

An. R. Acad. Nac. Farm., 2006, 72: 235-281

Revisión

La evolución y el ascenso bioquímico-molecular del hombre: del Big Bang a la conciencia valórica

MARIO SAPAG-HAGAR

*Académico correspondiente de la Real Academia Nacional de Farmacia
Profesor Emérito-Universidad de Chile*

A la memoria siempre viva del Profesor Doctor Ángel Santos Ruiz, maestro generoso que, con sabiduría y humanidad, me transmitió su entusiasmo por la Bioquímica, agonista del alma que contribuyó también a mantener nuestra amistad y afecto a ambos lados del Atlántico.

1. INTRODUCCIÓN

Al momento de examinar la asociación de hitos que han marcado la historia de la Ciencia, se deduce que los sistemas basados en grandes ideas unificadoras suelen asociarse, consciente o inconscientemente, con pensamientos o creencias acerca del destino humano y de su origen.

A este ámbito pertenecen la «Teoría de la Evolución Biológica de Darwin» (a quien se le llamó, acertadamente, el «Newton de la Biología»), y la «Teoría Molecular del Código Genético», eje de la Biología Molecular que ha permitido, como ya lo señaláramos en otra oportunidad (1), la manipulación por ingeniería genética de la información hereditaria misma con lo cual ha abierto la posibilidad de intervenir en la evolución de los seres vivos.

A Darwin corresponde el gran mérito de haber hecho que la evolución, como *fuerza creadora de materiales y formas*, fuera un

hecho inobjetable, un concepto unificador y un proceso continuo y comprensible en el que, a través de la orientadora *selección natural*, se generen inevitablemente nuevas formas, estructuras y funciones, así como mejoras autoadaptables al medio, las que se traducen en un avance en la organización general de los seres vivos (1).

Pero como las propiedades de los seres vivos se deben a las características e interacciones de las moléculas que las componen, en una verdadera suerte de anatomía molecular, los biólogos se han preocupado de perseguir a las moléculas que constituyen los organismos vivos y, con ayuda de los cosmólogos, han rastreado su origen hasta la creación de la materia inanimada misma tras la gran explosión (Big Bang) que originó sus primeros elementos.

La Ciencia ha desplegado, desde hace ya mucho tiempo, sus mejores esfuerzos y reflexiones para alcanzar una visión unificada de la realidad intentando suprimir algunos desniveles evolutivos, todavía inexplicables, entre *materia inanimada (o inorgánica)*, *vida y conciencia valórica*, desafío que está a punto de lograr, aún cuando se le sigue resistiendo la unificación de la aparición de los fenómenos de conciencia a partir del sistema nervioso (2).

Los tres desniveles evolutivos anteriormente descritos, materia inanimada, vida y conciencia valórica, tienen su interpretación, respectivamente, a través de tres grandes creadores de nuevos materiales y formas: el **Big Bang**, el **ADN** y la **mente**.

En el presente trabajo desarrollaremos actualizada y secuencialmente estas tres etapas evolutivas cuya máxima expresión es el **hombre**, con el propósito de alcanzar una comprensión bioquímico-molecular de él que incluya, además, su pensamiento lógico y su conciencia ética y valórica (*Homo moralis*) en las cuales se basan sus características humanas y su preeminencia sobre los otros seres vivos que lo precedieron. Para ello, consideraremos el equilibrio entre lo genético y su entorno (medio ambiente) que hace que el hombre, más que *Homo sapiens*, sea el *Homo humanus* que señalaba Cicerón. Tanto la naturaleza con sus caracteres hereditarios, como el ambiente, explican en su interacción la conducta humana y una voluntad libre influida por el instinto (genes, cultura, experiencia, entorno). No se trata ya de la herencia o naturaleza frente al ambiente sino de la herencia a través del ambiente (3). Así, la vida y el

hombre mismo se han convertido en objetos de investigación y no sólo de revelación.

Antes de describir las etapas evolutivas de la materia y de la vida, que desembocan en el hombre, analizaremos algunos conceptos básicos de carácter biológico, cultural, filosófico y sociológico del gran proceso creador e integrador que es la evolución, así como la ya clásica controversia entre ciencia y religión.

2. LA EVOLUCIÓN: UN GRAN PROCESO CREADOR Y UNIFICADOR

*El hombre es la Evolución
hecha consciente de sí misma.*

J. HUXLEY

2.1. La evolución del hombre: de la evolución biológica a la evolución cultural

El que la humanidad tiene un origen bioevolutivo es una conclusión científica de la cual no cabe duda razonable alguna, aun cuando resten detalles por investigar y descubrir. La adaptación de una especie a su ambiente es el proceso principal que mueve y dirige la evolución biológica. La adaptación se produce gracias a la **selección natural**, es decir, debido a la reproducción diferencial de las variantes genéticas existentes en la especie del ser humano, ya que sólo en él la cultura constituye un método de adaptación más rápido y poderoso, puesto que aún durante los últimos milenios ha adaptado el ambiente a sus genes con más frecuencia que los genes al ambiente, sin necesidad de recurrir a mutaciones, lo que conduce a que la Humanidad sea la especie más evolucionada sobre la Tierra.

Es conveniente, sin embargo, tener presente que la evolución biológica, en la que desempeñó un papel principal el ADN de los genes hace ya más de 3.000 millones de años, y cuya máxima expresión biogénica se alcanzó en el hombre, fue precedida por la evolución prebiótica o cosmológica, basada en los cambios energéticos y de la materia inanimada, apareciendo los átomos y las moléculas

que constituirían los sillares de la vida. En esta última etapa, hace un millón y medio de años, se alcanzaría la creación de la mente humana (noogénesis) caracterizada por los inicios del pensamiento lógico y la conciencia valórica.

La evolución es un proceso continuo del ser humano, el cual, al igual que los demás organismos, sigue aún evolucionando. Si no fueran capaces de adaptarse a los cambios de su medio ambiente, quedarían condenados a la extinción. La especie humana continúa evolucionando al cumplir con las dos condiciones fundamentales para toda evolución biológica: una gran diversidad genética y cambios ambientales, lo que se traduce en una selección natural que lleva a la transmisión de variantes genéticas. Si la evolución se prolonga en una dirección más o menos determinada durante un periodo suficientemente largo, se hacen observables los cambios, como ha ocurrido con el aumento de tamaño del cerebro del hombre de 500 a 1.400 cc en los últimos millones de años.

Entre las adaptaciones más recientes del ser humano se encuentran: la piel clara para absorber mejor la vitamina D, especialmente en las latitudes más nubosas; un gen para ayudar a digerir la leche, alimento que otras especies sólo consumen en la infancia; en los asiáticos, un nuevo gen que provoca intolerancia al alcohol.

Hay, pues, amplia evidencia de que la selección natural ha sido la fuerza principal de nuestra evolución en los últimos diez mil años y no hay razón para suponer que el proceso esté detenido.

La evolución humana se diferencia de la de los demás organismos por tener dos dimensiones: una biológica, por transmisión de información genética, y otra cultural, basada en la transmisión no genética de información.

Esta última, la cultural, es específicamente humana y constituye «el conjunto de ideas vivas que el tiempo posee y de las cuales el tiempo vive» (4). Las evoluciones biológica y cultural son interdependientes, dependiendo enteramente la existencia de la cultura de la naturaleza y cualidades de la base biológica cuyo poder de adaptación se extiende, a su vez, sobremanera, gracias a la cultura, la que constituye la fuente más importante de los cambios ambientales que determinan la evolución biológica del hombre.

Las dos dimensiones de la evolución humana, biológica y cultural, responden a las dos clases de herencia, genética y cultural, existentes en el ser humano, que Medawar denomina, respectivamente, herencias endosomática y exosomática (5).

En 1976, Dawkins introdujo el término *meme* como un equivalente cultural del gen. El meme representaría un replicador de entidades culturales y la base de la continuidad cultural, así como el gen es un replicador de rasgos o caracteres biológicos, base de la herencia. Memes pueden ser ideas, conceptos, conductas, estilos de vida, etc. Utilizan a las personas para perpetuarse, al igual que los genes que portan los seres humanos percibles que les permiten perpetuarse y replicarse para luego desaparecer. Los memes se sirven de una capacidad fundamentalmente humana: la imitación (modas, costumbres, etc.). Así, las culturas se podrían interpretar como inmensos aparatos de replicación. Al igual que los genes, los memes mutan y se transforman al traspasarse a otros individuos o comunidades. Las culturas no serían, pues, sino conjuntos de estas unidades fundamentales o memes.

J.-P. Changeux, por ejemplo, llega a identificar un cuadro artístico como un «meme» de una complejidad extrema o, más bien, una «síntesis compleja de memes» cuya transmisión y propagación se llevan a cabo a través del cerebro del artista, de un lienzo a otro en la obra del pintor y de la obra de un pintor a otro. El historiador intenta, por otra parte, reconstruir una evolución de un artista mediante la búsqueda de elementos variables en el conjunto de una masa relevante de invariantes que caracterizan el estilo del pintor o de la colectividad de artistas a la que pertenece. Intenta reconstruir una evolución que, a la postre, sólo es realizable porque el pintor, a la vez que inventa, toma de sí mismo y principalmente de los demás, esquemas, figuras y formas *que se convierten en otras tantas unidades de réplica, de «memes», que se perpetúan a lo largo de la historia* (6).

La teoría de Dawkins proporciona un valioso modelo sintético y un apoyo biologizador. La evolución cultural es, sin duda, mucho más rápida que la evolución biológica (genética). La reproducción aculturada de memes representaría una clonación cultural sin duda tan peligrosa como la biológica (2, 7, 8).

2.2. El hombre, un ser tridimensional

Es conveniente destacar tres niveles constitutivos en el hombre: *a)* lo corporal (orgánico); *b)* lo psicológico (mente-conciencia sensorial); *c)* lo axiológico (valores): conciencia moral, espíritu libertario. A este último también se le añade la necesidad de explicar, desde una perspectiva bioquímico-genética, nuestra conducta como seres humanos.

La selección natural es un proceso que no tiene en sí objetivos, pero el hombre sí los tiene constituyéndose éste en la única especie biológica consciente de su evolución y con el poder de moldearla en conformidad a sus propias necesidades imperiosas, dirección evolutiva que constituye un asunto ético de gran importancia para la Humanidad por su creciente gravitación sobre su comportamiento. El ser humano no es sólo *Homo sapiens*, también es, como ya dijimos, *Homo moralis*, un ser ético por su naturaleza biológica intrínseca que le permite anticipar las consecuencias de sus propias acciones y discernir su comportamiento bueno o malo, moral o inmoral, según las normas generadas por la evolución cultural y no por la biológica. El comportamiento ético requiere o depende de la capacidad de hacer juicios de valor y, a la vez, de elegir entre varias líneas alternativas de acción.

2.3. ¿Qué es el hombre?: Evolución, Verdad y Ciencia

«El hombre, centro de perspectiva, es al propio tiempo centro de construcción del Universo. Hacia él es donde hay que orientar finalmente toda ciencia»

TEILHARD DE CHARDIN

Gracias a la Ciencia puede el hombre decir como Don Quijote, pero con más fundada razón, «yo sé quien soy y quien puedo ser». El hombre es producto de un proceso evolutivo que aún continúa y que irá determinando lo que, en cada etapa, llegará a ser (9).

A decir de Zubiri: «la Ciencia no es una simple adición de verdades que el hombre posee, sino el despliegue de una inteligencia

poseída por la verdad», aludiendo a la búsqueda de las propias raíces en lo más profundo de uno mismo, lo cual es, simultáneamente, lo más externo y radical, lo superior. Esto equivale a llegar a conocer lo primordial de la realidad misma, poder de lo real que representa, en sí mismo, la unidad intrínseca de la realidad y la inteligencia.

El concepto de evolución orgánica constituye, junto a los conceptos de célula y de organismo, uno de los más importantes principios básicos de la Biología. La evolución orgánica es el desarrollo progresivo de animales y plantas a partir de ancestros de formas y funciones diferentes. Es un proceso muy lento, que se mide en tiempo geológico. El término evolución se aplica, en general, a cualquier aumento en complejidad a través del tiempo, tales como la evolución del sistema solar, la evolución orgánica de los seres vivos, la evolución del hombre y de la sociedad humana, etc. La similitud fundamental de los organismos apoya la existencia de un ancestro común a todos ellos. El protoplasma y la célula y sus manifestaciones de vida —metabolismo, crecimiento y reproducción— son esencialmente los mismos en todos los organismos. Los cambios en la constitución genética de un organismo pueden deberse a nuevas condiciones, a bricolaje, a mutaciones de los cromosomas o a mutaciones de los genes.

