomía (extirpación quirúrgica de las amígdalas) como la hipocampectomía (extirpación del polo temporal) reducen la agresividad en pacientes epilépticos de gravedad (Sachdev, Smith, Matheson y Blumbergs, 1992, pp. 671-676).

Las cirugías en el hipotálamo disminuyen la agresión en personas con conductas violentas incorregibles, aunque esta intervención es peligrosa y poco recomendable por la implicación de esta estructura en la regulación de funciones básicas. Investigaciones posteriores han demostrado que en pacientes con un bajo coeficiente intelectual, daño cerebral severo, consumo de drogas, violencia y/o comportamientos de automutilación, la estimulación bilateral mediante microelectrodos de la región posterior del hipotálamo

reduce la frecuencia de las agresiones tras la intervención y durante los meses posteriores a esta (Cordella, Carella, Franzinni y Villani, 2010, pp. 183-188).

Datos de pacientes con tumores cerebrales han indicado que dichos tumores van acompañados de comportamientos agresivos y de incrementos de la irritabilidad y la hostilidad, cuando estos se localizan principalmente en los lóbulos temporal y frontal, en la circunvolución cingular y en el hipotálamo. Además, pacientes con daño cerebral localizado en la amígdala y en las conexiones occipito límbicas tras accidentes cerebrovasculares en las arterias cerebrales posteriores han descrito un incremento de la expresión de la ira y la irritabilidad en un pequeño porcentaje de casos (Botez, Carrera, Maeder y Bogousslavsky, 2007, pp. 1029-1033).

Diversos estudios señalan que alrededor del cincuenta por ciento de los sujetos detenidos por delitos violentos y homicidas encarcelados presentaban electroencefalogramas (EEG) anómalos. Las anomalías afectaban con elevada frecuencia al lóbulo temporal y consistían en un enlentecimiento del EEG (el nivel de violencia correlacionaba positivamente con la actividad de las ondas lentas delta y negativamente con la actividad alfa). Se han atribuido diversas causas posibles a este enlentecimiento, tales como un retraso en la maduración, daños cerebrales o activación disminuida (Wong, 2001, pp. 83-93).

Algunas enfermedades infecciosas causan un incremento de la agresión. Por ejemplo, el virus de la rabia provoca lesiones en el sistema límbico, fundamentalmente en los lóbulos temporales, lo cual genera comportamientos violentos que se caracterizan por la irritabilidad extrema, incrementos de la conducta agresiva, hipersexualidad y ataques irracionales (Greenle, 2017). La *encefalitis vírica de von Economo* consistió en una

epidemia mundial en 1924 con origen infeccioso que producía lesiones en la región anterior del hipotálamo y en la sustancia gris periacueductal, que ocasionaba pobre control de impulsos y explosiones de violencia (Salamanca, 2015). La *encefalitis latárgica*, o enfermedad del sueño, es una infección generalizada del cerebro que produce conducta desinhibida, labilidad emocional, reducción del sentido moral, conducta violenta o impulsiva y automutilación (Venegas Francke, 2019).

Los actos violentos pueden estar acompañados de otras alteraciones, tales como trastornos psiquiátricos, esquizofrenia, algunos tipos de demencias, traumatismos cerebrales, entre otras. Además, el abuso del alcohol y otras sustancias psicoactivas guardan estrecha relación con la hostilidad y el comportamiento agresivo. En un estudio se indica que los hombres con alto grado de hostilidad mostraron un incremento mayor de la agresión tras el abuso de alcohol, por lo que se ha enfatizado en el papel de las diferencias individuales (Giancola, 2002, pp. 696-708).

Neuroimagen cerebral y agresión

El desarrollo de las técnicas de neuroimagen ha hecho posible obtener información adicional sobre la relación entre el cerebro y la conducta agresiva, ya que permite medir directamente las alteraciones funcionales y estructurales que pueden estar asociadas con la violencia (Dass, Barkataki y Sharma, 2002, pp. 604-609) y con la psicopatía (Dolan, 2002, pp. 337-340). Como se expuso a grandes rasgos, los estudios de casos con resonancia magnética (RM), TAC, tomografía por emisión positrones (TEP) y tomografía computarizada por emisión de fotones (TCEFS), junto con los datos obtenidos mediante EEG y pruebas neuropsicológicas, han puesto de manifiesto la existencia de anomalías

estructurales y funcionales en los lóbulos temporales y frontales de diversas muestras de sujetos violentos.

Estudios con TAC

Según estudios hechos con TAC, no se hallaron diferencias estructurales cerebrales entre grupos de sujetos tales como pedófilos, atracadores de la propiedad, asesinos, individuos que han cometido incesto, asaltantes, pacientes con síndrome de descontrol episódico y exhibicionistas. Sin embargo, donde se han encontrado diferencias es con los agresores sexuales violentos, pero no en individuos agresivos, asaltantes no sexuales y en asesinos (Percy, Nobrega, Langevin y Wortzman, 1990, pp. 319-328).

Otras investigaciones realizadas en esquizofrénicos (como muestra de sujetos no criminales) evidenciaron la existencia de un agrandamiento de la *cisura de Silvio* (hendiduras de la corteza cerebral que resultan más visibles) al comparar sujetos violentos con no violentos, lo que indicaría una alteración de la región frontotemporal en esquizofrénicos violentos (Convit y Douyon, 1996, pp. 164-194). En esta misma línea, se ha descrito un incremento de cambios eléctricos medidos mediante electroencefalogramas (EEG) y estructuras (datos aportados por la TAC) en los lóbulos temporales de pacientes psiquiátricos que puntuaron alto en violencia, en comparación de aquellas de puntuación media (Wong, 1994, pp. 97-101).

Estudios con resonancia magnética

En el primer estudio que incluyó la resonancia magnética (RM), se seleccionaron pacientes psiquiátricos (hombres y mujeres) afectados por alteración mental orgánica

debido al abuso del alcohol, accidentes cerebrovasculares o traumatismos craneoencefálicos. Se encontró un mayor índice de lesiones en el lóbulo temporal anterior inferior del subgrupo de sujetos que presentaban episodios frecuentes de conducta violenta, estando la mayoría localizados en el hemisferio izquierdo. Los autores concluyeron que la violencia puede ser el resultado de pérdida unilateral de tejido en la región amígdolo hipocampal del lóbulo temporal. Aunque este estudio fue válido por ser el primero en emplear RM para evaluar daños cerebrales en personas violentas, tenía algunas limitaciones, como el hecho de que la muestra estaba formada por sujetos con alteraciones mentales severas (Tonkonogy, 1991, pp. 189-196).

En el año 2000 se llevó a cabo el primer estudio utilizando resonancia magnética para evaluar los déficits cerebrales en grupos antisociales, concretamente varones con trastornos de personalidad antisocial que no estaban institucionalizados o privados de libertad. En este sentido, la confidencialidad de los sujetos fue mantenida de forma que no se pudiesen emprender acciones legales contra ellos, ya que muchos reconocieron haber cometido crímenes. Estos individuos eran propensos a la agresión impulsiva y mostraron una reducción del 11 % del volumen total de sustancia gris prefrontal en comparación con los sujetos sanos sin alteración. Estos resultados apoyan la existencia de un déficit estructural en el trastorno de personalidad antisocial (Alkawadri, 2011, pp. 381-385).

Hasta el año 2001 no había evidencia empírica sólida sobre déficits estructurales en psicópatas. Se estudiaron dieciocho agresores violentos con trastorno de personalidad antisocial y alcoholismo, hallando una correlación positiva entre puntuaciones altas en la escala de psicopatía y tamaño reducido de ambos hipocampos. Los autores interpretaron el

hallazgo en el sentido de que la falta de temor o pavor ante el peligro de estos sujetos podría ser debido al reducido tamaño del hipocampo (Laakso, 2001, pp. 187-193).

Diversos estudios han señalado que las alteraciones estructurales que manifiestan las personas con trastorno antisocial podrían estar presentes o desarrollarse desde la infancia, contribuyendo al desarrollo de la personalidad durante la etapa adulta (Glenn, Johnson y Raine, 2013, p. 427). Además, se halló una correlación negativa entre la impulsividad y el volumen de la materia gris orbitofrontal y el volumen del hipocampo en ambos grupos de sujetos. Estos resultados sugieren que la impulsividad disfuncional es elevada en los pacientes con esquizofrenia que tienen una propensión a repetir actos violentos y esto a su vez parece estar asociado con un volumen reducido tanto en la materia gris del córtex orbitofrontal como del hipocampo. Por tanto, la predicción del riesgo de violencia y las estrategias de manejo de la esquizofrenia pueden beneficiarse de la inclusión de medidas específicas para el rasgo de impulsividad disfuncional (Kumari, Barkataki, Goswami, Flora, Das y Taylor, 2009, pp. 39-44).

Una revisión de la literatura sobre los trabajos con RM funcional indica que en las tendencias psicopáticas, caracterizadas por un riesgo elevado, tanto para la agresión reactiva como para la instrumental, se produce una alteración del funcionamiento de la amígdala en el aprendizaje de estímulo-refuerzo y del córtex frontal ventromedial en la representación de las expectativas del refuerzo, deficiencias que intervienen en la moral, la socialización y la toma de decisiones. El funcionamiento anormal de estas estructuras afectaría la habilidad para responder de forma correcta y consecuente, disminuyendo la capacidad para controlar su comportamiento e incrementando la probabilidad de presentar

conductas antisociales (Crowe y Blair, 2008, pp. 1145-1159). Además, los déficits en la empatía cognitiva y emocional vendrían parcialmente explicados por alteraciones en el córtex prefrontal ventromedial, el sistema de las neuronas espejo y el córtex cingulado. Por último, el empobrecimiento emocional se relacionaría con un funcionamiento inadecuado de la amígdala, los lóbulos temporales, el giro fusiforme y el fascículo uncinado (Cumming, 2015, pp. 1-7).

En resumen, los estudios con RM están empezando a encontrar diferencias morfológicas en distintos tipos de agresores. Muchos de los hallazgos recientes no han sido todavía replicados, y aunque hay grandes diferencias anatómicas, las vías de conexión concretas o los mecanismos neurobiológicos subyacentes no han sido completamente esclarecidos. A pesar de esto, diversas estructuras cerebrales como la amígdala, el córtex cingulado, el lóbulo temporal y el córtex prefrontal aparecen vinculadas de forma reiterativa a una mayor predisposición a la violencia, tanto en sujetos sanos como en aquellos afectados por diversas psicopatologías.

Investigaciones con tomografía por emisión de positrones (TEP) y tomografía computarizada por emisión de fotones simples (TCEFS)

La TEP y la TCEF son técnicas más actuales de neuroimagen. Tras compararse 40 pacientes psiquiátricos con historia de agresión con 40 pacientes no agresivos mediante TCEFS, los primeros mostraron una disminución de la actividad en el córtex prefrontal, un incremento en los lóbulos frontales anteromediales y en los ganglios basales izquierdos y alteraciones en el sistema límbico y en el lóbulo temporal izquierdo (Amen, Sublefield, Carmichael y Thisted, 1996, pp. 129-137). En otro estudio llevado a cabo en varones, se

demonstró que los sujetos psicópatas necesitaron mayor FSCr (flujo sanguíneo cerebral regional) para las tareas relacionadas con el procesamiento emocional de las palabras que los controles. Las vías implicadas en el procesamiento léxico incluyeron regiones frontotemporales, mediales frontales y subcorticales.

Raine, Buchsbaum, Stanley, Lottenberg, Abel y Stoddard (1994) compararon el cerebro de 22 asesinos en serie (20 hombres y dos mujeres) y 22 sujetos no violentos mientras realizaban una tarea atencional que consistía en pulsar un botón para registrar la aparición del dígito 0 de entre un conjunto de números y letras. Se observó que los asesinos se caracterizaban por una alteración prefrontal, ya que la utilización de la glucosa en el córtex prefrontal y el córtex orbitofrontal era notablemente menor durante la prueba. No se encontraron alteraciones en otras áreas del cerebro, lo que indica una alteración específica del área prefrontal (pp. 365-373).

En otro estudio se halló una hipoactivación de la región cerebral prefrontal (zonas laterales y medias) y una hiperactivación de la amígdala derecha, pero no de la izquierda, de 41 asesinos. Los asesinos fueron clasificados en dos grupos, aquellos que habían efectuado una planificación del asesinato y aquellos que asesinaron de forma impulsiva y emocional. Únicamente los asesinos impulsivos mostraron disminuciones del metabolismo del córtex prefrontal lateral. Además, mostraron mayor ratio metabólica en el hipocampo, la amígdala, el tálamo y el cerebro medio del hemisferio derecho que los asesinos que lo habían planificado (Davidson, Putnam y Larson, 2000, pp. 591-594).

Si bien los esquizofrénicos también tienen déficits prefrontales, los asesinos se diferencian de estos en la extensión de la alteración. Mientras que los esquizofrénicos

muestran una reducción del metabolismo en la glucosa a nivel frontal y a nivel temporal y parietal derechos durante la realización de una tarea atencional, los asesinos muestran déficits específicos en el córtex prefrontal, pero no en las regiones temporales y parietales (Buchsbaum, et al., 1990, pp. 217-227).

Los resultados de los estudios de Raine plantean una teoría prefrontal de la violencia, en la que los asesinos se caracterizan por una alteración prefrontal selectiva. Asimismo, los datos de otro estudio también muestran una disminución significativa del metabolismo de la glucosa en el cuerpo caloso de los asesinos, lo que refuerza la teoría de una alteración de la lateralización cerebral en agresores violentos (Raine et al., 1994, p. 372).

Consecuencias neurobiológicas del maltrato infantil

El maltrato infantil puede tener consecuencias psicológicas y neurológicas irreversibles, debido a que el cerebro se desarrolla continuamente durante toda la niñez, la adolescencia e incluso el período adulto (Giménez Pando, Pérez Arjona, Dujovny y Díaz, 2007, pp. 95-100). En el 2015, según el Patronato Nacional de la Infancia (PANI), hubo 8 183 denuncias de maltrato infantil; en el 2016 se recibieron más de 44 mil llamadas al 911, reportando algún tipo de violencia contra niños y en marzo del 2017 la cifra ya había llegado a 100 diariamente (Porrás Díaz, 2017). Todas estas experiencias traumáticas y de estrés crónico durante el desarrollo de los niños, los pueden afectar tanto a nivel físico como cognitivo (Lee y Hoaken, 2007, pp. 281-298).

Maltrato infantil abarca desde la falta de atención adecuada en el niño (negligencia o abandono), hechos que afecten la salud física (maltrato físico o abuso sexual), así como

maltratos psicológicos (Santana Tavira, Sánchez Ahedo y Herrera Basto, 1997). Aunque no todos los niños que han sufrido maltrato infantil desarrollan conductas desadaptativas, estas interrupciones en el desarrollo psicológico y neurobiológico sufridas durante la infancia pueden contribuir a que presenten psicopatologías a corto y largo plazo. Entre los trastornos de mayor prevalencia son la depresión, los problemas de conducta y la delincuencia, los trastornos de conducta antisocial, los trastornos de déficit atencional con hiperactividad (TDAH), el trastorno por estrés postraumático (TEPT) y los trastornos de personalidad (Tykara, Wyche, Kelly, Price y Carpenter, 1997, pp. 160-175). Aunado se podría citar el abuso de drogas, conductas autolesivas y suicidas, somatización (histeria crónica), ansiedad y disociación (Cicchetti y Toth, 2005, pp. 409-438).

A nivel neurobiológico, el maltrato infantil se asocia con importantes alteraciones del sistema nervioso central (SNC), el sistema nervioso autónomo (SNA), el sistema endocrino (SE) y el sistema inmune (SI). Además de alteraciones en las respuestas ante el estrés, debido a alteraciones por daños en receptores del hipocampo, lo cual aumenta el riesgo de suicidio (McGowan et al., 2009, pp. 342-348).

Lo mencionado evidencia que el maltrato infantil causa secuelas significativas que según las neurociencias determinan conductas violentas a corto o largo plazo, debido a daños anatómicos, estructurales y funcionales del cerebro. Por esto, el objetivo de exponer este tema es resumir los conocimientos actuales de las neurociencias en cuanto a las consecuencias neurobiológicas que ejerce el maltrato infantil en el encéfalo y en su desarrollo, así como una posible relación con la agresión y violencia humana. Estos análisis

pueden resultar de gran ayuda en la prevención y el tratamiento de las consecuencias derivadas del maltrato en la vida adulta.

El desarrollo del cerebro y el maltrato

Desde que se nace hasta la etapa adulta, se produce un desarrollo no solamente físico, sino también de la conducta y emocional, de forma paralela ocurre una maduración cerebral.

Durante el primer año del niño, las neuronas se desarrollan para establecer conexiones neuronales definitivas. De esta manera las neuronas nacen y se diferencian unas de otras hasta que migran a distintas regiones, donde establecerán sus propias conexiones. Aunque este proceso sea genéticamente determinado, el ambiente externo en el que se desarrollan va a ser definitivo para el mantenimiento de conexiones específicas, afectando el aprendizaje, el abuso de drogas o los producidos como consecuencias de daños, desnutrición y situaciones de estrés severo a edades tempranas. Hablando, por tanto, del fenómeno de *plasticidad neuronal* visto con anterioridad (Grassi Oliveira, Ashy y Stein, 2008, pp. 60-68).

Otro proceso postnatal relevante es la mielinización, proceso que consiste en recubrir los axones (partes de las neuronas en forma de cilindro alargado) con una sustancia llamada mielina o vaina de mielina, con el objetivo de favorecer la conducción de impulsos nerviosos. Esta mielinización determina en gran parte el desarrollo de la capacidad funcional de las neuronas. Las neuronas amielínicas, es decir, aquellas que no poseen mielina, tienen una velocidad de conducción lenta y muestran fatiga precoz; mientras que

las neuronas mielinizadas conducen más rápidamente y cuentan con un largo periodo de actividad antes de que se produzca la fatiga. La mielinización más intensa se da al poco tiempo del nacimiento y continúa durante años comenzando en la médula espinal y luego extendiéndose al encéfalo posterior, medio y anterior. Si el proceso de mielinización fracasa o no se da de manera adecuada, esto conllevaría a una disminución cognitiva, motora y sensorial (Watts English, Fortson, Gibler y De Bellis, 2006, pp. 717-736).

Los malos tratos a tempranas edades producen cambios a nivel interno, afectando principalmente a neurotransmisores, hormonas neuroendocrinas (hormonas en la sangre en respuesta a la estimulación del sistema nervioso) y factores neurotróficos (proteína derivada del cerebro que actúa como factor de crecimiento). La exposición continua a situaciones altamente estresantes conlleva a que los mecanismos que actúan ante los niveles de ansiedad activen los sistemas biológicos de respuesta de estrés, produciéndose como consecuencia la aparición de cambios cerebrales adversos. Los principales cambios cerebrales observados son pérdida acelerada de neuronas, retrasos en el proceso de mielinización, anormalidades en el desarrollo apropiado de la poda neural (proceso que elimina la sinapsis excesiva de los primeros años de vida), inhibición de la neurogénesis (nacimiento de nuevas neuronas) o estrés inducido por factores de crecimiento cerebral (Teicher Andersen, Polcari, Anderson, Navalta y Kim, 2003, pp. 33-44).

El maltrato, los abusos y el abandono durante la infancia interrumpen el desarrollo normal del cerebro. Dependiendo de edad de inicio y la duración de los malos tratos, pueden incluso llegar a producir modificaciones considerables en algunas estructuras cerebrales, existiendo una alta probabilidad de que estos niños lleguen a desarrollar

patologías tales como trastorno de estrés postraumático, atención y memoria, que pueden eventualmente conllevar a corto o largo plazo a acciones violentas o delictivas o consumo de sustancias ilícitas (De Bellis, 2005, pp. 150-172).

Importancia de los cambios neurobiológicos: “ciclo de la violencia”

El ciclo de la violencia es un fenómeno en el cual aquellos menores que han sufrido malos tratos durante la infancia muestran un mayor riesgo de presentar conductas antisociales y violentas durante la adultez (Craig, 2007, pp. 507-518). Las conductas agresivas están influidas por distintos factores, tanto ambientales como biológicos, entre los que están los genéticos, los neuroquímicos, los hormonales, los neurológicos, los inmunológicos, los sociales, los familiares, las experiencias previas y las diferencias individuales (Moya Albiol, 2004, pp. 1067-1075).

Investigaciones mediante técnicas de estimulación eléctrica han mostrado que áreas como la amígdala, el hipocampo, el hipotálamo y estructuras tegmentales son precursoras de la agresión, mientras que la zona ventromedial de los lóbulos frontales y el área central de los lóbulos temporales son inhibitoras de este tipo de conductas. La disminución del hipocampo y de la amígdala en sujetos víctimas de malos tratos durante la infancia podría contribuir al desarrollo de la violencia en la etapa adulta. De este modo, los estudios de neuroimagen realizados en personas adultas violentas han mostrado la existencia de pérdida de tejido en la amígdala y el hipocampo del lóbulo temporal, lo cual ha llegado a establecer una correlación positiva entre el tamaño reducido del hipocampo y la psicopatía. Otra alteración en niños maltratados es la *irritabilidad límbica*, la cual también se observa en adultos que muestran comportamientos violentos, la que se manifiesta en un aumento en la

conducta agresiva, hipersexualidad y ataques irracionales (Carrión et al., 2001, pp. 943-1301).

