

LA REVOLUCIÓN NEUROCIENTÍFICA: ¿CONMOCIÓN PARA EL DERECHO PENAL Y PROCESAL?

Jaime ALONSO GALLO *

Resumen

En este trabajo se estudia, desde una perspectiva crítica, el impacto que la neurociencia ha tenido en el derecho y en el proceso penales. La conclusión de nuestro análisis es que la influencia real de la neurociencia es mucho más modesta que lo que buena parte de los neurocientíficos consideran.

Abstract

In this paper we study, from a critical perspective, the impact that neuroscience has had on criminal law. The conclusion of our analysis is that neuroscience's real influence is much more modest than what a fair number of neuroscientists think.

Palabras clave

Neurociencia, responsabilidad penal, Libet, fMRI, detección de mentiras.

Key words

Neuroscience, criminal responsibility, Libet, fMRI, lie detection.

SUMARIO: I. Introducción; II. Neurociencia y niveles de explicación; III. El eterno debate del fundamento de la responsabilidad penal; IV. Los experimentos de Libet; V. Rigor estadístico y fMRI; VI. Los trastornos mentales y la valoración de la veracidad de las declaraciones de los acusados; VII. Referencias.

* Profesor asociado de derecho penal, UAM. Abogado.

I. INTRODUCCIÓN

EN los últimos años las aportaciones realizadas por la neurociencia han tenido un impacto considerable en el derecho, especialmente en Estados Unidos, hasta el punto de que ha surgido una nueva disciplina denominada *neurolaw* que intenta analizar diversas cuestiones jurídicas a partir del conocimiento que sobre el cerebro proporciona la neurociencia (1). Esta aparente revolución ha ido más allá del ámbito científico y ha llegado a los medios de comunicación. En todo ello han tenido una gran influencia los avances tecnológicos, especialmente las posibilidades de estudiar el funcionamiento del cerebro que ofrece el fMRI (*functional magnetic resonance imaging*), la resonancia magnética funcional.

En este trabajo intentaremos valorar de forma crítica la realidad de esta supuesta revolución (2). Como el lector podrá comprobar, nuestra valoración se resume en que la relevancia real de la neurociencia para el derecho penal y para el proceso penal está, a fecha de hoy al menos, enormemente exagerada (3).

II. NEUROCIENCIA Y NIVELES DE EXPLICACIÓN

Lo primero que conviene destacar es que ni toda la neurociencia es relevante para las cuestiones jurídicas, ni toda la investigación sobre el cerebro con posible trascendencia jurídica se reduce a la neurociencia. La realidad biológica es mucho más compleja de lo que puede parecer leyendo lo que con frecuencia se escribe sobre estas materias, especialmente por parte de los propios neurocientíficos. Dentro de la propia neurociencia hay distintos niveles de explicación: neurociencia molecular, celular, de sistemas, conductual y cognitiva (4). De ellos, el que tiene relevancia en principio es el de la neurociencia cognitiva, ya que es el que trata temas como la atención, la memoria, el lenguaje, las emociones, la volición o la

(1) Puede verse una bibliografía muy amplia sobre *neurolaw* en la web de *The MacArthur Foundation Research Network on Law and Neuroscience*, en <http://www.lawneuro.org/bibliography.php>.

(2) En el libro de BENNETT, M. R. y HACKER, P. M. S., *Philosophical Foundations of Neuroscience*, Blackwell, Oxford, 2003, la neurociencia ha sido objeto de un duro ataque desde la filosofía del lenguaje por atribuir al cerebro o partes del mismo comportamientos o cualidades que solo son predicables de la persona. Este libro ha dado lugar a un debate de los autores con los filósofos Daniel Dennett y John Searle, con respuestas diversas de unos y otros, que se puede seguir en el libro BENNETT, M., HACKER, P., DENNETT, D., SEARLE, J. y ROBINSON, D., *Neuroscience & Philosophy. Brain, Mind & Language*, Columbia University Press, Nueva York, 2007. A nuestro juicio, las respuestas de Dennett a Hacker y Bennett son demoledoras.

(3) Esta valoración es escasamente original. Vid. MORSE, S. J., «Brain Overclaim Syndrome and Criminal Responsibility: A Diagnostic Note», *3 Ohio St. J. Crim. L.*, 397 (2006); «Avoiding Irrational NeuroLaw Exuberance: A Plea for NeuroModesty», *62 Mercer L. Rev.* 837, Spring 2011. El título del primer artículo de Stephen Morse citado («brain overclaim syndrome») expresa perfectamente (y con sentido del humor) esta idea.

(4) Vid. el manual de BEAR, M. F., CONNORS, B. W. y PARADISO, M. A., *Neuroscience. Exploring the Brain*, Lippincott Williams & Wilkins, Baltimore, 3.^a ed., 2007, pp. 13-14.

toma de decisiones (5). Y, como es obvio, el cerebro y la mente son objeto de estudio en muchas otras disciplinas: psicología, inteligencia artificial, lingüística, filosofía o antropología. De hecho, la llamada ciencia cognitiva se encarga justamente del estudio interdisciplinar de la mente y la inteligencia a partir de los hallazgos de todas estas disciplinas (incluida la propia neurociencia) (6). Resulta tremendamente reduccionista limitar el estudio del cerebro a la neurociencia (incluso si se habla en plural de «neurociencias»).

En un libro que analiza de forma muy lúcida los excesos de la neurociencia en su aplicación a otros ámbitos la psiquiatra Sally Satel y el psicólogo Scott O. Lilienfeld hacen hincapié en la necesidad de distinguir distintos niveles de explicación: «No podemos utilizar las leyes físicas del nivel celular para predecir completamente la actividad en el nivel psicológico» (7); «Los problemas surgen, sin embargo, cuando damos demasiada importancia a las explicaciones basadas en el cerebro y no suficiente a las explicaciones psicológicas o sociales» (8); «La clave de este enfoque es reconocer que algunos niveles de explicación son más informativos para ciertos propósitos que otros» (9).

Una metáfora, la del funcionamiento de los ordenadores, puede servir quizá para expresar la importancia de estos diferentes niveles de explicación. Podemos analizar la actividad que realizan los ordenadores centrándonos igualmente en niveles diferentes: podemos ver cómo funciona el *hardware*, qué hacen los microprocesadores que constituyen el núcleo de todo el sistema informático; podemos analizar cómo se ha desarrollado el *software*, los programas sin los cuales los ordenadores no son nada; y podemos estudiar cómo trabajan esos programas, qué son capaces de hacer y cómo son las interfaces que los ponen en contacto con los usuarios y los acercan al mundo real. En esta analogía la neurociencia es como el estudio del *hardware*: estudia la biología del cerebro como podría estudiarse el comportamiento físico de los microprocesadores o de los chips de memoria. Pero la mayor parte de lo que nos interesa de los ordenadores no lo encontramos en el *hardware* (aunque, obviamente, sin él no puedan existir), sino en el *software*. Esto no significa (debemos insistir en ello) que el estudio de la biología del cerebro sea secundario o poco relevante para conocer las cuestiones que nos interesan. Lo que queremos resaltar con esta analogía quizá poco acertada es que no se puede entender la inteligencia, la consciencia y el comportamiento humano sin acudir a esos otros niveles de explicación, y de forma esencial sin acudir a la psicología.

