

ARCHIVO HISTÓRICO



El presente artículo corresponde a un archivo originalmente publicado en **Ars Medica, revista de estudios médicos humanísticos**, actualmente incluido en el historial de **Ars Medica Revista de ciencias médicas**. El contenido del presente artículo, no necesariamente representa la actual línea editorial. Para mayor información visitar el siguiente vínculo: <http://www.arsmedica.cl/index.php/MED/about/submissions#authorGuidelines>

Historia del Desarrollo del Mapa de la Mente

Dr. Jorge González Hernández
Prof. Auxiliar Asociado
Depto. De Neurología, Módulo Docente
HUAP
PUC

Dra. Rommy von Bernhardi M.
Profesora Adjunta
Depto. De Neurología
PUC

Resumen

Aunque el desarrollo de la neurología y psicología se remonta cientos de años, la investigación en neurociencias a gran escala es un logro del siglo XX. En estos últimos 100 años, se ha generado gran parte del cuerpo de conocimientos que sustenta nuestra visión general del sistema nervioso. Numerosas características bioquímicas, fisiológicas, farmacológicas y estructurales del cerebro han sido descritas, primero en invertebrados y luego en vertebrados. En los últimos años, esfuerzos importantes han sido destinados también a definir las bases de las funciones de percepción, emoción, memoria, atención y cognición. Por último, tanto los métodos experimentales como la observación de individuos (a menudo pacientes) con lesiones definidas nos han permitido asociar ciertas funciones a regiones neuroanatómicas específicas. Como resultado, hoy tenemos un campo de estudio del cerebro y las ciencias cognitivas (mente) tan bullente en información como en incógnitas de compleja solución. El misterio de la relación mente/cerebro es un viaje apasionante a través de un laberinto de información, hipótesis y teorías, que captura tanto al estudioso de la biología como al matemático o al filósofo. De hecho, solo parece razonable enfrentar tamaña tarea desde las trincheras de la interdisciplinariedad, dada la multiplicidad de los componentes y su naturaleza que solo emerge desde un todo coherente.

palabras clave: mente; cerebro; historia; neurofisiología; neuropsicología.

HISTORY OF THE DEVELOPMENT OF THE MIND MAP

Although the development of neurology and psychology dates back to hundreds of years, the research on a large scale of neurosciences is an accomplishment of the 20th century. In the last 100 years a great deal of knowledge that supports our general vision of the nervous system has been generated. Several biochemical, physiological, pharmacological and structural features of the brain have been described, first in invertebrates and later in vertebrates. In the last years, important efforts have also been directed to define the bases of perception, emotion, memory, attention and cognition functions. Finally, the experimental methods as well as the observation of individuals (frequently patients) with defined lesions, have allowed us to associate certain functions to specific neuroanatomic regions. As a result, today we have a study field of the brain and the cognitive sciences (the mind) full of information as well as problems of complex solution. The mystery of the relationship mind/brain is a passionate trip through a labyrinth of information, hypothesis and theories, that captures biologists as well as mathematicians and philosophers. In fact it seems reasonable to face such work with an interdisciplinary approach, due to the nature of its multiple components to achieve a coherent whole.

Key words: mind; brain; history; neurophysiology; neuropsychology.

Desde épocas remotas, el hombre ha intentado explicarse los mecanismos involucrados en los procesos mentales y las conductas humanas, elaborando variados modelos de acuerdo con los recursos y creencias de cada época y lugar. En general, han predominado dos categorías de modelos explicativos, el dualista y el monista. Según el modelo dualista, cuyo principal representante es René Descartes, la conducta humana sería el resultado de la interacción de una sustancia de naturaleza espiritual con otra material, el cuerpo. Para los monistas (representados por Baruch Spinoza), los procesos mentales son producto exclusivo de la actividad física cerebral; sin cerebro, no hay mente. Las consecuencias filosóficas derivadas de estos dos modelos son evidentes y, de hecho, muchos de los personajes involucrados a lo largo de la historia han tenido marcadas inclinaciones en este sentido.

La comprensión de cada estructura o función del cerebro es una de las pocas aproximaciones de las que disponemos como investigadores para examinar los elementos de este complejo problema. Así, el objetivo de este artículo es revisar, desde una perspectiva histórica, solo algunos de los hallazgos científicos que nos han permitido ir construyendo el aún incompleto mapa funcional de la actividad cerebral y aventurar su correlación con la conducta. Hay otros aspectos conceptuales, como los genéticos y del medio ambiente, que se reconocen esenciales. Sin embargo, con el objeto de centrar esta línea histórica en la relación anatómico-funcional, y sin pretender minimizar su importancia, no serán discutidos.

