



## Neurofisiología y funciones mentales

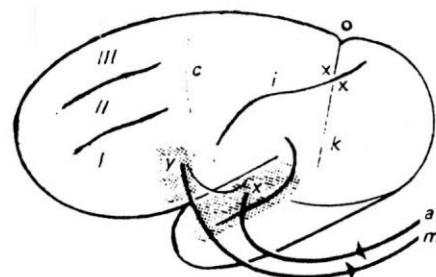
- **Carlos Moreno B, MD. Profesor Asistente, Departamento de Ciencias Fisiológicas. Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia.**

El editor de la revista Nature, al comentar una revisión sobre el estado de las neurociencias, el 15 de octubre de 1981, afirmó: "En cierto sentido, las neurociencias están en el filo de la navaja de la nueva biología. Enriquecidas por la información novedosa y fortalecidas con un desfile vertiginoso de nuevas técnicas, están comprometidas con una de las más molestas y antiguas preguntas: ¿Cómo lleva a cabo sus funciones la representación física de la mente, llamada cerebro? Pero en otro sentido, las neurociencias incluyen algunas de las investigaciones más fastidiosas. El continuo progreso de la técnica, tan veloz como podamos imaginarlo, es con frecuencia una fuente de frustración y desilusión para los investigadores. Lo que está de moda este año con las neuronas, puede ser el descarte del próximo ... En general, las neurociencias están en el negocio de fabricar ladrillos sin barro" (1).

Hoy, 12 años después, cuando empezamos a recorrer la denominada "década del cerebro", se puede considerar que la situación es similar. La neurofisiología que surge como disciplina a finales del siglo XVIII y se consolida a mediados del siglo XIX, con los trabajos de Claude Bernard, no ha podido resolver aún preguntas fundamentales sobre la función del cerebro, a pesar de los avances tecnológicos contemporáneos.

El "modo de ser" del pensamiento moderno, no ha tenido un cambio significativo desde Descartes. El mecanicismo cartesiano con base en la mecánica de fluidos y el movimiento de los "espíritus animales", persiste en los modelos actuales del funcionamiento cerebral, basados en los computadores de la última generación.

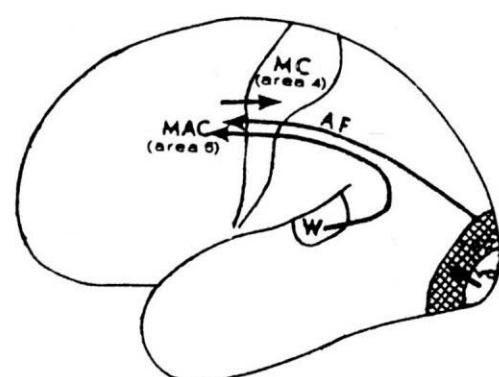
El concepto de arco reflejo, como un mecanismo de control de circuito abierto, sin retroalimentación, todavía reina en algunas explicaciones neurofisiológicas. Por ejemplo, el modelo asociacionista de la organización cerebral del lenguaje concebido por Wernicke en 1874(2)(Figura 1), no difiere en gran medida del propuesto por Geshwind, a partir de la explicación de los síndromes de desconexión (3).



**Figura 1.** Esquema del mecanismo cortical del lenguaje, según Wernicke (2).

En este modelo, se considera, una vía aferente (auditiva) que llega al lóbulo temporal izquierdo (área de Wernicke), un centro de integración mediado por el fascículo arcuado y finalmente una vía eferente, motriz, conformada por las áreas de Broca, seis y cuatro, del mismo hemisferio.

Si bien no se desconoce la retroalimentación auditiva que está alterada en las afasias fluidas (Tipo Wernicke), aquella no se representa en el modelo. Algo similar, sucede en su modelo de desconexión para explicar las apraxias (4)(Figura 2).



**Figura 2.** Modelo esquemático de desconexión en las apraxias, según Geschwind (3).

El dualismo cartesiano mantiene cautivo el pensamiento de numerosos científicos y de la misma medicina. Algunos ejemplos de ello, lo son: la separación entre neurología y psiquiatría, la división taxonómica entre los trastornos psiquiátricos de origen funcional y los de etiología orgánica, el concepto de enfermedad psicosomática, el desarrollo de subdisciplinas rotuladas como psiconeuroendocrinología o psiconeuroinmunología y la acogida jubilosa de propuestas interaccionistas para el denominado problema mente-cuerpo, como las de Popper y Eccles (5). Afortunadamente, la aplicación de aportes provenientes de la Teoría General de Sistemas, ha permitido clarificar que fenómenos complejos como los del comportamiento humano, si bien requieren la explicación neurofisiológica, trascienden el nivel biológico. A continuación se mostrarán en forma somera, algunos de los conceptos actuales sobre la función del sistema nervioso y su relación con procesos superiores.

