

## Neurociencia y Ética: La Neuroética

### Neuroscience and Ethics: Neuroethics

Emilio García García<sup>1</sup>

<https://doi.org/10.29197/pqs.n3.2017.01>

---

#### Resumen:

En el trabajo se expone la relación entre Neurociencia y Ética. Este campo de investigación se ha denominado Neuroética. El cerebro es base de los procesos mentales y comportamientos, por tanto, también de las creencias, juicios y conductas morales. La Neurociencia investiga la estructura y organización funcional del cerebro. Analizamos la Neuroética en su doble dimensión: Ética de la neurociencia, que se ocupa de los problemas éticos, sociales y legales, asociados a la investigación y aplicaciones de la Neurociencia. Neurociencia de la ética, que se propone investigar los sistemas neurales que están a la base de las intuiciones, juicios y comportamientos morales, y estudia los procesos mentales superiores como autoconciencia, libertad, responsabilidad. Presentamos y valoramos recientes investigaciones en Neuroética.

#### Palabras claves:

Neurociencia, Ética, Neurociencia de la Ética, Ética de la Neurociencia.

#### Abstract:

We study the relation between Neuroscience and Ethic. This field of investigation has been called Neuroethic. Neuroscience investigates the structure and the functional organization of the nervous system, particularly the brain. The brain is the base of the mental processes and the behaviours, therefore it is the base of the believes and the moral conducts/behaviours. We analyse Neuroscience in its double dimensions: Ethic of Neuroscience, which deals with ethical, social and legal problems, all of them related to the investigations and applications of Neuroscience. Neuroscience of Ethic, which intends to investigate the neuronal systems which are in the base of the intuitions, judgments and moral behaviours and which studies the superior mental processes as autoconscience, freedom and responsibility. We show and we value the current investigations in Neuroethic.

#### Keywords:

Neuroscience, Ethic, Ethic of Neuroscience, Neuroscience of Ethic.

---

<sup>1</sup> Departamento de Psicología Básica II. Procesos Cognitivos. Universidad Complutense. Madrid. España

La última década del siglo XX fue declarada la década del cerebro. Desde entonces los avances en el conocimiento han sido espectaculares. Las investigaciones sobre cerebro-mente-comportamiento están ofreciendo aportaciones del máximo interés en diversos campos, como la salud y la educación, pero además están cuestionando las visiones que tenemos de nosotros mismos. La neurociencia nos proporciona una oportunidad nueva para comprender la estructura y funciones del yo, no sólo observando la conducta desde el exterior, sino también gracias al estudio del funcionamiento interno del cerebro. Por primera vez en la historia, nuestra especie tiene la posibilidad de mirar hacia atrás y a sí misma, de entender sus orígenes y también establecer quién es el agente consciente y libre encargado de entender (Changeux, 2010; Ramachandran, 2012).

Se habla de una nueva revolución copernicana que estaríamos viviendo, caracterizada por el prefijo "Neuro". Así, en el campo biomédico: neurobiología, neuroanatomía, neurología, neurofisiología, neuropsicología, neuropsiquiatría, neurofarmacología, neurolingüística. En las ciencias sociales, neuroderecho, neuropolítica, neurocriminología, neuroeconomía, neurosociología, neuromarketing, neuropedagogía, neurodidáctica, neuroeducación, neurocultura. En la filosofía y las humanidades, neurofilosofía, neuroepistemología, neuroética, neuroética, neuroteología, neurorreligión, neurofenomenología, neurodeterminismo, neurorrealismo, neuroesencialismo, neuroexistencialismo. Si el cerebro es la base de los procesos mentales y las actividades humanas, no resulta extraño que, en las diversas ciencias de la vida, de la sociedad, y también las humanidades, la perspectiva de

la neurociencia sea omnipresente y surjan nuevos campos de estudio como la Neuroética (Mora, 2007; Cortina, 2011, 2012; Illes, 2009, 2017).

## Neurociencia

El término de neurociencia es relativamente reciente. La Society for Neuroscience, la asociación pionera y más representativa de neurocientíficos se fundó en 1969. Tiene como objetivos: avanzar en la comprensión del cerebro y el sistema nervioso; proporcionar actividades de desarrollo profesional, información y recursos educativos; promover la información y educación del público sobre la ciencia y la neurociencia; informar a los legisladores y otros responsables políticos acerca de las implicaciones de la investigación para las políticas públicas, beneficios para la sociedad, y el continuo progreso científico.

"El término de neurociencia es relativamente reciente. La Society for Neuroscience, la asociación pionera y más representativa de neurocientíficos se fundó en 1969"

Los científicos dedicados al estudio del sistema nervioso procedían de disciplinas distintas como matemáticas, física, química, biología, medicina, psicología. La revolución de la neurociencia surgió cuando estos científicos constataron que los mejores

planteamientos para comprender la estructura y el funcionamiento del cerebro eran los enfoques interdisciplinarios, procurando nuevas perspectivas, metodologías y síntesis teóricas. El campo de la neurociencia es muy amplio y comprende diversas especialidades, si bien todas tienen un enfoque y objetivo común, la investigación del sistema nervioso.

En la neurociencia se distinguen varios niveles de análisis, que en orden ascendente de complejidad comprenden: el nivel molecular, celular,

de sistemas, conductual y mental. La neurociencia molecular estudia la complejidad molecular del sistema nervioso y las diversas moléculas que lo componen y desempeñan distintas funciones en el cerebro, particularmente los neurotransmisores. La neurociencia celular presta atención al estudio de cómo todas estas moléculas trabajan juntas, suministrando a las neuronas sus propiedades especiales. Cuestiones planteadas a este nivel son: los tipos diferentes de neuronas y sus funciones, los procesos de neurogénesis y sinaptogénesis. La neurociencia de sistemas estudia los circuitos y redes neuronales complejos que llevan a cabo una función común, por ejemplo, visión, movimiento, lenguaje. Por esta razón podemos hablar del sistema visual, sistema motor, sistema autónomo, sistema emocional. La neurociencia conductual estudia los diversos sistemas neurales que, funcionando juntos, producen conductas, como los diferentes sistemas de memoria y los trastornos amnésicos, la actividad lingüística y las afasias, el sueño y sus alteraciones. La neurociencia cognitiva investiga los mecanismos y procesos neuronales que están a la base de los niveles superiores de la actividad mental humana, como son la conciencia de sí mismo, el lenguaje, la imaginación, la creatividad, el sentido estético, la libertad, el comportamiento moral (Kandel, Schwartz & Jessell, 2000; Kolb & Whishaw, 2006; Enriquez, 2014; Siegel & Sapru, 2015; Bear, Connors & Paradiso, 2016; Purves et al., 2016).

Desde la neurociencia se interpreta la conciencia como una conquista evolutiva de la interacción entre genes, cerebro y cultura, que cada ser humano consigue en su desarrollo personal y proceso de socialización. Consideramos el comportamiento moral como un fenómeno natural, arraigado en la neurobiología, generado en el proceso evolutivo de los sistemas nerviosos, modificado por los avances culturales, y dependiente

de las experiencias y aprendizajes personales. Una de las lecciones que la neurociencia nos enseña es que el cerebro necesita creer. Estamos conformados para elaborar creencias. Elaboramos creencias basadas en las influencias culturales de nuestro entorno, lo que nos enseñan nuestros coetáneos y nos han transmitido nuestros antepasados, los códigos sociales y morales (Gazzaniga, 2006, 2010; Churchland, 2011).