Los antiguos egipcios pensaban que el alma se asentaba en el corazón, el cual era pesado en una balanza en el más allá para evaluar la justicia de los actos cometidos, y así poder definir el destino del alma después de la muerte. El cerebro, en cambio, era considerado inservible y desechado durante los ritos de momificación y preparación para la vida eterna¹. En la antigua Grecia, con el advenimiento de los médicos filósofos, se produjeron importantes avances en el conocimiento del sistema nervioso. De hecho, muchos de estos conocimientos fueron olvidados y redescubiertos varios siglos después. En el siglo V a. C., el griego **Alcmeón de Crotona**, discípulo de Pitágoras, basándose en autopsias de animales, describió el nervio óptico como el conducto que transporta las sensaciones visuales y la trompa de Eustaquio las auditivas. En el cerebro, estas sensaciones se hacían conscientes, teniendo cada una de ellas una localización particular². En ese mismo siglo, **hipócrates de Cos** planteaba que el cerebro, además de ser sede de la inteligencia, regulaba las emociones y era el asiento de algunas enfermedades que afectaban la conducta. Al observar las alteraciones cerebrales de cabras epilépticas, Hipócrates concluyó que la “enfermedad sagrada” tenía las mismas causas naturales que las demás enfermedades. Es notable el cambio de paradigma epistemológico de la visión hipocrática, en el sentido de que la razón debe necesariamente validarse con la observación, noción fundacional de la actual medicina científica³.

En el siglo III a. C., **herófilo de Calcedonia** es señalado como el primer científico que practicó disecciones humanas, 1.800 años antes que Vesalio. Además de describir numerosas estructuras neuroanatómicas, postula nuevamente al cerebro como sede de la inteligencia, otorgándole especial importancia a los ventrículos. Describe los nervios sensitivos y motores como conductos, originados en el cerebro y la médula espinal, a través de los cuales se distribuye el *pneuma* a diferentes sectores del organismo. Lamentablemente, sus escritos se extraviaron y el

conocimiento se perdió, probablemente en relación con la decadencia de Alejandría y el incendio de su biblioteca, para ser redescubierto casi 2.000 años después⁴.

Galeno de pérgamo, en el siglo II d. C., compila los conocimientos de la época, aportando elementos observados durante las numerosas autopsias que practicó en animales. Plantea que el espíritu vital, ingresado a la sangre desde los pulmones, es transportado al cerebro a través de los grandes vasos. A nivel de los ventrículos laterales, se transforma en espíritu animal, el cual está sometido a la influencia de los sentidos, siendo el sustrato sobre el que se desarrolla el conocimiento. A través del acueducto de Silvio, el espíritu animal pasa a la médula y a los nervios, como agente inductor de las sensaciones y movimientos⁵. El modelo galénico siguió vigente más allá de la Edad Media, con algunas diferencias respecto al sitio en que radicaba la psique. Algunos eruditos, entre ellos **San Agustín** (354-420), la situaban en los ventrículos cerebrales; otros, como **Berengario di Caprio** (1457-1519), en la *rete mirabile*, red de vasos ubicada en la base del cráneo. El cuerpo era considerado un simple vehículo a través del cual se manifestaba el alma, de naturaleza inmaterial. Los ventrículos cerebrales, al considerarse cavidades vacías, constituían el sitio más lógico de interacción mente-cuerpo. Se reconocían tres ventrículos, siendo el anterior asiento de las percepciones, el medio, de la razón y el posterior, de la memoria. El resto del cerebro solo se considera como una estructura de soporte y enfriamiento⁶.

En 1543, el médico belga **Andrés vesalio**, realizando disecciones en criminales ejecutados, concluye que la *rete mirabile* no existe en el hombre, que la estructura del cerebro es muy diferente a la planteada por Galeno y que los ventrículos cerebrales no son portadores de ningún espíritu. Acusado de herejía, debió peregrinar a Tierra Santa, falleciendo en un naufragio cerca de la isla griega de Zante⁷.

