

De cómo la conciencia es un proceso que comienza con una conversión analógica-digital y termina, probablemente, con una digital-analógica, integrada por los genes, la percepción y la memoria

Augusto Fernández-Guardiola*

"La mente es, en la naturaleza, un estado particular de la materia altamente organizada"

Summary

Empirical data from neurosciences, useful for a neurobiological characterization of consciousness are revised. It is postulated that the consciousness content is produced by an analog to digital conversion at the receptor level, followed by a cortico-subcortical digital to analog conversion in the brain.

Facts at the cellular level suggest that information is transmitted in that way —Receptor local potential (*analog*) nerve impulses (*digital*)— Post-synaptic excitatory or inhibitory potential (*analog*).

Data from neurosciences that support the hypothesis of a learning dependent cortico-subcortical localization of consciousness are revised. Corneal transplants in blind adults, phantom limb phenomena and sensory deficits, as Anton-Babinski syndrome, are presented. Also, the hypothesis that postulates the reticular formation as the place where awakening and attention integrates, is revised using the results of recent non-invasive brain exploration methods.

Resumen

Se revisan los datos empíricos de las neurociencias que puedan ser útiles para una caracterización biológica de la conciencia. Se propone que la conversión analógica-digital que tiene lugar en los receptores sensoriales es seguida de una conversión digital-analógica que sería el contenido de la conciencia. Existen pruebas a nivel celular de que la información se transmite de este modo (potencial del receptor, *analógico*-impulso nervioso, *digital*-potencial postsináptico local, *analógico*).

Se revisan datos de la neurología y de la psicología (trasplantes de córnea, miembro fantasma y Síndrome de Antón-Babinski), que apoyan la idea de una localización cerebral de la conciencia, junto con datos de las técnicas no invasivas.

* Jefe de la División de Investigaciones en Neurociencias. IMP Calz. México-Xochimilco No. 101, San Lorenzo Huipulco, Tlalpan, 14370 México, D.F.

¿Cómo "se entera" el sistema nervioso y, por lo tanto un individuo, de lo que pasa alrededor? Mirar y ver, oír y escuchar, son resultados iniciales que contrastados con las hipótesis previas que del mundo tenemos, dan lugar a la percepción sensorial. Estas hipótesis previas son producto del aprendizaje durante el desarrollo ontogénico y se incorporan a la conciencia individual; pero también son creadas por medio de la filogenia, siendo entonces de expresión genética, lo que a veces llamamos instinto.

Cuanto más sólida es la hipótesis que tenemos de la naturaleza de lo que vamos a percibir, menos datos sensoriales necesitamos para identificarlo. Así, al escuchar unas cuantas notas, alguien reconocerá una sinfonía que se sabe de memoria y, por el contrario, necesitará muchos datos y características para conocer un objeto que no ha visto jamás —para encontrarle un sentido— y quizá nunca lo logre.

La acumulación de experiencias, las hipótesis establecidas, genéticas o aprendidas, sobre nuestro cuerpo y el mundo exterior, dan lugar a la posibilidad de imaginar y determinan la conducta, pero, a la vez, son guardadas en el más gigantesco almacén de que se tenga noticia, como es la memoria del cerebro humano. ¡Pero ojo, mucho cuidado! aunque es un enorme almacén, unas cosas, vivencias y sucesos, sueños e imágenes, son conservadas con mayor celo; por asociación se tiñen de afecto o de importancia ecológica de supervivencia y son las que generan las hipótesis que van a regir nuestra vida mental. Desde ese momento, cuando elegimos observar algo, analizar cualquier fenómeno, contemplar un objeto, un planeta o un animal, lo convertimos, según la acertada afirmación de Hanson (1958), en "un observable cargado de teoría", de la nuestra, no importa cuán válida o inexacta sea.