La combinación de la teoría de la selección natural de Darwin y la teoría de las mutaciones de De Wries es lo más aceptado por los biólogos modernos.

En la sociedad humana deben convivir los investigadores de la verdad terrena sin negar ni combatir *a priori* la trascendencia de lo absoluto que plantean la religión y la filosofía.

Claude Bernard decía que «en todos los conocimientos humanos y en todas las épocas hay una mezcla, en proporción mayor y menor, de tres cosas: religión, filosofía y ciencia». Las tres se depuran y se perfeccionan la una con la otra.

Pasteur, por otra parte, afirmaba que «en cada uno de nosotros hay dos seres: el hombre de ciencia, que hace tabla rasa de todo y quiere remontarse hasta el conocimiento de la naturaleza por medio de la observación, la experiencia y el raciocinio, y el hombre sensible, que vive de la tradición, de la fe, de los sentimientos» (10). Hay

mucho de verdad en aquello de que la Ciencia y el Humanismo han de constituir un solo brazo en vez de un monolítico muro que separa injustificadamente razón y sentimiento.

Al igual que en Pasteur, en no pocos hombres de ciencia coexisten, sin mutua interferencia y sin implicación entre ellas, estas dos formas de vida.

La verdad, más que cuestión de «explicaciones», lo es de «actitudes» profundas de las personas. Estar a favor de la verdad no significa poseer la verdad, sino más bien ir tras ella, buscarla, investigarla y «dejarse poseer o estar poseído» por ella.

En la presente exposición deseamos reflexionar sobre algunos aspectos esclarecedores del origen y evolución de la vida a partir de lo inanimado hasta culminar en el hombre, valiéndonos de los aportes de la física, la química, la bioquímica, la genética, la sociología, la antropología y otras ramas de las ciencias del hombre.

De esta manera, aspiramos a llegar a una concepción coherente de lo que es el hombre en conformidad con la ciencia de hoy hasta alcanzar una posición que nos permita, con el tiempo, decir: *Ecce homo*, pero desde una perspectiva distinta a la de Pilato. Éste, tras haber hecho flagelar a Jesús, lo hizo adelantarse hasta el balcón que daba sobre la plaza y gritó: «*Ecce homo* (he aquí al hombre)» (Jn 19,5). La historia se encargaría de transcribir estas palabras, a la vez misteriosas y proféticas de Pilato que, en realidad, iban mucho más allá de lo que él mismo sospechaba pues, como bien lo ha dicho José Martín Descalzo, cruzarían la historia como una profecía: Jesús era verdaderamente hombre, el hombre verdadero, el de la dimensión biológica impregnada de la consiguiente primera humanidad, el primer hombre de la Humanidad nueva que sólo en él alcanzaría toda su plenitud, la del hombre más humano, el *Homo humanus*, que ya mencionamos. En ese instante Pilato no podía comprender esa situación en toda su trascendente humanidad y en todo su dolor. El *Ecce homo* constituiría, en Jesús, el motivo y símbolo del más encendido amor y entrega a los demás; en cambio, en Pilato, llegaría a ser el símbolo de la cobardía.

3. EL FENÓMENO DE LA VIDA Y SU NATURALEZA

3.1. Filosofía y biología de la vida

La mayoría de los biólogos cree en la existencia independiente de un mundo de objetos que el hombre percibe a través de sus órganos de los sentidos. Dados los mismos instrumentos, todos los seres humanos normales son capaces de encontrar las mismas propiedades en un objeto externo. Para el biólogo esta uniformidad de percepción por diferentes individuos de la misma especie significa que los objetos existen más allá y aparte de las mentes que los perciben. En consecuencia, un biólogo no cree que la mente sea la única realidad. De hecho, no conocemos del todo las relaciones existentes entre el cuerpo y la mente. Sin embargo, la validez de nuestro conocimiento no depende de nuestra comprensión de cómo conocemos. El mundo que el hombre posee es el que él mismo se construye en base a sus sentidos y la Ciencia se constituye en una progresiva aproximación del hombre al mundo real (Max Planck). Tal como se indica en la Figura 1, cuando la radiación que llega a la retina es de 760 nm, vemos los objetos que poseen color rojo en tanto que, a 590 nm, vemos los de color amarillo. Sin embargo, si la radiación que incide sobre nuestra retina es la asociación de 760 nm (rojo) + 535 nm (verde), lo que vemos es el color amarillo (que corresponde a 590 nm), es decir, que, dadas dos situaciones diferentes, la apreciación sensorial es la misma (2). No todos los animales tienen idénticas características y capacidad sensorial, puesto que dependen de su particular evolución.

λ (nm)	Color
760	rojo
535	verde
590	amarillo
760 + 535 (rojo) (verde)	amarillo

FIGURA 1. *Percepción sensorial y mundo real.*

Bergson sostenía que el ser humano se puede explicar a partir de un proceso de evolución y apoyaba que la función de los sentidos no era la de representar la realidad circundante sino la de estimular reacciones como protección ante los peligros del entorno, razón por la cual no representan hoy fielmente el mundo real. Además, invocaba la presencia en las especies, evolutivamente, de un impulso que denominó «corriente o fuerza vital» (*élan vital*) que impulsa a una mayor individualidad (11).

Ortega y Gasset hacía notar que los fenómenos vitales comienzan donde concluyen los fenómenos mecánicos: «el enamorado que se consume de deliquio contemplando el divino óvalo de la faz amada, no se extasía ante una disposición oval de átomos, y la liebre que huye del galgo no huye de una ecuación físico-química (la de la radiación luminosa)». Y añadía: «medio biológico es sólo aquello que existe vitalmente para el organismo. Hay un mundo para cada especie; hay un mundo para el hombre y otro para el águila, y otro para la araña. No sólo el organismo se adapta al medio, sino que el medio se adapta al organismo. El cuerpo es sólo la mitad del ser viviente; su otra mitad son los objetos que para él existen, que él percibe y que lo incitan a moverse, a vivir». Para entender una vida, humana o animal, hay que hacer antes el inventario de los objetos que integran, con sus cualidades percibibles, su mundo propio, lo que Ortega denomina «su paisaje», su medio vital (4).

Nada hay en el mundo físico que no tenga su correspondencia psicológica, y viceversa, para el ser humano. Así, Goethe cantaba esa hermandad entre alma y espacio, el mundo como expresión del alma:

*nada hay dentro, nada hay fuera;
lo que hay dentro, eso hay fuera.*

3.2. Materia viva y no viva: vitalismo y mecanicismo (12)

Distinguir lo vivo de lo inerte o abarcar en una misma definición al ternero, el plátano y la bacteria no es nada fácil, requiriendo cierta flexibilidad al momento de hacerlo. Las formas vivas se pueden individualizar por poseer una membrana celular (los pluricelulares además poseen un cuerpo), por su capacidad de intercambiar

materia y energía con su entorno, por crecer y reproducirse y por la capacidad de responder a los estímulos externos.

Respecto a un criterio simple que permita distinguir entre materia viva y no viva, la complejidad del fenómeno vital y su naturaleza esencialmente misteriosa hace de ello un tema de conjetura. En general, existen dos aproximaciones opuestas para entender el fenómeno de la vida: el mecanicista y el vitalista.

El mecanicista considera que un organismo vivo es una máquina, cuyas partes e interacciones obedecen a las mismas leyes de la física y de la química que conocemos en el mundo no viviente. El vitalista, en cambio, estima que las leyes físicas y químicas ordinarias no son suficientes para explicar el fenómeno de la vida y que la condición de estar vivo se debe a otro factor del cual no sabemos nada, pero cuya existencia debemos asumir. Está claro que el primer punto de vista, el mecanicista, ha sido el más fructífero en la investigación científica y si bien no prueba que la vida es un mecanismo, al menos sugiere que el abordaje práctico y metodológico implica la hipótesis de que las leyes de la física y de la química explican la materia viva. De aquí que los biólogos modernos son mecanicistas en el abordaje experimental cualesquiera que sean sus convicciones fundamentales.

A todo aquel que se ha introducido en cualquiera de las ramas de la biología le llama la atención la gran variedad de organismos vivos existentes en nuestro planeta y, más aún, le sorprende que esto no guarde consonancia con lo reducido de los procesos físico-químicos y estructuras atómicas, moleculares y celulares empleados para llevar a cabo esta maravillosa diversidad de organismos vivos. Es decir, que la naturaleza es pródiga en seres vivos pero no en mecanismos. Lo que podría parecer una complejidad inexplicable no lo es por la sorprendente unidad que presenta la materia viva en composición, estructura y función, acompañada de un origen común y una admirable evolución química y biológica develada a través de la capacidad racional de la mente del hombre plasmada en un árbol de la vida común a todos los seres vivientes.

3.3. Organicismo y atomicismo

Por otra parte, algunos biólogos sostienen que la dinámica de funcionamiento del organismo como un todo no equivale a la suma de las acciones o funciones de sus partes separadas sino que a éstas las trasciende la dinámica del todo. En otras palabras, el todo no es funcionalmente la suma de sus partes. Esta corriente de pensamiento constituye la denominada hipótesis del organicismo en oposición a la hipótesis atomística que sostiene que la conducta del organismo no es más que la suma de sus funciones separadas. Los seguidores de cualquiera de estas hipótesis suelen ser mecanicistas en su interpretación general de la vida (12).

3.4. Origen y evolución de la vida

Si bien no ha sido posible demostrar el origen espontáneo de la vida, la hipótesis de trabajo del mecanicismo implica que, de alguna manera, la materia viva surgió o se derivó de la no viva.

Una teoría alternativa opuesta es la teoría de una creación específica de la materia viva por intervención divina (no necesariamente de todas las formas de vida). Henderson ha enfatizado la relación recíproca entre medio ambiente y organismo así como en lo adecuado de las cualidades del cosmos para sostener la vida, sugiriendo que ambas evoluciones, mecánica y orgánica, son esencialmente una sola y que el universo es biocéntrico, es decir, que el hecho más central y más fundamental es la vida y no la materia inerte.

Varios biólogos y filósofos, como lo destaca G. Alexander (12), han sugerido la presencia, en la evolución, de una fuerza directriz y controladora, ya sea externa o interna, lo que ayudaría a explicar el porqué los paleontólogos no encuentran todas las infructuosas variaciones desde una secuencia evolutiva, las cuales son necesarias para una explicación por selección natural.

3.5. La controversia Ciencia-Religión

*«Él moraba en el principio
y principio no tenía,
Él era el mismo principio,
Por eso de él carecía»*

S. JUAN DE LA CRUZ

La Historia muestra numerosas y desafortunadas controversias entre los defensores de las principales religiones y los científicos, controversias que, las más de las veces, han estado basadas en superficialidades ya sea de fe o de conocimiento. Estos dos últimos ámbitos representan puntos de vista diferentes pero no necesariamente opuestos radicando las controversias, en su mayor parte, en la evolución orgánica, especialmente en su aplicación al hombre. Los opositores de la doctrina evolutiva, ninguno de los cuales es de formación biológica, coinciden en un punto de vista común que no es compatible con los descubrimientos de la Biología. La inconsistencia de esta postura se debe a que su fundamento es la interpretación literal de la Biblia (más específicamente del Antiguo Testamento) y el estricto apego a cada palabra de las diferentes traducciones. Por supuesto que los puntos de vista de los llamados «creacionistas» religiosos no son consistentes con los descubrimientos de la Biología ni tampoco respecto a los hallazgos en otros campos. Hay muchos casos históricos en los cuales algunos grupos de creyentes hicieron ver la intervención divina como un fenómeno que después fue explicado como debido a causas naturales. Todos hemos sido testigos del poder de la selección natural. Así, hace poco más de cincuenta años, los médicos mantenían una confianza ciega en los antibióticos y hoy día, en cambio, vemos cómo un número cada vez más grande de bacterias son resistentes a ellos a través de un proceso de selección natural. Por lo mismo, no disponemos de una vacuna permanente contra la gripe ya que el virus muta rápidamente y se adapta no respondiendo a la acción de los anticuerpos. Lamentablemente, los fanáticos religiosos no suelen convencerse de aquello que constituye una evidencia para el científico y ponen su fe en los dictados de la religión, negando la evidencia que le proporcionan sus propios sentidos. Lo crucial de esta controversia radica en una diferencia fundamental de los puntos de vista, la que implica la naturaleza de la

realidad misma. Ha quedado ampliamente demostrado, por el gran número de biólogos y otros evolucionistas que apoyan activamente a instituciones religiosas, que no hay ninguna inconsistencia entre religión verdadera y creer en la evolución, como lo ha ratificado recientemente el propio Vaticano.