Afortunadamente, algunos neurocientíficos han mostrado modestia y sentido común al pronunciarse sobre la aplicación de su disciplina a otros ámbitos. Es el caso, por ejemplo, del neurocientífico francés Olivier Oullier, quien en compare-

(5) El libro de referencia en esta materia es el que periódicamente edita Michael Gazzaniga, uno de los neurocientíficos más reputados: GAZZANIGA, M. S. (ed.), *The Cognitive Neurosciences*, MIT Press, Cambridge (Mass.), 4.ª ed., 2009.

(6) Vid. THAGARD, P., *Mind. Introduction to Cognitive Science*, MIT Press, Cambridge (Mass.), 2.ª ed., 2005.

(7) Vid., SATEL, S. y LILIENFELD, S. O., *Brainwashed: How We Are Seduced By Mindless Neuroscience*, Basic Books, Philadelphia, 2013, l. 188 (citamos por el número de *location* en el libro electrónico).

(8) *Ibid.*, l. 198.

(9) *Ibid.*, l. 201.

cencias ante la Asamblea Nacional francesa ha insistido en resaltar los límites de los estudios neurocientíficos (10). Entre otras cosas, Olivier Oullier ha dicho esto en su comparecencia ante los diputados de su país: «Frente a un total nivel de complejidad, toda actuación científica y médica en neurociencias, realizada en el laboratorio, será reductora, y lo será más aún si intenta ligar los trabajos científicos a la vida cotidiana. Por esta razón las neurociencias deben nutrirse de la psicología, de la sociología, de la filosofía, de la medicina, de la biología así como de las ciencias físicas y de la antropología, por no citar más que algunas de las disciplinas que las ciencias del cerebro invocan en sus trabajos. Las neurociencias son pluridisciplinarias por esencia» (11).

III. EL ETERNO DEBATE DEL FUNDAMENTO DE LA RESPONSABILIDAD PENAL

La neurociencia ha tenido en los últimos años un impacto especialmente destacado en los estudios sobre derecho penal. Este impacto ha sido fundamentalmente de carácter teórico, centrado en cuestiones como el fundamento de la responsabilidad penal y el eterno debate sobre la libre determinación de la voluntad (*free will*, el libre albedrío) (12). No es sorprendente que la neurociencia haya reavivado el debate, nunca cerrado, sobre la voluntad libre y sobre el fundamento de la responsabilidad penal (13), ya que incorpora los dos elementos que tradicionalmente han llevado a descartar el libre albedrío: el determinismo causal, en este caso por medio de los correlatos neuronales en el cerebro de todos los estados mentales y los procesos bioquímicos que los provocan, y la existencia de «causas» de los actos no controladas por el individuo, en este caso por medio de actividad neuronal preconstituyente de ciertos actos volitivos (los experimentos de Libet a los que nos referiremos más adelante). La conjunción de esos dos elementos (determinismo causal y causas ocultas no controladas) ha hecho que la neurociencia aparezca como la constatación «científica» de la inexistencia de la libre voluntad, algo que no necesariamente se deriva de esas aparentes premisas.

A ello se añade que la neurociencia ha llevado a primer plano en el debate público el rechazo del dualismo cartesiano en la explicación de la mente-cerebro. Y si solo cabe el monismo, entonces, se concluye, no puede haber libertad (¿cómo vamos a ser libres si la mente no es otra cosa que el cerebro, determinado por las leyes naturales?). Poco parece importar que el dualismo se haya rechazado en la

(10) Assemblée Nationale, Treizième Législature, *Rapport d'information fait au nom de la mission d'information sur la révision des lois de bioéthique*, 20 de enero de 2010.

(11) *Ibid.*, p. 1102.

(12) En España se han publicado recientemente dos libros excelentes sobre estas cuestiones: FELIÓ SÁNCHEZ, B. (ed.), *Derecho penal de la culpabilidad y neurociencias*, Cívitas, Madrid, 2012; y DEMETRIO CRESPO, E. (dir.) y MAROTO CALATAYUD, M. (coord.), *Neurociencias y Derecho penal. Nuevas perspectivas en el ámbito de la culpabilidad y tratamiento jurídico-penal de la peligrosidad*, Edisofer, Madrid, 2013.

(13) En la literatura jurídica en español sigue siendo esencial el libro de MOLINA, F., *Responsabilidad jurídica y libertad (Una investigación sobre el fundamento material de la culpabilidad)*, Universidad Externado de Colombia, Bogotá, 2002.

ciencia desde mucho antes de que hubiera neurociencia alguna y que del monismo no se derive necesariamente la inexistencia de voluntad libre. En muchos casos (y en este punto han sido notables las incursiones de los neurocientíficos en terrenos en los que tienen escasa competencia) el monismo se ha hecho equivaler a inexistencia de libre albedrío, como si se tratara de una prueba irrefutable o de un argumento autoevidente (14).

Pero la realidad es que la neurociencia no aporta nada nuevo a esta antigua controversia filosófica. Un ejemplo puede servir para comprobarlo. En un artículo ya clásico del año 1971 sobre la dogmática penal Enrique Gimbernat decía lo siguiente: «De nuevo estamos asistiendo, por consiguiente, a la venerable polémica –enriquecida ahora por los conocimientos de la nueva sociología y del psicoanálisis (cuyas tesis centrales encuentran una aceptación cada vez más amplia)– entre la dirección ‘moderna’ (o ‘positivista’) y la ‘clásica’, entre partidarios del libre albedrío y del determinismo» (15). Si sustituimos en esta frase las palabras «sociología» y «psicoanálisis» por «genética» y «neurociencia» el texto parecería haber sido escrito ayer. Y si esto era ya una «venerable polémica» en 1971, más de cuarenta años después lo es aún más. Por el camino sí han ocurrido algunas cosas, sobre todo que el psicoanálisis, cuyas «tesis centrales» tenían en 1971 «una aceptación cada vez más amplia», ha quedado completamente desacreditado como una disciplina sin base científica alguna, sin falsabilidad empírica de ninguna clase y sin efectos terapéuticos reseñables, salvo en el bolsillo de sus incautos pacientes, hasta el punto de que ha sido prácticamente abandonado en todos los países, con la excepción (que es más expresiva de lo que ocurre en dichos países que del psicoanálisis en sí) de Francia y Argentina (16).

