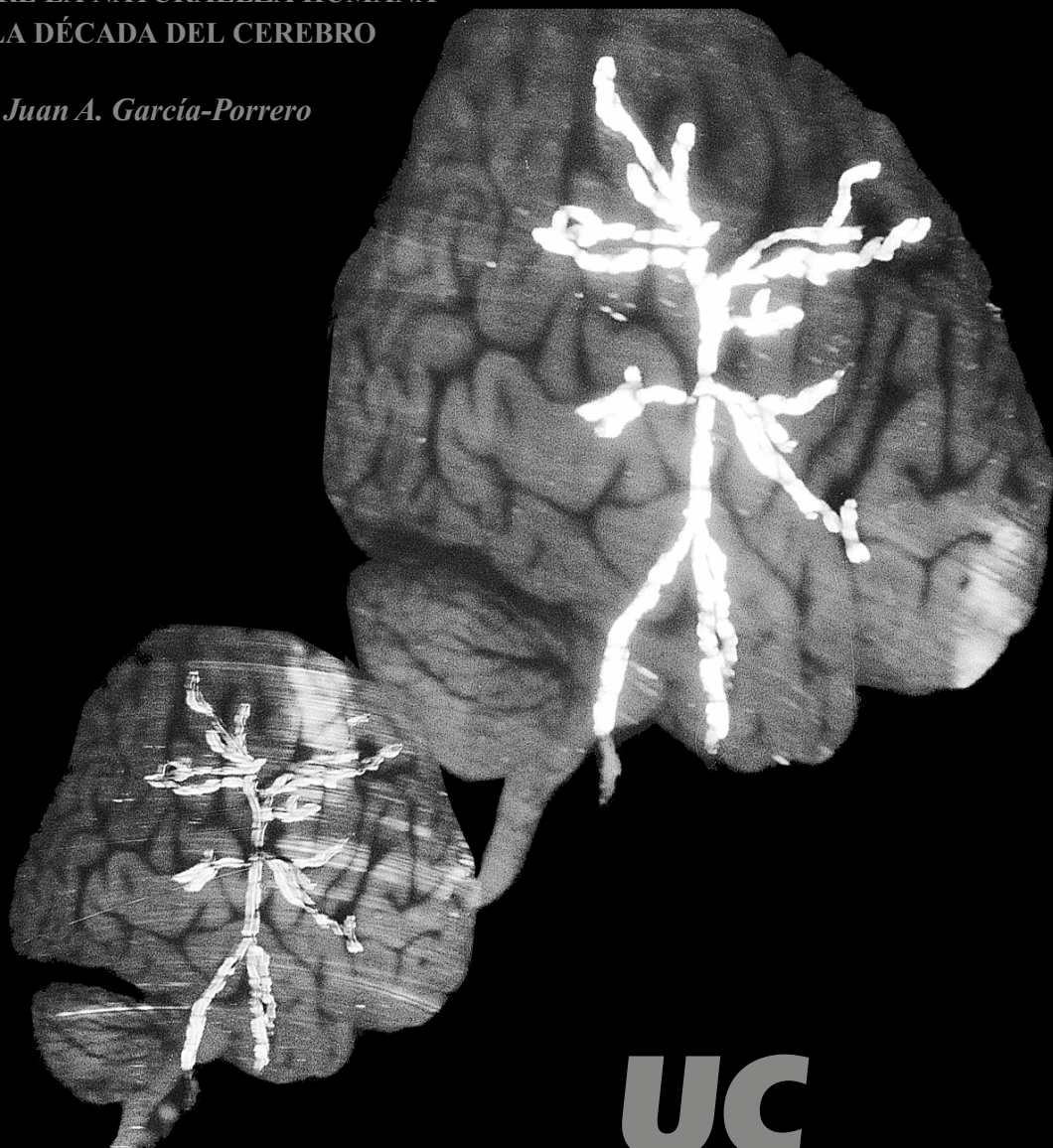


GENES, CULTURA Y MENTE

UNA REFLEXIÓN MULTIDISCIPLINAR
SOBRE LA NATURALEZA HUMANA
EN LA DÉCADA DEL CEREBRO

Ed.: *Juan A. García-Porrero*



UC

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

GENES, CULTURA Y MENTE

UNA REFLEXIÓN MULTIDISCIPLINAR SOBRE LA NATURALEZA HUMANA EN LA DÉCADA DEL CEREBRO

EDITOR

Juan A. García-Porrero

AUTORES

Jesús Flórez

Juan A. García-Porrero

Pedro Gómez Bosque

Eloy Gómez Pellón

José M^a Izquierdo Rojo

Agustín Jimeno Valdés



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

GENES, cultura y mente : una reflexión multidisciplinar sobre la naturaleza humana en la década del cerebro / editor, Juan A. García-Porrero ; autores, Jesús Florez... [et al.]. -- Santander : Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cantabria, 1999

ISBN 84-8102-211-X

1. Cerebro 2. Psicología Fisiológica I. García-Porrero Pérez, Juan A. II Flórez Beledo, Jesús

612.82

159.91

Diseño, diagramación y maquetación: *Belmar Gándara Sancho*

Diagramación de la cubierta y dibujos de los capítulos 1, 3 y 5: *Juan García*

Digitalización: *emeaov*

© Autores

© Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cantabria

Avda. de los Castros, s/n. 39005 Santander.

Tfno.: 942 20 12 91 – Fax: 942 20 12 90

ISBN: 84-8102-211-X | 978-84-8102-211-7

D. L.: SA-127-1999

Imprime: Gráficas Calima, S. A.

Avda. Candina, s/n. 39011 Santander.

SUMARIO

Presentación	7
Cerebro abierto: el poder de los genes	9
<i>Juan A. García-Porrero</i>	
Bases neuroquímicas de la mente	39
<i>Jesús Flórez</i>	
Cerebro y cognición: Las representaciones mentales	67
<i>Juan A. García-Porrero</i>	
La patología cerebral y el conocimiento de nuestra mente	97
<i>José M^a Izquierdo Rojo</i>	
Evolución del cerebro: la génesis de la mente	129
<i>Juan A. García-Porrero</i>	
Mente y cultura	159
<i>Eloy Gómez Pellón</i>	
Psicopatología de la mente y la consciencia	205
<i>Agustín Jimeno Valdés</i>	
La naturaleza de la consciencia	245
<i>Pedro Gómez Bosque</i>	

PRESENTACIÓN

*“El ser humano es un laberinto cuya salida nadie ha encontrado todavía
y dentro del cual han sucumbido todos los héroes”.*

Nietzsche

*“Para formarse una noción de los espíritus y tener sospechas de que existen
es preciso haber estudiado durante mucho tiempo los cuerpos”.*

Rousseau

Este libro, fruto de un curso impartido en Laredo en el verano de 1997, es un conjunto de reflexiones sobre el cerebro y la mente, o, mejor y más claramente dicho, sobre la naturaleza humana.

A lo largo de un siglo apasionante hemos comenzado a comprender, gracias al esfuerzo de la ciencia, la relación entre la materia y el comportamiento. Ahora, en las puertas de un nuevo milenio, sabemos que el cerebro humano es el producto de la evolución de los genes a lo largo de millones de años de interacción con el medio; un medio progresivamente más rico —en la medida en que el sistema nervioso adquiría mayores potencialidades—, que devino, finalmente, en cultura. La presión cultural, como fuerza selectiva, determinó que la mente, esto es, la función del cerebro, se enriqueciera hasta alcanzar la sublimidad y sutileza del espíritu humano.



El desarrollo actual de la Neurociencia permite explicar múltiples aspectos de la conducta humana y ha lanzado una pasarela firme y prometedora sobre el foso que separa las ciencias del hombre de las ciencias de la naturaleza. Los neurocientíficos asumen hoy inquietudes reservadas al pensamiento filosófico. Cuestiones como la naturaleza de las representaciones internas del mundo, de los sentimientos, del pensamiento, de la autoconsciencia... son territorios donde comienzan a adentrarse los investigadores; nada del acontecer humano parece ya escapar del análisis de la ciencia moderna.

En este contexto, nos preguntamos qué aportan hoy para explicar al hombre las distintas corrientes filosóficas, psicológicas y antropológicas, y, especialmente, en qué convergen, complementan y ayudan a la investigación cerebral, o, en qué divergen y discrepan de los planteamientos de ésta. ¿Es posible una vía reduccionista en el campo de los conceptos mentales que permita un acercamiento al mundo biológico en la búsqueda de una comprensión real de las interacciones de la función (mente) y de la estructura (cerebro)? O, ¿es ésta una tarea imposible del conocimiento humano?

La naturaleza de la mente y de la cultura, su relación con la materia organizada por los genes a lo largo de la evolución, su influencia sobre la corporeidad, y, el fenómeno de la consciencia, son algunas de las cuestiones planteadas en este libro. Porque, en última instancia, y es el problema que realmente importa: contruidos de materia, ¿vemos sólo una realidad fenoménica y aparential, y, como nos enseñó Platón, en la penumbra de la caverna no podemos contemplar sino las sombras de una realidad absoluta y auténtica que está fuera de ella? Y, en ese caso, ¿algo superior e inaprensible se esconde en el fondo de nuestra naturaleza y nunca podremos asirlo por el conocimiento racional y positivo? Personalmente, creo que cada vez hay más luz en la caverna de Platón y, con ello, las sombras de la apariencia comienzan a disiparse; pero siempre, una curiosidad infinita y un anhelo profundo e irrefrenable nos querrá llevar hasta la puerta de la caverna.

Al abrir la caja de Pandora del estudio del cerebro la especie humana ha asumido –junto con la conquista del espacio– su tarea más definitiva en la búsqueda del conocimiento. Allí, en el fondo de ese profundo abismo, que son el cosmos y nuestro cerebro, y que es también, el propio vértigo de la vida, quizá el hombre descubra algún día no muy lejano su verdadera naturaleza y su razón de ser.

Juan A García-Porrero
Editor



CEREBRO ABIERTO: EL PODER DE LOS GENES

Juan A. García-Porrero

“La verdad habita en el abismo” (Schiller).

INTRODUCCIÓN

Hasta finales del siglo pasado el cerebro era casi desconocido. Se ignoraba, incluso, si también estaba formado por células, como otros órganos del cuerpo. Se reconocían y denominaban diferentes partes que aparecían a la simple observación ocular, pero, en realidad, los anatomistas no pasaban de poder afirmar sobre el cerebro algo más de lo que habían observado grandes científicos de la antigua Alejandría como Herófilo o Erasístrato en el siglo III antes de Xto. El cerebro era simplemente una masa gelatinosa que rodeaba unas cavidades denominadas ventrículos. La apertura del cerebro con el scalpelo tampoco permitía grandes avances y no se podía llegar más allá de lo que había observado, en el s. XVII, el médico inglés Thomas Willis, quien en su obra “Cerebri Anatome” dice que una parte de su interior tenía aspecto gris (substancia gris) y otra blanca (substancia blanca). La textura cerebral permanecía en la ignorancia.

La complejidad, junto con la imposibilidad técnica, hacían de la estructura cerebral una cuestión imposible, y así, la conexión del cerebro con la mente, es decir, de la materia con el sujeto que dice que siente y piensa, permanecía científicamente inabordable. En estas condiciones, las mentes humanas encontraron un terreno abonado para todo tipo de especulacio-



nes. Las ideas del filósofo griego Demócrito, quien creía que las sensaciones y el pensamiento tienen una base material, o del poeta romano Lucrecio Caro, que escribe en “De rerum natura”: “la naturaleza del alma y del espíritu es corpórea puesto que sufre a causa de la sacudida de los dardos corpóreos”, permanecieron marginadas bajo el peso de la autoridad aristotélica, de enorme influencia en la cultura occidental. Aristóteles pensaba que el cerebro era un sistema de refrigeración del cuerpo y no tenía relación alguna con la “psykhé”; en su obra “De anima” dice: “la inteligencia es una sabiduría que emana del corazón y en él tenemos el entendimiento”. El gran cerebro de Aristóteles se ignoraba a sí mismo.

La visión dualista, con sus múltiples formulaciones, que entiende la mente como intangible y distinta de la materia, subyace en el fondo de nuestra comprensión del hombre. Porque, en definitiva, y con independencia de la utilización que se ha hecho de la inmaterialidad del alma a lo largo de la Historia, ¿qué relación pueden tener unos sesos gelatinosos de aproximadamente 1.400 g de peso y de aspecto parecido a los sesos de animales como el cordero, el cerdo o el perro, con las ideas, el pensamiento, los sentimientos nobles como el amor, la piedad, o valores como la libertad? ¿Cómo podría una masa blanda con un alto porcentaje de moléculas simplemente de agua, producir discursos, descubrir valores, inventar el alfabeto o la escritura, o pintar las Meninas? ¿Qué sabe este magma de la dicha o del infortunio? Así, cerebro y mente, cuerpo y alma, permanecían entidades distintas y separadas, mutuamente desconocidas, y eran y son, estudiadas por separado. El cerebro, la materia, objeto de las ciencias biológicas; la mente y sus productos –el mundo espiritual e intangible– objeto de las llamadas ciencias humanas. Lo humano, lo verdaderamente humano se identifica con lo inmaterial. Pero, ¿es esto lo verdadero? ¿Debemos conformarnos con ese discurso? ¿No ha abierto la ciencia de este siglo portentoso un nuevo camino? ¿No se entrevé, acaso, un nuevo derrotero en la búsqueda de una teoría unitaria del hombre?

De hecho, en el pensamiento de algunos hombres de todas las épocas late implícita esta idea unitaria, de manera primordial en los médicos, pues no en vano, han conocido en toda época, a través del sufrimiento y el dolor, el interior del corazón humano. La medicina griega del Cuerpo Hipocrático (s. V a III antes Xto.) consideraba el alma (psykhé) como una parte del cuerpo (physis, la naturaleza). “El alma –decían– es el instrumento para conocer, a través del cerebro, el bien y el mal, lo agradable y lo desagradable, lo útil y lo inútil”. También para Galeno (s. III después Xto.), el gran médico romano, el alma razonable (complejo de funciones de imagi-

nación, memoria y razón) se encuentra en el cerebro; incluso nos habla de un “pneuma psíquico” producido por el cerebro y que es el agente de la función nerviosa. Ideas definitivamente radicales comienzan a encontrarse en el pensamiento de la Ilustración. George Cabanis –médico y filósofo francés del siglo XVIII sintetiza este modo de pensar: “el cerebro segrega el pensamiento como el hígado la bilis”. Pero todo esto era indemostrable, porque el cerebro, el supuesto órgano del pensamiento, permanecía técnicamente inabordable.

A partir del último tercio del s. XIX, la ciencia ha permitido comenzar la “apertura del cerebro”. Gracias a técnicas nuevas, y, a un modo de pensar, progresivamente más libre, el hombre ha ido sumergiéndose, a lo largo del siglo XX, en el interior del cerebro y ha ido poco a poco aprendiendo, que el magma gelatinoso es en realidad una estructura maravillosamente organizada. De las neuronas –las piezas que conforman esta estructura– Ramón y Cajal dirá: “misteriosas mariposas del alma, cuyo batir de alas quien sabe si algún día esclarecerá el secreto de la vida mental”.

En realidad, toda la neurociencia de este siglo no ha hecho otra cosa que analizar, con todo tipo de recursos, ese “batir de alas” para poder comprender la correlación entre la estructura cerebral y la función que ejerce.

El estudio meticuloso de enfermos con lesiones cerebrales, la experimentación mental llevada, incluso, a la mesa del quirófano, la constatación de qué sustancias químicas son capaces de alterar los procesos mentales, los prodigiosos avances de la neuroanatomía y de la biología molecular, la impresionante contemplación del cerebro con las técnicas de neuroimagen que permiten “ver” el pensamiento en el cerebro, la fecunda asociación de la psicología cognitiva (que analiza, mide y disecciona los procesos mentales) con las demás neurociencias, son –todos ellos– un rápido recuento de los métodos que han permitido analizar las funciones cerebrales.

Y se ha ido comprendiendo que no había límites conceptuales en las funciones del cerebro. No solamente la actividad de nuestras células nerviosas explicaba el movimiento, los reflejos o las sensaciones simples, sino que, progresivamente, su campo se ampliaba, bajo la mirada del científico, a la memoria, el lenguaje, el pensamiento, los deseos o los sentimientos. Nada del acontecer humano escapa del análisis de la organización material del cerebro. Como no podía ser menos, pues sustentando este gigantesco edificio científico se encuentra el marco conceptual de la teoría de la evolución: el hombre forma parte de la naturaleza. Un marco revolucionario que ha derrumbado viejos ídolos.



Con este bagaje cultural, la actual neurociencia sustenta que los estados y procesos mentales son estados y procesos cerebrales. Los misteriosos fenómenos mentales son fenómenos biológicos. La menor percepción o la imagen mental que vaga como un viejo recuerdo en la mente, es inseparable de un estado físico creado por la actividad correlacionada y transitoria de redes neuronales específicas.

Entre el abismo de la materia y lo inmaterial –entre el hecho físico y el estado subjetivo– se ha trazado una pasarela, y al descubrirse esto, también podemos afirmar que hay una base biológica para entender que estas dos realidades interactúan mutuamente. Tal base biológica no es sino el poder de organización de los genes, pues ellos construyen el cerebro, pero permiten, también, el aprendizaje.

Al formar el cerebro humano, con la experiencia acumulada de la evolución, los genes crean una estructura abierta a la acción del medio exterior, porque son también los responsables que permiten y guían el aprendizaje, el cual no es sino la interacción del medio (físico, social y cultural) con la materia.

En los genes, en sus leyes de funcionamiento y organización, está el núcleo biológico por el cual el cerebro es capaz de conocer la realidad exterior y actuar sobre ella en una interacción mutua.

Antes de analizar cómo es el órgano de la mente, cómo se forma y cómo los genes contribuyen a su génesis y a su continuo funcionamiento, digamos algo sobre estos últimos y su papel en el desarrollo de los organismos vivos.

LAS CLAVES DE LA VIDA

El ADN (ácido desoxirribonucleico) es la molécula autoduplicadora e informativa de la vida. Construye seres que se reproducen y mueren, pero ella es inmortal. Está contenido en los cromosomas de las células y tiene la forma de una larga doble hélice densamente enrollada (Fig. 1). Cada hebra o cadena de la hélice está formada por fosfatos y azúcares. Cada azúcar lleva acoplada una de las siguientes cuatro moléculas: adenina (A), guanina (G), tiamina (T) y citosina (C). Estas moléculas se denominan bases aminadas. Las bases de cada hebra están entrelazadas con las de la otra hebra mediante puentes de hidrógeno. Pero no todos los enlaces son posibles. Sólo dos tipos: la adenina de una hebra con la tiamina de la otra

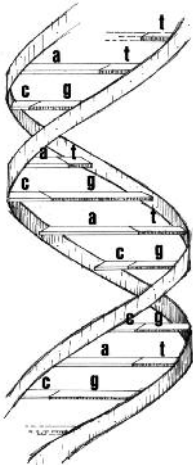


Fig. 1

Molécula de ADN. Las dos hebras tienen una disposición complementaria de las bases aminadas (adenina/timina, citosina/guanina). El gen es un fragmento de ADN con un “alfabeto” específico de bases.

(AT) o la guanina con la citosina (GC). El orden de una cadena tiene una precisa complementariedad en la otra. Una secuencia de bases en el ADN puede ser:

```
..... A T G C A G .....  
          | | | | |  
..... T A C G T C .....  
          | | | | |
```

Durante la división celular, cada cadena se separa y un complejo sistema de enzimas construye una cadena complementaria generando otra doble hélice para cada cadena hija. Este ADN vuelto a construir es idéntico al original pues la copia tiene que seguir una secuencia complementaria de bases cuyas dos únicas posibilidades son AT y GC.

Las letras o bases aminadas del ADN son las mismas en todos los animales y plantas, lo que varía es el número y el orden. El número de letras y el orden o secuencia de las mismas a lo largo de la cadena constituye la información genética de la especie con la que el organismo se construye y desarrolla sus características propias. En una bacteria, el ADN de cada hebra tiene 1,5 millones de letras. El hombre tiene unos 3.500 millones de letras por cada cadena.

Los genes son secuencias o fragmentos de ADN. Contienen el programa para construir y hacer funcionar un ser vivo. Cada gen porta un alfabeto de bases aminadas (ATCG...) de posibles combinaciones moleculares. Un gen puede contener entre setenta y varios miles de bases aminadas, y, se piensa, que el genoma humano contiene unos cien mil genes. En

este alfabeto se encuentran, por la cantidad y el orden de las bases, las instrucciones específicas para formar las proteínas, que son los productos génicos específicos. La elaboración de una proteína determinada a partir de una secuencia del alfabeto de bases se hace con arreglo a un código genético universal, una especie de manual de lectura del alfabeto, gracias al cual concretas secuencias de tres bases sintetizan aminoácidos específicos (los componentes de las proteínas).

El dogma un gen una proteína (con alguna salvedad) es uno de los grandes saberes de esta segunda mitad de siglo, pues los seres vivos se construyen y funcionan merced a las moléculas proteicas elaboradas por una información codificada en los genes.

EL DESPLIEGUE DE LOS GENES

El desarrollo de un ser vivo es algo fascinante y asombroso. El embrión cambia continuamente su aspecto. Tras la fecundación, consta de dos células hijas del huevo (blastómeras), luego cuatro, ocho, así hasta formar la innumerable masa de células que forman el cuerpo de los animales.

La historia natural de un hombre concreto comienza en un lugar del aparato genital de la madre: la trompa de Falopio. Allí, sumergido en las secreciones maternas, se juntan los genes de la madre y del padre vehiculados en el óvulo y el espermatozoide. El cigoto humano, es la unidad celular resultante de la fusión. A partir de este momento comienza una historia con la apariencia de un milagro. Durante la primera semana el cigoto se multiplica en cientos de células y se prepara para anidar en el útero materno. Hacia el día siete es acogido en la mucosa uterina preparada por las hormonas maternas para recibirle. Alimentado por la sangre de la madre, el embrión comienza a diferenciarse y a crecer. Se forman los esbozos de los órganos que le permitirán sobrevivir. Al principio es muy difícil decir que tipo de embrión es, podría ser un ratón, un gato o un mono. Sólo los genes lo saben. Ellos tienen el programa para construir el ser humano. Con precisión de relojero, al cabo de dos meses, la forma y la estructura fundamental de un *Homo sapiens sapiens* está construida. La silueta, los rasgos faciales, las manos, son ya inconfundibles y diferenciables de cualquier otro ser de la naturaleza. Su corazón y su estómago están básicamente contruidos. Los cientos de músculos de su cuerpo están ya diferenciados y ocupan su lugar, igual que los huesos. El orden es de suma precisión. Durante siete meses más, los órganos crecen y maduran fun-

cionalmente, y de manera muy especial, el cerebro, cuyo gigantesco número de neuronas requiere tiempo para funcionar. Mecanismos biológicos ponen en marcha, con ritmo propio de la especie, el nacimiento del feto. Es un momento impresionante de la vida. El recién nacido se enfrenta directamente al oxígeno del aire y abandona el medio acuático donde vivía sumergido en el líquido amniótico y la protección nutricia del útero y de la sangre materna, y abre sus pulmones con el primer grito del llanto. Pesa alrededor de tres kilos y mide cincuenta centímetros. En los primeros años de vida crece y se desarrolla para prepararse para la reproducción, pues ese es el objetivo fundamental y único de sus genes, conseguir inmortalizarse, proseguir en otro individuo. Mientras esto sucede, al final de la pubertad, el sistema nervioso ha aprovechado sus oportunidades, y, gracias a la interacción con el medio, ha comenzado, mediante el aprendizaje, a conocer el mundo, y es capaz de comunicarse y de actuar. La experiencia va penetrando en su cerebro.

En ausencia del concepto de gen, no es de extrañar que numerosos embriólogos y pensadores imaginaran que una “fuerza vital” inmaterial guiara el desarrollo. Hoy sabemos bien que el desarrollo se produce porque el programa genético (la información de la especie) se ejecuta –podríamos decir que se desvela– progresivamente a lo largo del mismo. Desde las experiencias de Gurdon (1) –quien demostró la capacidad del núcleo de una célula diferenciada del intestino de un anfibio adulto para formar un embrión completo– sabemos que todas las células del organismo de una especie dada contienen la misma carga genética. ¿Cómo entonces se diferencian las distintas estirpes celulares y en qué orden temporal y espacial?

Las células logran su diferenciación como células del hueso, de la sangre, del músculo o del sistema nervioso mediante una expresión diferencial de los genes. La expresión de unos y la represión de otros determina los fenotipos celulares.

El embrión no tiene una descripción del animal que va a originar sino que contiene un programa para construirlo. La ejecución del programa hace intervenir continuamente las relaciones con el medio donde se lleva a cabo. El medio cambia al progresar el desarrollo, pues en principio hay una sola célula con una dotación genética, pero luego hay muchas que teniendo la misma información o potencialidad genética, la limitan y condicionan por la presencia de las otras. Esta es la idea de epigénesis. Que el desarrollo es epigenético quiere decir que los genes se regulan progresivamente merced a la interacción con el medio. Este es un concepto esen-

cial, pues no es sólo clave para comprender el desarrollo biológico, sino también la conducta del animal, ya que, en definitiva, ésta se modula por la interacción de los genes con el entorno.

La ejecución del programa genético para formar un animal se ejecuta en secuencias ordenadas. Tras cada secuencia se generan organizaciones nuevas con propiedades nuevas que interaccionan (cooperan) con los genes y condicionan la mecánica del desarrollo. Esto es posible por las características de los propios genes y la existencia de niveles progresivos de regulación.

Hay dos tipos fundamentales de genes: estructurales y reguladores. Los estructurales sintetizan proteínas que forman la estructura de las células y tejidos, o enzimas que controlan sus funciones. Los genes reguladores controlan la actividad de los otros, directamente o mediante factores químicos que sintetizan. Son genes que ordenan el desencadenamiento del programa, regulan la diferenciación, el crecimiento y la muerte de las células, o establecen las coordenadas y dimensión del espacio que van a ocupar las células, y, el momento de hacerlo, condicionando de este modo las formas y funciones del animal.

A medida que el programa genético se despliega van apareciendo estructuras y funciones nuevas, las cuales participan también en la regulación del desarrollo. Así, la propia actividad de un sistema dado modula la actividad de los genes. Por ejemplo, el funcionamiento de las primeras neuronas que se forman durante el desarrollo regulará la actividad de los genes responsables de formar otros circuitos nerviosos. Esto es posible porque los propios genes reciben señales químicas (producidas por otros genes) reveladora de una función concreta del sistema actuante.

EL ÓRGANO DE LA MENTE

El cerebro humano está formado por dos mitades, los hemisferios cerebrales, separados, en parte, por una profunda fisura, y comunicados entre ellos por un sólido puente de fibras nerviosas, el cuerpo caloso. Pesa, aproximadamente, 1.400 g, pero existen grandes variaciones de tamaño, sin que ello tenga necesariamente que ver con el talento o la inteligencia. El escritor ruso Ivan Turgueniev tenía un cerebro de 2.012 g, y un genio de la literatura como Anatole France sólo alcanzaba 1.017 g. ¡Casi 1 kg de dife-

rencia! Algo semejante sucedía entre los cerebros de dos grandes científicos como George Cuvier (1.830 g) o François Gall (apenas 1.200 g).

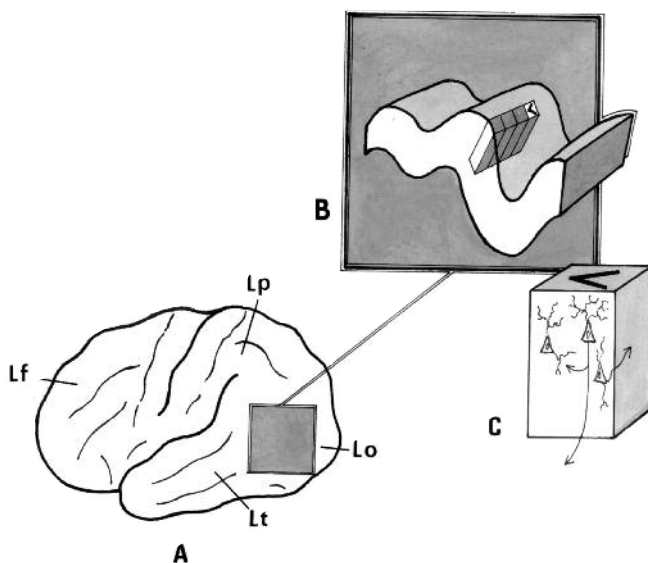
Hoy sabemos bien, que los procesos mentales superiores tienen una relación directa con el manto de neuronas que tapiza la superficie de los hemisferios, la corteza cerebral. La corteza tiene un aspecto plegado por la presencia de surcos que la dividen en diferentes territorios (Fig. 2). Hay surcos primarios (cisuras) que dividen la corteza en cinco territorios principales o lóbulos: frontal, temporal, parietal, occipital y límbico. Los surcos secundarios, más imprecisos, dividen a los lóbulos en circunvoluciones, las cuales, a su vez, son divididas en territorios más concretos por surcos terciarios inconstantes. El anatomista que observa varios cerebros en la sala de disección se percata enseguida de que los surcos secundarios y terciarios son enormemente variables en su disposición. Esto es ya una prueba, más o menos grosera, de la individualidad morfológica de la corteza cerebral. Incluso a niveles macroscópicos no existen dos cerebros

Fig. 2

A. Hemisferio cerebral izquierdo mostrando fisuras y surcos que le dividen en lóbulos y circunvoluciones. Lóbulo frontal (LF), Lóbulo temporal (LT), Lóbulo parietal (LP), Lóbulo occipital (LO).

