
LA MENTE

Académico Dr. Ernesto Bustamante Zuleta

El Cerebro y "La mente" constituyen una unidad ¿Debemos dejar a los filósofos que los separaron la tarea de juntarlos nuevamente?

(Fischback, G. Mente y Cerebro, 1992)

En relación con la Mente, la literatura científica (y pseudocientífica) actual está llena de publicaciones sobre el tema de la Mente, desde verdaderos neurocientíficos, psicólogos, psiquiatras, etc, hasta físicos y matemáticos como Penrose y Schrodinger (21,25). Cuando estaba por terminar este trabajo, encontré el último libro de J.R. Searle, en la Editorial Norma, que inmediatamente atrajo mi atención.

El autor, J. R. Searle, que no es neurocientífico, es profesor de Filosofía en la Universidad de Berkeley, en California, dice lo siguiente en la introducción de su libro, LA MENTE (26): *La Filosofía de la Mente ocupa un lugar único entre las cuestiones filosóficas contemporáneas, por cuanto la totalidad de las teorías más célebres e influyentes son falsas. Uno de mis objetivos es intentar rescatar la verdad del abrumador influjo de la falsedad. Lo que desgraciadamente no logra.*

En las neurociencias se llama "mental" al conjunto de funciones cerebrales de las cuales podemos ser conscientes. Por supuesto, no se la puede considerar como una entidad única, independiente, por que lo que se llama mente o mejor "actividad mental", incluye las funciones cerebrales superiores tales como la conciencia, el pensamiento, la memoria, la imaginación, los sentimientos, etc. que no están todas presentes simultáneamente en la conciencia y que sin el cerebro no pueden existir.

Hace algún tiempo se llegó a decir que la "mente" era una forma de energía, que se podía incluir en el mismo grupo que la luz, el calor, la energía química y hasta se llegó a emplear el término de "energía mental". Los progresos del conocimiento en las neurociencias no permiten aceptar estos conceptos. Como dijo el gran neurofisiólogo inglés Sherrington (27), *"la mente, considerada así, es algo invisible e intangible que no tiene contorno ni tiene realidad. La mente no es pues una cosa"*.

Según el genetista (premio Nóbel) y posteriormente neurocientífico Francis Crick (3): *"En biología, el problema mayor, todavía sin solución, es explicar como miles de millones de neuronas dan origen a experiencias subjetivas tales como la conciencia, la autoconciencia, y el conocimiento de que nuestros semejantes son también conscientes y auto-conscientes"*.

Edelman (10), otro premio Nóbel, dice *"proponemos un nuevo enfoque al observador científico y exploramos como podemos llegar a conocer lo que conocemos, con los métodos del conocimiento científico. Finalmente, discutimos la pregunta de que es lo apropiado para el estudio científico. Exponer estos temas al escrutinio es importante porque nuestra posición- el hecho de que la conciencia proviene de un género particular de proceso cerebral- que es altamente unificado (o integrado) y altamente complejo*

(o diferenciado) tiene muy amplias implicaciones. Opinamos que la conciencia debe ser considerada como un sujeto para el estudio científico y que no es una provincia de los filósofos”.

Para mostrar lo que es y lo que no es “Mental”, queremos hacer conocer lo maravilloso que es el Sistema Nervioso y especialmente nuestro cerebro, aun cuando debemos destacar que a pesar de todo lo que se ha avanzado en su conocimiento en los últimos años, probablemente es más lo que no sabemos de él, especialmente si nos planteamos la incógnita principal: el origen de la conciencia y la autoconciencia, como fenómenos cerebrales y de otros fenómenos como nuestra existencia, nuestras alegrías, nuestros pesares, nuestras memorias y nuestras ambiciones, nuestro sentido de identidad personal y la ausencia de un libre albedrío, que no puede ser libre porque nuestra conducta no es mas que la consecuencia de la actividad de un enorme conjunto de neuronas y sus moléculas asociadas, que trabajan continuamente sin alcanzar el nivel de la conciencia. Gazzaniga (13).

Además, no sabemos qué es lo que nos permite percibir lo que entra a nuestro cerebro a través de los sentidos, aun sabiendo que los colores, los sonidos, los sabores, etc. son creados por el cerebro durante el procesamiento de las percepciones sensoriales. Cuando una supernova explota en una galaxia lejana, fuera de nuestra vista, no se han producido allí todos los colores que vemos cuando explota a nuestro alcance visual. No, solo se ha producido toda una gama de radiaciones electromagnéticas que son las que en nuestro cerebro dan origen al color.

¿Cómo es que un elemento físico, como un conjunto de fotones, entra al ojo, donde provoca la aparición de otro elemento físico como es el impulso nervioso, que llega a la corteza occipital donde provoca alguna actividad en las células nerviosas y de ahí se transforma en algo totalmente distinto, la conciencia de que estamos viendo algo? Pero además, cuando miramos diferentes objetos de distintas formas y colores o percibimos algún olor o sonido, estos no están realmente afuera, donde parecen estar. No son parte de las cualidades físicas de los objetos, al contrario, como las alucinaciones y el miembro fantasma de un amputado están, en realidad, dentro

de nuestro cerebro como propiedades reales de la función cerebral. Por eso desde hace muchos años dijo Kant (17) “el más perfecto conocimiento de los fenómenos, que es lo único que nos es dado alcanzar, jamás nos proporcionará el conocimiento de los objetos en si mismos”.

Algunas patologías nos permiten ver algo, que de otra manera no es claramente apreciable, del funcionamiento cerebral. Por ejemplo, las personas que sufren una lesión en el lóbulo parietal derecho presentan un fenómeno llamado heminegligencia, caracterizada por el hecho de que desconocen totalmente la mitad izquierda de su cuerpo y de las cosas y aun algunas veces toda la mitad izquierda del mundo que los rodea. Un paciente con este síndrome solo se afeita el lado derecho de la cara, lee la mitad de las palabras, lee logia donde dice patología y aun más, a pesar de todo esto, el paciente no reconoce su enfermedad, niega estar enfermo y cuando se le pregunta por su brazo izquierdo que no reconoce, afirma que es de otra persona. En resumen estos pacientes han perdido la conciencia de la mitad de su cuerpo y de su mundo.

También, en los pacientes a quienes se les hace una sección del cuerpo calloso, (Fig. 1), cuando el hemisferio menor, generalmente el derecho, recibe determinada información, que por la sección del cuerpo calloso, no puede comunicar al hemisferio dominante y autoconciente, no tiene conciencia de ella.

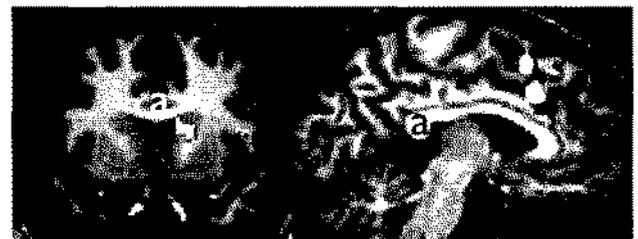


Figura 1. Cortes frontal y sagital del cerebro. (a) señala el cuerpo calloso.

“En los pacientes con los hemisferios separados, los dos hemisferios parecen ser independientemente y a menudo simultáneamente conscientes” Sperry (28). Es decir, el uno, el dominante, auto-consciente, el otro, con un tipo de conciencia similar a la de los animales inferiores que, aparentemente, no tienen autoconciencia.