En el siglo XVII, el filósofo francés **René Descartes** denomina a la substancia espiritual *res cogitans* y a la material *res extensa*. Define que la *res extensa* se comporta según las leyes de la mecánica y es, por tanto, objeto de la ciencia. La *res cogitans* carece de sustancia física, no obedece a ninguna ley natural y se puede conocer solo a través de la introspección u otros medios especulativos. Postula que la glándula pineal sería el punto anatómico de relación entre estas dos substancias, ya que, al constituirse como una glándula impar, de localización central y rodeada de líquido cefalorraquídeo, se prestaba para estos fines^{8,9}. Pocos años después aparece la monumental obra del científico inglés **thomas Willis**, conocido por el polígono arterial de la base de cráneo que lleva su nombre, quien realizó las primeras correlaciones clínico-patológicas en humanos. Considerado el padre de la neurología, Willis desarrolló avanzadas técnicas de disección cerebral en cadáveres y de experimentación en animales. Basado en sus estudios, reconoció la relevancia funcional del tejido cerebral, localizando las capacidades sensorio-motoras en el cuerpo estriado, la inteligencia, en el cuerpo caloso y la memoria, en la corteza cerebral¹⁰.

En el siglo XVIII, el neuroanatomista vienés **franz Josef Gall** propone que la actividad mental estaría compuesta por 27 capacidades, cada una de las cuales se relacionaba a una localización cerebral específica. Si bien es cierto que la mayoría de estas correlaciones fueron descartadas en investigaciones posteriores, el hecho de plantear la existencia de subfunciones cognitivas y buscar una correlación anatómica específica para ellas permitió que otros investigadores,

utilizando un paradigma similar, realizaron descubrimientos impresionantes. Las implicancias de estas observaciones afectaron las más diversas disciplinas, e incluso la concepción del hombre. Gall, por ejemplo, consideraba la conducta humana como determinada por su estructura cerebral particular, razón por la cual no correspondía otorgarle una connotación valórica a sus actos¹¹.

En 1848, el médico estadounidense **John Martin harlow** describió el espectacular caso de un paciente, Phineas Gage, quien logró sobrevivir luego de que una barra de hierro accidentalmente le atravesara el cráneo, destruyendo a su paso las regiones cerebrales prefrontales. Harlow relata en su publicación el marcado trastorno de personalidad sufrido por Gage después del accidente, quien se transformó en un individuo irreverente, irresponsable, profano y caprichoso, con manifiesta dificultad para planificar y tomar decisiones. Estos cambios, atribuidos a su daño cerebral, lo llevaron a vivir innumerables peripecias, entre ellas, una estancia de siete años en Chile. Aunque los pormenores nos son prácticamente desconocidos, al parecer conducía diligencias entre Santiago y Valparaíso. El artículo de Harlow no tuvo mayor peso internacional en su momento; sin embargo, ha pasado a la historia como una de las mejores descripciones del síndrome prefrontal, y destacando además la importancia de estas regiones para el control de la conducta¹².

En 1861, el cirujano francés **paul Broca** presentó ante sus colegas de la Sociedad Antropológica de París el cerebro del afásico monsieur Leborgne, fallecido el día anterior. Concluye, de acuerdo con la ubicación de la lesión, que el lenguaje articulado se sitúa en el pie de la tercera circunvolución frontal izquierda. Con este fuerte espaldarazo, dado por la demostración de la utilidad de las correlaciones anátomo-clínicas, el localizacionismo logra despegar, sucediéndose los nuevos descubrimientos uno tras otro¹³. En 1870, el médico germano **Carl Wernicke** presenta el caso de dos pacientes con alteración del lenguaje que, a diferencia de lo descrito por Broca, presentaban un defecto importante en la comprensión, mientras la fluidez era normal. El estudio post mórtem demostró la existencia de una lesión en la primera circunvolución temporal izquierda. La interpretación de Wernicke fue que diferentes aspectos de una misma función cognitiva, en este caso el lenguaje, están representados en diferentes áreas de la corteza. Estas áreas, a su vez, se relacionan entre sí a través de fascículos nerviosos, creando circuitos responsables de dicha función. Esta teoría, denominada **asociacionismo** o **conexionismo**, ha resultado útil también para la explicación de otras funciones, como la memoria, emociones, funciones ejecutivas y praxia^{14, 15}. Durante ese período se pueden rescatar varias contribuciones desde el ámbito de la anatomía patológica al estudio de la localización de las funciones cerebrales. Como el aporte constituido por los trabajos realizados en 1892 por el francés **Joseph Dejerine**, quien relaciona el giro angular izquierdo con la lectura; el alemán **hugo liepmann**, quien describe en 1900 las apraxias y su correlación con alteraciones en estructuras corticales del hemisferio izquierdo y el cuerpo calloso; el neuropsiquiatra austriaco **Josef Gerstmann** quien relaciona en 1924 la capacidad de calcular y el reconocimiento de los dedos al lóbulo parietal izquierdo; y el estadounidense **paul Mac lean**, quien relacionó en 1952 el sistema límbico a las emociones¹⁶.