Con respecto a las alteraciones observadas en el *lóbulo frontal* de niños maltratados, los altos niveles de estrés afectan el desarrollo normal, ocasionando una maduración prefrontal precoz, lo cual conlleva a un bajo control de impulsos, estallidos de agresividad y falta de sensibilidad personal, que predisponen a la conducta agresiva y violenta (Teicher et al., 2003, pp. 33-34; Lee y Hoaken, 2007, pp. 281-298). En cuanto a la *lateralización hemisférica* y a las conexiones establecidas por el cuerpo calloso en menores maltratados, se ha observado un menor tamaño del cuerpo calloso, especialmente en varones, así como retrasos en la mielinización, lo cual propicia el desarrollo independiente de ambos hemisferios (Grassi Oliveira et al., 2008, pp. 60-68).

Si se atiende a los modelos teóricos que explican la agresión humana, también es posible observar similitudes entre las bases biológicas que en estos se proponen y los hallazgos obtenidos en sujetos maltratados durante la infancia. Uno de estos modelos establece que en la base de las conductas agresivas se encuentran alteraciones en el lóbulo frontal que confluyen con diversos niveles de manifestación, como son el neurofisiológico, el neuroconductual, el de personalidad, el social y el cognitivo. Cuanto mayor es el déficit observado a nivel prefrontal, hay mayor probabilidad de que confluyan alteraciones en los distintos niveles mencionados y que aparezca la violencia. Estas alteraciones pueden vincularse con las observadas a nivel funcional en niños maltratados, pues las alteraciones y problemas de conducta que presentan podrían ser consecuencia de alteraciones en los

diversos niveles explicados y tener en la base un mal funcionamiento del lóbulo frontal (Raine y Buchsbaum, 1996, pp. 195-217).

En función de los hallazgos expuestos, cabe recalcar que aun teniendo en cuenta las diferencias individuales y los diversos factores que confluyen en la aparición de las conductas agresivas durante el periodo adulto, hay una serie de cambios cerebrales en niños maltratados que son también observados en adultos violentos. Dichos cambios, junto con otros ya especificados, pueden actuar como una semilla de cultivo para este tipo de conductas, predisponiendo así a la perpetuación del *ciclo de violencia* e incluso contribuyendo al desarrollo de trastornos de personalidad y de conductas desadaptativas.

Es evidente que un desarrollo adecuado sin altos niveles de estrés y sin vivencia de situaciones traumáticas durante los primeros años de vida permite que el cerebro evolucione de un modo mucho más adaptativo, de forma que la persona será más social, estable y empática y, por supuesto, menos agresiva. Los altos niveles de estrés suponen una interrupción en el desarrollo normal del niño y potencian un desarrollo del cerebro más antisocial, pero adaptado a las circunstancias hostiles que lo rodean, ya que generan un aumento importante en los niveles de hormonas que forjan cambios estructurales y funcionales del cerebro.

Transmisión intergeneracional de la violencia contra la mujer

Evidencia científica ha puesto de manifiesto que el ser víctima de malos tratos o testigo de violencia doméstica durante la infancia incrementa el riesgo de que se produzca la transmisión intergeneracional de la violencia en relaciones de pareja (Rivera y Finchman,

2014). Diversas teorías sociales mantienen que dicha clase de violencia se perpetúa en determinadas familias por aprendizaje, aunque solo en algunos casos los menores terminan convirtiéndose en adultos violentos. Por consiguiente, deben ser contemplados otros factores neurobiológicos que en interacción con el maltrato en sí mismo (o ser testigo de la violencia) durante la infancia o la adolescencia incrementan el riesgo de convertirse en un adulto violento (Jaffee et al., 2005, pp. 67-84).

A continuación, se exponen los distintos factores que según las neurociencias predispondrían a los menores maltratados o testigos de violencia doméstica a la violencia contra la mujer en las relaciones de pareja.

Transmisión genética de la violencia

La violencia contra la mujer en las relaciones de pareja no solo se transmite a través de procesos de aprendizaje. Un estudio con gemelos homocigóticos (idénticos) puso de manifiesto que la herencia explicaría el 24 % del riesgo de golpear a la pareja, el 54 % de hierirla gravemente y el 51 % de forzarla sexualmente. Teniendo en cuenta que no solo la herencia condiciona la precipitación de la violencia, sino que el riesgo de que se perpetúe es mayor cuando los factores, ambientes o experiencias previas tales como ser maltratado o testigo de violencia lo faciliten (Barnes, TenEyck, Boutwell y Beaver, 2013, pp. 371-376).

Los factores que más relevancia tienen en la transmisión genética de la violencia en niños maltratados son los implicados en la neurotransmisión de serotonina. Se ha señalado que el polimorfismo (es decir, la variación en la secuencia de un lugar determinado del ADN en los cromosomas entre individuos de una población) en genes que codifican para la

expresión de la monoaminoxidasa A (MAO-A) (enzima mitocondrial que metaboliza neurotransmisores como la serotonina y la dopamina), de la triptófano-hidroxilasa 1 (TPH1) (enzima implicada en la síntesis del neurotransmisor serotonina) y del transportador de la serotonina podrían actuar como mediador en la transmisión intergeneracional de la violencia contra la mujer en las relaciones de pareja. Todos estos están implicados en la regulación de la serotonina, que es un neurotransmisor clave en el control del comportamiento violento, y los déficits en sus niveles estarían relacionados con la manifestación de violencia, la impulsividad y las conductas suicidas (Moya Albiol, 2010; p. 115; Stuart, McGeary, Shorey, Knopik, Beaucage y Temple, 2014, pp. 385-400).

Estudios con menores manifestaron que aquellos severamente maltratados poseían la variante genética de menor actividad y tenían mayor riesgo de desarrollar conductas antisociales y violentas en una etapa posterior de la vida, en comparación con los que presentaban la variante de mayor actividad. El riesgo de ser violento durante la etapa adulta era mayor cuanto más extremo fuese el maltrato recibido, aparecía de forma más temprana y se producía durante un periodo de tiempo más prolongado (Caspi et al., 2002, pp. 851-854; Cicchetti, Rogosch y Thibodeau, 2012, pp. 907-928).

El TPH1 (triptófano-hidroxilasa 1) está involucrado en la síntesis del neurotransmisor serotonina, regulando sus niveles. Por tanto, polimorfismos en dicho gen se relacionan con la baja neurotransmisión serotoninérgica, que incrementa el riesgo de ser violento, reaccionando de forma agresiva incluso sin ser provocados. El riesgo de manifestar conductas antisociales y violentas incrementa en aquellos niños que fueron maltratados (Manuck, Flory, Ferrell, Dent, Mann y Muldoon, 1999, pp. 603-614).

Todo esto produciría un déficit en los niveles de serotonina, que en muchos casos facilitaría la violencia, específicamente la de tipo impulsivo.

Exposición prenatal al cortisol y testosterona

Estudios mencionan que una mayor exposición prenatal a la testosterona o una mayor sensibilidad a la misma durante esta etapa podría estar relacionada con una mayor tendencia a la violencia y una menor empatía cognitiva en hombres durante su edad adulta (Bailey y Hurd, 2005, pp. 215-222). Como indicador de dicha exposición prenatal a la testosterona, se ha empleado la ratio D2:D4 o el cociente entre la longitud de los dedos índices y anular. El índice D2:D4 es una medida indirecta de la exposición prenatal a andrógenos y se asocia negativamente con la testosterona prenatal. De manera que una exposición prenatal a la testosterona se reflejaría en una menor ratio D2:D4 o, dicho de otro modo, una mayor longitud del dedo anular respecto al índice (Hönekopp, Bartholdt, Beier y Liebert, 2007, pp. 313-321).

Investigaciones han puesto de manifiesto que hombres penados por violencia contra la mujer en las relaciones de pareja presentan una menor ratio D2:D4, es decir han tenido una mayor exposición prenatal a la testosterona que los hombres no violentos (Romero Martínez, Sariñana González, González Bono, Lila y Moya Albiol, 2013, pp. 355-369). Además, los que tienen menor ratio D2:D4 presentan mayor impulsividad, expresión de la violencia y consumo de alcohol, así como una menor empatía cognitiva o capacidad para entender los pensamientos o sentimientos de los demás y flexibilidad cognitiva. Si se combina una elevada exposición prenatal a la testosterona con un rechazo parental, los déficits en dichas habilidades sociocognitivas serían mayores, incrementando la tendencia a

la violencia a través de un pobre sistema sociocognitivo que afectaría la regulación de las emociones y el comportamiento (Romero Martínez, Nunes Costa, Lila, González Bono y Moya Albiol, 2013, pp. 321-327).

Estudios con humanos y animales han indicado que altos niveles de ansiedad y cortisol (provocados por violencia doméstica) durante la gestación tienen efectos a largo plazo en el comportamiento de sus hijos y facilitan la aparición de comportamientos antisociales o violentos en los descendientes (O'Connor, Heron, Golding, Beveridge y Glover, 2002, pp. 502-508). Las mujeres maltratadas de forma física, psicológica o sexualmente durante el proceso de gestación producen mayores niveles de cortisol, lo que afecta el desarrollo del feto, en especial el funcionamiento de su eje hipotalámico-adrenal (HHA) durante la etapa postnatal (Radtke et al., 2011, pp. 19-21).

La relación entre cortisol y violencia no es directa, el cortisol sirve de inhibidor de otros factores participantes de la violencia como lo es la testosterona, reduciendo los niveles de testosterona, inhibiendo su secreción por parte del eje hipotálamo-hipofísico-gonadal (HHG), así como bloqueando sus efectos (Romero Martínez, et al., 2013, pp. 240-247).

Por todo lo anterior, se ha establecido que los hombres violentos podrían caracterizarse por altos niveles de testosterona y bajo cortisol, siendo el cociente entre ambas hormonas un indicador válido de la propensión a la violencia (Montoya, Terburg, Bos y Van Honk, 2012, pp. 65-73).

Los traumatismos craneoencefálicos (TCE)

Los traumatismos craneoencefálicos están positivamente relacionados con el maltrato infantil. En muchos casos los traumatismos craneoencefálicos provocan déficits cognitivos de carácter crónico que afectan el funcionamiento normal del individuo, apareciendo con más facilidad la violencia tras el traumatismo craneoencefálico y manteniendo dichos comportamientos en el tiempo (Salmond, Chatfield y Menon, 2005, pp. 189-200). En línea con estos resultados, y tal como han puesto de manifiesto estudios retrospectivos, alrededor del 53 % de los maltratados han padecido un traumatismo craneoencefálico a lo largo de la vida principalmente durante la infancia y la adolescencia, con una pérdida de conciencia que osciló entre minutos a meses (Farrer, Frost y Hedges, 2013, pp. 225-234).

Los maltratadores con historial de haber padecido un traumatismo craneoencefálico presentan un cociente intelectual inferior, así como déficit en atención, velocidad y coordinación motora, escaneo visual y flexibilidad cognitiva en comparación con los maltratadores que no han padecido el TCE (Teichner, Golden, Van Hasselt y Peterson, 2001, pp. 241-253).

Correlatos neuroanatómicos

Las neurociencias han observado un funcionamiento inadecuado de distintas estructuras cerebrales como el hipocampo, la amígdala, el cerebro, el cuerpo calloso y el córtex cerebral en hombres violentos que fueron maltratados durante su infancia (Mesa Gresa y Moya Albiol, 2011, pp. 489-503).

En primer lugar, la mala memoria en niños maltratados encuentra una explicación en alteraciones del hipocampo, la cual se encontraría dañada en muchos casos debido a los traumatismos craneoencefálicos producidos en una edad temprana (Romero Martínez y Moya Albiol, 2013, pp. 515-522). Por otro lado, con respecto a las funciones ejecutivas, se han hallado déficits neurales en el mal funcionamiento de distintas estructuras del córtex prefrontal, como las regiones dorsolateral y orbifrontal, por lo cual posiblemente los hombres que maltratan a las mujeres en las relaciones de pareja podrían presentar déficits estructurales o funcionales en dichas estructuras cerebrales, lo cual ofrecería una explicación de su comportamiento (Tirapu Ustárroz, García Molina, Ríos Lago y Ardila Ardila, 2012, p. 499).

Los hallazgos en la zona dorsolateral estarían vinculados con la escasa flexibilidad cognitiva, escasa capacidad de inhibición (capacidad de controlar las respuestas impulsivas o automáticas tanto de información como de comportamiento) y con los déficits de atención sostenida. Respecto al córtex prefrontal orbitofrontal, los déficits en esta región se asociarían a dificultades para demorar la recompensa, así como a arrebatos de ira y dificultades en la toma de perspectiva. Además, estas regiones prefrontales formarían un circuito cerebral junto a la amígdala y el córtex cingulado anterior y otras regiones interconectadas que se encargarían de la regulación emocional, por lo que el mal funcionamiento en estructuras específicas en la comunicación entre ellas incrementaría el riesgo de reaccionar de manera agresiva (Lee y Hoaken, 2007, pp. 281-298; Mesa Gresa y Moya Albiol, 2011, p. 490).

Como se ha expuesto, los niños maltratados que llegan a ser agresores durante su etapa adulta tienden a presentar un sesgo de atribución hostil, así como una mayor activación ante estímulos de amenaza.

Serotonina y violencia

Las conceptualizaciones actuales que intentan explicar conductas concretas se basan en la teoría de neurotransmisión múltiple, en la cual un complejo sistema neural y diversas sustancias químicas interactúan regulando cada conducta. A través de las redes nerviosas se extienden numerosas sustancias neuroquímicas que desempeñan un papel importante en la modulación de la violencia, como por ejemplo la serotonina (5-HT), las catecolaminas, el GABA, el glutamato, la acetilcolina, el óxido nítrico, la vasopresina, la sustancia P, la histamina, los opioides endógenos, entre otras. Sin embargo, la 5-HT (serotonina) es el principal neurotransmisor relacionado con la agresión y la violencia y el que ha sido objeto de mayor número de estudios neurocientíficos sobre esta temática (Moya Albiol, 2004, pp. 1067-1075).

La 5-HT se produce principalmente en los núcleos del rafe, desde donde es enviada por medio de las vías serotoninérgicas a numerosas regiones del encéfalo.

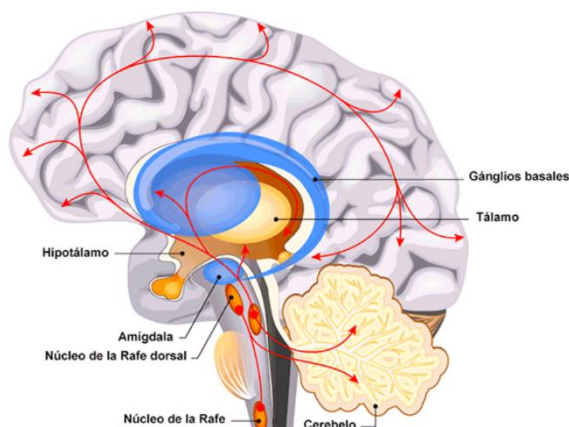


Figura 13. Núcleo de la rafe

Tomado de: <https://www.psicoadictiva.com/blog/wp-content/uploads/2018/11/nucleo-del-rafe.png>

Esta sustancia está implicada en la regulación de un gran número de emociones y conductas, como las emociones relacionadas con el estado de ánimo, el ciclo del sueño vigilia (la alternancia entre estar despierto y dormido) y la conducta agresiva.

Los estudios en animales han indicado que la 5-HT es el neurotransmisor que guarda una relación más estrecha con la agresión y violencia, considerándose un inhibidor de la mayoría de sus formas, ya que la impulsividad y la alta agresividad se asocian con una disminución de los niveles o de la liberación de 5-HT (Olivier, 2004, pp. 382-392; Nelson y Chiavegatto, 2001, pp. 713-719).

Las investigaciones en humanos han demostrado que el aumento de la actividad serotoninérgica reduce la impulsividad, mientras que la disminución incrementa la frecuencia e intensidad de reacciones agresivas y antisociales, más las de tipo impulsivo que las premeditadas. Además, estudios en neuroimagen aportan más información sobre la distribución cerebral de este neurotransmisor en distintas muestras de sujetos agresivos o impulsivos (Frankle, Lombardo, Goodman, Talbot y Huang, 2005, pp. 915-923).

El objetivo de esta sección es ofrecer información actualizada sobre la compleja relación existente entre la serotonina (5-HT/5-hidroxitriptamina), la agresión y la violencia, tanto en investigaciones llevadas a cabo en animales como en estudios realizados en humanos.

Estudios con respecto a la concentración de serotonina

Las investigaciones que analizan las concentraciones de 5-HT y su asociación con la conducta agresiva se han efectuado principalmente en primates, en animales de laboratorio y trabajos que analizan el efecto de las dietas ricas y pobres en 5-HT, tanto en animales como en humanos.

Estudios correlacionales en humanos

Los estudios correlacionales han mostrado que en general la agresión se vincula con bajos niveles de 5-HT. Se han tomado tanto medidas directas, donde se ha descrito un menor nivel de 5-HT en cerebros *post mortem* de delincuentes y suicidas, como medidas indirectas, entre las que destaca una baja concentración de 5-HIAA (principal metabolito de la 5-HT) en líquido cefalorraquídeo (LCR) y una menor fijación de 3-H-Imipramina (marcador serotoninérgico) en cerebro, especialmente en el córtex prefrontal e hipotálamo (Moya, 2015, p. 161).

El primer estudio en este campo fue llevado a cabo con soldados de la marina que habían sido retirados por tener un historial de agresiones repetidas, y mostraron un balance negativo entre los niveles de 5-HIAA en LCR y la historia de agresión (Brown, Goodwin, Ballenger, Goyer y Major, 1979, pp. 131-139). A partir de entonces se realizaron numerosas investigaciones con diversas muestras de sujetos que ratificaron los resultados

señalados en suicidas y personas con propensión al suicidio, sujetos con historial de conducta violenta o impulsiva, pirómanos (patología a provocar incendios), agresores violentos con alteraciones de la personalidad, personas impulsivas con alta rabia e irritabilidad, niños con agresión impulsiva, alcohólicos violentos y psicópatas criminales. También se han observado dichos resultados en momentos de colera intensa, en autolesiones y en crímenes impulsivos (Ayuso Gutiérrez, 1993, pp. 56-62; Mitsis, Halperin y Newcorn, 2000, pp. 95-101; Lee y Coccaro, 2001, pp. 35-44).

La administración de fenfluramina (medicamento que aumenta la descarga de serotonina o 5-HT) en primates hizo que dentro del mismo grupo social los agresivos segregaran menor cantidad de prolactina (hormona peptídica estimuladora de producción de leche y síntesis de progesterona) que los no violentos. En humanos se obtuvieron resultados similares, se observó una relación inversa entre los niveles de prolactina en sangre, estimulados por la fenfluramina y el comportamiento agresivo en pacientes con trastorno de personalidad antisocial, en personas que habían cometido intentos de suicidio, en alcohólicos violentos, en agresiones directas y verbales y en episodios de comportamiento hostil relatados por el propio paciente (Handelsman et al., 1996, pp. 824-829; Coccaro, Kavoussi, Cooper y Hauger, 1997, pp. 1430-1435).

Microdiálisis en animales de laboratorio

Los primeros estudios en cerebros *post mortem* se efectuaron en ratones albino Swiss aislados, que incrementaron su agresión al ser confrontados con otros oponentes aislados y mostraron menores concentraciones de 5-HT y de 5-HIAA en diversas zonas del cerebro (Giacalone, Tansella, Valzelli y Garattini, 1968, pp. 1315-1327). Sin embargo, gracias a los

estudios de microdiálisis actuales que analizan los tejidos vivos, se dispone de un conocimiento mucho más detallado sobre las fluctuaciones dinámicas de la 5-HT asociadas a la conducta agresiva. Estos estudios permiten monitorear las actividades de la serotonina en una región específica del cerebro mientras los animales experimentales están en reposo, en fase de preparación o de anticipación, agrediendo o se recuperan de un encuentro agonístico.

Los principales hallazgos demostraron que al confrontar una rata residente con otra intrusa, la 5-HT cortical de la rata residente permanece inalterada durante el inicio de la agresión. No obstante, hay una disminución de serotonina en el córtex prefrontal, pero no así en el núcleo accumbens durante la agresión en sí misma, al finalizar la agresión y en la fase de recuperación (Van Erp y Miczek, 2000, pp. 9320-9325). Las ratas residentes que regularmente son sometidas a luchas con intrusas en un momento concreto del día, sí muestran una disminución de la 5-HT en el núcleo accumbens el día que no tiene lugar la confrontación, lo cual indica que la anticipación de una lucha es suficiente para disminuir la concentración de 5-HT en esta estructura neural.

Síntesis serotoninérgica: dietas con o sin triptófano

Diversas investigaciones han modificado los niveles de 5-HT por medio de la manipulación de las dietas, tanto en humanos como en animales. En concreto, lo que han hecho es modificar las concentraciones de triptófano, aminoácido que aparece en diversos alimentos como las carnes, el jamón, las anchoas, el queso, los huevos, la leche, las almendras, los cereales, entre otros.

Estudios clásicos experimentales llevados a cabo en ratones mostraron que las dietas sin triptófano producen un incremento de la conducta agresiva (Kantak, Hegstrand y Eichelman, 1980, pp. 675-679), mientras que una dieta rica en triptófano la disminuye (Lasley y Thurmond, 1985, pp. 313-321). Estudios en humanos han señalado que las dietas y bebidas ricas en triptófano producen sentimientos de bienestar en personas altamente agresivas. En voluntarios sanos tras omitir el triptófano de las dietas aumentó la agresión al ser sometidos a situaciones experimentales donde se les provocaba por medio de un oponente ficticio al que podían causar daño (Cleare y Bond, 1995, pp. 72-81; Pihl, Young, Harden, Plotnick, Chamberlain y Ervin, 1995, pp. 353-360; Moeller, Dougherty, Swann, Collins, Davis y Cherek, 1996, pp. 97-103). Además, el disminuir los niveles de 5-HT por reducción del triptófano en la dieta afectaría también al procesamiento de las expresiones faciales de ira. De hecho, se relacionó con alteraciones en la conectividad entre la amígdala y el córtex ventral cingulado anterior derecho y prefrontal ventrolateral (Passamonti et al., 2012, pp. 36-43).