Los aspectos inconscientes de la actividad mental, tales como las actividades motoras y cognoscitivas, llamadas memorias inconscientes, intenciones y expectativas, juegan un papel fundamental en moldear y dirigir nuestra conciencia. La dinámica de esta puede ser afectada considerablemente por un conjunto de actividades neuronales que pueden ser accionadas por diferentes estados de la conciencia y que, una vez completadas, ayudan a traer otros estados de la conciencia. Estas actividades inconscientes las cuales son motoras y cognoscitivas, utilizan vías largas, paralelas que corren a través de apéndices corticales, tales como los ganglios basales y el cerebelo. Como resultado de actuaciones conscientes, las actividades inconscientes pueden ser unidas en secuencias para dar origen a vías sensorio motoras que contribuyen a formar lo que se ha llamado los **"mapas globales"**. También se discute la posibilidad de que puedan coexistir **"islas de actividad"** en el sistema tálamo cortical, influenciando una conducta todavía no incorporada en él. Estos diferentes mecanismos proveen un marco neurofisiológico para entender cómo los procesos inconscientes afectan la "experiencia consciente" y por consiguiente influyen en las conductas aprendidas y en las automáticas.

La conciencia parece estar asociada con una actividad neuronal que está distribuida simultáneamente a través de grupos neuronales en diferentes regiones del cerebro. Por consiguiente la conciencia no es la prerrogativa de ninguna región del cerebro, mas bien, sus sustratos neuronales están ampliamente dispersos en el llamado sistema tálamo cortical y regiones asociadas. En segundo lugar, para mantener la experiencia consciente, un gran número de neuronas deben interactuar rápidamente y recíprocamente a través de los llamados procesos de "reentrada" Edelman (10). *"Si estas interacciones reentrantes son bloqueadas, en amplios sectores de la corteza, desaparece la actividad y la conciencia misma puede reducirse o perderse"*. Finalmente, la actividad de grupos de neuronas que mantienen la experiencia consciente, deben cambiar constantemente y deben estar suficientemente diferenciados unos de otros. Si un gran número de neuronas en el cerebro empiezan a descargar al mismo tiempo, simultáneamente, reduciendo la diversidad de los repertorios neuronales,

como ocurre durante el sueño y durante las crisis epilépticas, se pierde la conciencia.

Grupos neuronales con localizaciones diferentes, pero específicamente similares, están conectados preferencialmente entre sí, por ejemplo, los grupos neuronales que responden a las direcciones verticales en la visión, están conectadas recíprocamente mucho más firmemente que los grupos que se activan con diferentes orientaciones. Aun más, los grupos neuronales que responden a posiciones vecinas en el campo visual, están más firmemente conectados que aquellos que responden a posiciones distantes. De esta manera, cuando una línea, vertical, por ejemplo, se le presenta a un ojo, los grupos neuronales correspondientes descargan simultáneamente. Las mismas reglas se aplican a otras áreas de la corteza, que dan origen también a una experiencia, que es consciente cuando es debida a la actividad de grupos y niveles neuronales, que suponemos reducidos, en actividad.

El funcionamiento de la corteza es responsable, en gran parte, del contenido de la conciencia y la actividad de regiones corticales específicas; está muy cercanamente unida a aspectos específicos de la conciencia. Otro ejemplo, si determinadas áreas de la corteza son dañadas, como las circunvoluciones fusiforme y lingual, se pierde la percepción del color, y la capacidad de imaginarlo y recordarlo se pierden también y, ni aun en los sueños, aparece el color.

Escenas que recordamos del sueño son a veces casi indistinguibles de las que vemos despiertos; sin embargo, sabemos que durante el sueño, el sistema tálamo-cortical está funcionalmente desconectado del mundo exterior. Pero somos conscientes y podemos recordar los sueños de los periodos de MRO (Movimientos Rápidos de los Ojos).

No ha sido posible demostrar que la lesión de ninguna área restringida de la corteza provoque la pérdida de la conciencia global. Solo provocan, como ya hemos visto, pérdidas de la conciencia referidas a funciones limitadas, tales como la pérdida de la conciencia del color, la pérdida de la percepción de estímulos móviles, pero ninguna área limitada de la corteza provoca inconsciencia total.

La única estructura cerebral cuya lesión provoca inconsciencia es el llamado sistema reticular activador, localizado en la parte superior del tronco cerebral (el mesencéfalo y la parte superior de la protuberancia) hasta la parte posterior del hipotálamo, el tálamo intralaminar y el núcleo reticular. (Fig.2)

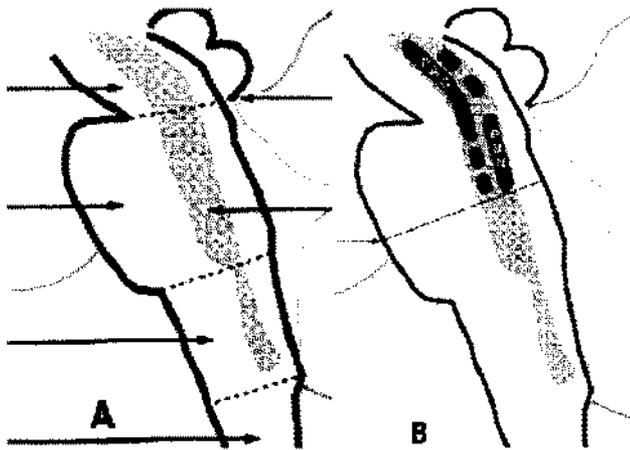


Figura 2. Núcleos y formaciones cuya lesión produce inconsciencia. A) Situación de la formación reticulada B) Sustancia gris periacueductal (PAG) y Núcleo. Parabraquial. (PBN) (Damasio 1986).

FORMACIÓN DEL SISTEMA NERVIOSO EN EL NIÑO

Para mí el fenómeno más maravilloso de la vida es el que permite la aparición de un nuevo ser. ¿Cómo, en la diminuta porción de materia que es un óvulo fecundado puede estar contenido todo lo que en su desarrollo futuro será un organismo tan pequeño como un ratón o tan grande como una ballena? ¿Es debido a que este pequeño pedazo de materia, que contiene un número no muy grande de átomos, ofrece una enorme variedad de posibles asociaciones, capaces de producir una cantidad casi ilimitada de combinaciones dirigidas por otros, todavía más pequeños fragmentos de materia viva, los genes, que son los que producen todas las diferencias o similitudes de los seres vivos? Los genes no son moléculas corrientes, deben contener no solo el plan para ejecutar el desarrollo del organismo, sino que deben incluir los medios de poner ese plan en funcionamiento. El problema difícil es responder ¿Qué es lo que da a los genes capacidades tan notables? Una asociación bien ordenada de átomos, que

puede mantener permanentemente su orden, debe ser la estructura que ofrece una gran variedad de organizaciones que pueden dar origen a un sistema complicado de determinaciones en tan reducidos límites de espacio.