En forma paralela y luego de que el físico italiano **luigi Galvani** realizó, alrededor de 1800, los primeros experimentos de estimulación con corriente eléctrica en seres vivos, hubo un desarrollo exponencial de esta tecnología, la cual fue especialmente utilizada para el estudio del sistema nervioso. En 1870, los fisiólogos alemanes **Gustav fritsch** y **Eduard hitzing** demostraron, a

través de experimentos de electroestimulación en perros, la importancia de la circunvolución prerrolándica en la génesis del movimiento¹⁷. En 1949, el italiano **Giuseppe Moruzzi** junto al estadounidense **horace Magoun** demostraron que la electroestimulación de la formación reticular del tronco cerebral era capaz de provocar la reacción de despertar, desorganizando el electroencefalograma de modo similar a lo que se observa en la vigilia. Con estos estudios, se sientan las bases para el estudio científico de la conciencia¹⁸. Posteriormente, el desarrollo de la cirugía de la epilepsia, a mediados del siglo XX, requirió la realización de un mapeo cerebral preciso antes de la resección del tejido dañado, de modo que el enfermo quedara con las menores secuelas posibles. A través de la electroestimulación en el paciente despierto, se podían evaluar los síntomas, movimientos o sensaciones producidos al estimular regiones específicas del cerebro. El análisis de los resultados de numerosos sujetos permitió perfeccionar el mapa funcional de la corteza cerebral.

Uno de los pioneros en esta técnica de mapeo electrofisiológico fue el neurocirujano **Wilder penfield**, mejor conocido por su descripción del homúnculo motor en la corteza prerrolándica. Nacido en Estados Unidos, fundó el Instituto Neurológico de Montreal en 1934, donde desarrolló la mayor parte de su actividad científica. Uno de los casos más famosos intervenidos en este centro fue el paciente HM, quien era un joven de 27 años, con epilepsia refractaria con focos en ambos lóbulos temporales. Dada la mala calidad de vida que tenía, se decidió en 1953 someterlo a una extirpación temporal medial bilateral, cirugía que incluía las formaciones hipocampales. Efectivamente, sus crisis disminuyeron en forma importante después de la intervención, e incluso su coeficiente intelectual aumentó respecto a una evaluación preoperatoria. Sin embargo, HM perdió la capacidad de almacenar nueva información en su memoria más allá de unos pocos segundos. Esta evolución fue sin duda sorprendente, ya que todos los estudios realizados hasta entonces habían concluido que no existía una estructura particular encargada de la memoria, sino que esta dependía de la corteza cerebral en globo, por lo que la pérdida de memoria habría sido proporcional a la magnitud y la extensión del daño cortical. La psicóloga **Brenda Milner**, colaboradora de Penfield, a través de múltiples estudios, concluyó que HM recordaba la mayoría de los sucesos ocurridos previo a la cirugía y era capaz de desarrollar nuevas habilidades, pero estaba totalmente inhabilitado para recordar sucesos ocurridos después de la intervención. De hecho, aun cuando transcurrieron muchos años, la biografía de HM quedó suspendida en el momento de la cirugía. Se extrañaba de lo envejecido que estaba al mirarse en el espejo, pensaba que aún tenía 27 años o que el presidente de la república era el mismo que en la época de la operación. Aun cuando se trató de un suceso lamentable, el estudio de este caso permitió conocer que diferentes estructuras anatómicas estaban involucradas en el almacenaje de conocimientos conceptuales (memoria semántica), el aprendizaje de nuevas destrezas (memoria procedural) y el aprendizaje de nuevas experiencias (memoria episódica)¹⁹.