B. Corteza cerebral de una circunvolución visual. Desde la superficie a la profundidad las neuronas se organizan en módulos o unidades operativas.

C. Detalle simplificado de un módulo constituido por neuronas complejas que se activan ante la identificación de formas angulares.



iguales. Sutiles matices y diferencias en la presencia, tamaño o recorrido de estos surcos, dan un paisaje peculiar al cerebro de cada individuo. También los gemelos univitelinos tienen diferencias en sus circunvoluciones cerebrales.

Gran parte de la corteza cerebral, unos dos tercios, está oculta en la profundidad de los surcos. Si extendiéramos sobre un plano toda la corteza, ocuparía una superficie media de 2.600 cm^2 . Su grosor es de 3-4 mm y contiene, ordenadas en seis capas paralelas a la superficie, alrededor de 28×10^9 neuronas, y, aproximadamente, el mismo número de células de la glía.

Las neuronas son extraordinariamente diversas, tanto en su forma como en su diferenciación molecular. Las poblaciones de neuronas expresan genes selectivos, y se han identificado más de cincuenta moléculas distintas de intercomunicación neuronal (neurotransmisores). Más allá de las diferencias morfológicas y moleculares, las células nerviosas adquieren una diversidad aún mayor en razón de sus múltiples conexiones; se ha estimado que cada neurona realiza unos mil contactos sinápticos, algunas hasta diez mil. Si, además, tenemos presente que la información vehiculada en forma de impulsos nerviosos de una neurona a otra tiene carácter excitador o inhibitor, podemos apreciar en su extraordinaria complejidad, la enorme diversidad que subyace en la estructura nerviosa.

Sin embargo, la corteza cerebral no es un caos organizativo. La mayor parte de la misma (la neocorteza) presenta las neuronas agrupadas en seis estratos paralelos a la superficie (capas I-VI), algo que, curiosamente, fue descubierto, a finales del siglo XIX, por relevantes psiquiatras como Meynert, Baillarger o Lewis, cuando aún no se había gestado la separación entre la estructura y la función cerebral. En los últimos veinte años hemos aprendido que estos estratos están formados por millones de conjuntos neuronales que recorren verticalmente el espesor de la corteza. Vernon Mountcastle (2) distingue dos tipos de conjuntos, uno embrionario, la minicolumna, y otro morfofuncional, la columna o módulo.

La minicolumna es la unidad básica de la neocorteza. Se extiende verticalmente como una cadena estrecha de 80-100 neuronas desde las capas II a VI, perpendicularmente a la superficie cerebral. Es el producto de la división celular de un pequeño grupo de células progenitoras, un policlon, en la pared del sistema nervioso embrionario (ver más adelante); es un conjunto determinado, y su desarrollo es independiente de las conexiones que establecen las neuronas.

La columna o módulo cortical es un conjunto de minicolumnas interconectadas. Su tamaño varía entre 300-600 micras de diámetro (Fig. 2). La característica esencial es que sus conexiones tienen propiedades comunes; por ejemplo, algunos módulos de la corteza visual responden específicamente a una línea orientada con un ángulo determinado, otros módulos a otras orientaciones, o a bordes de figuras, o a uniones de líneas (ángulos), caras, direcciones de movimiento, etc. (ver cap 3.). La formación de la columna es dependiente del establecimiento de conexiones interneuronales, y, por tanto, de interrelaciones genéticas entre distintos territorios.

La columna es una unidad operativa del cerebro, un complejo de procesamiento de información, y una unidad de distribución de la misma al servir de nexo entre un número determinado de entradas (axones de otras zonas cerebrales) y un número determinado de salidas (axones destinados a otras zonas del sistema nervioso). A través de los módulos, las neuronas cerebrales se conectan para formar redes neuronales asociativas. Las redes neuronales pueden ser intramodulares, intermodulares o extrínsecas.

Las redes intramodulares conectan las neuronas de un mismo módulo, las redes intermodulares unen módulos vecinos o alejados, bien del propio hemisferio o del contralateral. Las redes extrínsecas estarían constituidos por conexiones que entran a la corteza procedentes de zonas profundas (como el tálamo o los ganglios de la base) o que salen del módulo con destino a otras zonas del sistema nervioso.

En los últimos años se ha introducido, a consecuencia de estas asociaciones transmodales, el concepto de “distributed system” (Fig. 3). Se trata de una colección de unidades de procesamiento (módulos) que es-

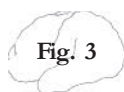
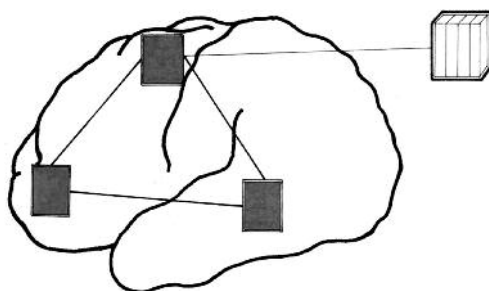


Fig. 3

Esquema de un “distributed system” en el cerebro. Conjuntos modulares de distintas partes del cerebro forman una red que soporta las operaciones de un proceso mental.



tán espacialmente separados y se comunican para intercambiar mensajes; una propiedad fundamental del sistema es que sus componentes están abiertos tanto a señales inducidas externamente como a señales generadas internamente. Los procesos mentales tendrían su base en las operaciones de estos sistemas (ver cap. 3).

EL EMBRIÓN, ARQUITECTO DE LA MENTE

El sistema nervioso se forma en el embrión como una diferenciación de su cubierta primitiva. Ésta, el ectodermo, es aparentemente uniforme. Muy pronto, una población de células situadas en la línea media del futuro dorso embrionario se engruesa para formar la placa neural. Las células de la placa se denominan neuroectodérmicas y son las progenitoras de todas las células del sistema nervioso. Un grupo de genes llamados BMP4 (bone morphogenetic protein-4) forman parte de este mecanismo diferenciador (3). El territorio ectodérmico destinado a ser piel expresa muy tempranamente estos genes; sin embargo, estos mismos son bloqueados en el territorio destinado a ser placa neural. El bloqueo de los genes BMP4 se debe a factores químicos que le llegan al ectodermo medial procedentes de un tejido subyacente, la notocorda. Este efecto interactivo entre dos poblaciones celulares se denomina inducción, y es uno de los procesos fundamentales del desarrollo. En clave genética, el desarrollo aparece como un lenguaje de genes que, a través de sus productos, se intercambian información para construir un animal.

El primer esbozo del cerebro se adivina muy pronto en el embrión. La placa neural se hunde para formar el tubo neural, cuya parte anterior se dilata formando las vesículas encefálicas: anterior o prosencéfalo, media o mesencéfalo y posterior o rombencéfalo (Fig. 4). El resto del tubo permanece uniforme y será la médula espinal. La determinación de ambos territorios, encefálico y medular, está condicionada por el mensaje genético emanado de la notocorda. Al menos cuatro sustancias participan en este mensaje: FGF (fibroblast growth factor), folistatina, cordina y nogina. Por influjo del FGF el tubo neural expresa genes propios de médula espinal; la acción de los otros tres factores sobre la parte anterior del tubo determina que éste se diferencie hacia encéfalo.

El sistema nervioso central se desarrolla a expensas del engrosamiento de la pared del tubo neural gracias a la progresiva diferenciación de las

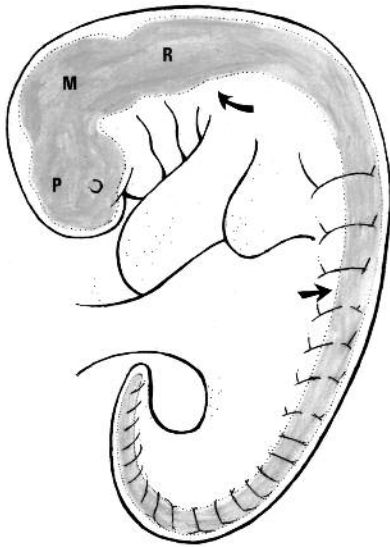


Fig. 4

Embrión humano de treinta días. El esbozo del cerebro comienza a formarse en el extremo rostral del tubo neural mediante la diferenciación de tres vesículas: Prosencéfalo (P), Mesencéfalo (M), Rombencéfalo (R). Diferentes señales químicas promueven la expresión de genes diferentes en el tubo neural que condicionan la diferenciación hacia cerebro o hacia médula.

células madres neuroectodérmicas en neuronas o glia. La corteza cerebral se forma en la pared de la vesícula anterior, el prosencéfalo (Fig. 5).

Las neuronas de la futura corteza se generan en un territorio próximo a la luz de la vesícula anterior, la zona proliferativa. En un principio, cada célula neuroectodérmica se divide simétricamente dando origen a

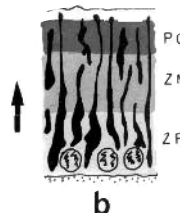
La corteza cerebral se diferencia en el espesor de la pared del prosencéfalo. (a). En una primera fase, las células madres de las neuronas proliferan (ZP) y comienzan a diferenciarse en neuroblastos. (b). Los neuroblastos migran hacia la superficie del tubo neural donde se establecen formando la placa cortical (PC). (c). La placa cortical, futura corteza cerebral, se organiza en estratos según el orden de generación de las neuronas. Zona de migración neuronal (ZM).



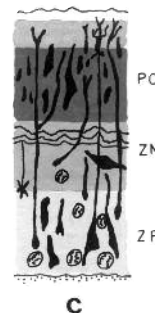
Fig. 5



a



b



c

dos células neuroectodérmicas idénticas. Cuando la población de células neuroectodérmicas ha alcanzado un número específico de especie, que determinará el tamaño de la corteza cerebral del futuro animal, se produce un cambio en el mecanismo de división celular (4). Ahora las células progenitoras se dividen asimétricamente y forman una célula idéntica a la madre y otra diferenciada, el neuroblasto o futura neurona. Los neuroblastos migran hacia la periferia de la pared vesicular donde constituyen una capa de células denominada la placa cortical, la cual permanece separada de la zona proliferativa por un espacio migratorio intermedio.

Los neuroblastos de la placa no se colocan al azar, sino obedeciendo a un plan determinado que las condiciona a situarse formando los estratos característicos de la corteza adulta según el momento en que han sido generadas. Efectivamente, las futuras neuronas corticales no migran todas a la vez sino seriadamente. Cada célula madre va “soltando” neuroblastos con un ritmo genéticamente establecido. Las neuronas generadas más temprano, las pioneras, ocuparán los estratos profundos de la corteza, y las más recientes o jóvenes, pasan entre las más viejas para formar los estratos superficiales. Como la diferenciación de los neuroblastos en neuronas (formación de prolongaciones dendríticas, axónicas y establecimiento de contactos sinápticos) se hace una vez que la célula ha alcanzado su posición en la placa cortical, es claro que el momento de generación es determinante para establecer el plan de conexiones específico de cada capa cortical con otras partes del cerebro.

La corteza cerebral va cambiando su aspecto con la edad. Antes de la semana 12, el aspecto exterior es liso y recuerda al de un mamífero primitivo. A partir de ese momento comienzan a aparecer surcos en la superficie cerebral indicativos del plegamiento que tiene que experimentar debido a su gran desarrollo. Hacia la semana 33, el cerebro del feto humano pesa 350 g, como el de un chimpancé adulto, y la corteza tiene, en pequeño, el aspecto de un adulto humano; a esa edad, la proliferación neuronal ha, prácticamente, terminado. Nunca el cerebro tendrá más neuronas que en ese momento. La fase más dramática e intensa del desarrollo está establecida. Comienzan otros cambios caracterizados por la maduración, el crecimiento y un sutil y progresivo enriquecimiento de conexiones inter-neuronales.

Al nacer, las neuronas están en su sitio en la corteza y, poco a poco, bajo influencia de factores ambientales, la maquinaria genética neuronal pone en marcha un fascinante y sutil proceso de enriquecimiento de cone-

xiones interneuronales creando redes neuronales plásticas. Hacia el final del primer mes de vida postnatal, la corteza visual y somatosensorial tienen un aspecto bastante maduro, la corteza auditiva está algo más retrasada, lo mismo sucede con la áreas del lenguaje, que serán las últimas en mielinizarse. Al final del segundo año, el cerebro pesa 1000 g y la corteza está ya prácticamente diferenciada en su totalidad. Desde ese momento hasta la pubertad, las neuronas alcanzarán su tamaño definitivo y se completa la mielinización. Hay un aumento de las células gliales y de los vasos sanguíneos para atender las necesidades metabólicas de un cerebro más grande. Con la pubertad se marca el límite del tamaño cerebral.

En suma, el aumento de corteza cerebral incrementa la capacidad de tratamiento de la información, lo cual es el origen de las funciones cognitivas. Los estadios de maduración cognitiva y motora del niño, que estableciera el gran psicólogo Jean Piaget tienen una clara correlación con la progresiva evolución de la corteza cerebral.

Pero no todo es diferenciación y crecimiento. Continuamente, a lo largo de la vida del cerebro mueren células nerviosas. Obedeciendo a un programa genético, mueren futuras neuronas en el propio tubo neural, mueren neuronas que no consiguen establecer conexiones en la competencia con otras neuronas, mueren de forma dramática en el periodo de adaptación perinatal, y mueren a miles diariamente a partir de los 25 años, un proceso que se acrecienta con la senescencia. La muerte de las células forma parte del desarrollo de los individuos, como la muerte de éstos forma parte inexorable del desarrollo de la vida.

LAS IDEAS DEL ARQUITECTO

¿De qué depende la formación de la corteza cerebral? ¿Qué factores regulan la estructura que soporta nuestros estados y procesos mentales?

El proceso de creación de redes neuronales en la corteza, y de ésta con otras partes del sistema nervioso, es dependiente de dos causas: de factores genéticos y de la propia función del sistema (entrada de información, interacciones funcionales, etc.). Pero, es importante hacer una advertencia. Esta dicotomía es meramente conceptual, ya que la susceptibilidad de las células a responder a señales del medio depende de que haya instrucciones genéticas (por ejemplo: unos receptores sinápticos adecuados).

a) El determinismo

Parece claro que instrucciones genéticas determinan el tipo de área cortical, así como el tipo de célula y el patrón básico de conexiones neuronales (5).

La pared de la vesícula cerebral está subdividida en territorios donde están especificadas las áreas corticales; en la zona proliferativa del tubo neural donde se generan las neuronas corticales existe un “protomapa” (Fig. 6) de las diferentes áreas de la futura corteza cerebral (6). Las primitivas neuronas saben de alguna manera el lugar que ocuparán, un concepto conocido por los embriólogos como información posicional.

En la corteza hay dos grupos principales de neuronas, las células piramidales o glutaminérgicas –por utilizar el ácido glutámico como neurotransmisor– y las células no-piramidales o GABAérgicas –que utilizan el ácido gamma amino butírico–. Pues bien, ambas poblaciones de neuronas se originan de diferentes células progenitoras neuroectodérmicas. Así, la expresión fenotípica de estas neuronas corticales está ya establecida muy temprano, antes de que migren e interactuen con otras neuronas.

Por otra parte, como hemos visto anteriormente, las neuronas nacidas al mismo tiempo ocupan una posición específica en un estrato corti-

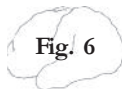
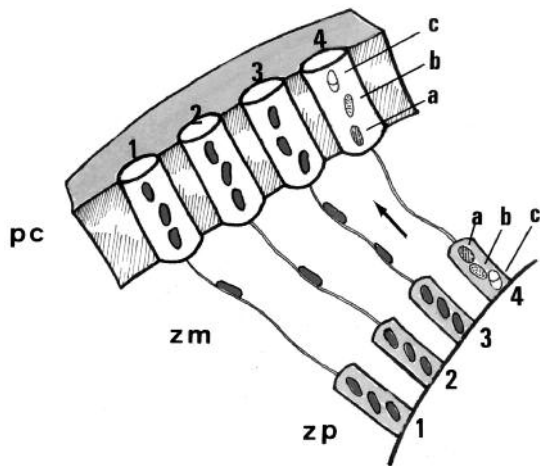


Fig. 6

Protomapas de la corteza cerebral embrionaria. Territorios neuronales de la zona proliferativa (zp) forman “policlones” que generan los módulos respectivos de la placa cortical (pc). Según el momento de generación, las neuronas a, b y c ocupan un estrato distinto del módulo cortical; las generadas más tardiamente (c) se desplazan por la zona migratoria (zm) hacia los estratos superficiales.



cal y realizan el mismo tipo de conexiones. Esto depende de un grupo de genes que regulan el ritmo proliferativo de las células progenitoras. En la mutante *reeler* de ratón se produce una alteración de la migración neuronal y, sin embargo, las conexiones son las mismas (7). Esto indica que las neuronas tienen fijado genéticamente un programa para reconocer a sus neuronas diana, y este programa no se altera aunque se modifique la posición espacial de la célula. Es claro que gracias a estos mecanismos se asegura la construcción fundamental del cerebro, lo que se ha dado en llamar circuitos rígidos. De este modo, una neurona retiniana conectará con centros cerebrales visuales y una neurona piramidal de la corteza motora mandará su cilindroeje a neuronas motoras de la médula espinal. Trasplantes de corteza embrionaria de ratón confirman este importante hecho de la construcción cerebral. Si se intercambian fragmentos corticales de una zona del cerebro a otra (por ejemplo, corteza visual a motora) los trasplantes no dependen del medio para hacer sus conexiones sino que se conectan con la células dianas a las que genéticamente están predestinadas (8).

b) Las señales

En la génesis de la corteza, las entradas de información al sistema son esenciales. El sistema en desarrollo puede recibir información de otras zonas cerebrales, “noticias” provocadas por sustancias químicas sintetizadas por otras neuronas, o bien recibir información del mundo exterior (experiencia sensorial) a través de impulsos nerviosos generados en el propio sistema en desarrollo. La epigénesis, en el caso del sistema nervioso, es también la experiencia.

¿Qué papel juegan? Veamos en primer lugar algunos factores internos.

La corteza en formación va generando progresivamente factores que modulan su propio desarrollo. Se han identificado moléculas difusibles, muy conservadas en la evolución, como las “netrinas”, (de la raíz sánscrita “netr”, el que guía), las cuales actúan como factores quimiotácticos en la orientación de los axones corticales a otras zonas del sistema nervioso (9). Similares a un perfume, dejan un rastro que conduce a los axones de unas neuronas a buscar la población de neuronas diana a las que están predeterminadas a encontrar.

Parecer ser, además, que algunos genes de la corteza inmadura sintetizan factores que guían el crecimiento de axones procedentes del tálamo (una importante estación sináptica de la información sensorial que penetra en el cerebro). Un territorio especial de la placa cortical embrionaria, la

subplaca, emite axones pioneros córticotálámicos en la búsqueda de una población neuronal específica del tálamo (10). Estos axones pioneros sirven de rail-guía para que los axones del tálamo alcancen la corteza. El mecanismo es similar al detectado en el desarrollo de los insectos (11).

La propia actividad interna del sistema es crucial en el desarrollo. Las neuronas de la retina del macaco se conectan con neuronas de un núcleo del tálamo especial, el cuerpo geniculado externo, el cual, a su vez, se conecta con neuronas del área visual primaria. Si experimentalmente (12) se produce una ablación de la retina en fetos de dos meses –momento en el que se están generando las neuronas– se produce una degeneración de sus células diana del cuerpo geniculado, y el área visual no recibe información periférica; en consecuencia, el área visual se reduce en un 80% de su tamaño. Pero, curiosamente, el área visual mantiene su organización en estratos, poniendo de relieve el determinismo prefijado de los grandes planos de construcción del edificio cortical. Parece ser que las neuronas más primitivas de la corteza, las células de Cajal-Rettzius, que forman la capa más superficial, producen el *reeler* gen, el cual es responsable de ordenar los estratos corticales (13).

Además del funcionamiento interno del sistema, las entradas sensoriales procedentes del mundo exterior juegan también un papel determinante en el remodelamiento y organización de la corteza cerebral. La experiencia sensorial es un continuo de desarrollo epigenético. Algunos experimentos muy notables lo testifican.

La corteza somatosensorial del ratón tiene un exquisito mapa de representación somatotópica de los pelos sensoriales del bigote del animal. Agregados de neuronas corticales se corresponden específicamente con los receptores sensoriales de los pelos, dibujando un mapa en la corteza que tiene forma de “toneles”. Si al nacer, se destruyen en el ratoncito una fila de pelos, los toneles corticales se reorganizan de otra forma (7). Así, la periferia, la información externa del mundo controla la organización de la corteza cerebral. Algo que es posible porque la corteza es un tejido plástico, modelable, por la acción del medio. Es más, si se injerta corteza visual de feto de rata de catorce días en la zona correspondiente a la corteza somatosensorial de una rata recién nacida, aparecen “toneles” en la corteza visual trasplantada.

Estos cambios ponen de manifiesto el papel que la experiencia juega en la organización cerebral, y, son posibles, porque no toda la conectivi-

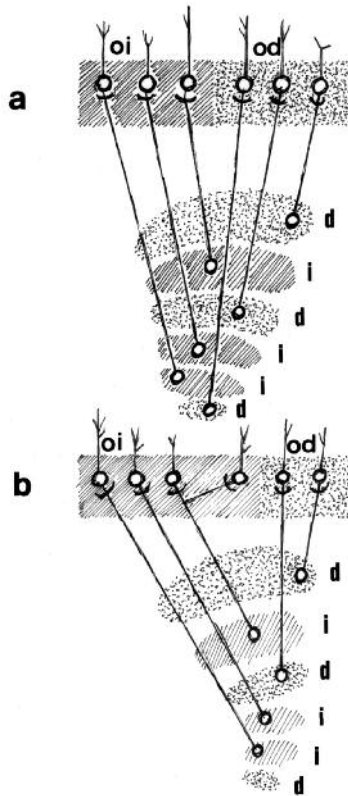


Fig. 7

a. En cada área visual alternan módulos de dominancia ocular correspondientes a los dos ojos (oi), (od). Los módulos reciben axones específicos de neuronas distribuidoras situadas en el cuerpo geniculado externo. (d) e (i) representan grupos neuronales del cuerpo geniculado externo que corresponden a información visual del ojo derecho e izquierdo.

b. Experimento de Hubel y Wiessel. Si se priva sensorialmente un ojo al nacer (por ejemplo el derecho) se crea una competición entre las neuronas del ojo privado y el sano. Se generan nuevas conexiones y los módulos de dominancia del ojo sano se hacen más grandes.

dad de la red está prefijada. Cierta grado de conectividad tiene carácter plástico. El desarrollo de los módulos corticales es un notable ejemplo.

Los módulos se desarrollan progresivamente. Ya hemos visto anteriormente como existen “protomapas”, genéticamente muy determinados, de la futura organización modular, pero, además, el efecto de la experiencia o del uso del sistema es básico en su formación.

Hubel y Wiessel (14) demostraron hace más de treinta años la existencia en la corteza visual de cada hemisferio cerebral de unos módulos que denominaron de “dominancia ocular”. Cada área visual de un hemisferio recibe información de los dos ojos, alternando los módulos de un ojo con los del otro. Estas columnas no existen en el recién nacido, se generan durante un periodo crítico postnatal de tres meses. Si se altera la información sensorial, se pueden modificar la columnas (Fig. 7) . En efecto, si a un

gato o un mono recién nacido se le tapa un ojo, a las dos semanas se observa una reducción del tamaño de los módulos de dominancia correspondientes al ojo suturado y un aumento de los módulos del ojo normal. Esta lesión es irreversible, y, al destapar el ojo del animal, éste ya no ve con esa corteza modificada. Sucede que el aumento de tamaño de unos módulos a expensas de los otros se debe a la competencia que establecen entre sí los axones procedentes de los ojos para conexiarse con sus neuronas corticales diana; si no encuentran competencia –porque un ojo no manda señales– los axones funcionales se extienden más allá de su territorio previsto. Esta brillante experiencia pone de manifiesto el papel que juega en la génesis de las unidades operativas del cerebro, el propio funcionamiento del sistema a través de la información exterior. Un papel que se encuentra limitado tanto por la existencia de un periodo crítico como por el rígido determinismo genético de los axones visuales a contactar únicamente con una determinada población de posibles células diana.

Que la competencia entre los axones por sus células diana es un factor esencial en la génesis de las columnas corticales se puede deducir de la siguiente experiencia realizada en embriones de anfibios (15). En la rana, cada ojo proyecta a un solo lado del cerebro, y no hay, por tanto, módulos de dominancia ocular. Ahora bien, se puede provocar la formación de estos módulos si se injerta en el embrión un tercer ojo, el cual se convierte en una fuente de competencia potencial. Los axones del ojo trasplantado llegaron al hemisferio contralateral y allí, en la corteza visual, compiten con los axones que proceden del ojo correspondiente. Al haber ahora dos fuentes axonales por un territorio, éste se organiza en columnas de dominancia ocular.

Puede decirse con nitidez que la actividad neuronal es el factor crítico que coopera con los genes para que se hagan las sinapsis neuronales.

Los periodos críticos de desarrollo no son uniformes. Cada área cortical, y cada capa dentro de un área, tiene su propio programa temporal y su momento crítico para la segregación de conexiones. Curiosamente, las áreas del lenguaje, filogenéticamente las más recientes, son las últimas en completar su maduración neuronal y desarrollo dendrítico.

Pero no sólo la experiencia sensorial (mundo físico) organiza la corteza cerebral, también las experiencias sociales son importantes en determinadas fases críticas. Hay muy abundante información en humanos y en monos sobre los efectos de las privaciones sociales en las primeras épocas de la vida sobre el desarrollo cognitivo, emocional y tempera-

mental de los individuos. Las crías deben someterse a ciertas interacciones sociales para que se produzca un desarrollo conductual (cerebral) satisfactorio.

Puede afirmarse que los genes han construido un cerebro dotado con redes neuronales fijas o estables y redes neuronales plásticas. Instrucciones genéticas determinantes establecen que, por ejemplo, los axones del ojo alcancen siempre su área diana específica, la corteza visual primaria. Ahora bien, la acción de la experiencia y del funcionamiento del propio sistema permite modificar las conexiones sinápticas gracias a que éstas son plásticas, es decir, pueden cambiar su superficie, aumentar o disminuir en número y experimentar sutiles cambios moleculares.

La acción de la experiencia sobre el cerebro es la base del aprendizaje.

EL APRENDIZAJE FORMA PARTE DEL DESPLIEGUE GENÉTICO DE LAS NEURONAS

La memoria impregna nuestro ser. El hombre se hace en la medida en que aprende y recuerda. San Agustín escribe en el Libro X de las Confesiones: “todo esto que es mi memoria lo es mi alma y lo soy también yo mismo”.

En el último tercio de este siglo hemos comenzado a saber que el proceso de la memoria depende de la capacidad plástica de las neuronas. Aprendemos y recordamos porque las conexiones sinápticas se modifican, y, al hacerlo, cambia sutil y finamente la anatomía cerebral. El cerebro nunca es estable. Ya hemos visto como cambia a lo largo del desarrollo, ahora estamos comprendiendo como cambia también en la vida del individuo. Dos ejemplos ilustran esta información: la modificación de los mapas de representación cortical por la experiencia y los mecanismos de la memoria.

En la corteza cerebral existen precisos mapas de representación del campo perceptivo (ver cap. 3). Michael Merzenich (16) ha demostrado recientemente que los mapas corticales difieren sistemáticamente entre los individuos en un modo que refleja su utilización. Este investigador estudió las posibles modificaciones del área cerebral de representación de los dedos de la mano al introducir una variable de uso. En el área somatosensorial del mono cada dedo ocupa un territorio neuronal, o dicho de otro modo, la información de cada dedo es recogida por circuitos específicos de la corteza. En un experimento se entrenó a monos a usar sólo los tres de-

dos medios para girar un disco una hora diaria durante tres meses. Al cabo de este tiempo el área que representa los dedos ejercitados se había extendido a expensas de los dedos adyacentes. En otra experiencia se suturaron dos dedos del animal obligándole así a utilizarlos conjuntamente; en este caso se elimina el mapa discontinuo de cada dedo y aparece un área común.

Una confirmación extraordinaria ha sido realizada en el cerebro humano. Se estudió mediante magnetoencefalografía la representación cortical de los dedos de la mano de un individuo afectado de sindactilia (una malformación congénita consistente en tener los dedos unidos), la cual resultó ser menor que la correspondiente a una mano de un sujeto normal. Pues bien, tras realizar una operación quirúrgica para separar los dedos, cada uno de ellos, llegó, en poco tiempo, a tener una representación individual.

Estos hechos muestran que el uso es capaz de provocar cambios en las redes neuronales. Los territorios de representación en la corteza y sus demarcaciones están establecidos por el programa genético y por el aprendizaje que, aquí, es equivalente a una correlación de impulsos nerviosos que entran en la corteza cerebral. La actividad correlacionada corresponde a un dedo y la no correlacionada a la demarcación entre los dedos. La explicación para estos cambios corticales podría consistir en que las neuronas que disparan impulsos nerviosos al unísono se conectan entre sí y acaban estableciendo un nuevo patrón de conexiones sinápticas; nos encontramos ante el mismo mecanismo de cambios sinápticos que sustentan el proceso de la memoria.

En el aprendizaje se provocan cambios de la intensidad sináptica por un aumento de neurotransmisores en la red sináptica que se refuerza (los mecanismos de este importante proceso neurobiológico se describen en el cap. 2). Cuando un recuerdo se conserva perdurablemente, se implican, probablemente, alteraciones mas estables de las sinapsis mediante su modificación. Modificar una sinapsis puede implicar su crecimiento, alterar su número o su ubicación; los axones de una neurona dan origen a brotes presinápticos y las espinas dendríticas postsinápticas se remodelan. Estos cambios van necesariamente asociados a cambios permanentes en la expresión de genes.