Estudios de neuroimagen

El desarrollo de la neuroimagen ha permitido avanzar en el conocimiento de la actividad y de los receptores de la serotonina (5-HT) que guardan alguna relación con la agresión y la violencia. En pacientes con trastornos de la personalidad agresivos impulsivos, personas con trastorno límite de la personalidad y deprimidas con historial de intento de suicidio, al suministrarles fenfluramina se ha observado una activación reducida en las regiones orbital y ventromedial del córtex prefrontal. Además, pacientes con síndrome de descontrol episódico mostraron menor activación en el córtex orbitofrontal y en el córtex ventromedial

adyacente (Siever, Buchsbaum, Spiegel Cohen, Wei, Hazlett y Mitropoulou, 1999, pp. 413-423; Mann et al., 1992, pp. 442-446).

Estudios con tomografía por emisión de positrones han mostrado la actividad específica de algunos componentes del sistema serotoninérgico, como el receptor 5-HT_{2A} y el transportador de serotonina. De esta forma, han descrito menor densidad del transportador de la serotonina en el córtex cingulado de pacientes con trastorno de la personalidad agresiva (Frankle et al., 2005, p. 924) y en el córtex cingulado anterior y orbitofrontal de personas agresivas (Siever, 2008, pp. 429-442).

Rol de las catecolaminas en la agresión y en la violencia

Las catecolaminas son un conjunto de neurotransmisores, siendo la dopamina, la adrenalina y la noradrenalina las tres principales catecolaminas y las más relevantes en el sistema nervioso (Figueroba, 2019). A continuación se aprecia la relación entre las catecolaminas y la conducta, tanto a partir de datos obtenidos de animales de laboratorio como aquellos de seres humanos, con la finalidad de entender uno de los factores implicados en la regulación de la agresión como es la neuroquímica.

Adrenalina y noradrenalina y su implicación en la agresión y violencia

La noradrenalina afecta la conducta agresiva en tres niveles diferentes: hormonal, autónomo y central. A través del sistema endocrino, prepara al metabolismo para la lucha o la huida; mediante el sistema autónomo, establece una reacción autónoma apropiada; y por medio del sistema nervioso central, influye en la preparación del animal, ya que produce el cambio de atención hacia estímulos socialmente relevantes, incrementa la función olfativa,

disminuye la sensibilidad al dolor y aumenta la memoria. Los enfrentamientos o encuentros agonísticos son generalmente percibidos como estresantes, pudiendo desencadenar un incremento de la activación. Los incrementos en la actividad de la adrenalina se producen cuando los individuos centran su atención en un acontecimiento importante, por lo que no son específicos de las interacciones agonísticas (Haller, Makara y Kruk, 1998, pp. 85-97).

De hecho, la mera observación de una lucha es suficiente para producir un incremento de la noradrenalina en el córtex de ratones, por lo que esta sustancia es de especial relevancia para la activación en general. Las fluctuaciones en los niveles de las catecolaminas y de la dopamina en el hipocampo y la amígdala estarían relacionadas con la mayor propensión al comportamiento agresivo en roedores (Patki, Atrooz, Alkadhi, Solanki y Salim, 2015, pp. 308-313).

Noradrenalina y agresión

Aunque no se ha establecido una relación consistente entre la noradrenalina y la agresión, las manipulaciones farmacológicas de los niveles de noradrenalina o de receptores noradrenérgicos específicos indican que esta sustancia facilita la agresión (Nelson y Trainor, 2007, pp. 536-546). Los estudios con animales señalaron que la administración cerebral de noradrenalina disminuía el comienzo para el ataque defensivo provocado mediante estimulación eléctrica, y que cuanto mayor era la cantidad de noradrenalina inyectada, menor corriente eléctrica se necesitaba para ocasionar la conducta defensiva (Siegel, Schubert y Shaikh, 1997, pp. 733-742). Los efectos más específicos se refieren a que una ligera activación del sistema noradrenérgico central estimule la agresión y la lucha ante el conflicto, mientras que una fuerte activación produce el efecto contrario. Este efecto

puede permitir al animal enfrentarse o evitar el conflicto, dependiendo de la fuerza del desafío social.

La administración intraventricular de 6-hidroxidopamina (neurotoxina que produce una destrucción selectiva de neuronas catecolaminérgicas) en el cerebro de ratas disminuyó los niveles de noradrenalina, pero no los de dopamina. El cambio en estos niveles se vio asociado con mayor agresividad en comparación con aquellas ratas en las que no se administró la sustancia (Comai y Tau, 2012, pp. 83-94).

Los estudios de manipulación genética han ofrecido resultados más consistentes, pues se han observado incrementos en los niveles de noradrenalina y de la agresión en ratones *knockout* (ratones modificados por ingeniería genética) para el gen del transportador de la noradrenalina (Haller, Bakos, Rodriguiz, Caron, Wetsel y Liposits, 2002, pp. 279-284) o para los de la COMT (enzima que degrada las catecolaminas) (Gogos et al., 1998, pp. 9991-9996). Asimismo, el papel de la noradrenalina en la agresión ha sido confirmado en ratones *knockout* para el gen de la dopamina beta hidroxilasa, ya que no podían producir noradrenalina y mostraban una reducción de la agresión junto a alteraciones de la memoria social (Marino, Bourdelat Parks, Cameron Liles y Weinshenker, 2005, pp. 197-203).

Receptores alfa y beta adrenérgicos

Existe una hipótesis sobre las funciones de los diferentes tipos de receptores adrenérgicos en el control de la agresión, de forma que los subtipos alfa adrenérgicos contribuyen de manera diversa a las conductas agresivas. En roedores, la estimulación de los receptores adrenérgicos posinápticos alfa-2 es la responsable del inicio y mantenimiento

de la agresión, mientras que receptores adrenérgicos beta controlan la adaptabilidad de la respuesta agresiva. De este modo, se sincronizaría la conducta agresiva a la intensidad del desafío social, lo que puede ser dependiente de la secreción de corticosterona inducida por la noradrenalina (Haller et al., 1998, pp. 85-97).

Los antagonistas beta adrenérgicos o bloqueantes adrenérgicos (sustancias que actúan inhibiendo la acción de los receptores adrenérgicos), como el propranolol, reducen la conducta agresiva tanto en animales de laboratorio como en pacientes psiquiátricos crónicos y en pacientes con daño cerebral, lo que sugiere que la noradrenalina facilita la activación y la conducta agresiva hostil a través de este receptor. Sin embargo, el efecto antiagresivo puede ir acompañado de una disminución de la actividad motora debido a los efectos sedantes del bloqueo del receptor beta (Bell y Hobson, 1993, pp. 873-880). Diversos estudios apoyan esta hipótesis puesto que la administración de otros beta bloqueadores en pacientes esquizofrénicos o con diversos daños cerebrales con alta hostilidad también redujo sus altos niveles de hostilidad o agresividad, pero algunos pacientes han demostrado cierto grado de resistencia (Comai y Tau, 2012, pp. 83-94).

La administración de clonidina ha sido empleada para reducir la elevada agitación y agresividad que presentan ciertos pacientes psiquiátricos, actúa bloqueando los receptores adrenérgicos alfa-2 (Comai y Tau, 2012, pp. 90-94). Los fármacos que disminuyen las respuestas adrenérgicas, como los agonistas alfa-2 y los antagonistas beta adrenérgicos, se emplean en el tratamiento de niños con conducta agresiva inducida por una alta activación. Estos resultados sugieren que la noradrenalina puede regular las conductas agresivas a través de los efectos facilitadores de los receptores beta adrenérgicos o mediante los efectos

inhibitorios de los receptores alfa adrenérgicos. Los niveles basales de noradrenalina sugieren que el efecto más claro de este neurotransmisor tendría lugar en el momento que la lucha ha comenzado, determinando posiblemente si un individuo concreto luchará o huirá (Kollack Walker, Watson y Akil, 1997, pp. 8842-855).

Violencia y dopamina

Los estudios que indican que la dopamina o sistema dopaminérgico está involucrado en conductas agresivas, tanto en animales como en humanos, proviene de tres fuentes fundamentales: los estudios con neurolépticos (fármaco que comúnmente, pero no en exclusivo, se utiliza para tratar la psicosis), las investigaciones de modelos preclínicos llevados a cabo con roedores y gatos, y los estudios sobre los efectos del abuso de drogas o sustancias ilegales (Miczek, Fish y De Bold, 2003, pp. 242-257).

Respecto a estudios con neurolépticos para la disminución de conductas agresivas, el principal componente de investigación es el receptor dopaminérgico D2 como el objetivo prioritario de las intervenciones antiagresivas eficaces (Humble y Berk, 2003, pp. 423-436). Las investigaciones con animales como modelos establecen como prerequisite para que tenga lugar tanto el inicio como la ejecución de las conductas ofensivas y defensivas, que la actividad dopaminérgica permanezca intacta (Miczek, Fish, De Bold y De Almeida, 2002, pp. 443-458). Por último, la violencia intensa ha sido relacionada con el consumo de sustancias ilegales, pero esa asociación se refiere primordialmente al tráfico y al comercio violento de las drogas, y solo se ha vinculado de forma indirecta con la acción de la cocaína y las anfetaminas sobre la dopamina cerebral (Hoaken y Stewart, 2003, pp. 1533-1554).

Estudios en roedores han mostrado que la alimentación con suplementos de L-tirosina y la administración de agonistas dopaminérgicos (activan los receptores de dopamina) como la apomorfina (agonista no selectivo de los receptores dopaminérgicos D1 y D2) inducen agresividad e incremento de la conducta agresiva en ratones y ratas de laboratorio, mientras que los antagonistas de los receptores D1 y D2 producen una disminución de la amenaza y el ataque en machos (De Almeida, Ferrari, Parmigiani y Miczek, 2005, pp. 51-64).

Las anfetaminas y la apomorfina son agonistas dopaminérgicos no selectivos e indirectos, ya que actúan facilitando la liberación de dopamina o inhibiendo su recaptación y metabolismo. Estas sustancias producen un incremento en la irritabilidad, la hostilidad y la conducta agresiva, pudiendo llegar, tras una administración prolongada, a un cuadro denominado *psicosis anfetamínica*. Por otro lado, otro agonista dopaminérgico, la cocaína, puede provocar efectos adversos, entre los que se encuentra un incremento de la intranquilidad y la irritabilidad.

Además, la serotonina podría ser un buen mediador de la expresión de la violencia en consumidores habituales de cocaína. De hecho, aquellos más violentos se caracterizan por presentar alteraciones tanto en los transportadores como en los receptores postsinápticos de la serotonina (Romero Martínez y Moya Albiol, 2015, pp. 64-74). En línea con estos resultados, niños de ambos sexos expuestos prenatalmente a cocaína presentaron niveles más altos de noradrenalina, así como descensos en los metabolismos de la dopamina (Mayes, Grillon, Granger y Schottenfeld, 1998, pp. 126-143).

Estudios en roedores indican que la administración de dosis bajas de anfetaminas o de apomorfina puede incrementar la conducta agresiva de ratones aislados o de ratas

provocadas, mientras que dosis altas de anfetaminas incrementan las reacciones defensivas a la administración de descargas eléctricas o a los ataques de oponentes agresivos. En monos y ratones con amplia experiencia de encuentros agonísticos, las anfetaminas interrumpen el patrón de interacción social y agresividad. Todos estos datos sugieren que la dopamina desempeña un papel importante en los mecanismos neurobiológicos de la conducta agresiva a diversos niveles, ya que incrementan las tendencias agresivas, desorganizan los patrones típicos en diversas especies, intensifican los actos agresivos y prolongan las actividades agresivas (Moya, 2015, p. 193).

Los estudios farmacológicos en humanos muestran que los neurolépticos típicos o tradicionales como la clorpromazina y el haloperidol han sido empleados durante décadas como la primera elección en el tratamiento de los síntomas agresivos agudos en pacientes esquizofrénicos (De Almeida et al., 2005, p. 60). Otros fármacos como la risperidona, la olanzapina (bloqueadores de serotonina y dopamina) y el zuclopentixol pueden ser usados como alternativas. Cuando la agresión es persistente, la clozapina, que afecta a nueve receptores de neurotransmisores (D1, D2, D4, 5HT2, 5HT2C, 5HT3, alfa 1, H1 y M2), parece mostrar los mejores resultados (Brieden, Ujeyl y Naber, 2002, pp. 83-89; Briken, Nika, Krausz y Naber, 2002, pp. 139-144; Fazel, Zetterqvist, Larsson, Långström y Lichtenstein, 2014, p. 1206).

GABA y otras sustancias químicas cerebrales relacionadas con la agresión

Además de la serotonina, las catecolaminas, también el GABA, el glutamato y otras sustancias neuroquímicas han sido relacionadas con la agresión y la violencia. A continuación, se comentarán en forma general las más relevantes. No se trata de llevar a

cabo una investigación exhaustiva de las investigaciones sobre las sustancias neuroquímicas vinculadas con la agresión, sino recopilar los principales hallazgos de las neurociencias, de forma resumida, para demostrar cómo estas pueden afectar las conductas y decisiones violentas.

Glutamato y GABA

El glutamato es un neurotransmisor que media la mayor parte de sinapsis excitatorias del sistema nervioso central, es el principal mediador de la información sensorial, motora, cognitiva, emocional e interviene en la formación de memorias (Jiménez Balado, 2019). El GABA es un neurotransmisor ampliamente distribuido en las neuronas del córtex cerebral. El rol del GABA es inhibitorio, se encarga de reducir la actividad neuronal y juega un papel importante en el comportamiento, la cognición y la respuesta del cuerpo ante el estrés. Investigaciones indican que el GABA ayuda con el control del miedo y la ansiedad al excitarse las neuronas (García Allen, 2019).

Una gran parte de las transmisiones sinápticas en el sistema nervioso central está modulada por los efectos excitatorios e inhibitorios de los aminoácidos. Basándose en los modelos de acción celular, las primeras hipótesis se limitaron a extrapolar los efectos excitatorios generales del glutamato e inhibitorios del GABA a la conducta agresiva (Mandel, Mack y Kempf, 1979, pp. 95-110). Este acercamiento se encuadra en la hipótesis del *descontrol límbico* de la agresión según la cual la expresión de la conducta agresiva es el resultado de un desequilibrio entre la excitación glutamatérgica y la inhibición del GABA (Monroe, 1978, pp. 242-257). En el caso de pacientes con epilepsia temporal, este

desequilibrio es evidente, mientras dura el episodio tienen descontrolados episodios de violencia (Marsh y Krauss, 2000, pp. 160-168).

Los antagonistas (bloqueadores) de los receptores GABA-A pueden incrementar la agresión, mientras que los inhibidores de la recaptación del GABA (un inhibidor de recaptación es un medicamento que inhibe la recaptación mediada por transportadores plasmáticos de un neurotransmisor desde la sinapsis hacia la neurona presináptica, como la tiagabina) pueden disminuirla, posiblemente a través de la supresión de la reacción a estímulos aversivos (Miczek, Fish y De Bold, 2003, p. 242). Tanto una reducción de la actividad del GABA como un incremento de la del glutamato pueden contribuir al desencadenamiento o aumento de la agresión. Por esto la agresión podría caracterizarse por un desequilibrio entre el ajuste adecuado de los sistemas gabaérgico y glutaminérgico (Hrabovszky, Halasz, Meelis, Kruk, Liposits y Haller, 2005, pp. 656-666).

Acetilcolina

La acetilcolina es una molécula que se produce en las neuronas, la cual es necesaria para que se transmita el impulso nervioso en el sistema nervioso central. Se considera uno de los neurotransmisores más importantes, siendo el principal neurotransmisor del llamado sistema colinérgico. La acetilcolina es liberada por gran cantidad de neuronas en el sistema nervioso central, especialmente en las que están relacionadas con funciones tales como mantener la vigilia, despertar y la atención, así como percibir distintas sensaciones y tomar decisiones en función de estas. Otro papel que tiene en el sistema nervioso central es que se encuentra involucrado con el logro del sueño tipo REM, al aprendizaje y la plasticidad del sistema nervioso (De Andrade, 2015).

Las alteraciones en la actividad colinérgica pueden contribuir a la hiperactividad de regiones subcorticales límbicas y fomentar la disforia o irritabilidad, lo que a su vez puede desencadenar en agresión (Siever, 2008, p. 429). En humanos se han realizado estudios sobre intoxicación por pesticidas que tienen, entre otros componentes, potentes inhibidores de la colinesterasa, como organofosfastos y carbamatos. Entre sus efectos adversos, se ha descrito la aparición de conductas agresivas y violentas, incluyendo el asesinato (López Muñoz et al., 2000, pp. 197-220).

Óxido nítrico

El óxido nítrico es una molécula gaseosa liposoluble que en el cerebro actúa como neurotransmisor y que lleva a cabo distintas funciones dentro del organismo. El óxido nítrico, al ser un gas, no encaja con la definición clásica de neurotransmisor como es el caso de la dopamina o la serotonina; sin embargo, desempeña funciones como neurotransmisor y neuromodelador (Armando Corbin, 2019).

La investigación en humanos ha puesto de relieve que un polimorfismo del óxido nítrico (NOS1) se relaciona con rasgos de impulsividad, incluyendo la hiperactividad y los comportamientos agresivos. De hecho, la variante corta ha sido asociada al trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH) en adultos, los trastornos de personalidad clúster B (elementos de dramatización, imprevisibilidad y variabilidad emocional) y la violencia autoinfligida y heteroinfligida. Asimismo, se relacionó con hipoactivación del córtex cingulado anterior, que está involucrado en la regulación emocional y los procesos de recompensa en el control del comportamiento (Reif et al., 2009, pp. 41-50).

Vasopresina

La vasopresina es liberada en diversas áreas cerebrales y desempeña un papel importante en la regulación de varias conductas emocionales, incluyendo la conducta parental y la agresiva. Se indica que, a grandes rasgos, la vasopresina incrementa la agresividad (Wersinger, Caldwell, Christiansen y Young, 2007, pp. 653-660). Estudios en hámsters machos han señalado que la administración de vasopresina arginina en el hipotálamo anterior, en el ventrolateral y en la amígdala central produce un incremento de la conducta ofensiva, mientras que la administración de un antagonista disminuye o inhibe la conducta ofensiva (Ferris, 2000, pp. 85-90).

En humanos, al medir la cantidad de vasopresina presente en el LCR (líquido cefalorraquídeo) de sujetos con trastornos de la personalidad con agresividad impulsiva, se encontró una correlación positiva entre vasopresina y agresión, una correlación inversa entre la respuesta serotoninérgica y agresión y una correlación inversa entre la respuesta serotoninérgica y vasopresina (Coccaro, Kavoussi, Hauger, Cooper y Ferris, 1998, pp. 708-714). Por esto, una hiperresponsividad del sistema serotoninérgico puede contribuir a incrementar la liberación central de vasopresina, facilitando la conducta agresiva e impulsiva en humanos (Ferris, 2000, p. 87).

Oxitocina

La oxitocina desempeña un papel significativo en la regulación de la conducta social en ratones y ha sido también relacionada con la confianza y la generosidad en humanos (Kosfeld, Heinrichs, Zak, Fischbacher y Fehr, 2005, pp. 673-676). Esta sustancia guarda

una relación con la agresión, ya que en humanos reduce la actividad de la amígdala, por lo que el déficit de oxitocina puede contribuir a la aparición de hostilidad, miedo y pérdida de confianza, que en último término podría llevar al desencadenamiento de la agresión. Las concentraciones de esta sustancia en el LCR (líquido cefalorraquídeo) en humanos correlacionan en negativo con la agresión (Ragnauth et al., 2005, pp. 229-239).

Cuando los estímulos ambientales son interpretados como seguros, la oxitocina promovería conductas prosociales, pero cuando las señales se interpretan como no seguras, desencadenaría conductas defensivas e incluso antisociales. De este modo, esta sustancia parece promover tales tendencias agresivas en personas crónicamente predispuestas a percibir el medio social como incierto o en términos negativos (por ejemplo, personas con trastorno límite de la personalidad, que se relacionan con apego ansioso o que han sido víctimas de maltrato infantil) (Olf et al., 2013, pp. 1883-1894).

Opioides endógenos

Los opioides endógenos han sido vinculados tanto con la agresión defensiva como con la agresión dirigida a uno mismo o autoagresión. Niveles reducidos de opioides endógenos en LCR (líquido cefalorraquídeo) de pacientes con trastornos límite de la personalidad han sido asociados a una mayor conducta autolesiva. Este hallazgo es consistente con la observación clínica de estos pacientes. Además, la reducción de los opioides endógenos parece estar asociada a un incremento del estrés de la separación o del abandono y de la sensibilidad al rechazo, lo que podría incrementar la probabilidad de aparición de la conducta agresiva (Macdonald y Leary, 2005, pp. 202-223).

Dos estudios epidemiológicos en población estadounidense revelaron que el abuso de opiáceos entre los adolescentes es un predictor estable y potente tanto de los pensamientos violentos como de la perpetración posterior de la violencia (Murphy, McPherson y Robinson, 2014, pp. 37-45; White, Jarrett, Valencia, Loeber y Wei, 2007, pp. 173-181).