La conciencia es la porción superior de la actividad mental; ese estado de lucidez que acompaña a la atención dirigida a nosotros mismos y al universo. Es una función cerebral de la cual conocemos muchos signos centrales y periféricos y cuya ausencia —la pérdida de conciencia— es inmediatamente reconocida por los demás, aunque sean legos que no poseen conocimientos de medicina ni de psicología. Si un sujeto ha sufrido un traumatismo craneo-encefálico, un fuerte golpe en la cabeza, yace "sin sentido", no responde a estímulos visuales, auditivos, táctiles, e incluso, dolorosos; si, además, esto va acompañado de pérdida de los movimientos y del tono muscular, decimos que está en estado de coma. Sabemos que está vivo porque respira y su corazón late, y nosotros hemos establecido a la respiración y a los movimientos del corazón, impulsor de la sangre, como el límite entre la vida y la muerte. Y esto ha sido acertado, pues muchas veces vemos que alguien que está en estado de coma por varios días o semanas, despierta, a veces súbitamente, y comienza a proporcionar signos de que su relación con el medio ambiente, la percepción de estímulos y la verbalización de sus experiencias se han recuperado. Decimos entonces que el paciente "recuperó la conciencia". Fijémonos en que a nadie se le ocurriría decir que el paciente recuperó la mente, la memoria o las ideas, los afectos, las emociones o el sentido del tiempo. Decimos la conciencia, y con ese término estamos englobando todas éstas y muchas más de las funciones mentales. Ciertamente es que hablamos de conciencia obnubilada cuando observamos defectos en alguna de estas funciones, que pueden, puntualmente, no recuperarse en absoluto. Por ejemplo, un paciente puede recuperar la conciencia pero tener un grave trastorno de la memoria, de la comprensión del lenguaje o del sentido del tiempo. Sabemos que está consciente, pero nos damos cuenta de que su conciencia está parcialmente alterada.

Existen, pues, una serie de signos (hechos físicos, observables con o sin instrumentación) y síntomas (sensaciones subjetivas) que caracterizan a la actividad mental consciente. En el ejemplo que acabamos de exponer entran en juego la conciencia del médico, la del paciente y los signos físicos que acompañan a ambas. El médico "sabe" o deduce que el enfermo está inconsciente por la falta de signos de conciencia y, además, su experiencia previa le ha enseñado que, en tales casos, al "despertar", el paciente no recuerda absolutamente nada del periodo durante el cual no presentó signos físicos de conciencia. La actividad mental del médico trabaja al máximo, recabando datos, signo tras signo que le permitan establecer un pronóstico. Al contrario que en el paciente, toda su conducta está llena de muestras de una actividad consciente que acompaña a la atención acendrada. Vemos una conciencia apagada y otra trabajando intensamente. Pero numerosas experiencias nos indican que esta actividad no es un proceso continuo de "todo o nada", como el impulso nervioso en las fibras de los nervios. El médico que estuvo super atento dejará de estarlo, sufrirá un fenómeno de "distracción" —alguien entra en el cuarto. Más tarde irá a descansar, cerrará los ojos, limitando la entrada sensorial a su cerebro y en-

trará en un estado especial de conciencia de "atención dispersa y cambiante" que desemboca en la "somonolencia" y en las primeras fases del "sueño". Si éste llega a instalarse y alcanza las etapas de un sueño profundo, tanto su actividad mental (ausencia de conciencia), como los signos periféricos (su tono muscular, el latir de su corazón, su temperatura, el ritmo y la profundidad de la respiración), serán extraordinariamente semejantes a las del paciente en estado de coma. La diferencia estriba en que el médico despertará con relativa facilidad, ya sea espontáneamente o por leves estímulos sensoriales, mientras que el paciente no lo hará. Además, el sueño profundo del médico se verá interrumpido periódicamente por ensoñaciones —"sueños"— de los cuales llegará a tener conciencia —un estado sumamente interesante de ésta, distinto de la conciencia de la vigilia—, mientras que el paciente en estado de coma, no. Esta última aseveración está basada, como veremos, en los signos de actividad eléctrica cerebral del coma, así como en los informes de aquellos que lo sufrieron y, por otra parte, en los registros eléctricos del mismo tipo, realizados en individuos normales durante el sueño. Estos estudios han revelado que la diferencia fundamental entre un cerebro en sueño normal y otro en estado de coma, estriba en que el primero se autoactiva cada 90 minutos más o menos, y es recorrido por una serie de ondas, de potenciales eléctricos que, originándose en la región bulbo-protuberancial, recorren la vía visual y otras regiones, sobre todo del sistema límbico (son los potenciales ponto-genículo-occipitales, PGO). Estas descargas son el origen de los "sueños" o ensoñaciones, de las imágenes oníricas. Las ensoñaciones entran en el campo de la conciencia y muchas veces son recordadas, es decir, hay memoria de ellas. En el cerebro en coma esta autoactivación desaparece. El individuo comatoso no sueña ni tiene memoria, curiosamente, esta falta de memoria no se restringe al periodo de coma, sino que hay una falta de memoria acerca de lo que sucedió antes del accidente. Este periodo de amnesia va a ser más prolongado cuanto mayor y más profunda sea la alteración cerebral. Este hecho, reproducido experimentalmente en animales, en muchas ocasiones (Gerard, 1953) hace pensar que hay dos etapas en la adquisición de memorias: una de actividad sináptica en circuitos reverberantes, que es fácilmente borrable, y otra posterior en la que esta actividad, provocada por la percepción reciente, modifica permanentemente o por lo menos por largo tiempo, la célula postsináptica.