El cerebro humano ha desarrollado unas capacidades cognitivas, emocionales, lingüísticas y sociales singulares, que le han permitido la interacción social, la creación y transmisión de la cultura y el desarrollo personal. La capacidad de empatía, cooperación y altruismo, la capacidad de atribuir mente a los demás, de interpretar y predecir la conducta de los otros, y colaborar para lograr objetivos compartidos (también engañar), posibilitan el desarrollo personal y la evolución sociocultural. A su vez, las conquistas culturales, artefactos, símbolos, tradiciones, instituciones y normas, constituyen el medio natural para el desarrollo de cada persona.

El cerebro-mente es resultado de un largo y complejo proceso evolutivo, en el que cabe diferenciar tres perspectivas: filogenética, sociogenética y ontogenética. En la perspectiva filogenética, de millones de años, surgió una capacidad cognitiva exclusiva de la especie humana: la capacidad del individuo para identificarse con los otros miembros de su especie, que le permite comprender a los demás como agentes intencionales y mentales, como individuos que tienen intenciones y metas y actúan movidos por ellas. La capacidad de atribuir estados mentales a los otros y reconocer las peculiaridades de los estados mentales propios, permite planificar y valorar las consecuencias de las acciones con respecto al otro, de manera más o menos acorde con las normas morales interna-

lizadas. Esta capacidad mentalista posibilita la intersubjetividad, el comportamiento social y moral (García, 2010, 2014; Decety & Cowell, 2014).

Esta nueva capacidad de ver y comprender a otras personas cambió radicalmente el proceso de evolución cognitiva, y la naturaleza de las interacciones sociales, dando lugar a una forma singular de evolución cultural. La nueva capacidad cognitiva-social posibilitó la generación y transmisión de la cultura, herramientas, símbolos, tradiciones e instituciones, incluidos los códigos normativos morales, en un continuado proceso de innovaciones, mejoras y progreso humano. Es el llamado “efecto trinquete” o “bola de nieve”. Los seres humanos han generado una dinámica de normas sociales para lograr objetivos y resolver los problemas de vivir en sociedad (Mithen, 1998; Tomasello, 2007).

En el cerebro de los mamíferos se fueron conformando estructuras neurales y procesos bioquímicos que aseguran la supervivencia del individuo y de la especie, el cuidado y protección de las crías, la cooperación y colaboración en el grupo, y en los primates superiores y los humanos, la empatía, el altruismo, la reciprocidad, la confianza, la atribución de mente a los demás. Los humanos se preocupan por su propia supervivencia, pero además por el bienestar de los que les rodean, primero sus descendientes, parejas, familia, y el cuidado se va ampliando a círculos cada vez más amplios (De Waal, 2007). La separación y la exclusión del grupo genera emociones negativas de malestar y dolor, mientras que la compañía de los próximos y queridos causa placer. Respondiendo a estas emociones más básicas de placer y dolor, los cerebros van conformando sus circuitos y redes neurales que permiten comportamientos sociales y morales, según los códigos normativos de una cultura determinada. El comportamiento social y moral

tiene bases genéticas, conseguidas en la evolución de las especies, y también condicionantes culturales.

En el contexto sociocultural cada persona tiene que asimilar los conocimientos, las prácticas y estrategias para resolver los problemas de vivir en sociedad, mediante la imitación, los procesos de aprendizaje, y particularmente el lenguaje. Los humanos tenemos incorporados genéticamente los mecanismos más básicos para mantener la vida y dejar descendencia, y somos capaces de hacer todo para lograrlo, pero también tenemos capacidad para elaborar proyectos, metas, teorías y creencias, que trascienden los imperativos genéticos. Las capacidades para dedicar nuestras vidas a algo que consideramos más valioso que nuestro propio bienestar personal, es rasgo distintivo de nuestra especie, que nos diferencia del resto. Estas capacidades del homo sapiens le permiten elaborar las perspectivas, teorías y creencias sobre sus propias vidas. En este marco se sitúan los códigos morales.

El cerebro humano es resultado de un proceso evolutivo de quinientos millones de años. Diferentes y sucesivas estructuras se van conformando en esa filogénesis. MacLean (1990) habló de un cerebro trino: un cerebro de reptil, de mamífero y el córtex humano. Cada uno es conquista de una etapa evolutiva hacia mayores grados de autonomía y eficacia adaptativa. La capa más antigua recoge nuestro pasado, cerebro reptiliano, en las estructuras de nuestro tronco encefálico, posibilitando los comportamientos básicos para mantener la vida. En una fase más avanzada, los mamíferos desarrollaron estructuras encargadas de las conductas de cuidado y protección de la prole, lucha-escape, búsqueda de placer y evitación de dolor, el sistema límbico. Posteriormente aparece el tercer nivel de estructuras, el neocórtex, que

proporciona la base de los procesos superiores cognitivos, emocionales y lingüísticos. Se podría añadir un cuarto cerebro, el cerebro ejecutivo, del que nos habla Goldberg (2002) o el cerebro ético de Gazzaniga (2006).

En este largo proceso filogenético, el cerebro-mente ha conquistado unas capacidades esenciales, como la capacidad para atribuir mente a los demás. Ver a los otros como agentes intencionales y mentales, que tienen pensamientos y sentimientos, y se comportan en función sus procesos mentales. Estas capacidades para ponernos en el lugar de otro, comprender sus intenciones y sentir sus emociones resultan críticas para la interacción social, generar y transmitir la cultura. El descubrimiento de las “neuronas espejo” ha proporcionado las bases neurales para tales capacidades.

Las neuronas espejo son un tipo particular de neuronas que se activan cuando un individuo realiza una acción, pero también cuando observa una acción similar realizada por otro individuo. No necesitamos realizar razonamientos lógicos para comprender la mente de los otros; las neuronas espejo nos permiten comprender las intenciones, sentimientos y comportamientos de otras personas con sólo observar sus acciones. En los comienzos de la década de 1990, un equipo de neurobiólogos italianos, dirigidos por G. Rizzolatti, de la universidad de Parma, se encontró con unos datos inesperados en el transcurso de la investigación con monos macacos. Tenían microelectrodos implantados en la corteza premotora del cerebro, para registrar la actividad eléctrica de las neuronas, cuando los monos mostraban ciertos comportamientos, como agarrar un palo o comer una uva. En el córtex promotor es sabido que se planean e inician los movimientos. En determinada ocasión sucedió algo desconcertante, al activarse

de pronto el aparato de registro sin que el mono realizase ninguna actividad. El efecto se pudo repetir a voluntad, comprobándose el mismo resultado inesperado. Las neuronas se activaban sin que el mono moviera un solo dedo. Bastaba con que viera que otro realizaba tal acción. Los científicos italianos habían identificado un tipo de neuronas desconocidas hasta ese momento, las denominaron neuronas espejo (Rizzolatti, 2005; Rizzolatti & Singaglia, 2006).

Las neuronas espejo forman parte de un sistema de redes neuronales que posibilita la percepción-ejecución-intención-emoción. La simple observación de movimientos de la mano, pie o boca, activa las mismas regiones específicas de la corteza motora, como si el observador estuviera realizando esos mismos movimientos. Pero el proceso va más allá de que el movimiento, al ser observado, genere un movimiento similar latente en el cerebro del observador. El sistema integra en sus circuitos neuronales la atribución-percepción de las intenciones y emociones de los otros.