La vida parece ser el comportamiento ordenado y reglamentado de la materia, que no está asentado exclusivamente en su tendencia de pasar del orden al desorden, sino basado en parte, en un orden existente que es mantenido. El organismo vivo parece ser un sistema macroscópico cuyo comportamiento en parte se aproxima a la conducta puramente mecánica, a la que tienden todos los sistemas, cuando se elimina el desorden molecular. Pero el organismo vivo evita la rápida degradación al estado inerte de equilibrio y, precisamente por ello se nos antoja tan misterioso. Tanto es así que, desde los tiempos más remotos del pensamiento humano se decía, cuando no había otra explicación, que una fuerza especial, no física, sino sobrenatural, obraba sobre el organismo y lo hacía funcionar.

El organismo vivo evita la degradación por medio del metabolismo, esto es, comiendo, bebiendo, respirando, fotosintetizando. Actualmente, por todas partes se encuentra, en todos los envases de alimentos, el contenido energético del alimento. Es innecesario decir que, considerado literalmente, esto es absurdo. Para un organismo adulto, el contenido energético es tan estacionario como el contenido material. Como todas las calorías tienen el mismo valor, no puede comprenderse qué utilidad puede tener su mero intercambio. Schrodinger en *¿Qué es la vida?* (25).

Como tantas otras cosas sobre el origen y funcionamiento del cerebro, es maravilloso el conocimiento de cómo las neuronas del cerebro de un niño se auto-organizan hasta llegar a alcanzar algo tan misterioso como es nuestra conciencia. Los sistemas de auto organización producen en nosotros complejas propiedades a partir de simples elementos básicos. Lo más notable acerca de esta auto organización es el conocimiento de que elementos individuales se organizan espontáneamente, sin ningún control exterior de coordinación.

En la naturaleza hay muchos ejemplos de autoorganización, uno de ellos es el de la vida de las abejas. La conducta de las abejas ha evolucionado hasta llegar a que panales llenos de abejas, que tiene un conjunto de muy complejas propiedades emerjan naturalmente sin ninguna organización directriz. Cada abeja simplemente funciona de acuerdo con un patrón de conducta de origen genético de manera que la temperatura del panal está regulada, la reina es alimentada, la colmena es defendida y reparada, el alimento es almacenado y cientos de otros detalles se cumplen sin que exista ninguna dirección a cargo de todas estas operaciones. Cada abeja sobrevive si el panal sobrevive, así que la evolución perfecciona las propiedades del panal, no la conducta de cada abeja en particular.

Cada abeja automáticamente se especializa en ciertos trabajos, tales como construir celdas, producir néctar, defender el panal y alimentar las larvas; durante 10 a 20 días y a los 20 días la abeja está lista para cumplir con la tarea de guardar la entrada del panal.

Se ha encontrado que existe un sistema que permite que, por ejemplo, una abeja continúe guardando la entrada del panal, mas allá del tiempo que le corresponde habitualmente, si existe un número menor de guardias. También, las abejas más jóvenes, buscan ellas mismas tomar este papel precozmente, si existe un número insuficiente de guardias(Fig.3).

Las abejas no son animales de sangre caliente, la colonia funciona como si lo fuera. El panal regula su temperatura a un grado relativamente elevado por la acción concertada de un conjunto de abejas. En días calientes algunas abejas esparcen agua y otras ventilan la colmena con sus alas. Me parece que no hay nada más parecido a un cerebro que un panal de abejas con las abejas que funcionan como neuronas. Además de lo anterior, es bien conocida la manera tan inteligente como las abejas señalan a sus compañeras el sitio donde han encontrado alimento.

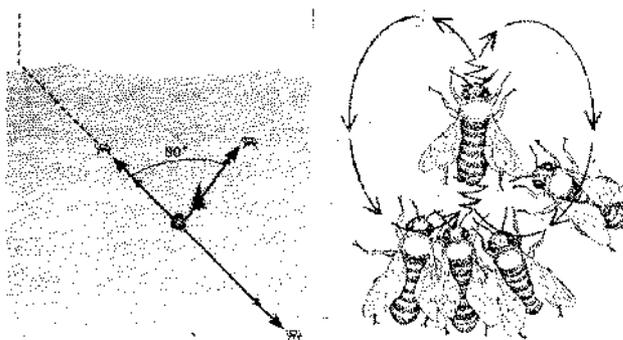


Figura 3. La danza de las abejas. El número de veces que la abeja describe un círculo, en un tiempo dado, informa a las otras abejas la distancia a la cual hay que volar para llegar a donde está la comida. La dirección del diámetro del círculo indica la dirección en la que se encuentra. Si está hacia arriba, hay que volar directamente hacia el sol. Si está hacia abajo, deberán volar de espaldas al sol. Si forma un ángulo con la vertical, deberán seguir un curso a la derecha o a la izquierda, con el mismo ángulo. La observación de las abejas en una colmena de cristal, muestra tan claramente estas instrucciones, que los observadores expertos pueden interpretarlas. C. Sagan, (24)

ORGANIZACIÓN NEURONAL

La emergencia de la conciencia desde un enorme conjunto de miles de millones de neuronas es algo tan extraordinario y difícil de comprender, como la aparición y evolución de la vida en la tierra. La organización espontánea, inducida por los genes, de las neuronas en el cerebro, progresa rápidamente porque está basada en procesos de aprendizaje definidos, que a su vez están basados en el refuerzo causado por el éxito de la transmisión a nivel de las sinapsis. Cada vez que un resultado satisfactorio se obtiene después de una acción, las conexiones sinápticas entre las neuronas que actúan para producir este resultado, son reforzadas. Los cambios químicos en las sinapsis que intervienen, aumentan su efectividad, creando una nueva estructura que mejora la transmisión sináptica.

La organización espontánea de las neuronas en un cerebro infantil ocurre cuando una conexión es reforzada si, accidentalmente, produce un resultado

satisfactorio. Los primeros resultados satisfactorios ocurren en procesos de poca importancia, pero en otros relacionados, más complejos, el refuerzo puede extenderse y evolucionar para soportar conductas más complejas y variadas. A veces, nuevas situaciones ocurren en sitios distintos, lo que hace que nuevos grupos neuronales puedan responder satisfactoriamente y sean reforzados. Estos procesos producen una gradual organización de las neuronas en grupos especializados, llamados módulos, los cuales gradualmente evolucionan en complejidad al ir produciendo cada vez resultados satisfactorios.

Los diferentes módulos compiten en complejidad, predominando siempre el que ha sido más reforzado y ha alcanzado mayor complejidad. Eventualmente, cientos de módulos especializados, espontáneamente organizados, difieren en algunas personas en número y grado de especialización que llevan a las diferencias en las capacidades mentales de las distintas personas. Hay que tener presente, sin embargo, que en esta organización influye, no solo el azar, sino también determinadas características heredadas que facilitan los mecanismos descritos de formación de módulos más numerosos y más complejos, que dan origen a individuos más inteligentes.

Cuando el niño empieza a hablar, a construir su pensamiento y a tener una conciencia del yo *"sobre la imagen no verbalizada de sí mismo va a construir la verbalización que se traduce en el reconocimiento del nombre personal y después la utilización del yo"* Luria (20). Siempre recuerdo a mi nieto mayor a la edad de dos años diciendo, alguna vez que tropezó y se cayó: "Se cayó Marcos".

A medida que el niño madura, este comienzo todavía simple, sigue evolucionando todavía gradualmente hacia conductas y capacidades cada vez más complejas, dependiendo de que los mecanismos de formación de los módulos se mantengan y los grupos más evolucionados de neuronas se organicen en módulos con mayor experiencia, que pueden extinguirse progresivamente si no se usan.