La práctica de la neurología y la psiquiatría está llena de constataciones e intentos de describir las alteraciones de estos estados del continuo de la conciencia entre la atención y el coma, que, en ocasiones se instalan en forma más o menos permanente. Vemos así "fuga de ideas", "conciencia obnubilada", "desorientación en tiempo y espacio", "estados alucinatorios", "trastornos de la atención", "alteraciones de la memoria inmediata", breves "ausencias" de las epilepsias generalizadas sin convulsiones o "*petit mal*", y pérdida total de la conciencia durante muchos segundos en las crisis convulsivas generalizadas o "*gran mal*". Pero además hay otras que de un modo espe-

cial nos enseñan cómo se puede disociar la conducta motora de la conciencia durante un periodo prolongado, aun de varias horas; estos casos son las llamadas crisis de automatismos o estados "crepusculares", que sufren los epilépticos del lóbulo temporal. Estos estados de automatismo pueden ser muy prolongados, hasta de varias horas. Durante ellos, el paciente logra manejar un automóvil, estacionarlo, caminar muchas cuadras, entrar en un almacén, salir de él y seguir caminando, hasta que, súbitamente, recupera la conciencia y se encuentra en una calle a la que nunca planeó ir ese día. No le queda memoria de nada de lo que hizo durante la crisis de automatismo. Para él es una auténtica sorpresa el comprobar dónde estacionó el automóvil y está francamente preocupado por lo que pudo haber hecho durante todo ese lapso. Lo que aquí nos interesa es que todo el tiempo que duró el automatismo, el cerebro presentó una actividad eléctrica anormal, originada en el lóbulo temporal y caracterizada por *espigas* de alto voltaje.

¿Cómo se forma la conciencia?

La conciencia se origina por medio de la síntesis aprendida heterosensorial y su utilización para la formación de conceptos y pensamientos. En su expresión más alta, está ligada al lenguaje, pero puede estar activa empleando otras formas de reconocimiento y expresión. Siendo la conciencia una función multifactorial en sí, no puede constituir un estado permanente. Por otra parte, sabemos que puede fragmentarse y que como función se inicia con las formas más elementales y periféricas de funcionamiento de los sistemas nerviosos. Hasta dónde vamos a considerar a los procesos primarios que la van a formar, como parte de la conciencia en sí y para ella, depende del deseo que tengamos de hacer un análisis neurobiológico de la actividad mental.

El intentar diseccionar a la conciencia, al *espíritu* de los filósofos, ha sido repudiado en numerosas ocasiones. Es interesante ver como Hegel (1966) se mostraba ambivalente respecto a este problema. Cito un párrafo de su Filosofía del Espíritu ... "*El sentimiento que tiene el espíritu de su unidad viva, protesta contra el fraccionamiento de éste en facultades diversas concebidas independientemente las unas de las otras, en fuerzas...*" Pero, por otra parte reconoce la necesidad de analizar lo que él llama el sistema del sentir interno, y en ese momento se inclina por cierto reduccionismo científico. Así afirma ... "*El sistema del sentir interno, en su especificación que se hace corpórea, sería digno de ser desenvuelto y tratado en una ciencia particular, en una fisiología psíquica. Algo de una relación de esta suerte contiene ya la sensación de la adecuación o de la inadecuación de una sensación inmediata con el interno sensible determinado por sí —lo agradable o desagradable— como también aquel parangón determinado que tiene lugar en la simbolización de las sensaciones, por ejemplo de los colores, tonos, olores, etcétera...*" Vemos así que Hegel recomendaba ahondar en las investigaciones para dilucidar las conexiones, que partiendo del alma o es-

piritu, producían el llanto o la risa, el habla, la voz, el suspirar; en pocas palabras, establecía la necesidad de conocer la relación de la conciencia con la conducta y lo hacía ya invocando cierta conectividad, con lo cual se muestra como un precursor de las corrientes más recientes de la psicología.