Cuando una persona realiza acciones en contextos significativos, tales acciones van acompañadas de la captación de las propias intenciones que motivan a hacerlas. Se conforman sistemas neuronales que articulan la propia acción asociada a la intención o propósito que la activa. La intención queda vinculada a acciones específicas que le dan expresión, y cada acción evoca las intenciones asociadas. Formadas estas asambleas neuronales de acción-ejecución-intención en un sujeto, cuando ve a otro realizar una acción, se provoca en el cerebro del observador la acción equivalente, evocando a su vez la intención con ella asociada. El sujeto, así, puede atribuir a otro la intención que tendría tal acción si la realizase él mismo. Se entiende que la lectura que alguien hace de las intenciones del otro es, en gran me-

didada, atribución desde las propias intenciones. Cuando se ve a alguien realizando una acción automáticamente se simula la acción en su cerebro. Si uno entiende la acción de otra persona es porque tiene en su cerebro una copia para esa acción, basada en sus propias experiencias.

La publicación de estos resultados desató un entusiasmo desbordante, no exento de polémica entre los especialistas. Ramachandran llegó a profetizar que tal descubrimiento de neuronas espejales, estaba llamado a desempeñar en psicología un papel semejante al que había tenido en biología la decodificación de la estructura del ADN. Por primera vez se había encontrado una conexión directa entre percepción y acción, que permitía explicar muchos fenómenos en polémica, particularmente la empatía y la intersubjetividad. Las neuronas espejales posibilitan al hombre comprender las intenciones de otras personas y también compartir sus emociones. Le permite ponerse en lugar de otros, leer sus pensamientos, sentimientos y deseos, lo que resulta fundamental en la interacción social y comportamiento moral. La comprensión interpersonal se basa en que captamos las intenciones y motivos de los comportamientos de los demás. Para lograrlo los circuitos neuronales simulan subliminalmente las acciones que observamos, lo que nos permite identificarnos con los otros, de modo que actor y observador se haya en estados neuronales muy semejantes. Somos criaturas sociales y nuestra supervivencia depende de entender las intenciones y emociones que traducen las conductas manifiestas de los demás. Las neuronas espejo permiten entender la mente de nuestros semejantes, y no a través de razonamiento conceptual, sino directamente, sintiendo y no pensando (García, 2011, 2014).

La capacidad para inferir los estados mentales de otros, sus pensamientos y sentimientos, es con-

dición necesaria para la experiencia moral, por cuanto identifica en el otro el daño y sufrimiento provocado por la propia acción, o bien la satisfacción ante el acto realizado y el deber cumplido. El estudio de pacientes con lesiones cerebrales y la investigación con tecnologías de neuroimagen constatan un solapamiento de las áreas implicadas en la atribución de mente a los demás, y en los juicios morales, como veremos seguidamente.

### **Ética de la Neurociencia**

Las relaciones entre la ética y la neurociencia han conformado un vasto y complejo campo de estudio de carácter interdisciplinario denominado “Neuroética”. La Conferencia mundial sobre Neuroética, patrocinada por la Fundación Dana, celebrada en San Francisco, en mayo de 2002, convocó a neurocientíficos, médicos, expertos en técnicas de neuroimagen, derecho y humanidades, responsables políticos y representantes de medios. En esta conferencia toma carta de naturaleza la neuroética entendida en su doble acepción, como la “ética de la neurociencia” que se ocupa de los problemas éticos, sociales y legales, asociados al desarrollo de la investigación en neurociencia y sus aplicaciones. La otra acepción es la “neurociencia de la ética” que se propone investigar los sistemas neurales que están a la base de las intuiciones, juicios y comportamientos morales y dan cuenta de la conciencia, autoconciencia, libertad, responsabilidad, mente social, emociones, empatía (Markus, 2002; Roskies, 2002).

La neurociencia de la ética se puede considerar como neuroética básica: pretende comprender quienes somos, cómo pensamos y sentimos, qué nos motiva, por qué hacemos y reaccionamos, por qué desarrollamos las estructuras sociales y culturales. La ética de la neurociencia es una neuroética aplicada: plantea analizar las implicaciones, opor-

tunidades y riesgos que conllevan las investigaciones en neurociencia, neuroimagen, neurofarmacología, mejoramiento cerebral, etc. Uno de los problemas nuevos de la ética contemporánea, es el establecer una sinergia entre las disposiciones neurales para la empatía, altruismo, cooperación, confianza, y las normas y códigos morales; entre la neurociencia y la ética; entre la teoría evolucionista, el progreso histórico-cultural y la socialización y desarrollo personal (Illes, 2006; Levy, 2007; Evers, 2010; Changeux, 2010; Decety & Wheatley, 2015 ).

En la Conferencia mundial sobre neuroética, de San Francisco, se caracterizó la ética de la neurociencia como el estudio de las cuestiones éticas, legales y sociales que surgen cuando los descubrimientos científicos acerca del cerebro se llevan a la práctica médica, las interpretaciones legales y las políticas sanitarias y sociales. Con otras palabras, trata de examinar lo correcto o incorrecto, bueno y malo, en el tratamiento del cerebro humano, en su perfeccionamiento, o en la indeseable invasión en el cerebro, o en su preocupante manipulación. Comprende dos subcampos: las cuestiones éticas relativas al diseño y realización de las investigaciones neurocientíficas; y la evaluación de las consecuencias éticas, legales y sociales derivadas de los estudios y sus aplicaciones prácticas. Se trata de una neuroética aplicada, estrechamente relacionada con las cuestiones éticas de la práctica biomédica, como la investigación y diseño de estudios clínicos, la privacidad de determinados resultados, el consentimiento informado del paciente para participar en la investigación. En la

publicación de los trabajos de la conferencia se identificaron cinco campos temáticos: el problema de la autoconciencia e identidad personal; las implicaciones sociales y legales; la investigación y aplicaciones en áreas como farmacología y clínica; la recepción pública de estas cuestiones; y el futuro de la nueva disciplina.

Generalmente se entiende que en ética importa especialmente establecer lo que no se debe hacer, y en este caso fijando los límites de la investigación neurocientífica y de las aplicaciones que se sigan. Pero es cuestión ética más interesante plantear los beneficios que se pueden derivar de la investigación en neurociencia, porque es una obligación moral beneficiar a la humanidad. El llamado “principio de beneficencia” impulsa gran cantidad de investigaciones y aplicaciones.

"Es cuestión ética más interesante plantear los beneficios que se pueden derivar de la investigación en neurociencia, porque es una obligación moral beneficiar a la humanidad."

No obstante, también es necesario poner límites cuando se presume que pueda darse algún daño, y por ello el “principio de no maleficencia” sigue muy vigente (Cortina, 2012).

La ética de la neurociencia se plantea cuestiones críticas como, dado el avance imparable de técnicas para la mejora del cerebro, ¿se debe establecer lo que se puede hacer y lo que no; se debe desarrollar fármacos para mejorar la memoria, la atención, o para evitar recuerdos dolorosos; es aceptable implantar microchips en el cerebro para optimizar el rendimiento académico; es aceptable la aplicación de técnicas de neuroimagen a sospechosos de participar en determinados actos criminales; la técnicas de neuroimagen pueden atentar contra el derecho a la intimidad; puede participar

en un ensayo clínico una persona con lesiones cerebrales que le impiden dar el consentimiento informado; pueden admitir los tribunales pruebas obtenidas con neuroimagen para inculpar o exculpar a los acusados; es legítimo servirse de las técnicas de neuroimagen en los servicios de seguridad nacional, hospitales, empresas? (Bonete, 2010; Savulescu, 2012).