Pero, aparte de los módulos neuronales formados y que han evolucionado debido a determinados estímulos, existen estructuras bien definidas relacio-

nadas con las conexiones de las vías sensoriales, con el lenguaje y con las vías motoras, que son específicas de partes del cuerpo conectadas con lugares determinados en el cerebro. Estas vías tienen conexiones muy precisas y, por ejemplo, para la audición existen conexiones para oír determinadas frecuencias y, en el área motora, para mover partes específicas del cuerpo. Pero, debido a que cada uno de nosotros es único, con cierto grado de diferencia en la organización de los diversos centros funcionales, la focalización y extensión de los módulos varía considerablemente en las distintas personas. (Fig. 4) y por eso varía también, a veces en grado considerable, la conducta de cada uno de nosotros.

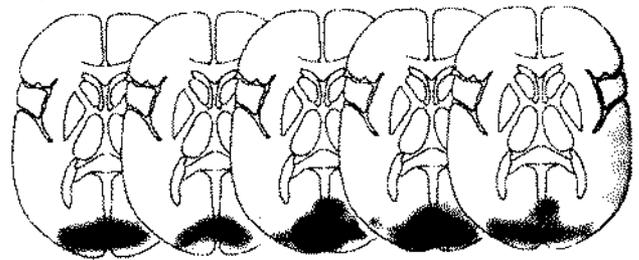


Figura 4. Tomografía de Emisión de Positrones de cinco individuos que hacían la misma tarea visual. Se ve como cada uno tiene una región activa diferente, lo que explica que los resultados y conclusiones de la tarea no sean iguales en todos ellos. Tomado de Blakeslee, T. *Beyond the Conscious Mind*, (1)

MECANISMOS DE LA CONCIENCIA

Para llegar al conocimiento de los mecanismos de la conciencia, hay que distinguir entre una llamada conciencia primaria y una conciencia superior, de más alto nivel. La conciencia primaria es la que existe en los animales más cercanos a nosotros, especialmente en el chimpancé que tiene estructuras cerebrales parecidas a las nuestras y que tiene una evidente capacidad para reflexionar y elegir la mejor conducta para obtener el resultado que buscan (Fig. 5).



Figura 5. Arriba, Ali el jefe de la colonia, (forman colonias y tienen un jefe) expresa su mal genio y hostilidad mordiendo su propia mano. Abajo, una mona sumisa, Elsa, ha aprendido a presionar la palanca que produce una estimulación en el cerebro de Ali, inhibiendo así su comportamiento agresivo. J. M. Delgado (5)

Estos animales parecen ser capaces de construir una escena mental y tal vez, para poder hablar, solo les falta la conformación de la boca, la laringe y demás estructuras en la cara y el cráneo que permiten la articulación de las palabras.

Una conciencia de más alto nivel, como la nuestra, está acompañada del sentido del yo, de la conciencia de ser conscientes, del reconocimiento de nuestro pasado y de nuestro destino, de la capacidad, un poco más rara, de la invención, de la creación de cosas nuevas, que nos ha llevado a la civilización actual.

Tener conciencia es llevar a la corteza lo que existe en el plano subcortical. Lo inconsciente es aquello que no habiendo llamado nuestra atención, no ha alcanzado nuestro pensamiento, nuestro lenguaje interior.

El problema más difícil de resolver en relación con la conciencia es el llamado “**problema duro**” de Dennett (6), que se refiere a cómo los procesos físicos del cerebro dan lugar a la conciencia. Cuando vemos, por ejemplo, experimentamos sensaciones visuales, como la de un color muy vivo, una música muy agradable, todo ello hace parte de la conciencia y el percibir, el tener conocimiento de lo que se ve, es lo que nos plantea el verdadero misterio de la conciencia.

La mejor forma de abordar el problema de la conciencia es, concentrarse en sus organizaciones neuronales, que son los responsables directos de la conciencia. La localización cortical de las neuronas que guardan estrecha relación con la conciencia y el descubrimiento de sus relaciones con las neuronas de otras partes del cerebro podrían darnos ideas sobre cómo las experiencias subjetivas surgen de los procesos cerebrales.

¿Cómo tenemos conciencia de algo?, ¿Qué nos lleva a una experiencia consciente concreta? ¿Porqué algunos aspectos de la experiencia subjetiva no pueden ser comunicados a otras personas?

En respuesta a la imagen de un rostro, las células ganglionares se disparan por toda la retina, de

manera no muy distinta a los píxeles de una pantalla de televisión, para generar una representación de esa cara. Al mismo tiempo, pueden responder a muchísimos rasgos de la imagen, como las sombras, las líneas, etc. Otras neuronas, situadas en un nivel más alto de la jerarquía en la corteza visual, responden principalmente al rostro, inclusive al rostro visto desde un ángulo determinado. Su lesión, debida a un accidente cerebro vascular o traumático lleva a la prosopagnosia, a la incapacidad de reconocer un rostro familiar, incluso el propio, aun cuando reconozca los rostros como tales. Lesiones en otros sitios pueden hacer que se pierda la capacidad para tener la experiencia del color, pero sin perder la capacidad de ver los matices de blanco y negro.

En cada área la información visual distribuye su función en forma jerárquica: las células ganglionares de la retina reaccionan a una mancha de luz. Las neuronas de la corteza visual responden a líneas o bordes. Las neuronas de un nivel superior responden a un contorno móvil, más arriba las neuronas identifican rostros y objetos familiares. En el nivel más alto están las que se proyectan a estructuras premotoras y motoras del cerebro, donde estimulan las neuronas que ponen en marcha determinadas acciones como hablar, mover las manos con un objetivo determinado, etc.

Probablemente los aspectos subjetivos de una experiencia tienen que estar estrechamente relacionados con el disparo de las neuronas correspondientes a esos aspectos. Para describir una experiencia visual subjetiva, la información debe ser transmitida al área del cerebro que se encarga de reacción motriz, donde queda disponible para la verbalización u otras acciones. No es posible comunicar con palabras o ideas la naturaleza exacta de una experiencia subjetiva. Es posible, sin embargo comunicar una diferencia entre experiencias subjetivas, la de distinguir el rojo del naranja, por ejemplo.

Para responder a las preguntas de porqué tenemos experiencias conscientes, preferimos un enfoque que se basa en el concepto de significado. ¿En qué sentido se puede decir que las neuronas que codifican una cara, comunican su significado al resto del cerebro?. En última instancia esas conexiones

llegan a las reacciones motrices. Por ejemplo las neuronas que reaccionan ante cierto rostro podrían estar conectadas con las que expresan el nombre de la persona de quien es ese rostro. Francis Crick y Koch, (3).

Es posible que la información sea el concepto clave y es posible que la confirmación de esta idea, sugiera cuál es la base neuronal del significado o sea de los vínculos entre unas representaciones y otras dispersas por el sistema cortical, en una vasta red asociativa.