No sorprende, por ello, que los penalistas hayan recibido con cierto escepticismo la «revolución» neurocientífica. En palabras de Bernardo Feijóo, «[n]o estamos más que ante un nuevo capítulo de un folletín que empezó hace mucho tiempo. Las neurociencias ofrecen una nueva base científica para el debate, pero las cuestiones de fondo siguen siendo las mismas» (17). Por ello, «no es extraño que, salvo excepciones puntuales, la posición de la doctrina jurídico-penal haya sido de rechazo frontal o de indiferencia, entendiéndose que nada va a variar sustancialmente» (18).

La discusión sobre la libre determinación de la voluntad excede con mucho de las posibilidades de este modesto trabajo. Al lector interesado le recomendamos vivamente la lectura de *Freedom Evolves*, de Daniel Dennett (19). Es un libro

(14) Puede verse un resumen de esta controversia en SMITH, K., «Taking Aim At Free Will», *Nature*, vol. 477, 1 de septiembre de 2011, pp. 23-25.

(15) GIMBERNAT ORDEIG, E., «¿Tiene un futuro la dogmática juridicopenal?», en *Estudios de Derecho penal*, Tecnos, Madrid, 1985, p. 142 (publicado inicialmente en *Problemas actuales de Derecho penal y procesal*, Salamanca, 1971, pp. 87-109).

(16) *Vid.*, MEYER, C., *Le livre noir de la psychanalyse*, Editions des Arènes, París, 2005. Este libro provocó una considerable controversia en Francia cuando se publicó hace casi diez años. La mínima repercusión que tuvo en el resto del mundo es una prueba de que, afortunadamente, la influencia intelectual del psicoanálisis prácticamente ha desaparecido.

(17) FEIJÓO SÁNCHEZ, B., «Derecho Penal y Neurociencias. ¿Una relación tormentosa?», *InDret*, abril de 2011, p. 9.

(18) *Ibid.*, pp. 10-11.

(19) DENNETT, D., *Freedom Evolves*, Penguin, Londres, 2003.

extraordinario, que despeja muchas de las confusiones en que incurren los neurocientíficos cuando se aventuran a escribir sobre esta materia.

Y es que en todo este debate han tenido una intervención destacada (y beligerante, cabría añadir) los propios neurocientíficos, que con la *hybris* que habitualmente acompaña a las disciplinas científicas que se ponen de moda y adquieren notoriedad se han dedicado a extrapolar los (aparentes) hallazgos de su disciplina a otras como la filosofía o el derecho penal. Un ejemplo en España es el de Francisco Rubia, que ha escrito de forma abundante sobre la ausencia de «libertad» a la luz de los resultados de la neurociencia. En un artículo sobre este tema afirma lo siguiente: «Pero lo que hoy se discute no parte de ese supuesto: lo que actualmente se plantea la moderna neurociencia es que las actividades de nuestro cerebro son propiedades emergentes de la materia que es el propio cerebro, y, por tanto, que esas propiedades tendrían que estar asimismo sometidas a las leyes naturales. Precisamente es esa superación del dualismo lo que ha permitido que la neurociencia acometa experimentalmente el tema de la libertad» (20). A esta afirmación se podría responder diciendo simplemente: ¿y qué? Naturalmente, las actividades mentales de cualquier tipo son actividades cerebrales. No hay una consciencia separada del propio cuerpo, ni un homúnculo que controle lo que hace nuestro cerebro. ¿Pero significa esto acaso que no somos capaces de tomar decisiones y que no tiene por ello sentido hacernos responsables (moral y jurídicamente) de dichas decisiones y de sus consecuencias? Por supuesto que no. En cuanto a «acometer experimentalmente el tema de la libertad», esta frase dotada en apariencia de asepsia científica revela realmente los excesos de la neurociencia. A ello nos referimos en el apartado siguiente.

IV. LOS EXPERIMENTOS DE LIBET

Esta última frase de Francisco Rubia se refiere fundamentalmente a los experimentos realizados a principios de los años 80 por el neurofisiólogo Benjamin Libet, que el propio Rubia describe de esta forma: «Los experimentos realizados primero por Benjamin Libet en California y posteriormente replicados en Inglaterra y en Alemania indican que cuando un sujeto libremente intenta realizar un movimiento, la actividad cerebral inconsciente precede a la sensación subjetiva de ese movimiento y al movimiento mismo. Con otras palabras: la impresión subjetiva del movimiento no es la causa de éste, sino que esa causa procede de una previa actividad inconsciente. El yo consciente se atribuye funciones, como la decisión de mover una extremidad, que no controla. Primero se comprobaron estos resultados utilizando la actividad eléctrica cerebral (electroencefalograma) y, posteriormente, con las modernas técnicas de imagen cerebral» (21). Y concluye así Rubia: «Éstos son los experimentos que han llevado a pensar que la impresión subjetiva de voluntad libre es una ficción» (22).

(20) RUBIA, F. J., «El controvertido tema de la libertad», *Revista de Occidente*, n.º 356, enero 2011, pp. 7-8.

(21) *Ibid.*, p. 8.

(22) *Ibid.*, p. 9.

Los experimentos de Benjamin Libet (23), que figuran en dos artículos de los años 1982 y 1983 publicados junto con otros colaboradores (24), se pueden resumir de la siguiente forma. Desde hace décadas se ha comprobado que los movimientos físicos vienen precedidos por una actividad neuronal que se ha denominado potencial de disposición. Los experimentos de Libet intentan determinar si la decisión consciente de realizar un movimiento se produce antes o después del potencial de disposición de dicho movimiento. Para ello Libet utilizó un sistema ingenioso. A los sujetos del experimento se les mostraba una circunferencia, parecida a un reloj, por la que iba girando un punto, semejante a la manecilla de un reloj. La circunferencia estaba dividida en una serie de números, de forma que era sencillo saber en cada momento en qué lugar exacto se hallaba el punto. Al sujeto se le pedía entonces que moviera la mano de forma espontánea, sin una preparación previa, o que de la misma forma flexionara varios dedos. Con unos electrodos en el cráneo se podía determinar en qué momento exacto se había producido el potencial de disposición de dicho movimiento. Al sujeto se le pedía además que dijera (varios segundos después) en qué lugar de la circunferencia se hallaba el punto cuando decidió mover la mano o los dedos. La circunferencia era parte de un programa informático que podía fijar de forma exacta el momento en el que el punto pasaba por cada línea de la circunferencia. De esa forma, Libet y sus colaboradores pudieron comparar el momento del potencial de disposición y el momento de la decisión consciente. El resultado al que llegaron fue sorprendente: el potencial de disposición (el movimiento a todos los efectos) precedía en varios centenares de milisegundos a la decisión consciente de realizar el movimiento. Por tanto, la decisión (cuya ejecución se iniciaba con el potencial de disposición) era en realidad inconsciente; la decisión consciente que percibía el sujeto era solo una apariencia, ya que la decisión la había tomado (y comenzado a ejecutar) tiempo antes su cerebro.

