

## **DESENMARAÑANDO EL CEREBRO. LOS CAMINOS DE LAS NEUROCIENCIAS**

Carlos Belmonte,  
de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

Señor,

He escogido como tema de este Discurso la exploración científica del cerebro, una aventura intelectual de actualidad candente, por la previsible repercusión que el conocimiento científico de la mente humana acabará teniendo sobre la vida de todos y cada uno de nosotros.

Hace nueve años, sus Majestades dedicaron un par de días en un tranquilo retiro gerundense, a ser informados por una decena de investigadores sobre los adelantos en biomedicina. Me correspondió entonces comentarles la neurobiología del dolor. Era 22 de mayo, día en que celebraban su primer aniversario de boda y cabe imaginar que una charla sobre el dolor se encontraba en las antípodas de sus vivencias del momento. Todos agradecemos su genuino interés y de modo especial, el que hubieran escogido compartir con nosotros esa señalada fecha. Personalmente opino que el gesto ejemplifica mejor que cualquier declaración solemne, vuestro aprecio y curiosidad por la Ciencia. Gracias, Señor, en nombre de la comunidad científica española representada en esta Real Academia, por la cercanía y apoyo con los que siempre nos habéis distinguido.

La mente humana ha sido, desde muy temprano, un tema central para la especulación filosófica. Desde los griegos hasta hoy, las reflexiones sobre su naturaleza han llenado algunas de las más brillantes páginas del pensamiento filosófico occidental.

Las ciencias experimentales, surgidas de los avances de la «Filosofía natural», tampoco han sido ajenas a ese interés por la mente. Su objetivo no es dar respuesta al «por qué» último de los fenómenos naturales, sino tratar de explicar «cómo» se producen. Aun así, la aproximación experimental al estudio científico de la mente, entendida como el producto de la operación del cerebro humano, ha tropezado siempre con reticencias, basadas en la creencia de que no es posible tener acceso objetivo al correlato físico de procesos tan complejos como el pensamiento abstracto o la conciencia del yo, por citar dos ejemplos.

Las resistencias culturales a aceptar que el complicado cerebro solo es, a la postre, un órgano más del cuerpo humano, no deben sorprendernos. El dualismo entre materia y espíritu, como principio explicativo de

la realidad, ha gravitado durante siglos sobre pensadores y científicos. De entre los últimos, son pocos ya los que mantienen una cerrada posición dualista arguyendo que la «mente» o la «consciencia», como preferamos llamarla, está dotada de voluntad y control sobre el cerebro, que actuaría como «puerto de entrada» de tal entidad hacia el sustrato ejecutivo cerebral.

Por su lado, los filósofos y pensadores modernos empiezan a aceptar que el imparable avance del saber científico fuerza a incluir éste en sus análisis de la realidad. Quien especule hoy sobre la naturaleza del espacio y el tiempo no puede ignorar la teoría de Einstein sobre la relatividad especial o la Física de estas dimensiones. En el caso del cerebro, la filósofa Patricia S. Churchland, defiende como posible una revisión o incluso la sustitución de las descripciones filosóficas de alto nivel de la mente humana, por categorías de igual nivel que sean neurobiológicamente armoniosas.

Los datos experimentales apoyan que la aparente excepcionalidad de la mente humana es sólo el fruto de modificaciones progresivas de algunas características comunes al sistema nervioso de todos los seres vivos. Éstas han conducido al surgimiento de propiedades emergentes en el cerebro de las especies más evolucionadas y generado su creciente complejidad. Igualmente, parece confirmado que han sido sobre todo los factores ambientales externos (temperatura, humedad, radiación, cataclismos o predación) los que determinaron las características adquiridas por el cerebro a lo largo de la evolución. Y que la percepción por los humanos de su entorno de modo coherente y continuo, se ha conseguido por selección evolutiva de un número reducido de parámetros físicos a detectar en el mundo real. El cerebro construye con esa información fragmentaria, una imagen esquemática pero unitaria del medio que le rodea, muy accesible y con la información más relevante para la supervivencia. De igual manera, la capacidad de reflexionar y predecir las consecuencias de la conducta, tan desarrollada en la especie humana, es el resultado de esas presiones evolutivas, que han ido moldeando el cerebro durante su ascenso en la escala animal, desde la ascidia hasta el más sublime de los poetas.