Una cuestión de gran actualidad y relevancia hace referencia a lo que Gazzaniga denomina neuroética de la duración de la vida, y le dedica la primera parte del libro *El cerebro ético*, planteando el problema de la atribución de estatus moral a un embrión, y la problemática del envejecimiento cerebral. Uno de los problemas más debatidos en nuestro tiempo es cuándo debemos considerar que un embrión o un feto es ya un ser humano, y si es adecuado atribuir el mismo estatus moral a un blastocito, embrión, feto o recién nacido. Las implicaciones de las respuestas a estas cuestiones son de gran alcance, por ejemplo, en la cuestión del aborto, la fecundación in vitro, la clonación biomédica y la investigación con células madre.

El envejecimiento suscita también muchos asuntos neuroéticos espinosos. Uno de ellos es la preocupación por la investigación sobre el envejecimiento y la prolongación de la vida, concebida como una búsqueda de la inmortalidad y objetivo principal de la investigación. Puede que el miedo al envejecimiento sea una reacción natural, una manifestación del miedo a la mortalidad, pero la neurociencia sugiere otra perspectiva. En lo que respecta al cerebro, no echamos de menos lo que no tenemos. Quienes sufren demencia senil son en gran medida inconscientes de la pérdida de memoria. Aunque los pacientes no pasan por alto las primeras fases del deterioro de la memoria, tal conciencia desaparece a medida que avanza la enfermedad, hasta la pérdida de la cognición. Las

personas de su entorno sufren más, porque perciben la pérdida de aquel ser que conocieron en otro estado. Lo cierto es que el miedo que produce la observación de lo que sucede a los pacientes de demencia senil inspira el miedo al envejecimiento. Cuando es uno mismo el que vive ese proceso, el cerebro acusa los efectos y elimina la conciencia de muchas de las humillaciones, si bien no de todas. La demencia senil puede ser la consecuencia de que el cerebro vive durante un periodo de tiempo más largo que aquel para el que está diseñado (Gazzaniga, 2006).

Otra problemática de la ética de la neurociencia es la relacionada con el perfeccionamiento cerebral, por vía genética, entrenamiento cerebral o psicofármacos. A estas cuestiones dedica Gazzaniga la segunda parte de su libro. El perfeccionamiento del cerebro por vía genética plantea inquietantes interrogantes. La técnica de fecundación in vitro permite la selección de sexo y otros rasgos del hijo. Los padres pueden elegir uno u otro tipo de embrión, con la expectativa de que nazca el niño de sus sueños. ¿Se debe permitir que los padres diseñen a sus hijos a través de la ingeniería genética? La pregunta tiene otras implicaciones como: si es científicamente posible identificar y seleccionar los múltiples genes de la inteligencia; si los genes son factor determinante de la personalidad; si debemos dejar que en todo caso la naturaleza siga su curso o si debemos intervenir en determinados supuestos.

El entrenamiento y perfeccionamiento de las destrezas corporales o de las capacidades mentales se puede lograr a través del esfuerzo y la práctica, con o sin métodos artificiales de potenciación cerebral. Cuando se logra determinado objetivo a través del esfuerzo y la práctica, encomiamos el éxito personal. Pero cuando se recurre a las intervenciones farmacológicas nos resistimos a acep-

tarlo. Además, los sistemas de perfeccionamiento de las destrezas corporales presentan ciertas características diferenciales con respecto a las capacidades mentales. Parece admisible el tratamiento de las limitaciones de memoria e inteligencia, incluso la potenciación de la memoria normal. Pero cuestionamos las intervenciones mediante fármacos para lograr capacidades físicas superiores, como demuestran los controles antidopaje en las competiciones.

El perfeccionamiento del cerebro con la ayuda de fármacos plantea serios problemas. Muchos fármacos inteligentes se encuentran en fase de ensayos clínicos y próximos a su comercialización. Algunos fármacos, que ya están disponibles para los pacientes con déficits cognitivos, pueden incrementar también la inteligencia de la población sana. Ningún fármaco carece de efectos secundarios. La neurociencia no ha avanzado lo suficiente para actuar sólo sobre un concreto problema, y toda sustancia tiene sus costes y desventajas. El uso de fármacos u otras técnicas neurocientíficas conlleva preocupación por la seguridad y las consecuencias no deseadas. Además, existe preocupación por los impactos sociales que la mejora cerebral pudiera generar, afectando a nuestra forma de vivir, los valores y pautas de comportamiento, por ejemplo, nuevas formas de discriminación en el campo académico o profesional.

Los avances en la comprensión de la organización funcional del cerebro, los conocimientos sobre genética y neuroquímica están posibilitando valiosos estudios experimentales y ensayos clínicos con nuevos fármacos. Se conocen varios sistemas de potenciación cognitiva o fármacos inteligentes. Cada vez que un estudio muestra que un determinado agente químico puede producir un incremento de memoria en una población animal, sea la mosca o la rata, pueden suceder dos cosas:

si el fármaco no está en el mercado, aparece una empresa farmacéutica que crea un nuevo producto, explotando el hallazgo; si el fármaco ya existe para tratar una enfermedad conocida, como el Alzheimer o déficit de atención, aumenta repentinamente su uso en lo que no estaba prescrito. E. Kandel recibió el Premio Nóbel por su investigación sobre el aprendizaje y memoria en el caracol marino, la *aplysia*. Averiguó que el aprendizaje depende de los transmisores en las sinapsis y la activación de determinada proteína, la CREB. Se demostró que esta proteína era crítica para la formación de la memoria en otros animales, como mosca y ratones. Surgió en 1998 la empresa de Kandel, Memory Pharmaceuticals, con el objetivo de producción de fármacos para incrementar la CREB en la memoria humana, facilitando la memoria a largo plazo (Kandel, 2007).

El mundo de las drogas está experimentando alarmantes cambios. El Observatorio Europeo de las Drogas y Toxicomanías ha alertado de la profusión de sustancias sintéticas, producidas a gran escala en varios países, como China e India, que se distribuyen por todo el mundo, y especialmente Europa, a través de Internet. Cada semana aparece, al menos, una nueva en un país europeo. Mediante pequeñas alteraciones en sustancias ya conocidas y prohibidas, los traficantes mantienen sus propiedades estupefacientes, pero al tratarse de moléculas nuevas, el producto aún no está registrado en la lista de psicoactivos prohibidos, y pasa los controles con gran facilidad. Los recursos y laboratorios encargados de la detección y análisis de las sustancias van siempre por detrás de los fabricantes, y estos tienen un tiempo que aprovechan para la comercialización de lo que será prohibido posteriormente, en el mejor de los casos.

Otras técnicas para mejorar las funciones cerebrales son la estimulación magnética trans-

craneal y la estimulación cerebral profunda. La primera es una técnica no invasiva que estimula mediante campos magnéticos las redes neuronales de determinadas áreas cerebrales. Se han realizado estudios sobre el déficit de atención e hiperactividad, memoria, funciones ejecutivas, y se plantea la posibilidad de aplicar estas técnicas para optimizar capacidades en personas normales. La estimulación cerebral profunda es una técnica muy invasiva, pues consiste en introducir electrodos en el interior del cerebro, conectados a una batería o neuroestimulador, para activar determinadas redes neuronales responsables de procesos mentales alterados. Se están realizando estudios e intervención con personas afectadas de patologías diversas, como Parkinson o trastorno bipolar.