Se piensa que cambios en la permeabilidad de las membranas sinápticas provocadas por el refuerzo de los potenciales bioeléctricos determinan la activación en cascada de proteínas intracelulares (como las proteína quinasas), las cuales, actuando finalmente sobre el propio genoma de

las neuronas, provocan la activación de genes específicos. Se ha podido, experimentalmente, suprimir los genes que codifican para estas proteínas intracelulares y el resultado es un bloqueo del aprendizaje del animal (18). Recientemente se ha identificado un grupo de genes de actividad inmediata (GAI) que parecen activarse por breves ráfagas de potenciales bioeléctricos de las neuronas (19). Los GAI codifican para unos factores denominados de transcripción, unas proteínas que a su vez regulan la expresión de otros genes. La activación de estos últimos provoca la expresión de nuevas proteínas que sustentan la formación de nuevas conexiones.

Resulta así, que el genoma es accesible a señales intracelulares provocadas por los propios impulsos nerviosos generados por la información exterior. El aprendizaje supone, en último extremo, cambios en la expresión de genes neuronales. Es más, es posible que exista un código de señales mediante el cual el aprendizaje actúa sobre los genes, determinando no sólo los límites de acción sobre la maquinaria biológica sino también la estabilidad y dimensión de los recuerdos. Si esto es así, en el dominio molecular, el aprendizaje comporta mecanismos comunes al desarrollo –el cual, como hemos visto, es básicamente un proceso de expresión temporal y espacial de los genes del individuo–. Estaríamos, entonces, ante la posibilidad de una visión unitaria de la conducta humana, situando los procesos mentales en el marco evolutivo de la vida.

LA ACCIÓN DE LA MENTE

Pero, además, si el aprendizaje es capaz de cambiar la anatomía cerebral, nuestra visión del problema cerebro mente debe cambiar. Las dos realidades, lo mental (función) y lo cerebral (estructura) son inseparable e interactúan.

El problema de comprender al hombre aparece así doble: en primer lugar, cómo las moléculas cerebrales generadas por los genes (los sucesos biológicos) modulan el cableado del cerebro y de qué modo originan los fenómenos mentales; pero, en segundo lugar, cómo el mundo mental (las ideas, vivencias, códigos simbólicos) modulan la estructura biológica, influyen sobre las moléculas.

Que las alteraciones cerebrales provocan alteraciones mentales parece evidente a estas alturas del siglo XX. Se puede manipular todo lo mental actuando de manera química, eléctrica o anatómica sobre el cere-

bro. El reto de hoy es comprender que lo que afecta a la mente afecta también al cerebro. Cómo los factores socioculturales alteran las moléculas cerebrales. Detengámonos en este segundo aspecto.

Las modificaciones neuronales que subyacen en una alteración mental se pueden provocar por dos tipos de causas: cerebrales y psicológicas. Entre las psicológicas podemos incluir, por ejemplo, la depresión consecuente a la pérdida de un ser querido, los efectos del yoga o los trastornos denominados psico-somáticos. Estas causas psicológicas pueden modificarse por factores de la misma naturaleza. En esta dirección de la acción de lo mental vamos a comentar el efecto placebo y la psicoterapia.

El efecto placebo tiene en psiquiatría una probabilidad de un 30-40% de ser eficaz en no importa que tipo de problema, frente a una probabilidad de un 75-95% de un remedio específico (20). ¿Cómo una sustancia inerte, desprovista de moléculas activas puede obrar sobre los juicios y los sentimientos? Es más, por ejemplo, en casos de dolor, la acción antiálgica de un placebo puede ser suprimida por la administración de naloxona, un producto que inhibe las endorfinas (sustancias opioides naturales del organismo).

La psicoterapia, la acción de la palabra o de determinados códigos simbólicos, interviniendo en los factores ambientales y sociales del sujeto, suscita la misma cuestión. Sea por sugestión, toma de conciencia de los estados inconscientes, imaginación, etc., es preciso reconocer que su acción final es modificando las redes neuronales.

Hay en todo esto, errores comunes. El error de los mentalistas es creer que son cosas independientes, que lo mental no está contaminado por lo molecular. El error de los reduccionistas es no ver la acción de lo mental sobre lo cerebral. Lo mental, como subjetivación de lo ambiental (social y cultural) abre el cerebro al mundo.

¿Cómo actúa lo externo? Eric Kandel, de la Universidad de Columbia, ha lanzado una hipótesis revolucionaria: alterando la expresión génica. Parece claro que en la base de numerosos trastornos mentales como la esquizofrenia o la depresión endógena subyacen alteraciones del grupo de los genes estructurales. Los trastornos neuróticos escapan a estos defectos pero no a modificaciones de los genes reguladores. Las neurosis se adquieren por aprendizaje, son conductas aprendidas que provocan alteraciones de la expresión génica activando un gen inactivo regulador. La puesta en marcha de un gen regulador inactivo crearía sutiles modifica-

ciones sinápticas de determinadas redes neuronales. Desde este enfoque la psicoterapia podría entenderse como una alteración de la conducta por cambios en la expresión de genes reguladores.

EPÍLOGO: EL CEREBRO ABIERTO

La mente no se puede concebir separada de procesos y transformaciones físicos, pero, además, la mente –generada por el cerebro– mantiene a éste. Mente y cerebro, función y órgano, son dos realidades. Existen como fenómeno. Ambas realidades son indisociables e interactúan entre sí. Ahora bien, ninguna de ellas puede aislarse de otra realidad, la cultura. En la unicidad cerebro-mente hay que introducir la cultura.

cerebro mente
 cultura

Se emplea aquí el concepto cultura en un sentido general y universal, independiente de saberes y pautas sociales determinadas. Una especie de almacén de información y de patrones de conducta transmitidos al sujeto por el aprendizaje. Patrones de conducta que, posiblemente, –como enseñó Levy-Strauss– son más uniformes de lo que parecen. Bajo la apariencia o superficialidad de las diversas culturas y comportamientos puede que subyazca, al modo de lo que propuso Chomsky para el lenguaje, unos códigos profundos que sostienen la uniformidad psicológica de la especie.

El hombre tiene una información que le ha sido transmitida por sus genes y le condicionan sus pautas de acción y sus posibilidades de comprensión de la realidad externa, y otra, que le es transmitida por enculturación mediante un sistema de símbolos (lo socialmente aprendido). Esta última información es la cultura.

La cultura es creada por los cerebros de los hombres como un producto mental, y, a su vez, actúa sobre el hombre concreto. Esa acción es indispensable para el desarrollo del cerebro y la emergencia progresiva de la mente (filogenética y ontogenéticamente), pues las aptitudes cognitivas humanas sólo se pueden desarrollar en el seno de una cultura.

Junto a los códigos y leyes genéticas, la cultura aparece como un conjunto de códigos simbólicos y lingüísticos (en el caso humano) que interactúan con la materia mediante los mecanismos de aprendizaje. Entre la cultura y la materia no hay una dicotomía inseparable. La cultura es me-

dio (físico y social), es territorio. Es el nido que el hombre hace de la naturaleza para poder habitarla.

La ciencia actual ha abierto el cerebro, es decir, está diseccionando sus moléculas y las redes neuronales que conforman, y tratando de explicar cómo funciona. Hemos comprendido a lo largo de un siglo apasionante que las moléculas cerebrales son las responsables de haber creado una estructura que piensa, conoce, ama, odia y sueña, y que todo eso es posible porque las redes neuronales diseñadas por los genes están “abiertas” a la experiencia, son modelables –bajo riguroso control genético– por el medio, por la cultura.

El aprendizaje –al tener su base en cambios de las sinapsis neuronales reguladas y soportadas por los genes– comporta mecanismos moleculares comunes a los del desarrollo embrionario. En términos moleculares es una diferenciación controlada y limitada de las neuronas bajo una acción epigenética que se prolonga en el medio exterior.

Así, la psicología cognitiva se conecta con la biología molecular y se abre la posibilidad de una teoría unitaria del hombre, en la que los procesos mentales se sitúan –como un “continuum”– en la evolución de la vida.

Decir, en consecuencia, que el hombre habita completamente el universo de lo biológico no está reñido con nuestra individualidad. Yves Chisten ha escrito al respecto: “¿qué es ser libre sino la posibilidad de ser lo que se es? Insistir en el decisivo papel de los factores genéticos no equivale, por tanto, a disminuir, sino más bien a incrementar la parte de nobleza que hay en los hombres. A la inversa, si estuviéramos modelados por un ambiente unas veces favorable, otras desfavorable, ¿qué sería de nosotros? Nos encontraríamos reducidos al tamaño de un pequeño hombreco de plástico construido por una fábrica de juguetes”. Nuestra individualidad se salva porque nuestro cerebro no sólo tiene una dotación genética singular, sino porque es capaz de experimentar modificaciones estructurales y funcionales a lo largo de toda la vida. Las redes neuronales no están predeterminadas, los gemelos idénticos no tienen las mismas conexiones. La acción del medio físico y social, gracias a la plasticidad, genéticamente regulada, modifica la anatomía cerebral. Así, con la vida, cada hombre talla su propio cerebro y crea su propio paisaje neuronal. Como en todo paisaje, siempre hay elementos fijos, la plaza del pueblo, la vieja iglesia... pero los árboles que allí crecen nunca son idénticos, varían sus ramas y sus hojas, cambian con la luz, el viento y la estación. Del mismo modo sucede con nuestro cerebro. Siempre veremos gracias a las neu-

ronas de la corteza visual conectadas de forma determinada y precisa con el ojo, pero lo que la vida nos permite ver en ese fascinante mundo de imágenes visuales que conforman un prodigio de la memoria, se debe a sutiles y cambiantes alteraciones de la conectividad de las redes neuronales visuales.

La individualidad tiene una base biológica y está condicionada por la cultura y por la sociedad. En el mundo social y cultural el hombre desarrolla su vida, y, estos factores, modulan las funciones cognitivas, emocionales y motivacionales de la mente de los individuos. En esa experiencia de interacción –siempre única– surge la persona, como aprehensión de lo externo. Porque como afirma George Mead: “la persona no es una sustancia, es un proceso que se construye progresivamente por la interiorización en el sujeto de la cultura generada en el proceso social”.

Así, el hombre no es sólo una máquina genética, como tampoco es únicamente un ser social y consciente ajeno al mundo natural. Participa de las dos visiones: es materia y es espíritu, pero espíritu enraizado en la materia.

El cerebro humano es el gran éxito de los genes, su triunfo evolutivo, pues al abrirle tan profundamente a la acción exterior, la conciencia del hombre conoce el mundo y la “esencia” de la naturaleza que lo ha engendrado.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía general

- BUNGE, M. (1985). El problema mente-cerebro. Un enfoque psicobiológico. Ed. Tecnos. Madrid.
- CHANGEUX, J. P. (1985). El hombre neuronal. Ed. Espasa-Calpe. Madrid.
- CHRISTEN, Y. (1985). Biologie de l'idéologie. Ed. J. Pauvert. París.
- CHRISTEN, Y. (1989). El hombre biocultural. Ed. Cátedra. Madrid.
- ECCLES, J. (1975). El cerebro: morfología y dinámica. Ed. Interamericana. Mexico.
- DAWKINS, R. (1988). El gen egoísta. Biblioteca Científica Salvat. Barcelona.

- FODOR, J. (1981). Le corps et l'esprit. Pour la Science. 43: 78-88.
- GAZZANIGA, M. S. (1989). Organization of the Human Brain. Science. 245: 947-952.
- GAZZANIGA, M. S. (1992). Nature's Mind: The Biological Roots of Thinking, Emotions, Sexuality, Language and Intelligence. Basic Books. N. Y.
- GILBERT, C. F. (1997). Developmental Biology. Sinauer Associates inc. Sunderland.
- GODMAN, C. S. y SHATZ, C. J. (1993). Developmental Mechanisms that Generate Precise Patterns of Neural Connectivity (Review). Cell/Neuron. 72: 77-98
- JACOBSON, M. (1991). Developmental Neurobiology. Plenum Press. N.Y.
- KANDEL, E. R. (1989). Genes, nerve cells and the remembrance of things past. J. Neuropsychiatry. 1: 103-125
- KANDEL, E. R., JESSELL, T. M., SCHWARTZ, J. H. (1997). Neurociencia y conducta. Ed. Prensiss Hall. N.Y.
- KATZ, L. C. y SHATZ, C. J. (1997). Synaptic Activity and the Contribution of Cortical Circuits. Science. 274: 1132-1138.
- LEVY-STRAUSS, C. (1988). Tristes Trópicos. Ed. Paidós. Barcelona.
- LUMSDEN, C. J. y Wilson, E.O. (1981). Genes, Mind, Culture. The Coevolutionary Process. cambridge Mass. Harvard University Press.
- MEAD, G. H. (1982). Espíritu, Persona y Sociedad. Ed. Paidós. Barcelona.
- MONOD, J. (1973). El azar y la necesidad. Ed. Barral. Barcelona
- MORIN, E. (1988). El Método. III El conocimiento del conocimiento. Ed. Cátedra. Madrid.
- PIAGET, J. (1973). Biologie et Connaissance. Ed. Gallimard. col. Idées. París.
- PURVES, D. (1994). Neural Activity and the Growth of the Brain. Cambridge University Press. N. Y.
- SEARLE, J. R. (1985). Mentes, cerebros y ciencia. Ed. Cátedra. madrid.
- SEARLE, J. R. (1992). Rediscovery of the Mind. Bradford Books. MIT Press.
- SPINELLI, D. N. y JENSEN, F. E. (1978). Plasticity: The Mirror of Experience. Science 203: 75-78
- WHITE, L. A. (1982). La ciencia de la cultura. Ed. Paidós. Barcelona.

Bibliografía específica

- (1) GURDON, J. B. (1968). Transplanted Nuceli and Cell Differentiation. Sci. Amer. 219: 24-35.
- (2) MOUNTCASTLE, V. B. (1997). The columnar organization of the neocortex. Brain. 120: 701-722

- (3) TANABE, Y. y JESSELL, T. M. (1996). Diversity and Pattern in the Developing Spinal Cord. *Science*. 274: 1115-1122.
- (4) RAKIC, P. (1990). Principles of neural migration. *Experientia* 46: 882-891.
- (5) LUMSDEN, A. y KRUNLLAUF, R. (1996). Patterning the Vertebrate Neuraxis. *Science* 274: 1109-1115.
- (6) RAKIC, P. (1988). Specification of cerebral cortical areas (Review). *Science* 241: 170-176.
- (7) KENNEDY, H. y DEHAY, C. (1993). El desarrollo de la corteza cerebral. *Mundo Científico*. 134: 316-325.
- (8) COHEN-TANNOUDJI, M., BABINET, C. y WASSEF, M. (1994). Early determination of a mouse somatosensory cortex marker. *Nature* 368: 460-463.
- (9) METIN, C., DELEGLISE, D., SUAFINI, T., KENNEDY, T. y TESSIER-LAVIGNE, M. (1997). A role for netrin-1 in the guidance of cortical efferentes. *Development*. 124: 5063-5074.
- (10) GHOSH, A., ANTALNINI, A., MCCONNEL, S. K. y SHATZ, C. J. (1990). Requirement for subplate neurons in the formation of thalamocortical connections. *Nature*. 347: 179-181.
- (11) GODMAN, C. S. y BASTIANI, M. J. (1984). How embryonic nerve cells recognize one another. *Sci. Amer.* 251: 58-66.
- (12) DEHAY, C., HORSBURGH, S. BERLAND, M., KILLACKEY, H. y KENNEDY, H. (1989). Maturation and connectivity of the normal cortex in monkey is altered by prenatal removal of retinal input. *Nature*. 337: 265-267.
- (13) D'ARCANGELO, G., MIAO, G. G., CHEN, S. C., SOARES, H. D., MORGAN, J. I. y CURRAN, T. (1997). A protein related to extracellular matrix proteins deleted in the mouse mutant *reeler*. *Nature*. 719-723.
- (14) HUBEL, D. H. y WIESEL, T. N. (1977). Functional architecture of macaque monkey visual cortex. *Proc. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* 198: 1-59.
- (15) CONSTANTINE-PATON, M. (1981). Induced ocular-dominance zones in tectal cortex. In *The Organization of the Cerebral Cortex*. Cambridge, Mass MIT Press. pp. 47-67.
- (16) JENKINS, W. M., MERZENICH, M. M., OCHS, M. T., ALLARD, T. y GUIC-ROBLES, E. (1990). Functional reorganization of primary somatosensory cortex in adult owl monkeys after behaviorally controlled tactile stimulation. *J. Neurophysiol.* 63: 82-104.
- (17) MOGILMER, A., GROSSMAN, J. A. I., RIBARY, V., JOLIOT, M., VOLKMANN, J., RAPAPORT, D., BEASLEY, R. W. y LLINAS, R. R. (1993). Somatosensory cortical plasticity in adult humans revealed by magnetoencephalography. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 90: 3593-3597.

- (18) GRANT, S. G. N., O'DELL, T. J., KARL, K. A., STEIN, P. L., SORIANO, P. y KANDEL, E. K. (1992). Impaired Long-Term Potentiation, Spatial Learning and Hippocampal Development in *fyn* Mutant Mice. *Science*. 258: 1093-1910.
- (19) FISCHBACH, G. D. (1992). Mente y cerebro. *Investigación y Ciencia*. 194: 6-15.
- (20) FEDIDA, P. (1995). Le chimique et le psychique. Un défi pour la psychanalyse. *La Recherche*. 280: 95-102.

*BASES NEUROQUÍMICAS DE LA MENTE **

Jesús Flórez

ELEMENTOS Y PRINCIPIOS DE LA COMUNICACIÓN INTERNEURONAL

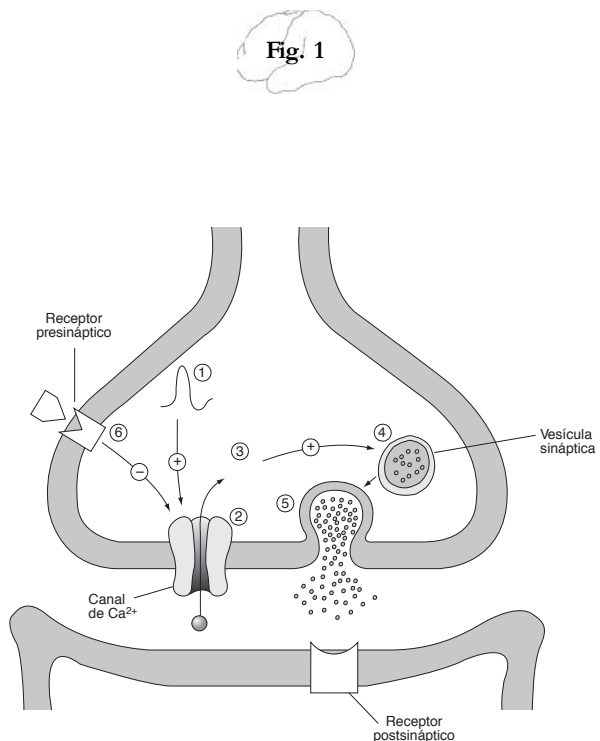
La característica esencial del sistema nervioso central (SNC) es su capacidad ilimitada para la comunicación interneuronal; pero esta comunicación de nada serviría si no dispusiera de la capacidad de integración en patrones convenientemente codificados que permiten la manifestación de las diversas formas de conducta: movimientos, lenguaje, sensaciones, aprendizaje, ideación, emociones. Por lo tanto, comunicación, recepción, integración y expresión de la información son las bases nucleares de la función del sistema nervioso.

La comunicación interneuronal en el SNC de la especie humana se ejecuta mayoritariamente mediante la transmisión química; se basa, por lo tanto, en la interacción de dos moléculas: la *transmisora* y la *receptora*, lo que permite un amplio campo para la manipulación de carácter farmacológico. Pero esta comunicación exige, además, que la propagación del impulso nervioso fluya de una parte a otra de la neurona con extraordinaria rapidez y precisión, hasta alcanzar la terminación axónica en donde ha de provocar la liberación de la molécula transmisora. Es decir, es preciso que se generen cambios de potencial de membrana en forma de despolarizaciones propagadas, generadoras de los potenciales de acción

que obedecen a los cambios iónicos inducidos a través de los canales iónicos que se abren como consecuencia de los cambios de potencial. Los canales de Na^+ , K^+ y Ca^{2+} desempeñan un papel crucial en la génesis de tales potenciales. Pero, además, los canales de Ca^{2+} situados en la terminación axónica de la neurona van a regular de manera precisa y rigurosa la liberación de sus moléculas mediadoras (Fig. 1). Su apertura inducida por la despolarización local de la membrana, es condición indispensable para que el Ca^{2+} , una vez introducido en la terminación, pueda activar los complejos mecanismos que provocan la movilización y el vertido del mediador hacia el espacio sináptico. Por este motivo la acción moduladora de diversos mediadores endógenos sobre los canales de Ca^{2+} de la terminación presináptica se convierte en un factor de extraordinaria importancia dentro del engranaje regulador de la comunicación interneuronal (13).

Cada vez son más difíciles los intentos por definir y delimitar lo que se entiende por un neurotransmisor propiamente dicho, un neuromodulador o un neurorregulador, y cada autor propone su propio modelo, de ahí que con frecuencia se adopte el término de molécula mediadora. Más que

Liberación de mediadores en la terminación axónica. La onda de despolarización de membrana (1) abre canales de Ca^{2+} (2) que permiten la entrada masiva de este ión (3). El Ca^{2+} provoca la modificación de diversas proteínas que facilitan la movilización de vesículas sinápticas (4), su fusión con la membrana presináptica y la expulsión de su contenido (5). Varios mecanismos regulan este proceso de liberación; entre ellos destacan las señales generadas por la activación de receptores presinápticos (6), capaces de inducir el cierre del canal de Ca^{2+} y, consiguientemente, la inhibición de la liberación de mediadores.



marcar diferencias, que en ocasiones son arbitrarias, es más lógico considerar sus coincidencias mínimas. Una molécula transmisora debe estar presente en la terminación sináptica y, por lo tanto, ser sintetizada por la neurona a la que dicha terminación pertenece, debe ser liberada al espacio sináptico como resultado de la actividad específica de la neurona, y debe ser capaz de influir selectivamente sobre la neurona postsináptica a través de receptores específicos. Es en la naturaleza de esta influencia donde más surgen los problemas de clasificación, ya que si en el pasado se pensaba que el neurotransmisor provocaba cambios fásicos en el potencial de membrana –de carácter excitador o inhibitor–, las posibilidades de acción, tal y como actualmente se aprecian, son mucho más amplias como más adelante se verá.

En efecto, el transmisor puede interactuar con receptores de membrana asociados directa o indirectamente con la *apertura o cierre* de canales iónicos, provocando fenómenos de despolarización o hiperpolarización según la naturaleza de dichos canales. En ocasiones, sin embargo, el transmisor no modifica el potencial de membrana o la conductancia iónica sino que *condiciona* a la neurona postsináptica de forma que queda sensibilizada o desensibilizada a la acción de otros transmisores excitadores o inhibidores. Esto significa que dicho transmisor no altera directamente el comportamiento de canales iónicos, sino que modifica de forma más profunda y menos inmediatamente objetivable el estado metabólico de la neurona. Esta modificación puede ser enormemente variable, aunque requiere un sitio inicial de ataque –el receptor– y un sistema operativo que traduzca la señal recibida –la cadena de mensajeros–.

Es preciso, además, indicar otras acciones que la señal del transmisor puede iniciar en la neurona postsináptica, de especial relevancia para la función neuronal. En primer lugar, puede modificar los procesos de síntesis de enzimas implicadas en la formación de otras moléculas mediadoras: aminas, aminoácidos, péptidos, nucleósidos y nucleótidos, óxido nítrico, etc. Ya con ello la neurona presináptica influye de manera decisiva sobre el propio material transmisor de la neurona postsináptica, y esta influencia es no sólo de tipo cuantitativo (más o menos síntesis) sino que, como se apreciará al estudiar los neuropéptidos, puede ser de tipo cualitativo porque puede cambiar el tipo de neuropéptido formado dentro de una misma familia, o la velocidad con que llega a estar presente en una determinada sinapsis. En segundo lugar, la señal de la neurona presináptica puede influir sobre los procesos de liberación de transmisor de la neurona postsináptica, siempre y cuando sea capaz de generar procesos que

modifiquen la influencia del Ca^{2+} en el mecanismo de liberación. En tercer lugar, puede provocar respuestas a largo plazo dependientes de procesos inducidos en la transcripción génica, que más adelante se analizarán.

ELEMENTOS Y PRINCIPIOS DE INTEGRACIÓN DE LA INFORMACIÓN

La estructura del SNC se distingue por su capacidad para organizarse de forma integrada. El primer sistema de integración de la información es la neurona; en efecto, es una célula particularmente capacitada para recibir de forma simultánea un número incontable de señales externas, traducirlas e incorporarlas en su propia biología, integrarlas en el espacio y en el tiempo para, finalmente, emitir su propia interpretación con su peculiar lenguaje: el que le proporciona su maquinaria neurotransmisora. Estas señales externas provienen de los múltiples botones sinápticos que una neurona recibe en su soma y dendritas, así como de las variadísimas moléculas mediadoras que se encuentran en el microambiente perineuronal.

En el apartado anterior se ha indicado el tipo de señales que se originan y cómo son convertidas en cambios iónicos y metabólicos, hasta confluir en la liberación del transmisor; pero la neurona además tiene la capacidad de recibir información y transformarla en modificaciones que afectan de manera más permanente: regulación de la síntesis de transmisores, regulación de la síntesis de receptores y canales, así como de su ubicación y reciclaje, regulación de la expresión del peculiar repertorio genético. Cuando la neurona recibe toda la información que confluye por diversos caminos, la incorpora, la procesa y la integra, está ya en condiciones de expresarla y propagarla de múltiples maneras: utilizando unos u otros terminales sinápticos, ya que no tiene por qué usar obligadamente todos sus terminales y emitir por todos ellos de forma simultánea; variando la cantidad y la cualidad de cotransmisores emitidos en un momento determinado; variando la velocidad y la secuencia de su liberación, y modificando las variantes de transmisión dentro de una misma familia de neurotransmisores (referido especialmente a neuropéptidos).

EL APARATO RECEPTOR

Es preciso considerar el papel que desempeñan los receptores en el proceso de información. Todas las posibilidades de expresión de la informa-

Bases neuroquímicas de la mente

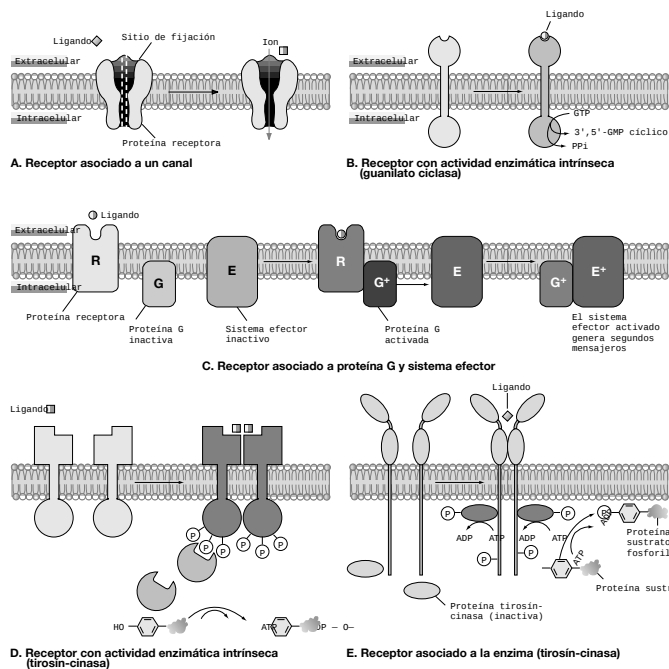


Fig. 2

Principales modelos de receptores situados en la membrana celular que reciben la influencia de los neuromedadores, y sus correspondientes mecanismos efectores. (Tomada de 3).

ción de una neurona quedarían truncadas si no encontrasen, en las neuronas postsinápticas sobre las que han de influir, las moléculas receptoras adecuadas.

Los receptores que reciben las señales de los ligandos endógenos están localizados: *a)* intracelularmente, y reciben señales de pequeñas moléculas lipófilas (esteroides, tiroxina, vitamina A y sus derivados, etc.); *b)* en la superficie celular o membrana, y reciben señales tanto de moléculas hidrófilas como lipófilas (aminas, péptidos, aminoácidos, eicosanoides, etc.). A su vez, los receptores de membrana se clasifican en varias categorías (Fig. 2):

a) Receptores asociados a canales iónicos: la fijación del ligando altera la conformación del receptor-canal y modifica el flujo de iones que circulan por él; son utilizados por aminas y aminoácidos.

b) Receptores asociados a proteínas G: la fijación del ligando activa una proteína G la cual, a su vez, activa o inhibe un sistema enzimático que

regula la síntesis de segundos mensajeros, o actúa sobre un canal iónico. Son utilizados por aminas, aminoácidos, péptidos y eicosanoides.

c) Receptores que poseen actividad enzimática intrínseca: guanilato ciclasa, tirosín-cinasa, tirosín-fosfatasa, serín/treonín-cinasas; son utilizados por péptidos y factores de crecimiento.

d) Receptores que carecen de actividad intrínseca catalítica pero están asociados a tirosín-cinasas, de forma que cuando el receptor es activado interactúa con ellas y resulta fosforilado; son utilizados por citocinas, interferones y factores de crecimiento.

SISTEMAS DE NEUROTRANSMISIÓN POR MONOAMINAS Y AMINOÁCIDOS

En razón de lo expuesto, resulta indispensable identificar y conocer los principales sistemas neuroquímicos del SNC. En la tabla 1 se resumen aquellos que utilizan como moléculas transmisoras a las *monoaminas* y a los *aminoácidos*.