Título IV. Neurociencia y pruebas judiciales

Los sistemas probatorios de la antigüedad, regidos por Estados no constitucionales de derecho, tenían la particularidad de que en los procesos judiciales se le imponía al juez el deber de decidir según las pruebas adquiridas por cualquier medio en el proceso, evitando recurrir a su propio conocimiento privado (Taruffo, 2010, pp. 161-163). Hoy los Estados constitucionales de derecho se rigen por la idea de que los instrumentos y métodos probatorios están determinados por su efectiva relevancia para la declaración de los hechos que son objeto de prueba y decisión en el juicio, de forma compatible con el debido proceso.

Capelleti (citado por López Barja de Quiroga, 2005) decía que “siempre que las garantías constitucionales sean observadas, no veo, pues, por qué razón no se debería admitir que el Juez base su convicción también sobre pruebas no expresamente previstas por la ley” (p. 276). Los procesalistas modernos afirman que las normas del proceso penal, y especialmente las de materia probatoria, es derecho constitucional aplicado, por lo tanto es admisible “la verdad real de los hechos” (Candau Pérez, 2011, pp. 167-168).

El filósofo de la ciencia norteamericano Larry Laudan (2011), reconocido como uno de los más grandes epistemólogos norteamericanos, luego de haberse dedicado al estudio de las ciencias de la naturaleza, se ocupó de estudiar derecho penal, planteando una nueva disciplina que llama *epistemología jurídica*, la cual tiene entre sus finalidades, como fuente y al tenor de la Constitución Política, la de “reducir la probabilidad de un juicio erróneo” y “cómo hacer para que estos errores sean tan improbables como permita la evidencia”, con

la finalidad de revelar la verdad ante el juez de la causa como “el mecanismo profiláctico más poderoso para proteger al inocente” (pp. 59-209) .

El logro de la verdad material y no la procesal o formal, es la ocupación más importante de este epistemólogo, quien reconoce que si se trata de buscar la verdad de un enunciado, es necesario que se puedan utilizar todas las informaciones útiles para alcanzar ese objetivo, lo cual se conoce en el ámbito anglosajón como *total evidence principle*, lo que se traduce a principio total de la evidencia, del cual emanan otros principios, los mismos indican que “todas las pruebas potenciales útiles para la determinación de los hechos deberían ser admitidos en juicio” (Taruffo, 2010, pp. 6, ss).

No puede aceptarse que la prueba se base únicamente sobre los hechos objeto de investigación, pues el derecho de defensa quedaría muy limitado si se tratara de circunscribir el tema probatorio a estos y no se extendiera a las posibilidades de acreditar otros hechos indirectos que influyen en la aparición de pruebas en sí. La intervención de técnicas modernas, ya sea en la formación de la prueba o en el control de su veracidad, es un asunto importante. De acuerdo con Denti (1974), en “el amplio concepto de relevancia de la prueba se incluye también un control de verosimilitud” (p. 274).

Como se expuso, Laudan (2011) propone como nueva disciplina la epistemología jurídica, cuyo objetivo principal en el proceso judicial es la averiguación de verdad, la cual va conforme a principios constitucionales tales como *el principio de objetividad*, que se encuentra en la Ley 7594, artículos 6 y 63, cuyo fin es la averiguación de la verdad real de lo ocurrido, indicando que no solo se debe investigar sobre circunstancias que permitan comprobar la acusación, sino además aquellas que eximan de responsabilidad al imputado.

Al mismo tiempo, *el principio debido proceso*, presente en el artículo 39 de la Constitución Política costarricense, dicta que se debe tener un procedimiento especial que “garantice y asegure” la vigencia de derechos fundamentales de las personas, como lo es la libertad (pp. 58, ss). Acorde con lo expuesto, Laudan (2011) menciona que surgen diferentes niveles:

1) El núcleo duro de la epistemología jurídica, caracterizado por el valor de la verdad, lo cual determina la relevancia de la prueba y la manera en que se debe proceder para reducir errores, ofreciendo de esta forma soluciones tendientes a la búsqueda de la improbabilidad al máximo de que ocurran. El uso de modelos epistemológicos y reglas racionales provenientes de otros ámbitos del conocimiento, donde todo lo que tiene utilidad probatoria debe ser admitido como prueba (Villamarín López, 2014, pp. 28-29).

2) El núcleo débil de la epistemología jurídica, que se ocupa de la distribución de los errores, sentando reglas como la carga de la prueba, presunción de inocencia e *in dubio pro reo*, con una profunda carga política (Gascón Abellán, 2012, p. 129).

El tema de este trabajo se asocia al primer valor epistémico, concretamente en cuanto a la relevancia de la prueba de neuroimágenes y de otras técnicas mencionadas que permitan estudiar el funcionamiento del cerebro, las cuales incluyen tecnología y herramientas neuropsicológicas.

Las prácticas judiciales en no pocas ocasiones utilizan prácticas sin miramiento científico, muchas de las cuales son prejuicios enraizados en la rutina forense, donde se tiene como indicativos de la mentira el hecho de que el sujeto evite la mirada, su nerviosismo, incoherencia, movimientos corporales, expresión facial, enrojecimiento,

inconsistencias verbales, entre otras, para intuitivamente determinar la veracidad de una declaración cuando, como dice Villamarín López (2014), los investigadores científicos han establecido que salvo el nerviosismo, ninguna de dichas conductas están en realidad ligadas al hecho de mentir o decir la verdad (pp. 28-29).

Los jueces necesitan el auxilio de estas pruebas altamente técnicas producto de la interdisciplinariedad de las ciencias, en su ayuda eficiente y efectiva, no reemplazando su indesconocible e indefectible criterio juzgador, sino auxiliándolo en tan complicada labor, apoyando a que el proceso no se desvíe de su camino hacia la averiguación de la verdad (Villamarín López, 2014, p. 20).

Con la llamada doctrina Daubert, creación de la jurisprudencia norteamericana, consolidada por su Tribunal Supremo en el año 1993, el tema de la admisión de pruebas científicas novedosas en los procesos judiciales ha sido superado, para lo cual se establecieron los parámetros de admisibilidad en juicio de cualquier tipo de prueba científica novedosa. El Tribunal Supremo exigió a este fin el cumplimiento de los siguientes requisitos:

a) Que la nueva técnica pudiera ser sometida a examen para comprobar su solidez científica; b) que ya hubiera sido sometida al examen anterior; c) que la técnica que se empleara tuviera una cuota de error conocida; d) que la nueva teoría o técnica hubiera sido sometida a revisión por pares y objeto de publicación científica sometida a esa exigencia; e) por último, que fuera objeto de reconocimiento o aceptación general de la comunidad científica (Villamarín López, 2014, p. 20; Molina Galicia, 2013, p. 68).

La prueba novel está referida a conocimientos con base científica o técnica nueva para que sean admitidos en juicio, se exige como requisito que la base científica o técnica satisfaga al menos uno de los siguientes criterios:

a) Que la técnica o teoría subyacente haya sido publicada y recibido crítica de la comunidad académica.

b) Que la técnica o teoría subyacente haya sido o pueda ser verificada. Las pruebas que ofrecen las neurociencias se soportan en métodos que tienen una base científica sólida y por los más connotados científicos del mundo y son, por tanto, en principio admisibles como instrumentos de conocimiento en el ámbito de cualquier tipo de proceso. Sanguineti (2014) indica que “los descubrimientos neurobiológicos se presentan como confiables por la seguridad que dan los métodos empíricos” (p. 7).

c) Que se haya acreditado el nivel de confiabilidad de la técnica científica utilizada en la base de la opinión pericial. Como ya se ha visto, las pruebas neurocientíficas, llámese neuroimágenes, entre otras, no solo han superado los más altos estándares en la materia, sino que superaron la técnica referida al estudio del ADN, que también sufrió en sus inicios ataques de los escépticos.

d) Que goce de aceptabilidad de la comunidad académica. No hay duda de que la referida comunidad de neurocientíficos está más que superada, sin que se deje de mencionar la importancia que ha adquirido la temática hoy, hasta el punto que se postula la existencia de una nueva era del proceso y de la prueba, donde ya el juez no puede ser considerado el *peritus peritorum* (juez como perito de peritos), sino que está llamado a

convertirse en un custodio del método científico y capaz de distinguir entre la buena y mala ciencia, este debe ocupar la posición de garante de la admisibilidad de las pruebas científicas desde la perspectiva metodológica (Corda, 2013, pp. 116, ss)

Según Villamarín López (2014), es necesario tener en cuenta frente a la admisibilidad de la prueba: a) la validez metodológica y científica del método utilizado; b) la calidad técnica de las pruebas o tecnología apropiada; c) los riesgos cognitivos de las pruebas científicas, su acreditación y solidificación en materia de credibilidad y fiabilidad (Villamarín López, 2014, pp. 28-29).

De acuerdo con la catedrática Gascón Abellán (2012), cuyos trabajos de investigación se han centrado particularmente en los problemas de la prueba judicial, la entrada de tales pruebas en el proceso judicial viene dada por la aplicación analógica de la prueba científica nueva o prueba atípica, la cual en el proceso penal surge muy especialmente a partir de la idea de la utilización sistemática de la analogía *in bonam partem* de las pruebas neurocientíficas, que se han mostrado muy eficaces y eficientes en temas tan complejos como la semiimputabilidad (pp. 94-96).

Las pruebas neurocientíficas resultarán un instrumento idóneo para el establecimiento de la imputabilidad, inimputabilidad y otros fenómenos ligados con las enfermedades mentales, sin embargo, es de esperar limitaciones jurídicas y materiales para penetrar en la mente de los demás.

La prueba del libre albedrío, para imputación de la culpabilidad, es asunto de primer orden en el proceso penal. De no existir libre albedrío, no habría voluntad y en

consecuencia tampoco culpabilidad, luego habría que analizar el absurdo de que un juez, el cual también carece de libre albedrío, juzgue a un procesado, lo cual a modo de ejemplo podría incidir en la presunción de inocencia, pues esta requiere de un juez libre de prejuicios sociales sobre la culpabilidad que genera el llamado *sesgo de confirmación* (tendencia a favorecer, interpretar según propias creencias o hipótesis para evitar entrar en contradicción con sí mismo), a través del cual en la práctica se termina presumiendo la culpabilidad (Nieva Fenoll, 2013, p. 169).

También es importante señalar, como indican Taruffo y Nieva Fenoll (2013), que el juez es quien determina la relevancia jurídica de las pruebas técnicas y que “las pruebas técnicas neurocientíficas de investigación no dan informaciones directas sobre la conciencia y el conocimiento, no fotografían los procesos cognitivos del cerebro, sino que solamente proporcionan reconstrucciones hipotéticas” (p. 18).

Técnicas para detección de engaño y mentira

La profesora Villamarín López (2014) ha estudiado estos temas desde la perspectiva jurídica y menciona que las siguientes pruebas por describir son de naturaleza pericial (p. 145).

Las técnicas neurocientíficas para detectar el engaño y la mentira evolucionan cada vez más, tanto en complejidad como en eficiencia, de manera cualitativa y cuantitativa, las cuales se pueden suponer se avecinan como aportes de las neurociencias a la práctica forense (Nieva Fenoll, 2016, pp. 119-144).

Potenciales de evocación P300 y N400

Potenciales evocados suelen ser pruebas no invasivas que miden el potencial eléctrico producido por el sistema nervioso en respuesta a alguna estimulación externa (Carra, 2008). La onda P300 o P3 es un potencial evocado que se registra por medio de electroencefalografía como una carga positiva de voltaje con una latencia de 300 ms. La N400 es una onda de deflexión negativa registrada en el electroencefalograma, que alcanza su máximo a los 400 ms después de presentarse el estímulo en respuesta a palabras, señales, caras, fotografías, olores, etc. Dichas señales se utilizan en la medición de la función cognitiva de los procesos de toma de decisiones (Kukyo, 2008).

Un electroencefalograma es en la actualidad una de las medidas más sofisticadas e indirectas de medir ciertos potenciales de energía eléctrica que están sucediendo en la corteza cerebral de forma no invasiva, por medio de electrodos colocados en el cráneo del paciente, los cuales detectan la mayoría de los impulsos eléctricos que están en el extracto piramidal de la corteza cerebral, es decir, en la parte más externa, permitiendo ver la actividad eléctrica cerebral en tiempo real e incluso posibilita hacer un mapeo cerebral (Saceda Corralo, 2018).

Sanguineti (2014) dice que mediante estas técnicas que permiten observar la actividad neuronal, se ha llegado tan lejos que incluso se han detectado niveles de conciencia en pacientes en estado vegetativo permanente, lo cual pone en evidencia no solo el grado de sofisticación de dichas técnicas, sino también los muy altos niveles de sensibilidad de los aparatos (p. 98).

Estas técnicas facilitan capturar los procesos mentales en imágenes, debido a que cuando una persona desea realizar algún movimiento, las células localizadas en la corteza premotora descargan potenciales eléctricos de acción que son enviados a la médula espinal y a los músculos y debido a que esta descarga neuronal consume energía, se puede registrar y derivar a partir de dicha actividad eléctrica la función que se está llevando a cabo. De forma muy similar a un motor de automóvil que precisa gasolina para funcionar, las células necesitan oxígeno, el cual llega a través de la sangre que transporta la proteína oxihemoglobina (hemoglobina con oxígeno), la que llega enseguida a la corteza motora. Las células del cerebro absorben el oxígeno de esta proteína, la cual pasa a transportarse como desoxihemoglobina (hemoglobina sin oxígeno).

Para las técnicas de RMNf (resonancia magnética funcional), la oxihemoglobina y desoxihemoglobina son clave y juegan un papel importante, pues estas tienen distintas propiedades magnéticas, y dicho campo magnético es detectado por el imán del escáner de la RMN. Cuando se activa un área del cerebro, se da una mayor proporción de oxihemoglobina, marcando de esa forma dónde hay mayor actividad cerebral (Gómez Pavajeau y Gutiérrez de Piñares Botero, 2017, pp. 292-293).

Con el conocimiento de dicha técnica, Lawrence Farwell construyó un método llamado *huellas digitales cerebrales (brainfingerprinting)*, también conocido como evaluación computarizada del conocimiento. Esta técnica permite detectar la activación inducida en el cerebro de alguien que observa la imagen de una persona o escena impresa en la memoria y de esta forma deducir, por ejemplo, si está mintiendo al decir que no la conoce o comprobar lo contrario, o sea que está diciendo la verdad (Sanguineti, 2014, p. 87).

Estas técnicas son hoy una realidad y se tiene a Farwell como uno de los investigadores más adelantados en esta área, incluso tiene toda una organización dedicada a la práctica forense de la técnica y es en la actualidad aceptada en los tribunales de los Estados Unidos de Norteamérica, aportando peritazgos significativos que han servido para aclarar casos judiciales, en especial personas condenadas injustamente que llevaban décadas privadas de libertad.

Las técnicas de Farwell someten al sujeto a un encefalograma en el cual se le colocan sensores en todo su cuero cabelludo para de esta forma medir de manera no invasiva la respuesta de su cerebro a ciertos estímulos que se le presentan, tales como palabras, fotos, frases, etc., relacionadas con el delito que se le imputa o se le relaciona, detectando de una forma objetiva lo que ha gravado el cerebro sobre los hechos en sus distintas redes neuronales, sin afectar en lo más mínimo la honestidad o sinceridad del sujeto (Villamarín López, 2014, pp. 89, 116).

Ubicar al sujeto en la escena del acontecimiento

La técnica mencionada del *brainfingerprinting* utiliza la onda P300, la cual como se expuso es un pico de polaridad positiva que se revela ante específicos estímulos visuales o auditivos, los cuales resultan capturados como imágenes por el escáner cerebral, con el fin de determinar si la persona evoca recuerdos vinculados con los sucesos investigados criminalmente (Villamarín López, 2014, p. 87).

Por medio de la búsqueda de informaciones presentes en el cerebro del sujeto, se pretende obtener una de las preocupaciones más enraizadas de la investigación: ubicar al

sujeto en el lugar de los hechos, escena o teatro delictivo, y lograr relacionarlo con objetos, instrumentos o cosas vinculadas con el delito. Y a partir de ahí construir la prueba indiciaria para imputar autoría, tema que resulta en muchos casos decisivo en la investigación criminal, debido a que por lo general quienes delinquen lo hacen solapadamente o a escondidas, en principio nunca frente a los ojos de las demás personas o cámaras, etc., salvo casos excepcionales de inimputabilidad o conductas anómalas (Gómez Pavajeau y Gutiérrez de Piñares Botero, 2017, p. 293).

La técnica permite calcular la probabilidad de que el sujeto conozca realmente, por esto la técnica toma el nombre de huella cerebral, debido a que revela lo que la memoria tiene en realidad almacenado como recuerdo. A esta técnica se le ha asignado un grado de certeza muy alto, con muy escasos números de eventos indeterminados o no concluyentes, los cuales han sido solventados con la mejora de la técnica. El P300 ofrece un grado muy alto de fiabilidad cuando el resultado se determina, Farwell reporta que no ha tenido resultados falsos ni en sentido positivo ni en sentido negativo, aunque los indeterminados rondan el 3 %, los cuales se logran corregir y reducir a cero. Se dice que ni pueden oponérsele contramedidas para desviar la prueba, como tampoco resulta posible engañar a la máquina (Villamarín López, 2014, pp. 89, 112-115).

Participación del sujeto en la escena o desarrollo del crimen

En el 2007, un joven de 24 años de la India, llamado Aditi Sharma, fue condenado por el asesinato de su pareja, con la particularidad de que el principal testigo de aquel crimen había sido su propio cerebro, debido a que este joven fue sometido a lo que se conoce como

Brain Electrical Oscillations Signature Test, BEOS por su sigla en inglés o firma de las oscilaciones eléctricas del cerebro en español.

Este joven debía escuchar pasivamente afirmaciones tales como “ofrecí a Udit (su pareja) golosinas con arsénico” o “compré arsénico para ponérselo a las golosinas” y por medio de la prueba BOES se determinó que había sido responsable de envenenar a su pareja con arsénico en un MacDonald’s, convirtiéndola en la primera condena a cadena perpetua por la BEOS (Parra, 2016; Murphy, 2009).

La prueba BEOS fue desarrollada en la India por el neurocientífico Champadi Raman Mukundan, consiste en colocar decenas de electrodos en la cabeza del sujeto y observar qué ondas cerebrales se activan, dónde y cuándo, relatando el crimen que se le imputa y al mismo tiempo realizando preguntas capciosas al sospechoso, con el fin de averiguar si fue o no responsable de los actos (Gómez Pavajeau y Gutiérrez de Piñares Botero, 2017, pp. 294-295).

Por medio de la prueba BEOS no solo se obtiene prueba de una persona en el escenario de los hechos, sino que además cuando en el mismo hecho se sitúan varias personas, se determina quiénes fueron partícipes y quiénes solo fueron espectadores, si la persona estuvo relacionada con la planificación y ejecución del hecho. Esta técnica ha recibido el aval del Consejo de Ciencias Forenses y del Comité Ético de la India (Villamarín López, 2014, p. 53).

Controles jurídicos en el nivel epistémico

Como se mencionó, el gran filósofo y epistemólogo norteamericano Larry Laudan propuso como nueva disciplina la epistemología jurídica, indicando que el objetivo principal del proceso judicial es la averiguación de la verdad, ante la cual surgen varios niveles, el núcleo duro y el núcleo débil. *El núcleo duro de la epistemología jurídica* determina la relevancia de la prueba y cómo proceder para reducir los errores al máximo, ofreciendo además soluciones. *El núcleo débil de la epistemología jurídica* se ocupa de la distribución de los errores, sentando reglas como la carga de la prueba, presunción de inocencia e *indubio pro reo*, con una profunda carga política, por lo que se conocen también como valores *cuasiepistémicos*. Al lado de los anteriores surgen los valores *extraepistémicos* como son: a) consideraciones de oportunidad, b) derechos de los acusados, c) Transparencia de los procesos probatorios y d) debido proceso (Laudan, 2011, pp. 58, ss).

El núcleo débil no necesita ser abordado, es claro que en Costa Rica la carga de la prueba en materia penal la tiene quien acusa, o sea, el Ministerio Público o el querellante, ya que la inocencia de una persona se presume; lo que debe ser demostrado en juicio es su culpabilidad, por lo que el Ministerio Público o el querellante, según sea el caso, es quien debe destruir el estado de inocencia del imputado.

El consentimiento informado para la utilización de pruebas sobre neuroimagen, de acuerdo con instrumentos convencionales de derechos humanos

El Pacto Internacional de Derechos Civiles y Políticos de la ONU (1976), en su artículo 7, indica: “(...) nadie será sometido a torturas ni a penas o tratos crueles, inhumanos o degradantes. En particular nadie será sometido sin su libre consentimiento a experimentos médicos o científicos”.

Se reporta que en Francia las técnicas de imagen cerebral pueden ser utilizadas con fines de investigación científica, fines médicos y en el marco de pruebas judiciales, siempre y cuando se recabe, según el artículo 45 de la Ley n.º 814 (ley de bioética en Francia) del 7 de julio del 2011:

(...) por escrito el consentimiento expreso de la persona que va a ser sometida a examen, después de habersele informado su naturaleza y finalidad. El consentimiento ha de mencionar la finalidad del examen. Es revocable sin que se exija ningún requisito especial de forma y en todo momento (Villamarín López, 2014, pp. 106, ss).

Es claro que dichos textos, de manera categórica y contundente, señalan el consentimiento libre e informado como el presupuesto esencial para la práctica de experimentos o intervenciones corporales con diversos fines legítimos y legales.

Las herramientas de neuroimagen son instrumentos científicos ultrasensibles y de gran precisión, capaces de registrar de forma continua y simultánea la actividad cerebral en vivo,

ahora interviniendo en el sistema nervioso central y no periférico como ocurre con el polígrafo.