Estamos firmemente convencidos de que la natural inquietud de la mente de los seres humanos es un estímulo interior que exige una representación unificada y coherente tanto del mundo en general como del mundo interior. La interacción del hombre con su medio es un escenario en el que la presencia de Dios no debe ser motivo de conflicto sino un punto de partida en que la conversión bidireccional materia-energía y la admirable sucesión de las etapas evolutivas, condujeron a la aparición de la mente humana que nos ha permitido ir develando el maravilloso plan de esta evolución que decursa en sucesivas etapas en las cuales fueron apareciendo progresivas formas y materiales nuevos. Ha sido un largo caminar del hombre el cual, gracias a su inteligencia, conciencia y curiosidad, ha ido conociendo esta interminable y prodigiosa secuencia evolutiva que lo ha llevado a convertirse a sí mismo en objeto de investigación molecular a lo largo de una incesante búsqueda en cumplimiento del anhelo socrático de conocerse a sí mismo (13). El asombro surge ante el maravilloso plan gestador de la vida y de la conciencia propia, como lo expresa John Austin Baker:

«Cuando consideramos la sencillez de alguna unidad fundamental del universo, como el átomo de H, y el hecho de que su potencial para el cambio se limite, según parece, al ascenso o descenso de su nivel de energía y a la mayor o menor excitación de sus componentes, cuando reflexionamos en que con esto se hicieron el colibrí y la ballena, la mente de un Aristóteles y de un Einstein, la música de Händel y las palabras de Shakespeare, el David de Miguel Ángel y la valentía de los hombres buenos, ningún milagro ni portentoso despertará jamás en nosotros tanta admiración como la realidad del orden natural y el misterio del alma humana».

3.6. Sociobiología y competición evolutiva

La Sociobiología, como ciencia que estudia los comportamientos sociales de los seres humanos y de todos los organismos vivos, se basa en la preocupación de estos seres por sacar el mejor partido posible en el juego de la competición evolutiva (reflejos de la teoría darwiniana). R. Dawkins, en su controvertido libro «El gen egoísta» (7), más que centrarse en el organismo individual, adopta el punto de vista en relación a la naturaleza. La teoría del «gen egoísta» es la teoría de Darwin expresada de una manera distinta a la elegida por el naturalista inglés. El punto de vista de Dawkins es que no existen dos caminos al momento de considerar la selección natural: la apreciación desde la perspectiva del gen y la aproximación desde el individuo. Son dos visiones de la misma verdad del neo-darwinismo. En suma, *Dawkins postula que el organismo no sería más que un conjunto de genes que encontraron el medio de optimizar su permanencia y expresión con el máximo de beneficios en el desarrollo evolutivo*; un modo de perpetuarse como el que encontró el huevo al hacer otro huevo. Los genes egoístas están interesados en «vivir» juntos para crear esa reserva genética que son los organismos. La biología molecular más reciente así lo indica (genes saltarines, genes múltiples, etc.). Si la Naturaleza no realizara saltos, la especie humana no existiría. La teoría del «gen egoísta» lleva al espíritu competitivo hasta el interior mismo del organismo, generalizándolo completamente.

3.7. Las enfermedades como instrumento de la selección natural (2, 14)

Las evidencias señalan que las enfermedades, ya sea de carácter hereditario o provocadas por agentes ambientales (biológicos, físicos o químicos), nutricionales, etc., desempeñan un papel importante como factor selectivo en la evolución humana, llegando a ser, en ocasiones, más homicidas que las guerras y los genocidios. Este conjunto de fenómenos patológicos ha producido muchísimas más muertes que las guerras y los desastres naturales a lo largo de la historia evolutiva del hombre. Así, por ejemplo, la mayor parte de los abortos espontáneos son producto de enfermedades hereditarias,

con lo cual la Naturaleza dispone de un filtro selectivo muy importante.

Igualmente, en toda la historia del hombre, las grandes epidemias han afectado fuertemente a pueblos y ciudades. Tal es el caso de la peste negra, considerada como el mayor desastre demográfico biológico-ambiental de toda la historia, llegando a producir la muerte de más del 30 por 100 de la población de Occidente. También la lepra, el paludismo, el cólera, el tifus, etc., han afectado principalmente a los más desheredados, a los que viven en la suciedad y en la miseria y han representado, en gran medida, la historia de la Humanidad, una historia de enfermedad y muerte que supera la protagonizada por guerras y catástrofes naturales y de la cual el arte pictórico ha dejado vívida constancia (15).

Cabe hacer notar que los individuos de grupo sanguíneo 0 resisten mejor la peste que los del grupo A. Son, pues, los peores azares de la resistencia los que nos han hecho nacer después de una serie de enfrentamientos y desastres.

En igual dirección han operado las enfermedades hereditarias como filtro selectivo. Son, pues, las causas genéticas persistentes y las causas naturales las que mueven la selección.

4. LA CUESTIÓN DEL ORIGEN DEL UNIVERSO, DE LA VIDA Y DE LA MENTE: LAS TRES ETAPAS DE LA EVOLUCIÓN

*«El hombre está en medio de la creación,
entre la materia y el espíritu,
entre el tiempo y la eternidad»*

SAN ALBERTO MAGNO

Ya hemos mencionado que son tres las etapas o niveles distintivos de la evolución, proceso que se inicia con la **cosmogénesis**, hace unos 14 mil millones de años, seguida de un nivel biológico o **biogénesis** que comenzó hace 3.500 millones de años, proceso en el cual se originó la vida. En la tercera y última etapa o **noogénesis**, se desarrolló la mente humana hace un millón y medio de años,

dando origen a la aparición del pensamiento lógico y la conciencia valórica, atributos propios del ser humano (16) (Fig. 2).

Los 3 niveles sucesivos de la Evolución	Los 3 constructores de materiales y formas	Creación	Inicio (millones años)
Cosmológico	<i>Big Bang</i>	La materia (átomos, moléculas)	13.600
Biológico	<i>ADN</i>	Genes-Vida (reproducción, energía, información)	3.500
Noológico	<i>La mente humana</i>	Pensamiento lógico conciencia valórica	1,5

FIGURA 2. *Las tres etapas de la evolución.*

4.1. Etapa de cosmogénesis: el Big Bang y la creación del Universo (hace 13.600 millones de años)

«Debemos simplificar las cosas lo más posible pero no más»

A. EINSTEIN

Se inicia hace 13,6 mil millones de años con una gran explosión cuando, en medio de la nada, se produjo una luz muy brillante y un calor enorme (energía) que bordeaba lo infinito, así como una materia de máxima concentración con radio casi cero. Esta hipótesis de la «explosión inicial» se ha denominado también **Big Bang** o «hipótesis del átomo primitivo». El universo tuvo entonces una fase muy caliente, superior a un billón de grados, y muy densa (superior a 100 kg/cm²) y comenzó a expandirse de manera brusca (Big Bang). Desde entonces el universo no ha cesado de expandirse y enfriarse

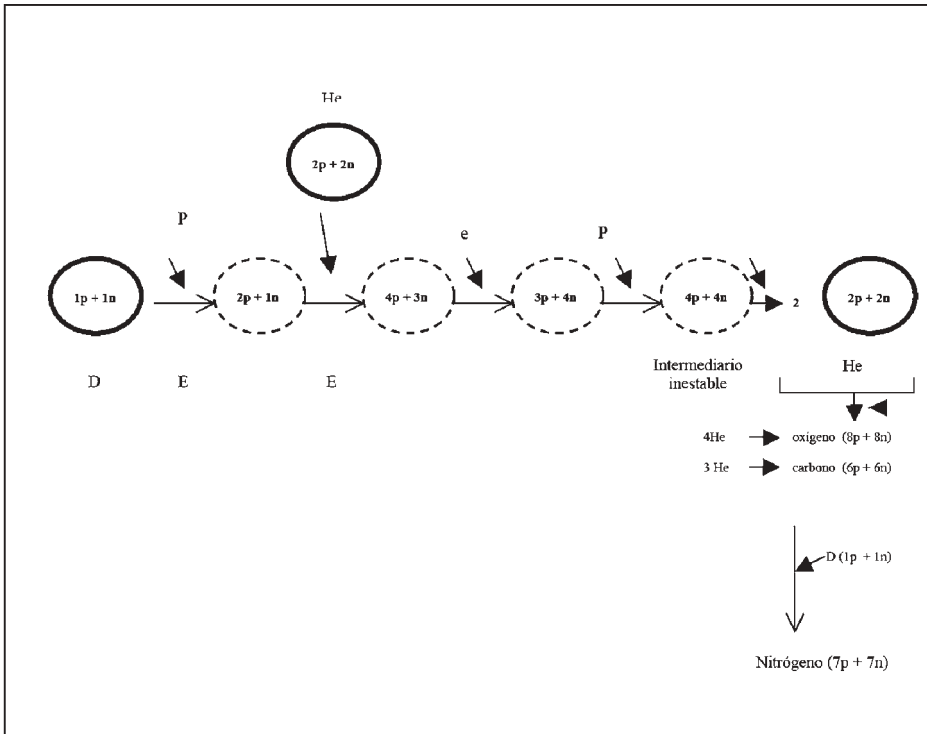
al mismo tiempo que aparecían partículas y antipartículas que, a una velocidad vertiginosa, aparecían y desaparecían. Cuando la temperatura del universo descendió a 3.000 millones de grados, los protones y los neutrones presentes se condensaron originando núcleos de deuterio y luego de helio (Fig. 3).

Así el Big Bang se constituyó en el creador de las materias primas al generar los pilares básicos para la formación de todos los elementos químicos, evolución química que necesariamente precedió a la aparición de la vida en los inicios de la evolución biológica. Estos estudios se han visto fortalecidos con los aportes de los físicos y éstos, a su vez, con los descubrimientos de los cosmólogos.

Es el caso de la unificación de las teorías sobre la energía y la materia. Esta unificación llevó de manera natural a la equivalencia de los conceptos de **masa (m)** y **energía (E)**, pero mediada por un factor de conversión relacionado con la velocidad de la luz (**c**). La equivalencia se expresa por la célebre ecuación $E = mc^2$, establecida por Einstein en su teoría de la relatividad, que revolucionó las nociones físicas de espacio y tiempo y la interconversión entre masa y energía, fundamental al momento de analizar el proceso de creación del Universo.

De igual importancia ha sido la teoría de la cosmodinámica cuántica de Gell-Mann, que explica la contribución de las partículas formadas por *Quarks*: los protones y los neutrones están formados por partículas más elementales denominadas quarks con la interacción de *Gluones* (la denominación de gluones se debe a «glue», pegamento en inglés, los cuales mantienen cohesionados a los quarks dando forma a protones y neutrones, teniendo cada protón tres quarks que se mantienen unidos por gluones).

Poderosos aceleradores de partículas, como el de Brookhaven en EE.UU. y el europeo CERN, han reconstruido la situación de la materia cuando el Big Bang apenas había estallado y el universo comenzaba a expandirse en una masa informe denominada plasma. Así, se ha logrado provocar experimentalmente una tremenda colisión de núcleos de oro (iones formados por neutrones y protones desprovistos de sus electrones) al impulsarlos en un acelerador lineal hasta alcanzar una velocidad próxima a la de la luz, dando lugar a partículas altamente energizadas las que luego se sometieron



(---) = núcleo intermediario; p = protón; n = neutrón; e = electrón; D = deuterio; E = energía

FIGURA 3. La cadena nuclear en la Cosmogénesis.

a ráfagas de ondas de radio. A continuación, las partículas se dividieron en grupos que se hicieron correr en direcciones opuestas en los anillos de un acelerador de partículas. Con ello, los físicos lograron «retratar» la materia tal cual estaba en el momento en que el universo había completado una diezmillonésima de segundo. El radiotelescopio CBI (Cosmic Background Images) en el desierto de Atacama, en el Norte de Chile, está contribuyendo al estudio de los primerísimos momentos que, después de esos 13.600 millones de años, llegan hasta nosotros.