"Un campo de la ética de la neurociencia, especialmente sensible en la actualidad, hace referencia al derecho a la intimidad y privacidad de resultados de investigaciones con técnicas de neuroimagen."

Un campo de la ética de la neurociencia, especialmente sensible en la actualidad, hace referencia al derecho a la intimidad y privacidad de resultados de investigaciones con técnicas de neuroimagen. El requisito de consentimiento informado por parte del paciente para determinadas investigaciones o intervenciones se vuelve muy problemático en patologías mentales graves. Por otra parte, cabe la posibilidad de encontrar en el curso de los estudios, patologías cerebrales inesperadas en las que se cuestione la conveniencia de su información. La repercusión de ciertas informaciones sobre el estado cerebral-mental de las

personas en manos de empleadores, abogados, tribunales, compañías de seguros, podría ser una amenaza a los derechos de la persona.

### Neurociencia de la Ética

Una segunda aproximación a la Neuroética es la Neurociencia de la ética. La investigación sobre las bases neurales del juicio y comportamiento moral se desarrolla en dos marcos teóricos-experimentales: uno, la neuropsicología especialmente clínica, que estudia los trastornos mentales y de conducta, como consecuencia de lesiones cerebrales; y otro, la neurociencia con las tecnologías de neuroimagen, que registran la activación neuronal, los cambios eléctricos y químicos en determinadas áreas cerebrales cuando realizamos procesos mentales. La autoconciencia, libertad, responsabilidad, culpabilidad, son procesos mentales complejos que están estrechamente relacionados con las denominadas funciones ejecutivas, entendidas como las capacidades mentales que son necesarias para vivir una vida personal, con autonomía intelectual y moral, capaz de plantearse metas y procurar llevarlas a cabo, de tener un comportamiento social adecuado y responsable. Las funciones ejecutivas dirigen bien las acciones, gestionando todos los recursos mentales, los procesos cognitivos y afectivos, para resolver problemas de vivir en comunidad y lograr una vida más feliz. De ahí que se haya caracterizado las funciones ejecutivas como sede de la moralidad y al cortex prefrontal como órgano de la civilización (Goldberg, 2002, 2009).

Luria caracterizó como funciones cognitivas de alto nivel o funciones corticales superiores a la atención sostenida, capacidad de iniciativa, formulación de metas, plan de acción y autocontrol de la conducta. Examinó los trastornos de estas funciones como consecuencia de patologías fron-

tales y dedicó especial atención a programas de rehabilitación. Los pacientes con afectación frontal presentan problemas en el establecimiento de objetivos y diseño de planes de acción, así como déficit en capacidad de iniciativa, motivación y compromiso con la acción. Son numerosos los estudios sobre los procesos cognitivos y emocionales relacionados con el lóbulo frontal, como la capacidad de planificar, modular e inhibir la actividad, monitorizar y supervisar las tareas, la flexibilidad cognitiva, el control atencional, la memoria de trabajo, la organización temporal de la conducta, la autoconciencia personal, la interacción social y el juicio moral (Luria, 1979, 1983).

La teoría de J. Fuster sobre el cortex frontal pone especial énfasis en la estructuración temporal de la conducta, que implica tres funciones básicas: la función retrospectiva de memoria, la prospectiva de planificación de la conducta, y la función de control e inhibición de las influencias, tanto internas como externas, que pueden interferir en las acciones. Fuster habla de las memorias ejecutivas como los planes de acción y estrategias para la solución de problemas que se elaboran en estas áreas prefrontales y allí quedan registradas. Los recuerdos ejecutivos están listos para ser utilizados en ocasiones similares de la vida, pero especialmente se activan con flexibilidad y creatividad, para afrontar nuevos y más complejos problemas. El cortex prefrontal posibilita nuevos enfoques analíticos, representaciones de pensamiento, esquemas y patrones de acción ante los problemas, y más aún plantea nuevos problemas, nuevas propuestas y proyectos, valorando las posibles consecuencias (Fuster, 1997, 2003, 2014).

Goldberg (2009) señala como funciones principales del cortex prefrontal el reconocimiento de patrones, el conocimiento preceptivo, las alternativas ejecutivas y la valoración de las mismas. La

capacidad para establecer relaciones temporales y causales es requisito para la comprensión de conceptos éticos y razonamiento moral. La capacidad para concebir consecuencias de actuaciones alternativas, así como de lamentarse o arrepentirse de actuaciones equivocadas es lo que se denomina argumento contrafáctico, y es importante en la toma de decisiones en cualquier ámbito y particularmente resulta crítico en la esfera moral.

La teoría del marcador somático de Damasio destaca la importancia del cortex prefrontal y el cerebro emocional para la adecuada toma de decisiones. Las funciones ejecutivas hacen referencia a un conjunto de sistemas implicados en la optimización de los procesos cognitivos y emocionales a fin de resolver problemas adecuadamente en situaciones complejas. Damasio ha estudiado pacientes con lesiones prefrontales, en los que constata profundas alteraciones de personalidad, y particularmente de juicio y comportamiento moral (Damasio, 1996, 2010).

Para Ramachandran, uno de los atributos del yo es la sensación de “estar al mando” de nuestras acciones, y de creer que habríamos podido actuar de otro modo si así lo hubiéramos decidido. Esto quizá pueda parecer una cuestión filosófica abstracta, pero desempeña un papel muy importante en la identidad personal, en el mundo social y en la justicia penal. Podemos considerar a alguien culpable sólo si: era capaz de concebir líneas de acción alternativas; era plenamente consciente de las consecuencias potenciales de sus acciones a corto y largo plazo; podría haber decidido no realizar la acción; y quería el resultado obtenido. La neurociencia va proporcionando datos de cómo funciona el autocontrol y el libre albedrío. Al menos dos regiones cerebrales están especialmente implicadas. La primera es la circunvolución supramarginal del hemisferio izquierdo del cerebro,

que nos permite concebir distintas alternativas de actuación. La segunda es la corteza cingulada anterior, que nos hace desear, y nos posibilita elegir una acción a partir de una jerarquía de valores establecidos en la corteza prefrontal (Greene, 2003; Ramachandran, 2008, 2012).

En el córtex prefrontal se distinguen tres grandes áreas anatomofuncionales: el cortex dorsolateral, orbitofrontal y frontomedial (Kolb & Whishaw, 2006; Junqué & Barroso, 2009). El córtex dorsolateral incluye las áreas 9, 10, 11, 12, 45, 46, 47. Está estrechamente relacionado con los procesos de planificación, memoria de trabajo, atención selectiva, fluidez verbal, solución de problemas complejos, flexibilidad mental, generación de hipótesis, selección de estrategias, supervisión y control, autoconocimiento y cognición social. Lesiones en la región dorsolateral conllevan un cuadro clínico caracterizado como síndrome prefrontal dorsolateral que cursa con cambios depresivos, humor triste, indiferencia afectiva, acinesia, apatía y falta de iniciativa para la acción, desinterés por el mundo, por el pasado y por el futuro. El síndrome dorsolateral se ha conocido como síndrome pseudodepresivo porque produce un comportamiento, que simula el de un paciente severamente deprimido.