Bajo este orden de ideas, es importante señalar que las neuroimágenes consisten en esencia experimentos científicos que buscan evaluar las reacciones cerebrales que se producen en circunstancias de tensión ocasionadas por las afirmaciones contrarias a la realidad y, en tal sentido, es el consentimiento libre y consciente de quien se va a someter al mismo el que valida y otorga el permiso correspondiente para someterse a tal procedimiento, como bien lo señala el Pacto Internacional de Derechos Civiles y Políticos, lo que impediría a los jueces, en virtud del control de convencionalidad, elaborar interpretaciones jurisprudenciales contrarias al citado estándar (Gómez Pajaveau, 2018, p. 306).

Se admite así que el consentimiento constituye una exigencia que no se puede obviar para llevar a cabo la actividad médica o cualquier intervención en el cuerpo humano, incluidos el polígrafo y las pruebas de neuroimagen.

Con lo anterior se concluye que al considerarse las pruebas de neuroimágenes un experimento científico, su exclusión como acto investigativo en el proceso o sancionatorio en general solo sería viable en los casos en que no exista consentimiento del indiciado, acusado o testigo que será sometido al mismo, o en los eventos en que tal consentimiento no reúna los requisitos y presupuestos antes mencionados.

A contrario sensu, si existe consentimiento informado, se respaldaría su práctica, en especial si se trata de un mecanismo solicitado por el imputado para demostrar su inocencia.

La decisión voluntaria, libre, consciente e informada de sometimiento a pruebas neurocientíficas

En Alemania, el Tribunal Constitucional y el Tribunal Supremo, en sentencias del 15 de octubre de 1997 y 17 de diciembre de 1998, indicaron que el sometimiento a pruebas como el polígrafo, entre otras de la misma naturaleza, eran contrarias al principio de dignidad humana, pues para esto era requerido la voluntad libre y consciente del imputado. La doctrina había señalado que si el imputado deseaba someterse a una prueba de este tipo como último recurso para evitar una pena por un delito que no había cometido, no se le podía privar de esta opción, alegando que se vulneran los derechos constitucionales. También en España ya la praxis judicial ha comenzado a admitir las pruebas científicas objeto de estudio en esta tesis, a partir del 2013 (Villamarín López, 2014, p. 138).

Según lo señalado, si el sometimiento a la prueba científica o técnica es consciente, voluntario e informado, no puede hablarse del quebrantamiento de la dignidad humana como fundamento del orden jurídico, no sería prueba ilícita o espúrea, debido a que no se estaría violando ningún derecho o garantía constitucional. Es importante entender (en la eventual utilización de pruebas de neurociencias en los tribunales) que según la prohibición de ser sometidos a tratos crueles o degradantes establecida en el artículo 40 de la Constitución Política, que se lesionaría este derecho solamente si se sometiera al sujeto a la prueba de forma coactiva, obligándolo a responder todas las cuestiones, privándolo de su

facultad de parar el interrogatorio en cualquier momento, puesto que la declaración del acusado sometido a esta prueba debe prestarse en todo caso de forma voluntaria y cuenta con el derecho a callar a alguna de las preguntas o decir en algún momento de la entrevista que no quiere continuar, sin que de esta negativa puedan extraerse consecuencias desfavorables para él (Villamarín López, 2014, p. 72).

Si la solicitud de someterse a un examen de neuroimagen es decisión voluntaria, consciente e informada, y es un juicio fundado en la plenitud de la autonomía ética, no puede considerarse que exista violación alguna a sus derechos fundamentales. Al mismo tiempo, la negativa de someterse a dichas pruebas no puede considerarse como indicios en contra del imputado. En efecto, en materia sancionatoria el imputado tiene derecho a guardar silencio, lo cual está respaldado constitucionalmente por el artículo 36, que menciona que en materia penal nadie está obligado a declarar contra sí mismo. Lo anterior además implica que el consentimiento puede ser revocado en cualquier momento durante la práctica de la prueba.

Libertad probatoria y neurociencias, auxiliares en la averiguación de la verdad

Como se ha indicado, los sistemas de justicia no deben ignorar los progresos científicos, las pruebas de neuroimágenes no pueden ponerse en duda, ni su aptitud para servir de instrumento en la averiguación de la verdad, debido a que cumplen con el núcleo duro de la epistemología jurídica. Las pruebas de neuroimagen tienen la calidad de peritazgo.

En el primer capítulo se habló de la crítica que realiza Chan Mora (2012) con respecto al artículo 42 del Código Penal costarricense, donde se definen los criterios de

inimputabilidad (p. 57). Este artículo define como inimputables aquellas personas que al momento del hecho no pudieran comprender el ilícito del hecho debido a “enfermedad mental” o “grave perturbación de la conciencia”, términos que quedan demasiado abiertos a interpretación. Asimismo, se interpreta del artículo que existe una “presunción de imputabilidad” por parte del Estado, revirtiendo la carga de la prueba sobre el imputado, quien tiene la carga de la prueba de demostrar su inimputabilidad al momento de los hechos. Sobre este tema la Sala de Casación Penal ha señalado en algunas resoluciones que si bien es cierto la carga de la prueba corresponde al órgano acusador, en los casos donde el imputado alega la existencia de alguna causa de justificación, este debe acreditarla:

[...] el peso o carga de la prueba (‘onus probandi’ o incumbencia de probar) es por antonomasia una labor de la parte acusadora, esta terminología deriva del aforismo latino ‘onus probandi incumbi actori’, es decir: ‘la carga de la prueba incumbe al actor’. Si el Ministerio Público tiene como pretensión procesal en el caso concreto pedir en la fase plenaria una sentencia condenatoria para un procesado, necesariamente debe destruir la presunción iuris tantum de inocencia que lo protege, a través de la generación de prueba lícita que demuestre su responsabilidad y forme en los juzgadores una convicción idónea que supere la etapa primigenia protectora y lo sinde demostrando la participación del imputado en los hechos acusados. El concepto de carga puede definirse así: ‘[...] es una situación jurídica de realización facultativa, normalmente establecida en interés del propio sujeto y cuya omisión trae aparejada una consecuencia gravosa para él’ (Couture, Eduardo. Fundamentos de Derecho Procesal Civil. Buenos Aires, Editorial Depalma 3era. Edición 1978, p.

240). En el subjudice, si se alega una legítima defensa como causa de justificación, se resupone que hay consenso en cuanto a que el imputado ha producido el resultado de muerte del sujeto pasivo, ello necesariamente traslada la discusión al nivel de la antijuridicidad de la conducta; es decir, se trata de inquirir si el comportamiento de Porfirio Vallecillo Téllez –que es un actuar típico de la conducta de homicidio simple y además es culpable–, puesto que teniendo pleno uso de sus facultades mentales pudo haberse determinado de otra manera, se encuentra autorizado por una norma justificante que excluya la antijuridicidad de su acción.

Al órgano acusador le corresponde –conforme al principio *onus probandi*– demostrar que los hechos acusados se verificaron tal y como se están imputando a Vallecillo Téllez, éste aduce que aunque produjo el resultado de muerte, le amparaba una legítima defensa que justifica su proceder. El Ministerio Público no está obligado a asumir la pretensión procesal del imputado para que no se le acuse de vulnerar el principio constitucional de inocencia. Al igual que cuando en una acción penal, si esta se encuentra prescrita, es la parte interesada quien debe hacer valer dicha circunstancia, quien aduce tener una causa de justificación debe probarla, sin que con ello se menoscabe la presunción *iuris tantum* de inocencia que le favorece (Sala de Casación Penal de Costa Rica, Voto n° 1182, 17 de diciembre, 2003).

Las neurociencias solventarían en gran medida los problemas que se deben superar para la demostración de inimputabilidad, por medio de un sometimiento libre, voluntario, consciente e informado. De alguna manera también se solventarían temas como derechos

de los acusados y transparencia en los procesos probatorios, tratando además temas del debido proceso como inadmisión de prueba ilícita donde no se estarían violando derechos o garantías constitucionales (Gómez Pavajeau y Gutiérrez de Piñares Botero, 2017, pp. 314-315).

Es importante tener en cuenta que el consentimiento como tal es un derecho personalísimo al servicio del derecho de defensa del acusado y, por tanto, puede disponer de él (Villamarín López, 2014, p. 131).

Las pruebas de peritazgo se refieren a un “estado” y no ha hechos en materia de inimputabilidad, estas no determinan si un sujeto es o no inimputable, debido a que la inimputabilidad es una condición jurídica. Es el legislador quien fija las condiciones que debe reunir un sujeto para ser considerado inimputable y el juez quien ejecuta las condiciones y establece o define la imputabilidad o no del autor de un delito; sin embargo, para la correcta interpretación y valoración de dichas pruebas, es necesario capacitar y especializar a los legisladores y jueces en neurociencias y sus últimos aportes.

Como explica Martin Conway, investigador de la Universidad de Leeds y coordinador del informe Memory and Law, en muchos casos judiciales la memoria es la única fuente de evidencias que tienen los magistrados o miembros del jurado para alcanzar un veredicto, por lo cual es vital que quienes administran la ley conozcan los últimos avances científicos en el estudio de la memoria humana y puedan beneficiarse de los mismo a la hora de tomar una decisión. Tal es el caso que la Sociedad Británica de Psicología (BPS) publicó una guía sobre el funcionamiento de la memoria con aplicación directa en los tribunales, el documento incluye referencias a los últimos descubrimientos sobre la memoria

autobiográfica. Asimismo, esta guía incorpora recomendaciones sobre cómo entrevistar correctamente a un testigo para evitar la formación de falsos recuerdos y analiza los factores que influyen a la hora de identificar a un criminal durante una rueda de reconocimiento (BPS, 2010; Sanz, 2011).

Aunque las pruebas neurocientíficas no lleguen a tener reconocimiento por la ignorancia que reina en el medio costarricense sobre el tema, deben ser tenidas en cuenta desde otras perspectivas, tales como una técnica auxiliar para la averiguación de la verdad, así asesores especializados podrían ilustrar al juez en dichas materias y este no se vería suplantado, sino por el contrario, asesorado en un tema muy especial y definitivo para la valoración de la prueba. Un experto en neurociencias auxiliaría o colaboraría con el juez en un tema científico o técnico que se vincula con criterios para la apreciación del testimonio.

Propuesta conciliatoria entre neurociencias y derecho penal: compatibilismo

Demetrio Crespo (2017) indica que ni el derecho penal como ciencia social ni las neurociencias como ciencias empíricas pueden prescindir una de otra y están obligadas a entenderse (p. 76).

El compatibilismo se sitúa en un punto intermedio entre el determinismo fuerte, que no admite el libre albedrío, y el indeterminismo puro, el cual no admite la premisa de que los actos están previamente determinados. Hablándose en ocasiones de un “determinismo” o “indeterminismo” relativo (Demetrio Crespo, 2017, p. 89).

A modo de ejemplo se expone el siguiente caso. En el año 2000, un hombre de 40 años fue arrestado por posesión de pornografía infantil y acosar sexualmente a su hijastra de

ocho años. Este hombre no tenía registros previos de pedofilia y sus allegados estaban desconcertados y consternados por el cambio tan repentino en su comportamiento sexual. Mientras esperaba el día del juicio, el hombre se empezó a quejar de terribles dolores de cabeza. Un escaneo cerebral reveló un largo tumor en la parte derecha de la zona orbitofrontal del cerebro, parte del cerebro conocida por controlar los impulsos sexuales. El tumor fue removido y las conductas sexuales desaparecieron, pero un año después el tumor y con este las conductas sexuales retornaron, después de una segunda operación para remover el tumor, el problema desapareció (Burns y Swerdlow, 2002). Esto conduce a la siguiente pregunta: ¿Fue el comportamiento horrible de este hombre una cuestión de libre albedrío? ¿O estaba determinado por el resultado de una condición médica? ¿O pudieron haber influido ambas cosas?

Como se mencionó, el compatibilismo se sitúa en un punto intermedio entre el indeterminismo puro, cuya posición consiste en que el ser humano tiene libre albedrío y sus acciones son escogidas libremente y el determinismo puro, en el cual se niega la existencia del libre albedrío y que los eventos presentes fueron determinados o causados por eventos pasados.

Los compatibilistas creen algo similar a los deterministas fuertes. Consideran que el universo opera con una ley de orden en la cual los actos pasados determinan el futuro, pero además creen que hay algo diferente en algunas acciones humanas, las cuales son realmente libres. Por lo tanto, el compatibilismo es algunas veces conocido como determinismo suave, donde todo está realmente determinado, pero las acciones son libres cuando el determinismo proviene de sí mismo, es decir autodeterminado. Por ejemplo, la diferencia

en el caso de ser empujado a una piscina desde un trampolín a brincar por decisión propia, el resultado es el mismo, pero las causas son distintas. Los compatibilistas dicen que en ambos casos las acciones están determinadas, es decir pudieron no haber ocurrido, pero cuando la acción del agente está autodeterminada o determinada por causas internas del sujeto, la acción debería ser considerada libre.

Lo anterior significa que se podría tener responsabilidad moral por las acciones, debido a que la determinación de algunos de los actos puede venir de sí mismo. Pero no está claro cuán significativa es la responsabilidad moral en este punto de vista, debido a que si se está determinado por factores internos, ¿hasta qué punto se es responsable por las acciones? Esto lleva de vuelta al ejemplo anterior del hombre con el tumor; si un crecimiento en el cerebro, del cual no se tiene control, causa impulsos, de los cuales tampoco se tiene control, ¿se actúa realmente libre bajo esos impulsos? (Smilansky, 2014, pp. 258, ss).

Sin embargo, no es simple separar factores internos de factores externos. Por ejemplo, si un grupo de amigos presiona a un sujeto para drogarse, esto es un factor externo, pero el deseo de esta persona de hacerlo o tal vez el hecho de que no le importe lo que otros piensen y no hacerlo, viene autodeterminado por él mismo. ¿O podría esta decisión de no hacerlo o hacerlo venir realmente de factores externos? ¿Está la personalidad del sujeto y el como este se desenvuelve ante ciertas situaciones moldeadas por factores externo como por ejemplo los padres, amigos y experiencias vividas?

Estos ejemplos revelan problemas con el compatibilismo, si no se pueden separar factores internos de causas externas, la respuesta puede ser simplemente decir que las acciones son menos o más libres y qué tan libres sean dependen de cuántos factores

internos están influenciando al sujeto y cuántos factores externos y qué tanto control realmente se tiene sobre los actos. Hay acciones sobre las cuales realmente no se tiene control, como estornudar, pero se puede controlar dónde se estornuda.

Churchland (2006) indica que preguntarse: “¿Soy realmente libre?” es la interrogante incorrecta. En su lugar, la persona debería preguntarse: “¿Qué tanto control realmente tengo?” y cuanto más control se posea, mayor será la responsabilidad que se tenga. Sentirse libre es tener control.

Una lectura de los descubrimientos y estudios realizados por las neurociencias, tales como los mencionados en capítulos anteriores, debería ayudar a entender que la influencia de las neurociencias sobre temas que el derecho penal intenta regular es notoria y, por lo tanto, ignorarla es no querer mirar lo que se avecina. No se trata de aprobarla sin mayores argumentos, sino más bien examinarla con pensamiento crítico. Es poco probable que las neurociencias causen un cambio de paradigma a corto plazo que haga tambalear los principios jurídicos fundamentales, pero esto no significa que no se deba estar alerta e informado ante la evolución que pueda producirse conforme avanza la tecnológica, desarrollo y descubrimiento de las neurociencias, los cuales son cada vez mayores, especialmente en temas que afectan la fundamentación del castigo, como lo es el concepto jurídico penal de la culpabilidad.

Bases del neurodeterminismo

El neurodeterminismo contradice la idea tradicional de libre albedrío. Por ejemplo, para Gerhard Roth (citado por Demetrio Crespo, 2017), aquella representación tradicional de la

voluntad en la cual existe una acción voluntaria dirigida por un yo consciente no es más que una ilusión, debido a que la concatenación entre la amígdala, el hipocampo, el nudo ventral y dorsal, la memoria emocional de la experiencia (en el inconsciente) es la que decide realmente los deseos e intenciones. Por lo tanto, las decisiones ocurren en el sistema límbico unos dos segundos antes de que el consciente lo note, ocasionando un autoengaño del ser humano y sentimiento de aparente control libre de voluntad (p. 81).

Prinz (2004) entiende el libre albedrío como una institución social, que en realidad no existe y es científicamente indemostrable desde el punto de vista psíquico. El director de Ciencias Neurológicas y Cognitivas de Munich, Max Planck (citado por Prinz, 2004) dice que el libre albedrío es para la psicología como los unicornios para la zoología, es decir algo que no existe en la ontología de la disciplina, indica que son un mero constructo teórico y lo mismo acontece con la libertad de voluntad. Este autor se cuestiona cómo es posible que las personas creen o sientan que tienen libre albedrío, bajo qué premisas surgen estas intuiciones de libertad y qué consecuencias tienen desde el punto de vista psicológico, social y cultural (p. 35).

En España, Rubia (2009) considera que el cerebro engaña y menciona que la existencia del libre albedrío podría ser solo una ilusión, explicable únicamente desde el dualismo cartesiano (cuerpo y alma), pero la neurociencia no está dispuesta a admitir la existencia de un ente inmaterial llamado (alma) que esté libre de leyes deterministas, como tampoco se podría explicar cómo interactuaría tal ente con la materia (p. 15).

Las reflexiones de los anteriores neurocientíficos reflejan un determinismo duro que incurre en excesos de carácter general con respecto a sus eventuales consecuencias en

cuanto a la responsabilidad penal. Aceptar lo anterior podría llevar a la disolución o haría innecesario distinguir entre actos voluntarios e involuntarios y modificar la comprensión de conceptos tan importantes en el ámbito de derecho penal para la imputación de responsabilidad penal tales como el dolo, conocimiento de la antijuricidad, entre otros.

No obstante, más allá de cuestionar de forma lógica o filosófica si existe o no libre albedrío o si las conductas están determinadas, se ha objetado que hasta la fecha en relación con los experimentos neurocientíficos, si bien es cierto han incurrido en grandes descubrimientos y comprensión del funcionamiento del cerebro, las pruebas realizadas con respecto al libre albedrío no han sido concluyentes o definitivas para demostrar la existencia o inexistencia del libre albedrío.

Indeterminismo

A pesar del autoentendimiento como seres efectivamente libres de elección a efectos de imputación de responsabilidad penal, independientemente de si en realidad se es o no libres, el argumento no termina de convencer (Demetrio Crespo, 2011, p. 11).

Muchos penalistas se han pronunciado en defensa insistente del indeterminismo en contra de las evidencias encontradas por los neurocientíficos indicando que una cosa es asumir la experiencia de voluntad consciente y otra muy distinta las causas que accionan la voluntad conciente (Demetrio Crespo, 2017, p. 85).

Burkhardt (2007) cree que lo decisivo es si el sujeto actuó en la creencia de que tenía esa alternativa (la posibilidad de actuar de otro modo), es decir para él lo decisivo no es la

libertad objetiva, sino la libertad subjetiva o aquella experiencia de libertad para imputar responsabilidad penal (p. 45).

Sin embargo, con respecto al punto anterior, Merkel y Roth (2008) señalan que aunque un esquizofrénico se empeñara en afirmar que al momento de realizar el acto accedió voluntariamente a seguir la voz que le decía que debía matar a alguien, el juez lo declararía inimputable (p. 65). Es decir, la percepción subjetiva es relevante, pero no es suficiente para la imputación jurídica.

Responsabilidad penal y compatibilismo humanista

Como se expuso, ni el neurodeterminismo ni el indeterminismo por sí solos pueden explicar u ofrecer una respuesta adecuada en el ámbito del derecho penal, por lo que el compatibilismo ofrece una buena salida. El compatibilismo se sitúa en un punto intermedio entre el indeterminismo puro y el determinismo fuerte, hablándose en ocasiones de un determinismo o indeterminismo relativo (Demetrio Crespo, 2017, p. 89).

Podría verse como una “solución de compromiso”, un balance entre ambos extremos, lo cual no es una mala solución ni tampoco elude ninguna de las preguntas importantes. Supone la superación del indeterminismo puro, el cual establece una libertad de acción absoluta en todos los actos que lleva a cabo el ser humano y el determinismo fuerte, puramente mecanicista que asegura que todos los actos están determinados y las decisiones no son libres (Romeo Casabona, 2009, p. 411).

La carga de la prueba de la libertad

En derecho penal, si se parte del libre albedrío o indeterminismo, se traduce muy simplificadaamente en incluir todos los casos dudosos en el ámbito de la culpabilidad y la “carga de la prueba” recaería en el determinismo. Sin embargo, si se partiera del determinismo conduciría a excluir la culpabilidad por *in dubio pro reo* (Demetrio Crespo, 2017, p. 62).

Los razonamientos que resultan son distintos, a continuación se expone lo que rezan ambos. El *silogismo o razonamiento librearbitrista* indica *grosso modo*:

- a) Si el sujeto pudo actuar de otro modo, la pena es legítima, salvo que concurra alguna patología.
- b) Si no existe certeza que el sujeto pudo actuar de otro modo, estuvo justificado castigar.
- c) Siempre que se considere al sujeto culpable hay que castigar, debido al mandato de tratar al sujeto según sus acciones (Sánchez Lázaro, 2011, p. 13).

El *silogismo no librearbitrista* opera en sentido contrario:

- a) Se castiga para proteger bienes jurídicos (preventivamente).
- b) En todo caso dudoso no se debe castigar porque no se parte de la normalidad, sino de una presunción de normalidad.
- c) No es preciso castigar siempre que el sujeto es considerado culpable (Demetrio Crespo, 2017, pp. 90-91).