La calidad de los cielos chilenos facilita los estudios astronómicos que derivan en nuevos aportes cosmológicos. Es así como un equipo de astrónomos europeos que trabajan con el Very Large

Telescope (VLT) en el observatorio de Paraná, en la II Región de Chile, informó que la Vía Láctea tiene 13.600 millones de años, con un margen que oscila alrededor de 800 millones de años. Esto fue determinado al medir la cantidad del elemento berilio en dos estrellas que forman parte de lo que se conoce como «grupo globular». El contenido de berilio en las estrellas aumenta con el tiempo, de manera que éste puede ser usado como un «reloj cósmico» para calcular sus edades. Ésta es la primera vez que se obtiene una precisión independiente para este valor numérico fundamental.

Otra contribución corresponde al profesor de astronomía Mark Whittle, de la Universidad de Virginia, quien descubrió que las ondulaciones que constituyen las variaciones leves de la densidad de la materia donde se forman las estrellas y las galaxias podrían verse como ondas sonoras de rebote cuando el universo tenía sólo 380.000 años. Whittle desplazó hasta el rango audible por el hombre esas ondas sonoras, que no podían ser apreciadas por el oído humano, usando modelos computarizados para generar las cuerdas cósmicas desde la creación hasta el primer millón de años, que él condensó en cinco segundos como un acorde de un motor de un avión a chorro.

Así como los físicos han profundizado cada vez más en el origen del cosmos, lo mismo han hecho los bioquímicos y los biólogos moleculares respecto al origen de la vida.

4.2. Etapa de biogénesis: el ADN y la aparición de la vida (hace 3.500 millones de años)

*«La propia lucha hacia la cumbre
basta para henchir el corazón de un hombre.
Hay que imaginar a Sísifo dichoso»*

ALBERT CAMUS
(«Le mythe de Sisyfo»)

La teoría de la evolución por selección natural de Darwin es la mejor alternativa para explicar cómo llegan las partes de los organismos a tener funciones. Dicha teoría de Darwin se resume en que, dada una población de entidades con las propiedades de multiplicación,

variación y herencia, y dado que algo de la variación afecte al éxito de esas entidades en la supervivencia y en la multiplicación, entonces esa población evolucionará, es decir, la naturaleza de sus entidades constituyentes cambiará con el tiempo. Si la herencia fuese exacta, el cambio evolutivo acabaría disminuyendo y terminándose; la continuación de la evolución requiere que la herencia sea inexacta, de modo que surjan nuevas variantes de vez en cuando (17).

Tras un silencio relativo originado a comienzos del siglo XX el darwinismo, bajo la forma denominada «neodarwinismo» o «teoría sintética de la evolución», se convirtió en la doctrina universalmente aceptada de la biología, avalada por nuevos tipos de pruebas ecológicas, paleontológicas, genéticas y embriológicas. Esta concepción evolucionada de la biósfera emergida de las diferentes pruebas planteaba, sin embargo, la interrogante relativa al origen mismo de la vida en nuestro planeta (18), situación que, en lo principal, consideraremos a continuación.

La etapa de cosmogénesis había provisto las moléculas y condiciones para posibilitar el desarrollo de la vida (biogénesis). La evolución química había generado mediante los elementos C, H, O, N, etc., los compuestos orgánicos (aminoácidos, bases purínicas y pirimidínicas, etc.) que habrían permitido el escenario que hizo posible, más adelante, la síntesis de ácidos nucleicos, péptidos y, a la postre, proteínas con funciones de creciente especificidad de acción (enzimas, proteínas contráctiles, etc.) hasta la generación de seres vivos desde una célula o un microorganismo primitivo hasta el hombre.

El primer paso hacia la vida lo constituyó la generación química de compuestos orgánicos, es decir, compuestos que contienen carbono. Al comienzo, el oxígeno estaba ausente de la atmósfera primitiva por lo que los compuestos orgánicos, que reaccionaron fácilmente, pudieron formarse de manera más expedita.

El escenario clásico para explicar el origen de la vida surgió de la proposición de Oparin y Urey al plantear que al comienzo existió una atmósfera reductora en la cual se pudo producir síntesis orgánica. S. Miller y colaboradores demostraron que, bajo esas condiciones y con un adecuado aporte de energía, se podía producir un «conjunto de unidades de construcción para originar la vida». Qui-

zás estos compuestos orgánicos, suplementados con aportes adicionales provenientes de material de impacto extraterrestre, se acumularon en el océano para formar una rica «sopa» prebiótica de la cual, de alguna manera, evolucionó la vida.

La mayoría de los investigadores considera un prerequisite el que se desarrollara un sistema genético capaz de evolucionar para producir la aparición del metabolismo. El descubrimiento de RNA catalítico por T. R. Cech (19) pareció resolver el par de problemas relacionados con la catálisis y con los genes. Se vio que el RNA, con unas cuantas coenzimas, podría haber manejado tanto el metabolismo primitivo como su propia replicación.

La hipótesis de la «sopa» primigenia entró en dificultades por lo que se propusieron alternativas. Cairns-Smith propuso los cristales de arcilla como una superficie informacional «genética» prebiótica sobre la cual podría haberse iniciado un primitivo metabolismo, considerado en términos generales. Otras propuestas fueron que la energía de tioésteres precedió a la energía de enlaces de fosfato para posibilitar varias reacciones endergónicas (por ejemplo, la síntesis de péptidos). Una de las teorías más detalladas sobre los orígenes del metabolismo se debe a G. Wächtershäuser, la cual postula que una versión arcaica del ciclo reductivo autotrófico del ácido cítrico, impulsado por la formación de piritita y contenida en la superficie de la piritita resultante constituyó el primer ciclo metabólico a partir del cual surgieron las vías metabólicas centrales, inicialmente sin enzimas ni ácidos nucleicos (20, 21). Una exposición bastante completa de estas alternativas se encuentra en el trabajo de Maden (20) y en el reciente libro del Profesor Athel Cornish-Bowden (22), en el que se analizan aspectos bioquímicos de la evolución. El gran mérito de este último es que analiza las diversas soluciones propuestas para las reacciones y secuencias metabólicas para aportar luego la solución óptima a los problemas metabólicos. Son igualmente valiosas las adaptaciones de accidentes del proceso evolutivo.

Numerosas otras propuestas han aportado diversas soluciones posibles para reforzar la generación evolutiva de seres vivos desde una célula hasta el hombre, biogénesis que debe cumplir las tres condiciones clásicas: capacidad de reproducción, aporte energético permanente y sistema de información externo e interno.

El proceso fotosintético, atrapador de la energía solar y transformador de ésta en energía química concentrada en las moléculas orgánicas, producidas a partir del material inorgánico (O_2 , H_2 , NH_3 , CO_2 , etc.), se convirtió en el nexo e interdependencia fundamental entre los reinos vegetal y animal a través del ciclo del CO_2/O_2 .

La evolución impuso, pues, *dos dictaduras moleculares*, la genética (ADN) y la energética (fotosíntesis), que hasta ahora el hombre no había podido modificar.

Existe una clara unidad estructural y funcional entre los diferentes seres vivos, en todo el abanico que va desde la bacteria hasta el hombre, pues muchas reacciones son básicamente idénticas. El código genético es el mismo y la maquinaria de traducción de la información del ADN en proteínas no difiere sustancialmente (este lenguaje bioquímico común es el que ha permitido la manipulación e ingeniería genéticas). A nivel molecular metabólico se utilizan las mismas coenzimas; a nivel energético, el ATP es la molécula universal para las transacciones bioenergéticas intracelulares de prácticamente todos los seres vivos, como lo es la glucosa para las transacciones moleculares. La existencia de universales bioquímicos moleculares y funcionales constituye, pues, el fundamento unificador de todos los organismos vivientes.

La traducción de un mensaje (información) lineal, como el del ADN (secuencia de bases), en uno espacial o tridimensional, como el de las proteínas (secuencia de aminoácidos que determinan la conformación espacial) es, sin duda, uno de los más relevantes aportes de la evolución molecular. Él permitió que la información biológica (hormonas, neurotransmisores, antígenos, sustratos, moduladores alostéricos, etc.), al ser reconocida por receptores específicos, se tradujera en función o acción biológica. Los cambios conformacionales o alostéricos en la estructura tridimensional de las macromoléculas (principalmente proteínas) se constituyeron en el proceso químico clave que hizo posible la regulación intracelular e intercelular.

El cambio conformacional une así el programa de información genética con el funcional, representado fundamentalmente por quienes ejecutan la acción (enzimas, receptores, proteínas transportadoras, etc.) y determina las estructuras celulares, es decir, las proteínas.

Se fue imponiendo así, a través de la evolución, un **plan maestro**, universal, para todos los seres vivientes, desde las bacterias al hombre. Los cuatro sistemas informacionales, genético, endocrino, nervioso e inmunitario pasaron a constituir la unidad de los organismos pluricelulares complejos.

La evolución biológica creó también *tres sistemas de memoria*: la *genética* (ADN), la *inmunológica* (formación de anticuerpos específicos) y la *neuronal* (*esencial para el desarrollo de la mente en la etapa de noogénesis*). Las dos primeras toman nota del pasado de la especie y del individuo, y la última, la neuronal, registra o recuerda los acontecimientos de la vida de cada ser y ésta, en última instancia, como dice F. Jacob, adquirió la capacidad de inventar el porvenir (13).

Se ha avanzado mucho en la confirmación experimental de las etapas propuestas para la biogénesis primigenia, pero no se ha logrado crear vida en el laboratorio. Al respecto, sólo mencionaremos dos hechos promisorios. Uno lo constituye la secuenciación completa del genoma más simple conocido, el del *Mycoplasma genitalium* por el grupo de Craig Venter en 1995. Este parásito de los tractos genital y respiratorio humanos tiene un genoma de sólo 580-kb de longitud. Por lo tanto, es razonable pensar en que esta secuencia genómica, la más pequeña conocida de un organismo viviente, revele el conjunto mínimo de genes necesarios para la vida independiente. Sorprende que este microorganismo, que contiene un solo tipo de membrana, invierta 140 (30%) de sus 482 genes para codificar proteínas insertas en la membrana. Igualmente inesperada es la observación de que alrededor del 4,5% del genoma sea utilizado para evadir la respuesta inmune del huésped mamífero. Además, 117 secuencias de proteínas del *M. genitalium* (24%) no se corresponden con ninguna otra secuencia proteica de cualquier otro organismo. Se espera poder aclarar cuál es la definición de vida mínima completa desde el punto de vista molecular y su comparación con muchas otras especies, así como los mecanismos y vías bioquímicos que se requieren para la vida.

El segundo aspecto de interés es el intento de crear vida artificial (una especie de «microorganismo sintético») a partir de «biorreactores vesiculares» con capacidad de expresar genes. Estos biorreactores consisten en pequeñas vesículas sintéticas parecidas a una célula biológica. Se construyen sus suaves paredes celulares em-

pleando moléculas lipídicas de clara de huevo y su contenido, sin el material genético, proviene de *E. coli*. Luego se agregaron genes, logrando que penetraran nutrientes y que las células funcionaran. Si bien no son organismos vivos, replican procesos relacionados con el fenómeno de la vida. El grupo de Venter está activamente trabajando en perfeccionar el sistema mediante experimentos controlados con la intención de descubrir en qué consiste la vida misma y cómo está organizada molecularmente.

Por último, cabe citar aquí los recientes logros de Russell Vree-land, de la Universidad de Chester en Pensilvania, quien ha conseguido «despertar» de su hibernación a microbios que han estado atrapados en capas de lodo desde hace 250 millones de años. Estos microorganismos revivieron y se reprodujeron al trasladarlos a un ambiente rico en nutrientes en condiciones adecuadas. Las pequeñas variaciones genómicas observadas hasta el momento darán luces sobre los cambios experimentados a través de un tiempo geológico asombrosamente prolongado, así como sobre el origen de la vida y su evolución.