El córtex orbitofrontal se sitúa en la cara basal del lóbulo frontal e incluye las porciones inferiores de las áreas 11, 12 y 47 y también áreas 13 y 14. Se encuentra estrechamente relacionado con el sistema límbico, y su función principal es el procesamiento y regulación de emociones y estados afectivos, así como el control y regulación de la conducta. Se involucra especialmente en la toma de decisiones ante situaciones inciertas desempeñando un papel clave en la relevancia emocional

de las situaciones. El síndrome orbitofrontal se manifiesta en comportamientos desinhibidos y egocéntricos y en ocasiones maníacos y eufóricos. El paciente muestra un comportamiento hiperactivo pero improductivo. En ocasiones presentan hipersexualidad y bulimia. También pueden tener trastornos de olfato y de visión por lesiones en las vías correspondientes. El síndrome orbitofrontal supone, en muchos aspectos, contrapunto del sistema dorsolateral. El tono emocional inhibido oscila entre la euforia y la irritabilidad, con déficit en el control de los impulsos. De ahí que este síndrome se ha llamado también síndrome pseudopsicopático. Algunos pacientes llegan a comportamientos antisociales.

El córtex frontomedial, paralímbico o cingulado (áreas 11, 12, 24, 25, 32, 33) participa activamente en los procesos de inhibición, en la detección y solución de conflictos, y especialmente en la regulación y esfuerzo atencional. Además, está involucrado en la regulación de la agresividad y de los estados motivacionales. La corteza cingular anterior está estrechamente relacionada con el control del sistema autónomo. Las áreas anteriores de la corteza frontomedial están particularmente involucradas en los procesos de mentalización y empatía, que son esenciales para la moralidad. La lesión del córtex frontomedial se asocia a alteraciones de la atención y la toma de decisiones. Los pacientes con lesiones en esta área presentan déficit en respuesta emocional y no muestran reactividad a los estímulos emocionales (Fig. 1)

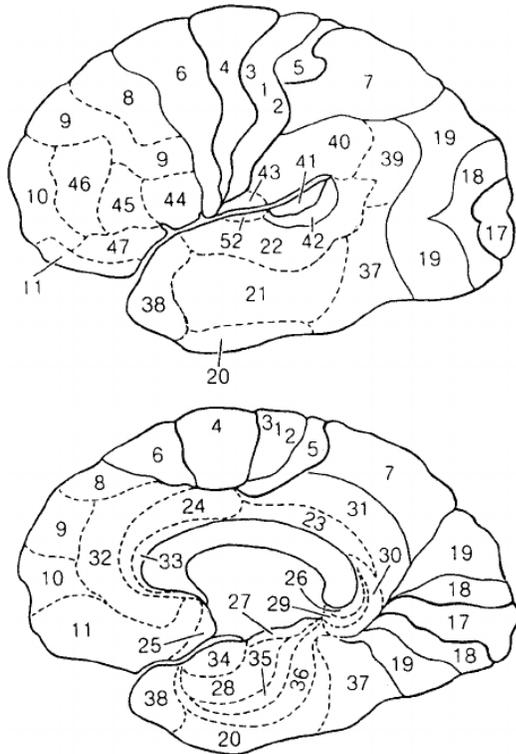


Fig. 1. Areas de Brodmann.

En 1909, K. Brodmann identificó y numeró 47 áreas en el cerebro. Un siglo después, en 2009, se aprobó el Proyecto Conectoma financiado por varias instituciones y organismos de EEUU, que se propone identificar y mapear las conexiones y redes neuronales del cerebro. El nombre conectoma, identificación y mapeado de conexiones, evoca el genoma, referido a los genes, o el proteoma referido a las proteínas. El proyecto es muy ambicioso y necesita avances en las tecnologías para su conclusión. La complejidad del cerebro es impresionante, con 100.000 millones de neuronas y una media de 10.000 conexiones por neurona, lo que nos da mil billones de conexiones. La neurona puede tener varias dendritas, y cada dendrita miles de espinas dendríticas. La estimación de la longitud de los axones llegaría a 150.000 km. El primer conectoma disponible es de un gusano que tiene 300 neuronas y 7.000 conexiones. Para lograrlo S. Brenner y su equipo necesitó diez años de trabajo. Avances en tecnologías y modelos de

investigación están reduciendo los plazos en el estudio del conectoma de otras especies.

Diversas investigaciones han confirmado que cada persona dispone de un perfil de conexiones característico, y que estos neuroperfiles personales pueden revelar información sobre las capacidades mentales.

En el marco del Proyecto Conectoma se han publicado investigaciones muy relevantes. En un estudio dirigido por M. Glasser (2016) con participación de distintas universidades y países se definen distintas regiones en la corteza cerebral, utilizando una combinación de técnicas que hasta ahora sólo se habían empleado por separado: la resonancia magnética funcional basada en tareas, la resonancia magnética funcional en estado de reposo, y la resonancia magnética por tensor de difusión. El resultado ha dado una cartografía cerebral que identifica 180 áreas en cada hemisferio, por tanto, proporciona un atlas del cerebro humano con 360 zonas. Pero estas regiones podrían subdividirse en unidades menores. Además, la aparición de nuevas tecnologías con mayor sensibilidad proporcionará información de nuevas áreas, según los objetivos de investigación. Los estudios de las bases neurales del juicio y comportamiento moral están entrando en una nueva fase. Una gran innovación está en identificar áreas corticales a escala individual, que es una tarea más compleja que lograr un mapa medio del cerebro. Este planteamiento proporcionará conocimiento importante para determinar biomarcadores de disfunción y trastorno cerebral, y al mismo tiempo un valor predictivo de las diferencias individuales en la conducta normal y patológica, y en las disfunciones y trastornos mentales. Tendremos una neurociencia cada vez más orientada al individuo y más personalizada. Si la neuroplasticidad, las neuronas y sus múltiples conexiones y

redes neuronales, el conectoma, hacen posible los aprendizajes y memorias, podemos decir que somos nuestro conectoma. Al igual que todos tenemos un genoma específico y diferencial, también disponemos de un conectoma, una conformación neural única y propia.

M. Hauser argumenta la existencia de un órgano moral, o una capacidad moral, conseguida mediante la historia evolutiva de nuestra especie, que se desarrolla en cada ser humano en un contexto cultural determinado, y le permite generar juicios inmediatos sobre lo que está bien o mal moralmente. La teoría de Hauser se basa en la gramática de Chomsky y en las teorías de Rawls. Así como la gramática universal chomskyana es componente innato de nuestra especie, y ofrece los principios y parámetros para construir cada lengua concreta, también venimos equipados genéticamente con una gramática moral universal para construir los sistemas morales concretos. Cuando adquirimos las normas morales propias de nuestra cultura, juzgamos si determinadas acciones son permisibles, obligatorias o prohibidas, sin necesidad de razonar conscientemente y sin tener acceso explícito a los principios subyacentes.

Hauser comenta tres teorías-tipo para explicar el juicio moral: la criatura kantiana, según la cual el proceso clave que subyace al juicio moral es el razonamiento deliberado, basado en principios conscientes y claramente articulados; la criatura humeana, que atribuye a las emociones el papel básico; y la criatura que, basada en Chomsky y Rawls, hace suya Hauser. Al analizar diferentes dilemas morales que plantean un conflicto entre dos o más deberes contrapuestos. Enfrentados a esos dilemas la persona emite un juicio de bondad o maldad. Esos juicios son más o menos conscientes. Algunos juicios son rápidos y otros requieren deliberación, La intuición y el razona-

miento consciente tienen diseños diferentes. Las intuiciones son rápidas, automáticas, involuntarias, requieren poco esfuerzo atencional, aparecen al principio del proceso, se expresan sin recurrir a razones fundadas en principios y parecen inmunes a cualquier contraargumento. El razonamiento fundado en principios es lento, acompañado de deliberación, reflexivo, requiere esfuerzo atencional, aparece tarde en el proceso, es justificable y está abierto a objeciones y argumentaciones. Como en todas las dicotomías, hay amplia zona intermedia de grises (Hauser, 2008; Alvaro-González, 2014; Kahane et al., 2015).