La conciencia es la síntesis aprendida de las sensaciones y percepciones, seguida de su utilización en un proceso que culmina con lo que llamamos pensamiento. Williams James (1890) señaló ya que la conciencia era un proceso en sí; siendo eso (y estamos totalmente de acuerdo), no puede constituir un estado permanente, estable en su totalidad e independiente de la información que llega constantemente al cerebro. La hipótesis de James establece que todos los acontecimientos percibidos en el mismo "momento psicológico" —la duración del cual varía entre 50 y 200 milisegundos— no pueden diferenciarse temporalmente. La sucesión sólo podrá percibirse cuando dos estímulos ocurran en diferentes momentos. No obstante, debemos admitir que la conciencia, aunque estructurada ontogénicamente por la información sensorial, la construcción del lenguaje y las señales de expresión genética, se integra en lugares del cerebro que están alejados de las zonas de representación primaria de las sensaciones: en las llamadas áreas de asociación, en las cuales es posible la convergencia heterosensorial y, por lo tanto, la formación de conceptos con características de una gran riqueza de abstracción. Aquí sería posible la simultaneidad de experiencias conscientes que tanto preocupaba a Bergson (1922).

Conciencia y cerebro

Conversión analógico-digital

El papel de la conciencia sobre la organización cerebral, como base de la percepción, del aprendizaje y de la memoria —ya evidente en el movimiento voluntario y en la imaginación— se pone de relieve cuando logramos establecer la diferencia entre *regulación* y *control* (quizá haya un continuo intermedio, que serían las "creodas" y la homeorresis). Un mecanismo puro de regulación es automático e inconsciente. La conciencia surge cuando es necesario postular la existencia de mecanismos de control, adecuados a situaciones puntuales de imperiosa actividad mental seleccionada y que puede ir en la misma dirección, acentuándolos, ya sea en dirección opuesta, o al menos divergente, de los mecanismos de regulación automática. Tenemos conciencia del frío cuando los mecanismos de regulación son insuficientes y recurrimos a un abrigo controlado, que puede variar radicalmente si una situación ambiental exige una actividad, por ejemplo de lucha o huida, en la que los mecanismos de control pueden ir en contra de los de regulación automática de la temperatura y la presión arterial. El "estrés" sería un ejemplo, el resultado final, a veces catastrófico, de este control opuesto a la regulación,

es decir, de la acción de violencia necesaria en determinadas ocasiones, en contra de la homeostasis.

El reflejo fotomotor, cuyo automatismo lleva a la miosis (contracción de la pupila), cuando hay mucha luz y a la midriasis (dilatación), en la penumbra, puede ser violentado en situaciones de conciencia de anormalidad —peligro, dolor, emoción intensa etcétera— en cuyo caso el iris recibe un control independiente del reflejo fotomotor, produciendo, entonces, dilatación de la pupila ante la luz intensa que revela el peligro. Lo interesante es que el iris posea la doble inervación —parasimpática, mediada por acetilcolina, y simpática, mediada por norepinefrina— y que actúa en las situaciones de emergencia. Los métodos modernos no invasivos, los potenciales evocados sensoriales, la resonancia nuclear magnética dinámica y la tomografía por emisión de positrones, entre otros métodos de exploración de las funciones cognoscitivas, están siendo un fuerte apoyo a la idea de la identidad psiconeural, sobre todo, la neurolingüística que demuestra variaciones en diversas porciones de los potenciales cerebrales evocados por palabras, según sea la categoría gramatical de éstas (verbos, sustantivos, adjetivos o si son raras o frecuentes), todo esto dependiendo de la experiencia previa del sujeto y de la calidad de su relación con el mundo exterior.

Ahora bien; debemos esclarecer algo importante y que con frecuencia no está implícito en las posiciones epistemológicas sobre la adquisición de conocimiento, de la conciencia y, por lo tanto, de la sensación, el pensamiento, la percepción y la memoria. El hecho es que todos estos fenómenos comienzan con una **conversión analógico digital** y terminan con una **digital analógica** que es proporcional al logaritmo de la intensidad del estímulo. La primera conversión, la analógica digital, comienza en los receptores sensoriales como: la retina, los husos sensoriales musculares, donde fue demostrada por Adrian (1947), o los corpúsculos de Paccini (Alvarez-Buylla y Ramírez de Arellano, 1953). Aún antes de que se conociera esto, Weber y Fechner descubrieron que la sensación subjetiva de la intensidad de un estímulo estaba en relación con el logaritmo de la intensidad del estímulo periférico.