La moderna neurobiología ha abordado el cerebro, tanto a partir de una perspectiva reduccionista que intenta comprender el todo mediante su descomposición en partes, como con planteamientos holistas, que tratan de explicar de manera integrada su funcionamiento. Aunque los reduccionistas son criticados por caer en un determinismo simplificador y se reprocha a los holistas proponer, sin base mecanicista, constructos teóricos especulativos sobre las funciones cognitivas, ambas aproxima-

ciones son válidas y complementarias para entender científicamente el cerebro.

El explosivo avance de los conocimientos sobre el sistema nervioso ha tenido lugar en un corto lapso de tiempo. A finales del siglo XIX, se le veía como un intrincado plexo de células y fibras nerviosas unidas entre sí, en el que no se intuía orden alguno. Poco más de cien años después, centenares de miles de investigadores lo escudriñan desde las perspectivas más diversas.

Resulta particularmente gozoso señalar aquí que esta extraordinaria aventura científica se inició en España, con el ocupante del sillón 38 de esta Academia de Ciencias, Santiago Ramón y Cajal, como indiscutido protagonista. Los descubrimientos de Cajal le condujeron a romper los esquemas vigentes, al afirmar que el cerebro estaba formado por células independientes, las neuronas, conectadas a través de sinapsis. Al sospechar la plasticidad de éstas, Cajal predijo que podrían servir de base para el aprendizaje y la memoria. Logró también trazar, con sorprendente precisión, muchos de los grandes circuitos del sistema nervioso, construyendo así un «mapa de carreteras» del cerebro que revolucionó el modo de entender éste y que sigue, hoy, vigente en gran medida. Presumió además que los impulsos nerviosos viajaban de las dendritas hacia el axón lo que le permitió colegir el camino que recorrerían en los circuitos cerebrales y hacer hipótesis, casi siempre acertadas, sobre el papel funcional de éstos.

No creo caer en la hagiografía al afirmar que Santiago Ramón y Cajal ha sido el fundador de la moderna Neurociencia, pues así lo reconoce de manera unánime la comunidad científica internacional. Cajal, al poner en evidencia por vez primera que, pese a su abrumadora complejidad, el cerebro era científicamente abordable mediante aproximaciones reduccionistas, lo zambulló de lleno en la genuina investigación experimental.

Hoy día sabemos que el cerebro humano empaqueta alrededor de ochenta mil millones de neuronas que se conectan entre sí en una proporción media de mil sinapsis por neurona. Cada una de éstas forma parte, a su vez, de un número abrumador de micro y macro circuitos diferentes.

El estudio reduccionista del cerebro se ha centrado en la definición de su estructura microscópica y molecular, el análisis funcional de la sinapsis y de la interacción entre neuronas, el funcionamiento de sus circuitos y la determinación de los mecanismos genéticos y moleculares que gobiernan el desarrollo y la plasticidad cerebrales. En paralelo y de modo complementario, las aproximaciones holistas se han enfocado a

analizar la actividad eléctrica y conductual integrada del cerebro. Con ambas vamos llegando a una razonable explicación mecanicista, coherente y detallada, de cómo el cerebro detecta e interpreta la información exterior, genera los diferentes aspectos de la cognición y elabora conductas complejas. En suma, nos acercamos a poder entender la mente.

En todas las ciencias experimentales, incluyendo las Neurociencias, los grandes avances han sido casi siempre fruto del desarrollo y aplicación inteligente de nuevas técnicas. El éxito de Cajal se apoyó en el uso del método de Golgi para teñir neuronas aisladas. Después, el registro intra o extracelular de neuronas y de parches de su membrana, probó que éstas se comunican entre sí mediante rápidas señales eléctricas, los impulsos nerviosos y definió hasta el nivel submolecular, cómo se generan y propagan tales señales. Las descargas de impulsos nerviosos constituyen el lenguaje digital de comunicación de las neuronas en los circuitos cerebrales, que se descifra en la actualidad gracias a las nuevas tecnologías de análisis computacional.

La aplicación a las Neurociencias de las potentes técnicas analíticas de la biología y la genética moleculares, de la microscopía electrónica y de fluorescencia y de la optogenética, han llevado a establecer que las neuronas no son solo diversas en su morfología y conexiones, sino que poseen una gran especificidad genética, molecular y funcional, lo que confiere características propias a cada subtipo neuronal, destacando sus características de disparo y la síntesis y liberación de neurotransmisores químicos diferentes, que activan o inhiben de manera selectiva a otras neuronas.