4.3. Etapa de noogénesis: el surgimiento de la mente humana (hace 1,5 millones de años)

*«Las neuronas son las misteriosas mariposas del alma,
cuyo batir de alas quién sabe si esclarecerá
el secreto de la vida mental»*

SANTIAGO RAMÓN Y CAJAL

La maquinaria del cerebro está construida y mantenida conjuntamente por genes y experiencias, lo cual es fruto de millones de años de evolución, siendo la selección natural su fuerza motriz.

Es la extraordinaria evolución y desarrollo del sistema nervioso central del hombre el que determinó, hace poco más de un millón de años atrás, junto con la lateralización del hemisferio cerebral izquierdo y el surgimiento del lenguaje, la aparición de la conciencia valórica y el pensamiento lógico, lo cual lo distingue de todos los otros seres vivos. Esta última y *tercera etapa evolutiva*, que siguió a la cosmogénesis y biogénesis, constituye, como la denominó Teil-

hard de Chardin, la noogénesis o evolución de la mente (23). Representa uno de los principales desafíos de la biología moderna, a la vez que su más grande potencialidad y promesa.

La hipótesis darwinista de la adquisición gradual de las facultades superiores de la mente asentadas en el cerebro, están apoyadas por datos provenientes de la arqueología (pruebas indirectas) y por la anatomofisiología (pruebas directas). La mente humana es una función del cerebro y no una entidad totalmente diferente a la cual se suele identificar con un sustrato no material.

El hombre, en relación a otros animales de igual peso corporal, posee un cerebro de mayor tamaño. En el uso comparado con sus «parientes» más próximos de hoy, los chimpancés y los gorilas, el cerebro del hombre es más voluminoso, compartiendo incluso con estos antropoides hasta casi un 99% de identidad en su ADN.

¿Cómo y por qué nuestra capacidad cerebral ha aumentado tanto y tan rápido en el curso de los últimos millones de años?

El estudio de la evolución de la capacidad craneana de los hombres en el curso de los últimos cuatrocientos millones de años muestra que dicho volumen se ha estabilizado hace cien mil años.

Se ha propuesto que dicha fase de estabilización del volumen cerebral del hombre se acompañó de: 1) una reorganización funcional del cerebro, 2) economía en energía, y 3) una modificación anatómica general y un desarrollo de una adecuada agudeza auditiva, ligados principalmente a la evolución del lenguaje, fundamental en la evolución de la mente.

4.3.1. *Paleontología del cerebro humano: la evolución económica del lenguaje*

¿Cuándo y cómo surgió la palabra?

La invención y perfeccionamiento de un lenguaje simbólico por nuestros ancestros no solamente permitió grandes progresos en la organización social de nuestra especie (especialmente para la caza) sino que además aceleró notablemente su evolución cultural y técnica. El cerebro del primer hombre capaz de hablar debía poseer al

menos un esbozo de las dos áreas implicadas en el lenguaje: el área de Broca, vinculada a su expresión, y el área de Wernicke, ligada a la comprensión.

El área de Broca no es más que una pequeña región de la corteza cerebro-temporal. La importancia de esta región cortical son las múltiples conexiones modulables que la conectan con numerosos otros sitios cerebrales implicados en otros circuitos, para formar una red neuronal plástica muy compleja que nos permite aprender y dominar un idioma, comunicarse socialmente y de manera lógica, valórica y trascendente en función de lo aprendido en la proyección al futuro con la experiencia del pasado.

El lenguaje y el desarrollo de la mente surgieron por la necesidad de intercambiar y de transmitir conocimientos, necesidad que se acentúa a medida que se van formando grupos sociales.

Desde el punto de vista anatómico general (no cerebral) esta invención no ha significado más que una muy modesta modificación anatómica: el descenso de la laringe que constituyó un avance cognitivo considerable, realizado con «poco gasto», tanto en el plano fisiológico (necesidades energéticas) como en el anatómico (modificación del esqueleto). El perfeccionamiento de esta invención «económica» y adaptativa ha debido ser favorecida considerablemente por la selección natural, en vez de un adicional crecimiento costoso y problemático del cerebro. El cerebro humano se reorganiza así logrando una mejor comunicación social y un mejor manejo de los conceptos e ideas, aplicaciones adaptativas múltiples y ventajosas (24).

Pero si el cerebro viene siendo como la centralita del lenguaje (así como del resto de las funciones del cuerpo humano) la laringe es su órgano de fonación, junto a la faringe, los labios, la boca y las cuerdas vocales (estas últimas se encuentran dentro de la laringe). Es la posición excepcional de la laringe humana en la parte baja del cuello lo que permitió la aparición de un lenguaje desarrollado como el del hombre, ligado al surgimiento maravilloso de la mente y su potencialidad.

En los mamíferos, a excepción del hombre, la laringe se sitúa en la parte alta del cuello, lo cual les facilita el poder beber y respirar al mismo tiempo, pero les impide producir una gama de sonidos tan

amplia como la humana, ya que su cavidad faríngea, que sirve de caja de resonancia, es más pequeña.

La peculiar posición de la laringe en el hombre se debe a que, hace cerca de 2 millones de años, el clima se tornó excesivamente seco, lo cual forzó al homínido africano, precursor del hombre actual, a tener que estirar el cuello para poder respirar mejor. Se fue produciendo así un aumento en la longitud del cuello y un descenso gradual de la laringe, que es lo que determinó, junto a un aumento de la agudeza auditiva, la evolución del lenguaje humano, íntimamente ligado al desarrollo de la mente. Como el estudio de las laringes pretéritas no es posible, por tratarse de tejido blando que no se fosiliza, Laitman (EE.UU.) obvió el problema al demostrar que la forma de la base del cráneo depende de la posición de la laringe, base que es plana en los mamíferos excepto en el hombre moderno en el que es arqueada. Así, una base craneal lisa significaría incapacidad para hablar (caso del *australopiteco*) y, por el contrario, diversos grados de curvatura indicarían inclinaciones variables de la facultad del lenguaje. El cráneo del *Homo erectus* (que vivió hace cerca de 1.600.000 años) presenta un grado de curvatura muy similar a la de un niño actual de seis años, lo que se interpreta como que ya podría expresarse con una gama de sonidos bastante amplia, pero era incapaz de pronunciar algunas vocales como «u», «a», «i».

Además hay que mencionar el hueso hioides, situado en la región posterior del suelo de la boca de donde arrancan varios músculos de la lengua y otros que elevan la laringe.

Es importante señalar el gran aporte de los paleontólogos españoles, particularmente de J. L. Arsuaga e I. Martínez Mendizábal, de la Universidad Complutense de Madrid y de la Universidad de Alcalá de Henares, respectivamente. Sus investigaciones se han realizado en los yacimientos cuaternarios de la Sierra de Atapuerca, cercana a la ciudad española de Burgos, que conserva el más completo registro fósil de Eurasia. Desde 1999 se han encontrado alrededor de 3.000 fósiles humanos de casi 300 mil años de antigüedad, antecesores de los neandertales, lo que permite por primera vez en la historia de la paleoantropología, estudiar un grupo humano (25).

4.3.2. *Genética evolutiva del cerebro humano: desarrollo de oído, olfato y lenguaje*

Se ha establecido que modificaciones en los genes del oído, del olfato y del lenguaje constituyeron el impulso decisivo de la ventaja del hombre en relación a su «primo menor», el chimpancé, de acuerdo a una comparación minuciosa del genoma casi idéntico de ambas especies que realizaron científicos norteamericanos encabezados por Michele Cargill (26).

Las secuencias de los ADN del hombre y del chimpancé son semejantes en un 99%, a pesar de lo cual estas especies se diferencian por el modo distinto en que regulan la expresión de sus genes. Aparecieron así discrepancias importantes como el lenguaje, la longitud de los brazos, el vello, la capacidad de trepar y otros. Estos cambios genéticos correspondieron a desafíos completamente distintos a los que se vieron enfrentadas estas especies, los cuales ayudaron a mejorar, en la misma proporción, sus posibilidades de supervivencia. Así, por ejemplo, el mejoramiento del sentido del olfato habría influido en la evolución humana en cuanto a la alimentación y la elección de pareja. Los investigadores se concentraron en los 7.600 genes comunes a ambas especies comprobándose, sin embargo, que 1.547 genes humanos mutaron con mayor frecuencia contra 1.534 de los chimpancés. De ahí deriva la evolución humana, que además de mejorar el sentido del olfato, mejoró también el del oído facilitando el desarrollo del lenguaje. En cambio, en el chimpancé, las mutaciones modificaron la estructura del esqueleto facilitando su agilidad para trepar a los árboles y el aumento del vello que aumentó la protección a los agentes externos (lluvia, etc.). El estudio mostró también que, desde el último antepasado común, se modificó en el hombre y en el mono uno de cada diez genes. Así, de 78 genes responsables del metabolismo de las proteínas, mutaron 11, pero no todas estas mutaciones representaron una «ventaja evolutiva», pues algunas se tradujeron en desventajas: 7 de esos 11 genes son conocidos por su acción patógena.

Un hecho de gran interés en el estudio realizado por Cargill y cols., confirma también la importancia de un factor de transcripción recientemente descubierto, el «Forkhead-Box-P2», que interviene en el desarrollo del lenguaje. Este factor ha experimentado muchas mo-

dificaciones en el genoma humano, lo cual no es habitual. Con igual frecuencia mutaron también en el hombre los genes relacionados con la comprensión del lenguaje hablado (26).

Otro ejemplo ilustrativo es la mutación del gen MYH16, hace ya más de dos millones de años, gen del cromosoma humano 7q22 que codifica para una proteína de la musculatura mandibular correspondiente a un tipo de miosina. Como los cambios de la musculatura del esqueleto influyen sobre los huesos que sostienen, el debilitamiento tensional del mencionado tipo de miosina permitió que los huesos del cráneo se volvieran más grandes, posibilitando a su vez un cerebro más voluminoso y de mayor potencialidad, cosa que no ocurría en el mono (27).

4.3.3. *La relación mente-cerebro: la ruta del pensamiento y de la creatividad*

Hace tres siglos, René Descartes consideró a la mente como una entidad extracorpórea que se expresaba mediante la glándula pineal. El filósofo francés estaba equivocado en cuanto a esa glándula, pero suscitó un debate en la relación mente y cerebro al querer explicar la forma en que la mente inmaterial influye sobre el cerebro y recíprocamente. Descartes no podía saber en ese tiempo que la maquinaria del cerebro está construida y mantenida conjuntamente por genes y experiencia y, por supuesto, desconocía que la persona actual es consecuencia de millones de años de evolución. Es la selección natural la fuerza motriz de la evolución y la responsable de que, a diferencia de un computador, la construcción del cerebro no obedezca a propósito específico ni a principio concreto de diseño.

¿Cómo da cuenta el cerebro del misterio de la imaginación humana, de la memoria y de los estados de ánimo? Para estudiar estos problemas, es conveniente considerar a la mente como una sucesión de procesos mentales, en lugar de una sustancia o un espíritu. A menudo se establece, además, una identidad entre mente y conciencia, considerada esta última como un sentido de percepción y conocimiento de uno mismo. Por otra parte, la mente no está limitada a la conciencia ni a la corteza del cerebro. Así, los anhelos, los estados de ánimo, los deseos y las formas de aprendizaje subconsciente han

de ser considerados, en un sentido amplio, entre los fenómenos mentales. Tanto los afectos como el pensamiento consciente dependen de la función neuronal (el cerebro contiene alrededor de cien mil millones de neuronas). Parte importante de la complejidad cerebral se basa en la diversidad de tipos de neuronas. En cuanto al lenguaje, podría ser entendido como un sistema tripartito constituido por la formación de palabras, la representación de conceptos y la mediación entre ambos. El lenguaje habría evolucionado para ser un instrumento de comprensión y comunicación eficiente de conceptos y la dilucidación de su estructura anatómico-funcional permitiría llegar al centro mismo de la naturaleza de lo mental.