Así lo explican Libet y sus colaboradores en el artículo de 1983: «La actividad cerebral registrable (potenciales de disposición, RP) que precede a un acto motor voluntario, enteramente endógeno, fue directamente comparada con el tiempo expresable (W) para la aparición de la experiencia subjetiva de ‘querer’ o pretender el acto. El comienzo de la actividad cerebral claramente precedió en al menos varios cientos de milisegundos el momento expresado de la intención consciente de actuar. (...) Se concluye que la realización de un acto espontáneo, libremente voluntario, puede empezar de forma inconsciente, esto es, antes de que haya ninguna (al menos susceptible de recuerdo) conciencia subjetiva de que la ‘decisión’ de actuar se ha iniciado ya cerebralmente» (25).

(23) Estos experimentos siguen teniendo una gran influencia, de forma destacada en el derecho penal. No existe prácticamente ningún estudio de derecho penal y neurociencia (por ejemplo los que se mencionan en la nota 12 o este mismo nuestro) que no los mencione, en muchos casos sin análisis crítico alguno.

(24) LIBET, B.; WRIGHT, E. W. y GLEASON, C. A., «Readiness-Potentials Preceding Unrestricted ‘Spontaneous’ vs. Pre-Planned Voluntary Acts», *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 1982, 54, pp. 322-335; LIBET, B.; GLEASON, C. A.; WRIGHT, E. W. y PEARL, D. K., «Time of Conscious Intention to Act in Relation to Onset of Cerebral Activity (Readiness-Potential). The Unconscious Initiation of a Freely Voluntary Act», *Brain* (1983), 106, pp. 623-642.

(25) LIBET, B.; GLEASON, C. A.; WRIGHT, E. W. y PEARL, D. K., «Time of Conscious Intention to Act in Relation to Onset of Cerebral Activity (Readiness-Potential). The Unconscious Initiation of a Freely Voluntary Act», *Brain* (1983), 106, p. 623.

Una objeción habitual a los experimentos de Libet es que no reflejan en absoluto las situaciones en que se toman las decisiones en la vida real, por lo que no es de recibo extrapolar, a partir de unas condiciones de laboratorio muy limitadas y peculiares, conclusiones sobre la existencia o no de libre determinación de la voluntad. De hecho, en el capítulo del libro antes citado *The Cognitive Neurosciences* dedicado a la toma de decisiones los experimentos de Libet ni siquiera se mencionan (26). Dichos experimentos solo se tratan en el capítulo dedicado a la volición (27). Obviamente, lo relevante para la voluntad libre y para la responsabilidad penal no es simplemente la volición (más aún si se limita a actos motores muy sencillos), sino la toma de decisiones.

Siendo importante esta objeción, no es sin embargo la más significativa. Los experimentos de Libet incurrir en errores metodológicos insalvables (28). Lo que Libet intenta hacer es medir dos cosas que son completamente diferentes. No puede compararse el momento en el que tiene lugar un evento objetivo en el cerebro (el potencial de disposición) con el momento en el que el sujeto refiere que ha pensado que ha tenido la percepción subjetiva de haber tomado una decisión. Para que la comparación fuera válida habría que determinar en qué lugar y momento del cerebro se produce la decisión consciente (aunque pudiera tratarse de una ilusión), para entonces comparar el momento de ese evento cerebral con el momento de producción del potencial de disposición. Lo que no tiene sentido es comparar un evento cerebral objetivo con la comunicación de la percepción de un evento subjetivo.

Para comprobar lo que decimos basta con tener en cuenta toda la actividad cerebral que es necesaria para que el sujeto del experimento relate, segundos después de mover la mano, en qué momento «decidió» moverla según el lugar en que se encontraba el punto del reloj. El sujeto tiene primero que tomar la decisión de determinar en qué momento ha percibido subjetivamente la decisión de mover la mano. Nueva decisión que puede tener su propio potencial de disposición, esto es, una actividad neuronal previa a su ejecución. Después el sujeto tiene que intentar situar en el tiempo la decisión inicial (o la percepción subjetiva de la decisión), algo difícil de hacer teniendo en cuenta la extraña situación de laboratorio de partida (en que se pretende que el movimiento de la mano sea absolutamente espontáneo, no inducido por nada, «libre»). A continuación el sujeto tiene que hacer un juicio de simultaneidad sobre la decisión inicial (o la percepción subjetiva) y la posición del punto en el reloj, juicio que depende a su vez de la información que sobre el reloj llega a distintos lugares del cerebro (sobre la posición del punto, su luminosidad, brillo, etc.) y que el cerebro tiene que procesar antes de realizar el juicio de simultaneidad. Tras ello, el cerebro tiene que guardar esa información para trasladársela al experimentador varios segundos después, lo que supone la

(26) Vid. SUMMERFIELD C. y KOEHLIN, E., «Decision Making and Prefrontal Executive Function», en GAZZANIGA, M. S. (ed.), *The Cognitive Neurosciences*, MIT Press, Cambridge (Mass.), 4.ª ed., 2009, pp. 1019-1029.

(27) Vid. LAU, H., «Volition and the Function of Consciousness», en GAZZANIGA, M. S. (ed.), *The Cognitive Neurosciences*, MIT Press, Cambridge (Mass.), 4.ª ed., 2009, pp. 1191-1200.

(28) Las críticas de Daniel Dennett a los experimentos de Libet nos parecen concluyentes. Vid. DENNETT, D., *Consciousness Explained*, Penguin, Londres, 1991, pp. 162-166; y *Freedom Evolves*, Penguin, Londres, 2003, pp. 227-242. En la literatura jurídica puede verse una crítica igualmente rotunda en PÉREZ MANZANO, M., «El tiempo de la consciencia y la libertad de decisión: bases para una reflexión sobre neurociencia y responsabilidad penal», *Doxa*, 35 (2012), pp. 471-498.

intervención en todo este complejo proceso de una actividad cerebral adicional, la memoria.

La consecuencia de todo ello es que el proceso, engañosamente sencillo en la presentación de Libet, de determinar la posición del punto en el reloj cuando se toma la decisión es en realidad un conjunto de procesos cerebrales enormemente complejos en los que intervienen partes distintas del cerebro, con tiempos además distintos (pues toda actividad cerebral, precisamente porque es un proceso físico, requiere tiempo). Pretender comparar todo esto con la información (esa sí uniforme y objetiva) que proporcionan los electrodos sobre el momento de producción del potencial de disposición es simplemente imposible. Los experimentos de Libet incurrían en unos errores metodológicos que los invalidan. Resulta, por ello, sorprendente que aún tengan aceptación general en la literatura neurocientífica. Errores de este tipo evidencian que la filosofía (entendida como filosofía naturalista, esto es, con un sustrato empírico) sigue siendo una disciplina esencial en todo este discurso.