La sinapsis es la minúscula, pero sofisticada estructura de conexión entre neuronas. Está constituida por centenares de proteínas específicas, lo que le confiere una gran diversidad estructural y funcional y una notable plasticidad para formarse y desaparecer o modificar su sensibilidad y robustez. La aparición de nuevas sinapsis y la eliminación de otras, así como la estabilización y el aumento de eficacia de las existentes por activación repetida, da lugar a una continua reorganización y consolidación de los circuitos neuronales, lo que sustenta el aprendizaje y el recuerdo. Por el contrario, la progresiva pérdida de contactos sinápticos con la edad está detrás del deterioro de la memoria y de las actividades cognitivas, sensoriales y motoras que acompaña al envejecimiento normal o a las patologías neurodegenerativas como el Alzheimer. Otras enfermedades, como la depresión o el Parkinson, son causadas por depleción de neurotransmisores sinápticos, mientras que las drogas de abuso dañan de modo irreversible las sinapsis en los circuitos de recompensa al provocar su excitación artificial excesiva. Muchos procesos patológicos, hereditarios o adquiridos, son debidos a alteraciones en la

estructura y la función de la sinapsis, que traen consigo profundas disfunciones perceptuales, motoras, cognitivas y emocionales. La plasticidad sináptica emerge, pues, como un elemento central para la adaptación del cerebro al cambiante mundo a su alrededor. Su modulación farmacológica es una herramienta fundamental para el tratamiento de los trastornos neurológicos.

El estudio de las bases moleculares y genéticas del desarrollo temprano y la maduración del cerebro es también esencial para entender su función y patologías. El curso temporal del crecimiento y la organización morfológica y funcional de las neuronas que forman los núcleos y vías nerviosas del cerebro adulto, viene gobernado por genes que se están identificando con rapidez, al igual que ocurre con las moléculas que atraen o repelen y dirigen a su destino a los axones en crecimiento. La experiencia sensorial en etapas tempranas de la vida remodela las redes neurales, genéticamente establecidas antes del nacimiento. Durante los llamados «periodos críticos» u «óptimos» de plasticidad, las sinapsis de un circuito sensorial dado pueden ser modificadas por la información exterior. Pasado dicho periodo, el circuito se consolida y se reduce su capacidad de cambio. Por ejemplo, los sonidos propios de la especie son discriminados y consolidados de modo precoz y estable, al igual que algunos aspectos del lenguaje como la sintaxis y la fonología, mientras que la formación de circuitos cerebrales para la adquisición de nuevos elementos léxicos permanece más abierta a lo largo de la vida.

Hoy sabemos que la expresión de los diferentes genes está influenciada por mecanismos epigenéticos que integran las señales ambientales con las genómicas para controlar el desarrollo de un fenotipo particular. Así ocurre también en el cerebro, modulando su formación y plasticidad. La variabilidad de esas posibilidades genéticas ha conducido, a lo largo del desarrollo filogénico a pronunciadas diferencias intra- e inter-especies entre cerebros, y generado las peculiares capacidades del humano. Por ejemplo, la mutación hace dos o tres millones de años en el hombre de dos genes concretos, SRGAP2 y FOXP2, fue posiblemente la responsable de la mayor densidad, tamaño y plasticidad de las espinas sinápticas en neuronas motoras del cerebro humano frente a las del mono, un cambio crítico para generar funciones cerebrales más sofisticadas en nuestra especie.

El viejo debate sobre el papel de la herencia y el ambiente en la configuración final del cerebro se reorienta ahora a la obtención de datos precisos sobre cómo, dónde y cuándo los cambios ambientales y la información externa modifican por vía genética y/o epigenética la expresión de los genes que controlan funciones cerebrales específicas. Por ejemplo, en los mamíferos incluyendo al hombre, la exposición temprana de las