Para decidir cuál de las teorías se corresponde mejor con la toma de decisiones morales podemos remitirnos a las imágenes de la actividad neuronal en el momento de resolver dilemas morales. Tendríamos así una constatación experimental. Para las criaturas kantianas deberían activarse predominantemente las zonas del razonamiento. Para la criatura humeana deberían activarse predominantemente las zonas del control emocional. Para la criatura rawlsiana deberían activarse partes del cerebro específicas de la “gramática moral” y posteriormente, una vez emitido el juicio, áreas del razonamiento y/o de la emoción.

Qué ocurre en el cerebro de cada persona mientras se enfrenta a un dilema moral, valora una situación y responde. En las situaciones morales personales, las imágenes cerebrales revelan una notable actividad en zonas que desempeñan un papel crucial en el procesamiento de las emociones, un circuito que va desde el lóbulo frontal hasta el sistema límbico (la circunvolución frontal media, la circunvolución cingulada posterior y la circunvolución angular. Además, cuando las consecuencias utilitarias (salvar a 5) entraban en conflicto con reglas deontológicas emocionalmente cargadas (no dañar a otros) se activaba di-

rectamente la circunvolución cingulada anterior, que se activa ante los conflictos. En los sujetos que van contra corriente, juzgando lícito un caso moral personal, se muestra una activación mucho mayor del cortex prefrontal dorsolateral, zona que interviene en la planificación y el razonamiento.

La criatura kantiana queda peor parada de los análisis de las imágenes neuronales, al dejar claro que se activan áreas emocionales, aunque en algunos sujetos triunfen los sistemas de razonamiento de manera fría y sosegada. Mejor salen las criaturas humeana y rawlsiana. Ésta última no niega el papel de las emociones en algunos aspectos de nuestro comportamiento moral, sino que discute el momento en el que intervienen. Pero esta cuestión sólo se podrá resolver cuando las tecnologías de neuroimagen permitan reconocer no sólo las zonas de activación cerebral, sino también la secuencia cronológica de su activación.

"Cuando nos enfrentamos a ciertos dilemas morales se activa una vasta red de regiones cerebrales, incluidas áreas que intervienen en la emoción, la atención, la toma de decisiones, las relaciones sociales y la memoria."

Cuando nos enfrentamos a ciertos dilemas morales se activa una vasta red de regiones cerebrales, incluidas áreas que intervienen en la emoción, la atención, la toma de decisiones, las relaciones sociales y la memoria. Pero estas zonas también son requeridas para resolver problemas no morales. ¿Es posible que alguna de estas zonas se active sólo para resolver dilemas morales? Hasta ahora ninguno de los estudios realizados seña-

la un "órgano moral" exclusivamente dedicado a esta tarea. Lo que sí muestran las investigaciones con tecnología de neuroimagen es que cuando experimentamos un conflicto entre deberes u obligaciones incompatibles, hay enfrentamiento entre las criaturas kantiana y humeana: si no hay emoción no hay tensión moral. El conflicto emocional proporciona la marca delatora de un dilema moral. Los estudios realizados muestran inequívocamente que las zonas que intervienen en el procesamiento de las emociones se activan cuando emitimos un juicio moral, sobre todo en los casos que tienen carga personal.

## Conclusiones

El campo de la Neuroética, en su doble dimensión como neurociencia de la ética y ética de la neurociencia, es objeto de investigaciones cada vez más sofisticadas y relevantes, que plantean cuestiones fundamentales al ser humano y a la humanidad. Estamos comenzando una nueva década del cerebro. Como ocurrió en la década de 1990-2000, los conocimientos están experimentando un gran salto hacia adelante, particularmente debido a las nuevas tecnologías. En 2013, se aprobaron dos ambiciosos macroproyectos en Neurociencia: uno en la Unión Europea (The Human Brain Project); y otro en EEUU (BRAIN), con cuantiosa financiación durante una década. Además, en China, Japón y Rusia se está apostando por investigaciones en estos campos. Equipos multiprofesionales se proponen avanzar en el conocimiento y comprensión de la organización funcional del cerebro humano (Greely, Ramos & Grady, 2016; Racine & Aspler, 2017; Johnson & Rommelfanger, 2017).

El Proyecto Human Brain Project se pone en marcha en 2013, y se plantea para una década. Es

un proyecto médico, científico y tecnológico financiado por la Unión Europea, que tiene como fin reproducir tecnológicamente las características del cerebro humano, y de esta forma conseguir avances en el campo de la medicina, la neurociencia, inteligencia artificial, robótica. Es un proyecto muy ambicioso, con subproyectos muy complejos, con más de 150 centros de investigación de la Unión Europea, y con presupuesto multimillonario, que seguro se irán incrementando con el tiempo. Su objetivo es desarrollar tecnologías y métodos que posibiliten comprensión y explicación del funcionamiento cerebral. Para que éste proyecto pueda desarrollarse es necesaria la investigación en nuevas tecnologías de supercomputación, que permitan utilizar la información en modelos informáticos y simulaciones del cerebro para identificar patrones y principios organizativos, de modo que se puedan integrar los resultados de miles de investigaciones con diversas tecnologías y distintos niveles de análisis, desde el molecular a los sistemas cerebrales. Se inicia con la puesta en marcha de seis plataformas de investigación, cada una con herramientas y métodos específicos. Las plataformas son: neuroinformática, simulación del cerebro, computación de altas prestaciones, informática para la medicina, computación neuromórfica y neurorrobótica. Los investigadores tendrán a su disposición un volumen ingente de datos, que se publicarán en miles de artículos científicos.

El proyecto BRAIN (Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies), promovido en 2013 por el entonces presidente, B. Obama, con presupuesto multimillonario y para una década. Es una iniciativa catalogada como el equivalente del Proyecto del Genoma Humano. La primera fase se dedica a descifrar la estructura cerebral para entender su funciones y procesos mentales: la percepción, la memoria, el control

de los movimientos, el lenguaje, el pensamiento, las emociones. En una segunda fase se estudiará la actividad neuronal y se podrá visualizar la dinámica de los circuitos, redes y sistemas, y se podrán aplicar las técnicas para diagnóstico e intervención en enfermedades cerebrales y trastornos mentales. Esto requerirá investigación básica y estudios clínicos, pero a medio plazo se espera conseguir grandes avances aplicados a la optimización de las capacidades, prevención de enfermedades y trastornos mentales, tratamiento y recuperación de pacientes. La apuesta para resolver el problema fundamental de la neurociencia está en cómo se organizan y funcionan miles de millones de neuronas y billones de conexiones, hasta formar redes neuronales y sistemas cerebrales que posibilitan los procesos mentales. Para acercarse a estos objetivos se requieren instrumentos de alta tecnología y ámbitos diversos como la genética, la óptica, la nanotecnología, la biología molecular.