Pero la búsqueda de terapias quirúrgicas para la epilepsia revelaría la función de otras estructuras esquivas al escudriñamiento de los neurocientíficos. La función del cuerpo caloso, una estructura gruesa formada por 200 millones de axones, que une ambos hemisferios cerebrales entre sí, se desconocía de manera concluyente, a pesar de los numerosos estudios realizados a principios del siglo XX con el fin específico de comprender su función. La sección del cuerpo caloso en animales no producía alteraciones evidentes y la agenesia “pura” del cuerpo caloso en humanos podía pasar

inadvertida. Lo que sí se sabía, era que el cuerpo calloso constituye la vía de propagación de las crisis epilépticas focales al hemisferio contralateral, generando convulsiones generalizadas. Esto podía impedirse en animales de experimentación, mediante su sección. En 1961, los neurocirujanos estadounidenses **Philip Vogel** y **Joseph Bogen** aplicaron esta técnica en pacientes con epilepsia severa refractaria a tratamiento. Desde el punto de vista médico, la operación fue todo un éxito. La generalización de las crisis epilépticas se previno, sin apreciarse complicaciones clínicas relevantes. Encargaron además a **Roger Sperry**, psicólogo del Instituto de Tecnología de California, la evaluación neuropsicológica de los pacientes. Sperry desarrolló un artilugio mediante el cual podía entregar estímulos visuales solo al campo visual correspondiente a un hemisferio, sin que el otro se enterara dada la sección callosa. Los hallazgos fueron sorprendentes. Al enviar señales al hemisferio izquierdo, el individuo tenía plena conciencia de ellas y podía comentarlas. Sin embargo, no ocurrió lo mismo con el hemisferio derecho. Si bien las señales al hemisferio derecho eran capaces de generar conductas, el individuo no era consciente del estímulo que las había gatillado y, más aún, inventaba una explicación razonable a la conducta que presentaba. Dado que en la mayoría de los individuos los centros del lenguaje radican en el hemisferio izquierdo, la interpretación de estas observaciones es que nuestra conciencia reflexiva está íntimamente relacionada a estos centros. Aunque el hemisferio derecho también es capaz de generar conductas, el motivo de éstas es desconocido para el “yo parlante” del individuo callosotomizado, el cual de todos modos necesita darle una justificación razonable a su acción, inventándola cuando no está disponible. La analogía entre este yo parlante y el consciente freudiano es inevitable. Sperry recibió el premio Nobel de Medicina en 1981. Los estudios de pacientes callosotomizados también han permitido determinar con mayor precisión las actividades para las que cada hemisferio es más hábil; el izquierdo para el lenguaje, cálculo, destrezas motoras y memoria verbal; mientras que el derecho es dominante para actividades visoespaciales, respuestas emocionales, memoria visual y manejo de sonidos no verbales, como la musicalidad^{20, 21}.

Además de los estudios biomédicos y neuroanatómicos, numerosas disciplinas y descubrimientos tecnológicos han contribuido al estado actual de las neurociencias y en particular del conocimiento generado en torno a la relación mente/cerebro. El desarrollo de la microscopía y el planteamiento de la teoría neuronal por el español **Santiago Ramón y Cajal** (premio Nobel de Medicina en 1906) nos han permitido comprender la complejidad del tejido cerebral, aquello que nuestros antepasados definían como una masa homogénea similar al queso, fría, exangüe y, por consiguiente, incapaz de generar alguna función relevante^{22, 23}. Los avances en bioquímica, informática, neuroimágenes y neuropsicología han llevado a algunos científicos a plantear teorías que intentan explicar la emergencia de la mente exclusivamente a partir del sustrato neuronal, acercándose cada vez más al monismo²⁴. Sin embargo, este no es un tema zanjado ni mucho menos. Si bien es cierto hoy podemos comprender la capacidad de instrumentos, como los ordenadores, para realizar tareas complejas, la emergencia de la conciencia y el pensamiento aún plantea fuertes dilemas. Aunque muchos científicos están empeñados en crear artefactos conscientes, han tenido que enfrentarse a problemas que parecen muy difíciles de solucionar. Uno de ellos es definir cómo se determina la existencia de conciencia en un ser cualquiera. En el humano, asumimos que un individuo es consciente si presenta una conducta acorde con este estado; sin embargo, esto es solo una suposición, ya que solo podemos tener la certeza absoluta de la conciencia en nosotros mismos. La existencia de una conducta consciente versus automática en un animal o insecto ya es materia de debate; y llegar a determinar si una máquina

posee esta propiedad se torna en una tarea prácticamente imposible con el nivel de conocimiento actual.