El futuro de la neurociencia cognitiva depende de nuestra capacidad para el estudio del cerebro vivo. En este aspecto, se ha avanzado gracias a la tomografía por emisión de positrones (TEP), así como por la confección de imágenes mediante la resonancia magnética (IRM), metodologías que representan una promesa basada en que son técnicas no invasivas y están fundadas en el estricto acoplamiento entre la actividad neuronal, el flujo sanguíneo regional y el consumo energético. Los acontecimientos mentales presentan una correlación con señales eléctricas. ¿Será, pues, la mente una propiedad emergente de la actividad eléctrica y metabólica del cerebro? (28, 29).

Mente, alma, espíritu, psique, son las palabras con las cuales se designa aquello que en la persona es diferente del cuerpo llamado orgánico. Es decir, que la parte espiritual es distinta del cuerpo en su naturaleza, pero que forman un solo todo que constituye la persona, es decir, el ser humano. Esto, a menudo, suscita algunos problemas respecto a creencias religiosas pero, en general, podemos decir que el alma es el principio espiritual e inmortal, capaz de entender, querer y sentir, que informa al cuerpo humano constituyendo con él la esencia del hombre, el constituyente de la vida que anima a la materia.

En psicología el término «mente» es sinónimo de conciencia o espíritu (conjunto de hechos psíquicos observables). El espíritu, en un sentido actual y general, representa la realidad pensante, presente en cada sujeto individual, pero sin su subjetividad y opuesto a lo material y, en lo teológico, vendría a ser lo opuesto a la condición finita y débil del ser humano. La tradición escolástica designaba

también al espíritu como «la parte que piensa en el hombre», y la tradición occidental cristiana se refería al «alma» como la parte espiritual de las dos que componían al hombre (cuerpo y alma).

Por último y en un intento por aclarar algo más estas definiciones, la Academia de la Lengua ha definido a la mente como «la potencia intelectual del alma» (pensamiento, propósito, voluntad) y, en psicología, representaría el conjunto de las actividades o procesos psíquicos conscientes e inconscientes, con lo que el alma humana pasaría a identificarse, en parte, con la psique.

Desde tiempos muy antiguos, se ha pensado que en la mente o psique existen varios valores o expresiones. Entre estos valores, podemos mencionar los siguientes: la *inteligencia*, la *memoria*, la *conciencia*, el *criterio*, el *juicio*, el *sentido moral*, el *discernimiento*, la *voluntad*, los *sentimientos*, la *imaginación* y la *fantasía*. A decir de S. Garretón (30), del conjunto de todos estos valores y de sus infinitas combinaciones y coordinaciones, surge al exterior, bajo la forma de palabra hablada o escrita, el *pensamiento*. Dada esta complejidad y con sobrada razón, se ha dicho que cada mente humana es un mundo propio, el cual se construye con nuestras sensaciones, percepciones y memorias en el maravilloso órgano que es el cerebro humano, el cual no sólo es capaz de pensar sino que, además, puede coordinar los dedos de un pianista o crear un paisaje tridimensional a partir de la luz que incide sobre una retina que es bidimensional.

5. GENES, AMBIENTE Y COMPORTAMIENTO: LO QUE NOS HACE SER HUMANOS

*«El hombre, pues, no como centro estético
del mundo, sino como eje y flecha de la evolución,
lo que es mucho más bello»*

TEILHARD DE CHARDIN

La naturaleza humana es una mezcla de los principios generales de Darwin, la herencia adquirida, los instintos o impulsos, los genes, las leyes de la herencia, los reflejos condicionados, el entrenamiento, las asociaciones, la historia personal, la experiencia formativa, la realidad de los hechos sociales, la cultura, el desarrollo con la imi-

tación del aprendizaje y la creación de lazos afectivos descrita por K. Lorenz.

Si bien todos estos fenómenos confluyen en la mente humana y constituyen la naturaleza del comportamiento del hombre, no sería correcto situar todos estos fenómenos como un espectro que va desde lo genético a lo ambiental, pues hay que entender los genes si es que se desea comprender cada uno de los fenómenos mencionados.

El paradigma biológico dominante durante la penúltima década del siglo XX (1980-1990) lo constituyó la máxima importancia atribuida a los genes en la especificidad de numerosas acciones fisiológicas, patológicas, conductuales, antropológicas, etc., atmósfera que continuó con la proliferación de noticias relativas a los avances en la clonación y función atribuida a los genes. El clímax lo protagonizó Craig Venter al anunciar en febrero de 2001 la secuenciación de prácticamente los 30.000 genes que contiene el genoma humano, fortaleciendo una corriente reduccionista que atribuye al genoma humano la clave de nuestra condición humana. Paralelamente, un grupo de destacados científicos considera un error el enfoque 100 por 100 reduccionista, pues los genes actúan en el contexto del organismo *in toto*, entero, y también del entorno (ambiente). Los actos humanos residen tanto en la herencia como en el ambiente, tema central desarrollado magistralmente por Matt Ridley en su libro «¿Qué nos hace humanos?» (3). Su postulado es que tanto la naturaleza (herencia) como el ambiente explican en su interacción la conducta humana y una voluntad libre influida por el instinto: genes, cultura, experiencia (entorno). No se trata ya de la herencia o naturaleza frente al ambiente sino de la herencia a través del ambiente.

Jean Piaget, notable psicólogo, pedagogo y biólogo suizo que estudió la inteligencia humana y el desarrollo mental del niño, elaboró una epistemología de tipo genético (una teoría del conocimiento científico basada en el análisis de su propio desarrollo en el niño). Postuló que las estructuras mentales necesarias para el desarrollo intelectual venían determinadas genéticamente, pero el proceso por el cual se desarrolla el cerebro que está madurando requiere información sobre el resultado de la experiencia y la interacción social (su ambiente). K. Lorenz fue defensor de lo genético (naturaleza) y

R. F. Skinner, del entorno. Piaget eligió prudentemente el camino del medio y fue el primero en tomar en serio la cuarta dimensión de la naturaleza humana: la dimensión temporal (3).

Los genes permiten que la mente aprenda, recuerde, imite, establezca lazos afectivos, absorba cultura y exprese instintos. No son ni maestros de títeres ni planes de acción ni tampoco son solamente portadores de la herencia. Permanecen activos durante toda la vida y se activan y desactivan mutuamente para responder al ambiente y a la experiencia. Como bien dice Ridley, constituyen causa y consecuencia de nuestras acciones pero, a pesar de su inevitabilidad y poder, no cabe duda de que los genes no están en contra de los partidarios del papel del entorno sino, más bien, de su parte (3, 31).

Los genes *box*, cuya función es trazar el plano del cuerpo durante su desarrollo precoz, codifican para los «factores de transcripción», que son proteínas que se unen a una región específica del ADN llamada «promotor», la cual está en una posición anterior al propio gen. Los promotores actúan como interruptores, permitiendo que se exprese o no el gen correspondiente. Es en los promotores, según Ridley, donde los científicos esperan encontrar la mayor parte del cambio evolutivo en animales y plantas (31).

Se concluye que la evolución de las especies es una diferencia de grado, no de clase, y sorprende el que los animales evolucionen adaptando los interruptores situados en el exterior de los genes (promotores, etc.). Se puede así estimular la expresión de un gen cuyo producto estimula la expresión de otro gen el cual suprime, a su vez, la expresión de un tercero, y así sucesivamente. En esta pequeña cadena se intercalarían los efectos de la experiencia. Algo externo —como la educación, la alimentación, una riña, un fármaco, una carencia bioquímica o un amor correspondido, por ejemplo— puede influir en uno de estos interruptores o promotores. De repente, el entorno puede empezar a expresarse a través de la naturaleza (los genes).

Así es como se puede explicar que una criatura tan paradójica como el ser humano pueda tener una voluntad libre y, a la vez, estar influido por el instinto, la cultura y el ambiente. Ahí yacen las raíces del comportamiento humano y cómo los genes crean cerebros para adquirir experiencia (3).

La evolución hasta los homínidos se produjo a través de la adaptación de los promotores de genes más que de los propios genes, como se explicó anteriormente respecto al agrandamiento del cráneo y el consiguiente aumento del tamaño del cerebro humano.

5.1. Ejemplos genético-moleculares de lo que nos hace humanos

«La atención de la Humanidad debe volverse, de las máquinas y la materia inanimada, al cuerpo y al alma del hombre. Realmente el hombre está por encima de todas las cosas»

A. CARREL

a) *El instinto maternal de amamantar a las crías*

La Doctora Brown y cols. demostraron que, si se bloquea (mediante la técnica del knock out) el gen de la proteína *fosB* del cerebro del ratón hembra, después de parir estos ratones dejan de amamantar a sus crías y las rechazan, lo cual demuestra la importancia del gen *fosB* para una conducta maternal normal. Este gen es un factor de transcripción que activa la expresión de otros genes específicos en respuesta a determinados estímulos externos. Esta pérdida del instinto maternal no se debe a una falla cognitiva pues, en las hembras normales que han parido, el estímulo lo constituyen el olor y la vista de sus crías recién paridas (su entorno). Se ha observado que, en esta circunstancia, es en la región preóptica del hipotálamo donde se sintetiza la proteína *fosB* y que, en las hembras que no la producen y que han parido, el estímulo que les provoca la vista y/o el olor de sus crías recién paridas no basta para producir una lactancia normal, pero sí cuando se repone el gen. Esto ha abierto un campo de investigación muy estimulante para el estudio y corrección de trastornos en la expresión del comportamiento en nuestra especie y en particular de las fallas en la lactancia humana pues el gen *fosB* existe también en humanos y tiene una estructura muy parecida a la del gen de la rata (32).

b) *Transformación transgénica de un ratón polígamo en monógamo: un caso de neurobiología del amor*

William James estimaba que el amor es el más fuerte de los instintos y algunos han postulado que debe haber algún factor hereditario que dé lugar a un cambio físico-químico en nuestros cerebros cuando nos enamoramos y que es ese cambio y no al revés el que produce la emoción de enamorarse. Tom Insel y cols. (33) han planteado que la conducta sexual está relacionada con la acción de las hormonas oxitocina (ox) y vasopresina (vp) en sus respectivos receptores del sistema límbico cerebral. Esta situación se da en el «ratón de campo», que constituye una rareza entre los ratones debido a su fidelidad conyugal: viven en pareja, son monógamos y tanto la madre como el padre cuidan de las crías durante muchas semanas. En cambio, los «ratones de monte» son mamíferos más típicos: la hembra se aparea con un macho polígamo que está de paso y enseguida se separa de él; pare a sus crías sola y, pocas semanas después, las abandona para que se valgan por sí mismas. Los investigadores demostraron el aumento del número de receptores límbicos para ox en la hembra del ratón de campo y de vp en el macho y, además, que en la mitad del promotor de ambos receptores existe una porción de texto adicional de 460 pares de bases. Ninguna de estas situaciones existe en el ratón de monte lo que explica la diferencia conductual con los de campo. Además, Insel produjo un ratón transgénico a partir de un ratón de monte (polígamo) al cual le alargó su promotor asemejándolo al ratón de campo. Este ratón de monte transgénico se desarrolló con un cerebro como el del ratón de campo (monógamo), expresando los receptores de vp en los mismos sitios (*pallium* ventral) (Fig. 4).

Se concluye que:

1. Para que un ratón de campo macho se empareje debe tener vp y receptores de vp en su *pallium* ventral: el resultado de estimular la expresión del gen del receptor es «facilitar la creación de preferencia por una pareja», o sea «hacer que se enamoren». En el caso de la hembra, se requiere de ox y receptores de ox en la amígdala medial. La ox ayuda a la memoria social, a no olvidar el aspecto del «cónyuge» con el cual se emparejó.

Los receptores de ox que se expresan en la amígdala medial estimulan el sistema dopamina con sensaciones de aprecio personal hacia la persona amada.

2. Puede ser que la capacidad de un roedor para formar una unión duradera con su pareja sexual dependa de la longitud de una porción de texto de ADN en el promotor de un cierto gen receptor. A su vez, esto decide precisamente qué partes del cerebro expresarán el gen.

	♀	♂
Tipo de receptor	Rox	Rvp
Promotor	porción texto de DNA adicional	porción texto de DNA adicional
Ubicación	amígdala medial	<i>pallium</i> ventral
N.º de Receptores	alto	alto
Efectos	preferencia por una pareja (monogamia) memoria social	preferencia por una pareja (monogamia), agresividad

FIGURA 4. Participación de los receptores cerebrales de las hormonas Oxitocina y Vasopresina en la conducta sexual del ratón de campo.