Riesgos del determinismo fuerte

Muchos autores han criticado las consecuencias que podría atraer el *determinismo fuerte* en el derecho penal si se aboliera por completo la voluntariedad o existencia del libre albedrío de las conductas y la noción de responsabilidad. Seguidamente se muestran las principales inquietantes:

a) ¿Un derecho penal de medidas?

Un derecho penal sin libertad humana sería equivalente a un derecho penal sin culpabilidad, lo cual daría paso a un derecho penal de medidas de seguridad, debido a la inexistencia de culpabilidad. Lo único que cabría sería imponer medidas de seguridad.

b) ¿Un derecho penal “totalitario”?

Demetrio opina que esto sería ir demasiado lejos. Los neurocientíficos que se han ocupado de estos problemas no apoyan o defienden en absoluto tales ideas y, segundo, tampoco defienden que la sociedad deba dejar de exigir responsabilidad a las personas por los actos que cometan, vulnerando los derechos de los demás, tratándoseles con carácter general de enfermos (Demetrio Crespo, 2017, p. 92).

Más bien los neurocientíficos han cuestionado el principio de *poder actuar de otro modo* en torno a la idea de *inimputabilidad* (Romeo Casabona, 2009, p. 401). Romero (2009) explica:

(...) la función del derecho penal está al servicio única y exclusivamente de la protección de bienes jurídicos esenciales frente a los ataques más intolerables, y

solo cuando sea estrictamente necesario por mostrarse insuficientes otras ramas del ordenamiento jurídico menos lesivas de derechos individuales (p. 53)

Lo mismo debe ser aplicable a eventuales intervenciones genéticas, optogenéticas, farmacológicas o quirúrgicas en el cerebro con finalidades de curación o mejoras, que obviamente conllevan decisivas implicaciones éticas.

c) ¿Un derecho penal impracticable?

En un proceso penal, no está sobre la mesa el dilema sobre determinismo o indeterminismo como tal, sino problemas más concretos que con los conocimientos que tienen las neurociencias, se analiza si existen eximentes de inculpabilidad, así como los límites que resultan entre culpabilidad y peligrosidad. Se discute en qué medida, por ejemplo, las nuevas técnicas neurológicas de predicción de la peligrosidad son aplicables en el derecho penal (Looney, 2010, pp. 301-314).

d) ¿Un derecho penal sin culpabilidad?

Se argumenta que negar la existencia de libertad de voluntad en las decisiones y acciones humanas no afectaría únicamente al derecho penal, sino también otras ramas del derecho; por ejemplo, en el derecho civil aspectos como el concepto de autonomía negocial, la dinámica de los derechos reales, la declaración de voluntad del derecho matrimonial, las sucesiones, etc.

Además de poner en peligro los fundamentos del derecho penal de culpabilidad. Por ejemplo, conceptos tales como “acción”, que involucra una voluntad humana encaminada a realizar un fin en el mundo exterior, incluyendo también la posibilidad de iniciativa,

decisión y veto, por lo cual se reduce el comportamiento humano a un resultado inevitable, determinado y sin control por parte de quien lo ejecuta. Categorías tales como el consentimiento, la autoexposición al peligro, el desistimiento activo que debe cumplirse voluntariamente, la complicidad y la instigación, por mencionar algunas, carecerían de sentido.

Esto conllevaría a un replanteamiento de una gran parte de las categorías del derecho penal que involucran la voluntad como elemento fundamental, debido a que esta voluntad según las neurociencias no sería más que una ilusión de la cual la persona no tiene autocontrol, sino que está determinada por experiencias pasadas, el ambiente en que se desarrolló, entre otras de las cuales el sujeto no tiene autocontrol (Romero Flores, 2015, pp. 333-357).

Un determinismo duro tendría como consecuencia lógica la renuncia a la culpabilidad como reprochabilidad personal, atribuyéndole un valor puramente simbólico al concepto *nulla poena sine culpa*.

Postulados básicos con respecto a la existencia o inexistencia del libre albedrío

a) La “inabarcabilidad” del libre albedrío

La libertad de voluntad es un tema demasiado complejo y amplio, por lo cual es muy difícil que el derecho penal o las neurociencias lo puedan abarcar o agotar a corto plazo.

Al no poderse resolver el problema de la libertad, el objetivo del derecho penal es más modesto. Para tratar de cumplir de manera más óptima con su cometido, o sea hacer posible

la convivencia mediante la protección de los bienes jurídicos más relevantes frente a ataques intolerables, el derecho penal no debe hacerse depender de una premisa metafísica.

Un derecho penal sin libertad de voluntad no tiene por qué ser necesariamente peor, todo va a depender del modelo que se proponga para reemplazarlo. De acuerdo con Chiesa (2011), un derecho penal que aceptara que el determinismo es probablemente cierto no tendría por qué ser menos atractivo ni tampoco menos garantista (pp. 13, 75, ss).

Sin embargo, hasta la fecha los descubrimientos neurocientíficos no están preparados para abordar el problema de la libertad en su totalidad y sus métodos únicos y empíricos probablemente no tengan resultados definitivos o convincentes a corto plazo. No obstante, tampoco lo hace *el derecho penal de reproche* y ha resultado poco operativa la función de limitación que se atribuye a la culpabilidad. Es decir, no hay una *probeta* que demuestre que el libre albedrío existe o deje de existir. Pero esto no quiere decir que los conocimientos, estudios y descubrimientos de las neurociencias no sean útiles para entender de mejor forma el comportamiento humano (Demetrio Crespo, 2017, p. 95).

Los estudios de neurociencia pueden ser aprovechados por los poderes públicos para elaborar estrategias de control sobre la colectividad, estrategias que pueden ser llevadas a través de técnicas de comunicación como bombardeo de información, distracción o información, que generen conciencia y cambios de paradigmas en la población en aras de reducir la criminalidad.

b) El castigo

Demetrio Crespo (2017) indica que no se trata de no castigar o negar la posibilidad de acciones voluntarias, sino hacerlo de otro modo, posiblemente de una manera más humana e inteligente, la cual no se trata de un derecho penal de medidas de seguridad, sino uno menos invasivo y más capaz de contemplar la enorme diversidad de situaciones a las que se enfrenta el ser humano. También señala que el derecho penal basado en el tratamiento y no en castigo, aunque sea una propuesta que esté bien intencionada, resulta un poco ingenua desde su punto de vista (p. 95).

c) Influencia de las neurociencias en derecho penal

Las neurociencias ayudan a explicar el comportamiento humano. Al respecto, con el fin de obtener un derecho penal más democrático, no es correcto aislar el derecho penal de presupuestos metafísicos y de lo que otras ciencias tienen que decir en cuanto a la conducta humana. Hassemer (2011) establece: “(...) los neurocientíficos han alcanzado con su trabajo conocimientos que, que en caso de que sean correctos o idóneos, sustraen la base a buena parte de nuestros puntos de partida sobre el Derecho penal y su mundo” (p. 4).

Demetrio Crespo (2017) opina que el debate entre neurociencia y derecho penal no ha sido inane e inservible, al contrario, ha reavivado temas con respecto a la legitimación del castigo. Tanto así que esto ha conllevado a trabajos en los cuales los neurocientíficos en colaboración con penalistas y filósofos han ido encuadrando perfectamente teorías sobre los fines de la pena ya consolidadas en la discusión penal. Demetrio Crespo (2017) hace las siguientes: “(...) ¿que nos legitima para decir que las neurociencias no deberían opinar

sobre las bases de la imputación de la responsabilidad jurídico-penal?”, o bien “¿Qué nos hace pensar que ellas deberían ocuparse de lo suyo y nosotros de lo nuestro?” (p. 102).

Conclusiones

Los avances y aportes brindados por las neurociencias hasta la fecha son trascendentales. Sus técnicas científicas actuales son sólidas en especial por los aportes de la física moderna, que mediante las fuerzas electromagnéticas y nucleares principalmente ha creado herramientas no invasivas que posibilitan a los neurocientíficos a estudiar el interior de la mente y tener una mejor comprensión del cerebro para así poder ofrecer una explicación científica de la mayoría de las conductas humanas, las cuales cuentan con reconocimiento y aceptación general por parte de la comunidad científica.

Como se expuso, los extensos estudios con técnicas de neuroimagen principalmente, entre otras, explican el origen de muchas conductas violentas y a su vez demuestran cómo la alteración química cerebral o malformaciones causadas principalmente por factores tales como el maltrato durante la infancia, el ambiente en el que se desarrollan las personas, la drogadicción, la transmisión genética, los traumatismos craneoencefálicos, la exposición prenatal a sustancias tales como el cortisol o testosterona, entre otros, afectan el comportamiento humano ya sea en la infancia o etapa adulta, llevando a conductas violentas o antisociales que terminan eventualmente en una sanción penal. Y cómo el equilibrio de la química cerebral, a través de medicamentos u otros medios, ayuda a controlar o a mermar dichas conductas violentas, las cuales por lo general no son consideradas como causales de inimputabilidad.

Sin embargo, el tema en el que las neurociencias han generado mayor discusión multidisciplinaria es *el libre albedrío*, originando una serie de polarizaciones tales como deterministas-indeterministas, neurocientíficos-juristas, negacionistas-normativistas. Lo

anterior ha conducido a muchos sujetos, sin más, a identificarse en uno u otro bando, en muchas ocasiones sin darse a la tarea de estudiar el tema a profundidad antes de formularse un criterio.

Otras veces, debido a la rama en que se desenvuelven los sujetos, deciden centrarse en un extremo completamente, por ejemplo, algunos neurocientíficos con el propósito de defender sus trabajos de estudio, o enfocarse en lo que intentan demostrar, se catalogan como deterministas fuertes, negando por completo la existencia o posibilidad de que haya libre albedrío. En muchas ocasiones -como se apreció en el capítulo dos-, respaldan su posición con experimentos tales como el de Libet, el cual en la actualidad es un experimento rudimentario debido a la técnica empleada, pero es el más utilizado en todo debate sobre libre albedrío, para demostrar que este no existe pues el pensamiento se genera inicialmente en el inconsciente antes de que el consciente se entere, lo cual lleva a deterministas fuertes tales como Patrick Haggard a considerar que los seres humanos son robots de carne. Por otro lado, algunos juristas defienden la existencia de libre albedrío, catalogándose de indeterministas, rechazando todo aquello que venga a desestabilizar las bases de su saber, con una marcada tendencia al conservadurismo jurídico.

No obstante, se trata de posiciones extremas, aferrarse a una postura evita el avance fructífero de la discusión. Como se vio, ni el indeterminismo librearbitrista ni el determinismo mecanicista son sostenibles. El indeterminismo por partir de un presupuesto metafísico que no se concilia con los conocimientos de las ciencias empíricas que analizan el comportamiento humano y el determinismo por presentar una imagen del hombre sin

libertad de decisión que supondría un retroceso lamentable en la evolución filosófica y política de la modernidad.

Pero la neurociencia moderna comprende que aún tiene mucho camino por recorrer, si bien es cierto sus avances y descubrimientos son asombrosos, no han logrado demostrar hasta la fecha la existencia o inexistencia del libre albedrío. Como bien lo señala Morse (2015), hasta que la ciencia u otra rama no demuestre fielmente que los seres humanos no pueden actuar bajo su propia voluntad o razonamiento, la neurociencia no producirá o representará un cambio sustancial en la doctrina jurídico penal o en las leyes (p. 252).

Sin embargo, las neurociencias sí deberían ser incorporadas como parte del fundamento empírico de la culpabilidad jurídico penal, ser consideradas en los tribunales y objeto de estudio y especialización, permitiendo a los juristas entender las bases de muchos comportamientos antisociales, así como al Estado a trabajar en medidas para combatir la delincuencia, no por medio del aumento en las penas, sino con labores preventivas que solucionen los problemas sociales que causan la delincuencia. Permitiendo además el estudio de los presos actuales para analizar la posibilidad de una verdadera rehabilitación más allá de la simple privación de libertad, o bien, entender qué los llevó a delinquir, aprender de los mismos y crear medidas preventivas y educativas en la población.

También, como se estudió y lo indica Chan Mora (2012), en Costa Rica el artículo 42 del Código Penal establece una presunción de imputabilidad, es decir que la inimputabilidad debe ser demostrada, revirtiendo la carga de la prueba sobre el imputado; dicho de otra forma, la carga de la prueba recae en el determinismo. El permitir a un imputado someterse a pruebas neurocientíficas de forma libre, consciente e informada, con

el fin de demostrar su inocencia, no vulneraría el principio de dignidad humana. Si el sometimiento a la prueba científica o técnica es consciente, voluntaria e informada, no puede hablarse del quebrantamiento de la dignidad humana como fundamento del orden jurídico, no sería prueba ilícita o espuria, debido a que no se estaría violando ningún derecho o garantía constitucional. Sin embargo, dichas pruebas necesitan tener reconocimiento jurídico, de ahí la relevancia de especializar a los jueces y abogados en neurociencias o permitir acudir a técnicas auxiliares para la correcta valoración e interpretación de este tipo de pruebas.

Dicho lo anterior, la propuesta conciliatoria entre neurociencias y derecho penal en la actualidad es el *compatibilismo*. La mayoría de los expertos y estudiosos en neuroderecho (*neurolaw*, derecho y neurociencias) son compatibilistas, sobre todo aquellos que están bien informados de los avances científicos. Las consecuencias del compatibilismo, en lo que concierne a la culpabilidad penal, sería por ejemplo:

- a) Si las neurociencias demuestran por medio de nuevas técnicas que se imponen penas en conductas delictivas que se debían a déficit cerebrales, esto debe ser tenido en cuenta a favor del imputado y sería probable que dé lugar a una ampliación de los casos de inimputabilidad y semiimputabilidad.
- b) En un Estado de derecho cualquier medida que se pueda adoptar como alternativa al castigo tradicional o posibilidad de restauración debería ser considerada, respetando los límites y garantías materiales y procesales existentes.

Recomendaciones

- Optar por una transición del concepto de culpabilidad basado en el libre albedrío libertario a uno que se asiente en el compatibilismo.
- Incorporar y evaluar pruebas neurocientíficas en los tribunales de justicia, como herramientas para esclarecer dudas y/o puntos borrosos donde las ciencias jurídicas no puedan confirmar algo, tales como exámenes neuropsicológicos, técnicas de neuroimagen, entre otras que están siendo utilizadas hoy en otras jurisdicciones. No obstante, siempre y cuando tengan reconocimiento y aceptación general de la comunidad científica, cuenten con los controles jurídicos respectivos y no violenten ningún derecho o garantía constitucional.
- Al Estado costarricense, basarse en los criterios de la llamada doctrina Daubert, creación de la jurisprudencia norteamericana, con respecto al tema de la admisión de pruebas científicas novedosas en los procesos judiciales.
- Realizar convenios internacionales para programas de cooperación, especialización y actualización de los tribunales de justicia en los últimos avances neurocientíficos, interpretación y valoración de pruebas. A su vez, permitir acudir a técnicas auxiliares para la correcta valoración e interpretación de este tipo de pruebas neurocientíficas.
- Permitir a un imputado someterse a pruebas neurocientíficas, de forma libre, consciente e informada, con el fin de demostrar su inocencia o inimputabilidad.

- Apertura por parte del Estado para que mediante los avances y conocimientos neurocientíficos, se trabaje en medidas para combatir la delincuencia, no solamente por medio del aumento en las penas privativas de libertad, sino con labores preventivas que solucionen los problemas sociales que causan la delincuencia; entender los principales problemas sociales que enfrenta el país, aprender de estos y crear medidas preventivas y educativas en la población.

Bibliografía

- Alkawadri, R. (2011). Cingulate gyrus epilepsy: clinical and behavioral aspects, with surgical outcomes. *Archives of Neurology*, 68(3), 381-5. doi: 10.1001/archneurol.2011.21.
- Amen, D., Sublefield, M., Carmichael, B. y Thisted, R. (1996). Brain SPECT findings and aggressiveness. *Annals of Clinical Psychiatry*, 8, 129-137.
- Arias Madrigal, D. (2002). *El trastorno mental transitorio y sus consecuencias en la imputabilidad, con especial referencia al trastorno de estrés post-traumático y la violencia doméstica*. San José, Costa Rica: Latinoam. de Derecho Médico y Medicina Legal.
- Armando Corbin, J. (2019). *Óxido nítrico (neurotransmisor): definición y funciones*. Obtenido de: <https://psicologiymente.com/neurociencias/oxido-nitrico-neurotransmisor>.
- Armaza Galdos, J. (1993). El error de prohibición. *Revista de Derecho y Ciencias Políticas*, 50(1).
- Armony, J., Trejo Martínez, D. y Hernández, D. (2012). Resonancia magnética funcional (RMf): Principios y aplicaciones en neuropsicología y neurociencias cognitivas. *Revista Neuropsicología Latinoamericana*, 4(2), 36-40. https://www.neuropsicolatina.org/index.php/Neuropsicologia_Latinoamericana/articulo/viewFile/103/81

- Asamblea Legislativa de Costa Rica. (4 de mayo de 1970). Código Penal. (Ley n.º 4573, 1970). Publicado La Gaceta n.º 257 del 15 de noviembre de 1970.
- Asamblea Legislativa de Costa Rica. (8 de marzo de 1996). Ley de Justicia Penal Juvenil. (Ley n.º 7576, 1996). Publicada en La Gaceta n.º 82 del 30 de abril de 1996.
- Ayuso Gutiérrez, J. (1993). Función serotoninérgica y conducta agresivo impulsiva. *Psiquiátrica y Psicológica de América Latina*, 36-40.
- Bacigalupo, E. (1994). *Manual de derecho penal*. Bogotá: Editorial Temis.
- Bacigalupo, E. (1999). *Derecho penal. Parte general*. Buenos Aires: Hammurabi.
- Bailey, A. y Hurd, P. (2005). *Finger length ratio (2D:4D) correlates with physical aggression in men but not in women*. Alberta: University of Alberta.
- Balaguer, M. (2014). *Free Will*. London: The MIT Press.
- Balarce, F. (2014). *La culpabilidad: antes y después de las neurociencias*. Buenos Aires: Hammurabi.
- Barnes, J., TenEyck, M., Boutwell, B. y Beaver, K. (2013). Indicators of domestic/intimate partner violence are structured by genetic and nonshared environmental influences. *Journal of Psychiatric Research*, 47(3), 371-6. doi: 10.1016/j.jpsychires.2012.10.016.
- Bell, R. y Hoboson, H. (1993). Effects of (-)-pindolol and SDZ 216-525 on social and agonistic behavior in mice. *Pharmacology, Biochemistry, and Behavior*, 46, 873-880.

- Bello Díaz, D. y Bello Llinás, D. (2018). *Neurociencias y aprendizaje*. San Domingo: Búho.
- Benjamín, L., Gleason, C., Wright, E. y Pearl, D. (1983). *Time of conscious intention to act in relation to onset of cerebral activity*. California: Readiness Potencial.
- Betancur, A. (1996). *Curso de derecho penal*. Bogotá: Ediciones Nuevo Foro Penal.
- Blanco, C. (2014). *Historia de la neurociencia (fronteras)*. Madrid: Biblioteca Nueva.
- Borja, E. (1999). *Tendencias contemporáneas de la teoría del delito*. San José: Areté.
- Botez, S., Carrera, E., Maeder, P. y Bogousslavsky, J. (2007). Aggressive behavior and posterior cerebral artery stroke. *Archives of Neurology*, 64(7), 1029-33.
- Brieden, T., Ujeyl, M. y Naber, D. (2002). Psychopharmacological treatment of aggression in schizophrenic patients. *Pharmacopsychiatry*, 35(3), 83-9.
- Briken, P., Nika, E., Krausz, M. y Naber, D. (2002). Atypical neuroleptics in the treatment of aggression and hostility in schizophrenic patients. *Psychiatrie und Psychotherapie*, 70(3), 139-44.
- British Psychological Society. (2010). *Guidelines on Memory and the Law. Recommendations from the Scientific Study of Human Memory*. London: Autor.
- Broughton, R., Billings, R., Cartwright, R., Doucette, D. y Edmeads, J. (1994). *Homicidal Somnambulism: A Case Report*. New York: Cambridge University Press.