Dada su aparente objetividad científica, no es de extrañar que las afirmaciones de los neurocientíficos hayan tenido en ocasiones aceptación acrítica en el mundo jurídico. Por ejemplo, el penalista Christian Jager afirma lo que sigue: «Aquí se observa claramente que la moderna investigación cerebral considera toda la psiquis humana como un proceso puramente físico, de tal modo que, incluso, en esta imagen actual del hombre la libre determinación de la voluntad carece de un lugar» (29).

Obviamente, «toda la psiquis humana» es «un proceso puramente físico». ¿Qué va a ser si no? Todo en la realidad está hecho de procesos puramente físicos. ¿Y qué?

V. RIGOR ESTADÍSTICO Y fMRI

Antes hemos visto que las tesis del psicoanálisis han pasado en pocas décadas de la «aceptación cada vez más amplia» al descrédito y, peor aún, la indiferencia. No es, desde luego, probable que ocurra lo mismo con las tesis de la neurociencia, entre otras razones porque la neurociencia nunca ha prescindido del método científico y de la contrastación empírica, lo que sí hizo el psicoanálisis desde sus mismos inicios. Sin embargo, no debemos tomar sin más los resultados de los experimentos neurocientíficos como si fueran incontrovertibles. Ni de los estudios de neurociencia, ni de los de ninguna otra disciplina científica.

Hace unos años John Ioannidis, profesor de medicina de la Universidad de Stanford, publicó un artículo que ha supuesto una verdadera conmoción en el mundo científico. Su título era bien elocuente: «Por qué la mayoría de las investigaciones publicadas son falsas» (30). La razón de este fenómeno no es la mala fe o la incompetencia de los científicos, sino los errores estadísticos, que hacen que haya un por-

(29) JAGER, C., «Libre determinación de la voluntad, causalidad y determinación, a la luz de la moderna investigación del cerebro», en DEMETRIO CRESPO, E. (dir.) y MAROTO CALATAYUD, M. (coord.), *Neurociencias y Derecho penal*, Edisofer, Madrid, 2013, p. 60.

(30) IOANNIDIS, J. P. A., «Why Most Published Research Findings Are False», *PLoS Medicine*, august 2005, volume 2, issue 8.

centaje elevado tanto de falsos positivos como de falsos negativos. El resultado es que los datos que proporcionan buena parte de las publicaciones científicas son mucho menos fiables de lo que podría pensarse, lo que explica que muchos experimentos no hayan podido ser replicados. Lo que todo esto evidencia es que el rigor estadístico es esencial en la ciencia. Es tan importante como los avances tecnológicos que permiten hacer nuevos y mejores experimentos. Pues bien, en este punto los estudios de neurociencia no salen especialmente bien parados.

La revista *The Economist* ha dedicado recientemente dos artículos a esta cuestión: «Trouble at the Lab», en el número del 19 de octubre de 2013, y «Metaphysicians», en el del 15 de marzo de 2014. El primero de los dos artículos dice lo que sigue sobre la neurociencia: «Un estudio poderoso estadísticamente es el que es capaz de detectar las cosas incluso cuando sus efectos sobre los datos son pequeños. En general los estudios más amplios –los que hacen el experimento más veces, reclutan a más pacientes para la prueba, o cualquier otra cosa– son más poderosos. Un poder estadístico o potencia de 0,8 significa que de diez hipótesis verdaderas testadas, solo dos se descartarán porque sus efectos no se reflejan en los datos; esto se considera generalmente como suficientemente poderoso para la mayoría de los fines. Pero este estándar no siempre se cumple, entre otras razones porque los estudios grandes son más caros. Un artículo de abril del Dr. Ioannidis y colegas encontró que en neurociencia la potencia estadística típica es un abismal 0,21; y en un artículo en *Perspectives on Psychological Science* Marjan Bakker de la Universidad de Amsterdam y sus colegas estiman que en ese campo la potencia estadística media es de 0,35» (31).

La resonancia magnética funcional (el fMRI) es un ejemplo de los problemas que se derivan de la estadística. El fMRI detecta la activación de distintas zonas del cerebro a través del mayor o menor consumo de oxígeno de sus células (sus neuronas). El trabajo que realiza el cerebro requiere consumo de oxígeno, por lo que este dato (la mayor o menor oxigenación de la sangre que llega a distintas zonas del cerebro) opera como una variable proxy de la mayor o menor actividad de las distintas zonas del cerebro. El fMRI detecta las diferencias magnéticas en la sangre que fluye en el cerebro y a partir de ahí proporciona datos (la llamada señal BOLD) que indican cuál es el ratio de sangre oxigenada frente a no oxigenada en una determinada zona. Cuanto mayor es el ratio, mayor es el consumo de oxígeno en la zona.

Para saber qué zonas del cerebro trabajan más al realizar una determinada función es necesario comparar la señal que emite el fMRI cuando el cerebro está realizando esa función con la que emite cuando está realizando una función neutra. Esta comparación, denominada sustracción, es en principio semejante a la comparación entre el grupo de estudio y el grupo de control que se realiza en otros experimentos científicos (el grupo que toma la medicina a testar y el que toma un placebo). El problema es que el cerebro siempre está activado y nunca está en una situación neutra. No hay, por ello, por así decirlo, un grupo de control que permita hacer la labor de sustracción con plenas garantías. Por esta razón, los datos que

(31) El artículo de Ioannidis que cita *The Economist* es BUTTON, K. S.; IOANNIDIS, J. P. A.; MOKRYSZ, C.; NOSEK, B. A.; FLINT, J.; ROBINSON, E. S. J y MUNAFÒ, M. R., «Power failure: why small sample size undermines the reliability of neuroscience», *Nature Reviews Neuroscience* 14, 365-376 (may 2013).

arroja la señal del fMRI tienen que someterse a un tratamiento informático que determine qué datos son o no estadísticamente significativos (esto es, no debidos al azar). Esos datos se reflejan entonces en una representación tridimensional denominada vóxel, semejante a los pixels de las pantallas de los ordenadores pero tridimensionales. La representación del cerebro completo puede tener alrededor de 50.000 vóxeles. Esta representación es la que se observa en las imágenes tridimensionales del cerebro que se ven a veces en la televisión.