Existe un lógico deseo de correlacionar una vía neuroquímica concreta con una función fisiológica nerviosa determinada y específica. Algunos métodos y resultados pueden favorecer determinadas hipótesis y propuestas pero, en su conjunto, las conclusiones que se obtienen suelen ser vagas o estar insuficientemente contrastadas. Existen casos en los que la concreción y selectividad de una determinada vía neuroquímica permiten establecer una buena correlación entre química y función; el más característico es la participación dopaminérgica en el control del movimiento, con evidente repercusión en la patología y en la terapéutica. Pero esto es excepcional. Ningún sistema neurotransmisor actúa de forma aislada sino en interacción con otros muchos sistemas neuroquímicos.

Bien es verdad que existen sistemas, especialmente de carácter monoamínico, que tienen una disposición estructural que les permite influir sobre amplias áreas corticales y dispersos núcleos cerebrales, llegando a ser considerados sistemas de modulación difusa. No es de extrañar, por lo tanto, que repetidas veces sean implicados en funciones que exigen la participación conjunta de varios sistemas cerebrales. En estados funcionales como la atención, la vigilia, la memoria o el estado de fondo que mantiene un determinado tono afectivo, es posible que dichos *sistemas de modulación difusa* contribuyen a mantener una actividad de base estable que sir-

va de fundamento para que ese estado funcional se pueda desarrollar; pero sobre esta actividad basal, los múltiples sistemas neuroquímicos de localización más restringida modularán y modificarán la actividad de base, originando así la rica tonalidad con que se expresan las múltiples funciones del cerebro. El lector encontrará la descripción de estos sistemas en otro lugar (v. referencia 4).

TABLA 1

Sistema	Vías principales	Receptores y transducción
Colinérgico	Telencéfalo cortical Septo-hipocámpica Intraestriales, intracorticales e intrahipocámpicas Pontomesencéfalo- tegmental	Nicotínicos: canal de Na ⁺ Muscarínicos (M1 a M5): proteínas G
Noradrenérgico	Dorsal (locus coeruleus) Ventral	α-adrenoceptores: proteínas G β-adrenoceptores: proteínas G
Dopaminérgico	Nigro-estriada Mesolímbica Mesocortical Vías cortas y ultracortas	D ₁ a D ₅ : proteínas G
Serotonérgico	Ascendente ventral y dorsal Descendente propiobulbar y bulboespinal Bulbocerebelosa	5-HT ₁ a 5-HT ₇ : proteínas G y canales
GABA	Localización generalizada	GABA _A : canal de Cl ⁻ GABA _B : proteína G
Glicina	Preferentemente espinal	GlyR: canal de Cl ⁻
Glutamato	Vías descendentes largas Vías sensoriales aferentes Vías de proyección septo- hipocámpica, intraestriatal, intrahipocámpica Vías intraespinales.	Ionotropos (AMPA, kainato, NMDA): canales de Na ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺ Metabotropo: proteína G

**Principales sistemas de neurotransmisión por
monoaminas y aminoácidos**
SISTEMAS DE NEUROTRANSMISIÓN POR PÉPTIDOS

En cuanto a la transmisión por *neuropéptidos* es preciso señalar ciertas características que, al tiempo que muestran su singularidad, ayudan a comprender la versatilidad de la transmisión nerviosa. En la tabla 2 se indican los principales neuropéptidos agrupados en sus respectivas familias. A diferencia de las monoaminas y aminoácidos, que se sintetizan en las variaciones y terminaciones axónicas gracias a la existencia en ellas de las enzimas sintetizantes, la síntesis de los neuropéptidos tiene lugar en el retículo endoplásmico rugoso del cuerpo neuronal, donde se forma un gran precursor, la *pre-proproteína*, que es el producto inicial del gen específico del neuropéptido. La secuencia de aminoácidos “pre” o “señal” es separada de la proteína incluso antes de que se termine de sintetizar toda la molécula, formándose así la *proproteína*. Ésta es posteriormente vehiculada hacia el aparato de Golgi, donde se va acumulando en gránulos secreto-

TABLA 2
Principales neuropéptidos aislados en el SNC

Péptidos hipotálamo-hipofisarios	Péptidos gastrointestinales
α-MSH	Sustancia P
ACTH	Neurocinina A (NKA)
Vasopresina	Neurocinina B (NKB)
Oxitocina	Polipéptido intestinal
TRH	vasoactivo (VIP)
Somatostatina	Colecistocinina
Corticoliberina (CRH/CRF)	Gastrina
Somatocrinina (GHRH)	Neurotensina
Hormona liberadora de	Neuropéptido Y
gonadotropinas (GnRH)	Bombesina
	Galanina
Péptidos opioides	Otros péptidos
Enkefalinas	Angiotensina II
β-endorfina	Renina
Dinorfinas	Bradicinina
Endomorfinas	Péptido relacionado con el
	gen de la calcitonina (CGRP)
	Atriopeptina

res, los cuales han de recorrer después un largo camino hasta llegar a las terminaciones axónicas; a lo largo de este proceso de transporte y almacenamiento granular, la proteína sigue sufriendo modificaciones estructurales en forma de glucosilación, fosforilación, formación de puentes S-S, mediante enzimas específicas y sucesivos procesos de proteólisis que darán origen a los neuropéptidos definitivos.

Existen propéptidos cuyo procesamiento origina varios neuropéptidos activos. Esto significa que, en función de la presencia y la actividad de las enzimas procesadoras, una neurona puede dirigir la formación de neuropéptidos en una u otra dirección, o modificar la cantidad formada de un determinado neuropéptido. Ejemplo característico, pero en modo alguno único, es el de la proopiomelanocortina: en las células de la hipófisis anterior predomina la formación de ACTH, mientras que en las de las células de la hipófisis intermedia predomina la de MSH, y en las neuronas del núcleo arqueado la de β -endorfina. Por otra parte, dependiendo de que la secuencia o núcleo fundamental de un neuropéptido vaya acompañado de una cadena más o menos larga de aminoácidos, su capacidad de unirse a su receptor (afinidad) y de activarlo (eficacia intrínseca) variará sustancialmente. Esto significa que la neurona que comunica mediante neuropéptidos dispone de una particular versatilidad en función de cómo actúe la dotación de sus enzimas responsables del procesamiento del propéptido. Esta dotación está genéticamente controlada, por supuesto, pero su expresión en una situación determinada puede depender de las señales que reciba; es decir, está sometida a sistemas de regulación dependientes de señales aferentes, lo que significa que, según cuál sea la señal, puede cambiar el tipo de información codificada en el neuropéptido particular que se libere. Por último, si la neurona tiene capacidad para liberar varios neuropéptidos, cabe pensar que puede emitirlos a todos por todas las terminaciones axónicas, o bien que sean emitidos selectivamente por distintas terminaciones.

Por todos estos motivos, parece que, en principio, una neurona peptídica dispone de mecanismos de comunicación mucho más versátiles que la monoamínica o aminoacídica, que sólo puede modular cuantitativamente la liberación de mediador.

Con frecuencia los neuropéptidos se encuentran localizados en neuronas poseedoras de otros transmisores dando origen al fenómeno de la cotransmisión. La cotransmisión, que se encuentra muy extendida por todo el sistema nervioso, tanto central como periférico, amplía las posibili-

dades que una neurona tiene de transferir su información a nivel sináptico. Pero, al mismo tiempo, la hace más compleja en función de: *a)* cuál o cuáles cotransmisores son liberados en un momento dado, *b)* en qué cantidad lo hace cada uno, *c)* qué funciones complementarias o contrapuestas desempeña cada uno de ellos al interactuar con su respectivo receptor.

La liberación de un neuropéptido es un proceso Ca^{2+} -dependiente, pero la molécula no es recaptada sino que sufre procesos de dispersión o difusión local, así como metabolización y degradación por peptidasas específicas o inespecíficas. El péptido actúa sobre receptores específicos a concentraciones muy pequeñas; sus acciones, sin embargo, pueden ser de larga duración, consistiendo a veces en cambios iónicos con traducción bioeléctrica o en modificaciones bioquímicas derivadas de la interacción y producción de cadenas de mensajeros.

Este tipo de síntesis y de liberación de un neuropéptido indica que, a diferencia de los transmisores convencionales, no es reciclado y, por lo tanto, la sinapsis tarda en ser rellenada una vez vaciada de péptido (si el estímulo liberador ha sido intenso). Puesto que las neuronas peptidérgicas se apoyan únicamente en la síntesis del propéptido y en su transporte axonal para replecionar las sinapsis, es lógico que su velocidad de repleción varíe de una sinapsis a otra e incluso guarde relación con la distancia a la que se encuentre de los órganos de síntesis y procesamiento. Más aún, si incluso en condiciones basales, determinados impulsos aferentes que la neurona peptídica recibe son decisivos para la movilización del genoma y la síntesis de ARNm y el propéptido, la velocidad de síntesis será función de la intensidad y número de estímulos –neurológicos u hormonales– que recibe, y la concentración final del péptido en cada sinapsis será variable en función de la velocidad con que recibe nuevo péptido y la intensidad con que lo libera. Ahora bien, como la síntesis del péptido depende de un gran número de estímulos que influyen sobre ella, su concentración será muy variable a lo largo del tiempo y a lo largo del axón, y, si existe cotransmisión, la relación de concentraciones entre un transmisor y otro será igualmente variable en el tiempo y en el espacio, lo que de nuevo introduce un factor de plasticidad en la expresión del mensaje.

OTROS SISTEMAS DE NEUROTRANSMISIÓN

Otras moléculas de muy diversa naturaleza ejercen función mediadora sobre la actividad neuronal. Algunas son sintetizadas en y liberadas por las

neuronas, como es el caso de los derivados adenosínicos *adenosina* y su derivado fosforilado el *ATP*. La adenosina suele ejercer funciones de carácter inhibitor tras activar receptores, los receptores adenosínicos A_1 , que están acoplado a proteínas G. Los A_1 , además de inhibir la adenililciclase, activan canales de K^+ e inhiben canales de calcio tipo N, lo que ocasiona reducción de liberación de neurotransmisores. El ATP activa receptores purinérgicos P_2 ; los P_{2X} están asociados a canales iónicos de forma que su activación provoca una entrada rápida de Ca^{2+} ; los receptores P_{2Y} , en cambio, están acoplados a proteínas G y pueden generar gran número de respuestas por la activación de la proteínlipasa C, movilización de Ca^{2+} endógeno, etc. En el sistema nervioso central, el ATP suele provocar fenómenos de excitación neuronal en diversos núcleos y en la corteza cerebral, pero su acción puede ser bifásica porque la excitación inicial puede ir seguida de depresión tras la conversión de ATP en adenosina.

El *óxido nítrico (NO)* abunda en el sistema nervioso central. De hecho, el cerebro contiene la mayor actividad de NO sintasa, su enzima sintetizante, de todo el organismo. El NO es de naturaleza gaseosa, se comporta como radical libre con una semivida de 3 a 5 segundos, y es rápidamente neutralizado por la hemoglobina, el azul de metileno o los aniones superóxido. La NO sintasa neuronal es estimulada por el aumento de concentración intraneuronal de Ca^{2+} que sigue a una activación postsináptica de receptores glutamato NMDA, o a la generación presináptica de potenciales de acción que provocan la activación de canales de Ca^{2+} operados por voltaje. El NO producido difunde al exterior de la neurona y puede actuar retrógradamente sobre la neurona presináptica en donde interactúa con dianas moleculares específicas. La mejor caracterizada es el ión hierro en forma de hemo de la guanilato ciclasa soluble que, al ser activada, produce el GMP cíclico.

El NO cerebral participa en numerosos procesos fisiológicos y fisiopatológicos (6). Se postula que desempeña un papel importante en procesos de plasticidad sináptica, en la génesis de la potenciación a largo plazo (LTP) y los consiguientes fenómenos de memoria (véase más adelante), en el establecimiento y refinamiento de proyecciones axonales durante las etapas tardías del desarrollo, en la autorregulación de la actividad neuronal o de la producción de otros mediadores. Pero la producción de grandes cantidades de NO tras una estimulación excesiva de receptores NMDA cerebrales puede, en cambio, inducir fenómenos neurotóxicos. Por su condición de radical libre, el NO interacciona con diversas macromoléculas, o con el anión superóxido O_2^- , formando radicales peroxinitrito $ONOO^-$ que poseen actividad citotóxica.

El *sistema cannabinoide* endógeno ha ido cobrando creciente interés como consecuencia de los siguientes hechos: *a)* el descubrimiento de los receptores cannabinoides CB1 y CB2 que están asociados a proteínas Gi/o e inhiben la adenililciclasa, así como a canales de Ca^{2+} tipo N a los que cierran (9); *b)* el estudio de la amplia distribución de receptores CB1 por diversos núcleos y áreas cerebrales; y *c)* la identificación de cannabinoides endógenos en el cerebro, derivados de ácidos grasos: la anandamida que deriva del ácido araquidónico (araquidoniletanolamida, anandamida 20:4, n-6), la homo-g-linoleniletanolamida (anandamida 20:3, n-6), la docosate-tra-7,10,13,16-eniletanolamida, anandamida 22:4, n-6), y otros ligandos endógenos. Queda todavía por resolver el modo de formación y liberación de estos ligandos en modelos fisiológicos y su participación en funciones concretas del sistema nervioso central. Se conocen, eso sí, las acciones centrales que producen tras su administración exógena, que coinciden lógicamente con los efectos clásicamente adscritos a la administración de cannabinoides exógenos, tanto naturales como sintéticos: hipotermia, antinocicepción, catalepsia, inhibición de actividad motora, etc.

Es posible que, dada su estructura, se trate de un conjunto de mediadores derivados de ácidos grasos que se sintetizan localmente en respuesta a un determinado estímulo (como ocurre con los eicosanoides, por ejemplo), y sean liberados y metabolizados con gran rapidez. Puesto que muchos de sus receptores se encuentran localizados presinápticamente, pueden ejercer acciones moduladoras de la liberación de otros mediadores.

El cerebro contiene abundantes receptores esteroideos que reciben la influencia de las diversas *moléculas esteroideas*, de origen preferentemente hormonal. Los efectos derivados de su activación a nivel nuclear se caracterizan por manifestarse a largo plazo, como corresponde a la modificación de la actividad genómica. Sin embargo, se aprecian también, con creciente frecuencia y abundancia, efectos a corto plazo (segundos, minutos) sólo explicables por una acción no genómica que puede tener lugar a nivel de la membrana neuronal. En algunos casos, la acción nerviosa del esteroide está asociada a su acción sobre receptores de otros neurotransmisores, como es el caso de los esteroides del tipo pregnano (metabolitos de la progesterona) que ocupan un sitio del receptor GABA_A y modulan alostéricamente el canal de Cl^- para producir hiperpolarización.

La acción de los esteroides en el sistema nervioso central, por lo tanto, parece consistir en la combinación de efectos a corto y largo plazo, los primeros debidos a una acción sobre membrana y los segundos por una acción sobre el genoma. Esta doble acción dota a las moléculas esteroi-

deas, tan abundantes en el organismo por pertenecer a varios grupos hormonales y sus metabolitos, de una amplia posibilidad de modular intensa y duraderamente la actividad de variados núcleos cerebrales; no sólo aquellos relacionados con los mecanismos de autorregulación de la liberación de hormonas (p. ej., las gonadales, los glucocorticoides), sino también otros núcleos y áreas que intervienen en diversos procesos cerebrales, incluidos los que intervienen en los estados de atención, vigilia y memoria, el humor y la afectividad, etc.

FACTORES DE CRECIMIENTO Y DE DIFERENCIACIÓN NEURAL

Junto a los grandes sistemas de moléculas que establecen la comunicación interneuronal para transmitir sus mensajes, es preciso considerar también los sistemas de moléculas que promueven el crecimiento de las neuronas y de sus prolongaciones, dirigen con precisión la diana con la que estas prolongaciones tienen que conectar, promueven y mantienen la diferenciación de una neurona para que adopte su peculiar naturaleza y función (fenotipo), y mantienen la vida de la neurona y de sus prolongaciones. Son los factores neurotróficos. Es muy posible que algunos de los que estudiamos como neurotransmisores tengan en algún momento de la vida del individuo (pre o postnatal) una función trófica y diferenciadora; pero en los factores neurotróficos estas propiedades son constitutivas y preferentes.

Es evidente que la función de estos compuestos cumple un papel decisivo durante el desarrollo del sistema nervioso. Ellos contribuyen en buena medida a que se despliegue en el sistema nervioso la propiedad de la plasticidad. Pero su papel continúa durante toda la vida con el fin de que el engranaje neuronal se mantenga o, incluso, se puedan reparar algunas de las alteraciones que se producen durante su funcionamiento. Parece cada vez más claro que los factores neurotróficos pueden ejercer en el sistema nervioso otro tipo de efectos directos sobre las neuronas que no son estrictamente tróficos, sino modificadores de su función (8).

Los factores neurotróficos actúan de manera selectiva; es decir, activan un receptor específico y tienen un espectro concreto de neuronas sobre las que ejercen su actividad. Varios factores pueden activar una misma neurona, y una neurona puede ser activada por factores diferentes. Además, puede que la actividad de un factor sobre una neurona se manifieste sólo en un período concreto del desarrollo o de la vida de adulto, lo cual significa que las neuronas tienen capacidad para expresar los recep-

tores de ese factor en un período determinado de su existencia y no en otro. Es decir, una vez conseguida la diferenciación pueden no necesitar de un factor determinado que era el que dirigía su diferenciación, y en cambio pasan a depender de otro que asegure su mantenimiento. Una lesión o elemento tóxico puede desencadenar la expresión de receptores que permitan a la neurona responder a la acción reparadora o rescatadora de los correspondientes factores.

Teniendo en cuenta que los factores neurotróficos en general se caracterizan por ejercer acciones de duración mantenida y a largo plazo, habrá de considerarse la posibilidad de que puedan influir sobre fenómenos funcionales que también tienen un desarrollo lento porque dependen de modificaciones que se realizan a largo plazo ya que exigen modificaciones en la síntesis de proteínas. Por ejemplo, cambios cualitativos y cuantitativos en la síntesis de determinados neurotransmisores que coexisten en una misma neurona, fenómenos implicados en la adquisición de memoria y aprendizaje, etc. En la tabla 3 se expone la lista de los principales factores neurotróficos, agrupados en sus respectivas familias.

Neurotrofinas – NGF: factor de crecimiento de nervios – BDNF: factor neurotrófico obtenido del cerebro – NT-3, NT-4, NT-5: neurotrofinas 3, 4 y 5 Factores neuropoyéticos – CNTF: factor neurotrófico ciliar – CDF/LIF: factor de diferenciación colinérgica/factor inhibidor de leucemia – OSM: oncostatina M – GPA: actividad promotora del crecimiento – SGF: factor de la glándula salivar – IL-6, IL-11: interleucinas 6 y 11 Familia de los factores transformantes del crecimiento (TGF) – EGF: factor de crecimiento epidérmico – GDNF: factor neurotrófico derivado de una línea de células gliales	– TGF-α, TGF-β: factores α y β transformantes del crecimiento – Activina A – Neurturina Familia de los factores de crecimiento fibroblástico (FGF) – aFGF, bFGF: factores ácido y básico de crecimiento fibroblástico – FGF-S: factor de crecimiento fibroblástico Factores de crecimiento del tipo de la insulina – Insulina – IGF: factores de crecimiento del tipo de la insulina Factores de crecimiento derivados de plaquetas – PDGF: factor de crecimiento derivado de plaquetas
--	---

TABLA 3

Factores de crecimiento y diferenciación neural

Tanto las neurotrofinas propiamente dichas como otros factores de crecimiento y diferenciación activan receptores específicos de membrana, distinguiéndose receptores de alta y baja afinidad. Los de alta afinidad ($K_d=10^{-11}M$) pertenecen a la familia de receptores transmembrana con actividad tirosín-cinasa (Fig. 2) y están codificados por miembros de una familia de genes denominados *trk*. Hasta el momento se han descrito tres tipos de receptores de alta afinidad llamados *trk A*, *trk B* y *trk C*. El receptor de baja afinidad ($K_d=10^{-9}M$) es llamado *p75* y pertenece a una familia de proteínas localizadas en la superficie celular que incluye a otros dos receptores de factores de necrosis tumoral y diferentes antígenos celulares.

Los productos que componen el grupo de *neurotrofinas* actúan sobre poblaciones de neuronas que en parte se superponen, tanto en el SNC como en el SNP, ya que las células comparten receptores comunes a varios de los compuestos. Muchas de las neuronas cuya supervivencia es mantenida por las neurotrofinas son de carácter colinérgico: en el telencéfalo basal (núcleo de Meynert), en el asta anterior de la médula espinal (motoneuronas). De ahí los intentos por utilizar estos factores en la enfermedad de Alzheimer, o en lesiones degenerativas de las motoneuronas (esclerosis lateral amiotrófica). En otros casos activan o mantienen neuronas dopaminérgicas (BDNF, NT-4/5). Las *citocinas neuropoyéticas*, así llamadas porque actúan tanto sobre células nerviosas como sobre células hematopoyéticas, tienen una marcada función diferenciadora, aunque también pueden ejercer funciones neurotróficas. Hay marcada superposición en el espectro de células influenciadas por estos factores, debido a que comparten subunidades de receptores e incluso la unidad transductora asociada al receptor. Estos receptores se encuentran asociados a tirosín-cinasas. Su capacidad diferenciadora puede conseguir, por ejemplo, la transformación de una neurona noradrenérgica en colinérgica (CNTF, LIF). Pero el CNTF y CDF también pueden ejercer una función neurotrófica sobre neuronas motoras (colinérgicas) y dopaminérgicas.

Varios componentes de la *familia TGF* muestran capacidad para conservar grupos neuronales o rescatarlos de situaciones lesivas, como es el caso de neuronas dopaminérgicas, motoneuronas y células de ganglios periféricos. El GDNF es muy activo sobre neuronas dopaminérgicas normales o sometidas a agentes tóxicos, por lo que se inician sus ensayos para asegurar el mantenimiento de células catecolaminérgicas injertadas para tratar la enfermedad de Parkinson, o en motoneuronas que han sufrido

axotomía. También es activo el EGF en las neuronas dopaminérgicas. Se han aislado nuevos factores relacionados con el GDNF como la neurturina y los GDNF-3 y GDNF-4. Los receptores de estos productos son complejos y poseen un componente de fijación (p. ej., GDNFR- α) y componente de transducción (p. ej., c-Ret).

La *insulina* y los *factores de crecimiento tipo insulina*, así como los factores FGF y PDGF, han mostrado actividad neurotrófica sobre motoneuronas y sobre células dopaminérgicas. Los receptores poseen también actividad tirosín-cinásica. Se han realizado intentos terapéuticos con IGF administrada periféricamente para tratar la esclerosis lateral amiotrófica.

TRANSDUCCIÓN DE SEÑALES Y FACTORES DE TRANSCRIPCIÓN: LA ACCIÓN SOBRE LA MAQUINARIA GENÉTICA

Uno de los hallazgos más trascendentales de los últimos años en el campo de la comunicación interneuronal ha sido la comprensión de cómo una señal externa que llega a la célula puede influir sobre ésta de manera persistente y altamente selectiva, al ser capaz de modificar la expresión de los genes de la neurona. Es bien conocido que existen receptores intracelulares que, tras ser activados por sus ligandos –hormonas de estructura esteroidea, derivados del ácido retinoico, vitamina D, tiroxina, etc.– se introducen en el núcleo y modifican o regulan la expresión génica. Pero lo que se pretende destacar en este momento es el hecho de que mediadores que no son capaces de penetrar en la célula y que, por tanto, han de activar receptores de membrana, además de ocasionar modificaciones iónicas y metabólicas a plazo corto e intermedio, provocan modificaciones o respuestas a más largo plazo, que implican también la regulación de la transcripción génica.

Esto significa, obviamente, que los mediadores celulares implicados en la comunicación interneuronal, al ser capaces de regular la expresión de los genes, pueden influir sobre procesos de más larga duración, como es el caso del aprendizaje, o el de las respuestas adaptativas de larga duración. Como se comprende, estas acciones son de gran calado en términos de influencia y de capacidad para provocar cambios estables en la actividad neuronal. Su importancia no se limita a la acción de los neurotransmisores fisiológicos sino a la de los fármacos y otros agentes que utilizan los mismos mecanismos de comunicación.

La acción a largo plazo se realiza con frecuencia en dos fases. La primera consiste en la inducción de *genes de acción inmediata* o temprana (IEG: *Immediate Early Genes*), cuyo ARNm comienza a aumentar en 15 minutos tras la activación del receptor y se mantiene elevado no más de 30-60 minutos. Esta inducción se realiza invariablemente a través de proteínas-quinasas que penetran en el núcleo, donde directa o indirectamente fosforilan residuos de treonina, serina o tirosina en proteínas que se encuentran en la región promotora de los genes que van a codificar las proteínas denominadas *factores de transcripción*. En una segunda fase, los factores de transcripción penetran de nuevo en el núcleo para activar los *genes de acción tardía*, de inicio más lento y duración mayor, capaces de codificar proteínas diversas: receptores, enzimas relacionadas con la síntesis de mediadores o con vías de señalización de mediadores, etc.

Los genes inducidos por ligandos que inicialmente activan la vía del AMPc poseen una secuencia de DNA denominada elemento de respuesta al AMPc (CRE: *cAMP response element*). Los ligandos que inducen la formación de AMPc activan la PKA; la subunidad catalítica de esta cinasa puede penetrar en el núcleo en donde fosforila la serina 133 de una proteína nuclear denominada CREB (*CRE binding*) porque, al ser fosforilada, se fija

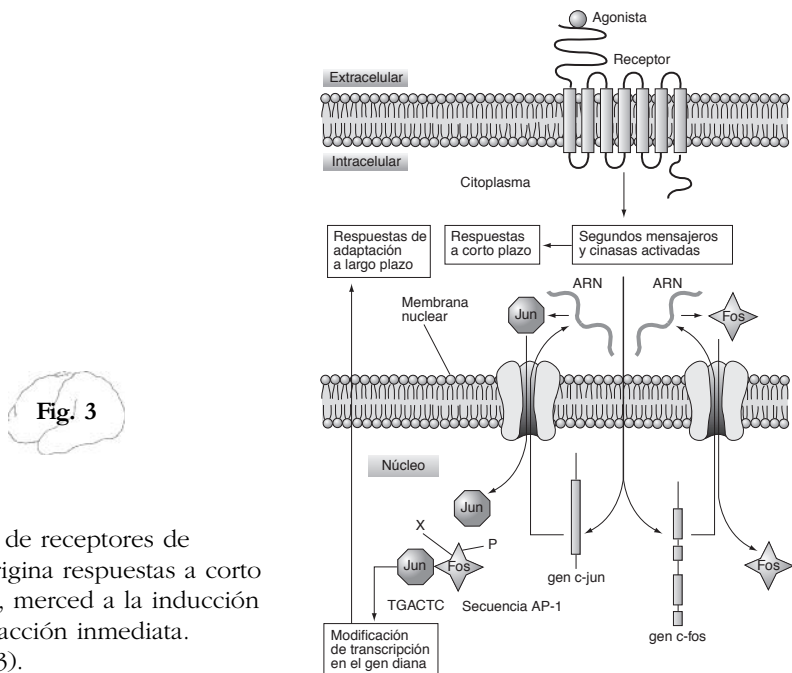


Fig. 3

La activación de receptores de membrana origina respuestas a corto y largo plazo, merced a la inducción de genes de acción inmediata. (Tomada de 3).

a la secuencia CRE de un particular gen, y estimula el proceso de transcripción. Pero esta proteína CREB es también activada por otras cinasas que forman parte de otras vías de transducción de señales; por ejemplo, la cinasa estimulada por Ca/M, la PKC, etc. Por consiguiente, la proteína CREB es un factor de transcripción que sirve a diversas vías de transducción de señales. Muchos de los genes activados por CREB son IEG que codifican factores de transcripción, los cuales influirán posteriormente para inducir los genes de acción tardía. En efecto, CREB y otros factores de transcripción inducen un grupo de IEG entre los que se encuentran *c-fos*, *fos-B*, *c-jun*, *jun-B*, *zif-268*, etc. Los productos de estos genes son asimismo factores de transcripción. En el caso de *c-fos* y *c-jun* codifican las proteínas Fos y Jun rápidamente en respuesta a la activación celular; se asocian ambas en un heterodímero que se fija a una secuencia reguladora de DNA conocida como AP-1, y de este modo regulan la transcripción del gen en el que dicha secuencia se encuentra: un gen de acción tardía (Fig. 3).

Como fácilmente se puede comprender, gran número de respuestas a la acción de los factores de crecimiento requiere la activación de genes, incluidos los IEG. Para ello, a partir de la activación de Ras y de la sucesiva cascada de cinasas, la MAP cinasa penetra en el núcleo en donde fosforila un dominio C-terminal de una proteína llamada factor complejo ternario (TCF). El TCF fosforilado se asocia a dos moléculas de una proteína llamada SRF (*serum response factor*) que se encuentra fijada a una secuencia de DNA reguladora de la transcripción de múltiples genes (p. ej., el *c-fos*); así se forma un complejo que inicia el proceso de transcripción. Pero en este caso, también SRF puede ser directamente fosforilado en sus residuos de serina por otras cinasas distintas de las que fosforilan el TCF.

