

## **2. La búsqueda de la primera neurona y del primer cerebro**

### **2.1. El árbol filogenético de la vida**

Hasta la década de los años 1970s, los científicos consideraban que todos los organismos vivientes estaban distribuidos en dos grupos básicos: los Procariotes y los Eucariotes. El grupo de los Procariotes estaba formado a su vez por las eubacterias y las arquibacterias. En esos años Woese y colaboradores propusieron la existencia de tres dominios: Arquea (arquibacteria), Bacteria (eubacteria) y Eucaria (eucariotes), basados en evidencias filogenéticas logradas mediante el estudio del ácido ribonucleico ribosomal (rRNA), que indicaron que la arquibacteria merece el mismo status taxonómico que la eubacteria y los eucariotes.

Tomando en consideración estos hallazgos Woese y colaboradores propusieron el árbol filogenético de la vida que, tomando en consideración la modificación propuesta por Doolittle, se muestra en la Figura 1A. del trabajo de Villegas, Castillo y Villegas sobre *El Origen de la Neurona*. El modelo considera que la vida en nuestro planeta debe ser vista como compuesta por los tres dominios mencionados: Arquea, Bacteria y Eucaria, cada uno de ellos compuesto por dos o mas reinos. El dominio Eucaria, por ejemplo, comprende los reinos Animal, Vegetal, de los Hongos y otros a ser definidos. Nótese que el ancestro común de los tres dominios es todavía desconocido.

La posibilidad de reemplazar el árbol filogenético de la vida por una red, tomando en consideración que los genomas de organismos de los tres dominios tienen genes recibidos de múltiples orígenes, ha sido sugerido por Doolittle.

### **2.2. Organismos unicelulares de Arquea, Bacteria y Eucaria**

Hay evidencias moleculares en el presente que revelan que los tres dominios Arquea, Bacteria y Eucaria son similarmente ancianos, con edades un poco mayores a los tres billones de años .

#### **Arquea y Bacteria**

Los dominios Arquea y Bacteria lo forman organismos unicelulares muy sencillos que consisten de citoplasma y material genético rodeados por una

membrana plasmática. Carecen de núcleo y de organelos intracelulares como mitocondrias. Debido a la falta de mitocondrias o de cualquier otro organelo similar, el metabolismo energético debe estar situado a nivel de la membrana plasmática, siendo producida la energía por una bomba quimiosmótica de protones y guardada en la misma membrana plasmática.

## **Eucaria**

En relación al dominio Eucaria, se piensa que los primeros eucariotes eran también organismos unicelulares que vivían anaeróbicamente y tenían el material genético dentro de un núcleo rodeado por una membrana nuclear y que contenía varios cromosomas con histonas y un nucléolo. Los cromosomas eran segregados por mitosis o meiosis durante la división celular. Es interesante mencionar que en la actualidad todavía existen eucariotes anaeróbicos con esas características, las *Giardias* y las *Tricomonas*.

Una vez que los eucariotes unicelulares adquirieron las mitocondrias (o los cloroplastos en el caso de los vegetales), la membrana plasmática quedó liberada de su función como reserva de energía. Además, ocurrió la incorporación de otros organelos, tales como el retículo endoplasmático, el aparato de Golgi y los lisosomas, así como también de algunas proteínas, como tubulina, actina, miosina y calmodulina, lo que permitió a estos eucariotes unicelulares la escogencia y el empaquetamiento de proteínas en vesículas y su secreción por exocitosis. Ellos también adquirieron la capacidad para construir un endoesqueleto lo que les permitió cambiar de forma y generar movimientos, así como el uso del ión calcio como un segundo mensajero.

## **Funciones parecidas al cerebro en los organismos unicelulares**

¿Tienen los organismos unicelulares algunas propiedades parecidas a las de las neuronas o al cerebro? Ciertamente, estos organismos, aunque carecen de sistema nervioso, tienen algunas funciones básicas parecidas al cerebro. Tomemos por ejemplo a la bacteria *Escherichia coli*, que habita nuestro intestino y usualmente ayuda a la digestión. Esta bacteria siente, recuerda y se mueve bien y siempre en la dirección correcta, por lo que ha constituido un excelente modelo para la investigación de estas propiedades en los organismos unicelulares que carecen por supuesto de neuronas y de cerebro. Como lo indica Allman, los hallazgos de Koshland, Simon, Bray y otros investigadores sobre un número apreciable de mutaciones genéticas que

afectan la bioquímica que fundamenta la vida de la bacteria, han permitido conocer las bases de sus respuestas sensoriales, su memoria y su movilidad.