Esto significa que la imagen que se observa en el escáner del fMRI sobre la activación del cerebro al realizar determinadas actividades no es, en modo alguno, una fotografía de lo que ocurre en el cerebro, sino una representación del tratamiento estadístico de los datos de la señal que proporciona el escáner. El riesgo de incurrir en errores es, por ello, considerable. Esta posibilidad es aún más clara si tenemos en cuenta dos circunstancias adicionales. La primera es que no hay zonas discretas (separadas) del cerebro para cada una de las funciones que este realiza. En cualquier función pueden intervenir zonas diversas, con mayor o menor grado de activación. La segunda es que los resultados que se reflejan en los estudios que utilizan el fMRI son normalmente una media de los resultados de todos los sujetos que han participado en el estudio, que puede no coincidir con el resultado concreto de ninguno de ellos. Esto añade posibles errores estadísticos derivados del tamaño de la muestra, como hemos visto antes al comentar los estudios del Dr. Ioannidis.

En el capítulo dedicado a la neuroimagen de un libro publicado recientemente sobre derecho penal y neurociencia la profesora de filosofía Adina Roskies resume así estas dificultades: «Es necesario realizar una corrección estadística de las comparaciones múltiples al analizar los datos sobre imagen cerebral, pero cómo hacerlo exactamente es un tópico de continuo debate en este campo. Algunos investigadores sospechan que un gran porcentaje de los resultados reportados en la literatura sobre neuroimagen como estadísticamente significativos en realidad no lo son» (32). Dada esta incertidumbre sobre la calidad de los datos que aportan los estudios neurocientíficos resulta aún más exigible una actitud de modestia intelectual. Todo lo contrario a lo que muchos neurocientíficos vienen haciendo desde hace años.

El neurobiólogo Steven Rose ha señalado que en la neurociencia hay sin duda una abundancia de datos, pero que esos datos no se han traducido hasta la fecha en teorías científicas sólidas: «La rápida expansión de las neurociencias ha producido una casi inimaginable cantidad de datos, hechos, resultados experimentales, en todos los niveles desde el submolecular hasta el del cerebro como un todo. El problema, que me preocupa seriamente, es cómo unir esta masa en una teoría coherente del cerebro. (...) Todavía somos ricos en datos y pobres en teorías» (33). Wolfgang Prinz, uno de los científicos alemanes más citados en relación con estos temas, expresa una idea semejante: «Conocemos mucho, pero comprendemos todavía poco» (34).

(32) ROSKIES, A. L., «Brain Imaging Techniques», en MORSE, S. J. y ROSKIES, A. L., *A Primer on Criminal Law and Neuroscience*, Oxford University Press, Oxford, 2013, p. 63.

(33) Vid. ROSE, S.: *The Future of the Brain. The Promise and Perils of Tomorrow's Neuroscience*, Oxford University Press, Oxford, 2005, pp. 4-5.

(34) Contribución de Wolfgang PRINZ en el artículo «Das Manifest. Elf führende Neurowissenschaftler über Gegenwart und Zukunft der Hirnforschung» publicado por la revista *Gehirn & Geist*

VI. LOS TRASTORNOS MENTALES Y LA VALORACIÓN DE LA VERACIDAD DE LAS DECLARACIONES DE LOS ACUSADOS

En otros países la neurociencia no solo ha influido en los estudios teóricos de derecho penal, sino que se ha introducido en algunos casos en el proceso penal, como una forma de aportar prueba sobre trastornos o estados mentales. Esto, sin embargo, no ha ocurrido hasta la fecha en España. Si se hace una búsqueda en cualquier base de datos de jurisprudencia con palabras clave como «neurociencia» o «fMRI», se observa que no parece haber ninguna resolución, en ninguno de los órdenes jurisdiccionales, en que se hayan utilizado como prueba informes neurocientíficos o análisis de fMRI.

Dada la amplitud con la que los Tribunales penales aceptan por lo general pruebas periciales de todo tipo, es probable que en el futuro se utilicen informes neurocientíficos como prueba. Sin embargo, a fecha de hoy en general no es posible determinar por medio de imagen cerebral la existencia de trastornos mentales con relevancia para la exención o atenuación de la responsabilidad penal. En el *Tratado de Psiquiatría Legal y Forense* que vienen publicando desde hace años el psiquiatra forense Juan José Carrasco y el Magistrado de la Sala Segunda del Tribunal Supremo José Manuel Maza no hay ninguna referencia a la neurociencia (35). Tampoco aparece ninguna referencia en el volumen dedicado a psiquiatría legal y forense del recientemente publicado *Tratado de Medicina Legal y Ciencias Forenses* (36).

Por ello, en el futuro es más que probable que la existencia de trastornos mentales y su relevancia en la imputabilidad del acusado seguirán acreditándose en el proceso penal por medio de prueba pericial psiquiátrica (37). Y el DSM (el Manual Diagnóstico y Estadístico que publica la Asociación Americana de Psiquiatría, cuya quinta edición, el DSM-5, se ha publicado recientemente) seguirá teniendo mucha más relevancia que cualquier estudio neurocientífico (38).

Otra materia en la que la neurociencia ha tenido alguna influencia en otros países ha sido la de la valoración de las declaraciones de los acusados. Recientemente este tema ha tenido repercusión pública en España al haberse planteado la

en 2004 (6/2004), p. 34. Aunque han pasado diez años desde entonces, la situación actual no es muy diferente, salvo en que en la actualidad hay aún más datos. En términos estadísticos, tenemos todavía más ruido, pero no necesariamente más señal.

(35) CARRASCO GÓMEZ, J. J. y MAZA MARTÍN, J. M., *Tratado de Psiquiatría Legal y Forense*, La Ley, Madrid, 4.ª ed., 2010.

(36) Delgado Bueno, S. (dir.) y Maza Martín, J. M. (coord.), *Tratado de Medicina Legal y Ciencias Forenses*, tomo V, *Psiquiatría Legal y Forense*, Bosch, Barcelona, 2013.

(37) En un interesante artículo Óscar Morales llama la atención sobre el fenómeno inverso: el de la existencia de patologías neurobiológicas (como tumores cerebrales) que no son reconducibles a criterios diagnósticos psiquiátricos, lo que impide la aplicación de la eximente de anomalía o alteración psíquica del art. 20.1 CP. *Vid.* MORALES, O., «Neurobiología, genética e imputabilidad en la jurisprudencia penal española y el contexto internacional», *Diario La Ley*, 27 de diciembre de 2013, pp. 12-19.

(38) La excesiva influencia del DSM ha sido objeto de interesantes críticas a raíz de la reciente publicación del DSM-5. *Vid.*, p. ej., el artículo de Paul MCHUGH («DSM-5: A Manual Run Amok») en el *Wall Street Journal* del 23 de mayo de 2013 o el editorial de *The Economist* («DSM-5: By the Book») del 18 de mayo de 2013.

posibilidad de realizar un llamado «test de la verdad» a una de las personas condenadas por el asesinato de Marta del Castillo, con el fin de averiguar dónde está su cadáver (39).