Pero más allá de las posibles dificultades técnicas, nuestra comprensión de la relación mente/cerebro es relevante para la definición como persona humana. Es potencialmente planteable que, si nuestra mente estuviera efectivamente determinada exclusivamente por la estructura material del cerebro, esta debería responder a las leyes de causalidad y, por lo tanto, nuestras conductas estarían determinadas por la constitución de nuestro cerebro. ¿Significaría esto que la aparente libertad en el pensar o actuar sería solo una ilusión? Por otra parte, desde una perspectiva dualista, cabría preguntarse (como se hace de hecho) cuáles serían los atributos del alma inmaterial y de qué manera esta podría relacionarse con el cerebro, de modo de explicar de una manera coherente las observaciones clínicas y experimentales relativas a la cognición.

Es necesario reconocer con humildad que quienes dedicamos nuestro esfuerzo al estudio de variados aspectos del sistema nervioso carecemos de la información suficientemente detallada y relevante que es esencial para entender el comportamiento de animales, incluyendo el hombre. Todos los avances, maravillosos en su aporte y meritorios en su consecución, apenas logran rasguñar la superficie de la inmensidad que supone la mente humana, la adquisición de conocimientos, la toma de decisiones, los afectos, las motivaciones. El problema supera al estudioso en conocimiento y técnica. En ausencia de ese conocimiento y abordaje experimental necesarios, la ciencia busca la ayuda de modelaciones, programas computacionales y teóricos; o se están moviendo hacia la filosofía²⁵. Durante siglos el tema de la relación mente-cerebro ha entusiasmado a filósofos, científicos y religiosos. Estamos lejos de resolver el problema; con seguridad, continuará siendo un tema de primera actualidad por mucho tiempo.

Citas

¹ Zucconi L. "Medicine and religion in ancient Egypt". *Religion Compass* 2007; 1: 26-37.

² González J. "Evolución histórica de la relación mente-cerebro". *Cuadernos de Neurología*. 1997; 22: 28-33.

³ González J. "Hipócrates: ¿El padre de la medicina?". *Hélade* 2002; 4: 7-13.

⁴ Wills A. "Herophilus, Erasistratus, and the birth of neuroscience". *Lancet* 1999; 354: 1719-1720.

⁵ Barcia-Salorio D. "Introducción histórica al modelo neuropsicológico". *Rev Neurol*. 2004; 39: 668-681.

⁶ Barcia-Salorio D., óp. cit.

⁷ Hansotia P. "A neurologist looks at mind and brain: the enchanted loom". *CM&R* 2003; 1: 327-332.

⁸ González J. (1997), óp. cit.

⁹ Barcia-Salorio D., óp. cit.

¹⁰ Molnár Z. “Thomas Willis (1621-1675), the founder of clinical neuroscience”. *Nature Reviews Neuroscience*. 2004; 5: 329-335.

¹¹ Barcia-Salorio D., óp. cit.

¹² Larner A, Leach J. “Phineas Gage and the beginnings of neuropsychology”. *ACNR*. 2002; 2: 26.

¹³ García-Albea R., García-Albea M. “Cerebro, mente y síntoma”. *Rev Neurol* 2006; 42: 438-443.

¹⁴ Barcia-Salorio D., óp. cit.

¹⁵ Jeannerod M. (1999). *De la fisiología mental*. Dolmen Ediciones, Santiago, pág. 55.

¹⁶ Hansotia P., óp. cit.

¹⁷ Fritsch G., Hitzing E. Über die elektrische Erregbarkeit des Grobhirns. *Archiv für Anatomie* 1870; 37: 300-332.

¹⁸ Moruzzi G., Magoun H. “Brain stem reticular formation and activation of the EEG”. *Electroencephalogr Clin Neuro*. 1949; 1: 455-473.

¹⁹ Carter R. (1999). *Mapping the mind*. University of California Press, California, pág. 169.

²⁰ Barcia-Salorio, D., óp. cit.

²¹ Hughdahl K. “Symmetry and asymmetry in the human brain”. *European Review* 2005; 13: 119-133.

²² Zimmer C. “A distant mirror for the brain”. *Science*. 2004; 303: 43-44.

²³ Fernández-Armayor V. “Los 100 años del premio Nobel”. *Rev Neurol* 2006; 43: 65-66.

²⁴ Price B., Adams R., Coyle J. “Neurology and psychiatry. Closing the great divide”. *Neurology*. 2000; 54: 8-14.

²⁵ Crick F., Koch C. “Consciousness and neuroscience”. *Cerebral Cortex*. 1998; 8: 97-107.