La *E. coli* tiene mas de una docena de receptores en su superficie que se comunican con mecanismos intracelulares. Los receptores están especializados en el reconocimiento de nutrientes como azúcares y aminoácidos o de toxinas como metales pesados. El sistema sensorial de la bacteria tiene la capacidad para recibir la información que le brindan los diversos receptores, guardarla y evaluarla, para tomar la decisión de seguir moviendo sus flagelos para continuar hacia adelante, girar a un lado o devolverse. Notemos que la bacteria evalúa siempre la calidad y cantidad de los nutrientes y el tipo y cantidad de las toxinas presentes en el medio, antes de decidir hacia donde se mueve de acuerdo a experiencias anteriores, y que su decisión parece ser siempre correcta.

### **2.3. Eucaria multicelulares: esponjas, celenterados, plantelmintos y nematodos**

A continuación de los cambios en los eucariotes unicelulares que describimos anteriormente, comenzó hace alrededor de 700 millones de años una rápida etapa evolutiva que los llevó a convertirse en organismos multicelulares o Metazoa, tales como animales, plantas y hongos.

Como se muestra en la Figura 1B de nuestro trabajo sobre *El Origen de la Neurona*, luego de los Protozoarios hay cuatro grupos de animales, a los cuales dedicamos particular atención en el trabajo acerca del origen de la neurona, ya que en uno de ellos aparece la primera neurona y en otro el primer esbozo de cerebro o ganglio cerebral. Esos grupos son las Esponjas, los Celenterados, los Platelmintos y los Nematodos.

#### **Esponjas o Poríferas**

Las Esponjas o Poríferas son organismos multicelulares con cierto grado de diferenciación celular pero carentes de órganos bien definidos. En las mas simples, el cuerpo de la esponja permanece como una unidad tubular con la cavidad central abierta apicalmente. Algunas permanecen solitarias y otras forman colonias. Las paredes de las esponjas individuales están formadas por dos capas celulares, la externa (ectodermo) o pinacodermo hecha de pinacocitos y la interna (endodermo) o coanodermo hecha de coanocitos, separadas

ambas por una sustancia gelatinosa denominada mesohilo que contiene algunas células dispersas conocidas como amebocitos. Como es bien conocido, la mayoría de las esponjas segregan espículas esqueléticas mineralizadas que sirven de soporte a sus paredes. En vista del parecido de los coanocitos con los coanoflagelados, algunos investigadores consideran que las esponjas pueden provenir de esos protozoarios. Otros consideran que las esponjas han evolucionado independientemente de otros grupos de animales por lo que las clasifican como Parazoos.

Hasta el presente existe acuerdo sobre la falta de células nerviosas en las esponjas, de allí que para explicar las moderadas respuestas de estos animales a los estímulos externos se considera necesario buscar un tejido continuo a lo largo de la esponja y unido al coanodermo (epitelio flagelado), que bien pudiera ser el mesohilo, el que además comunica mediante porciones de trabéculas a los dos epitelios. Sin embargo, hasta ahora no hay evidencias de la existencia de estructuras sensoriales especializadas en el retículo trabecular. El sistema de señalamiento eléctrico encontrado en la esponja *Rhabdolyptus dawsoni* y no reportado en otro grupo de esponjas, muestra bastante paralelismo con otras vías conductoras no-nerviosas que conducen potenciales de acción en otros metazoarios.

### **Celenterados**

Los Celenterados son posiblemente los metazoarios mas simples con neuronas y sistema nervioso. Este filum comprende a los Cnidarios y a los Ctenoforos, estos últimos tratados a veces como filum separado aunque comparten muchas características.

El cuerpo de los Cnidarios es un saco formado por un epitelio columnar externo y otro interno, ambos colocados sobre membranas basales separadas por un espacio ocupado por una mesoglea celular. Los Ctenoforos son celenterados birradialmente simétricos, considerados estructuralmente como un poco más avanzados que los Cnidarios; tienen también un ectodermo y un endodermo colocados sobre membranas basales y una mesoglea entre ellos.

La organización del sistema nervioso de los Cnidarios y los Ctenoforos es muy similar y pudiera ser descrito como una red nerviosa localizada en la mesoglea y formada por neuronas bipolares. Esta red combina las funciones sensoriales, asociativas y motoras, en ausencia de un control central. Las neuronas tienen gránulos secretorios y procesos isopolares llamados neuritas,

conectados por uniones parecidas a sinapsis que se forman cuando las neuritas hacen contacto y que son bidireccionales, es decir, que pueden recibir impulsos nerviosos de una u otra dirección y evocar potenciales excitatorios postsinápticos, seguidos de nuevos potenciales de acción convencionales. La velocidad de conducción y los períodos refractarios son similares a los observados en nervios amielínicos en otros sistemas.