La función del sistema nervioso y de los órganos sensoriales es principalmente la eliminación. Cada persona, en cada momento, es incapaz de recordar cuanto le ha sucedido y de percibir cuanto está sucediendo en cualquier parte del universo, porque la función del cerebro es protegernos, es impedir que quedemos abrumados y confundidos por esta masa de conocimientos en gran parte inútiles y sin importancia, dejando fuera la mayor parte de lo que de otro modo percibiríamos o recordaríamos en cualquier momento y admitiendo únicamente la muy reducida y especial selección que tiene probabilidades de sernos prácticamente útil. Pero, en la medida que somos animales, lo que nos importa es sobrevivir a toda costa. Para que la supervivencia biológica sea posible la Inteligencia tiene que ser regulada mediante la válvula reductora del cerebro. A. Huxley (16).

LA CONCIENCIA

"Conciencia es aquello gracias a lo cual este mundo se nos manifiesta en primer lugar" (Schrodinger, (25), con la circunstancia bien conocida, de que cualquier fenómeno en el que participamos con nuestra conciencia o sobre el cual estamos, desaparece gradualmente de la esfera de la conciencia cuando se repite con mucha frecuencia.

Evidentemente somos conscientes de todo aquello que atrae o en lo que fijamos la atención y esto parece ser el punto fundamental. Aún dejamos de ser conscientes de nuestra propia existencia, hasta que no volvemos sobre nosotros mismos. Somos conscientes de algo, nos damos cuenta de algo, cuando nuestra atención se dirige hacia ese algo.

Cuando no, pasa desapercibido y no llega a nuestra conciencia, a nuestro conocimiento. La conciencia se ha comparado al campo visual, aquello que está en el campo de la visión central lo vemos con precisión y claridad, lo que está en la periferia es poco claro y habitualmente pasa desapercibido.

La conciencia es como un foco estrecho de luz que ilumina una pequeña fracción de nuestro psiquismo, la mayor parte del cual es inconsciente, transitoria o definitiva. Este foco trae a la conciencia todo lo que cae en su campo, con el auxilio de la atención. Así, cuando tenemos la atención fuertemente dirigida hacia algo interior, un recuerdo, o exterior, un sonido, aún lo que tenemos al frente en el campo de nuestra visión central puede pasar desapercibido, salvo si algo allí, un movimiento, un destello, llama nuestra atención. Lo mismo ocurre con la audición; cuando leemos y oímos música, la atención va de la página a la melodía de acuerdo con lo que más nos llama la atención, lo que está fuera de su foco no llega a nuestro conocimiento.

Se pone atención cuando se establece una relación entre la imagen en el ojo y un proceso cortical de intensidad suficiente para irradiarse ampliamente en el cerebro; un proceso local no atraerá la atención y permanecerá inconsciente; un automatismo permanece localizado a los núcleos centrales y será también inconsciente.

La conciencia, con el auxilio de la memoria, sin la cual no existiría, permite mantener la unidad de la personalidad. La personalidad, el yo, es *"poco más de una colección de datos aislados, de experiencias y recuerdos y el marco en que estos se recogen y almacenan. Si se hace una atenta introspección se ve que lo que realmente se entiende por Yo, es precisamente este marco en el que los recuerdos y experiencias se recogen (Schrodinger, 25) este marco es la conciencia que mantiene"* "la unidad de la vida psicológica".

IMAGEN CORPORAL

Pero además de esta unidad de la vida psicológica todo individuo tiene una "imagen de su cuerpo" basada en la integración de todos los mensajes pro-

cedentes de su propio cuerpo, especialmente la sensibilidad propioceptiva (sensibilidad muscular, sentido de las posiciones) de la sensibilidad cutánea, de la vista, etc. que permite distinguir nuestro cuerpo del mundo exterior. Esta imagen está siempre presente en nosotros, siempre tenemos conciencia de nuestro propio cuerpo; sin embargo, como la patología lo demuestra, es un elemento independiente de la conciencia psicológica, pues los amputados mantienen durante mucho tiempo su imagen corporal intacta, sienten y creen mover la mano o el pie del miembro amputado, intentan apoyarse en el miembro ausente, etc. Al contrario, en ciertas lesiones del lóbulo parietal del cerebro, el paciente no se da cuenta de su enfermedad (anosognosia) además ignora el miembro afectado y pierde la conciencia de su existencia, que atribuye a otra persona. Cada uno de nosotros tiene en el fondo de su conciencia una imagen muy compleja de la propia persona física y es, gracias a la persistencia de esta imagen, que podemos ejercer una acción coordinada y eficaz sobre las cosas.

Como ya lo mencionamos, una de las funciones principales del cerebro es una función de eliminación. Esta función del cerebro sirve para protegernos, para impedir que quedemos confundidos por una masa de conocimientos, en gran parte inútiles y sin importancia, dejando por fuera la mayor parte de lo que de otro modo percibiríamos y recordariamos en cualquier momento y admitiendo únicamente la muy reducida y especial selección que tiene probabilidades de sernos útil.

CONCIENCIA Y ATENCIÓN

Somos conscientes de lo que en este momento está en el foco de la atención. Toda otra actividad de la corteza está fuera de la conciencia. Hay además una serie de "mensajes" internos o externos no claramente percibidos por cualquier razón, que llegan a la corteza donde son analizados inconscientemente con enorme repercusión sobre nuestra conducta, según las motivaciones de cada uno de nosotros.

No es necesario de ninguna manera, para actuar adecuadamente, el tener conciencia de lo que hacemos. En condiciones normales, así como en los estados de "automatismo" patológicos, el individuo actúa

muchas veces sin tener conciencia de lo que hace porque su atención está dirigida en otra dirección, como cuando conducimos un vehículo, o caminamos por una ruta bien conocida, sin tener después el recuerdo de haber pasado por determinado sitio.

En los estados automáticos patológicos los individuos pueden actuar durante periodos prolongados con toda la apariencia de la normalidad, sin embargo, al terminar el "automatismo" el paciente no tiene ningún recuerdo de la actividad desarrollada. Puede uno preguntarse si el paciente estaba o no consciente y, si estaba consciente, como para quienes lo rodean parece estar, solamente presentó una amnesia lacunar, lo que confirmaría que para estar consciente se necesita una memoria normal aparte de una atención dirigida, fundamental también en la grabación de cualquier acontecimiento en la memoria.

LA EXPERIENCIA CONSCIENTE

Es a través de la experiencia consciente como llegamos a conocer el mundo que nos rodea y es también la que permite conocernos a nosotros mismos.

Un eminente naturalista W.H. Thorpe (29) dice al respecto lo siguiente: *"Hay dos clases de realidad o existencia: La existencia de mi conciencia y la realidad o existencia de todo lo demás. Esta última realidad no es absoluta sino relativa. Con excepción de las sensaciones inmediatas, el contenido de mi conciencia es toda una construcción."*

Sir Arthur Eddington (11) también dice que *"No hay que olvidar que la mente es el objeto primero y más directo de nuestra experiencia; todo lo demás es inferencia remota. El único objeto que se me presenta para su estudio es el contenido de mi conciencia. Según la descripción corriente, se trata de una colección heterogénea de sensaciones, emociones, conceptos, recuerdos, etc. En esta colección existen, junto a los materiales brutos del conocimiento, los productos manufacturados de la actividad intelectual"*.