- Brown, G., Goodwin, F., Ballenger, J., Goyer, P. y Major, L. (1979). Aggression in humans correlates with cerebrospinal fluid amine metabolites. *Psychiatry Research*, 1(2), 131-9.
- Bruce, B. (1991). *Biología del comportamiento y la mente*. California: Alianza Editorial.
- Buchsbaum, M., Nuechterlein, K., Haier, R., Wu, J., Sicotte, N., Hazlett, E. et al. (1990). Glucose metabolic rate in normals and schizophrenics during the continuous performance test assessed by positron emission tomography. *British Journal of Psychiatry*, 156, 216-227.
- Burkhardt, B. (2007). *La comprensión de la acción desde la perspectiva del agente en el derecho penal. El problema de libertad de acción en el derecho penal*. Buenos Aires: Ad-Hoc.
- Cabello, V. (2002). *Psiquiatría forense en el derecho penal T1*. Buenos Aires: Hammurabi.
- Calabuig, G. (1998). *Medicina legal y toxicológica*. Barcelona: Masson.
- Camacho, J., Vargas, P. y Montero, D. (2007). *La culpabilidad*. San José, C.R.: IJSA.
- Candau Pérez, A. (2011). *Finalidad del proceso y alternativas al mismo, en consideraciones sobre la prueba judicial*. Madrid: Editorial Fontamara.
- Carbonell Mateu, J. (1987). *Enfermedad mental y delito. Aspectos psiquiátricos, penales y procesales*. Madrid: Civitas.
- Carra, G. (2008). *Potencial evocado*. Obtenido de:
https://es.wikipedia.org/wiki/Discusi%C3%B3n:Potencial_evocado

- Carrión, V., Weems, C., Eliez, S., Patwardhan, A., Brown, W., Ray, R. et al. (2001). Attenuation of frontal asymmetry in pediatric posttraumatic stress disorder. *Biological Psychiatry*, 50(12), 943-51.
- Caruso, G. (2017). *Public Health and Safety: The Social Determinants of Health and Criminal Behavior*. New York: ResearchGate.
- Cashmore, A. (2010). The lucretian swerve: the biological bases of the human behavior and the criminal justice system. *Proceedings of the National academy of Sciences*, 107(10), 4499-4504. <https://doi.org/10.1073/pnas.0915161107>.
- Caspi, A., McClay, J., Moffitt, T., Mill, J., Martin, J., Craig, I. et al. (2002). Role of genotype in the cycle of violence in maltreated children. *Medical Research Council Social*, 297(5582), 851-4.
- Chan Mora, G. (2012). *La culpabilidad penal*. San José: IJSA.
- Charpenter, C., Moutsiana, C., Garrett, N. y Sharot, T. (2014). The Brain's Temporal Dynamics from a Collective Decision to Individual Action. *Journal of Neuroscience*, 34(17), 5816-5823. DOI: <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4107-13.2014>.
- Chiesa, L. (2011). *Punishing without free will*. Utah: Utah Law Review.
- Churchland, P. (2006). *The Big Questions: Do we have free*. Obtenido de https://patriciachurchland.com/wp-content/uploads/2016/04/2006_Do_We_Have_FreeWill.pdf.

Cicchetti, D. y Toth, S. (2005). Child maltreatment. *Annual Review of Clinical Psychology*, 1, 409-438.

<https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.clinpsy.1.102803.144029>.

Cicchetti, D., Rogosch, F. y Thibodeau, E. (2012). *The effects of child maltreatment on early signs of antisocial behavior: genetic moderation by tryptophan hydroxylase serotonin transporter, and monoamine oxidase A genes*. Minneapolis: University of Minnesota.

Clark, A., Kiverstein, J. y Vierkant, T. (2013). *Decomposing the Will*. New York: Oxford University Press.

Clark, D., Boutros, N. y Méndez, M. (2012). *El cerebro y la conducta. Neuroanatomía para psicólogos*. México DF: El manual moderno.

Cleare, A. y Bond, A. (1995). *The effect of trypto-phan depletion and enhancement on subjective and behavioural aggression in normal male subjects*. London: Psychopharmacology.

Coccaro, E., Kavoussi, R., Cooper, T. y Hauger, R. (1997). Central serotonin activity and aggression: Inverse relationship with prolactin response to d-fenfluramine but not CSF 5-HIAA concentration, in human subjects. *The American Journal of Psychiatry*, 154(10), 1430-5.

Coccaro, E., Kavoussi, R., Hauger, R., Cooper, T. y Ferris, C. (1998). *Cerebrospinal fluid vasopressin levels: Correlates with aggression and serotonin function in personality-disordered subjects*. *Archives of General Psychiatry*, 55(8), 708-14.

- Comai, S. y Tau, M. (2012). The psychopharmacology of aggressive behavior: a translational approach: part 1: neurobiology. *Journal of Clinical Psychopharmacology*, 32(1), 83-94. doi: 10.1097/JCP.0b013e31823f8770.
- Convit, A. y Douyon, R. (1996). *Frontotemporal abnormalities and violent behavior*. New York: Lawrence Erlbaum Associates.
- Corda, A. (2013). *Neurociencia y derecho penal desde el prisma de la dimensión procesal*. Madrid: Marcial Pons.
- Cordella, R., Carella, F., Franzinni, A. y Villani, F. (2010). *Intraoperative microrecordings in the posterior hypothalamus of anaesthetized humans with aggressive behaviour*. *Neurological Sciences*, 31(2), 183-188. DOI: 10.1007/s10072-010-0217-5.
- Craig, I. (2007). The importance of stress and genetic variation in human aggression. *Psychological Medicine*, 29(3), 227-36.
- Crowe, S. y Blair, R. (2008). The development of antisocial behaviour. *Development and Psychopathology*, 20(4), 1145-59. doi: 10.1017/S0954579408000540.
- Cumming, S. (2015). The neurobiology of psychopathy: recent developments and new directions in research and treatment. *CNS Spectrums*, 20(3), 200-6. doi: 10.1017/S1092852914000741.
- Damasio, H., Galaburda, A., Frank, R. y Grabowski, T. (1994). The Return of Phineas Gage: Clues About the Brain from the Skull of a Famous Patient. *Science*, 264(5162), 1102-1105. Obtenido de: https://www.researchgate.net/profile/Albert_Galaburda/publication/15021430_The_

Return_of_Phineas_Gage_Clues_About_the_Brain_from_the_Skull_of_a_Famous_Patient/links/0c96051b2139f585a8000000/The-Return-of-Phineas-Gage-Clues-About-the-Brain-from-the-Skull-o

Dass, M., Barkataki, I. y Sharma, T. (2002). *Neuroimaging violence in the mentally ill*. Nebraska: Hospital Medicine.

Davidson, R., Putnam, K. y Larson, C. (2000). Dysfunction in the neural circuitry of emotion regulation-A possible prelude to violence. *Science*, 289(5479), 591-4.

De Almeida, R., Ferrari, P., Parmigiani, S. y Miczek, K. (2005). Escalated aggressive behavior: Dopamine, serotonin and GABA. *European Journal of Pharmacology*, 526(1-3), 51-64.

De Andrade, M. (2015). *Acetilcolina*. Obtenido de:

<https://www.definicionabc.com/ciencia/acetilcolina.php>

De Bellis, M. (2005). *The psychobiology of neglect. Child Maltreatment*. North Carolina: Duke University.

Demetrio Crespo, E. (2011). Libertad de voluntad, investigación sobre el cerebro y responsabilidad penal. *InDret*, 2. Obtenido de: <http://www.indret.com/pdf/807.pdf>.

Demetrio Crespo, E. (2017). *Fragmentos sobre neurociencias y derecho penal*. Buenos Aires: BDEF.

Denno, D. (2002). Crime and Counciousness: Science and Involuntay acts. *Minnesota Law Review*, 87(2), 269-399 Obtenido de:

https://www.researchgate.net/publication/298581761_Crime_and_consciousness_Science_and_involuntary_acts.

Denti, V. (1974). *Estudios de derecho probatorio*. Buenos Aires: Ediciones Jurídicas Europa América.

Dispenza, J. (2013). *Breaking the Habit of Being Yourself: How to Lose Your Mind and Create a New One*. New York: Hay House Inc.

Dolan, M. (2002). What neuroimaging tell us about psychopathic disorders. *Hospital Medicine*, 63(6), 337-40.

Eimer, M. y Haggard, P. (1999). On the relation between brain potentials and the awareness of voluntary acts. *Experimental Brain Research*, 126, 128-133.

Farrer, T., Frost, R. y Hedges, D. (2013). Prevalence of traumatic brain injury in juvenile offenders: a meta-analysis. *Child Neuropsychology*, 19(3).

Faveron Patriau, O. (2017). *Cerebro mente actitudes VI-neurociencias*. Lima: Digital Services LLC.

Fazel, S., Zetterqvist, J., Larsson, H., Långström, N. y Lichtenstein, P. (2014). *Antipsychotics, mood stabilisers, and risk of violent crime*. Oxford: University of Oxford.

Ferris, C. (2000). *Adolescent stress and neural plasticity in hamsters: A vasopressin serotonin model of inappropriate aggressive behaviour*. Massachusetts: University of Massachusetts Medical Center.

- Figueroba, A. (2019). *Catecolaminas: tipos y funciones de estos neurotransmisores*.
Obtenido de: <https://psicologiyamente.com/neurociencias/catecolaminas>
- Frank, R. (2002). *Sobre la estructura del concepto de culpabilidad*. Buenos Aires: BDEF.
- Frankle, W., Lombardo, I., Goodman, M., Talbot, P. y Huang, Y. (2005). Brain serotonin transporter distribution in subjects with impulsive aggressivity. *The American Journal of Psychiatry*, 162(5), 915-23.
- Fried, I., Mukamel, R. y Kreiman, G. (2011). Internally generated preactivation of single neurons in human medial frontal cortex predicts volition. *Neuron*, 69(3), 548-62.
doi: 10.1016/j.neuron.2010.11.045.
- García Allen, J. (2019). *GABA (neurotransmisor): qué es y qué función desempeña en el cerebro*. Obtenido de: <https://psicologiyamente.com/neurociencias/gaba-neurotransmisor>
- Garzón Valdés, E., Spolansky, N. y Nino, C. (2007). *Lenguaje y acción humana*. Buenos Aires: Ad-Hoc.
- Gascón Abellán, M. (2012). *Cuestiones probatorias*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia.
- Gazzaniga, M. (2012). *Who's in charge? Free will and the science of the brain*. New York: Ecco Edition.
- Giacalone, E., Tansella, M., Valzelli, L. y Garattini, S. (1968). Brain serotonin metabolism in isolated aggressive mice. *Biochemical Pharmacology*, 17(7), 1315-27.

- Giancola, P. (2002). Alcohol-related aggression in men and women: The influence of dispositional aggressivity. *Journal of Studies on Alcohol*, 63(6), 696-708.
- Giménez Pando, J., Pérez Arjona, E., Dujovny, M. y Díaz, F. (2007). Secuelas neurológicas del maltrato infantil. *Neurocirugía*, 18(2).
- Glannon, W. (2015). *Free will and the brain*. London: Cambridge University Press.
- Glenn, A., Johnson, A. y Raine, A. (2013). Antisocial personality disorder: a current review. *Current Psychiatry Reports*, 15(12), 427. doi: 10.1007/s11920-013-0427-7.
- Gogos, J., Morgan, M., Luine, V., Santha, M., Ogawa, S., Pfaff, D. et al. (1998). Catechol-O-methyltransferase-deficient mice exhibit sexually dimorphic changes in catecholamine levels and behavior. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 95(17), 9991-6.
- Gómez Pajaveau, C. (2018). *Neuroderecho penal y disciplinario*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia.
- Gómez Pavajeau, C. A. (2018). *Neuroderecho penal y disciplinario*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia.
- Gómez Pavajeau, C. y Gutiérrez de Piñares Botero, C. (2017). *Neurociencias y derecho*. Bogotá: Xpress Estudio Gráfico y Digital.
- Gramajo, E. (1975). *La acción en la teoría del delito*. Buenos Aires: Astrea.
- Grassi Oliveira, R., Ashy, M. y Stein, L. (2008). Psychobiology of childhood maltreatment: Effects of allostatic load? *Revista Brasileira de Psiquiatria*, 30(1), 60-8.

- Greene, J. y Sheeran, P. (2006). Implementation intentions and goal achievement. A meta-analysis of effects and processes. *Advances in Experimental Social Psychology*, 38, 69-119.
- Greenle, J. (2017). *Manual MSD*. Obtenido de: <https://www.msmanuals.com/es-cr/hogar/enfermedades-cerebrales,-medulares-y-nerviosas/infecciones-cerebrales/rabia>
- Guzmán Martínez, G. (2015). *¿Qué es la hbris según la filosofía griega?* Obtenido de: <https://psicologiaymente.com/cultura/hbris>
- Haggard, P. (2011). *Decision time for free will*. *Neuron*, 69(3), 404-6. doi: 10.1016/j.neuron.2011.01.028.
- Haller, J., Bakos, N., Rodriguiz, R., Caron, M., Wetsel, W. y Liposits, Z. (2002). Behavioral responses to social stress in noradrenaline transporter knockout mice: Effects on social behavior and depression. *Brain Research Bulletin*, 58(3), 279-84.
- Haller, J., Makara, G. y Kruk, M. (1998). Catecholaminergic involvement in the control of aggression: Hormones, the peripheral sympathetic, and central noradrenergic systems. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 22(1), 85-97.
- Handelsman, L., Holloway, K., Kahn, R., Sturiano, C., Rinaldi, P., Bernstein, D. et al. (1996). Hostility is associated with a low prolactin response to metachlorophenylpiperazine in abstinent alcoholics. *Alcoholism, Clinical and Experimental Research*, 38(2), 255-276.
- Hassemer, W. (2011). Neurociencias y culpabilidad en derecho penal. *InDret*, (2).

- Haynes, J. D. (2010). Beyond Libet: Long-term Prediction of Free Choices from Neuroimaging Signals. En W. Sinnott-Armstrong y L. Nadel, *Conscious Will and Responsibility: A Tribute to Benjamin Libet* (págs. 85-96). New York: Oxford University Press.
- Haynes, J. D., Schultze Kraft, M., Birman, D., Rusconi, M., Allefeld, C., Görgena, K. et al. (2016). The point of no return in vetoing self-initiated. *Proceedings of the National Academy of Science*, 113(4), 1080-5. doi: 10.1073/pnas.1513569112.
- Helmstetter, S. (2013). *The Power of Neuroplasticity*. Florida: Park Avenue Press.
- Hoaken, P. y Stewart, S. (2003). *Drugs of abuse and the elicitation of human aggressive behavior*. London: University of Western Ontario.
- Hönekopp, J., Bartholdt, L., Beier, L. y Liebert, A. (2007). *Second to fourth digit length ratio (2D:4D) an adult sex hormone levels: New data and a meta-analytic review*. Chemnitz: Technische Universität Chemnitz.
- Hrabovszky, E., Halasz, J., Meelis, W., Kruk, M., Liposits, Z. y Haller, J. (2005). *Neurochemical characterization of hypothalamic neurons involved in attack behavior: Glutamatergic dominance and co-expression of thyrotropin-releasing hormone in a subset of glutamatergic neurons*. Budapest: Department of Endocrine Neurobiology.
- Human Brain Project. (2014). *Project Objectives*. Obtenido de: <https://www.humanbrainproject.eu/en/about/overview/>

- Humble, F. y Berk, M. (2003). Pharmacological management of aggression and violence. *Human Psychopharmacology*, 18(6), 423-436.
- Ibáñez, A. y García, A. (2015). *Qué son las neurociencias*. Buenos Aires: Paidós.
- Jaffee, S., Caspi, A., Moffitt, T., Dodge, K., Rutter, M., Taylor, A. et al. (2005). Nature X nurture: genetic vulnerabilities interact with physical maltreatment to promote conduct problems. *Developmental Psychopathology*, 17(1), 67–84.
- Jakobs, G. (1995). *El principio de culpabilidad*. Bogotá: Editorial Jurídica Bolivariana.
- Jiménez Balado, J. (2019). *Glutamato (neurotransmisor): definición y funciones*. Obtenido de: <https://psicologiyamente.com/neurociencias/glutamato-neurotransmisor>.
- Jiménez de Asúa, L. (1957). *Tratado de derecho penal*. Tomo V. San José: ILANUD.
- Jiménez Martínez, C. (2016). *No es mi culpa, fue mi cerebro. ¿Es esta una afirmación válida para aplicar la inimputabilidad individuos con trastornos de la personalidad y psicópatas?* Bogotá: Universidad Externado de Colombia.
- Kaku, M. (2015). *The future of the mind*. New York: Anchor Books.
- Kandel, E. (1997). *Neurociencia y conducta*. Madrid: Prentice Hall.
- Kantak, K., Hegstrand, L. y Eichelman, B. (1980). Dietary tryptophan modulation and aggressive behavior in mice. *Pharmacology, Biochemistry, and Behavior*, 15(3), 343-350.
- Kelsen, H. (1991). *¿Qué es la justicia?* Barcelona: Editorial Ariel.

- Kiderra, I. (2013). *Mapping the Mind. President Obama announces BRAIN Initiative in which UC San Diego, 'Mesa' colleagues and private-public partners will play key roles*. Obtenido de: https://ucsdnews.ucsd.edu/feature/mapping_the_mind
- Kollack Walker, S., Watson, S. y Akil, H. (1997). Social stress in hamsters: Defeat activates specific neurocircuits within the brain. *The Journal of Neuroscience*, 17(22), 8842-8855.
- Kosfeld, M., Heinrichs, M., Zak, P., Fischbacher, U. y Fehr, E. (2005). Oxytocin increases trust in humans. *Nature*, 435(7042), 673-6.
- Krug, E., Dahlberg, L. y Mercy, J. (2003). *Informe mundial sobre la violencia y la salud*. Washington, D.C: Organización Mundial de la Salud.
- Kubrick, S. (dirección). (1971). *A Clockwork Orange* [película]. Estados Unidos: Warner Bros.
- Kühn, S. y Brass, M. (2009). Retrospective construction of the judgement of free choice. *Conscious and Cognition*, 18(1), 12-21. doi: 10.1016/j.concog.2008.09.007.
- Kukyo, H. (2008). *Historial de P300*. Obtenido de: <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=P300&action=history>
- Kumari, J., Barkataki, I., Goswami, S., Flora, S., Das, M. y Taylor, P. (2009). Dysfunctional, but not functional, impulsivity is associated with a history of seriously violent behaviour. *Psychiatry Research*, 15, 173(1), 39-44. doi: 10.1016/j.psychresns.2008.09.003.

- Laakso, M. (2001). Psychopathy and the posterior hippocampus. *Behavioural Brain Research, 118*(2), 187-93.
- Lasley, S. y Thurmond, J. (1985). Interaction of dietary tryptophan and social isolation on territorial aggression, motor activity, and neurochemistry in mice. *Psychopharmacology, 87*, 313–321.
- Laudan, L. (2011). *El estándar de la prueba y las garantías en el proceso penal*. Buenos Aires: Hammurabi.
- Lee, R. y Coccaro, E. (2001). The neuropsychopharmacology of criminality and aggression. *Canadian Journal of Psychiatry, 46*(1), 35-44.
- Lee, V. y Hoaken, P. (2007). *Cognition, emotion, and neurobiological development: Mediating the relation between maltreatment and aggression*. Ontario: University of Western Ontario.
- Libet, B., Freeman, A. y Sutherland, K. (2004). *Volitional Brain: Towards a Neuroscience of Freewill*. California: Imprint Academic.
- Llobet Rodríguez, J. (2001). *Delitos en contra de la vida y la integridad corporal*. San José: Editorial Jurídica Continental.
- Looney, J. (2010). Neuroscience's new techniques for evaluating future dangerousness: are we returning to Lombroso's biolocial criminality? *University of Arkansas at Little Rock Law Review, 32*(3).

- López Barja de Quiroga, J. (2005). *Tratado de derecho procesal penal*. Madrid: Thomson-Aranzadi.
- López Muñoz, F., Álamo, C. y Cuenca, E. (2000). *Bases neurobiológicas de la agresividad*. Alcalá de Henares: Universidad de Alcalá de Henares.
- Luzón Peña, M. (2012). Libertad, culpabilidad y neurociencias. *Revista para el Análisis del Derecho*, 3.
- M. Burns, J. y H. Swerdlow, R. (2003). Right Orbitofrontal Tumor With Pedophilia Symptom and Constructional Apraxia Sign. *Archives of Neurology*, 60(3), 437-440. doi:10.1001/archneur.60.3.437.
- Macdonald, G. y Leary, M. (2005). *Why does social exclusion hurt? The relationship between social and physical pain*. St. Lucia: School of Psychology, University of Queensland.
- Mandel, P., Mack, G. y Kempf, E. (1979). *Molecular basis of some models of aggressive behavior*. New York: Raven Press.
- Mann, J., McBride, P., Brown, R., Linnoila, M., Leon, A., DeMeo, M. et al. (1992). *Relationship between central and peripheral serotonin indexes in depressed and suicidal psychiatric inpatients*. Pittsburgh: University of Pittsburgh.
- Manson, J. y Steenhuisen, J. (2 de abril de 2013). Obama launches research initiative to study human brain. *Reuters*. Obtenido de: <https://www.reuters.com/article/us-obama-brain/obama-launches-research-initiative-to-study-human-brain-idUSBRE9310H820130402>.

- Manuck, S., Flory, J., Ferrell, R., Dent, K., Mann, J. y Muldoon, M. (1999). *Aggression and anger-related traits associated with a polymorphism of the tryptophan hydroxylase gene*. Pittsburgh: University of Pittsburgh.
- Marino, M., Bourdelat-Parks, B., Cameron Liles, L. y Weinshenker, D. (2005). *Genetic reduction of noradrenergic function alters social memory and reduces aggression in mice*. *Behavioral Brain Research*, 161(2), 197-203.
- Markoff, J. (17 de febrero de 2013). Obama Seeking to Boost Study of Human Brain. *New York Times*. Obtenido de: <https://www.nytimes.com/2013/02/18/science/project-seeks-to-build-map-of-human-brain.html>.
- Marsh, L. y Krauss, G. (2000). Aggression and violence in patients with epilepsy. *Epilepsy Behavior*, 1(3), 160-8.
- Martínez Selva, J. (1995). *El comportamiento agresivo*. *Investigaciones Andina*, 10(16), 92-105.
- Masao, M. y Hallet, M. (2008). The timing of the conscious intention to move. *European Journal of Neuroscience*, 28(11), 2344-51.
- Maurach, R. (1962). *Tratado de derecho penal. Tomo II*. Barcelona: Ariel.
- Maurach, R. y Heinz, Z. (1994). *Derecho penal-parte general*. Buenos Aires: Editorial Astrea.