Estudios recientes en la medusa *Aglanta digitale* han permitido identificar en los nervios de las medusas diversos tipos de canales iónicos, entre ellos uno dependiente de calcio de bajo dintel y baja amplitud que media el nado normal del animal y otro dependiente de sodio, de más alto dintel y de mayor amplitud y con sobretiro que media la respuesta de huida. Además, se han encontrado tres tipos de canales de potasio denominados rápido, intermedio y lento, de acuerdo a la velocidad de su cinética de inactivación. Considero importante señalar que el estudio del sistema nervioso de los Cnidarios y, en particular la caracterización de los canales iónicos, su biología molecular y sus propiedades farmacológicas, es un campo de investigación muy activo en el presente.

### **Platelmintos y Nematodos**

Muchos autores consideran que el grupo de gusanos planos conocidos como Platelmintos evolucionados de los Celenterados, dieron origen al resto de los animales. Ellos son considerados los primeros animales triploblásticos, porque tienen además del ectodermo y endodermo, una tercera capa, el mesodermo bien desarrollado colocado entre los dos anteriores. Tienen además, buena simetría bilateral y un número apreciable de órganos internos, aun cuando carecen de un verdadero celoma o cavidad interna. Entre los órganos internos se encuentran los del sistema nervioso central que parece un híbrido entre la red nerviosa clásica de los celenterados y el sistema nervioso mas centralizado de los animales superiores.

En años recientes, el platelminto mejor estudiado ha sido la especie marina *Notoplana acticola*. Este animal tiene un ganglio cerebral o cerebro primitivo que recibe mensajes de los órganos sensoriales y envía mensajes a los músculos vía cuerdas nerviosas. Este ganglio cerebral tiene muchos tipos de neuronas, incluidas neuronas bipolares propias de los invertebrados y también neuronas multipolares parecidas a las de los vertebrados. En las membranas de estas neuronas existen canales de sodio, sensibles e insensibles a la

tetrodotoxina, un bloqueador específico de ellos, y diversos tipos de canales de potasio. .

El ganglio cerebral recibe mensaje de los órganos sensoriales y envía a su vez mensajes excitatorios a los músculos, vía cuerdas nerviosas, a través de sinapsis colinérgicas. Por otra parte la transmisión inhibitoria utiliza un mecanismo gabaérgico de aumento de la permeabilidad al cloro. En el sistema nervioso de los Platelmintos también existen otros neurotransmisores como octopamina, dopamina y serotonina.

Aun cuando el ganglio cerebral funciona como coordinador de circuitos neuronales periféricos, después de la remoción de dicho ganglio los animales son capaces de realizar parte de su conducta habitual. Por otra parte, el sistema periférico está formado por una serie de redes y plexos nerviosos. Es interesante hacer notar que tanto en el sistema central como en el periférico, además de las neuronas existen células satélites no-neuronales que son las neuroglías. Las prolongaciones de estos tipos celulares ramificadas y entrecruzadas forman las llamadas neuropilas.

Junto a los Platelmintos están los Nematodos o gusanos redondos no segmentados, representados por el *Ascaris lumbricoides* y el *Caenorabditis elegans*. El sistema nervioso de estos animales está formado por neuronas con el mismo tipo de canales iónicos como en los Platelmintos, y por células gliales. Por último, hay que mencionar que ambos grupos de animales, los Platelmintos y los Nematodos, tienen también en sus sistemas nerviosos componentes peptidérgicos.

## 2.4. Animales superiores

Hace alrededor de 570 millones de años se diversificaron, como puede apreciarse en el Arbol Filogenético de la Vida, dos grupos de animales celomados, los Protostomados y los Deuterostomados. Los Protostomados incluyen los Anélidos, los Moluscos y los Artrópodos y los Deuterostomados incluyen los Equinodermos, los Quetognatos y los Cordados. El sistema nervioso de los Moluscos, los Artrópodos y los Cordados, de acuerdo a su capacidad de dar soporte a la discriminación sensorial, al aprendizaje, a la comunicación y a diversos grados de vida social, son considerados bien desarrollados. En general, se estima que sirven de fundamento de estas capacidades, sus características bioquímicas, de biología molecular, fisiológicas y farmacológicas propias de cada grupo y de cada especie.

Según Hille, los estudios realizados hasta el presente sobre los canales iónicos y los receptores de neurotoxinas encontrados en las células nerviosas de los celomados, tanto Protostomados como Deuterostomados, coinciden en indicar que, aun cuando hay algunas diferencias entre las especies, tienen un origen común. En ese sentido, tienen en común canales de sodio sensibles a la tetrodotoxina, diferentes tipos de canales de calcio y de canales de potasio, canales permeables a cationes activados por acetilcolina, canales permeables a aniones activados por ácido gamma aminobutírico (GABA), y otros.