**Propiedades eléctricas de las neuronas.** El conocimiento de las propiedades eléctricas de las neuronas de los mamíferos ha sufrido un impulso fundamental, con el desarrollo de la técnica del "patch-clamp" (6, 7). Con este procedimiento se pueden aislar canales iónicos en membranas celulares, para estudiar su actividad eléctrica en respuesta a diversos estímulos. Gracias a ello, se considera que las neuronas son elementos dinámicos con amplia variedad de respuestas eléctricas, dotadas de gran diversidad de canales dependientes de cambios de voltaje o de la acción de sustancias químicas (ligandos) que regulan conductancias iónicas que, finalmente, dan lugar a potenciales de acción o de tipo electrotónico. Algunas neuronas pueden actuar como verdaderos osciladores y como lo ha sugerido Llinás (8), sus propiedades y la manera de interconectarse podrían ser la base de un sistema funcional intrínseco que, le suministre el contexto interno a la información sensorial procedente de la periferia y de esa manera, podría generarse nuestra imagen del mundo externo.

**Actividad sináptica.** Si los potenciales eléctricos son mecanismos de señal intraneuronal, la comunicación interneuronal se realiza, en la mayoría de las neuronas de los vertebrados, mediante señales químicas. Los estudios de biología molecular y neuroquímica, han revelado numerosos transmisores y neuromoduladores, así como gran número de sistemas mensajeros intracelulares que permiten, no sólo, intercambios iónicos a través de la membrana, sino también, cambios metabólicos como la síntesis de nuevos péptidos. Se han identificado neuronas que poseen en sus terminales sinápticos dos o tres neurotransmisores diferentes, aún en la misma vesícula sináptica (co-localización). La plasticidad anatómica y funcional de las sinapsis químicas cobra, cada vez, mayor importancia. Los estudios de Kandel y sus colaboradores en el molusco marino *Aplysia*, han mostrado la importancia del calcio, los receptores NMDA (N-metil-D-aspartato) de glutamato y el óxido nítrico (NO), en procesos de

aprendizaje simple (9). Para explicar procesos de aprendizaje en el humano, se han invocado mecanismos similares, como los de potenciación a largo término, en neuronas del hipocampo (10).

**Relación neuro-endocrina.** Los límites entre el sistema nervioso y el sistema endocrino son cada vez más tenues. Un buen número de hormonas son sintetizadas en neuronas y a su vez, hormonas, especialmente esteroides, tienen al sistema nervioso como su órgano "blanco". Esta interacción es de extrema importancia en el desarrollo y expresión de la conducta propia de la especie (por ejemplo, en el comportamiento sexual, el agresivo, etc.). El sistema límbico es central en esta integración y particularmente, el hipotálamo, en donde se ha localizado la mayoría de los neurotransmisores conocidos. Este cerebro-glándula (11), además de ser la principal estructura endocrina, constituye el substrato anatómico y funcional de las emociones y de las conductas sociales básicas para la vida de la especie (12).

**Localización de funciones.** Durante cerca de dos siglos, desde los trabajos de Gall en Viena (13), han sido varios los intentos por demostrar que en áreas discretas de la corteza cerebral se localizan diferentes funciones. Gracias a los avances de la iconografía cerebral: TAC, resonancia magnética y otros más recientes como el EPI (ECHO-Planar MRI) (14), nadie duda que las diferentes partes de la corteza cerebral y aún, áreas subcorticales, desempeñan papeles especializados. Sin embargo, no hay unanimidad acerca de cómo separar las áreas corticales, ni sobre cuáles son sus límites, ni el proceso que realizan. En otras palabras, no se ha precisado qué es una función, ni cuántas tiene la corteza cerebral, ni cómo localizarlas con precisión.

Se ha sugerido que la detección de clases específicas de asociaciones o coincidencias, podría ser una de las funciones primordiales de grupos corticales de neuronas (15). A favor de este planteamiento estarían aspectos como la existencia de varios mapas topográficos del mundo exterior, el procesamiento paralelo de información, el mecanismo de inhibición lateral y en general, la redundancia anatómica y funcional del sistema nervioso central.

**Organización de la corteza cerebral.** Los primeros estudios de los histólogos mostraron que la corteza cerebral estaba organizada en capas celulares (seis en la neocorteza, tres en el hipocampo y cinco en la corteza límbica periférica), dando la impresión de una organización horizontal. El grosor de estas capas tiene variaciones locales, lo que permitió a Brodmann su clasificación de las áreas corticales, en 1905.

Los trabajos iniciados por Mountcastle en las áreas somatosensoriales (16) y luego aplicados a prácticamente todas

las áreas de la corteza, cambiaron esta imagen de organización horizontal, por una de organización funcional vertical, de la corteza cerebral del adulto que, puede ser concebida como un mosaico de columnas interrelacionadas o de módulos de neuronas organizadas radialmente (17).