Un ratón y un ser humano comparten gran parte de su genoma; la oxitocina y la vasopresina son idénticas en ambas especies y se producen en ambos casos en lugares equivalentes del cerebro; los receptores para estas hormonas son prácticamente idénticos en las dos especies y se expresan en partes equivalentes del cerebro; los genes de estos receptores humanos poseen, en su parte promotora, igual que en el ratón de campo, una inserción cuya longitud varía de un individuo a otro. Pero los ratones no son hombres y las extrapolaciones de una especie a otra requieren confirmaciones adicionales.

c) *Conducta antisocial con manifestaciones de agresividad en jóvenes debida a una baja actividad de la monoaminooxidasa-A (MAO-A) cerebral*

Otro ejemplo relacionado con el comportamiento humano y en el que participan los genes y el entorno es la expresión de rasgos conductuales con violencia, ligados al fenotipo en adultos jóvenes con un pasado de maltrato y abuso físico, sexual o emocional en su niñez. El trabajo realizado por Moffitt y Caspi señala (34) la importancia de los factores sociales y la participación de un gen particular representado por cierta forma de la enzima MAO, denominada MAO-A, la cual es de menor actividad y provoca, como consecuencia, una anomalía conductual de violencia al no poder degradar adecuadamente el exceso de neurotransmisores, no logrando una satisfactoria comunicación interneuronal. La conducta de hiperagresividad antisocial era mucho más frecuente (el doble) en varones con genotipo asociado a bajo nivel de MAO-A y que habían sido maltratados en su niñez.

d) *Generación de personalidades neuróticas y depresivas*

Una mutación puntual ($G^{192} \rightarrow A^{192}$) del gen correspondiente al Factor Neurotrófico Derivado del Cerebro (BDNF), que se traduce en un cambio de val⁶⁶ \rightarrow met⁶⁶ provoca la aparición de una personalidad neurótica y depresiva. Para las dos copias del gen se tienen las siguientes alternativas y los grados de neurosis:



Los met/met son claramente menos neuróticos que los met/val y estos son, a su vez, sin duda, menos neuróticos que los val/val (35).

Así, los extraordinarios avances de la biología molecular están demostrando la presencia de determinantes genéticos frente a la vida, como lo señala también un estudio en 1.500 pares de gemelos idénticos con distinta formación cultural, diferentes ingresos económicos, matrimonio, etc., que mostraron más de un 90% de identidad frente a la vida (actitud positiva o negativa, etc.) (36).

Por otra parte, si bien somos casi un 99% idénticos genéticamente a los chimpancés, hemos llegado a ser más exitosos que éstos por nuestra capacidad inventiva, un talento derivado en gran medida por la adquisición del lenguaje.

6. EL HOMBRE ANTE SÍ MISMO Y DE CARA A LA ÉTICA, LA CULTURA, LA CIENCIA Y LA TÉCNICA

«La cultura es el conjunto de ideas vivas que el tiempo posee y de las cuales el tiempo vive»

J. ORTEGA Y GASSET

La evolución del hombre ha corrido pareja con el desarrollo de la cultura y la generación de la ciencia y la técnica. Las ideas que generan la cultura son producto del encuentro del hombre consigo mismo, con su mundo interior. Es el único animal que encontró en sí mismo el mundo interior y, a partir de sus ideas sobre ese mundo y sobre su entorno, desarrolló la cultura. Del mismo modo, de su observación y pensar fue surgiendo la ciencia como el conocimiento cierto de las cosas por sus principios y causas, actividad progresivamente acumuladora no sólo en las ciencias exactas y naturales, sino también en las humanas. Estas últimas, acompañadas de un sentido ético, han buscado constituirse en la herramienta primordial para nivelar las enormes diferencias sociales y económicas que genera la revolución científico-técnica la cual va acompañada de una revolución sociocultural. La Ciencia no es sólo **saber**, es también **hacer** y es en lo que hace donde ha encontrado su espíritu. Por otra parte, el hombre impone reformas a la naturaleza con el fin de satisfacer sus necesidades y de este creciente accionar surge la técnica sin la cual el hombre actual no podría existir. Él la ha creado como una «sobrenaturaleza» en un nuevo día del Génesis. La técnica se ha convertido en un gigantesco problema en el contexto afanoso de satisfacer las necesidades del hombre: contaminación ambiental, agotamiento de recursos naturales, etc., situación que exige una postura ética.

La historia del hombre, al igual que su conducta ética, la va marcando una serie de revoluciones culturales, de evoluciones, por

selección natural, con un poder explicativo que supera sus alcances biológicos en las etapas del camino de la inteligencia y del vivir en comunidad. Esto demanda el desarrollo sostenido de una biología del mañana en una triple dimensión: humana, biológica y social, además de las descripciones de los mundos físico y cultural coexistentes con el biológico. Se va configurando así un nuevo paradigma capaz de explicar con mayor nitidez la realidad y sus repercusiones en temas tan cargados de discusiones y conflictos como los de la moral, el mercado, la propiedad, etc. (37).

La revolución científico-técnica, que evoluciona paralelamente con la sociocultural, no debe prescindir de una ciencia impregnada de profundo humanismo y moralidad: debemos aspirar no sólo al *Homo sapiens* (ciencia) y al *Homo faber* (técnica) sino también al *Homo humanus* de Cicerón y al *Homo moralis* de Aristóteles. Incluso en estos tiempos en que se estima que, en la lógica económica, puede descansar la base del éxito de la humanidad debido a lo decisivo, fundamental y dominante que se ha tornado en todas partes el punto de vista económico, se habla de una variante del *Homo faber*, el *Homo economicus*. Éste no se contenta con sólo satisfacer sus necesidades, sino que se dedica además a despertar necesidades (muchas veces bajo la consigna «¡haz dinero, hijo mío!»). Según Shogren y cols., de la Universidad de Wyoming, hay evidencias de que el comercio y la especialización son las razones por las que el *Homo sapiens* desplazó a sus antepasados y se constituyó en la especie dominante: no fueron ni las pinturas en cavernas ni las mejores puntas de lanza las que llevaron al *H. sapiens* a la dominación. Fue un sistema económico mejor, realizado hace 40.000 años y que los hombres de Neandertal no hicieron o al menos no hay prueba alguna de que lo hubieran practicado.

El ser humano sigue evolucionando biológicamente en un proceso que es continuo y cuyas condiciones son la diversidad genética y los cambios ambientales y, al igual que para las demás especies, si no es capaz de adaptarse a los cambios del ambiente su destino sería la extinción. Sólo en el ser humano se puede llevar a cabo la adaptación al ambiente por medio de la cultura y lo hace más eficazmente que el método biológico por ser más rápido y poderoso que éste.

El cerebro, fundamento de lo espiritual y lo cultural es, a fin de cuentas, un sistema de construcción y proyección del ser humano fuera de sí mismo, una admirable máquina humana para la construcción de ideas, cultura y mundo. Con su ejercicio nos hemos acercado así ,en el curso descriptivo de las páginas anteriores y a través de la evolución de la materia, de la vida y de la mente, a un conocimiento más integrador del hombre y a su ascenso evolutivo desde una perspectiva que Pilato no pudo siquiera imaginar en su *Ecce homo*, carente del profundo sentido valórico superior que encierra en sí todo ser humano.

6.1. La relación cuerpo-mente-espíritu: la gran frontera biológica

Malherbe ha introducido el concepto de «integridad» que define a la persona en su triple dimensión orgánica, psicológica y simbólica (corporal, psicológica y axiológica). La integridad, en cada parte, actúa por el bien del conjunto, lo cual es sinónimo de salud. La enfermedad equivale a des-integración, o ruptura de la unidad de la persona en una o más de las tres esferas: corporal, psicológica y axiológica, cada una con sus propias implicancias médicas y éticas (38).

La teoría escolástica tradicional afirmaba que el hombre era un compuesto de cuerpo y alma, dos sustancias diferentes cuya interacción resultaba difícil de explicar a pesar de los esfuerzos de filósofos y teólogos para encontrar una solución que permitiera apoyar y mantener esta teoría dualista.

La posición monista de La Mettrie en el siglo XVIII era opuesta a la del dualismo. En su clásica obra *El hombre máquina* considera al hombre como un todo orgánico, como una unidad. La importancia de esta concepción reside en que por primera vez se hace depender la conducta humana, tanto en lo fisiológico como en lo psicológico, del funcionamiento cerebro-mente, en consonancia con varios de los axiomas de la psicología moderna contemporánea (39).

¿Está toda la actividad de la conciencia determinada puramente por un fenómeno biológico? ¿Es posible llegar a explicar toda la espiritualidad del hombre como una mecánica actividad neuronal? ¿O

es la conciencia responsable y trascendente, algo especial que sólo requiere la actividad mental y la arquitectura neuronal como un simple sustrato o elemento de expresión del espíritu? En relación a esto se aprecia un doble determinismo:

1. Un producto químico puede recrear un pensamiento: efecto psicofarmacológico (psicotropos).

2. La existencia de sistemas de pensamiento accesibles a la psicoterapia en que el soporte neuronal no está sometido a ninguna acción farmacológica. Pero esto a su vez interfiere con mecanismos básicos o elementales de regulación que son sensibles a este tipo de acción sin ser accesibles al trabajo psicoterapéutico.

Parece preciso pensar que un producto químico puede recrear un pensamiento de contenidos normales, lo cual obliga a repensar las relaciones cerebro-mente-espíritu. Tres fuentes de información son utilizables para este análisis: *a)* efecto placebo, es decir, aquel producido por sustancias que carecen por sí mismas de acción terapéutica pero que producen algún efecto farmacológico si el enfermo está convencido de que sí lo tiene; *b)* la comparación entre medicamento y psicoterapia, y *c)* la experimentación (40).

Lo esencial es admitir que a todo suceso o acción mental le corresponde un suceso fisiológico, es decir, que a todo estado mental le corresponde un estado cerebral. Cuando se alteran los sistemas complejos del pensamiento se desorganizarían las funciones

El hombre de hoy parece moverse entre dos grandes motivos extremos: el racionalismo extremo y lo sensorial (placer, etc.).

La historia de la Humanidad es, en muchos aspectos, la historia de sus ideas, la construcción de las cuales podríamos llegar a comprender en el cerebro de cada individuo en base al plan bioquímico-molecular unitario del organismo mediante la interacción de receptores y mediadores de señales internas y externas, que hoy en día constituyen los dos niveles de acción de los procesos comunes.

Esta interacción cuerpo-espíritu es permanente, siendo los nervios los que dan las instrucciones a los demás órganos. Confirma esto el que el espíritu tenga alguna relación con determinados atributos físicos. Así lo indica la influencia del psiquismo sobre el esta-

do inmunitario: una depresión psicológica puede cursar a la par con una depresión inmunológica. Igualmente, los grandes disgustos predisponen a enfermedades (asma, etc.).

Las investigaciones realizadas sugieren que, sin duda, existe un efecto del espíritu sobre la salud, proceso en el cual las endorfinas serían mediadores moleculares importantes. También apoyaría esto la analgesia promovida por hipnosis. Se enlaza así el mundo de la química y bioquímica con el de las sensaciones y las ideas: un verdadero poder creador de «moléculas ideológicas».

Otro tránsito de interés es el que va del espíritu a la cultura, puesto que el cerebro es, a fin de cuentas, análogo a un sistema de construcción y proyección del ser fuera de sí mismo: una máquina de construir mundo (14, 41).

Cabe aquí mencionar la importantísima puerta que abriera el Profesor D. Ingvar en la conquista del más fascinante de todos los nuevos continentes del ser humano: el cerebro, al lograr registros topológicos de lo que ocurre en este órgano mediante el seguimiento de isótopos radioactivos inyectados en la circulación sanguínea durante la acción de pensar, descansar, mirar algo, etc. Fue el primer investigador en «ver» y registrar el momento en que piensa el cerebro humano, método que luego se perfeccionó mediante las técnicas de resonancia magnética nuclear (**RMN**) que han proporcionado extraordinaria información básica y aplicada en medicina, etc. (29).