Siguiendo el Arbol Filogenético de la Vida en dirección al hombre vamos a hacer una breve referencia a los Equinodermos y los Quetognatos antes de llegar al filum de los Cordados donde se encuentran los animales vertebrados, incluido el hombre.

### **Equinodermos y Quetognatos**

Los Equinodermos son animales marinos celomados muy comunes, que se caracterizan por tener simetría radial pentamérica. Todos tienen un celoma grande y un esqueleto interno formado por osículos calcáreos. Los más conocidos son los asteroideos o estrellas de mar. El centro nervioso de los asteroideos es un anillo de tejido nervioso de forma pentagonal, situado debajo de la epidermis rodeando la boca. A cada ángulo del anillo llega un nervio radial de carácter esencialmente sensorial que viene de los pies y las ámpulas de la estrella y es continuo con el plexo nervioso subepidérmico. Los músculos están inervados por un sistema también radial de nervios motores más profundos, vecinos a los nervios radiales superficiales. La integridad de los nervios radiales y del anillo nervioso peribucal es indispensable para la coordinación de los movimientos de los pies ambulatorios de la estrella.

El filum de los Quetognatos está formado también por animales marinos conocidos como gusanos flecha. El centro nervioso de los Quetognatos es un collar nervioso perifaríngeo formado por un ganglio cerebral de mayor tamaño en posición dorsal y por varios laterales, de los cuales parten nervios hacia las regiones más distales del cuerpo.

### **Cordados**

Se considera que en el tope del reino animal está el filum de los cordados que comprende los peces, los anfibios, los reptiles, los pájaros y los mamíferos, todos los cuales comparten en algún período de su vida, como adultos o

embriones, las siguientes estructuras: un notocordio, un tubo nervioso, unas hendiduras faríngeas y un esqueleto. En los cordados superiores, de anfibio a hombre, el notocordio es reemplazado por la columna vertebral y las hendiduras faríngeas desaparecen, permaneciendo sólo en los peces como órganos de la respiración.

De acuerdo al desarrollo del sistema nervioso, morfología y función, se considera como el cordado más primitivo al anfibio y como el más avanzado al hombre.

### **3. El cerebro humano y sus funciones**

#### **3.1. Bases de su estructura y su funcionamiento**

El sistema nervioso en el hombre, como en los demás vertebrados, comienza a formarse en la temprana etapa embrionaria conocida como gástrula. En esta etapa el huevo tiene ya tres capas: ectodermo o capa externa, endodermo o capa interna y mesodermo o capa intermedia. Hay un pequeño grupo de células conocido como organizador de Spemann, que aparece en el ectodermo del lado dorsal y es el que va a propiciar la formación de la placa neural, por influencia del mesodermo subyacente. Para ello, el ectodermo se engrosa, dando origen a una estructura en forma de placa, cuyo centro se hunde o invagina, formándose así una hendidura, la hendidura neural, que al hacerse más honda determina la elevación de sus bordes que se van acercando hasta llegar a la confluencia y formar el tubo neural. Posteriormente, a lo largo de la porción anterior del tubo neural aparecen dilataciones o vesículas hasta un número de cinco, de donde se van a formar los órganos del sistema nervioso central: cerebro, mesencéfalo, protuberancia, cerebelo y bulbo raquídeo. Finalmente, el resto del tubo neural en su porción caudal constituirá la médula espinal a continuación del bulbo raquídeo. Los hemisferios cerebrales, formados de la vesícula anterior, aumentan de tamaño de tal manera que llegan a cubrir las otras vesículas del tubo neural, quedando expuestos sólo el cerebelo y el bulbo.

Además del crecimiento en volumen del cerebro humano, también hay un extraordinario crecimiento en superficie, lo cual obliga al plegamiento de ella, formándose así las circunvoluciones cerebrales. Cuando se observa el cerebro en la escala de los vertebrados, además de ir aumentando en tamaño,

su superficie va pasando de ser lisa, plana, hasta totalmente plegada en el hombre. Esto permite alojar un mayor número de neuronas y de células gliales.

Cuando pasamos de la visión a ojo desnudo y examinamos la estructura de esta superficie cerebral con el microscopio de luz y el electrónico, es sorprendente la complicada organización estructural formada por millones de neuronas cuyos cuerpos celulares emiten numerosas prolongaciones, cada una ramificada hasta la arborización y todas adosadas íntimamente, dejando sólo intersticios entre ellas, algunos ocupados por las prolongaciones de las células gliales satélites. Lo sorprendente es que todo este compacto conglomerado, que parece discurrir en caprichosas direcciones y que presenta todas las formas y diámetros posibles, obedece a una organización perfecta que permite ejecutar en milésimas de segundo órdenes precisas conducidas por impulsos eléctricos y electroquímicos que viajan a altas velocidades y saltando de una neurona a otra en los sitios de las sinapsis, hasta llegar a su efector final.