- Mayes, L., Grillon, C., Granger, R. y Schottenfeld, R. (1998). *Regulation of arousal and attention in preschool children exposed to cocaine prenatally*. New York: Academy of Sciences.
- McGowan, P., Sasaki, A., D'Alessio, A., Dymov, S., Labonte, B., Szyf, M. et al. (2009). Epigenetic regulation of the glucocorticoid receptor in human brain associates with childhood abuse. *Nature Neuroscience*, 12(3), 342-8. doi: 10.1038/nn.2270.
- Melo, A. (2019). *Neuronas, sinapsis, neurotransmisores*. Obtenido de:
https://www.researchgate.net/publication/332552485_Neuronas_sinapsis_neurotransmisores
- Mendoza Buergo, B. (2001). *El derecho penal en la sociedad del riesgo*. Madrid: Civitas.
- Merkel, G. y Roth, G. (2008). *Freiheitsgefühl, Schuld und Strafe*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Mesa Gresa, P. y Moya Albiol, L. (2011). Neurobiología del maltrato infantil: el ciclo de la violencia. *Revista Neurología*, 52, 489-503.
- Miczek, K., Fish, E. y De Bold, J. (2003). Neurosteroids, GABAA receptors, and escalated aggressive behavior. *Hormones and Behavior*, 44(3), 242-57.
- Miczek, K., Fish, E., De Bold, J. y De Almeida, R. (2002). Social and neural determinants of aggressive behavior: Pharmacotherapeutic targets at serotonin, dopamine and gamma-aminobutyric acid systems. *Psychopharmacology*, 163(3-4), 434-58.

- Miller, J. y Trevena, J. (2002). Cortical Movement Preparation and Conscious Decisions: Averaging Artifacts and Timing Biases. *Consciousness and Cognition* 11, 308–313.
- Mitsis, E., Halperin, J. y Newcorn, J. (2000). Serotonin and aggression in children. *Current Psychiatry Reports*, 2, 95–101.
- Moeller, F., Dougherty, D., Swann, A., Collins, D., Davis, C. y Cherek, D. (1996). Tryptophan depletion and aggressive responding in healthy males. *Psychopharmacology*, 126(2), 97-103.
- Molina Galicia, R. (2013). *Neurociencia, neuroética, derecho y proceso*. Madrid: Marcial Pons.
- Monroe, R. (1978). Brain dysfunction in aggressive criminals. *The Journal of Nervous and Mental Diseases*, 6(3).
- Montoya, E., Terburg, D., Bos, P. y Van Honk, J. (2012). Testosterone, cortisol, and serotonin as key regulators of social aggression: A review and theoretical perspective. *Motivation & Emotion*, 36(1), 65–73.
- Mora, F. y Sanguinetti, A. (1994). *Diccionario de neurociencias*. Madrid: Alianza Editorial.
- Morales Aguilar, J. (2011). *La estructura del sistema nervioso*. Oaxaca de Juárez: Asociación Oaxaqueña de Psicología.
- Morse, S. J. (2015). *Neuroscience, free will and criminal responsibility*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Moya Albiol, L. (2004). Bases neuronales de la violencia humana. *Revista de Neurología*, 38(11).
- Moya Albiol, L. (2010). *Psicobiología de la violencia*. Madrid: Pirámide.
- Moya, A. (2015). *Neurocriminología*. Valencia: Ediciones Pirámide.
- Muñoz Conde, F. (2018). *Teoría general del delito*. Bogotá: Temis.
- Muñoz Conde, F. y García Arán, M. (2010). *Derecho penal. Parte general*, (8° ed.). Valencia: Tirant Lo Blanch.
- Muñoz López, F., Alamo, C. y Cuenca, E. (2000). *Bases neurobiológicas de la agresividad*. Madrid: Archivos de Psiquiatría.
- Murphy, E. (2009). *Law and biosciences blog*. Obtenido de:
<https://law.stanford.edu/2009/04/02/update-on-indian-beos-case-accused-released-on-bail/>.
- Murphy, S., McPherson, S. y Robinson, K. (2014). Non-medical prescription opioid use and violent behavior among adolescents. *Journal of Child and Adolescent Mental Health*, 6(1), 35-47. doi: 10.2989/17280583.2013.849607.
- Nelson, R. y Chiavegatto, S. (2001). Molecular basis of aggression. Trends in Neurosciences. *TRENDSin Neurosciences*, 24(12).
- Nelson, R. y Trainor, B. (2007). Neural mechanisms of aggression. *Nature Reviews Neuroscience*, 8(7), 536-46.

- Nieva Fenoll, J. (2013). *Proceso judicial y neurociencia: una revisión conceptual del derecho procesal*. Madrid: Marcial Pons.
- Nieva Fenoll, J. (2016). Neurociencia y juicio jurisdiccional: pasado y presente. ¿Futuro? *Civil Procedure Review*, 7(3), 119-144.
- Nieves, R. (2010). *Teoría del delito y práctica penal (reflexiones dogmáticas y mirada crítica)*. República Dominicana: Escuela Nacional del Ministerio Público.
- Northoff, G. (2014). *Unlocking the brain*. Ottawa: Oxford University Press.
- O'Connor, T., Heron, J., Golding, J., Beveridge, M. y Glover, V. (2002). Maternal antenatal anxiety and children's behavioral/emotional problems at 4 years. Report from the Avon Longitudinal Study of Parents and Children. *The British Journal of Psychiatry*, 180, 502-8.
- Olf, M., Frijling, J., Kubzansky, L., Bradley, B., Ellenbogen, M., Cardoso, C. et al. (2013). The role of oxytocin in social bonding, stress regulation and mental health: an update on the moderating effects of context and interindividual differences. *Psychoneuroendocrinology*, 38(9), 1883-94. doi: 10.1016/j.psyneuen.2013.06.019.
- Olivier, B. (2004). Serotonin and aggression. *Annals of the New York Academy of Science*, 1036(1).
- Parra, S. (2016). *Tu cerebro me confiesa que tú fuiste el asesino*. Obtenido de:
<https://www.yorokobu.es/tu-cerebro-me-confiesa-que-tu-fuiste-el-asesino/>

- Passamonti, L., Crockett, M., Apergis Schoute, A., Clark, L., Rowe, J., Calder, A. et al. (2012). *Effects of acute tryptophan depletion on prefrontal-prefrontal-amygdala connectivity while viewing facial signals of aggression*. Catanzaro: Unità di Ricerca Neuroimmagini.
- Patki, G., Atrooz, F., Alkadhi, I., Solanki, N. y Salim, S. (2015). High aggression in rats is associated with elevated stress, anxiety-like behavior, and altered catecholamine content in the brain. *Neuroscience Letters*, 584, 308-13. doi: 10.1016/j.neulet.2014.10.051.
- Percy, W., Nobrega, J., Langevin, R. y Wortzman, G. (1990). *Brain density and symmetry in pedophilic and sexually aggressive offenders*. Oxford: University Press.
- Pérez Castells, J. (2018). *Neuronas y libre albedrío sobre neurociencia y libertad*. Madrid: Digital Reasons.
- Pihl, R., Young, S., Harden, P., Plotnick, S., Chamberlain, B. y Ervin, F. (1995). *Acute effect of altered tryptophan levels and alcohol on aggression in normal human males*. Quebec: McGill University.
- Porras Díaz, K. (27 de julio de 2017). Cada hora cuatro niños son víctimas de agresión en Costa Rica. *Monumental*. Obtenido de: <http://www.monumental.co.cr/2017/07/27/cada-hora-cuatro-ninos-son-victimas-de-agresion-en-costa-rica/>
- Prinz, W. (2004). *Kritik des freien Willens*. Erschienen: Psychologische Rundschau.

- Quirós Harbottle, F. (27 de mayo de 2015). *La edad mínima de la responsabilidad penal. Análisis de la legislación y jurisprudencia de Costa Rica a partir del corpus juris internacional de protección de los derechos humanos de la niñez*. Obtenido de: <http://www.corteidh.or.cr/tablas/r34020.pdf>
- Radtke, K., Ruf, M., Gunter, H., Dohrmann, K., Schauer, M., Meyer, A. et al. (2011). *Transgenerational impact of intimate partner violence on methylation in the promoter of the glucocorticoid receptor*. Konstanz: University of Konstanz.
- Ragnauth, A., Devidze, N., Moy, V., Finley, K., Goodwillie, A., Kow, L. et al. (2005). *Female oxytocin gene-knockout mice, in a semi-natural environment, display exaggerated aggressive behavior*. New York: The Rockefeller University.
- Raine, A. y Buchsbaum, M. (1996). *Violence, brain imaging, and neuro psychology*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Raine, A., Buchsbaum, M., Stanley, J., Lottenberg, S., Abel, L. y Stoddard, J. (1994). Selective reductions in prefrontal glucose metabolism in murderers. *Biological Psychiatry*, 36(6), 365-73.
- Ramos Vázquez, J. (2013). *Ciencia, libertad y derecho penal*. Valencia: Tirant lo Blanch.
- Reif, A., Jacob, C., Rujescu, D., Herterich, S., Lang, S., Gutknecht, L. et al. (2009). *Influence of functional variant of neuronal nitric oxide synthase on impulsive behaviors in humans*. Würzburg: University of Würzburg.

- Repsi. (2010). *La clasificación de los delincuentes según Lombroso*. Obtenido de:
<https://psiquiatrianet.wordpress.com/2010/03/11/la-clasificacion-de-los-delincuentes-segun-lombroso/>
- Righi, E. (2003). *La culpabilidad en materia penal*. Buenos Aires: ADHOC.
- Rivera, P. y Finchman, F. (2014). Forgiveness as a Mediator of the Intergenerational Transmission of Violence. *Journal of Interpersonal Violence*, 30(6).
- Rojas Chacón, J. y Sánchez Romero, C. (s.f.). *Teoría del delito. Tomo II*. Obtenido de:
https://ministeriopublico.poderjudicial.go.cr/documentos/biblioteca_digital/manuales/Teoria_del_delito_tomo_2.pdf.
- Rojas, M., Jiménez, S. y Miryan, C. (2004). *La violencia social en Costa Rica*. San José: Ministerio de Salud.
- Romeo Casabona, C. (2009). *Genética, biotecnología y ciencias penales*. Bogotá: Ibáñez & Pontificia Universidad Javeriana.
- Romero Flores, B. (2015). Las neurociencias frente a la función de la pena. *ADPCP*, LXVIII.
- Romero Martínez, A. y Moya Albiol, L. (2015). *Déficits neuropsicológicos asociados a la relación entre abuso de cocaína y violencia: mecanismos neuronales facilitadores*. València: Universidad de València.

Romero Martínez, A., González Bono, E., Lila, M. y Moya Albiol, L. (2013).

Testosterone/cortisol ratio in response to acute stress: A possible marker of risk for marital violence. Valencia: University of Valencia.

Romero Martínez, A., Nunes Costa, R., Lila, M., González Bono, E. y Moya Albiol, L.

(2013). *Cardiovascular reactivity to a marital conflict version of the Trier social stress test in intimate partner violence perpetrators.* Valencia: University of Valencia.

Romero Martínez, A., Sariñana González, P., González Bono, E., Lila, M. y Moya Albiol,

L. (2013). *High testosterone levels and sensitivity to acute stress in perpetrators of domestic violence with low cognitive flexibility and impairments in their emotional decoding process.* Valencia: University of Valencia.

Rosen, J. (11 de marzo de 2007). The Brain on the Stand. *The New York Times Magazine.*

Obtenido de:

https://www.nytimes.com/2007/03/11/magazine/11Neurolaw.t.html?pagewanted=all&_r=0.

Roxin, C. (1981). *Culpabilidad y prevención en derecho penal.* Madrid: Reus.

Roxin, C. (1997). *Derecho penal. Parte general, Tomo I.* Madrid: Civitas.

Roxin, C. (2002). *Política criminal y sistema de derecho penal.* Buenos Aires: Hammurabi.

Rozanes, M. (2009). Neuroética psiquiátrica: una asignatura pendiente. *Salud Mental,*

32(5). http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33252009000500010

- RTVE.es. (26 de junio de 2018). Un ligero desajuste neuronal basta para desatar trastornos como la esquizofrenia o la depresión. *RTVE.es*. Obtenido de:
<http://www.rtve.es/noticias/20180626/ligero-desajuste-neuronal-basta-para-desatar-trastornos-como-esquizofrenia-depresion/1756541.shtml>.
- Rubia, F. (2009). *El cerebro nos engaña*. Madrid: Temas de hoy.
- Rubia, F. (2009). *El fantasma de la libertad*. Barcelona: Ed. Crítica.
- Ruiz Guarneros, A. (2019). *Neurocriminología y neuroderecho: ¿Nuevas perspectivas para viejos problemas?* Obtenido de:
<https://elmundodelabogado.com/revista/posiciones/item/neurocriminologia-y-neuroderecho-nuevas-perspectivas-para-viejos-problemas>.
- Saceda Corralo, D. (2018). *Electroencefalograma (EEG)*. Obtenido de:
<https://www.webconsultas.com/pruebas-medicas/electroencefalograma-eeg-12529>.
- Sachdev, P., Smith, J., Matheson, J. y Blumbergs, P. (1992). Amygdalo-hippocampectomy for pathological aggression. *Australian and New Zealand Journal of Psychiatry*, 26(4), 671–676. <https://doi.org/10.3109/00048679209072105>.
- Sáenz Montero, M. (2019). *Código Penal costarricense (con exégesis legislativa, jurisprudencia constitucional, glosario de leyes especiales y leyes complementarias)*. San José: Editorial Jurídica Continental.
- Saiz Ruiz, J., De la Vega Sánchez, D. y Sánchez Páez, P. (2010). The Neurobiological Basis of Schizophrenia. *Clínica y Salud*, 21(3). Obtenido de:

http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1130-52742010000300004.

Salamano, R. (2015). Encefalitis de Von Economo (Encefalitis letárgica o epidémica). Una enfermedad misteriosa. *Archivos de Medicina Interna*, 37(3). Obtenido de: http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1688-423X2015000300012.

Salmond, C., Chatfield, D. y Menon, D. (2005). *Cognitive sequelae of head injury: involvement of basal forebrain and associated structures*. Cambridge: University of Cambridge.

Sánchez Lázaro, F. (2011). El principio de culpabilidad como mandato de optimización. *InDret*, 4.

Sancinetti, M. (1990). *Sistema de la teoría del error en el Código Penal argentino*. Buenos Aires: Hamurabi.

Sanguineti, J. (2014). *Neurociencia y filosofía del hombre*. Madrid: Palabra.

Santana Tavira, R., Sánchez Ahedo, R. y Herrera Basto, E. (1997). El maltrato infantil: un problema mundial. *Salud Pública*, 40(1). Obtenido de: <https://www.scielosp.org/article/spm/1998.v40n1/58-65/>.

Sanz, E. (2011). *Neurociencia para jueces y abogados*. Obtenido de: <https://www.muymuyinteresante.es/salud/articulo/neurociencia-para-jueces-y-abogados>.

- Schurger, A., Sitt, J. y Dehaene, S. (2012). An accumulator model for spontaneous neural activity prior to self-initiated movement. *Proceeding of the National Academy of Science of the United States of America*, 109(42), E2904-E2913. Obtenido de: <https://www.pnas.org/content/109/42/E2904>.
- Sell, E. (2007). Resonancia magnética funcional. *Actualizaciones en Neurología Infantil*, 67(1). Obtenido de: http://www.medicinabuenosaires.com/revistas/vol67-07/n6-1/v67_6-1_p661_664_.pdf.
- Siegel, A., Schubert, K. y Shaikh, M. (1997). Neurotransmitters regulating defensive rage behavior in the cat. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 21(6), 733-42.
- Siever, L. (2008). Neurobiology of aggression and violence. *The American Journal of Psychiatry*, 165(4), 429-442.
- Siever, L., Buchsbaum, M., Spiegel Cohen, J., Wei, T., Hazlett, E. y Mitropoulou, V. (1999). d,1-fenfluramine response in impulsive personality disorder assessed with fluorodeoxyglucose positron emission tomography. *Neuropsychopharmacology*, 20(5), 413-23.
- Smilansky, S. (2014). *Compatibilism: The Argument From Shallowness*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Soto Cerdas, J., Álvarez Umaña, S., Quirós Quirós, V. y Gonzáles Sáenz, M. (2016). Inimputabilidad por trastornos mentales en el sistema legal. *Medicina Legal de Costa Rica*, 33(1). Obtenido de:

https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-00152016000100079

Stuart, G., McGeary, J., Shorey, R., Knopik, V., Beaucage, K. y Temple, J. (2014). *Genetic associations with intimate partner violence in a sample of hazardous drinking men in batterer intervention programs*. Knoxville: University of Tennessee.

Sueiro, C. y Birruel, B. (s.f.). *La teoría del error y sus limitaciones frente a la administración del derecho penal*. Obtenido de:

https://www.terragnijurista.com.ar/doctrina/teoriadeerror.htm#_ftn15.

Taruffo, M. (2010). *Simplemente la verdad. El juez y la construcción de los hechos*. Madrid: Marcial Pons.

Taruffo, M. (2010). *Simplemente la verdad*. Madrid: Marcial Pons.

Taruffo, M. y Nieva Fenoll, J. (2013). *Neurociencia y proceso judicial*. Madrid: Marcial Pons.

Teicher, M., Andersen, S., Polcari, A., Anderson, C., Navalta, C. y Kim, D. (2003). The neurobiological consequences of early stress and child-hood maltreatment. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 27(1-2), 33-44.

Teichner, G., Golden, C., Van Hasselt, V. y Peterson, A. (2001). Assessment of cognitive functioning in men who batter. *International Journal of Neuroscience*, 111(3-4).

Teodoro, M. (1999). *Derecho penal romano*. Bogotá: Editorial Temis.

The Economist. (23 de mayo de 2002). The future of mind control. *The Economist*.

Obtenido de: <https://www.economist.com/leaders/2002/05/23/the-future-of-mind-control>.

Tirapu Ustárroz, J., García Molina, A., Ríos Lago, M. y Ardila Ardila, A. (2012).

Neuropsicología de la corteza prefrontal y las funciones ejecutivas. Barcelona: Viguera.

Tonkonogy, J. (1991). Violence and temporal lobe lesion. *Journal of Neuro-psychiatry*, 3(2), 189-96.

Torres, A. (2018). *Serotonina: 6 efectos de esta hormona en tu cuerpo y mente*. Obtenido de: <https://psicologiaymente.com/neurociencias/serotonina-hormona>.

Tykara, A., Wyche, M., Kelly, M., Price, L. y Carpenter, L. (1997). Preliminary evidence for abnormal cortical development in physically and sexually abused children using EEG coherence and MRI. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 821, 160-75.

Van Erp, A. y Miczek, K. (2000). Aggressive behavior, increased accumbal dopamine, and decreased cortical serotonin in rats. *The Journal of Neuroscience*, 20(24), 9320-5.

Vargas Alvarado, E. (1999). *Medicina Legal*. México: Editorial Trillas.

Velásquez Velásquez, F. (1995). *Derecho penal parte general*. Bogotá: Temis.

Venegas Francke, P. (2019). *Encefalitis letárgica. La epidemia en los albores de la neurología*. Obtenido de: <https://www.neurologia.com/articulo/2018259>.

- Villahuer, B. (2013). *Exploring the Illusion of Free Will and Moral Responsibility*. Maryland: Lexington Books.
- Villamarín López, M. (2014). *Neurociencia y detección de la verdad y del engaño en el proceso penal. El uso del escáner cerebral (fMRI) y del brain fingerprint*. Madrid: Marcial Pons.
- Watts English, T., Fortson, B., Gibler, N. y De Bellis, M. (2006). The psychobiology of maltreatment in childhood. *Journal of Social Issues*, 62(4), 2006, 717-73.
- Weezel, A. (2013). Neuroderecho y finalismo jurídico penal. Consecuencias de los avances neurocientíficos para la imputación jurídica. *Revista de Derecho Penal y Criminología*, 7.
- Weigend, T. y Jescheck, H. H. (2002). *Tratado de derecho penal. Parte general*. Granada: Cardenete.
- Welzel, H. (1970). *Derecho penal alemán*. Santiago de Chile: Ed. Jurídica de Chile.
- Wersinger, S., Caldwell, H., Christiansen, M. y Young, W. (2007). *Disruption of the vasopressin 1b receptor gene impairs the attack component of aggressive behavior in mice*. New York: University at Buffalo.
- White, H., Jarrett, N., Valencia, E., Loeber, R. y Wei, E. (2007). Stages and sequences of initiation and regular substance use in a longitudinal cohort of black and white male adolescents. *Journal of Studies on Alcohol and Drugs*, 9(4), 301–319.

Wong, M. (1994). Electroencephalography, computed tomography and violence ratings of male patients in a maximum-security mental hospital. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 90(2).

Wong, M. (2001). *Neuroimaging in human aggression: conceptual and methodological issues*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.

Resoluciones

Sala Casación Penal de Costa Rica: Voto n.º 387, 18 de mayo del 2005.

Sala de Casación Penal de Costa Rica: Voto n.º 00053, 16 de enero de 2015.

Sala de Casación Penal de Costa Rica: Voto n.º 00223, 15 de abril del 2016.

Sala de Casación Penal de Costa Rica: Voto n.º 00753, 22 de julio del 2008.

Sala de Casación Penal de Costa Rica: Voto n.º 1182, 17 de diciembre de 2003.

Sala de Casación Penal de Costa Rica: Voto n.º 500-F-92, 08 de octubre de 1992.

Sala de Casación Penal de Costa Rica: Voto n.º 657, 30 de enero de 2012.

Sala de Casación Penal de Costa Rica: Voto n.º 01363, 11 de noviembre de 2011.

Sala Tercera de la Corte de Costa Rica: Resolución n.º 00753–2008, 4 de febrero de 2008.