La primera conversión analógico digital, a partir del potencial eléctrico, local y no propagado, es constante y ocurre siempre que se estimula un receptor de cualquiera de los sentidos; es **inconsciente** y forma parte del primer eslabón de lo que más tarde será la percepción y la conciencia. Sobre la conversión analógico digital hay muchos datos experimentales. Al ser estimulado un receptor, por ejemplo, la retina, se produce un cambio de potencial eléctrico que es proporcional a la intensidad del estímulo. Es el potencial del receptor que en el caso de la vía visual se conoce como electroretinograma (ERG). De los receptores parten fibras (en el caso de la retina los axones de las células ganglionares) que conducen impulsos nerviosos de una amplitud **uniforme**, independiente de la intensidad del estímulo. Estos impulsos, que se propagan sin decremento de amplitud o velocidad, sólo cambian de frecuencia con los estímulos —mayor frecuencia a mayor intensidad— y vemos que estos cambios de

frecuencia son proporcionales al potencial del receptor. Toda la información que recibe el cerebro, hasta llegar a las regiones donde se integra la conciencia, está codificada en estos cambios de frecuencia de impulsos nerviosos.

Esto viene al caso en cuanto a la preocupación de Piaget (1969) sobre las estructuras de lo que él llama "organización vital", de probable expresión genética, y su papel en el aprendizaje y en la adquisición de conocimiento. La discusión entre la expresión genética y los factores de aprendizaje es muy antigua. Veremos que los datos obtenidos recientemente apoyan las tesis de Piaget sin negar completamente el papel de las estructuras heredadas. La expresión genética tuvo un fuerte impulso con la obra de Johannes Muller, publicada en 1926, "*Zur wergleichenden physiologie des Gesichtssinnes*" ("Fisiología Comparada de la Visión"). Su aporte más importante fue el descubrimiento de que cada órgano de los sentidos responde en su forma particular a estímulos de diverso origen, o como Muller escribió, con su propia energía. Es decir, si la vía auditiva, por ejemplo, es estimulada con calor o con presión, la sensación consciente es de sonido. Lo mismo para la vía visual —basta oprimir el globo ocular y se perciben luces con movimiento. Desde luego, el umbral más bajo para cada órgano sensorial es su estímulo adecuado: luz para la retina etcétera. Ahora bien, el que existan estructuras cerebrales de expresión genética no quiere decir que la función que se vaya a desarrollar a partir de ellas se realice de manera espontánea, sin necesidad de un grado de maduración y, sobre todo, de un más o menos lento proceso de aprendizaje. A continuación vamos a exponer algunos hechos que con toda claridad contradicen la posibilidad del funcionamiento de una esfera sensorial de expresión genética, aunque madure por años, sin un proceso previo de asimilación y acomodación a la *Piaget*.

Como ya se había sospechado, en la integración de la conciencia existen niveles. Lo interesante es que estos niveles se han hecho evidentes, por decirlo así, se han demostrado a partir de los trabajos que describían la conversión analógico-digital en los receptores y sus fibras aferentes (Adrian y Matthews, 1927), y la llegada masiva de impulsos que, partiendo de los receptores sensoriales, llegan a la corteza cerebral (Adrian, 1941, la organización columnar en la corteza cerebral de características específicas y concretas de los estímulos visuales (Hubel y Wiesel, 1962), y las características lingüísticas y no lingüísticas de la conciencia integrativa, con localización hemisférica cerebral diferente (Sperry, 1956).

Conversión digital analógica

Las fuentes de información para elaborar una teoría sobre la integración neurobiológica de la conciencia son muchas. Las que más y más convincentes datos proporcionan sobre la probable conversión digital analógica productora de fenómenos conscientes, se derivan de la estimulación eléctrica del cerebro humano (Penfield, 1938). Es evidente que en caso de aplicar