La función primordial de una neurona es producir y conducir impulsos nerviosos. Ejemplos de canales iónicos envueltos en la transmisión de los impulsos, receptores y neurotransmisores los hemos mencionados en párrafos anteriores. Siendo la neurona una célula excitable, al recibir una señal procedente de sus prolongaciones centrípetas, las dendritas, la procesa y luego dispara un impulso eléctrico a través de su prolongación centrífuga que es el axón. Los axones llevan el impulso eléctrico hasta sus extremos terminales, donde por su influjo ocurre la liberación de neurotransmisores de naturaleza química, capaces de estimular la siguiente neurona, conectada al terminal axónico por una sinapsis. Este fenómeno se repite de neurona a neurona, a lo largo de la vía, hasta alcanzar el órgano efector.

Las neuronas pueden recibir señales excitatorias o inhibitorias, dependiendo de los neurotransmisores, pero, con escasas excepciones, sólo responden a un tipo de ellos, según se trate de una neurona excitadora o inhibidora. Este comportamiento de las neuronas es el que sirve de base al funcionamiento del sistema nervioso.

### **3.2. Relación cerebro-mente**

En 1970 escribía John Eccles: “Hay un acuerdo general entre los neurocientíficos sobre el que cada experiencia consciente –cada percepción,

pensamiento y memoria— tiene como su contraparte material alguna actividad específica espacio-temporal en la inmensa red neuronal de la corteza cerebral y de los núcleos subcorticales, poéticamente llamada ‘urdimbre encantada’ por Sherrington, y que está entretejida de actividades neuronales en espacio y tiempo. Yo iría mas lejos y diría que, no importando cual es la posición filosófica o política de uno, debe haber un consenso general sobre la proposición de que el estudio del cerebro es fundamental para la investigación científica de la naturaleza humana. El funcionamiento del cerebro nos da todo lo que es importante para la vida, no solamente nuestra inmediata percepción por la visión y el oído, sino también toda memoria, emociones, pensamientos, ideales, imaginación, destreza técnica y sobre todo los logros creativos en arte, filosofía y ciencia.”

Inspirado en este texto voy a resumir y hacer breves comentarios sobre los modelos, mas que teorías, propuestos por tres distinguidos neurocientíficos del siglo XX: John Eccles, Francis Crick y Gerald Edelman. Igualmente voy a mencionar, casi textualmente, algunas críticas del filósofo John Searle relativas a estos modelos para enriquecer el texto.

### **Modelo de John Eccles**

Eccles, después de recibir el Premio Nobel por sus estudios experimentales sobre el sistema nervioso, dedicó gran parte de su tiempo al estudio de la relación cerebro-mente, que él mismo denominó “las aventuras filosóficas de un investigador científico del cerebro”. Recomiendo especialmente la lectura de su Foerster Lecture de 1969, titulada *El cerebro y el alma* y publicada el año siguiente como Capítulo X de su libro *Encarando la realidad*. En ese texto, Eccles describe la estructura del cerebro, los mecanismos neuronales envueltos en la percepción, las neuronas y las sinapsis excitatorias e inhibitorias de la corteza cerebral, la conducción y la transmisión de los impulsos, la recepción de los estímulos sensoriales y la actividad eléctrica que se produce en células individuales de la corteza visual, recordando de paso que hay al menos 300 millones de neuronas en la corteza visual humana y que sólo algunos cientos de ellas habían sido estudiadas hasta ese momento. Además, refiere otros experimentos sobre la existencia de un retardo de alrededor de medio segundo entre la estimulación somatosensorial y la percepción de la sensación y más adelante se refiere a los estados conscientes.

Como producto de esos estudios y de los resultados experimentales, Eccles concluye que por una parte existe toda la complejidad de la actividad

neuronal, que según él opera a niveles de tal complejidad que superan la posibilidad de evaluación humana, y encima de esto hay las experiencias conscientes, completamente distintas en su tipo de lo que sucede en la maquinaria neuronal. Sin embargo, anota Eccles, los eventos que suceden en esta maquinaria neuronal son una condición necesaria para la experiencia consciente, aunque de acuerdo con Sherrington no son una condición suficiente. Según Eccles, “aun los mas complejos patrones dinámicos de la maquinaria neuronal están en el mundo de la materia-energía. Trascendiendo este nivel y en una relación emergente con él, está el mundo de la experiencia consciente, llamado Noosfera por Teilhard de Chardin”.