¿De dónde aparecen en la conciencia las ideas, pensamientos, soluciones, etc.? ¿Brotan como las imágenes oníricas, pero en forma controlada? ¿De dónde? ¿Vienen de la llamada subconciencia y apa-

recen espontáneamente? ¿Por qué mecanismos? o son siempre empujadas hacia la conciencia por algún mecanismo, como cuando buscamos algo en la memoria. ¿De dónde viene lo que escribo ahora? Algo impulsa su aparición, algún estímulo externo o interno que muchas veces no es aparente y que activa una determinada zona de la corteza, probablemente diferente en cada uno de nosotros. El efecto de esta puesta en actividad de determinada zona cortical podría ser similar a lo que ocurre cuando se estimula eléctricamente la corteza, durante la cirugía cerebral, en pacientes conscientes.

CONCIENCIA Y CEREBRO

Tenemos la seguridad de que mi conciencia depende de mi cerebro. Las características de nuestras experiencias conscientes, propias de cada uno, dependen del tipo de actividad neuronal de nuestro sistema nervioso.

Todo, lo consciente o inconsciente, está contenido en nuestro cerebro, acumulado durante toda la vida por la innumerable cantidad de información que recibimos día por día y que es organizada de determinada manera por cada cerebro según su conformación. Por eso son distintos los modos de ver las cosas de cada uno de nosotros, son distintas las opiniones sobre un mismo tema, son distintas las producciones y las creaciones de unos y otros, aún cuando siempre manteniéndose dentro de ciertos rasgos característicos que conforman los diferentes tipos de personalidad. Así, hay individuos optimistas y los hay pesimistas; hay temperamentos "nerviosos", ansiosos y otros tranquilos; hay personas con gran capacidad de expresión verbal, en quienes probablemente predomina el hemisferio izquierdo, mientras que en otros predomina el hemisferio derecho y tienen mayores capacidades de orientación espacial o habilidad manual, musical o pictórica.

Si esto es así, cada Yo con sus peculiares características se deriva de una combinación determinada de genes, la diversidad de combinación de genes determina la diferencia que existe entre cada uno de nosotros.

Esto se ve confirmado por las características casi idénticas tanto físicas como mentales de los gemelos

idénticos; estos gemelos, aún criados separadamente, tienen un índice de correlación intelectual hasta del 75%; nacido de un único óvulo fecundado y por consiguiente con los mismos genes, las diferencias entre ellos tendrán que ser debidas a factores ambientales. Cuando se crían por separado en ambientes distintos, la diferencia entre la correlación completa (100%) y la observada 75% indica que solo el 25% es atribuible a influencias del ambiente. En cambio los hermanos criados juntos tienen una correlación de sólo el 55%, pues tienen genes diferentes y los niños no emparentados criados juntos tienen una correlación apenas del 24%. En los niños adoptados, si el cociente intelectual (CI) estuviera determinado por el medio ambiente, la correlación del CI con el de la madre adoptiva sería mayor que con el de la madre natural; sin embargo, ocurre lo contrario y la correlación con la madre natural, no conocida por el niño, es de 44% y con la madre adoptiva del 20%. Eaves, (7).

Muchos piensan que la conciencia, la autoconciencia, característica del hombre, tiene origen no orgánico, inmaterial, "espiritual", pero no se piensa que esta conciencia apareció precisamente cuando el cerebro alcanzó determinado desarrollo y paralelamente con otras funciones típicamente cerebrales como la memoria, el lenguaje, etc. El hombre adquirió la autoconciencia cuando pudo comunicarse ampliamente con sus semejantes.

Mientras más elevada es la jerarquía que ocupa una especie animal en la escala evolutiva, mayor es la masa relativa de su cerebro y la complejidad anatómica del mismo. Hay además un claro paralelismo entre el grado de desarrollo y de organización del sistema nervioso central y la variedad, versatilidad y riqueza del comportamiento consciente de los organismos correspondientes.

Sólo diferencias de grado separan nuestra actividad mental de la de los animales. Diferencias de grado separan también al chimpancé del ratón y el delfín del salmón.

Los animales, de alguna manera, tienen conciencia, piensan, imaginan y razonan; tienen emociones, sentimientos y apetitos. Por consiguiente, es tan misterioso cómo un proceso físico se convierte en algo mental en el animal como en el hombre.

En la especie humana, aún cuando la construcción esencial del cerebro es completa poco antes del nacimiento, falta todavía la mielinización de muchas vías nerviosas. Se ha demostrado además que las arborizaciones dendríticas y las interconexiones celulares son muy exiguas en las áreas sensoriales primarias y en las asociativas del recién nacido debido a la ausencia de los cambios, que a nivel celular y sináptico, produce el aprendizaje. El comportamiento consciente no aparece hasta que la evolución anatómica y neurofisiológica alcanza niveles suficientemente elevados.

LOCALIZACIÓN DE LA CONCIENCIA

Cómo se puede explicar que algo inmaterial, no físico, que se hace aparente a través del funcionamiento cerebral, quede limitado a un sector del cerebro, el hemisferio dominante, cuando éste se separa quirúrgicamente del hemisferio menor?

Por qué, cuando el hemisferio menor recibe determinada información que no puede comunicar al hemisferio dominante, no somos conscientes de ella?

Si los dos hemisferios quedan completamente separados y no existe comunicación entre ellos no puede haber transferencia de aprendizaje de uno a otro hemisferio. Experimentalmente cada hemisferio puede entrenarse de manera que dan respuestas completamente distintas ante el mismo estímulo. Los animales de estas experiencias actúan como si tuvieran dos cerebros independientes. Cuando a un paciente a quien se le ha seccionado el cuerpo calloso se le muestra una colección de objetos que pueden ser señalados por su apariencia o por su función (Fig.6) el hemisferio izquierdo los escoge relacionándolos por su función y el derecho por su apariencia. Esta acción independiente de cada hemisferio quedó demostrada en una experiencia en la que se practicó una lobectomía temporal en un mono previamente operado, con comisurotomía completa. Cuando únicamente el hemisferio con la lobectomía temporal recibía información (visual) el mono actuaba como los monos con lobectomía temporal bilateral y se volvía completamente manso y tranquilo. En cambio, cuando la información se restringía al he-

misferio sano el mono actuaba normalmente, con su agresividad normal.

Las experiencias en humanos, en quienes se hizo la comisurotomía para tratamiento de una epilepsia que no respondía a ningún tratamiento, sólo mostraron trastornos cuando los pacientes fueron explorados con técnicas especiales. Todas las informaciones recibidas únicamente en el hemisferio menor eran totalmente desconocidas por el hemisferio dominante y no llegaban a la autoconciencia. Por ejemplo, no tenían conocimiento de los estímulos táctiles ni de los movimientos de los miembros izquierdos y, con los ojos cerrados, no sabían lo que hacía su mano izquierda. Cuando se les colocaba un objeto en la mano izquierda aparentemente el hemisferio derecho parece reconocerlo pero a la autoconciencia no llega ninguna información. "En los pacientes con los hemisferios separados los dos hemisferios parecen ser independientemente y a menudo simultáneamente conscientes" (Sperry 1966). Es decir, el uno, el dominante, autoconsciente, el otro con el tipo de conciencia similar a la de los animales.

En relación con esta doble conciencia el estudio de un paciente de Gazzaniga y Le Doux (14,18) mostró que *"cada hemisferio en P.S. tiene un sentido del yo y cada uno posee su propio sistema de evaluación subjetiva de los acontecimientos corrientes, planeación de futuras actividades, establecimiento de prioridades y generación de respuestas personales. En consecuencia, es útil considerar las implicaciones prácticas y teóricas del hecho de que los mecanismos de la doble conciencia pueden existir"*.