una corriente breve y pulsátil a la corteza cerebral, se está ofreciendo una información *digital* que activa miles de neuronas. Al hacer esto en sujetos conscientes, el resultado obtenido es sorprendente; el sujeto siente instantáneamente reactivarse su memoria y relata experiencias con una gran claridad que evidentemente no son digitales, sino de una gran riqueza visual y emocional. Nosotros (Fernández-Guardiola, 1977) tuvimos la oportunidad de estimular el lóbulo temporal de pacientes con electrodos múltiples implantados en 18 pacientes epilépticos del sistema límbico y de difícil tratamiento médico, a los que se les implantaban bilateralmente electrodos con ocho derivaciones en ambos lóbulos temporales*. Aparte de la búsqueda reactivación de su sintomatología epiléptica —que sucedió en el 62 % de las 864 estimulaciones— se obtuvieron respuestas de memorias en un 28 % que, curiosamente, nunca fueron de hechos recientes o inmediatos, sino de etapas muy anteriores, de la mayoría de la infancia y de la juventud, casi siempre muy personales, cargadas de emoción —miedo, alegría, pena— o reminiscencias de tipo sexual. Los pacientes relataban que al ser estimulados veían “como una película”. Nos llamó mucho la atención que al estimular estas zonas del cerebro, sobre todo la amígdala del lóbulo temporal, no se reactivaran memorias de conceptos, de algo aprendido y no personal. Esto es diferente a lo que se observa al estimular las regiones del cerebro anterior, sobre todo la corteza frontal, filogenéticamente más reciente, donde sí abundan aspectos conceptuales. Lo anterior nos hizo postular que probablemente haya dos tipos de almacenamiento de memorias con localización distinta en el cerebro. Uno para todo lo referente a la ontogenia personal y otro donde se acumularían las abstracciones y, en general, lo aprendido. Es interesante hacer notar que el contenido de las ensoñaciones espontáneas, de los “sueños”, parece ser la reactivación del tipo ontogénico personal de memorias.

Otras pruebas de estos procesos de conversión, al reactivarse algunas memorias, provienen de la neuropatología, sobre todo del lenguaje y de las vías sensoriales, visual y auditiva. También es muy valiosa la información que proviene del resultado de las lesiones en diversas partes de la corteza cerebral y que dan lugar a alteraciones parciales de la conciencia; asimismo, las alteraciones mentales que sobrevienen después de suspender la entrada sensorial al cerebro, ya sea parcial o casi completamente.

Al principio mencionaba la importancia de cierto conocimiento previo, de una hipótesis sobre las cosas para poder percibir. Hay varios estados patológicos que nos enseñan mucho al respecto al producir efectos opuestos sobre la percepción, y nos muestran que esta hipótesis, este estado especial que nos permite el reconocimiento rápido de los estímulos ambientales, es, en sí, una organización neural específica, adquirida durante el desarrollo ontogénico por la experiencia, aunque también puede ser de expresión

genética innata. Podemos mencionar, entre otros, los siguientes estados patológicos y experiencias de la neurofisiología:

a) El miembro fantasma de los amputados (MFA, ver Fernández-Guardiola, 1992). En esta circunstancia, alguien que a perdido súbitamente un miembro tiene la clara percepción, la conciencia, de que éste todavía existe y ocupa un lugar en su esquema corporal mental. Tal cosa sucede cuando los impulsos nerviosos que parten del muñón del nervio lesionado llegan a la corteza cerebral y activan las mismas áreas neuronales que recibían los impulsos sensoriales del miembro íntegro, o cuando estas áreas sensoriales son activadas por regiones adyacentes corticales. La sensación es muy vívida y, en ocasiones, dolorosa. El MFA es un ejemplo de la conversión digital-analógica; de cómo las andanadas de impulsos nerviosos discretos y que provienen del muñón del miembro amputado, y que sólo varían en frecuencia, dan lugar a la percepción de tamaño, forma, consistencia, temperatura, etcétera, del miembro ausente, al incidir sobre los grupos de neuronas que, desde el nacimiento y quizá antes, estaban en relación específica con la historia natural de esa extremidad y que llamamos *esquema corporal*. El MFA tiene una importancia epistemológica formidable para el llamado problema mente-cerebro, especialmente en relación con la “teoría de la identidad psiconeural” (Ryle, 1949, Feigl, 1967). Un hecho interesante es que los niños no presentan MFA y que tampoco aparece en los casos de atrofia congénita del miembro. También los raros casos en los que el MFA es seguido de una lesión traumática de la corteza cerebral, por accidente o cirugía, en los cuales vemos desaparecer como por encanto un MFA pertinaz que había resistido el tratamiento médico.