Las investigaciones de Sperry (18) sobre los efectos de la desconexión quirúrgica de los hemisferios cerebrales y su designación como uno de los ganadores del Premio Nobel en 1981 por su "investigación sobre las funciones especializadas de cada lado del cerebro" abrieron inmensas perspectivas a estos estudios. Surgió una verdadera explosión de funciones especializadas para cada hemisferio. También aparecieron muchas especulaciones. Ciertas aptitudes individuales fueron atribuidas al mayor desarrollo funcional de un lado del cerebro. Se afirmaron cosas como las siguientes: "una de las cosas que ayudan a unificar los cerebros izquierdo y derecho es el hecho de que habitan el mismo cuerpo y ven el mundo a través del mismo par de ojos. Sin embargo, puesto que cada una de esas dos mentes tiene su propia orientación, ellas experimentan las cosas differently" (19). Esta visión era errónea. Si cada hemisferio era especializado, cada uno debería funcionar como cerebro independiente, pero, todo era al contrario: en la medida en que las regiones cerebrales son diferentes, deben integrar sus actividades. Hay un continuo de función entre los dos hemisferios, más que una rigida dicotomía. Las diferencias son cuantitativas más que cualitativas, de grado más que de clase (20). Esto es bien claro, por ejemplo, en el lenguaje, precisamente la función que se consideraba por excelencia como la más especializada y lateralizada.

**La percepción.** La organización de nuestro sistema nervioso y de los órganos de los sentidos, determina en gran medida, nuestro conocimiento de la realidad. Si bien, no podemos sustentar actualmente la teoría de los *a priori* kantianos, los estudios de la etología y los planteamientos de la epistemología evolutiva, dan importancia a los *a priori* evolutivos que han determinado la estructura anatómico-funcional del cerebro.

Los receptores sensoriales filtran, transducen y codifican información que en forma de potenciales de acción es integrada, decodificada y recodificada en las vías aferentes, hasta llegar a las denominadas áreas primarias de la corteza cerebral. Las investigaciones sobre la vía visual, inicialmente en ranas (21) y posteriormente en gatos (22) y primates no humanos, han mostrado cómo las neuronas corticales de esas áreas están localizadas de acuerdo con su sensibilidad a características determinadas del estímulo (bordes, orientación, color, etc.) realizando un proceso analítico fino, en forma jerarquizada, de aspectos simples a complejos, de nivel monocular a binocular, de complejidad unimodal a polimodal. Pero, existen varios problemas sin aclarar: ¿Cómo reúne el cerebro las actividades de células tan dispares,

para lograr la percepción del objeto? Se han hecho avances en el estudio y comprensión del proceso de análisis, pero la síntesis ha sido poco explorada.

**Procesos cognoscitivos.** La relación entre los fenómenos mentales y el cerebro, es el núcleo fundamental del denominado problema mente-cerebro, del cual dijera el famoso psicólogo William James que "es el problema fundamental de los problemas fundamentales". Aunque "un verdadero científico no es un monista, ni un dualista cuando investiga" (23), deberá interpretar sus resultados a la luz de un modelo teórico y una fundamentación epistemológica.

La explicación de las bases de los fenómenos mentales, en la neurociencia contemporánea, se ha desplazado desde la posición del trialismo interaccionista de Popper (5), hasta el materialismo emergentista de Bunge (24), pasando por el materialismo dialéctico de la escuela soviética de Vigotski y Luria (25).

Los críticos del pensamiento moderno, desde Nietzsche, han rescatado las enseñanzas de Spinoza y surge, en la actualidad, un renovado paralelismo psicofísico con su primer principio: una sola sustancia para todos los atributos. Como lo afirma Vincent (11): "el espinozismo es un sistema cosmológico, no una teoría de la experiencia. Permite, con mayor facilidad que otras, sostener un electrodo en una mano y un rosario o un manual de ideología en la otra".

Los estudios de flujo sanguíneo cerebral, de potenciales evocados corticales y de tomografía por emisión de positrones, nos brindan correlatos de actividad cerebral, relacionados con procesos cognoscitivos (26,27). Los avances neuropsicológicos también nos demuestran cómo las alteraciones de la función cerebral se acompañan de deterioro de las funciones cognoscitivas (28). A pesar de ello, en la actualidad no hay una claridad en la comunidad científica, acerca de qué es la mente.