crías recién nacidas a experiencias adversas (separación de la madre, estrés, falta de cuidados afectivos), modifica de manera permanente su expresión génica por mecanismos epigenómicos y como resultado de ello, los patrones de su conducta adulta. Así se ha observado también en niños de orfanatos rumanos que no recibieron atención afectiva alguna y cuyas capacidades cognitivas han quedado permanentemente dañadas. Todo ello confirma la existencia en los humanos, de «periodos críticos» para la maduración intelectual y emocional, de alrededor de 24 meses para el desarrollo intelectual normal, de 20-22 meses para el establecimiento de una relación parental sana y de 16 meses para el aprendizaje normal del lenguaje, y evidencia que la percepción sensorial y emocional temprana es esencial para el desarrollo normal de las conexiones del cerebro durante los dos primeros años de vida. Otras influencias epigenéticas, más sutiles afectan igualmente al desarrollo cerebral infantil humano. Estudios recientes han mostrado la influencia de cambios epigenéticos en el oocito y los espermatozoos de los padres, que pasan a ser heredados por el embrión. Más aún, durante el embarazo y el cuidado de los hijos, se ha detectado, con imagen cerebral, modificaciones sorprendentes por mecanismos epigenéticos en algunos circuitos cerebrales de los padres, como la aparición de nuevas capacidades discriminativas y de respuesta emocional al llanto infantil y la disminución de los niveles de testosterona en el padre. Estos cambios parentales influyen a su vez, decisivamente, en la construcción pre y postnatal del cerebro de los hijos.

La caracterización morfológica, biofísica y molecular de los diferentes elementos que configuran el sistema nervioso y de su desarrollo y mecanismos de interacción es un paso necesario, pero no suficiente para explicar la generación, a través de una actuación orquestada de las neuronas, del inacabable programa de conductas que el cerebro ejecuta en los animales superiores.

A finales del siglo XIX, la única información objetiva respecto a la relación estructura-función en el cerebro humano, era la proveniente de pacientes con lesiones cerebrales, que evidenciaban de modo dramático, en qué medida las características personales y afectivas dependen de la integridad física del cerebro. El advenimiento de la Neurociencia integrativa ha aportado nuevos datos experimentales sobre el funcionamiento interactivo de grupos neuronales en animales y en el hombre. Su confluencia con la información conductual aportada por la Psicología Cognitiva, nos acerca al objetivo común de definir con un enfoque mecanicista, cómo opera el cerebro de modo integrado.

Desde la perspectiva holista, los datos experimentales existentes sugieren que la función del cerebro se ha dirigido evolutivamente hacia una

emulación de la realidad, buscando la especificación interna, en forma de actividad neuronal, de los aspectos más destacados del mundo exterior, prioritarios para la supervivencia. En el momento del nacimiento ya están establecidos muchos de esos esquemas organizativos neuronales, y su activación da lugar a imágenes coherentes (qualias, cónitos). Así, un niño pequeño se asusta frente a una araña o un rugido sin haber estado nunca expuesto antes a esos estímulos. De acuerdo con esa concepción general del cerebro, éste no es, en el momento del nacimiento, una «máquina de aprender» en blanco, sino que dispone de imágenes intrínsecas determinadas genéticamente a través de circuitos preestablecidos. Rodolfo Llinás ha llegado a proponer que el sistema nervioso central es, en esencia, un sistema cerrado, que genera imágenes intrínsecas (pensamientos o predicciones) La información sensorial y motora modularía de modo específico esos estados internos. La cognición sería así un estado funcional apriorístico del cerebro, que no necesita ser aprendido, sino que ha resultado de la evolución filogenética e incluye capacidades como las de ver colores, oír sonidos o adquirir el lenguaje. Solo el contenido de la cognición referido a los aspectos propios del entorno concreto del individuo, requeriría un aprendizaje, adaptado a su mundo particular.

No obstante, para confirmar estas especulaciones será necesario individualizar los componentes de la actividad unificada del cerebro y modelar las capacidades computacionales de las redes neuronales interactivas que lo forman. En 1943, Warren McCulloch y Walter Pitts diseñaron matemáticamente la primera neurona artificial y postularon que el pensamiento podía ser reducido a los conceptos básicos de la lógica binaria. Tras setenta años de espera, cabe decir que esta predicción era, en el mejor de los casos, muy optimista. Los intentos de desarrollar modelos neurales están muy lejos todavía de reproducir el procesamiento en paralelo de la información que realizan las redes del cerebro real, o la capacidad de las mismas de modificar, por iniciativa intrínseca, el procesamiento y uso multipotencial de la información. Hasta ahora solo se ha conseguido medir la actividad individual en redes multineuronales sencillas y elaborar con ella modelos muy simples, capaces solo de replicar a nivel rudimentario, la conducta *in vivo*.