Esta creencia en la existencia de un mundo distinto para los estados de conciencia es la base del modelo propuesto por Eccles para la relación cerebro-mente. Para definir con mayor precisión el problema, él postula que lo que sucede en la consciencia, tal como las intenciones de movimiento, debe ser capaz de afectar los patrones de actividad neuronal en el cerebro, lo que eventualmente resultaría en modificaciones en las descargas a lo largo del tracto piramidal hasta las motoneuronas y los músculos.

Inicialmente, él consideró la existencia de dos mundos: uno físico o *Mundo I* que comprende todos los seres vivientes, incluido el hombre y su cerebro, y otro constituido por los estados de consciencia o *Mundo II*, que es el mundo de nuestra consciencia, el que cada uno de nosotros conoce mejor de primera mano, es el mundo del conocimiento en un sentido subjetivo y que comprende las experiencias de percepción, de pensamiento, de emociones, de imaginación, de intenciones disposicionales y de memorias. Luego, a este modelo añadió Eccles un *Mundo III*, tomado de Popper, dedicado al conocimiento en sentido objetivo y existiendo interacción de los *Mundos I y III* solo pasando a través del *Mundo II*. Mas adelante, Eccles en la última parte de ese texto dice que en su opinión su *Mundo II* es el alma espiritual y también, la mejor explicación de la relación mente-cerebro. Pienso que lo que entendemos por alma los cristianos es algo distinto a la mente.

### **Características de la mente según John Searle**

El filósofo Searle, en su libro *Mentes, Cerebros y Ciencia* publicado en 1984 y donde recogió sus Reith Lectures de ese mismo año, expresó que hay características de los fenómenos mentales que los hace aparecer como imposibles de encajar dentro de la concepción “científica” del mundo,

considerado el mundo como hecho de cosas materiales y el cerebro como una de ellas.

La primera y mas importante de estas características es la consciencia. Según Searle, es un hecho que en el mundo hay estados y eventos conscientes, pero es difícil imaginarse cómo sistemas solamente físicos pueden tener consciencia. Y se pregunta a continuación: ¿Cómo puede ocurrir tal cosa? ¿Cómo, por ejemplo, puede el cerebro tener consciencia?

La segunda característica es la que filósofos y psicólogos denominan “intencionalidad”, que consiste en el hecho por el cual nuestros estados mentales están dirigidos o referidos a objetos o hechos en el mundo, distintos de ellos mismos. Es interesante señalar que la “intencionalidad” no se refiere a intenciones, sino a creencias, deseos, esperanzas, miedos, amor, odio, pasión, disgusto, vergüenza, orgullo, irritación, diversión, codicia y todos aquellos estados mentales, conscientes o no, que se refieren al mundo aparte de la mente.

La tercera característica de la mente que para Searle es difícil de acomodar dentro de la concepción científica de la realidad, es la subjetividad de los estados mentales. Esta subjetividad está marcada por hechos tales como el que yo pueda sentir mis dolores y usted no. Yo veo el mundo desde mi punto de vista, usted lo ve desde el suyo. Estoy además seguro de que yo mismo y mis estados mentales internos somos completamente distintos de otras personas y de sus estados mentales. Nosotros pensamos sobre la realidad, dice Searle, como algo que debe ser igualmente accesible a todos los observadores competentes, es decir, que la realidad debe ser objetiva. ¿Cómo vamos entonces a cuadrar la realidad de los fenómenos mentales subjetivos con una realidad completamente objetiva?

Finalmente, hay una cuarta característica, que es la mente como agente causal. Por sentido común suponemos que nuestros pensamientos y sentimientos causan una diferencia real en nuestra forma de comportarnos y que ellos, de hecho, tienen cierto efecto causal sobre el mundo físico. Por ejemplo, dice Searle, decido subir mi brazo y mi brazo sube. Pero si nuestros pensamientos y sentimientos son verdaderamente mentales, ¿cómo pueden ellos afectar algo físico y cómo puede algo mental hacer una diferencia física?

Estas cuatro características de los fenómenos mentales: consciencia, intencionalidad, subjetividad y causalidad, son las que hacen aparecer a la mente como difícil de encajar en “algo hecho de cosas materiales” como el cerebro.

Doce años después, en 1996, Searle publicó una revisión de libros recientes sobre la relación mente-cerebro y muy especialmente sobre la consciencia humana. Me limitaré a considerar las contribuciones de los biólogos Francis Crick y Gerald Edelman. En esa revisión se describen de manera sencilla los trabajos de estos investigadores orientados a demostrar la íntima relación entre el cerebro y la mente, especialmente la consciencia.