Un tema prioritario de investigación es la simbiosis e interacción causal entre estructuras neuronales y socioculturales. El cerebro hace posibles la sociedad y cultura en la que vivimos, y a la vez las estructuras socioculturales moldean nuestro cerebro. El estudio de las complejas interacciones entre genética, cerebro, procesos mentales, comportamiento y cultura, permitirá conocer más sobre nuestro cerebro, los procesos mentales y comportamientos, incluidos los comportamientos morales. Conocer la organización funcional del cerebro, su evolución y creaciones, nos ayudará a comprender nuestra identidad personal, nuestros deseos y proyectos, nuestros pensamientos y comportamientos.

La moralidad está asentada y enraizada en nuestra biología, en la capacidad para sentir compasión, altruismo, cooperación, confianza; en la capacidad para empatizar con el otro, aprender

por imitación, comunicar con el lenguaje, resolver los problemas personales y sociales. Parece razonable defender la existencia de un conjunto de adaptaciones biológicas, integradas en el cerebro. Descubrir tales predisposiciones biológicas, identificarlas, podría constituir base para extraer proyectos éticos más universales, que permitirían reducir, o llegar a eliminar, mucho sufrimiento, guerras y muerte en nuestro mundo.

## Referencias

- Álvaro-González, L. C. (2014). Neuroética (I): Circuitos morales en el cerebro normal. *Revista de Neurología*, 58 (5), 225-233.
- Bear, M., Connors, B. & Paradiso, M. (2016). *Neuroscience, exploring the brain*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins
- Bonete, E. (2010). *Neuroética práctica*. Bilbao: Desclée de Brouwer
- Changeux, J-P. (2010). *Sobre lo verdadero, lo bello y el bien*. Madrid: Katz Editores
- Churchland, P. S. (2011). *Braintrust: what neuroscience tells us about morality*. New Jersey: Princeton University Press
- Cortina, A. (2011). *Neuroética y Neuropolítica, sugerencias para la educación moral*. Madrid: Tecnos
- Cortina, A. (ed) (2012). *Guía Comares de Neurofilosofía práctica*. Granada: Comares
- Damasio, A. (1996). *El Error de Descartes*. Barcelona: Crítica
- Damasio, A. (2010). *Y el cerebro creó al hombre*. Barcelona: Destino
- Decety, J. & Cowell, J. (2014). Friends or foes: is empathy necessary for moral behaviour?. *Perspectives on Psychology Science*, 9 (4), 525-537
- Decety, J. & Wheatley, T. (Eds) (2015). *The moral brain. A multidisciplinary perspective*: Cambridge: MIT
- De Waal, F. (2007). *Primates y filósofos*. Barcelona: Paidós
- Enriquez, P. (2014). *Neurociencia cognitiva*. Madrid: Sanz & Torres
- Evers, K. (2010). *Neuroética. Cuando la materia se despierta*. Madrid: Katz Editores
- Fuster, J. (1997). *The Prefrontal Cortex*. New York: Raven Press
- Fuster, J. (2003). *Cortex and Mind: Unifying Cognition*. New York: Oxford University Press
- Fuster, J. (2014). *Cerebro y libertad*. Barcelona: Ariel
- García, E. (2010). Desarrollo de la mente: filogénesis, sociogénesis y ontogénesis. En M. Maceiras & L. Méndez (Eds). *Ciencia e investigación en la sociedad actual*. Salamanca: San Esteban Editorial, 95-128
- García, E., González, J. & Maestu, F. (2011). Neuronas espejo y teoría de la mente en la explicación de la empatía. *Ansiedad y Estrés*, 17 (2-3), 265-279
- García, E. (2014). *Neuropsicología del comportamiento moral*. En J. de la Torre (ed.). *Neurociencia, neuroética y bioética*. Madrid: Universidad Comillas. 43-75

- Gazzaniga, M. (2006). *El cerebro ético*. Barcelona: Paidós
- Gazzaniga, M. (2010). *Qué nos hace humanos*. Barcelona: Paidós
- Gazzaniga, M. (2012). *Quien manda aquí*. Barcelona: Paidós
- Glasser, M. F. et al. (2016). A Multi-modal Parcellation of Human Cerebral Cortex. *Nature*, 536, 171-181
- Goldberg, E. (2002). *El cerebro ejecutivo*. Barcelona: Crítica
- Goldberg, E. (2009). *La paradoja de la sabiduría*. Barcelona: Crítica
- Greely, H. T., Ramos, K. M., & Grady, C. (2016). Neuroethics in the age of brain projects. *Neuron*, 92 (3), 637-641.
- Greene, J. (2003). From neural “is” to moral “ought”: what are the moral implications of neuroscientific moral psychology, *Nature Neuroscience Reviews*, 4, 847-850
- Hauser, M. (2008). *La mente moral*. Barcelona: Paidós
- Illes, J. (2006). *Neuroethics*, New York: Oxford University Press
- Illes, J. (2009). Neurologisms, *American Journal of Bioethics-Neuroscience*, 9
- Illes, J. (2017). *Neuroethics: Anticipating the future*. New York: Oxford University Press
- Johnson, L. S. & Rommelfanger, K. S. (Eds.). (2017). *The Routledge Handbook of Neuroethics*. New York: Routledge
- Junqué, C. & Barroso, J. (2009). *Manual de Neuropsicología*. Madrid: Síntesis
- Kahane, G. et al. (2015). Utilitarian judgements in sacrificial moral dilemmas do not reflect impartial concern for the greater good. *Cognition*, 134, 193-209
- Kandel, E. (2007). *En busca de la memoria*. Buenos Aires: Katz
- Kandel, E., Schwartz, J. & Jessell, T. (2000). *Neurociencia*. Madrid: Prentice Hall
- Kolb, B. & Whishaw, I. (2006). *Neuropsicología Humana*. Madrid: Médica Panamericana
- Levy, N. (2007). *Neuroethics*. N. York: Cambridge University Press
- Luria, A. (1979). *El cerebro humano y los procesos psíquicos*. Barcelona: Fontanella
- Luria, A. (1983). *Las funciones corticales superiores del hombre*. Barcelona: Fontanella
- Maclean, P. D. (1990). *The triune brain in evolution*. N. York: Plenum Press
- Marcus, S. (2002). *Neuroethics: Mapping the field*. New York: Dana Press
- Mithen, S. (1998). *Arqueología de la mente*. Barcelona: Crítica-Drakontos
- Mora, F. (2007). *Neurocultura*, Madrid: Alianza Editorial
- Racine, M. & Aspler, J. (Eds) 2017). *Debates about*

Neuroethics. Perspectives on Its Development, Focus, and Future. New York: Springer

Purves, D. et al. (2016). Neurociencia. Madrid: Médico Panamericana

Ramachandran, V. (2008). Los laberintos del cerebro. Barcelona: Liebre de marzo

Ramachandran, V. (2012). Lo que el cerebro nos dice. Barcelona: Paidós, 388

Rizzolatti, G. (2005). The mirror neuron system and imitation, En S. Hurley y N. Chatter (Comp.). Perspectives on imitation: from Neuroscience to

Social Science. Cambridge MA: MIT Press

Rizzolatti, G. & Sinigaglia, C. (2006). Las neuronas espejo. Barcelona: Paidós

Roskies, A. (2002). Neuroethics for the new millennium. Neuron, 35, 21-23

Savulescu, J. (2012). Decisiones peligrosas. Una ética desafiante. Madrid: Tecnos

Siegel, A. & Sapru, H. (2015). Essential Neuroscience. Philadelphia: Wolters Kluwer

Tomasello, M. (2007). Los orígenes culturales de la cognición humana. Buenos Aires: Amorrortu