En los últimos años se ha utilizado el fMRI en varios estudios para intentar detectar si una persona miente o dice la verdad. La hipótesis que se plantea en estos experimentos es que zonas del cerebro diferentes resultan activadas cuando el sujeto dice la verdad y cuando miente. Por esta razón, en principio debe al menos ser posible detectar la verdad o la mentira por medio de estas técnicas de neuroimagen (40). El experimento más citado en esta materia es el que realizaron en 2005 el psiquiatra Andrew Kozel y sus colaboradores (41). En el experimento consiguieron detectar si el sujeto decía o no la verdad en alrededor del 90% de los casos. Para llegar a ello Kozel partió de una previa estimación de qué partes del cerebro están más activas cuando el sujeto miente y cuando dice la verdad.

El problema con estos experimentos es que las condiciones de laboratorio en que se realizan tienen muy poco que ver con la realidad. Hay muchas razones por las que esto es así. El fenómeno de la mentira en la vida real es muy distinto de la «mentira» en el laboratorio, en la que el sujeto se limita a seguir la instrucción del experimentador de decir algo que no se corresponde con la realidad. Las mentiras reales son algo mucho más complejo que esto. Además, el sujeto en el experimento no solo colabora sin problemas con el experimentador (algo que no tiene por qué hacer el acusado en un procedimiento penal), sino que además no está sometido a ninguna tensión cognitiva o emocional especial. En cambio, el acusado que se somete en un procedimiento real a una prueba como esta, sabiendo que el resto de su vida puede depender de su resultado, está sometido a un conjunto de presiones, especialmente emocionales, que pueden alterar por completo el comportamiento del cerebro. Además, el acusado de la vida real puede tener una extraordinaria pericia en la mentira y puede haber interiorizado la concreta mentira relativa al acto delictivo hasta el punto de que repetirla una vez más no requiera una especial activación de ninguna zona del cerebro asociada a la mentira o al engaño. El sujeto del experimento no ha tenido tiempo de ensayar la mentira, ni se juega nada con la prueba; por el contrario, el acusado de la vida real puede haber ensayado centenares de veces la mentira y puede verse afectado por un conjunto enorme de tensiones emocionales (más aún si es inocente) que pueden tener también reflejo en zonas del cerebro relevantes para la simple cuestión de la verdad o la mentira. Como antes dijimos, el cerebro no es un conjunto de partes discretas (de compartimentos estancos) dedicadas de forma única e independiente a funciones específicas (42).

En otros casos el método que se ha utilizado ha sido el de mostrar al sujeto algún objeto o información que en principio debe conocer si ha cometido el hecho y

(39) *Diario de Sevilla* del 30 de enero de 2014: «La policía pide someter a Carcaño a un ‘test de la verdad’ para localizar el cadáver de Marta».

(40) El jurista que más se ha ocupado de esta materia es el americano Henry Greely. *Vid.* GREELY, H. T., «Mind Reading, Neuroscience, and the Law», en MORSE, S. J. y ROSKIES, A. L., *A Primer on Criminal Law and Neuroscience*, Oxford University Press, Oxford, 2013, pp. 120-149.

(41) *Vid.* KOZEL, F. A.; JOHNSON, K. A.; MU, Q.; GRENEKO, E. L.; LAKEN, S. J. y GEORGE, M. S., «Detecting Deception Using Functional Magnetic Resonance Imaging», *Biol. Psychiatry*, 2005.

(42) *Vid.*, sobre todo ello, SATEL, S. y LILIENTHAL, S. O., *Brainwashed: How We Are Seduced By Mindless Neuroscience*, Basic Books, Philadelphia, 2013, l. 1679 y ss.

ver si se produce una determinada reacción eléctrica en su cerebro. Cuando una persona ve un objeto que tiene una especial significación (por ejemplo porque lo reconoce por haberlo utilizado en el delito) se produce una señal eléctrica en su cerebro que puede detectar un electroencefalograma. Esa señal es un cambio positivo de voltaje que empieza alrededor de 300 milisegundos después del estímulo. Por esa razón, se le denomina P 300. El problema con esta prueba es que un estímulo que no implique el conocimiento personal del hecho delictivo puede también provocar una señal eléctrica semejante. Si el sujeto ha leído sobre el objeto en cuestión o lo ha imaginado, su exhibición puede provocar una reacción de este tipo. Si el estímulo es especialmente llamativo por cualquier razón (y no porque el sujeto haya cometido el delito), el P 300 puede producirse igualmente. A ello hay que añadir que la actividad eléctrica tiene mucho «ruido», muchas fluctuaciones aleatorias que pueden afectar la lectura (43).

En el caso del asesinato de Marta del Castillo el llamado «test de la verdad» consiste justamente en un estudio de este tipo sobre la actividad eléctrica del cerebro con el fin de detectar si se produce una señal P 300. Según las noticias publicadas, a la persona condenada por el asesinato se le exhibirían objetos o textos relacionados con el asesinato. En caso de reconocerlos, se produciría una reacción eléctrica P 300. Según las noticias de prensa, esta prueba tiene una fiabilidad del 95% (44).

Es posible que sea tan elevada la probabilidad de que se produzca un P 300 como respuesta eléctrica frente a un estímulo que el sujeto interpreta como destacado o llamativo por alguna razón. Pero, obviamente, esto no significa necesariamente que el estímulo sea un objeto, información o recuerdo asociado a la comisión de un delito. De la misma forma, el polígrafo detecta correctamente la ansiedad que el sujeto experimenta ante determinadas preguntas, pero ello no significa que la respuesta que dé a esas preguntas sea falsa.

En India se ha utilizado desde hace años la prueba eléctrica del P 300 para detectar si los acusados de un delito dicen la verdad o mienten. Y en alguna ocasión dicho estudio ha constituido la prueba de cargo que ha dado lugar a la condena. En el año 2008 Aditi Baldev Sharma, una mujer de 24 años, fue condenada por el asesinato de su novio porque la prueba de P 300 había detectado que tenía «conocimiento personal de la comisión del delito» (45). Esta condena provocó indignación en India y en otros países (46).

Tanto en España como en la mayoría de los países los Tribunales han rechazado como prueba el polígrafo, cuya invención se remonta a los años 20 del siglo pasado. Dada la situación actual de la técnica y de los conocimientos científicos, no hay razón alguna para modificar este criterio en lo que se refiere a la neurociencia, tanto si la pretendida detección de mentiras se realiza con neuroimagen como si se realiza con cualquier otra tecnología habitual en esta disciplina.

(43) Vid., GREELY, H. T., «Mind Reading, Neuroscience, and the Law», en MORSE, S. J. y ROSKIES, A. L., *A Primer on Criminal Law and Neuroscience*, Oxford University Press, Oxford, 2013, pp. 127-130.

(44) *Diario de Sevilla* del 30 de enero de 2014: «La prueba a Carcaño tiene un coste cero y una fiabilidad del 95%».