Como se demuestra en el animal de experimentación, los dos hemisferios funcionan independientemente. Todo lo realizado por los miembros izquierdos o lo percibido por el hemisferio derecho ocurre sin que el paciente tenga ninguna experiencia autoconsciente.

Como dice Eccles (9) *"el yo consciente con todo su rendimiento lingüístico y de conducta parece estar representado solamente en el hemisferio dominante"*. El pensamiento conceptual de que habla M.J. Adler estaría así localizado en el hemisferio dominante. Su idea de que "un factor o poder inmaterial (el intelecto y voluntad humanas) está involucrado, en cooperación con el cerebro humano, en la reproducción del pen-

samiento conceptual y la libertad de elección, no es fácil de entender; tampoco creo que nadie entienda como actúa, como funciona un factor inmaterial y no se ve como puede ser limitada su acción por la simple interrupción material de un grupo de fibras nerviosas, que no son funcionantes, que simplemente comunican y transmiten información, de uno a otro hemisferio.

Popper, filósofo inglés contemporáneo y Eccles (8,22), fisiólogo católico, premio Nóbel de Neurofisiología, ambos con una concepción dualista de la relación mente cerebro, en uno de sus diálogos llegan a afirmar que la mente autoconciente parece concentrarse en una mitad del cerebro para realizar su unidad particular.

Hay que aceptar que esta incredulidad es muy explicable pues creo que nadie, ni aún Popper ni Eccles, *El Yo y su Cerebro* (8,22), pueden concebir, como una entidad inmaterial, llámese autoconciencia, mente, etc, puede obrar sobre los "módulos abiertos" de Eccles y en cambio está impedida, siendo inmaterial, para accionar sobre un hemisferio cerebral vecino.

Pero aún cuando las hipótesis del enlace cerebro mente se encontrasen en el buen camino, resultan todavía muy inadecuadas. Así, por ejemplo, no tenemos idea alguna sobre la naturaleza de la mente que pudiera ejercer esos influjos "espirituales". Además, no es posible responder a la cuestión de cómo determinado yo, sólo está vinculado a un cerebro determinado. Y aún hay otro problema sobre la supuesta planificación témporo espacial de la mente. ¿Se altera esta, por ejemplo, al modificarse la microestructura del cerebro con el desarrollo de la experiencia y el consiguiente almacenamiento de recuerdos? Eccles, (op. cit).

LENGUAJE Y CONCIENCIA

Como ya hemos visto el hemisferio menor trabaja adecuadamente y tiene funciones muy elaboradas aún cuando no sea autoconciente: Las habilidades motoras y la construcción de relaciones de espacio y perspectiva al dibujar, fueron ejecutadas mucho mejor por la mano izquierda y el hemisferio menor,

que utilizaba información procedente del campo visual izquierdo. Podemos concluir de todo lo anterior que sin lenguaje no hay autoconciencia?

Sin pensamiento tampoco hay autoconciencia; el hombre piensa gracias al lenguaje, al lenguaje interior que es el medio del pensamiento. El hemisferio menor aislado por una comisurotomía no tiene pensamiento verbal, no tiene lenguaje interior, puede ser consciente pero no autoconciente, "**el pensamiento es una función singular, indisociable, de la conciencia**" Luria (20).

Sin embargo, el estudio de un paciente a quien se practicó una comisurotomía mostró el hallazgo dramático de que una respuesta del hemisferio izquierdo, tal como el lenguaje, puede ser preparada y capaz de funcionar sin que el hemisferio sea consciente de la información, (¿información a través de un pensamiento no verbal?) que el sistema del lenguaje posee. Esto está de acuerdo con la hipótesis de que la apreciación consciente de un estímulo no es necesariamente un prerrequisito para una respuesta correcta " *la información que es disponible para el hemisferio izquierdo para el lenguaje y otros sistemas, no está necesariamente disponible para la conciencia del hemisferio izquierdo*". Gazzaniga (13).

LA CONCIENCIA EN EL ANIMAL Y EN EL HOMBRE

En los animales puede haber una conciencia que le permite actuar adecuadamente pero que ni él mismo conoce; así como puede haber una conciencia en el hemisferio derecho de un individuo a quien se le practicó una comisurotomía.

Se afirma que la hipótesis del surgir gradual de la mente consciente durante la evolución, no está apoyada por ninguna prueba científica. Sin embargo, tal afirmación podría estar apoyada en el hecho de la aparición gradual de la conciencia en el niño, que va haciéndose consciente a medida que su cerebro completa su desarrollo. De igual manera el progresivo desarrollo evolutivo del sistema nervioso desde "la especie biológica de la que se derivó la humanidad" hasta el hombre moderno, podría dar algún apoyo a tal afirmación, haciéndola más creíble que el pensar

que la autoconciencia fue dada al hombre en algún momento de su evolución.

En el niño, como en el hombre primitivo **“nuestras primeras experiencias conscientes guardaban relación con las exigencias inmediatas de la existencia y sólo poco a poco fueron volviéndose más sutiles y complejas”**.

Desconocemos que grado de conciencia, incluso a nivel primitivo, pueden tener los animales superiores. No nos es posible descubrirlo comunicándonos con ellos, pero eso no quiere decir, naturalmente, que no tengan conciencia, tal como nosotros la conocemos. “La única actitud justa respecto a la cuestión de la conciencia animal es una actitud agnóstica” Eccles (9). Lo mismo puede decirse por supuesto del origen de nuestra conciencia.

CAMBIOS DE PERSONALIDAD DESPUÉS DE ALGUNAS LESIONES CEREBRALES

Historia de Gage

Uno de los efectos más conocidos de las lesiones frontales en el hombre, son los graves cambios del comportamiento social. Un paciente, que sufrió un traumatismo con una barra de hierro que penetró al cráneo y afectó especialmente los lóbulos frontales, (Fig.6) mostró, después del accidente, que su comportamiento cambió totalmente: “es caprichoso, irreverente, dándose, a veces a la mayor profanidad, manifestando poco respeto por sus amigos, impaciente para controlarse cuando entran en conflicto con sus deseos; a veces pertinazmente obstinado, aunque caprichoso y vacilante, ideando muchos planes de operación que se abandonan y se sustituyen por otros que cree más factibles” dijo uno de sus compañeros de trabajo, cuando lo visitó meses después del accidente.

Al cabo del segundo mes se consideró que estaba curado. Pero, como dijeron todos los que lo conocieron *“el cuerpo de Gage puede estar vivo y bien, pero hay un nuevo espíritu (cerebro digo yo) que lo anima”*. El equilibrio o balance entre las facultades intelectuales y sus propensiones animales, se había destruido....Ahora era irregular, irreverente, cayendo

a veces en las mayores blasfemias, lo que anteriormente no era su costumbre; no mostraba la mayor deferencia por sus compañeros, impaciente por las restricciones o consejos cuando entran en conflicto con sus deseos. El lenguaje procaz era tan envilecido que se aconsejaba a las mujeres que no estuvieran mucho tiempo en su presencia. “Previamente era un individuo de hábitos moderados y considerable energía de carácter. Había tenido una mente bien equilibrada y era un negociante astuto y listo, muy enérgico y persistente a la hora de poner en practica todos sus planes de acción.” Para sus amigos “Gage ya no era Gage”.