b) Las hemiagnosias y hemianosognosias del Síndrome de Anton-Babinski. Estas son una clara prueba de la existencia en la corteza cerebral de este esquema corporal que se activa en el MFA. Estos pacientes con lesiones en el lóbulo parietal derecho, pierden completamente la noción de la mitad izquierda de su cuerpo. Aquí falla la intencionalidad de la conciencia. Aunque el paciente vea sus miembros izquierdos (y la visión está preservada), los ignora por completo. Si se le enseña su mano o pié de ese lado, cree que se trata de una broma y que le están mostrando extremidades de otra persona. Llegan a rasurarse sólo la mitad derecha del rostro. En realidad este síndrome es el fenómeno opuesto al MFA y está exclusivamente relacionado con la presencia o ausencia del esquema corporal del lóbulo parietal del cerebro.

c) La ineficacia de la visión instaurada en la edad adulta por trasplante de córneas transparentes a ciegos congénitos. La importancia del aprendizaje asociativo y de la memoria de “hipótesis perceptivas” (Hanson, 1958) a través del desarrollo, se ha comprobado muy bien en los estudios realizados en personas que siendo ciegos de nacimiento por la opacidad de los medios transparentes del ojo, obtuvieron la visión en diversas etapas de su desarrollo gracias a los trasplantes de córneas. En la actualidad se han estudiado cuidadosamente muchos centenares de casos. La mayoría de ellos son al principio incapaces

* Fueron operados por los doctores Manuel Velasco-Suarez y Francisco Escobedo del INNN.

de usar su vista y no pueden nombrar objetos ni distinguir formas geométricas si no se ayudan con el tacto. A veces necesitan un largo entrenamiento antes de que su visión sea medianamente útil, lo que en algunos casos no se consigue nunca. Un grupo reducido de pacientes, por lo general de edad avanzada, se deprimen, desisten del intento y vuelven a una vida sin luz, incapaces de establecer una relación entre el mundo incomprensible que ven y los patrones propioceptivos, táctiles y auditivos ya establecidos. Por el contrario, algunos de estos pacientes, generalmente jóvenes, llegan a utilizar su visión con éxito. Es de gran interés que esto suceda particularmente con aquellos que han recibido una buena educación durante la etapa de ceguera (Gregory, 1966).

Que sepamos no se ha establecido una relación con la habilidad para recuperar la visión y las etapas o estadios de la psicogénesis, tal como la describió Piaget (1969), en el caso de que el trasplante de córnea se haya hecho en niños. Pero estas experiencias fortalecen la idea de la necesidad de un *feed back* de una retroacción constante entre el sujeto y su medio ambiente para crear y afirmar las características de su conciencia.

¿Existe una localización cerebral de la conciencia?

Esta pregunta es evidentemente muy difícil de contestar, pero las neurociencias están ofreciendo evidencias empíricas de que la conciencia se integra en circuitos neuronales córtico-talámico-reticulares. Al final de los cuarenta y durante los decenios que siguieron hubo una cantidad tremenda de trabajos que demostraban la necesidad de la activación de la formación reticular mesencefálica para el despertar y los

procesos de atención, a partir de los trabajos de Moruzzi y Magoun (1949). Posteriormente, Hernández-Peón (1956) propuso lo que él llamó el *control central de la transmisión aferente*, donde proponía que el cerebro, desde luego consciente por medio de la atención polarizada a una esfera sensorial, era capaz, en forma centrífuga, de inhibir otras entradas sensoriales diferentes de la involucrada en la atención.

La posible localización de la conciencia en la formación reticular, encontró oposición en experimentos que demostraban cierta recuperación de la vigilia después de lesiones reticulares. Pero en la actualidad, con los nuevos métodos no invasivos en la exploración de funciones cerebrales en el hombre, ha surgido un renovado interés por esta hipótesis. Así, ha sido muy estimulante el reciente trabajo del grupo de Roland (Kinomura y cols., 1996), titulado *Activación por la atención de la formación reticular humana y de los núcleos intralaminares del tálamo*. Este trabajo, se realizó en sujetos voluntarios sometidos a procesos de atención y tiempo de reacción. Se midió en ellos el flujo sanguíneo cerebral (rCBF) regional, empleando la tomografía por emisión de positrones. Los resultados confirmaron el papel de la formación reticular y de los núcleos intralaminares del tálamo en el despertar y en la vigilancia.