Los avances tecnológicos de fines del siglo, han permitido un acelerado avance en el conocimiento de fenómenos moleculares de la función cerebral pero, como se dijo, en relación con el estudio de la percepción, apenas estamos empezando a comprender el proceso de análisis que realiza el cerebro. Posiblemente, la investigación de las neurociencias en el siglo XXI permitirá sustentar experimentalmente, las siguientes afirmaciones de Hipócrates escritas hace 24 siglos: "Los hombres debieran saber que de nada más sino del cerebro es de donde provienen las alegrías, el deleite, la risa y los deportes, así como las penas, el dolor moral, la aflicción, el desaliento y las lamentaciones. Y por ello, de especial forma, adquirimos la sabiduría y el conocimiento, vemos y oímos, y sabemos lo que es falso y lo que es cierto, lo que es malo y lo que es bueno, lo que es dulce y lo que es

insípido... y por el mismo órgano nos volvemos locos y llenos de delirios, y los miedos y temores nos asaltan, algunos por la noche

y otros durante el día, así como los sueños, las divagaciones extemporáneas." (28).

## REFERENCIAS

1. A Nature survey of the neurosciences. *Nature* 1981; 293:515.
2. Wernicke W. *Lerhbuch der Gehirnkrankheiten*. 1880; I.
3. Geshwind N. Disconnection syndromes in animals and man, parts I and II. *Brain* 1965; 88: 237-294, 585-644.
4. Absher JR, Benson DF. Disconnection syndromes: an overview of Geshwind's contributions. *Neurology* 1993; 43: 862-867.
5. Popper KR, Eccles JC. *The Self and its Brain. An argument for interactionism*. Springer International, 1977.
6. Neher E. Ion Channels for communication between and within cells. *Science* 1992; 256: 498-502.
7. Sakmann B. Elementary steps in synaptic transmission revealed by currents through single ion channels. *Science* 1992; 256: 503-512.
8. Llinás RR. The intrinsic electrophysiological properties of mammalian neurons: insights into central nervous system function. *Science* 1988; 242: 1654-1664.
9. Kandel ER, Hawkins RD. The Biological Basics of Learning and Individuality. *Scientific American* 1992; 267: 52-60.
10. Matties H. Neurobiological Aspects of learning and memory. *Ann Rev Psychol* 1989; 40: 381-404.
11. Vincent JD. *Biologie des passions*. Paris: Eds. Odile Jacobs; 1986.
12. MacLean PD. *The triune Brain in Evolution, Role in paleocerebral functions*. New York: Plenum Press; 1990.
13. Gall FJ, Spurzheim G. *Anatomie et physiologie du système nerveux en général, et du cerveau en particulier, avec des observations sur la possibilité de reconnoître plusieurs dispositions intellectuelles et morales de l'homme et des animaux, par la configuration de leurs têtes*. Paris: Schoell; 1810.
14. Crease RP. Biomedicine in the age of imaging. *Science* 1993; 261: 554-561.
15. Philips CG, Zeki S, Barlow HB. Localization of function in the cerebral cortex. Past, present and future. *Brain* 1984; 107: 327-361.
16. Mountcastle VB. An organizing principle for cerebral function: The unit module and the distributed system. In: Edelman GM, Mountcastle VB (eds). *The Mindful Brain*. Cambridge: MIT Press; 1978; 7-50.
17. Rakic P. Specification of Cerebral Cortical Areas. *Science* 1988; 241: 170-176.
18. Sperry RW. Mental unity following surgical disconnection of cerebral hemispheres. *Harvey Lect* 1968; 62: 292-322.
19. Blakeslee TR. *The Right Brain. A new understanding of the unconscious mind and its creative powers*. London: The MacMillan Press; 1980.
20. Bradshaw JL, Nettleton NC. The nature of hemispheric specialization in man. *The Behavioral and Brain Sciences*. 1981; 4: 51-91.
21. Lettvin JW, Maturana HR, McCulloch WS, Pitts WH. What the frog's eye tells the frog's brain. *Proceedings of the Institute of Radio Engineers* 47. 1959; 11: 1940-1951.
22. Hubel DH. Cortical Neurobiology: A slanted historical perspective. *Ann Rev Neurosci* 1982; 5: 363-370.
23. Penfield W. *The Mystery of the Mind. A critical study of consciousness and the human brain*. Princeton University Press; 1975.
24. Bunge M. *The Mind-Body Problem. A psychobiological Approach*. Oxford: Pergamon Press; 1980.
25. Luria AR. *Higher Cortical Functions in Man*. New York: Basic Books Inc; 1966.
26. Hillyard SA, Kutas M. Electrophysiology of Cognitive Processing. *Ann Rev Psychol* 1983; 34: 33-61.
27. Kosslyn SM. Aspects of a Cognitive Neuroscience of Mental Imagery. *Science* 1988; 240: 1621-1626.
28. Posner MI, Petersen SE, Fox PT, Raichle ME. Localization of Cognitive Operations in the Human Brain. *Science* 1988; 240: 1627-1631.