Es preciso, pues, diferenciar dos grandes clases de factores de transcripción. A la primera pertenecen aquellos factores que se encuentran ya preformados (factores hormonales, factores de la familia CREB/CREM, factor NF- κ B, etc.) y que, por tanto, sólo necesitan que llegue la señal extracelular para transducirla y transformarla en actividad transcriptor de un gen; la respuesta transcripcional es rápida. A la segunda clase pertenecen los factores de transcripción que tienen que ser sintetizados tras la llegada de una señal, lo cual supone una demora en la respuesta. Es el caso de la familia AP-1. Así, pues, se puede hablar también de cascada de factores de transcripción: uno de ellos (p. ej., CREB, NF- κ B) es activado por la señal y favorece la transcripción de diversos sistemas (enzimas, etc.), o bien la transcripción de un segundo factor de transcripción (p. ej., fos, jun) que será quien, finalmente, induzca la activación de la síntesis de enzimas, receptores u otros elementos diana. En definitiva, las respuestas celulares a

modificaciones ambientales están mediadas frecuentemente por los factores de transcripción inducibles, los cuales sirven para coordinar tanto la activación como la represión de otros genes que se encuentran en un puesto inferior dentro de la sucesión de influencias y que van a provocar una alteración adaptativa en la conducta de la célula.

Las consecuencias finales de esta actividad ejercida a nivel nuclear son múltiples y de gran transcendencia biológica. Pueden ser modificaciones en la síntesis de enzimas sintetizadoras o metabolizadoras que provoquen cambios en la producción y velocidad de recambio de diversas moléculas mediadoras (neurotransmisores, citocinas, neuropéptidos, NO, etc.). Pueden verse modificadas enzimas de carácter cinásico, con su consiguiente repercusión sobre las vías que transmiten diversas señales (PKA, PKC, Ca/M, etc.). El resultado final ha de ser un cambio estable y permanente en el nivel de comunicación, lo que permite que señales críticas sean capaces de inducir respuestas de gran calado en la organización funcional de las redes y circuitos intraneuronales.

Dentro de estas respuestas, reciben particular atención las modificaciones a largo plazo de la actividad neuronal que se aprecian en los procesos de aprendizaje y memoria, como base fundamental de la capacidad cognitiva.

TRANSMISIÓN Y PROCESOS DE MEMORIA Y APRENDIZAJE

Existen formas muy variadas de memoria y aprendizaje, por lo que las bases biológicas que sustentan dichos procesos a nivel molecular, celular y de sistema pueden adoptar también formas muy diversas. No se debe pensar, pues, en que sea uno solo el mecanismo celular que explique la inducción y consolidación de la memoria y del aprendizaje. Sin embargo, hay mecanismos que se conocen mejor que otros, por lo que es lógico que se les preste mayor atención.

El elemento clave de todo proceso de aprendizaje es la sinapsis. En ella se efectúa la transmisión de la información. El aprendizaje significa la utilización beneficiada, ventajosa y preferente de un determinado número de sinapsis, como consecuencia de ciertas modificaciones moleculares que en ellas han tenido lugar. Llámense sensibilización, habituación, condicionamiento, el resultado final es que se establece una vía o una red de vías por las que determinada información fluye de modo favorable. Para que esto ocurra, han de producirse modificaciones sinápticas que se generan como respuestas adaptativas ante determinados estímulos o influjos informativos, y que constituyen la base fundamental de la propiedad denominada

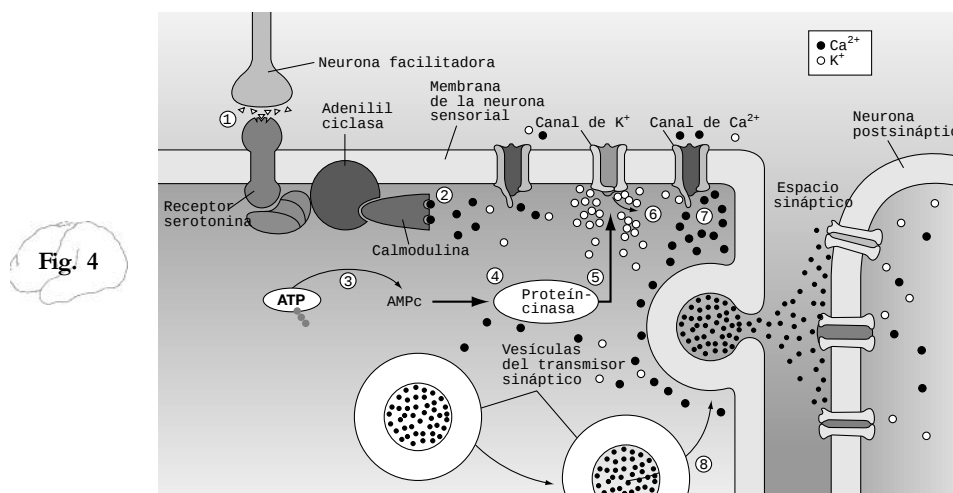
plasticidad (7). La clave está en que, cuando una neurona insistentemente actúa sobre otra, termina por establecerse un mecanismo de reforzamiento sináptico entre ellas que hace más fácil y probable su subsiguiente interacción. Lo que se afirma para un par de neuronas puede generalizarse a todo un conjunto o red de neuronas. Más aún, si dos neuronas o sistemas neuronales desarrollan su actividad conjuntamente de forma repetida y persistente, terminarán por estar asociadas de tal forma que la actividad de una sistema facilitará la actividad del otro (5). En definitiva, las neuronas que descargan de forma conjunta terminan por relacionarse.

Las modificaciones sinápticas que explican los fenómenos de facilitación son múltiples. Unas son de carácter neuroquímico; por ejemplo, incremento de la liberación de mediadores en la terminación presináptica, o cambios en la actividad de neuronas intercalares que influyen sobre la liberación presináptica, aumento del número de receptores postsinápticos, cambios en la velocidad de inactivación del mediador, cambios en las cascadas de mensajeros intracelulares. Otras modificaciones pueden ser más estables e incluso adoptan un cambio estructural permanente; por ejemplo, incremento de la superficie sináptica, formación de nuevas sinapsis y, por tanto, incremento de unidades presinápticas (brotes axonales) o postsinápticas (espinas dendríticas), traslocación de contactos sinápticos. Naturalmente, por tratarse de un proceso eminentemente dinámico, los cambios pueden seguir un mecanismo gradual de forma que la memoria implique primero un proceso pasajero y breve, incluso reversible; pero si la experiencia de aprendizaje continúa persistentemente, los cambios se van reforzando y haciéndose más consistentes hasta alcanzar plena estabilidad y permanencia. El mejor modo de conseguir una conexión sináptica fija y firme es haberla hecho trabajar a fondo.

En conclusión, el aprendizaje implica el establecimiento de redes o sistemas de comunicación preferente que operan simultánea o secuencialmente, que se han constituido en respuesta a modificaciones ambientales concretas que llamamos estímulos. Es evidente que el desarrollo de tales sistemas no ocurre al azar, sino que se ejecuta dentro de los límites impuestos por la organización general del sistema nervioso, y por la organización particular que la dotación genética de un determinado individuo condiciona. La dotación genética individual establece un marco de desarrollo. Serán después las condiciones ambientales y el aprovechamiento de las circunstancias quienes habrán de cubrir en un porcentaje determinado (ojalá todos llegáramos a nuestro 100 %) el espacio limitado por ese marco.

Mecanismos moleculares

Las formas más elementales de memoria y aprendizaje tienen lugar en los organismos más sencillos. La *Aplysia* ha sido utilizada ampliamente (v. por ejemplo la referencia 10) para analizar los mecanismos moleculares que acontecen en un proceso tan simple de aprendizaje como es el de la sensibilización de un reflejo de retirada de las branquias, inducida por un fuerte estímulo mecánico de su cabeza. Este simple reflejo requiere una neurona sensorial y otra motora; pero cuando el estímulo ocasiona el fenómeno de sensibilización, provoca la irrupción en el sistema de otras neuronas: las interneuronas facilitadoras que van a modificar e incrementar la actividad presináptica de la neurona sensorial. Esta facilitación requiere la activación sucesiva de un receptor de carácter serotoninérgico, la activación de la adenililciclase con formación de AMPc, la activación de la



Modelo neuroquímico de condicionamiento en *Aplysia*, propuesto por Kandel.

- (1) El estímulo condicionado activa neuronas facilitadoras. Si esto ocurre poco antes de la activación por un estímulo no condicionado de la neurona sensorial, (2) el aumento de entrada de Ca^{2+} activa a la calmodulina y ésta (3) provoca el aumento de AMPc. El AMPc (4) activa proteína-quinasas que fosforilarán (5) canales de K^+ y los cerrarán. Con ello se acumula K^+ intracelular (6), lo que provocará una apertura prolongada de los canales de Ca^{2+} (7). Al aumentar la entrada de Ca^{2+} , aumenta la liberación de neuromediador por parte de la neurona sensorial (8). (Tomada de 10).

proteín-cinasa A (PKA), la fosforilación de un canal de K^+ que cierra el canal, la subsiguiente prolongación de potenciales que consiguen abrir canales de Ca^{2+} voltaje-dependientes (Fig. 4); el incremento de entrada de Ca^{2+} aumenta la liberación de neurotransmisor en el botón presináptico de la neurona sensorial. Si a este proceso de sensibilización se suma otro de *condicionamiento* inducido por un estímulo con capacidad condicionante, la sucesión de eventos recién descrita es parecida pero queda enriquecida por la entrada de Ca^{2+} que el estímulo condicionante provoca, y la posterior activación de calmodulina que, a su vez, favorece la activación de la adenililciclase y los sucesivos pasos ya señalados.

El esquema de eventos sucesivos que ocurren durante el condicionamiento de *Aplysia* no es el único, por supuesto. Pero da una idea de cómo se generan y ensamblan los mecanismos moleculares para hacer más rica y eficiente la transmisión sináptica responsable de una determinada conducta. La importancia de este modelo, además, se vio resaltada por otros experimentos realizados en otra especie más compleja que la *Aplysia* pero todavía relativamente sencilla: la mosca *Drosophila* (2, 11). El aprendizaje por condicionamiento de esta mosca se ve perturbado en una serie de mutantes que se caracterizan por tener atenuado alguno de los eslabones de reacciones arriba descritas: la *DDC* en la que existe un déficit de la enzima descarboxilasa necesaria para sintetizar la 5-hidroxitriptamina; la *turnip* en la que están alterados el receptor serotoninérgico y la PKA; la *rutabaga* en la que están disminuidos los niveles de adenililciclase y AMPc; la *dunce* en la que hay una alteración de la degradación de AMPc; la *shaker* en la que está alterado un tipo de canales de K^+ (Fig. 5).

En el mamífero los mecanismos sinápticos implicados en los procesos de aprendizaje han de ser mucho más complejos. El modelo que mayor influencia ha tenido para explicar los cambios que acontecen y son base de la plasticidad sináptica propia de algunos procesos de memoria es el de la *potenciación a largo plazo* o de larga duración (LTP: *Long-Term Potentiation*), inicialmente descubierto por Bliss y Lomo en 1973 trabajando en hipocampo de conejo (1). La LTP consiste en el aumento estable y duradero de la magnitud de respuesta de las neuronas, cuando las células aferentes (que normalmente las estimulan) son activadas por trenes de estímulos eléctricos de frecuencia moderadamente alta. La larga duración de este fenómeno es probablemente su nota más característica porque significa que, cualquiera que sean los mecanismos moleculares responsables, se mantienen durante un período prolongado. No se pueden ocultar en el fenómeno de la LTP, un fenómeno eminentemente sináptico, ciertos

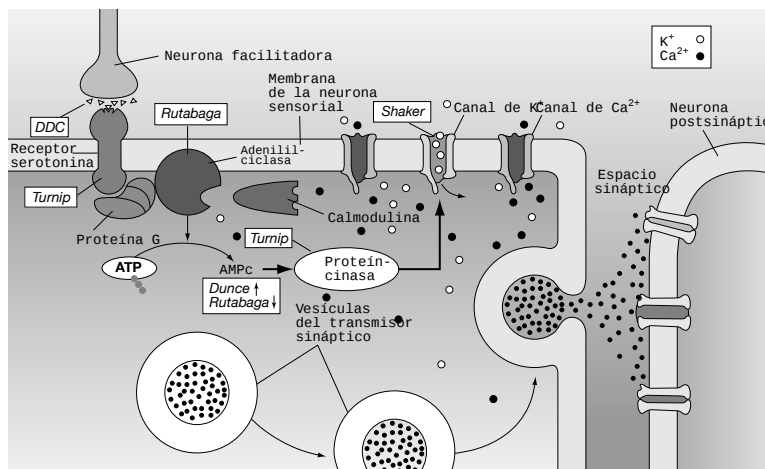


Fig. 5

Mutantes obtenidos en *Drosophila*, aplicadas a la sucesión de reacciones que figuran en el modelo propuesto por Kandel. En la mutante DDC hay un déficit de l-aminoácido descarboxilasa. El déficit de turnip altera el receptor de la serotonina y la proteína-quinasa. La mutación rutabaga reduce los niveles de adenilil-ciclase y AMPc. La deficiencia de duncce altera la fosfodiesterasa que metaboliza el AMPc. La mutación shaker altera el canal de K⁺. (Tomada de 10).

rasgos similares a los que son característicos de la memoria: la rapidez de la inducción (segundos), la duración del efecto (días o semanas), la presencia de un período lábil de consolidación que puede durar varios minutos. Tiene la ventaja de que puede ser analizado en animales anestesiados o despiertos, inmóviles o libres, e incluso “in vitro” en preparaciones aisladas (rodajas de tejido cerebral). Aunque observado inicialmente en hipocampo (con mucho, la estructura más utilizada) también se aprecia en otras áreas cerebrales.

Los datos neuroquímicos de la LTP en el hipocampo implican de manera decisiva la transmisión de naturaleza glutamatérgica. La activación normal de una vía aferente libera ácido glutámico en cantidad moderada, capaz de estimular exclusivamente el receptor AMPA asociado a un canal de Na⁺, originando así una breve despolarización (Fig. 6). En cambio, el receptor glutamatérgico NMDA no contribuye a la respuesta porque el canal a él asociado permanece cerrado al estar bloqueado por iones Mg²⁺. Sin embargo, cuando el estímulo es muy intenso como es el que se aplica para generar la LTP, el número de receptores AMPA activados aumenta, la

despolarización es mucho más intensa y alcanza el valor necesario para vencer el bloqueo de Mg^{2+} al desplazar a estos iones de su asociación al receptor-canal NMDA: el canal queda libre para que fluya un gran número de iones Ca^{2+} . Es decir, los receptores NMDA son plenamente activos sólo cuando se ensambla la combinación de un determinado voltaje y de un determinado mediador. Además, activa también los receptores glutamatérgicos de naturaleza metabotropa asociados a fosfolipasa C, la cual hidroliza fosfoinosítidos para generar inositol-trifosfato y movilizar más Ca^{2+} , y diacilglicerol del que provendrá el ácido araquidónico para formar eicosanoides (v. referencias 3 y 4).

Esta irrupción de Ca^{2+} en la estructura postsináptica va a desencadenar una cascada de reacciones neuroquímicas de gran trascendencia que acompañan a la LTP. Pues bien, algunos de estos pasos acompañan también a la génesis de ciertas formas de memoria. El aumento de Ca^{2+} inducido por la activación de receptores NMDA activa diversas cinasas: la PKA, la PKC, una de las cinasas dependientes de Ca/calmodulina (CaMKII), y tirosín-cinasas. La CaMKII es particularmente importante porque, una vez activada por el Ca^{2+} , permanece en este estado aun cuando el nivel del ion disminuya. La inhibición de estas cinasas mediante diversas sustancias, particularmente de la PKC y de la CaMKII, perturba en el animal de

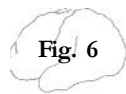
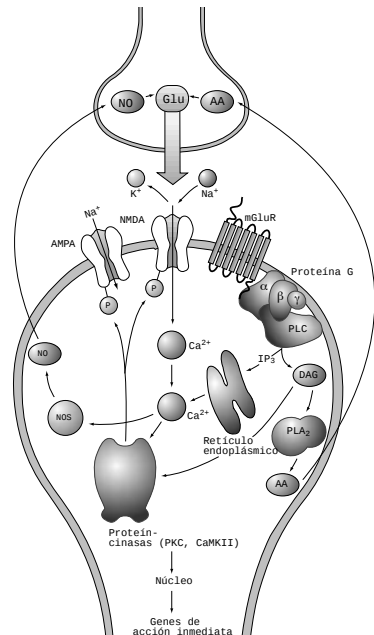
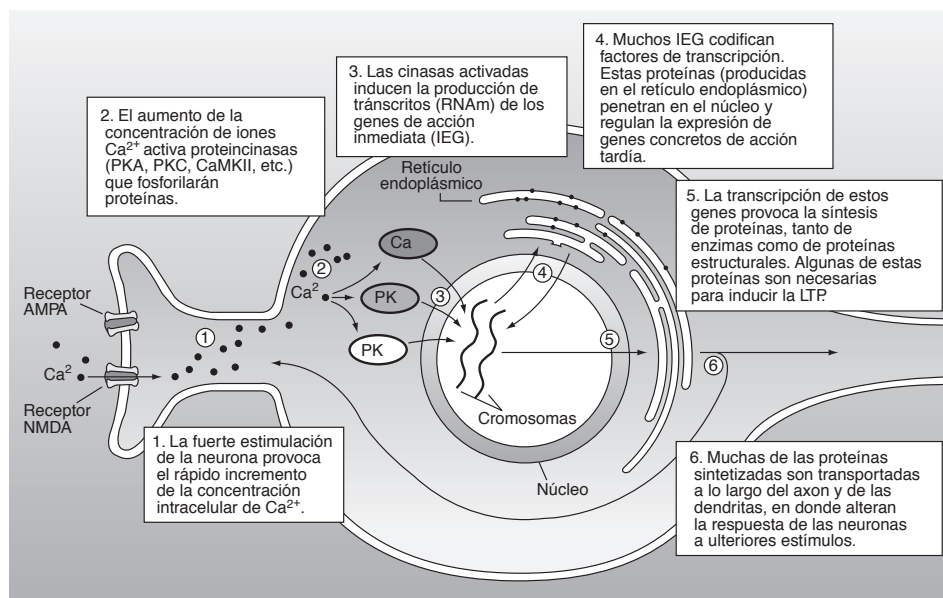


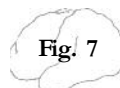
Fig. 6

Mecanismos implicados en la LTP a partir de la activación de receptores glutamato (AMPA, NMDA, metabotropos). El Ca^{2+} moviliza diversas cinasas que mantienen funcionando a los receptores glutamato y activan genes de acción inmediata. Se forman mensajeros con posible acción retrógrada (NO y ácido araquidónico: AA) sobre la terminación presináptica. (Tomada de 4).





Etapas de la cascada neuroquímica que puede desarrollarse durante la inducción de LTP (p. ej., en la región CA1 del hipocampo). (Tomada de 10).



experimentación la formación y/o consolidación de memoria, como ha sido demostrado en múltiples modelos y muy particularmente en la memoria de tipo espacial.

Las cinasas mencionadas van a fosforilar proteínas; pero, como se ha explicado anteriormente, parte de los procesos de fosforilación van a tener lugar en el núcleo provocando la activación de factores de transcripción, la activación de genes de acción inmediata y la ulterior codificación de nuevas proteínas (algunos de las cuales son también factores de transcripción) (Fig. 7). Es evidente que la inducción de LTP exige la síntesis de unas proteínas y la inhibición de otras; es así como se instauran procesos de largo alcance que van a permitir la modificación estable y permanente de diversos elementos de la sinapsis situados tanto pre como postsinápticamente. Como uno de estos procesos es el incremento pertinaz de liberación de glutamato, deben existir mecanismos que, iniciados en el

compartimiento postsináptico, terminen por actuar retrógradamente en la terminación presináptica facilitando dicha liberación.

Se ha postulado que uno de estos mecanismos sea la producción de NO. La activación de la CaMKII induce la activación de la NO sintasa neuronal, arriba descrita, y la síntesis de NO; este mediador difunde al espacio sináptico y penetra en la terminación presináptica en donde opera para facilitar la liberación de glutamato. Otro mecanismo puede ser la activación de la fosfolipasa A₂, la hidrólisis de fosfolípidos con generación de ácido araquidónico y producción de eicosanoides que son liberados y actúan también retrógradamente a nivel presináptico.

Pero, además, la activación de genes de acción inmediata y tardía pueden originar otros elementos que contribuyen a incrementar la actividad plástica de la sinapsis. Por ejemplo, la síntesis de compuestos con acción neurotrófica que actúen localmente facilitando el brote y establecimiento de nuevas sinapsis; el aumento de receptores y canales que incrementen la sensibilidad de la neurona a la acción de los diversos mediadores, etc. En este sentido, se ha demostrado que la LTP no es un fenómeno único sino que se expresa en varias formas cuyos cursos temporales son distintos y en las que participan mecanismos bioquímicos diferentes (12). Se ha diferenciado una *LTP inmediata*, que se disipa en 1 o 2 horas post-inducción y es sensible a los mecanismos dependientes de la activación de receptores NMDA, y una *LTP tardía*, que dura mucho más (>7 horas) y que parece depender más directamente de la activación de cinasas y el sistema CREB, de la inducción de factores de transcripción y de la síntesis de proteínas.

Se ha descrito también otro fenómeno sináptico exactamente opuesto al de la LTP. Se trata de la *depresión o inhibición a largo plazo* (LTD: *Long-Term Depression*). Consiste en una reducción mantenida de la magnitud de respuesta de las neuronas, después de que las células aferentes hayan sido estimuladas con estímulos eléctricos de relativamente baja frecuencia. También aquí parece estar implicado el receptor NMDA y la entrada de Ca²⁺, pero en este caso la concentración de Ca²⁺ alcanzada estimularía en mayor proporción las fosfatasas que las cinasas, reduciendo así el grado de fosforilación de las proteínas sinápticas. El efecto resultante sería, pues, el inverso.

CONCLUSIÓN

El modelo aquí descrito tiene el mérito de asociar fenómenos sinápticos de diversa naturaleza (bioeléctricos como es la expresión de la LTP y la LTD, neuroquímicos como es la activación de cinasas y de genes de acción inmediata), con fenómenos estrictamente conductuales como son determinadas formas de memoria (por ejemplo, la de naturaleza espacial analizable en el animal de experimentación). El concepto crítico es que la sinapsis y, por tanto, la comunicación interneuronal por ella mediada, es modificada por estímulos externos; es decir, la manipulación del ambiente tiene capacidad para instaurar en ella modificaciones sustanciales y duraderas que facilitan su función. Esa propiedad es la plasticidad y ella es la que conforma la base esencial del aprendizaje.

La presencia de genes capaces de sustanciar las modificaciones plásticas de la sinapsis es absolutamente necesaria. Pero no basta con tener genes; hay que saberlos activar porque algunos no actuarán si no son adecuadamente estimulados. Es la modificación ambiental la que “tira” de la capacidad génica hasta hacerla expresarse en su plenitud dinámica, es decir, hasta conseguir que una persona alcance el máximo de su potencialidad.

* El presente capítulo ha sido elaborado en el marco del Proyecto “Desarrollo y envejecimiento: biología, conducta, educación”, financiado por la Fundación Marcelino Botín.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) BLISS T. V. P., LOMO, T. Long-lasting potentiation of synaptic transmission in the dentate area of the anaesthetized rabbit following stimulation of the perforant path. *J. Physiol. (London)*, 232: 331-356, 1973.
- (2) DUDAI, Y. Neurogenic dissection of learning and short-term memory in *Drosophila*. *Annu. Rev. Neurosci.*, 11: 537-563, 1988.
- (3) FLÓREZ, J. Acciones de los fármacos II. Mecanismos moleculares. En: FLÓREZ, J., ARMILLO, J. A., MEDIIVILLA, A., eds. *Farmacología Humana*, 3ª edición. Barcelona, Masson 1997 a, p. 17-45.

- (4) FLÓREZ, J. Neurotransmisión en el sistema nervioso central. En: FLÓREZ, J., ARMÍJO, J. A., MEDIAYILLA, A. (eds.). *Farmacología Humana*, 3ª edición. Barcelona, Masson 1997 b, p. 409-433.
- (5) HEBB, D. O. *The Organization of Behavior*. New York, Wiley, 1949.
- (6) HÖLSCHER, C. Nitric oxide, the enigmatic neuronal messenger: its role in synaptic plasticity. *Trends Neurosci.*, 20: 298-303, 1997.
- (7) NIETO SAMPEDRO, M. Plasticidad neuronal: una propiedad básica que subyace desde el aprendizaje a la reparación de lesiones. En: MORA, F. (editor), *El cerebro íntimo*. Barcelona, Ediciones Ariel 1996, p. 66-96.
- (8) PATTERSON, P. H. Neuronal growth and differentiation factors and synaptic plasticity. En: BLOOM, F. E., KUPFER, D. J. (eds.). *Psychopharmacology: The Fourth Generation of Progress*. Nueva York, Raven Press, 1995.
- (9) PERTWEE, R. G. Pharmacology of cannabinoid CB1 and CB2 receptors. *Pharmac Ther.*, 74: 129-180, 1997.
- (10) ROSENZWEIG, M. R., LEIMAN, A. L., BREEDLOVE, S. M. *Biological Psychology*. Sunderland, M. A. Sinauer Associates 1996.
- (11) TULLY, T. *Drosophila* learning and memory revisited. *Trends Neurosci.*, 10: 330-335, 1987.
- (12) SILVA, A. J., KOGAN, J. H., FRANKLAND, P. W. KIDA, S. CREB and memory. *Annu Rev Neurosci.*, 21: 127-148, 1998.
- (13) WU, L-G., SAGGAU, P. Presynaptic inhibition of elicited neurotransmitter release. *Trends Neurosci.*, 20: 204-212, 1997.

CEREBRO Y COGNICIÓN: LAS REPRESENTACIONES MENTALES

Juan A. García-Porrero

“Toda realidad es un engaño” (Luigi Pirandello).

El conocimiento que los seres vivos tienen del mundo que les rodea lo obtienen a través de las sensopercepciones. Denominamos así a un conjunto de operaciones cerebrales de extraordinaria complejidad por las cuales el cerebro “conoce” los objetos de la realidad. Al decir conocer queremos expresar que el cerebro del animal se percata del entorno, es decir, las energías exteriores adquieren valor informativo y el animal es capaz de reconocer cosas y situaciones, y evaluarlas como portadoras de un significado para su conducta. La sensopercepción es la puerta que abre la maquinaria cerebral al mundo.

En cada especie animal este conocimiento tiene características particulares –en sentido metafórico podríamos decir que ve el mundo a su manera– pues la diferente organización de los sistemas sensoperceptivos crea distintos registros informativos. Es lo que von Uexküll denominó el “Umwelt” o universo perceptivo; cada ser vivo posee su propio “umwelt”, su modo de percibir el medio real que habita. Según esta teoría los organismos que viven en un mismo medio no viven en realidad en el mismo mundo. Se trata de adaptaciones de cada especie a los elementos del medio que han adquirido significado (valor informativo) para la especie, y que son esenciales para sobrevivir. El conocimiento que un delfín tiene de las frecuencias sonoras es diferente del que tiene el hombre, los gruñidos de

los primates que denotan peligro nos dejan tan indiferentes como a ellos el recitado de un poema. El mundo olfatorio de un perro de caza es totalmente ajeno al de su presa, y la inmensa riqueza de colores que perciben los primates permanece en la ignorancia para el resto de las especies. En el caso del hombre el problema es más singular y complejo pues, como señala Gómez Bosque, la sensopercepción está impregnada de lenguaje.

Pero independientemente de los registros informativos que cada especie se haga de la infinita variedad de energías estimulantes del entorno, los procesos fundamentales que subyacen en el tratamiento de la información son muy semejantes, y como veremos más detalladamente, no son procesos pasivos, sino operaciones condicionadas por la propia organización cerebral. Las redes neuronales construidas por los genes imponen por su función y topología, las reglas para conocer.

A las percepciones que nos hacemos de las cosas, a su conocimiento, lo denominamos representaciones sensoriales internas o representaciones mentales. Comprender la sensopercepción es una cuestión de gran trascendencia pues es la actividad neural nuclear sobre la que es posible el aprendizaje, la memoria, el pensamiento, el lenguaje y la consciencia. Los procesos cognitivos se basan en la utilización y transformación de representaciones mentales, y en el establecimiento de complejas asociaciones entre ellas (1).

En este capítulo vamos a tratar dos cuestiones entrelazadas. En primer lugar trataremos del papel del cerebro en la sensopercepción y cuál es la organización fundamental para hacerlo posible. En segundo lugar nos interesaremos por saber qué son y cómo formamos en el cerebro las representaciones del mundo; es decir, adelantándolo ya, qué relación guarda el mensaje externo (una onda electromagnética, por ejemplo, con la actividad bioeléctrica del cerebro y nuestra experiencia subjetiva? ¿Qué es, en lenguaje neuronal, ver el cielo “como azul” o una forma viva “como un gato” o incluso “nuestro gato”? ¿Qué podemos decir del vínculo entre el objeto y la vivencia que el sujeto construye del mismo?

CEREBRO Y PERCEPCIÓN

Los fantasmas se materializan

Frente a la vieja idea de una substancia incorpórea y sapiente de la realidad que, a modo de fantasma, vaga, sin mezclarse, entre la materia

neuronal de nuestro cerebro, y sería responsable último de nuestras más nobles capacidades intelectuales, hace ya tiempo que tenemos datos fidedignos de que nuestro conocimiento del mundo está encarnado en nuestras neuronas, es más, depende directamente de su organización y funcionamiento. Conocer el mundo es tener redes neuronales encerradas bajo el cráneo con capacidad para representarlo.