Desde luego, estos trabajos sólo dan información sobre la localización, todo o nada, de la conciencia. En cuanto a su contenido, en otros estudios similares que tienen los mismos métodos no invasivos las respuestas sensoriales corticales ante estímulos selectivos están proporcionando datos adicionales sobre las localizaciones. Tal parece que el papel de la formación reticular fuera el de ser "la fuente de poder" de la conciencia, pero su contenido dependería de áreas corticales de asociación y del sistema límbico heterosensorial.

REFERENCIAS

- ADRIAN ED: *The Physical Background of Perception*. Clarendon, Oxford, 1947.
- ADRIAN ED, MATTHEWS R: The action of light on the eye: Part I. The discharge of impulses in the optic nerve and its relation to the electric changes in the retina. *J Physiol*, (Londres) 63:378-414, 1927.
- ADRIAN ED: Afferent discharges to the cerebral cortex from peripheral sense organs. *J Physiol*, 100:159-191, 1941.
- ALVAREZ-BUYLLA R, RAMIREZ de ARELLANO I: Local responses in Paccinian corpuscles. *Amer J Physiol*, 172:237-250, 1953
- BAARS BJ: How does a serial, integrated and very limited stream of consciousness emerge from a nervous system that is mostly unconscious distributed parallel and of enormous capacity? En: *Experimental and Theoretical Studies of Consciousness*. (Ciba Foundation Symposium 174), Wiley, Chichester, 1993.
- BERGSON H: *Durée et Simultanéité*. Alcan, Paris, 1922.
- FEIGL H: *The "Mental" and the "Physical"*. University of Minnesota Press. Minneapolis, 1967.
- FERNANDEZ-GUARDIOLA A: El problema mente-cerebro: La "emergencia" como propiedad o la mente "resultante". En: *La conciencia*. Augusto Fernandez-Guardiola (Comp). Ed Trillas, México, 1979.
- FERNANDEZ-GUARDIOLA A: Las alteraciones del esquema corporal: herramientas para una teoría de la percepción sensorial. En: *Imágenes del Cuerpo*. Héctor Pérez-Rincón (Comp). Fondo de Cultura Económica. México, 1992.
- FERNANDEZ-GUARDIOLA A: Reminiscences elicited by electrical stimulation of the temporal lobes in humans. En: *Neurobiology of Sleep and Memory*. Rene Drucker Colin y cols. (Eds) Academic Press, Nueva York, 1977.
- GERARD, RW: What is memory? *Scientific American*, 189:118-126, 1953.
- GREGORY RL: *Eye and Brain. The Psychology of Seeing*. World University Library. Londres, 1966.
- HANSON NR: *Patterns of Discovery. An Inquiry into the Conceptual Foundations of Science*. Cambridge Univ. Press. Londres, 1958.
- HEGEL GWF: *Fenomenología del Espíritu*. Fondo de Cultura Económica, México, 1966.
- HERNANDEZ-PEON R, GUZMAN-FLORES C, ALCA-RAZ M, FERNANDEZ-GUARDIOLA A: Photic potentials in the visual pathways during attention and photic habituation. *Fed Proc*, 15: 91-92, 1956.
- HUBEL DH, WIESEL TN: Receptive fields, binocular interactions and functional architecture of the cat's visual cortex. *J Physiol*, 160:106-154, 1962.
- JAMES W: *The Principles of Psychology*. Holt ed Nueva York, 1890.
- KINOMURAY S, LARSSON J, GULYAS B, ROLAND PE: Activation by attention of the human reticular formation

- and thalamic intralaminar nuclei. *Science*, 271:512-515, 1996.
19. MORUZZI G, MAGOUN HW: Brain stem reticular formation and activation of the EEG. *Electroenceph & Clin Neurophysiol*, 1: 455-473, 1949.
20. PENFIELD W: The cerebral cortex in man. I The cerebral cortex and consciousness. *Arch Neurol Psychiat*, 40: 417-442, 1938.
21. PIAGET J: *Biologie et Connaissance*. Gallimard, Paris, 1967.
22. RYLE G: *The Concept of Mind*. Hutchinson, Londres, 1949.
23. SPERRY RW: The eye and the brain. *Scientific American*. 194:48-52, 1956.

**Respuestas de la sección
AVANCES EN LA PSIQUIATRIA
Autoevaluación**

- 1.D
2.B
3.E
4.C
5.A
6.B
7.E
8.C
9.C
10.A
11.D
12.D
13.E
14.A
15.B