No obstante, el neocortex cerebral está construido, en esencia, por un microcircuito básico (la columna cortical), repetido en paralelo con pequeñas diferencias regionales, que constituye hipotéticamente, una unidad computacional independiente en la que podría definirse la arquitectura, conexiones y actividad individual de cada neurona para inferir la capacidad computacional de una columna y finalmente la de los macrocircuitos formados por la interconexión de tales unidades y definir así las capacidades computacionales conjuntas del cerebro.

En esa línea, el Human Brain Project de la Unión Europea busca construir simulaciones que permitan la reproducción *in silico* de procesos como la cognición y las conductas complejas, propios del cerebro humano y desarrollar computadores neuromórficos que imiten el modo de manejar la información que emplea el cerebro. No es descabellado imaginar que, en unos años, el estudio de los mecanismos cerebrales de computación pase de los biólogos a los físicos, matemáticos e informáticos, que deberán liderar el intento de modelar los aspectos cognitivos del cerebro y clarificar si nuestro pensamiento tiene además componentes no computables, como todavía discuten los investigadores en inteligencia artificial.

Por el momento, los nuevos métodos de registro y estimulación externa del cerebro humano, como la imagen cerebral funcional, la magneto- y la electroencefalografía y la estimulación cerebral eléctrica y magnética, permiten ya medir y eventualmente estimular en seres humanos alerta, la actividad neuronal de áreas y estructuras cerebrales concretas asociadas experiencias sensoriales, emocionales o intelectuales complejas, correlacionándolas con la activación de determinados grupos neuronales. Igualmente es posible registrar durante la neurocirugía, la actividad de neuronas individuales en pacientes despiertos, asociada a experiencias subjetivas.

¿Adónde nos lleva todo ese nuevo conocimiento científico sobre el sistema nervioso y la mente humana?

En primer lugar a tratar de prevenir y curar las patologías del cerebro. Las enfermedades nerviosas y en particular las conductuales y neurodegenerativas, son devastadoras a nivel personal y familiar, persisten de por vida y sus tratamientos son aún limitados y poco específicos. Representan en términos socioeconómicos el 50% de la carga por enfermedad en la Unión Europea. Cuando se entienda el origen de cada enfermedad en términos genéticos y moleculares y sus mecanismos fisiopatológicos, será posible prevenirlas y tratarlas de modo mucho más efectivo.

El diseño de nuevos fármacos que modulen la neurotransmisión en circuitos neurales concretos, en especial los de recompensa, permitirá la terapia de las enfermedades llamadas 'mentales' que afectan a uno de cada 5 habitantes del mundo y entre las que destaca la depresión, padecida por el 11% de los europeos. El consumo de drogas de abuso y de alcohol, un grave problema socioeconómico, podrá también combatirse científicamente cuando hayamos definido sus condicionantes genéticos, los mecanismos moleculares y celulares de la dependencia y los cam-



bios morfo funcionales, que las drogas inducen en los circuitos cerebrales.

Los avances de la neuroingeniería han perfeccionado la interacción cerebro-máquina y abren la opción de disponer de prótesis visuales artificiales para los ciegos, de nuevos sistemas interactivos de comunicación en pacientes con daño cerebral o de prótesis inteligentes controladas por la actividad cerebral, para la recuperación motora.

Pero el impacto social e individual de las Neurociencias y sus nuevas tecnologías se extiende mucho más allá del terreno estrictamente médico.

Por ejemplo, para desarrollo de nuevos sistemas educativos. El aprendizaje es, en esencia, un proceso de remodelación de los circuitos cerebrales. Los métodos educativos deben dirigirse a potenciar los mecanismos neuronales implicados en el aprendizaje, ajustándose a datos científicos objetivos, como la capacidad cerebral de almacenar información o el modo óptimo de estimular las interconexiones neuronales, a fin de alcanzar el máximo rendimiento mental en cada individuo.