### **El modelo de Francis Crick**

Crick, en la obra titulada *La búsqueda científica del alma: una revolucionaria hipótesis para el siglo XXI*, describe con sencillez lo que sabemos acerca del funcionamiento del cerebro y propone la hipótesis a la cual hace mención el título y trata de sustentarla.

Según Crick, “nosotros, nuestras alegrías y nuestras penas, nuestros recuerdos y nuestras ambiciones, la idea que nos hacemos de nuestra identidad personal y de nuestro libre albedrío no son otra cosa que el comportamiento de un vasto agregado de células nerviosas y de moléculas a ellas asociadas”. Esto significa que nuestra mente está localizada en nuestro cerebro y sus mecanismos mentales dependen de nuestras neuronas y sus conexiones y de moléculas como los neurotransmisores.

Ese reduccionismo radical lo mediatiza luego el mismo Crick al proponer, en el mismo libro, que la conciencia es una propiedad emergente del cerebro. Las sensaciones complejas, dice él, son propiedades emergentes que “se producen en el cerebro a partir de la interacción de sus numerosos elementos”. Algo similar había sugerido pocos años antes Sperry en su libro *Ciencia y Prioridad Moral. Unión Mente, Cerebro y Valores Humanos*, publicado en 1984.

El modelo de Crick para explicar la relación cerebro-mente puede ser considerado aceptable, si se considera a la mente como una función del cerebro dependiente de la actividad neuronal o una propiedad emergente del cerebro. Ahora bien, lo que no encuentro bien fundamentado es identificar la mente con el alma, la cual, según los cristianos, forma una sola naturaleza con la totalidad del cuerpo vivo del hombre.

### **El modelo de Gerald Edelman**

Por su parte, Edelman desarrolla un modelo o teoría de la consciencia en sus libros titulados *El presente recordado, una teoría biológica de la*

*consciencia*, publicado en 1989, y *Aire brillante, fuego brillante: sobre la materia de la mente*, publicado en 1992. Edelman quiere extender la explicación del desarrollo de las categorías de la percepción a una explicación general de la consciencia. Para ello propone: 1.- *la noción de mapa neuronal*, que consiste en una red de neuronas cerebrales, algunos de cuyos puntos están unidos a los puntos correspondientes de una red de células receptoras, localizadas por ejemplo en la piel o la retina. Además, cada mapa puede estar conectado a otro(s) mapa(s), 2.- la teoría de *la selección de los grupos neuronales* que considera al cerebro formado por grupos neuronales que se desarrollan por un mecanismo genético equivalente a la selección natural Darwiniana, que hace que unos grupos de neuronas, formados por cientos de millones de estas células, desaparezcan y otros sobrevivan y se refuercen, y por último, 3.- la teoría de *la reentrada*, proceso mediante el cual ciertas señales paralelas van y vienen entre los mapas neuronales, pudiendo activarse simultáneamente muchos canales de comunicación entre ellos.

Pero cabe preguntarse: ¿Cómo puede todo ello llevar a las categorías de la percepción y a su generalización? Al parecer, para el cerebro manejar un problema tiene que desarrollar un cierto número de categorías de percepción, empezando por las formas, los colores, el movimiento y luego pasando a las que conciernen a los objetos particulares (caballo, casa, mesa), de las cuales tiene que abstraer ideas generales. Los numerosos estímulos que recibe el cerebro correspondientes a diversas categorías logran estimular, luego de muchas repeticiones, diversos mapas neuronales y de la interacción entre estos mapas, donde cada uno maneja la información que le es específica, logra obtenerse una representación unificada del objeto. Los distintos mapas situados en diferentes regiones del cerebro se comunican por los canales de reentrada mediante señales, haciendo posible lograr una cartografía global, la cual permite al sistema disponer de categorías de percepción y también coordinar la percepción y la acción.

Es importante señalar que ningún proceso considerado hasta aquí es un proceso consciente y por tanto, la próxima pregunta es ¿Cómo puede pasarse del nivel inconsciente del sistema descrito al nivel de las experiencias conscientes y qué nuevo elemento es necesario para conectar ambos niveles?

Antes de intentar resumir la respuesta de Edelman a esta pregunta debemos decir que él establece una distinción entre lo que considera la “conciencia primaria” que brinda acceso a lo que llama figuras, compuesta de las

sensaciones y las experiencias de percepción simples, y la “conciencia superior” que comprende la conciencia de sí mismo y el lenguaje.