(45) State of Maharashtra vs. Aditi Baldev Sharma y Pravin Premswarup Khandelwal, sentencia de 12 de junio de 2008.

(46) Vid. el artículo de Angela SAINI en *Wired*, «The brain police: judging murder with an MRI», 27 de mayo de 2009.

VII. REFERENCIAS

- BEAR, M. F., CONNORS, B. W. y PARADISO, M. A.: *Neuroscience. Exploring the Brain*, Lippincott Williams & Wilkins, Baltimore, 3.^a ed., 2007.
- BENNETT, M. R. y HACKER, P. M. S.: *Philosophical Foundations of Neuroscience*, Blackwell, Oxford, 2003.
- BENNETT, M., HACKER, P., DENNETT, D., SEARLE, J. y ROBINSON, D.: *Neuroscience & Philosophy. Brain, Mind & Language*, Columbia University Press, Nueva York, 2007.
- BUTTON, K. S.; IOANNIDIS, J. P. A.; MOKRYSZ, C.; NOSEK, B. A.; FLINT, J.; ROBINSON, E. S. J y MUNAFÒ, M. R.: «Power failure: why small sample size undermines the reliability of neuroscience», *Nature Reviews Neuroscience* 14, 365-376 (may 2013).
- CARRASCO GÓMEZ, J. J. y MAZA MARTÍN, J. M.: *Tratado de Psiquiatría Legal y Forense*, La Ley, Madrid, 4.^a ed., 2010.
- DELGADO BUENO, S. (dir.) y MAZA MARTÍN, J. M. (coord.): *Tratado de Medicina Legal y Ciencias Forenses*, Tomo V, *Psiquiatría Legal y Forense*, Bosch, Barcelona, 2013.
- DEMETRIO CRESPO, E. (dir.) y MAROTO CALATAYUD, M. (coord.): *Neurociencias y Derecho penal. Nuevas perspectivas en el ámbito de la culpabilidad y tratamiento juridicopenal de la peligrosidad*, Edisofer, Madrid, 2013.
- DENNETT, D.: *Consciousness Explained*, Penguin, Londres, 1991.
- *Freedom Evolves*, Penguin, Londres, 2003.
- FEIJÓO SÁNCHEZ, B., «Derecho Penal y Neurociencias. ¿Una relación tormentosa?», *InDret*, abril de 2011.
- (ed.): *Derecho penal de la culpabilidad y neurociencias*, Cívitas, Madrid, 2012.
- GAZZANIGA, M. S. (ed.): *The Cognitive Neurosciences*, MIT Press, Cambridge (Mass.), 4.^a ed., 2009.
- GIMBERNAT ORDEIG, E.: «¿Tiene un futuro la dogmática juridicopenal?», en *Estudios de Derecho penal*, Tecnos, Madrid, 1985.
- GREELY, H. T.: «Mind Reading, Neuroscience, and the Law», en MORSE, S. J. y ROSKIES, A. L., *A Primer on Criminal Law and Neuroscience*, Oxford University Press, Oxford, 2013.
- IOANNIDIS, J. P. A.: «Why Most Published Research Findings Are False», *PLoS Medicine*, august 2005.
- JAGER, C.: «Libre determinación de la voluntad, causalidad y determinación, a la luz de la moderna investigación del cerebro», en DEMETRIO CRESPO, E. (dir.) y MAROTO CALATAYUD, M. (coord.), *Neurociencias y Derecho penal*, Edisofer, Madrid, 2013.
- KOZEL, F. A.; JOHNSON, K. A.; MU, Q.; GRENESEK, E. L.; LAKEN, S. J. y GEORGE, M. S.: «Detecting Deception Using Functional Magnetic Resonance Imaging», *Biol. Psychiatry*, 2005.
- LAU, H.: «Volition and the Function of Consciousness», en GAZZANIGA, M. S. (ed.), *The Cognitive Neurosciences*, MIT Press, Cambridge (Mass.), 4.^a ed., 2009.
- LIBET, B.; WRIGHT, E. W. y GLEASON, C. A.: «Readiness-Potentials Preceding Unrestricted 'Spontaneous' vs. Pre-Planned Voluntary Acts», *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 1982.
- LIBET, B.; GLEASON, C. A.; WRIGHT, E. W. y PEARL, D. K.: «Time of Conscious Intention to Act in Relation to Onset of Cerebral Activity (Readiness-Potential). The Unconscious Initiation of a Freely Voluntary Act», *Brain* (1983).
- MEYER, C.: *Le livre noir de la psychanalyse*, Editions des Arènes, París, 2005.

- MOLINA, F.: *Responsabilidad jurídica y libertad (Una investigación sobre el fundamento material de la culpabilidad)*, Universidad Externado de Colombia, Bogotá, 2002.
- MORALES, O.: «Neurobiología, genética e imputabilidad en la jurisprudencia penal española y el contexto internacional», *Diario La Ley*, 27 de diciembre de 2013.
- MORSE, S. J.: «Brain Overclaim Syndrome and Criminal Responsibility: A Diagnostic Note», *3 Ohio St. J. Crim. L.*, 397 (2006).
- «Avoiding Irrational NeuroLaw Exuberance: A Plea for Neuromodesty», *62 Mercer L. Rev.* 837, Spring 2011.
- PÉREZ MANZANO, M.: «El tiempo de la consciencia y la libertad de decisión: bases para una reflexión sobre neurociencia y responsabilidad penal», *Doxa*, 35 (2012).
- ROSE, S.: *The Future of the Brain. The Promise and Perils of Tomorrow's Neuroscience*, Oxford University Press, Oxford, 2005.
- ROSKIES, A. L.: «Brain Imaging Techniques», en MORSE, S. J. y ROSKIES, A. L., *A Primer on Criminal Law and Neuroscience*, Oxford University Press, Oxford, 2013.
- RUBIA, F. J.: «El controvertido tema de la libertad», *Revista de Occidente*, n.º 356, enero 2011.
- SATEL, S. y LILIENFELD, S. O.: *Brainwashed: How We Are Seduced By Mindless Neuroscience*, Basic Books, Philadelphia, 2013.
- SMITH, K.: «Taking Aim At Free Will», *Nature*, vol 477, 1 de septiembre de 2011.
- SUMMERFIELD C. y KOEHLIN, E.: «Decision Making and Prefrontal Executive Function», en GAZZANIGA, M. S. (ed.), *The Cognitive Neurosciences*, MIT Press, Cambridge (Mass.), 4.ª ed., 2009.
- THAGARD, P.: *Mind. Introduction to Cognitive Science*, MIT Press, Cambridge (Mass.), 2.ª ed., 2005.
- V.V.A.A., «Das Manifest. Elf führende Neurowissenschaftler über Gegenwart und Zukunft der Hirnforschung», *Gehirn & Geist*, 6/2004.