Figura 6. El cráneo de Gage y una reconstrucción de las posibles lesiones provocadas en los lóbulos frontales. Damasio (4)

Así, hay infinidad de fenómenos, debidos a patologías cerebrales, que muestran todo lo que el cerebro hace, sin que nos demos cuenta y que produce graves trastornos cuando no lo hace.

Mostramos también como, aparte de la conciencia, el cerebro tiene actividades que no conocíamos y que solo pensar, antes de actuar, hace disparar un grupo de neuronas, antes de que el movimiento se inicie.

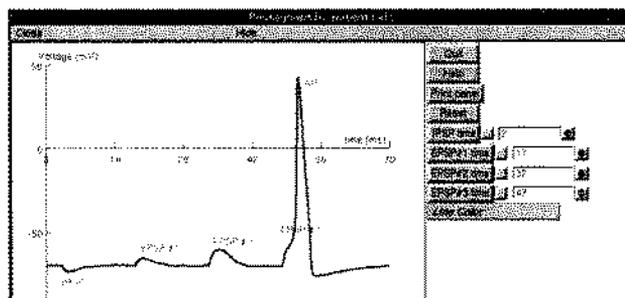


Figura 7. Espiga 3. AP que aparece cuando el paciente piensa en ejecutar un movimiento. Hochberg, L.R. Serruya, M. D. Friebs, G.M. Mukand, J.A. et al. Neuronal ensemble control of prosthetic devices by a human with tetraplegia (15).

Teoría Psicofísica de Penrose

Muchos autores, la mayoría no neurocientíficos, han buscado explicar lo que llaman la mente con infinidad de teorías, así como desde los tiempos mas lejanos y los grandes sabios de esas épocas inventaron los "espíritus" para explicar la aparición de la vida, el movimiento voluntario, las funciones cerebrales, etc. Pero nadie ha podido explicar qué es un espíritu; buscando explicar lo que no podían explicar inventaron algo que tampoco podían explicar. Ahora se buscan nuevos instrumentos de explicación física, de la "dinámica no lineal" y de los nuevos descubrimientos de la mecánica cuántica. A este respecto Schrodinger (25), creador de la Mecánica Cuántica dice: "*Frente al físico, deseo resaltar que, en mi opinión y contrariamente a lo defendido en otros círculos, la indeterminación cuántica no desempeña en esos acontecimientos un papel biológicamente importante.*(pág 133)".

El gran físico y matemático inglés Penrose en su libro *La Nueva Mente del Emperador* (21) dice: "*En definitiva la reducción cuántico-clásica es un proceso físico objetivo pautado por el criterio del gravitón, ajeno a cualquier subjetivismo que involucre la conciencia. El estado consciente es una consecuencia de este proceder físico de la materia. De algún modo, la mente debe reproducir estos mecanismos físicos para producir los estados de conciencia*". Sombras de la Mente (1994) es su obra especialmente dedicada a la conciencia. Basado en ciertas hipótesis biológicas de Hameroff, Penrose implementa su propuesta de la reducción objetiva a la biofísica del cerebro. La pieza clave de este complejo entramado de física, matemáticas y biología es una estructura tubular de 25 nanómetros de diámetro y una longitud que alcanza el milímetro. Son los microtúbulos formados por un tipo de proteínas denominadas tubulinas, que presenta un doble estado conformacional según la disposición de sus electrones.

Sin embargo, las tubulinas y los centriolos son estructuras proteicas microscópicas conocidas desde hace muchos años, desde Cajal, con un papel funcional bien conocido y que no tienen tampoco las características físicas descritas por Penrose (Fig.8).



Figura 8. Se ven los microtúbulos cruzando por entre las neuronas. Cajal (23)

Lecturas Recomendadas

1. Blakeslee, T. *Beyond the Conscious Mind*. Plenum Press New York, 1996.
2. Crick, F. *The Astonishing Hypothesis*. Macmillan Publishing Co. New York, 1993.
3. Crick, F and Koch. *Temas 28 La Conciencia*. Investigación y Ciencia, 2002.
4. Damasio, A.R. *El Error de Descartes*. Critica Barcelona, 1996.
5. Delgado J.M.R. *Control Físico de la Mente*. Espasa-Calpe, S.A. Madrid, 1973.
6. Dennett, D.C. *Consciousness Explained*. Boston Little Brown, 1991.
7. Eaves, L.J. Eysenck, H.J. y Martin, N.G. *Genes, Culture and Personality*. Academic Press Limited. London, 1997.
8. Eccles, J.C. *Evolution of the Brain. Creation of the Self*. Routledge. London, 1989.
9. Eccles, J.C. *Observando la Realidad*. Springer-Verlag Berlin, 1970.
10. Edelman, G.M. and Tononi, G. *A Universe of Consciousness*. Basic Books. New York, 2000.
11. Eddington, A. *La Naturaleza del Mundo Físico*. Ed. Suramericana. Bs. Aires, 1945.
12. Fischback, G.D. *Mente y Cerebro*. Investigación y Ciencia. Numero 194, 1992.
13. Gazzaniga, M.S. *El Pasado de la Mente*. California University Press, 1998.
14. Gazzaniga, M.S. y Le Doux, J.E. *The Integrate Mind*. Plenum Press. New York, 1978.
15. Hochberg, L.R. , Serruya, M. D. Friehs, G.M. Mukand, J.A. et al. *Neuronal ensemble control of prosthetic devices by a human with tetraplegia* Nature 442, 164-17, 113 July 2006.
16. Huxley, A. *Las Puertas de la percepción*. Ed Suramericana. Bs Aires, 1958.
17. Kant, *Crítica de la Razon Pura*. Ed. Losada. Bs. Aires 1981.

18. Le Doux, J.E. *The Emotional Brain*. Simon and Schuster. New York, 1996.
19. Le Doux, J.E. and Hirts, W. *Mind and Brain*. Cambridge University Press. Cambridge, 1986.
20. Luria, A.R. *El Cerebro en Acción*. Ed Fontanella S.A. Barcelona. 1979.
21. Penrose, R. *The Emperor's New Mind: Concerning Computers, Minds and the Laws of Physics*. New York. Oxford University Press, 1989.
22. Popper, K.R. y Eccles, J.C. *El Yo y su Cerebro*. Duplex S.A. Barcelona, 1982.
23. Ramon y Cajal, S. *Histology of the Nervous System*. Oxford University Press, New York, 1995.
24. Sagan, C. *Los Dragones del Eden*. Ed. Grijalbo Mexico. 1984.
25. Schrodinger, E. *¿Qué es la Vida?* Tusquets Editores. Barcelona 1988.
26. Searle, J.R. *La Mente*. Grupo Editorial Norma, Bogotá, 2006
27. Sherrington, R.Ch. *El Hombre en su Naturaleza*. The Gillford Lectures. Ed. Alambra Madrid, 1947.
28. Sperry, R.W. *Brain and Conscious Experience*. Edit Eccles. Spriger Verlag New York, 1966.
29. Thorpe, W.H. *Naturaleza Animal y Naturaleza Humana*. Alianza Editorial Madrid, 1980.
30. Von Aster, E. *Introducción a la Psicología*. Ed Labor. Barcelona, 1987.