Para poder disponer de una *conciencia primaria*, el cerebro necesita tener, además de los mecanismos ya descritos para el desarrollo de las categorías de la percepción y su generalización, lo siguiente: 1.- una memoria constituida por un sistema activo de recategorización sobre la base de las categorizaciones anteriores; 2.- un sistema de aprendizaje, capaz de preferir unas cosas a otras, 3.- la capacidad de distinguir el organismo del que forma parte, del resto del mundo, 4.- un sistema que le permita categorizar acontecimientos sucesivos en el tiempo y formar ideas generales, 5.- un tipo especial de memoria, en base a las interacciones del sistema 4 con los sistemas 1,2 y 3, que relacione valores y categorías, y 6.- la existencia de una serie de canales de reentrada dedicados a las categorizaciones perceptuales, entre el sistema de memoria especial y el sistema anatómico. Es el funcionamiento de estos canales de reentrada lo que proporciona la condición suficiente para la emergencia de la conciencia primaria.

La *conciencia superior* se desarrolla cuando por ejemplo el hombre es capaz no sólo de sentir y percibir, sino también de representar simbólicamente la distinción entre lo propio y lo ajeno, de formarse una idea abstracta de sí mismo, lo cual sólo es posible mediante la interacción social. Esto es lo que conduce, según Edelman, al desarrollo de la sintaxis y de la semántica, que implican una capacidad de representar simbólicamente las relaciones entre el pasado, el presente y el futuro, lo cual permite hacer proyectos no necesariamente dependientes de la experiencia presente inmediata.

La dificultad principal que presenta este modelo de Edelman para la conciencia, según Searle, es que le falta explicar el por qué un cerebro que posea todas esas cualidades tendría que estar necesariamente dotado de conciencia. En mi opinión, esas cualidades ciertamente necesarias, pudieran no ser suficientes.

#### **4. La persona humana**

La persona humana, creada a imagen de Dios, es un ser a la vez material y espiritual. La unidad del alma y del cuerpo es tan profunda que se debe considerar al alma como la “forma” del cuerpo (Concilio de Vienne, año

1312: DS 902); es decir, gracias al alma espiritual, la materia que integra el cuerpo es un cuerpo humano y viviente; en el hombre el espíritu y la materia no son dos naturalezas unidas, sino que su unión constituye una única naturaleza.

La Iglesia enseña que cada alma espiritual es directamente creada por Dios y que es inmortal: no perece cuando se separa del cuerpo en la muerte, y se unirá de nuevo al cuerpo en la resurrección final.

Como dijimos al comienzo de esta presentación, por siglos la humanidad se ha preguntado acerca de su origen, su relación con los demás seres vivos, su naturaleza y su destino.

Aun cuando la búsqueda de respuestas a estas preguntas ha ocupado también durante siglos la atención de muchas personas y en particular de religiosos, filósofos y científicos, hasta el presente no ha sido posible integrar en el ámbito de la humanidad, la mayoría de las respuestas u opiniones que se han expresado sobre cada uno de estos temas.

Pienso que para la mayoría de los religiosos judíos y cristianos, la naturaleza y la amplitud de interpretación compatible con el texto bíblico permite satisfacer, sin mayores dificultades, las inquietudes intelectuales asociadas al estudio de estos temas, si cada cosa se llama con su nombre apropiado. En el caso de los filósofos, solo tenemos conocimiento de quienes han expresado opiniones razonadas que coinciden o discrepan, en mayor o menor grado, con el enfoque religioso y más recientemente con los aportes de los científicos. Por su parte, los científicos, buscando también armonizar con los textos bíblicos, sus hallazgos, observaciones y resultados experimentales, descritos en lenguaje actual, con los textos bíblicos, han encontrado a veces dificultades, siendo éstas aún mayores cuando se trata de armonizar los textos bíblicos interpretados por los religiosos, con los hallazgos científicos interpretados por los filósofos o por los mismos científicos.

Para resolver esas dificultades, causantes de conflictos a veces muy serios, existen tres posibilidades: la independencia, el diálogo y la integración. En ese sentido, la Iglesia Católica, en un texto del Concilio Vaticano II (Vat. II, *Gaudium et spes*, 59), expresa lo siguiente: “El santo Concilio, recordando lo que enseñó el Vaticano I, declara que existen dos órdenes de conocimientos distintos, el de la fe y el de la razón; y que la Iglesia no prohíbe que las artes y disciplinas gocen de sus propios principios y de su propio método, cada

una en su propio campo; por lo cual, reconociendo esta justa libertad, la Iglesia afirma la justa autonomía de la cultura humana, y especialmente la de las ciencias”.

Personalmente considero que esta declaración del Concilio Vaticano II fue hecha con el propósito de crear un ambiente de mutuo aprecio y respeto, propicio para el diálogo entre la religión y la ciencia, diálogo que aspiro conduzca a la humanidad a la integración de la ciencia y la religión, tal como lo han logrado muchas personas, entre las cuales felizmente me cuento.