El estudio meticuloso de enfermos cerebrales nos ha enseñado muchas cosas sobre la sensopercepción. Algunos pacientes neurológicos con lesiones de áreas cerebrales específicas de la corteza pueden presentar déficits perceptivos asombrosos caracterizados por la incapacidad de construir representaciones mentales de las cosas o incluso de sí mismos. Estos trastornos perceptivos se denominan agnosias, un término introducido por Sigmund Freud para caracterizar la pérdida de reconocimiento de las cosas a consecuencia de una lesión de la corteza cerebral y no a un déficit sensitivo. Los sujetos con agnosia son capaces de sentir pero son incapaces de identificar lo que sienten. La falta de identificación puede afectar a diferentes modalidades sensoperceptivas. Pacientes con lesiones en zonas del lóbulo parietal izquierdo son incapaces de identificar por el tacto los objetos que tocan aún reconociendo que tienen sensación táctil (astereognosia). Lesiones de zonas temporo-occipitales producen una agnosia para el movimiento; los sujetos no captan la diferencia entre un objeto que se mueve y uno que está quieto, lo que crea situaciones conductuales extraordinariamente invalidantes. En algunos casos, producidos por lesiones bilaterales en zonas de los lóbulos temporales, la incapacidad para reconocer puede afectar a cuestiones muy concretas como el reconocimiento de caras, incluso de familiares o del propio sujeto; en estos casos los pacientes pueden decir que distinguen rasgos como la nariz o los ojos pero no pueden integrar la información en un todo. Otras lesiones que afectan a la corteza temporo-occipital incapacitan al sujeto para ver el color de las cosas (acromatopsia), por lo que el mundo lo conoce “como gris”. En casos de lesiones de la corteza parietal posterior derecha los déficits pueden alcanzar situaciones insólitas como ignorar la mitad de su cuerpo a pesar de tener intacta la sensibilidad somática; estos individuos se llegan a preguntar por un brazo o una pierna cuando lo perciben visualmente con frases como “¿pero qué hace este brazo en mi cama?”. Las agnosias son una prueba evidente de que las imágenes que construimos del mundo están encarnadas en el cerebro. El estudio de estos pacientes con las modernas técnicas de PET (cámara de emisión de positrones) es un campo extraordinariamente prometedor en la comprensión del funcionamiento de las redes neuronales corticales durante la percepción.

Pocos años después de la II Guerra Mundial el gran neurocirujano canadiense Wilder Penfield hizo aportaciones fundamentales al conocimiento de las sensopercepciones. Es sabido que el cerebro no tiene receptores al dolor, y, por tanto, una vez abierto el cráneo y las meninges, se puede manipular su superficie sin anestesia general. Este hecho permitió a Penfield estimular en la mesa de quirófano la corteza cerebral de pacientes a los que debía intervenir para erradicar algún tipo de lesión. Con este procedimiento Wilder Penfield descubrió la existencia de mapas de representación corporal en la corteza cerebral y fue capaz de evocar curiosas ilusiones perceptivas. Así, al introducir el electrodo en una determinada zona de la corteza, el paciente decía: “alguien está intentando hablarme, una sola persona”, al estimular otra zona decía: “hay alguien cerca de mi ojo izquierdo... parecen estar sentados escuchando a alguien, pero no veo quien puede ser ese alguien”. En otro caso: “estoy intentando encontrar el nombre de una canción, allí había un piano y alguien estaba tocando. Pude oír la canción, ¿sabes? Es una canción que he cantado antes, pero no puedo descubrir cuál es el título de la canción”. Tras estas frases se deja de estimular y se le dejó oír la frase anterior, entonces el paciente añadió: ¡esto era lo que estaba intentando hacer cuando dejaste de estimular! Más adelante dirá: “Si, Oh Marie, alguien lo está cantando”. (Todo el mundo en el quirófano reconoció la canción).

De estos sorprendentes hallazgos se pueden deducir muchas cosas, pero tres de ellas, a mi juicio, son especialmente relevantes. En primer lugar que el “encendido artificial” de redes neuronales determinadas de la corteza cerebral humana es capaz de provocar percepciones (ilusorias o alucinatorias) pero con contenidos de una realidad vivenciada. En segundo lugar, que los contenidos percibidos permanecen almacenados en alguna forma en las redes neuronales de manera que el sujeto las reidentifica. En tercer lugar, que las imágenes percibidas no son ajenas al sujeto sino que emanan del propio núcleo del “yo”, pues bajo la estimulación eléctrica el sujeto es consciente de su propia percepción –no le es ajena– poniendo en evidencia que el acto de tomar consciencia de lo visto u oído está encarnado en el cerebro y es indisociable de la percepción.

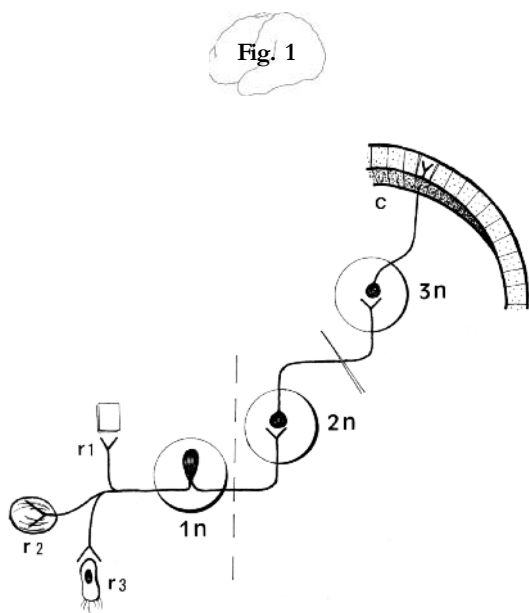
Los caminos para conocer

El cerebro conoce la realidad porque está indisociablemente conectado con el exterior a través de diversos sistemas sensoriales. Todos los sistemas sensoperceptivos tienen un diseño común, tanto en su organización anatómica como en sus reglas de funcionamiento. Consta de un re-

ceptor, una vía de información y una áreas específicas de la corteza cerebral (Fig. 1). Se encargan de recoger lo que denominamos modalidades sensoriales. Ver, oír, oler, gustar, tocar, el sentido de la temperatura y del equilibrio, son modalidades sensoriales. Las vías informativas unen los receptores de la periferia corporal con el cerebro; están constituidas por redes neuronales específicas que a modo de una maraña tentacular distribuida por el organismo permiten la apertura del cerebro al mundo circundante.

Los receptores están distribuidos por la superficie corporal, como en el caso de los receptores táctiles, en el interior de estructuras corporales, como los receptores de los tendones, o, en órganos específicos de los sentidos, como las células ciliadas de la cóclea auditiva. Anatómicamente obedecen a tres tipologías. En ocasiones es la terminación libre de una neurona sensorial (ver más adelante) que se ramifica por la piel o la pared de un órgano; otras veces la terminación se envuelve en una estructura especializada, a modo de cápsula, como sucede en los órganos de Paccini de la piel; en otros casos se trata de células especializadas como los conos de la retina. En este último caso, la célula receptora sinapta con la terminación nerviosa de una neurona sensitiva.

Esquema general de una vía sensorio-perceptiva. Los receptores (r) traducen las energías exteriores en señales nerviosas. Se muestran tres tipos de receptores: terminaciones nerviosas libres (r1), terminaciones encapsuladas (r2) y células especializadas (r3). La red nerviosa hacia el cerebro está constituida por tres conjuntos neuronales. La primera neurona (1n) está en los ganglios sensitivos, fuera del sistema nervioso central. La segunda neurona (2n) en un núcleo sensorial del sistema nervioso central, su cilindro se cruza para pasar al lado contralateral. La tercera neurona (3n) está en el tálamo y su cilindro penetra en los módulos de la corteza cerebral (c).



En la actualidad, y muy influido por la biología molecular, se considera que el término receptor debe delimitarse a complejos moleculares de la membrana celular, bien de las células especializadas o de las terminaciones libres.

El receptor es un traductor especializado de energías. Convierte las distintas energías exteriores en energía electroquímica, la única posible en el sistema nervioso y que a modo de señal común (impulso nervioso o potencial de acción) viaja por las redes neuronales. Traduce al único lenguaje que conoce el cerebro todas las lenguas posibles que, en forma de modalidades y cambios energéticos, rodean al ser vivo. Es un extraordinario ejemplo de adaptación evolutiva. La maquinaria genética ha ido ensayando distintos complejos moleculares en la historia de la vida para adecuar la supervivencia de los animales a la información del entorno.

Cada receptor es sensible fundamentalmente a una de las formas de energía circundante (energía electromagnética, energía química, ondas de presión de aire...). Sin entrar en detalle diremos que hay cinco tipos básicos: quimiorreceptores (para el olfato y el gusto), fotoreceptores (para la luz), mecanorreceptores (para la audición, el equilibrio y el tacto), termorreceptores (para los estímulos térmicos) y nociceptores (especializados en los estímulos dolorosos).

En fisiología al proceso de traducción se le llama transducción y tiene lugar en dos fases. Una primera, de conversión de la energía exterior en energía electroquímica, y, una segunda, de codificación neural.

En la primera fase las energías estimulantes reaccionan con complejos moleculares de la membrana celular del receptor; los complejos moleculares controlan canales iónicos (minicompuestas de la membrana que permiten el flujo de iones de Na^+ y K^+ a un lado y otro de la célula). Como consecuencia de la reacción, los canales se abren –se modifica la permeabilidad de la membrana– generando una corriente selectiva de átomos que al estar eléctricamente cargados producen una pequeña diferencia de potencial eléctrico entre el exterior y el interior de la membrana celular denominado potencial receptor. Debemos insistir en que estos complejos moleculares del receptor sensibles a las energías externas están contruidos por los genes mediante patrones muy precisos (más adelante exponemos la relación entre genes y sistema olfatorio, uno de los modelos sensorceptivos mejor conocidos a nivel molecular).

En la segunda fase, por un mecanismo sináptico no muy bien conocido, el potencial receptor excita la terminación nerviosa de la red sensorial provocando descargas de impulsos nerviosos (potenciales de acción). Estas descargas están codificadas mediante un patrón de intensidad y de duración que es dependiente del estímulo; o dicho de otra manera, la energía estimular es codificada en energía electroquímica (codificación neural) con unas pautas determinadas. Este código de señales neurales es, así, un parámetro de información para la red neural cerebral pues representa los atributos claves del estímulo.

Este código, más la localización y la modalidad sensorial, tienen una enorme relevancia para el análisis que la corteza cerebral acabará elaborando de la información recibida.

La red sensorial es una vía ascendente hacia la corteza cerebral construida básicamente, con excepción de la vía olfatoria, por tres tipos neuronales localizados en distintas partes del sistema nervioso. La primera neurona se ubica en los ganglios sensitivos (grupos de neuronas asociadas a los nervios y situadas fuera del sistema nervioso central); su prolongación periférica, incluida en los nervios, contacta con el receptor o lo es ella misma en su terminal. La segunda neurona se sitúa en el interior del sistema nervioso central, en distintos niveles según la modalidad sensorial. La tercera neurona asienta en el tálamo, una gran estación sináptica de acceso previo a la corteza cerebral.

Algunos aspectos organizativos de la red neural deben ser comentados para comprender mejor la sensopercepción.

La terminación periférica de la primera neurona sensorial se distribuye por un conjunto de receptores que ocupan un territorio (campo receptor); los campos receptores se solapan entre sí. A lo largo de las estaciones sinápticas de la red se producen efectos de divergencia y convergencia de neuronas. Así, por ejemplo, sobre una segunda neurona sensitiva sinaptan varias neuronas primarias (convergencia) y cada neurona primaria se ramifica para sinaptar sobre varias neuronas secundarias (divergencia). Lo mismo sucede a nivel del tálamo y de la corteza cerebral. Esta organización complica la red neural pero permite un hecho esencial en el procesamiento de la información nerviosa: la transmisión en paralelo, una garantía que asegura el paso de información, incluso si numerosas neuronas desaparecen. Tiene también gran relevancia el hecho de que, a lo largo de la red, las neuronas se especializan en distintos aspectos de la información estimular; como veremos más adelante, en la vía visual hay

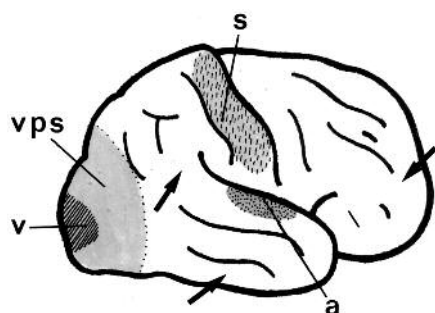
neuronas especializadas en la transmisión del color mientras otras lo hacen en la forma o la distancia.

La cartografía del conocimiento: los mapas sensoperceptivos

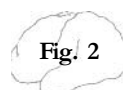
Las vías informativas terminan penetrando en las columnas o módulos corticales de áreas específicas del cerebro, donde la información es altamente procesada (ver cap. 1). Numerosas evidencias clínicas y experimentales han puesto de manifiesto no sólo que determinadas áreas corticales están especializadas en determinada modalidad sensoperceptiva sino que además hay en ellas una representación ordenada de los campos receptores periféricos que recogen la información estimular del perimundo y del propio cuerpo. De este modo la superficie cerebral contiene mapas sensoperceptivos: una extraordinaria cartografía neuronal en la que se representa nuestro cuerpo y lo que identifica del mundo externo. Así, en los mapas hay redes neuronales específicas que nos permiten percibir si un estímulo sensorial incide sobre la piel de un dedo o del hombro, o si un objeto se sitúa en el centro o a un lado del campo visual, y también si lo que sentimos es un suave tacto, un color, o, una forma determinada, como puede ser una cara.

Las áreas cerebrales sensoperceptivas son de tres tipos: áreas sensoriales primarias, áreas de procesamiento sensorial superior (secundarias y terciarias) y áreas de asociación.

Las áreas sensoriales primarias son la puerta de entrada en la corteza de las vías sensoriales específicas. La Fig. 2 recoge la localización de tres áreas sensoriales primarias: el córtex visual, el córtex auditivo y el córtex somatosensorial. Las redes neuronales de estas áreas realizan un procesamiento primario de la información y envían impulsos nerviosos a las áreas de procesamiento sensorial superior, las cuales se ubican siempre en la proximidad de las áreas primarias. En ellas se realiza un procesamiento más detallado de la sensación y se produce una integración de distintos parámetros de actividad neural. Las áreas de asociación contienen redes neuronales sobre las que convergen impulsos nerviosos de varias áreas superiores, teniendo lugar en ellas una integración de diferentes sensaciones (integración polimodal) las cuales son la base de las percepciones complejas. La corteza parieto-temporo-occipital, la prefrontal y la límbica son áreas de asociación; la primera de ellas, la amplia zona de confluencia o tránsito entre los lóbulos parietal, temporal y occipital es



Hemisferio cerebral derecho. (s), área receptora primaria de la sensibilidad general del cuerpo. (a), área receptora primaria de la audición. (v), área receptora primaria de la visión. En gris (vps) se representan las áreas visuales de procesamiento superior. Las flechas señalan áreas asociativas de integración.



una zona de percepciones polimodales en relación con la vista, la audición y la sensación corporal.

Se puede afirmar que las sensopercepciones están localizadas en el cerebro, pero con las siguientes consideraciones:

- Regiones concretas del córtex cerebral pueden realizar operaciones de procesamiento informativo muy elemental.

- Ciertas áreas cerebrales están más implicadas que otras en un determinado tipo de función, pero eso no quiere decir que lo esté exclusivamente.

- Las áreas corticales y por tanto los mapas, están interconectados ampliamente; las redes neuronales se conectan en serie y en paralelo integrándose así diferentes modalidades sensoperceptivas. La gran mayoría de las funciones mentales requiere la acción integrada de redes neuronales de diferentes regiones. La amplitud de la red neural de representación favorece el que una lesión cerebral de un área concreta no anule completamente una facultad, pero confiere a la actividad cognitiva una extraordinaria complejidad estructural.

Sentir y percibir

Sensación y percepción son términos subjetivos y por eso mismo han sido objeto de múltiples definiciones procedentes de la filosofía, la psicología y la fisiología, incluso del mundo del arte. Sentir es distinto de percibir, sin embargo son procesos indisolubles de una misma función: la adquisición del conocimiento de las cosas del mundo sensible. El término

sensopercepción integra estos dos procesos y da una idea unitaria desde el punto de vista neurobiológico.

Sentir es detectar de un modo inmediato los estímulos sensoriales. La detección se hace como impresiones subjetivas asociadas a los estímulos y que constituyen los elementos de la sensación. Podemos percatarnos de elementos como un sonido, una luz, sentir frío, notar algo que nos roza, etc. Según señaló el gran psicólogo Hebb (2) la sensación es la actividad de una vía informativa que alcanza las áreas receptoras primarias. Dado que las áreas receptoras primarias son la puerta de entrada de la información al cerebro, el resultado de una lesión en ellas es la ausencia de una modalidad sensorial y, naturalmente, también de la percepción.

Percibir es interpretar, descifrar el mensaje sensorial. Es un proceso de identificación integrada de los estímulos en una categoría. Percibir es oír un conjunto de sonidos y reconocer una nota musical o una melodía concreta, un ladrido de un perro, una voz y también que es una voz concreta. Es ver un color e identificar que es el azul del mar, es sentir un suave tacto en los dedos y decir que es “como el pétalo de una flor”.

Toda percepción implica integración de información, establecimiento de categorías y reconocimiento.

Reconocer es esencial a la percepción. Si no creemos en las ideas innatas es preciso asumir que la percepción se elabora con la experiencia, se adquiere por la interacción continua con el medio físico y cultural (baste recordar aquí lo expuesto en el capítulo 1 sobre la capacidad de modificación de los módulos corticales en los mapas sensoperceptivos o los déficits perceptivos que se siguen tras privación sensorial en etapas críticas del desarrollo). Podemos sentir que tocamos algo pero percibir, por ejemplo, que se trata de una tiza, es un acto de experiencia. Reconocer una planta y saber además que es una rosa, es algo que es preciso aprender; lo hacemos gracias a la organización de nuestros circuitos neuronales plásticos. Es claro el vínculo entre percepción y memoria, ambos procesos comparten redes, neuronas y conexiones, y cada nueva percepción añade conexiones (asociaciones) a una red preexistente (3).

Al percibir integramos los datos de la experiencia sensible para elaborar una categoría perceptiva que nos hace identificar la cosa como diferente de otra o perteneciente a ella. La integración es una cuestión de procesamiento elaborado de la información sensorial, un problema de complejas computaciones bioeléctricas en los módulos corticales. Según

Hebb es el resultado de la acción conjunta de las áreas receptoras primarias, de integración superior y asociativas. Es la lesión de las áreas de integración superior y asociativas lo que produce las agnosias. El grado de integración que se logra depende de la estructura del cerebro, por lo que la capacidad para establecer categorías perceptivas depende del grado de evolución del cerebro, y, dentro de cada especie, de sus capacidades innatas y de sus posibilidades de aprendizaje. El mayor desarrollo de estas áreas en el hombre permite a éste elaborar un complejo mundo de categorías, y, además, como la percepción humana se impregna del lenguaje, la posibilidades categoriales se hacen casi ilimitadas.

LA NATURALEZA DE LAS REPRESENTACIONES INTERNAS

¿Reproducimos la realidad?

El conocimiento que el sujeto cognescente tiene de la realidad que le rodea es uno de los tópicos del pensamiento a lo largo de la historia. La realidad puede ser negada como expuso Berkeley –un importante filósofo y misionero anglicano de la primera mitad del s. XVIII–. Las cosas del mundo nos son dadas como fenómeno de nuestra conciencia, solo existen en el espíritu que las percibe (reflejo del espíritu de Dios), y fuera de él no son nada. “Esse est percipi”: el ser de las cosas consiste únicamente en ser percibidas. Este modo de pensar que niega la existencia de una realidad exterior al espíritu se denomina idealismo. Arthur Schopenhauer en su obra “El Mundo como voluntad y representación” expresa esta cuestión diciendo: “...todo lo que puede ser conocido, es decir, el universo entero, no es objeto mas que para un sujeto, percepción del que percibe; en una palabra: representación”.

Que el mundo es representación es algo que parece irrefutable, pero resulta inadmisibile al sentido común considerarlo únicamente como tal. Negar la realidad en sí misma de lo cognoscible lleva al disparate que nos relata con humor y cinismo el dramaturgo Berthol Brecht en “Turandot, o el congreso de los exculpadores”:

Maestro: Si Fu, nombradnos las preguntas principales de la filosofía.

Si Fu: ¿Existen las cosas fuera de nosotros, para sí, también sin nosotros, o existen las cosas en nosotros, para nosotros y no existen sin nosotros?

Maestro: ¿Cuál es la opinión correcta?

Si Fu: No se ha tomado ninguna decisión.



Maestro: ¿Por qué opinión se inclina últimamente la mayoría de nuestros filósofos?

Si Fu: Las cosas existen fuera de nosotros, para sí, también sin nosotros.

Maestro: ¿Por qué permanece la pregunta irresuelta?

Si Fu: El congreso que debía decidir tuvo lugar, como viene ocurriendo desde hace doscientos años, en el convento de Mi Sang, el cual está a orillas del río Amarillo. La pregunta era: ¿existe realmente el río Amarillo, o existe sólo en nuestras cabezas? Pero durante el congreso, se derritió la nieve en las montañas, y el río Amarillo se desbordó por encima de sus orillas y arrastró el convento de Mi Sang con todos los participantes en el congreso. Y así, no pudo aportarse la prueba de que las cosas existen fuera de nosotros, para sí y también sin nosotros”.

Las modernas investigaciones cerebrales parecen dar la razón a algunos grandes pensadores como Immanuel Kant que abordaron desde la reflexión filosófica el problema del conocimiento que la mente tiene de la realidad. En la “Crítica de la Razón Pura”, Kant afirma que la mente construye la realidad conforme a categorías preexistentes (preconocimiento), que son el espacio, el tiempo y la causalidad, independientes de los estímulos. Los sentidos –dice Kant– nos suministran “miradas de información”, pero el preconocimiento organiza el material que se ofrece a la experiencia sensorial. Los sentidos nos proporcionan sensaciones, la materia prima, pero hay algo en nosotros que ordena las sensaciones en una unidad espacial, temporal y causal que transforma la materia prima en una materia formada, una representación. En el caso del espacio, por ejemplo, (al que Kant definía como una “forma pura de la intuición”) lo que nos dice el filósofo es que somos nosotros, el sujeto que conoce, el que lleva la representación espacial a las “cosas”, el sistema sensorial del ser humano está organizado de tal manera que todo lo que percibimos se nos manifiesta como una yuxtaposición en el espacio.

En definitiva, lo que podemos conocer hemos de hacerlo bajo las condiciones de nuestra mente, que elabora las sensaciones con el auxilio de leyes necesarias de nuestro entendimiento.

Así, la percepción es un proceso constructivo, activo, no pasivo –como afirmaba Locke– para quien la mente es como una hoja en blanco sobre las que las ideas se escriben sin participación de la estructura mental.

Que la percepción es un proceso interactivo entre lo dado y la mente fue también profundamente investigado a principios del s. XX por los pioneros de la psicología de la Gestalt (forma) como Wertheimer, Kofka y Köhler. Lo que nos vienen a decir es que el cerebro tiene una capacidad

innata de organizar las sensaciones según unos modos característicos. El cerebro crea activamente una forma perceptiva que es una interrelación, no una suma de partes del objeto.

Es decir, nuestras percepciones no son registros directos del mundo que nos rodea sino que se construyen internamente siguiendo reglas internas y constricciones impuestas por las capacidades del sistema nervioso. Decir que la percepción es un proceso constructivo quiere significar que no sólo depende de la información intrínseca del estímulo sino que depende también de la estructura cerebral de quien lo percibe. El cerebro tiene reglas específicas que le permiten organizar el conocimiento. Estas reglas son la organización morfológica y funcional de sus redes neuronales las cuales han sido establecidas por los genes a lo largo de la evolución. Vemos el mundo con las reglas de juego que nos imponen los genes.

El neurofisiólogo Mountcastle, uno de los investigadores fundamentales de la corteza cerebral afirma: “Todos creemos vivir directamente inmersos en el mundo que nos rodea, sentir sus objetos y acontecimientos con precisión, y vivir en el tiempo real y ordinario. Afirmando que todo esto no es más que una ilusión perceptiva dado que todos nosotros nos enfrentamos al mundo desde un cerebro que se halla conectado con lo que está “ahí afuera” a través de unos cuantos millones de frágiles fibras nerviosas. Esos son nuestros únicos canales de información, nuestras líneas vitales con la realidad. Estas fibras nerviosas sensoriales no son registradores fieles de alta fidelidad, dado que acentúan ciertas características del estímulo mientras que desprecian otras. La corteza es un contador de historias y nunca resulta completamente fiable, permitiendo distorsiones de cualidad y de medida. La senso-percepción es una abstracción no una réplica del mundo real”.

Y si la representación perceptiva es un constructo mental, entonces, lo que denominamos color, forma, sonido, olor o sabor, es una creación cerebral, no existen, como tales, fuera del cerebro. La pregunta que inquieta a los filósofos puede ser contestada: ¿el árbol que cae en el bosque hace ruido? Sólo si alguien lo escucha. La caída produce cambios de la presión de aire (estímulo sensorial) pero no crea sonido. El sonido se crea cuando hay un cerebro próximo que lo escucha.

En definitiva, las enseñanzas de Kant, de la psicología de la Gestalt y de la actual neurociencia nos permiten afirmar que el cerebro no copia la realidad, no filma evidentemente lo real. Si tuviéramos que imaginar el cerebro como un aparato de televisión –dice, Francis Crick– habría que preguntarse quién mira ese aparato, y, por tanto, volveríamos a la teoría del

“fantasma del homúnculo” en el interior del cerebro. La percepción no es una copia del mundo real (existente), es una representación según leyes innatas (las redes neuronales construidas por los genes) y leyes del aprendizaje, bajo control genético, pero flexibles y con capacidad de modificar la percepción dentro de los límites que los genes imponen. La representación es reconstrucción y manipulación de lo real.

El fenómeno sensorio-perceptivo es una interacción entre las energías exteriores y los genes, por ella, los genes “se asoman al mundo” después de haber construido un cerebro a lo largo de la evolución.

El perfume de la rosa

He aquí el verdadero fondo de la cuestión. Hemos visto la participación del cerebro en la sensorio-percepción, y hemos visto que ésta es una representación de una realidad exterior. Pero, ¿qué sucede en la corteza cerebral durante el acto perceptivo? Por las redes neuronales cerebrales ensambladas en complejísimos circuitos transitan impulsos bioeléctricos que movilizan átomos y moléculas. Los procesos físico-químicos que transcurren por las redes neuronales son, en cuanto tal, extraños a nuestra conciencia (como si fueran algo distinto); el sujeto percibe (conoce) un sonido determinado, no el impulso nervioso que viaja por la vía acústica hasta la corteza auditiva. ¿Qué relación hay entre la actividad bioeléctrica de redes neuronales específicas y las vivencias o experiencias del sujeto? ¿Cómo representa el cerebro el perfume de una rosa, el color azul del mar o las primeras notas musicales de la “Para Elisa” de Beethoven? Aprender cual es la naturaleza de las representaciones internas es la vía para comenzar a comprender en profundidad los fundamentos biológicos de la mente. Una investigación inaccesible hasta hace pocos años, que comienza a abordarse por la actual neurociencia, y que constituye uno de los grandes retos de la investigación cerebral. La convergencia de estudios procedentes de la psicología cognitiva (que analiza, mide y cualifica los sucesos mentales) con los de investigaciones cerebrales experimentales y clínicas realizadas con las modernas técnicas parecen ser un procedimiento metodológico válido y prometedor.

La comprensión de qué son las representaciones internas está lleno de dificultades porque ignoramos en gran medida cuáles son los componentes que participan en una operación mental concreta como pensar, percibir, recordar, etc. Aparentemente, cada proceso mental es algo que se nos presenta como indivisible y separado de otros procesos mentales. Intuitivamente todos nosotros pensamos que los hechos que se ofrecen a nuestra experiencia son indivisibles; subjetivamente las vivencias que te-

nemos de una operación mental concreta como, por ejemplo, reconocer un paisaje de la infancia, nos parece indivisible e inmediata. Un ejemplo clásico es el conocimiento que tenemos de la “abuela”. Da la impresión subjetiva de que la abuela está almacenada como algo unificado en nuestra mente. Esa representación unificada –en una especie de cajón cerebral– nos es igualmente accesible tanto si vemos a la abuela, la oímos o pensamos en ella.

Sin embargo, no es así. La Psicología Cognitiva nos enseña que todas las funciones mentales son “disecables” y que es posible dividir las en subfunciones. Esto es algo importante pues quiere decir que a la vivencia unificada del sujeto subyacen procesos y operaciones mentales distintas.

Elizabeth Warrington (4) trabajando con sujetos normales y pacientes mediante técnicas de PET afirma que nuestro almacenamiento de las cosas no se hace en forma de una representación general, sino que las representaciones se subdividen en categorías distintas y específicas. Traducido a términos cerebrales diríamos que las categorías representan modalidades senso-topológicas distintas de información. Hay redes neuronales específicas implicadas en categorías específicas de conocimiento. Por ejemplo, la percepción de seres animados o inanimados implica participación de redes neuronales de áreas corticales distintas. El reconocimiento de seres inanimados (un martillo) implica participación específica de zonas del área premotora y del lóbulo temporal izquierdo mientras que la percepción de seres animados (un elefante) implica la actividad de áreas del lóbulo occipital izquierdo. Una lesión del lóbulo temporal izquierdo produce una agnosia visual de herramientas y no de seres animados.

Estas investigaciones ponen de manifiesto algo realmente relevante con relación a las representaciones internas: las redes neuronales que se activan durante la percepción son dependientes, en parte, de las propiedades intrínsecas del objeto presentado. Más adelante volveremos sobre esta importante cuestión.