Los sistemas de Justicia piden a las ciencias del cerebro respuestas objetivas a preguntas con las que se enfrentan cada día: ¿Es una persona concreta responsable de su conducta?, ¿cuál era su «estado mental» objetivo en el momento de cometer un delito y disponía de capacidad real para actuar de otro modo? ¿Qué efectos tiene la adicción a las drogas, la adolescencia o la senectud sobre la capacidad de controlar la propia conducta? ¿Miente una persona? ¿En qué medida está dañado un cerebro? El uso de la imagen cerebral proporciona ya información complementaria, útil para ayudar a decidir sobre esos temas. El concepto de que el hombre dispone de una total libertad de decisión es más voluntarista que real y sus límites han quedado patentes con datos científicos que revelan, por ejemplo, una objetiva inmadurez en el desarrollo cortical de los circuitos de control de conductas impulsivas en los adolescentes, o conductas descontroladas por alteración de áreas corticales específicas, lo que está dando lugar a cambios en el sentido final de algunas decisiones judiciales.

En el ámbito laboral, se demanda el uso de técnicas de imagen cerebral para desenmascarar simulaciones o para la selección de empleados, con la intención de descubrir una personalidad determinada a partir de un perfil funcional cerebral inconsciente. Exploraciones similares se emplean también en Economía para analizar los mecanismos cerebrales de adopción de decisiones o evaluar preferencias hacia productos o situa-

ciones, a través de la eventual activación de los circuitos emocionales y de recompensa del cerebro.

Recordemos por fin, que la industria del recreo sigue de cerca los progresos de 'la computación antropomórfica' y la mejora continua de la interacciones cerebro-máquina y de la robótica, para hacer comercialmente viable una «realidad virtual plurisensorial», que permitiría activar todos los sistemas de percepción sensorial de manera artificial, creando una representación mental falsa de la realidad, casi indistinguible de la verdadera.

A nadie escapan las serias implicaciones éticas y los riesgos de un uso abusivo del creciente conocimiento funcional del cerebro y de las tecnologías que pueden explotarlo. ¿Hasta dónde aceptaremos llegar en la definición planificada de las características genéticas del cerebro de un hijo futuro o en mejorar determinadas características funcionales de un cerebro adulto (su memoria, coordinación motora o tolerancia al dolor)? ¿Cuáles son los límites éticos a la lectura de la actividad cerebral asociada a pensamientos, deseos o sentimientos íntimos, o a la introducción directa, en los circuitos cerebrales, de señales externas a través de estimulación, que el sujeto interpretará como propias e incorporará a sus procesos mentales y a su memoria?

Estas y muchas otras, son cuestiones candentes, sobre las que la sociedad se verá pronto forzada a definirse, trazando límites éticos y legales al uso de la información científica sobre la mente humana. También obligará a reconsiderar muchas convenciones e ideas preconcebidas sobre motivaciones y valores en la vida personal y social de los humanos.

Si los avances de la Neurociencia pueden parecer potencialmente temibles, también invitan al optimismo. Nos muestran que la rígida concepción determinista de un cerebro fatalmente condicionado por su herencia y por azarosas mutaciones genéticas es afortunadamente simplista, a la vista de la riqueza de los mecanismos epigenéticos, que permiten ampliar la plasticidad y las posibilidades de modificación social y cultural de la conducta humana.

La investigación del cerebro lo descubre como una frágil estructura, que requiere mimo para alcanzar su óptimo nivel de desarrollo y puede ser fácilmente dañada, en especial durante las etapas más tempranas de la vida con el maltrato, el estrés o la malnutrición pero también, aunque de modo más sutil, con la eliminación de la experiencia cognitiva y afectiva que proporcionan la educación y la cultura. La ciencia ratifica con datos objetivos, la intuición de que ofrecer al ser humano desde la cuna

una rica educación intelectual y afectiva, es la mejor manera de garantizar su futuro personal.

Al describirles los avances recientes del conocimiento sobre el cerebro, comencé con las ideas de los filósofos y he terminado con los logros de los científicos. Permítanme por ello la licencia de cerrar este Discurso, recurriendo al filósofo Ortega y Gasset y al científico Ramón y Cajal, para sintetizar lo que la moderna Neurociencia parece decirnos sobre la mente humana y combinar, desenfadadamente, dos frases famosas de ambos: «Los humanos son el yo y su circunstancia, pero también, si se lo proponen, escultores de su propio cerebro».

Muchas gracias.