6.2. A manera de epílogo: la Ciencia y el futuro de la evolución humana

«Nada es más temible que la ciencia sin conciencia»

B. HOUSSAY

Ya en el transcurso del siglo XX la ciencia experimental no es más un simple medio de conocer y un cuerpo de saberes. Se ha convertido en una manifestación sociocultural importante que orienta la suerte de nuestras sociedades. No se trata únicamente de descifrar el mundo, sino también de transformarlo. A juicio de F. Jacob, el

gran peligro de la Humanidad no es el desarrollo del saber. Es la ignorancia (42).

Es, sin duda, la notable capacidad del sistema nervioso presidida por el cerebro y la mente, lo que ha permitido al hombre imitar a la Naturaleza e incluso modificarla, cortando y uniendo segmentos de **ADN**, insertándolos, etc. Está así en condiciones de modificar o intervenir a voluntad las memorias genética e inmunológica e incluso la del sistema nervioso mismo, traspasando así el umbral de su propia evolución. Ello puede traducirse en grandes beneficios (corrección de enfermedades hereditarias, mejoras en la explotación económica de animales y vegetales, etc.), pero también en graves riesgos para el futuro del hombre incluyendo su supervivencia. Es esta ingeniería genética la que asusta a algunos y preocupa a muchos, creando un halo de misterio, sobrenaturalidad y potencialidad generadora de situaciones contra natura, de monstruos y pesadillas que dejan, como lo ha expresado F. Jacob, un gusto a sabor prohibido (43). Es, también, lo que ha servido para acusar a los científicos de atentar contra la calidad de vida, de hacerla peligrar y de crear la desconfianza hacia la Biología. Se repite así el problema del genio encerrado en la botella, como cuando los científicos advirtieron sobre el mal uso de la energía atómica para el futuro y supervivencia de la humanidad. Pero, al igual que antes, los científicos se han esforzado responsablemente en establecer normas éticas rigurosas para la experimentación genético-molecular, conscientes de que todo adelanto científico puede ser fuente de bienestar y, al mismo tiempo, de grandes males. La ciencia tiene mucho de exigencia moral que nos demanda desplegar todos nuestros esfuerzos para instaurar y respetar, en todos los campos de la ciencia, la primacía de la ética.

El hombre debe escoger sus metas, lo cual entraña sopesar valores y no pueden hacerlo por sí solos en nombre de sus conciudadanos, con precisión y objetividad. Deben exigir de ellos y de sus gobernantes la oportunidad de discutir los riesgos, problemas y beneficios, asistiéndoles por otra parte el deber de informarles y responder a sus consultas. La ciencia ha establecido su base social y ha solicitado insistentemente el apoyo de la sociedad y, por tanto, no sólo ha adquirido responsabilidades sociales sino que además ha comprendido cuáles son sus propios principios éticos fundamentales. Merced a ellos, se constituye en este mundo visible como único sujeto, objeto y térmi-

no de la cultura y en ella encuentra su propio equilibrio. Como lo ha expresado el Doctor Manuel Losada: «creer con confianza en el hombre, buscar sinceramente la verdad por encima de todo, incluso de las propias creencias, ideologías e intereses, y practicar el bien a ultranza, siguiendo la enseñanza de los sabios y el ejemplo de los santos, parecen ser las más seguras,preciadas y preciosas guías para que la inteligencia y la conciencia, la mente y el corazón no pierdan el norte y encuentren y sigan el verdadero camino en la vida» (44). El hombre de ciencia ayudará verdaderamente a la humanidad si conserva su sentido de trascendencia sobre el mundo y el del bien sobre el mal. Para servir a la causa de los demás hombres, el científico debe mantener ante la sociedad una alianza permanente entre ciencia y conciencia. A decir de B. Glass, la Ciencia ya no es, ni puede serlo nunca más, la torre de marfil del recluso, el refugio del hombre asocial.

Juan Pablo II, en un memorable discurso ante la UNESCO (45), expresaba que «para crear la cultura hay que considerar íntegramente al hombre como portador trascendente de la persona y hay que afirmarlo por él mismo, y no por ningún otro motivo sino en razón de la particular dignidad que posee». Y agregaba:

«Quiero decir en voz alta aquí, en la sede de la UNESCO, con respeto y admiración: ¡He aquí al hombre! (**¡Ecce homo!**). Quiero proclamar mi admiración ante la riqueza creadora del espíritu humano, ante sus esfuerzos incesantes por conocer y afirmar la *identidad del hombre*: de este hombre que está siempre presente en todas las formas particulares de la cultura».

AGRADECIMIENTO

El autor agradece a su esposa, la Dra. Amalia Muñoz de la Peña B., su valiosa e importante colaboración en la revisión y edición del presente trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) SAPAG-HAGAR, M. (2002): «Los universales biomoleculares y la unidad bioquímica del hombre: sus proyecciones biomédicas». *Anales Real Acad. Doctores* (Madrid) 6 (1): 143-174.

- (2) SAPAG-HAGAR, M. (2003): *La unidad bioquímica del hombre. De lo molecular a lo cultural*. Editorial Universitaria Santiago de Chile.
- (3) RIDLEY, M. (2004): *¿Qué nos hace humanos?* Edit. Taurus. Madrid.
- (4) ORTEGA Y GASSET, J. (1961): *El espectador*. Edit. Biblioteca Nueva. Madrid.
- (5) AYALA, F. (1996): *La naturaleza inacabada*. Salvat Editores, S. A., Barcelona.
- (6) CHANGEUX, J.-P. (1996): *Razón y placer*. Tusquets, S. A., Barcelona.
- (7) DAWKINS, R. (1993): *El gen egoísta*. Salvat Editores, S. A., Barcelona.
- (8) DAWKINS, R. (1995): *El capellán del diablo. Reflexiones sobre la esperanza, la materia, la ciencia y el amor*. Editorial Gedisa, Barcelona.
- (9) GRACIA, D. (1987): *La Universidad y el problema de la verdad*. Texto conferencia pronunciada en la Universidad de Deusto, San Sebastián (mayo).
- (10) LAÍN ENTRALGO P. (1953): *Sobre la Universidad hispánica*. Discurso inaugural Asamblea Universidades Hispánicas, Madrid (5 de octubre).
- (11) MAGEE, B. (1999): *Historia de la Filosofía*. Edit. La Isla, Buenos Aires.
- (12) ALEXANDER, G. (1957): *Biology, Barnes & Noble, Inc.*, New York.
- (13) SAPAG-HAGAR, M. (1991): «Ciencia, evolución y ética: de la herencia biológica a la herencia cultural». *An. Acad. Estudios Prof. A. Leng*, Vol. IX, año 9, 37-41, Santiago de Chile.
- (14) CHRISTEN, I. (1989): *El hombre biocultural*. Ediciones Cátedra, Madrid.
- (15) SAPAG-HAGAR, M. (2002): «La enfermedad y las ciencias biofarmacéuticas en el arte». *An. Real Acad. Farm.* (Madrid), Vol. 68, 71-79.
- (16) ESTRELLA, J. (1986): «Tres creadores: el Big-Bang, el ADN y la Mente». *Cuadernos Univ. de Chile*. (6) Edit. Universitaria, Santiago.
- (17) MAYNAR SMITH, J. (1987): *Los problemas de la Biología*. Ediciones Cátedra, S. A., Madrid.
- (18) LAÍN ENTRALGO, P. (1982): *Historia de la Medicina*. Salvat Editores, S. A., Barcelona.
- (19) CECH, T. R. (1987): «The Chemistry of self splicing RNA and RNA enzymes». *Science* 236: 1532-1539.
- (20) MADEN, B. E. (1995): «No soup for starters? Autotrophy and the origins of metabolism». *Trends Biochem. Sci.*, 20 (9): 337-341.
- (21) WACHTERSHÄUSER, G. (1992): «Groundworks for an evolutionary biochemistry: the iron-sulphur world». *Progr. Biophys. Mol. Biol.* 58 (2), 85-201.
- (22) CORNISH-BOWDEN, A. (2004): *The pursuit of perfection. Aspects of biochemical Evolution*. Oxford University Press, Oxford.
- (23) TEILHARD DE CHARDIN, P. (1965): *El fenómeno humano*. Taurus Ediciones, S. A., Madrid.
- (24) TEYSSEDRE, A. (2000): «Evolution du cerveau: le parcours continue». *Science et Vie* (n.º 210) Mars, 134-144.
- (25) ARSUAGA, J. L. y MARTÍNEZ, I. (2001): «El origen de la mente». *Investigación y Ciencia*, noviembre, n.º 342, 4-12.
- (26) CLARK, A. G.; GLANOWSKI, S.; NIELSEN, R.; THOMAS, P. D.; KEJARIWAL, A.; TODD, M. A.; TANENBAUM, D. M.; CIVELLO, D.; LU, F.; MURPHY, B.; FERREIRA, S.; WANG, G.; ZHENG, X.; WHITE, T. J.; SNINSKY, J. J.; ADAMS, M. D., CARGILL, M. (2003): «Inferred nonneutral evolution from human-chimp-mouse orthologous gene trios». *Science*, 302 (5652): 1876-7.

- (27) STEDMAN, H. et al. (2004): «Myosine gene mutation correlates with anatomical change in the human lineage». *Nature* 428, 415-418.
- (28) FISCHBACH, G. D. (1992): «Mente y cerebro». *Investigación y Ciencia*, noviembre, 6-15.
- (29) RAICHLÉ, M. E. (1994): «Representación visual de las operaciones mentales». *Investigación y Ciencia*, junio, 22-29.
- (30) GARRETÓN, A. (1982): *La Medicina en la obra de William Shakespeare*. Edit. Universitaria, Santiago de Chile.
- (31) SAPAG-HAGAR, M. (2004): «¿Qué nos hace humanos?» (Reseña). *An. Univ. de Chile*, Sexta serie n.º 16, diciembre, 260-264.
- (32) BROWN, J. R.; YE, H.; BRONSON, R. T., DIKES, P., GREENBERG, M. E. (1996): «A defect in nurturing in mice lacking the immediate early gene fosB». *Cell*, 86 (2), 237-309.
- (33) INSEL, T. R., YOUNG, L. J. (2001): «The neurobiology of attachment». *Nature Reviews in Neuroscience*, 2, 129-136.
- (34) CASPI, A.; MCCLAY, J.; MOFFITT, T. E.; MILL, J.; MARTIN, J.; CRAIG, I. W.; TAYLOR, A., POULTON, R. (2002): «Role of genotype in the cycle of violence in maltreated children». *Science*, 297, 851-854.
- (35) SEN, S.; NESSE, R. M.; STOLTENBERG, S. F.; LI, S.; GLEIBERMAN, L.; CHARAVARTI, A.; WEDER, A. B., BURMEISTER, M. (2003): «A BDNF coding variant is associated with the NEO personality inventory domain neuroticism, a risk factor for depression». *Neuropsychopharmacology*, 28 (2): 397-401.
- (36) BOUCHARD, T. J.; LIKKEN, D. T.; MCGUE, M.; SEGAL, N. L., TELLEGEN, A. (1990): «Sources of human psychological differences: The Minnesota Study of Twins Reared». *Science*, 250: 223-228.
- (37) FISCHER, A. (2001): *Evolución..., el nuevo paradigma*. Editorial Universitaria, Santiago de Chile.
- (38) MALHERBE, J. F. (1990): «Le corp tridimensionnel», en *Pour une Ethique de la Médecine*, Larousse, Paris, 51-85.
- (39) LA METTRIE (1987): *El hombre máquina*. Editorial Alhambra, S. A., Madrid.
- (40) SPIRO, S. M. (1996): «The Art and Science of placebos». *Scient. Amer.-Science & Medicine*, March/April, 6-7.
- (41) WIDLÖSHER (1995): «Le cerveau et la vie mentale». *La Recherche*, n.º 280, 97-102.
- (42) JACOB, F. (1998): *El ratón, la mosca y el hombre*. Ediciones Grijalbo Mondadori, S. A., Barcelona.
- (43) JACOB, F. (1982): *El juego de lo posible*. Ediciones Grijalbo, S. A., Barcelona.
- (44) LOSADA, M. (2005): *Del corazón y la mente*. Real Academia Nacional de Farmacia, Madrid.
- (45) JUAN PABLO II (1985): *El hombre, la cultura y la ciencia* (Discurso a la UNESCO), Editorial Salesiana y Editorial Patris, Santiago de Chile.