Imágenes mentales

La representación interna construida en la percepción puede ser evocada o imaginada. Cuando percibimos el objeto silla hacemos una representación mental que se puede volver a formar siempre que imaginemos el objeto silla. Experimentos psicológicos muy inteligentes han permitido constatar la realidad material de las representaciones construidas en nuestro cerebro de los objetos de la realidad.

En una serie de experimentos Shepard y colaboradores (5) presentaban objetos a individuos en una pantalla de ordenador. Por ejemplo figuras de cubos unidos en diferentes perspectivas; en realidad es la misma composición, el mismo objeto, pero rotado en ángulos diferentes. Al observar las figuras en la pantalla, el sujeto se da cuenta, tras un tiempo, que es el mismo objeto rotado. El experimento consiste en medir ese tiempo. El resultado es sorprendente. El tiempo que tarda el individuo en percatarse de que es el mismo objeto es directamente proporcional al ángulo de rotación. Si el ángulo de rotación entre las dos figuras es pequeño el tiempo es más breve que si el ángulo es mayor. Se puede deducir que el individuo realiza una especie de rotación mental que es análoga a la que tiene lugar en el mundo físico.

Otra experiencia sorprendente fue realizada por Kosslyn (6). En ella se pedía a unos sujetos que dibujasen el mapa de una isla, por ejemplo la “Isla del Tesoro” (Fig. 3), poniendo repartidos en el mapa los elementos pertinentes: el barco pirata, el cofre del tesoro, el cocotero, la playa, la choza, la cueva, etc. Tras realizar el dibujo se les quita el mapa y se les pide que, colocándose mentalmente en una zona del mapa, busquen también mentalmente la posición de los objetos del mapa que el experimentador va enunciando. Cuando el sujeto encuentra el objeto se mide el tiempo. El resultado es igualmente sorprendente. El tiempo que tarda es directamente proporcional a las distancias reales a que están los objetos en el mapa desde el punto mental de observación. Puede deducirse que el mapa mental, las representaciones internas que hemos construido, con-

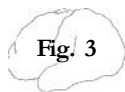
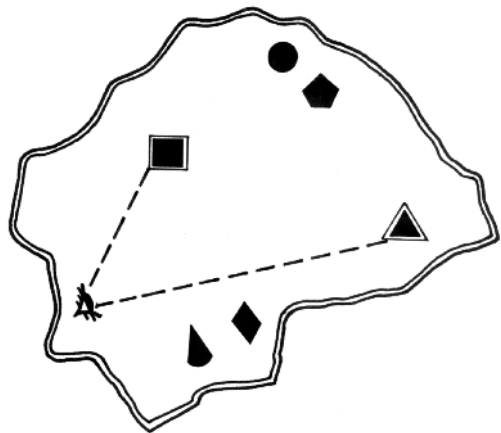


Fig. 3

“La isla del tesoro”: experimento de Kosslyn para mostrar la realidad de las imágenes mentales. Tras dibujar diferentes objetos o seres animados en el mapa de una isla, el sujeto debe, colocándose en una posición determinada, localizar mentalmente la posición de los objetos dibujados.



tienen la misma información sobre las distancias que el mapa real. Nuestras representaciones mentales son unidades materiales, concordantes con la realidad, medibles y analizables. En palabras de Cooper y Shepard (7): “Las reglas que gobiernan estructuras y movimientos en el mundo físico quizá se hayan incorporado, a lo largo de la historia evolutiva, a la maquinaria perceptiva del hombre, dando lugar a correspondencias demostrables entre la imaginación mental y sus análogos físicos. Empezamos a distinguir aquí una mecánica mental tan precisa como el esquematismo innato propugnado por Chomsky para el lenguaje”.

Para adentrarnos en la naturaleza de las representaciones internas analizaremos la sensopercepción visual.

¿Qué es y dónde está?

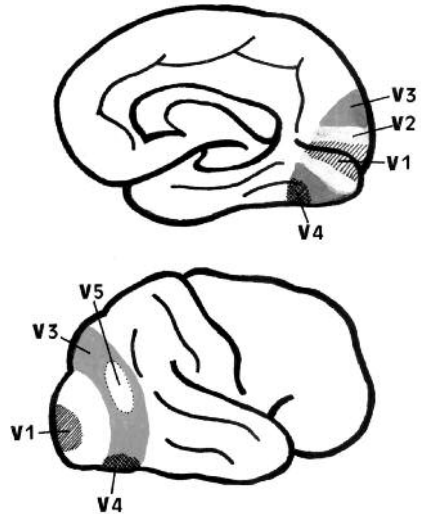
Los receptores de la sensopercepción visual (fotorreceptores) se sitúan en la retina; son los conos y bastones, células especializadas que transforman estímulos visuales –en forma de energía electromagnética– en impulsos nerviosos. Sobre la membrana celular de los fotorreceptores sinapta la neurona bipolar –primera neurona de la vía visual– que se ubica en el espesor de la propia retina. La prolongación axónica de la neurona bipolar sinapta con la neurona ganglionar situada, también, en la retina; las células ganglionares emiten axones que se proyectan fuera del ojo en dirección al tálamo, en uno de cuyos núcleos, el cuerpo geniculado externo, se sitúan las terceras neuronas de la vía visual. En su trayecto hacia el tálamo, los axones de las células ganglionares discurren por el nervio óptico, el quiasma y la cintilla óptica. En el quiasma óptico se cruzan la mitad de las fibras de cada retina. Si dividimos la retina en dos mitades, una nasal (la más próxima a la nariz) y otra temporal, las fibras que se cruzan en el quiasma son los axones de las células ganglionares de la mitad nasal, las cuales alcanzarán el hemisferio cerebral contralateral por medio de la correspondiente cintilla óptica. Por problemas de índole óptica, que no vamos a precisar aquí, la mitad de un campo visual (área que vemos con los ojos fijos) estimula las neuronas retinianas de la mitad nasal de una retina y la mitad temporal de la otra; en consecuencia, debido al cruzamiento en el quiasma cada hemisferio cerebral recoge información sensorial de la mitad contralateral del campo visual (el hemisferio derecho ve el campo visual izquierdo y al revés).

Las terceras neuronas del cuerpo geniculado externo emiten axones que viajan en la profundidad del hemisferio cerebral formando las radia-



Fig. 4

Representación de las áreas visuales humanas en el lóbulo occipital. Área visual primaria (V1). Áreas visuales de procesamiento superior (V2, V3, V4 y V5).



ciones ópticas y penetran en los módulos de la corteza visual primaria, una de las regiones cerebrales más estudiadas del hombre y de los animales. Es el área V1 (área 17 de Brodmann) y se sitúa en el polo y cara interna del lóbulo occipital, entorno a un profundo surco cerebral, la fisura calcarina (Fig. 4). Los módulos de V1 se proyectan hacia los módulos de áreas visuales de orden superior ubicadas en el lóbulo occipital. Son el área V2 (área 18 de Brodmann) y las áreas V3, V4 y V5 que, en el hombre, forman parte del área 19 del lóbulo occipital. V3 se dispone como una franja entorno a V2; V4 se sitúa en la cara inferior del lóbulo occipital, en tránsito a la cara inferior del lóbulo temporal; V5 se ubica en la cara externa del lóbulo occipital. El área V1 también se proyecta a través del cuerpo calloso en el área visual del hemisferio contralateral, lo que contribuye a la percepción unitaria que percibimos del mundo.

Cualquier objeto que se enfrenta a la percepción del cerebro de los primates y del hombre es analizado conforme a unos parámetros de color y de forma (qué es) y de características espaciales generales como hacia dónde se mueve o a qué distancia está (dónde).

Desde hace pocos años sabemos que tres subsistemas neurales visuales procesan en paralelo la información visual: el subsistema procesador del color, el de la forma y el del movimiento y la distancia (Fig. 5).

a) Subsistema visual para el color: la vía parvocelular-blob-V4.

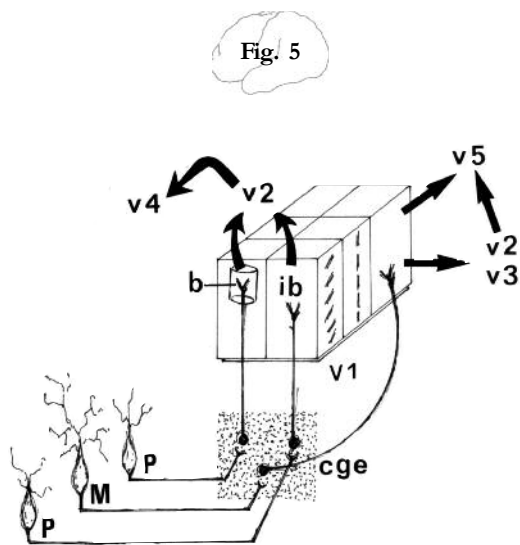
Comienza en un tipo de células ganglionares de la retina denominadas células P caracterizadas por tener un pequeño árbol dendrítico; sus axones sinaptan en pequeñas neuronas del cuerpo geniculado externo (neuronas parvocelulares que dan nombre a la vía). Los axones de las neuronas parvocelulares se proyectan en el área V1 sobre unos módulos corticales un tanto especiales denominados “blobs”, que tienen aspecto cilíndrico y ocupan las capas 2 y 3 de la corteza. De los “blobs” de V1 salen eferencias a territorios específicos en banda del área vecina V2 de los que parten conexiones al área de procesamiento superior V4.

b) Subsistema visual para la forma: vía parvocelular-interblob-V4.

Esta vía se origina también en células P de la retina cuyos axones sinaptan sobre neuronas parvocelulares específicas del cuerpo geniculado externo. Los axones de estas neuronas talámicas penetran en V1 proyectándose en módulos especiales denominados “interblobs”. De estos módulos salen proyecciones a V2 cuyas neuronas acaban proyectando sobre V4 y finalmente sobre la corteza temporal inferior.

c) Subsistema visual para el movimiento: vía magnocelular-bandas anchas-V5.

Se origina en una clase especial de células ganglionares de la retina, las células M. Se caracterizan por tener un gran árbol dendrítico. Su axón



Organización simplificada de los subsistemas visuales para el color, la forma y el movimiento. (M), neuronas magnocelulares de la retina. (P), neuronas parvocelulares de la retina. (cge), estación distribuidora del cuerpo geniculado externo. El bloque representa conjuntos modulares del área visual primaria (V1). (b), módulos “blobs”, para el color. (ib), módulos “interblobs” para la forma. Del área V1 sale información para procesarse organizadamente en otras áreas visuales.

se proyecta sobre un tipo de neuronas del cuerpo geniculado externo, que por ser mayores que los de otras capas se denominan neuronas magnocelulares. Los axones de estas células penetran en V1, de donde salen dos tipos de proyecciones a V5, una directa y otra indirecta a través de zonas específicas de las áreas V2 y V3.

Los tres subsistemas interactúan a varios niveles, preferentemente en los módulos corticales. Es claro que, ya desde la retina, la red visual se organiza específicamente para responder a estímulos determinados. Esta especificidad es muy notable en los módulos corticales. Sin embargo, nuestra percepción visual es global debido a que los subsistemas interactúan, sobre todo a nivel de las redes neuronales corticales permitiendo una integración progresiva y unitaria de la información.

Viendo una caja

¿Cómo construye el cerebro la forma de un objeto o de un ser animado? Esta pregunta se la plantearon los premios Nobel de Medicina Hubel y Wiesel y abordaron su resolución mediante ingeniosos experimentos en el cerebro del mono. Introduciendo microsondas en la corteza visual y detectando su actividad al presentar distintas señales luminosas en la retina del animal, se ha podido establecer que el subsistema visual para la forma, que hemos denominado vía parvocelular-interblob-4, consta de diversos tipos funcionales de neuronas. Hay neuronas simples, complejas e hipercomplejas.

El análisis de una imagen que se presenta ante el campo visual comienza en la retina. Los receptores retinianos transforman la luz en potenciales bioeléctricos que son procesados por la red visual. Un primer procesador son las células P de la retina, las cuales pertenecen al tipo de neuronas simples. Cada célula P procesa la señal cuando ésta es un punto de luz, o sea, que una célula P manda una señal al cerebro únicamente cuando “ve” un punto de luz. De este modo sucede que las células de la retina desintegran la imagen en puntos. La señal (un patrón de impulsos nerviosos) es emitida por el nervio óptico hacia el cuerpo geniculado externo, una estación de enlace en la profundidad del cerebro. Allí, otras neuronas simples procesan la señal y la envían a la corteza visual, donde como resultado de complejas computaciones bioeléctricas se procede a la integración progresiva de la imagen.

En las áreas visuales hay módulos corticales que responden sólo a líneas de distinta orientación en el espacio: oblicuas, verticales, horizonta-

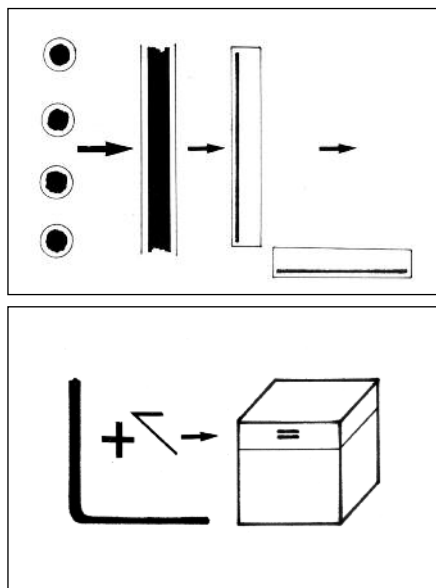


Fig. 6

Idealización del modo de procesamiento de la forma en el cerebro. Convergencia y abstracción de computaciones bioeléctricas en conjuntos neuronales que reconocen sucesivamente puntos, líneas, uniones de líneas (ángulos), contornos, etc, hasta “dibujar cerebralmente” una caja. (Modificado de Jastrow, 1981, “The Enchanted Loom”).

les. Estos módulos están formados por neuronas simples o complejas. Pues bien, si tenemos presente que una línea es un conjunto de puntos, podemos imaginar que –por ejemplo– un módulo para líneas verticales sólo se activará si recibe al tiempo entradas procedentes de neuronas simples estimuladas por una señal que agrupe un conjunto de puntos dispuestos verticalmente (Fig. 6). Los axones de estas neuronas pasan la señal a otros módulos constituidos por neuronas complejas e hipercomplejas, las cuales responden específicamente a señales en forma de ángulo o de borde. Como un ángulo es la unión de dos líneas, la señal que estimula –por ejemplo– un ángulo recto, es el resultado de la convergencia sobre el módulo angular de módulos que procesan dos líneas anguladas noventa grados.

El cerebro, por progresiva abstracción de información, va generando la silueta del objeto que tiene ante sus ojos. El fondo no importa, interesan las líneas, los bordes, los ángulos, los límites, el contorno. Gracias a esta información la corteza del área V4 y la temporal inferior reconocen la imagen, y lo hacen, ahorrando detalles, extrayendo la “esencia” del objeto. De esa manera, la cosa “caja” –por ejemplo– es vista en la corteza.

Categorías y cerebro

Si, como venimos anunciando, percibir es reconocer categorías distintas (clasificar cosas), ¿en qué consiste realmente esa identificación? Re-

cientemente, mediante el análisis experimental en primates de la percepción del movimiento, se ha podido establecer una precisa correlación entre el establecimiento de un juicio perceptivo (establecer una categoría diferenciadora) y la actividad cerebral.

La percepción del movimiento es de gran importancia evolutiva, una adaptación conseguida por la gran mayoría de los animales. Numerosos vertebrados sólo ven los objetos que se mueven.

El subsistema para la información del movimiento termina sobre el área V5; podemos así decir que el movimiento se representa en V5 (área que en el mono se corresponde con las áreas temporal media, TM y temporal superior media, TSM). En este área perceptiva para el movimiento las neuronas se organizan en módulos con una extraordinaria precisión; cada módulo es sensible exclusivamente al movimiento de un objeto en una dirección del espacio, la perpendicular al campo receptor de la red. En el conjunto del área hay módulos para todas las direcciones del espacio.

¿Qué relación guarda la actividad de estas redes neuronales de V5 con un juicio perceptivo sobre el movimiento? Una brillante experiencia realizada en primates ha permitido indagar esta cuestión (8). La investigación se basa en tratar de alterar la percepción mediante microestimulación selectiva de los módulos.

En una primera fase se entrenó a los monos para que informasen sobre la dirección del movimiento de puntos que se presentaban en el espacio mediante una pantalla. Así mismo se analizó la correlación entre la microestimulación de los módulos y la dirección del movimiento. Los diferentes módulos tienen tasas de descarga distinta. Pues bien, si se altera la tasa de descarga de la red neuronal de un módulo específico, el animal cambia el juicio perceptivo sobre el movimiento independientemente de lo que suceda en la pantalla y, además, el juicio corresponde con la dirección del movimiento específico codificado por el módulo que está siendo estimulado.

La conclusión de este experimento es notable. La tasa de descarga de una pequeña red neuronal (quizá no más de 200 neuronas del área V5) corresponde exactamente con un juicio perceptivo. Ahora podemos enunciar que una representación mental es, en términos cerebrales, un patrón de actividad específico en una red neuronal específica. Una representación mental es una computación bioeléctrica.

Lo que hace el cerebro es construir una representación interna del medio exterior. Esta construcción consiste en representar las energías exter-

nas como patrones de computaciones bioeléctricas. Los patrones de energías exteriores (variaciones determinadas del espectro electromagnético) se corresponden con patrones de computación en una red neural específica (ver un color concreto). De este modo la representación interna no es una réplica exacta de la realidad, pero se identifica con lo real externo.

Paul Churchland describe en varios modelos como se lleva a cabo la identificación entre lo externo y la representación. Vamos a comentarlo analizando la codificación de sabores y la codificación de rostros.

a) Codificación neural de sabores.

En las papilas gustativas de la lengua hay cuatro clases de células receptoras y cada una de ellas responde con una intensidad determinada ante una sustancia. Podemos representar con vectores la intensidad de estimulación de una sustancia concreta sobre las distintas células receptoras. Para simplificar su representación supondremos que solo hay tres clases de receptores (Fig. 7) y el nivel de estimulación de cada uno de ellos (I) es representado en el espacio tridimensional.

Cada sabor, por ejemplo azúcar o sal tiene un vector único de codificación que es el resultado de la estimulación distinta sobre tres receptores. Lo que significa que cada sensación es un patrón de niveles de estimulación de las células sensoriales o un patrón de computación bioeléctrica en la red neuronal responsable del gusto. Las características moleculares de una pera, por ejemplo, son, en definitiva, representadas como un patrón concreto de computación en redes neurales de las áreas perceptivas del gusto. Y es muy llamativo que sabores subjetivamente similares tengan patrones de codificación similares.

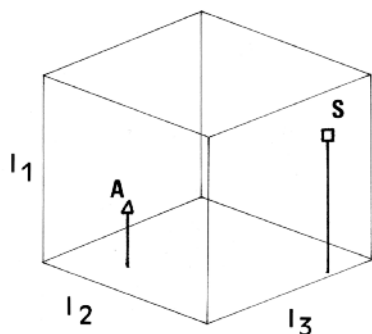


Fig. 7

Espacio neural para la codificación de sabores. (I), nivel de estimulación en un teórico espacio tridimensional (simplificado para tres tipos de receptores gustativos). Los sabores azúcar (A) o sal (S), tienen un vector único de codificación neural. (Modificado de Churchland, 1992).

b) Codificación neural de los rostros.

Todos tenemos una gran facilidad para reconocer las caras, realmente, es algo que aparece muy temprano en el desarrollo. Es posible, que este tipo de estímulos visuales sean preferentes para el cerebro por cuestión de supervivencia evolutiva, y sean, incluso, la base sobre la que se organiza toda la información visual. Los bebés tienen una notable preferencia por mirar objetos que son similares a caras, y hay un área cerebral especializada en su reconocimiento.

La capacidad de reconocer rostros puede derivarse de la integración de unos cuantos rasgos faciales de base que se representan en diferente grado. Los rasgos base son por ejemplo el tamaño de la nariz, distancia de los ojos, etc. Podemos suponer que cada uno de los rasgos es recogido por una red neuronal visual cuyo nivel de estimulación corresponde con el grado en que dicho elemento es exhibido. De este modo cada rostro tiene, igual que un sabor, un vector único de estimulación dentro de un teórico espacio de cualidades faciales. Si imaginamos que hay diez rasgos faciales a los que un ser humano es receptivo y que se pueden distinguir al menos cinco niveles dentro de cada rasgo nos encontramos con un espacio facial de 5^{10} , esto es, podemos codificar hasta 10 millones de rostros en las neuronas de la corteza parietal posterior derecha, área cerebral identificada por la patología y técnicas de PET como la zona de percepción de caras.

Genes y Representaciones internas

Las posibilidades de codificación de nuestro cerebro están previstas por los genes.

La olfacción es uno de los sistemas senso perceptivos mejor conocidos a nivel molecular. La aparente mayor simplicidad de su organización anatómica así como la accesibilidad de su estudio en diferentes tipos de mamíferos ha permitido profundizar en la comprensión de la relación entre los genes y la organización de la red neural que computa las representaciones olfatorias (9, 10).

El sistema olfatorio de los mamíferos reconoce el universo de olores mediante unos mil receptores moleculares pertenecientes a la superfamilia de receptores acoplados a la proteína G. Estos receptores son sintetizados a partir de los correspondientes mil genes receptores diferentes. Los receptores se encuentran en la membrana de unas prolongaciones ciliares, a modo de pelos, que tienen las neuronas sensoriales olfatorias

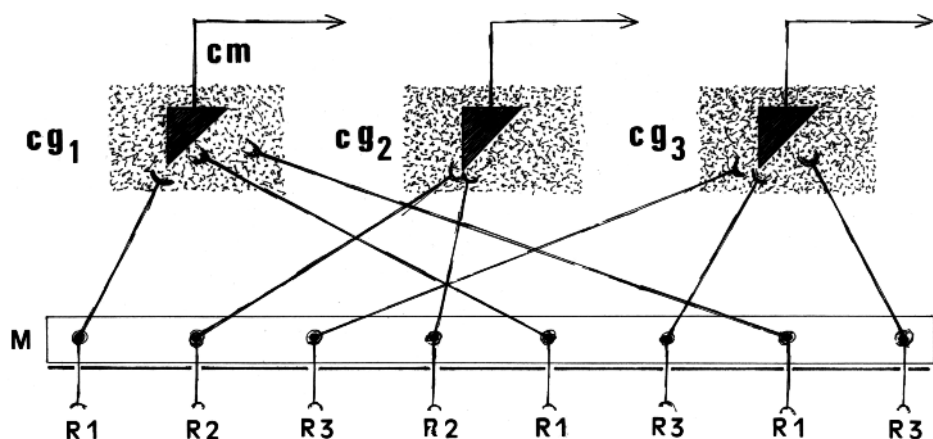


Fig. 8

Organización del sistema olfatorio. Las neuronas que expresan el mismo receptor (gen), están dispersas por la mucosa olfatoria (M), pero sinaptan sobre el mismo grupo de neuronas secundarias (cm: células mitrales del bulbo olfatorio), formando complejos glomerulares (cg). Las neuronas mitrales penetran en la corteza olfatoria.

(Fig. 8). Estas neuronas son a la vez el receptor y la primera neurona de la vía sensorial y están inmersas en el epitelio olfatorio de la mucosa nasal. Se sabe que la neurona sensorial expresa un solo tipo de receptor odorífero y que las neuronas que expresan el mismo receptor están dispersas aleatoriamente por la mucosa olfatoria. Pero, a pesar de esta dispersión, los axones de las neuronas que expresan el mismo gen receptor van a sinaptar sobre el mismo grupo de neuronas olfatorias secundarias (células mitrales y células en cepillo). El complejo sináptico ubicado en el bulbo olfatorio se denomina glómulo olfatorio. Los axones de estas neuronas secundarias se proyectan finalmente, de modo directo, en la corteza olfatoria.

Puesto que todas las neuronas que expresan el mismo receptor proyectan sobre unas pocas y concretas neuronas diana integrando las entradas informativas procedentes de un receptor, es apropiado pensar que las proteínas receptoras funcionan en la convergencia de los axones sobre sus dianas, es decir, son decisivas en las instrucciones para construir la red neural olfatoria. La relación entre gen receptor y organización de la red computacional es muy estrecha. Es determinante comprobar lo que sucede en otros sistemas sensorio-perceptivos aparentemente más complejos.

Cada olor tiene unas características moleculares que son recogidas por unos genes receptores determinados. A cada sustancia olorosa le corresponde un patrón de excitación específico. Las características moleculares de los distintos olores están representados en diferentes lugares del cerebro olfatorio.

“El que gana se queda con todo”

La Psicología de la Gestalt ha resaltado un principio psicológico sobre la importancia de la atención en la percepción de las cosas. Es un principio muy conocido según el cual al observar un objeto, ciertos rasgos se enfatizan y se les presta atención mientras que otros son ignorados. La frase “el que gana se queda con todo” ilustra este principio de la percepción. Lo que subyace es el papel esencial que la atención juega en el reconocimiento perceptivo.

Gran parte de la corteza cerebral asociativa juega un papel relevante en el proceso atencional, fundamentalmente el lóbulo prefrontal y la corteza parietal posterior. Una relevante experiencia de hace veinte años nos ha permitido deducir datos reveladores sobre la influencia de la actividad de extensas redes neurales en los procesos sensorio-perceptivos. A unos monos se les extirpó la corteza prefrontal, gran parte de la temporal y parietal, dejando casi exclusivamente el sistema visual y el cerebro límbico. A pesar que el animal tenía conservada toda la red visual y su cerebro motivacional, los animales se comportaban como ciegos y no encontraban el alimento que se les ponía delante. Este experimento muestra la importancia que tiene la interconexión de múltiples módulos corticales para cualquier función cerebral; la función de un área concreta depende de múltiples influencias que recibe de otras áreas. Pero un dato muy sugerente de este experimento es el que se deduce de la pérdida de influencia del lóbulo prefrontal. Las áreas prefrontales son zonas programadoras y planificadoras de conductas, de las tareas de acción del animal. Aunque el sistema visual estaba intacto, lo que podía mirar (el alimento) era incapaz de influir en su comportamiento debido a la desconexión del programador prefrontal, por lo que de hecho, aunque miraba no veía y no podía encontrarlo. Una de las hipótesis de los fenómenos alucinatorios por influjo de drogas o en procesos psicóticos se atribuye a la pérdida de control funcional que el lóbulo prefrontal ejerce sobre las áreas perceptivas, provocando, su “desvocamiento”.

Incapaz de actuar, la percepción carece de sentido; sentimos para algo, en función de una conducta que debemos adoptar y que requiere atención. El proceso atencional es el puente entre la información que el cere-

bro recibe y la acción consciente. Las áreas asociativas prefrontales son, como programadoras de conducta, un vínculo esencial con la atención.

Ann Treisman (11) ha establecido un modelo teórico, basado en sus experimentos de psicología cognitiva, sobre el modo en que trabaja el proceso de atención para conseguir la percepción consciente.

Según este modelo, las redes neuronales operativas en la percepción se organizan en dos estratos. Un estrato lo forman redes neuronales que contienen “mapas de rasgos” (por ejemplo de una imagen). En estos mapas las propiedades de la imagen se codifican en paralelo. Un estrato superior lo constituye el “mapa maestro”, en el cual se recibe información seleccionada de los mapas de rasgos y al integrarlos codifica en sus redes neuronales la clave de la imagen. El proceso atencional incide sobre el mapa maestro y en él combina los rasgos seleccionados. De este modo, sobre la información sensorial que el cerebro recibe de un rostro, en un momento podemos percibir los ojos, en otro los labios, etc. La atención opera seriadamente, guía la percepción y es inseparable de ella. Es –como decía William James– una especie de toma de posesión de la mente sobre uno de los procesos concretos que se ofrecen simultáneamente, es un filtro de la información que facilita el aprendizaje. La importancia de la atención en la percepción es esencial porque, a pesar del enorme flujo de información subconsciente que el cerebro recibe, “mi experiencia –dice William James– es lo que yo decido atender”. Comprender los mecanismos cerebrales de la atención es clave para comprender el fundamento de los estados conscientes.

Algunas zonas cerebrales parecen tener una relación más estrecha con los procesos atencionales. Observaciones efectuadas en cerebros humanos (12) muestran que cuando una persona cambia la atención sobre aspectos del campo visual hay una población de células de la corteza parietal posterior que se activa con una fuerte tasa de descargas. Experiencias realizadas en monos han mostrado que este área presenta una fuerte tasa de descargas neuronales cuando el animal atiende algo de su interés y se reduce si la atención a lo que se le presenta disminuye (13). A este respecto, Francis Crick ha sugerido que el mecanismo atencional puede reforzar la descarga de neuronas que responden a un rasgo al tiempo que debilita la actividad de neuronas que responden a otros.

EPÍLOGO

La sensopercepción es el proceso por el cual el cerebro se abre al conocimiento de la realidad. El modo en que el cerebro procesa la realidad exter-

na es mediante representaciones internas o mentales, las cuales son el acontecimiento perceptivo que se “identifica” con lo real (lo real fenoménico, en el sentido kantiano). En términos neuronales una representación interna es un patrón de computación bioeléctrica de las energías exteriores.

El cerebro construye las representaciones con el material que se ofrece a su sensibilidad y se hace conforme a unas reglas impuestas por las propiedades y la organización de las redes neuronales, las cuales han sido construidas por los genes en interacción con el medio a través de la evolución. Sobre la base de la formación de redes neuronales rígidas y estables, los genes han construido, también, circuitos plásticos que hacen posible la percepción.

Efectivamente, gracias a la plasticidad de las redes neuronales los mapas sensorio-perceptivos son modificables por el efecto del aprendizaje. De este modo la percepción está sometida a la experiencia –la acción de lo externo– y nos permite identificar, reconocer objetos nuevos y establecer categorías diferentes. Y construir nuestra propia intimidad cerebral, nuestro propio y personal paisaje neuronal.

Gracias a los genes y, a las reglas de juego que imponen, la representación interna es coherente con lo externo (pues es producto de una interacción evolutiva de millones de años entre el medio y los organismos) y, además, es constante y estable, de modo que nos permite ver el mundo en condiciones definidas para poder operar en él. La estabilidad de nuestro conocimiento de las cosas es esencial para la acción. Si esta constancia y estabilidad de las representaciones internas es una visión real de las cosas o una adaptación de la materia viva frente al mundo probabilístico que nos enseña la física teórica es algo que se escapa a nuestra comprensión actual.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía general

- BULLIER, J. (1983) Los mapas del cerebro. *Mundo Científico*. 31: 1196- 1212.
- CRICK, F. (1995). La búsqueda científica del alma. Ed. Debate. Madrid.
- CHURCHLAND, P. M. (1992). Materia y conciencia. Ed. Gedisa. Barcelona.

- FINGER, S. (1994). *Origins of neuroscience. A history of explorations into brain-function.* Oxford University Press.
- GAZZANIGA, M. S. (1994). *The Cognitive Neurosciences.* Cambridge, Mass: MITPress.
- GOLDMAN-RAKIC, P. S. (1988). Topography of cognition: Parallel and distributed networks in primate association cortex. *Ann. Rev. Neurosci.* 11: 137-156.
- GÓMEZ BOSQUE, P. y GÓMEZ CARRETERO, (1987). *Tratado de Psiconeurobiología.* Ed. Secretariado de Publicaciones Universidad de Valladolid.
- HUBEL, D. (1988). *Eye, Brain and Vision.* N. Y.: Scientific American Library.
- IMBERT, M. (1983) La neurobiología de la imagen. *Mundo Científico.* 27: 718-731.
- KANDEL, E. R., JESSELL, T. M. y SCHWARTZ, J. H. (1997). *Neurociencia y conducta.* Prentice Hall. Madrid.
- KOLB, B., y WHISHAW, I. Q. (1990). *Fundamentals of Human Neuropsychology.* N. Y.: Freeman.
- MOUNTCASTLE, V. B. (1975). The View from Within: Pathways to the Study of Perception. *The Johns Hopkins Med. J.* 136: 109-131.
- RUSSELL, B. (1921). *The Analysis of Mind.* George Allen and Unwin. Londres.
- SHALLICE, T. (1988). *From neuropsychology to mental structure.* Cambridge University Press.
- STÖRING, H. G. (1990). *Historia Universal de la Filosofía.* Ed. Tecnos. Madrid.
- ZEKI, S. A. (1993). *A vision of the brain.* Backwell Scientific Publications.

Bibliografía específica

- (1) GOLDMAN-RAKIC, P. S. (1992). La memoria funcional y la mente. *Investigación y Ciencia.* 194: 69-75.
- (2) HEBB, D. O. (1966). *A Textbook of Psychology.* W. B. Saunders. Philadelphia.
- (3) FUSTER, J. M. (1997). Redes de memoria. *Investigación y Ciencia.* 250: 74-83.
- (4) WARRINGTON, E. y MCCARTHY, R. A. (1987). Categories of Knowledge. *Brain* 110: 1273-1296.
- (5) SHEPARD, R. N. y METZLER, J. (1971). Mental rotation of three-dimensional objects. *Science.* 171: 701-703.
- (6) KOSLYN, S. M. (1980). *Image and Mind.* Harvard University Press. Cambridge, Massachussets.
- (7) COOPER, L. A. y SHEPARD, R. N. (1985). Rotación mental de los objetos. *Investigación y Ciencia.* 101: 70-77.
- (8) SALZMAN, C. D., BRITTEN, K. H. y NEWSOME, N. T. (1990). Cortical microstimulation influences perceptual judgments of motion detection. *Nature.* 346: 174-177.

- (9) BARGMANN, C. I. (1997). Olfactory Receptors, Vomeronasal Receptors, and the Organization of Olfactory Information. *Cell (Review)*. 90: 585-587.
- (10) MOMBAERTS, P., WANG, F., DULAC, C. CHAO, S., NEMES, A., MENDELSON, M., EDMONDSON, J. y AXEL, R. (1996). Visualizing an Olfactory Sensory Map. *Cell* 87: 675-686.
- (11) TREISMAN, A. (1988). Features and objects: The Fourteenth Barlett Memorial Lecture. *J. Exp. Psychol.* 40: 201-237.
- (12) CORBETTA, M., MIEZIN, F. M., SHULMAN, G. L. y PETERSEN, J. E. (1993). A PET study of visuospatial attention. *J. Neurosci.* 13: 1202-1226.
- (13) WURTZ, R. H. y GOLDBERG, M. E. (1989). The Neurobiology of Saccadic Eye Movement. *Reviews of Oculomotor Research*, Vol 3. Amsterdam: Elsevier.

LA PATOLOGÍA CEREBRAL Y EL CONOCIMIENTO DE NUESTRA MENTE

José M^a Izquierdo Rojo

La patología cerebral ha sido, a lo largo de la historia del hombre, una de las más abundantes fuentes de conocimiento de nuestra mente. El propio título de este trabajo implica ya una relación entre cerebro y mente, que hoy nos parece obvia, pero que le llevó al hombre siglos encontrar.

Para conocer las funciones, las propiedades y las características de nuestra mente, podemos aprovecharnos de la patología en tres distintos aspectos:

- Primero, de la patología “sensu stricto”, es decir de aquellas enfermedades del cerebro que aparecen espontáneamente en el hombre, y de cuya observación, descripción y estudio, cabe deducir conocimientos acerca de nuestra mente. Sería pues la patología espontánea o “sensu stricto”.

- Pero el hombre también puede provocar lesiones o enfermedades en los seres vivos, particularmente en los animales superiores, y en casos, también en otros hombres, o a sí mismo. Sería entonces una patología producida por el propio hombre, lo que constituye la base de la experimentación. Este sería un segundo modo de aproximarnos al tema que nos ocupa, tratar de ver lo que la patología provocada, o lo que es lo mismo, la experimentación, nos ha aportado al conocimiento de nuestra mente.

- Por último, podemos también obtener enseñanzas de la terapéutica, que es la consecuencia inmediata de la patología. Esta disciplina, la te-

rapéutica, es decir el arte de tratar y curar, también nos ha suministrado grandes conocimientos acerca del funcionamiento de nuestra mente.

Veamos un ejemplo de cada uno de estos tres aspectos, de cada una de estas tres fuentes de conocimiento.

Supongamos que una persona, un individuo normal, comienza a notar la existencia de un bulto, de una tumoración, en la región fronto-parietal izquierda de su cabeza, que crece, lenta pero inexorablemente, semana a semana.

Al cabo de un año, el paciente presenta una excrecencia del tamaño aproximado de media naranja, y en ese momento empieza a darse cuenta de que su voluntad, su mente, es incapaz de controlar los movimientos de su mano derecha. Posteriormente, movimientos semi-automáticos, como abrochar un botón, encender una cerilla o llevar una cuchara a la boca, se hacen imposibles. Progresivamente la parálisis va afectando a su mano y a su hombro, y en pocos meses se extiende a la pierna y al pie del mismo lado. Al cabo de algún tiempo, mientras la media naranja externa no deja de aumentar de volumen, el paciente está paralítico de todo su lado derecho.

La observación y el análisis de este caso puede llevarnos a la sospecha de que la capacidad de movimiento pudiera estar relacionada con la zona cerebral subyacente al tumor. El clínico sagaz pensará que si hay medio tumor que crece hacia afuera, tal vez el otro medio lo haya hecho hacia adentro, con lo que comprimirá y dañará la sustancia cerebral próxima.

Puede, pues, deducir que la capacidad de ejecutar movimientos con las extremidades ha de estar en relación con esa parte del cerebro, y también que es el cerebro izquierdo el que controla los movimientos de los miembros derechos. Dos importantes enseñanzas que nos ha suministrado la patología cerebral espontánea, la patología “sensu stricto”.

Supongamos ahora que el médico que ha observado este proceso desea obtener más seguridad en su conocimiento. Para ello se vale de un animal no muy alejado en la escala zoológica, un mono o un perro, por ejemplo. Anestesia al animal, y en la misma zona fronto-parietal en la que asentaba el tumor antes referido, provoca un grave traumatismo, un martillazo, por ejemplo, que le hunde al animal esa parte el cráneo, y a continuación observa las consecuencias.

El animal, muy probablemente, aunque no haya perdido por completo el movimiento, sí padecerá una gran torpeza y una notable debilidad en las extremidades contralaterales a la lesión.

En este caso ha sido una patología provocada, una experiencia, en definitiva, la que nos ha permitido conocer una importante facultad de la mente, como es la organización y realización del movimiento.

Volvamos, por último, al paciente paralítico. Acude al fin a un cirujano que le aconseja extirpar el tumor de su cráneo que ya tiene un tamaño alarmante. Se somete a la intervención en la que se descubre que, en efecto, la otra mitad del tumor esférico comprimía el cerebro subyacente. El tumor es extraído con éxito. A las pocas semanas el paciente comienza a mover su pierna, después su brazo y al fin logra manejar hábilmente su mano derecha. El observador analítico del caso concluirá que –ciertamente– la capacidad de mover las extremidades radica en esa área cerebral. Incluso también puede deducir que el movimiento se recupera en orden inverso al que siguió en su pérdida.

En este tercer supuesto, ha sido la terapéutica, es decir el método curativo (en este caso la cirugía) el que nos ha proporcionado un conocimiento acerca de nuestro cerebro. Patología espontánea, patología provocada y terapéutica para curar la patología, tres lados de un mismo triángulo y tres bocas de un mismo manantial que ha suministrado gran parte de los actuales conocimientos sobre nuestras mentes. Nos centraremos, en esta ocasión, tal como indica el título, en el primero de estos aspectos, en el de la aportación de la patología espontánea al conocimiento de nuestra mente, si bien, antes de entrar en el meollo de la cuestión, tal vez deberíamos intentar responder a dos preguntas ineludibles y relacionadas entre sí: ¿qué es la mente? y ¿dónde está la mente? Examinemos sucintamente ambas cuestiones.

¿Qué es la mente?

La palabra “mente” tiene, básicamente, tres acepciones.

1º La filosofía clásica y los diccionarios al uso la definen como “la potencia intelectual del alma”. A mí me parece que esto es enredar aún más las cosas, pues esta definición se apoya en tres palabras enigmáticas y que a su vez han de ser definidas, si queremos saber de qué partimos. “Potencia”, “intelecto” y especialmente “alma” están aún más necesitadas que la propia mente de un concepto preciso y una definición clara. No somos pocos los que pensamos que “alma” no es sino una palabra hueca y acomodaticia, sin base real alguna, y que tanto sirve para un roto como para un descosido. Si queremos ser rigurosos hemos de emplear palabras con significado “claro y distinto”, lo que no parece cumplirse en la anterior definición de mente.

2º La segunda acepción se entiende mejor, si bien no es la que hoy nos interesa. Relaciona la palabra “mente” con “propósito”, “voluntad”, “pensamiento”, como ocurre en las frases “en su mente está viajar a París” o bien “el asunto lo tengo in mente”, es decir en el pensamiento, no lo he abandonado.

3º En psicología suele definirse como el “conjunto de actividades y procesos psíquicos”, lo que parece algo más inteligible, aunque la palabra “psíquico” es decir relativo al alma, carece de precisión.

En el lenguaje habitual, el concepto de mente se hace con frecuencia sinónimo de intelecto, curso del pensamiento, razón, capacidad de raciocinio. Podría definirse como “conjunto de actividades y procesos intelectuales”, aunque en este caso habría que definir “intelectual”, con lo que estamos en situación parecida.

Esta última suele ser la acepción más empleada, como sucede en las frases: “los franceses tienen una mente cartesiana”, o “Jovellanos tenía una mente clara”. En otro extremo, pero con idéntico significado, estarían los vocablos “retrasado mental”, “débil mental” o “mentecato”, siendo este último el “mentis captus” es decir el fallo de mente. Se designa con ellos al individuo de pensamiento lento, torpe y desorganizado, incapaz de resolver problemas teóricos o prácticos y de adaptarse a las situaciones nuevas o inesperadas.

A lo largo de la historia del pensamiento, el concepto de mente ha evolucionado desde las primitivas concepciones espiritualistas hacia las biológicas y fisiológicas actuales.

San Agustín relaciona la mente con el alma, con el espíritu, siendo todo ello inmaterial. Habla de las tres potencias del alma: memoria, entendimiento y voluntad o amor. La mente es el propio espíritu, sinónimo del alma, que tiene el entendimiento como potencia.

Esto no soluciona el problema, sino que lo traslada, pues habría que preguntarse entonces ¿qué es el entendimiento? y ¿qué es el alma? Para responder a estas preguntas San Agustín recurre a la religión, a la fe, lo que ya no puede satisfacer a todos, sino sólo a los creyentes. Para San Agustín las ideas están alojadas en la mente divina.

El concepto de mente de Santo Tomás es igualmente sobrenatural. En el concilio de Viena explicó el filósofo cristiano que la mente o entendimiento tiene una operación propia, en la que no participa esencialmente el cuerpo. Por tanto, la mente –dice Santo Tomás– puede subsistir y ejercitar esa operación aun separada del sustrato corporal.

Razón, mente y espíritu serían para los escolásticos términos sinónimos, todos ellos inmateriales, espirituales, potencias del alma, que es el principio inmaterial, reflejo de Dios.

Respecto a lo que las ideas son en sí mismas, recogen los escolásticos el pensamiento de Platón y lo cristianizan. Platón decía que las ideas están en un mundo con existencia propia, el mundo de las ideas, donde existen y pululan. Las ideas, dice San Agustín, son inmateriales, y existen en la mente de Dios y en la del hombre en tanto que espejo de Dios, pues el ser humano es, para el obispo de Hipona “*imago Dei*”, imagen de Dios.

Nuestra opinión difiere notablemente de la expuesta. A mi juicio, las ideas no son sino corrientes eléctricas que circulan por circuitos neuronales. Cada idea se corresponde con una intensidad, un voltaje, una resistencia y un circuito determinados, pudiendo ser estos circuitos compartidos. Cada una de estas ideas puede ser almacenada en diminutas “pilas” o “baterías” intracelulares (lo que es la base de la memoria), en las que la energía eléctrica pasa a energía química, como en cualquier batería, y puede ser excitada por conexiones que aportan nuevas corrientes, lo que sería la base del recuerdo, de la evocación y de la asociación de ideas.

La mente humana sería pues un conjunto de neuronas donde se conectan y relacionan billones de corrientes eléctricas que circulan por millones de circuitos. Cuando estas corrientes tienen una complejidad determinada y se asocian a otras, constituyen las ideas. Las arborizaciones dendríticas de las neuronas, con sus billones de conexiones, serían el sustrato anatómico de la mente.

Las ideas permanecen en los circuitos y se almacenan, constituyendo las memorias de hechos recientes y de evocación. El niño aprende y almacena todo lo que le entra por los sentidos. Desde el conocimiento de su propio cuerpo y del espacio que ocupa, hasta el simbolismo de las palabras y de los números. El tacto, la vista, todos los sentidos, traducen energía mecánica, luminosa, etc. a eléctrica. Como electricidad permanece en el cerebro, circulando por circuitos o almacenada en baterías, y puede ser de nuevo convertida en energía mecánica por medio de los músculos, lo que nos permite responder a un estímulo, hablar o realizar un movimiento.

El camino hacia esta concepción biológica ha sido largo. Atisbos surgen en la Grecia clásica y más específicamente en el Renacimiento. Como tantas otras ramas del saber, la Medicina y la Filosofía empiezan en esta época a salir de las concepciones y explicaciones teosóficas y teocráticas para pasar a las antropológicas y biológicas.

El paso de lo “sobrenatural”, inmaterial, mágico, hacia lo natural, hacia los elementos y los átomos, que se inició en Grecia con el concepto de “physis”, naturaleza, este paso, digo, continúa y progresa en los fecundos años del Renacimiento, habiendo salvado y –a mi entender– superado el pensamiento mágico-religioso imperante en la Edad Media.

Así, para Nicolás de Cusa, hacia 1450, la mente es un espejo de la realidad. Es un espejo viviente, activo, que asimila la realidad circundante. La palabra asimilar viene de “similiare”, semejar, porque las ideas no serían la cosa misma, sino algo semejante a ella. Puede aquí ya percibirse una tendencia fisiológica, pues, dice el obispo de Cusa, las ideas reflejan la realidad. La mente sería el espejo activo que las refleja. Tiene pues que haber realidad para que haya ideas. Ya no están las ideas en un mundo propio, en otro mundo, como decía Platón, o en la mente de Dios, como afirmaba San Agustín. Nuestra mente, decía el cusano, es el reflejo de la realidad. Hoy podríamos decir que la realidad nos proporciona el “in-put”. Sin ella no hay ideas.

Aún más fisiológico, en el sentido de physis, de naturaleza, es el pensamiento de Spinoza, ya en el siglo XVII. Para Spinoza todo es naturaleza; no tiene sentido el espíritu. La mente sería el conjunto de ideas que se correspondería con el conjunto de las cosas. El pensamiento, afirma Spinoza, es tan naturaleza como pueda serlo una piedra.

También el filósofo inglés del XVII Thomas Hobbes sigue esta línea. Hobbes ya supone que los procesos psíquicos y mentales tienen un fundamento corporal y material. Su compatriota John Locke, algo posterior, lo expresa claramente cuando afirma que las ideas no son innatas, sino que se van adquiriendo por la experiencia. El “alma”, dice Locke, está en un principio vacía, “tamquam tabula rasa”, y es la experiencia la que va llenando el alma de ideas. Estas ideas pueden proceder de la percepción externa, a través de los sentidos, y constituyen las sensaciones, o bien de la percepción interna, constituyendo las reflexiones.

Para Locke las ideas simples provienen de las sensaciones y las complejas de las reflexiones, de la actividad de la mente. La formación de ideas complejas se basa en la memoria.

Si en los escritos de Locke sustituimos la palabra alma por “cerebro”, estaremos ya en una concepción fisiológica y actual de lo que es la mente.

Ideas similares exponen sensualistas y enciclopedistas, quienes a finales del siglo XVIII afirmaban sin ambages que la única vía del conocimiento es la sensación. Para ellos, todo en la naturaleza es materia, incluso el fundamento de la vida psíquica.

Muy clarividente y precursor, como en tantos otros campos, se muestra a comienzos de siglo Don José Ortega y Gasset, quien vincula la mente a la vida, ligándola así a la fisiología, a la naturaleza. Para Ortega, “la vida es el órgano mismo de la comprensión”, “la razón es la vida humana”. Su discípulo de idéntica clarividencia Julián Marías dice a este respecto que “sólo cuando la misma vida funciona como razón conseguimos entender algo humano” (7). En el *leitmotiv* de la filosofía de Ortega, la razón vital, aparecen íntimamente relacionados los conceptos de mente, razón, intelecto, con los de vida, experiencia personal, circunstancia. En cibernética podríamos decir que el procesador (mente) requiere estar unido a la información (circunstancia, experiencia) y a la energía que lo sostiene (vida) y que todos interaccionan y se influyen recíprocamente.

En los últimos años, y gracias a los progresos habidos en la neurofisiología, la bioquímica y la cibernética, el concepto de mente o intelecto ha ido saliendo del campo de la filosofía especulativa para ir entrando en el de la biología, la fisiología y la neurología.

Decía Augusto Comte que las ciencias, el humano saber, pasa por tres etapas. En la primera, cuando el hombre toma contacto con la realidad circundante, sólo tiene su intuición, estando aún falto de todo conocimiento científico, por lo que, para explicar los fenómenos que ocurren a su alrededor, ha de recurrir a la magia, a la religión, al mito. Es una etapa “espiritual”, animista, en la que priva el pensamiento mágico. Pensemos en las interpretaciones que durante siglos se dieron de enfermedades como la epilepsia o la ictericia, (endemoniados, embrujados, poseídos, etc.) y podremos así valorar la razón que le asiste al filósofo francés. Tampoco estará de más recordar que infinidad de epilépticas fueron quemadas vivas en la plaza pública, especialmente en Gran Bretaña y Europa central, acusadas de relación o posesión demoníaca, actos a los que no fue ajena la religión. La última bruja fue quemada en Europa en 1782.

En la segunda etapa, el saber humano se hace “natural”. Pasa de lo sobrenatural, mágico o espiritual, a lo real. El concepto de “physis”, naturaleza, es la base de esta etapa. Los fenómenos que nos rodean pueden explicarse por lo que las cosas son, por su naturaleza y propiedades, sin recurrir a la magia, a lo sobrenatural. En el ejemplo de la intelección de la enfermedad, esta fase correspondería a las interpretaciones humorales o “naturales” que nacen en Grecia en la medicina hipocrática. La epilepsia o la ictericia no son producto de los malos espíritus, de los miasmas o de la posesión demoníaca, sino del desequilibrio de los humores, o de la lesión anatómica que se ve y se palpa en el cerebro del animal enfermo.

La tercera etapa es la del conocimiento positivo, mensurativo, aquel en el que se puede cuantificar, medir o reproducir este conocimiento. El registro electroencefalográfico de las descargas neuronales excesivas de una crisis epiléptica, o la cuantificación de la bilirrubina en la sangre de un icterico, podrían ser las contrapartidas en los ejemplos que estamos utilizando, epilepsia e ictericia respectivamente.

Con el concepto de mente ocurre algo parecido. En una primera fase (platonismo, espiritualismo, filosofía escolástica) se recurre a los mitos, la magia o la religión para explicar las operaciones realizadas por la mente, que son consideradas actividades “espirituales”, inmateriales, sobrenaturales, propias del alma o del espíritu. En la segunda fase se ve la mente como algo “natural” (positivismo), como un almacén de sensaciones, de experiencias y de reflexiones, pero ligado al cuerpo humano y a su propiedad fundamental: la vida.

Decía Santo Tomás que la mente no necesita del cuerpo para funcionar. Siglos más tarde Ortega dirá que la razón es vital, que la razón es la vida humana.

En esta fase, la mente sale del campo espiritual, anímico, para entrar en el de la naturaleza, en el de la physis, haciéndose así concepto fisiológico. Con otras palabras, va progresivamente pasando del “mithos” al “logos”.

En la tercera etapa, que ahora se inicia, la mente debe ser conceptualizada como una gran central o estación electrónica por cuyos circuitos pasan corrientes eléctricas que son las ideas, que se relacionan y entremezclan, constituyendo la reflexión, creadora de nuevas corrientes, es decir de nuevas ideas.

Las corrientes tienen un patrón temporo-espacial determinado, así como una intensidad y un voltaje peculiares, y pueden almacenarse en “baterías” o en circuitos reverberantes, lo que constituye la memoria.

El aprendizaje sería un proceso de facilitación, en el sentido germánico de “bahnung”. Cuantas más veces pase una corriente determinada por un circuito, más fácil le será pasar de nuevo.

No es difícil entender así la mente, a pesar del drástico cambio que supone respecto de otras concepciones. Por ejemplo, la memoria ha pasado, de ser considerada potencia peculiar del alma, y por tanto sobrenatural, a mera propiedad de agendas electrónicas de bolsillo, y aún de simples ascensores y montacargas. Los ordenadores resuelven problemas,

hacen cálculos complejos y juegan al ajedrez, lo que significa la posesión de un cierto entendimiento. Y la voluntad, es obvio que puede resultar anulada por algunas drogas de molécula sencilla que, para desgracia de sus consumidores, llegan a dominarla por completo.

Creemos, por tanto, que la mente humana es, como el propio hombre, una reacción físico-química compleja, gobernada por una información genética codificada, y modulada por una información que va llegando a través de las experiencias, la cual puede modificar la propia reacción físico-química, y aún la primitiva información genética, el genoma, que debe, pues, ser considerado como la memoria de la especie y de su largo recorrido por la escala zoológica.

Nuestro genoma es la experiencia de la especie, que recoge, encierra y sintetiza la experiencia de la escala filogenética por la que atravesó el plasma germinal que ha llegado a ser humano y que se halla por tanto ahora en su peldaño más alto. En cierto sentido, nuestro código genético resume y alberga, en pocos milímetros, la mayor parte de la experiencia de la vida sobre el planeta.

¿Dónde está la mente?

La respuesta a esta pregunta puede ser precisa: la mente está en el cerebro. Y aún puede precisarse más: en algunas zonas del cerebro, y está constituida por un conjunto de corrientes eléctricas que circulan por circuitos formados por neuronas interconectadas. Estas corrientes son las ideas.

En el sistema nervioso hay también corrientes eléctricas que circulan por vías determinadas y que no se suelen llamar “ideas”. Tales serían las que estimulan el corazón en cada latido o las que hacen contraerse al estómago en la digestión. No las llamamos ideas porque carecen de conexiones habitualmente funcionantes, con lo que no tienen repercusión en gran número de neuronas, y consiguientemente no las llamamos “conscientes”, aunque pueden llegar a serlo si aumentan su difusión y repercusión, haciéndose, por ejemplo, dolorosas. Normalmente no somos conscientes de que tenemos intestino grueso, pero lo seremos de inmediato si sufrimos un espasmo doloroso de dicha parte del tubo digestivo. En este caso el número de neuronas que entran en juego aumenta, excitándose algunas corticales, con lo que tenemos la sensación de “consciencia”.

Como quiera que es la corteza cerebral el lugar en el que se realizan los miles de millones de conexiones que puede tener un circuito breve,

son las corrientes de la corteza las que constituyen las ideas, siendo su asociación y disociación continuas lo que llamamos reflexión.

La idea requiere una cierta complejidad. Si no la tiene, hablamos de impulso nervioso mas o menos aislado. Las primeras circulan fundamentalmente por lo que la neurología clásica viene llamando Sistema Nervioso de la vida de relación, y más específicamente la corteza cerebral, en tanto que los impulsos menos conectados lo hacen por el Sistema Nervioso vegetativo. Los más simples, que sólo poseen unas pocas conexiones, son los reflejos, que suelen ser muy similares o idénticos a los de animales inferiores.

Las corrientes que constituyen las ideas se forman en nuestro cerebro como resultado de la transformación de energías diversas en energía eléctrica, lo que ocurre en los receptores sensoriales.

La energía mecánica en la piel, la lumínica en la retina, la vibratoria en el oído, la química en el olfato y el gusto, todas se transforman en corrientes eléctricas que circulan por una vía propia y peculiar para cada una, aunque con innumerables conexiones, llegando después a su destino y almacén que es, en la mayor parte de los casos, distinto para cada una de ellas, si bien existen áreas de asociación y de almacenaje común. Estas áreas por las que circulan las ideas están, en su mayoría, en la corteza cerebral. Una vez más, la patología es muy ilustrativa. Los pacientes con demencia senil o con cualquier otro tipo de demencia, van perdiendo su capacidad ideatoria, simbólica y de reflexión de modo paralelo a la atrofia que se va produciendo en su corteza cerebral. Conservan funciones más sencillas, como la respiración o la contracción cardíaca, que requieren de escasas conexiones y tienen la facilitación de toda una vida por una misma vía, pero pierden la capacidad de relacionar unas ideas con otras, pues fallan las conexiones entre neuronas, y también las propias neuronas que mueren y son fagocitadas. A partir de los 35 años, aproximadamente, varios miles de neuronas mueren cada día. No es preciso recordar que el aprendizaje es mucho más sencillo en la niñez que en la vejez, a pesar de que el anciano tiene más experiencias.

La confirmación experimental la dio el fisiólogo ruso Paulow a comienzos de siglo. Hizo que algunos perros aprendieran ciertos simbolismos, como acudir al toque de una campana, por ejemplo. Posteriormente les extirpó gran parte de la corteza cerebral. Los perros perdieron todo lo aprendido y fueron incapaces de aprender de nuevo.

La relación entre neuronas y capacidad de aprendizaje es lineal, a juzgar por la escala zoológica. A mayor superficie cerebral, es decir corteza, mejor aprendizaje. El hombre tiene la máxima superficie, gracias a las circunvoluciones cerebrales, que hacen que el cerebro esté “arrugado” y pueda así tener gran superficie en un espacio pequeño. Los animales sin circunvoluciones se denominan “lisencéfalos” y tienen escasas posibilidades de aprender, en tanto que los llamados “gircencéfalos”, dotados de circunvoluciones, pueden hacerlo con más facilidad. El hombre es el más gircencéfalo, el de mayor número de circunvoluciones, seguido de los monos antropoides.

La relación entre neuronas y aprendizaje no sólo es lineal sino, en cierto modo, recíproca, pues si el aprendizaje necesita de las neuronas, también éstas necesitan aprender para poder desarrollarse en plenitud. La adquisición de nuevos conocimientos aumenta el número de conexiones y de espinas dendríticas, que es donde se producen contactos entre prolongaciones de las neuronas. En definitiva, este desarrollo neuronal por medio del aprendizaje no es más que la aplicación del principio biológico “todo órgano que no se usa se atrofia”, que también vale para las neuronas.

Esto se ha podido confirmar experimentalmente. Si se cierran los ojos de un gato con esparadrapo a los pocos días de nacer, el noventa por ciento de las neuronas del lóbulo occipital, que es el área visual, no se desarrollan.

Cuando se suministra información a las neuronas, es decir corrientes eléctricas provenientes de los sentidos, o de la reflexión, éstas van desarrollando más conexiones. Aparecen “espinas” en sus dendritas, que es donde se apoyan los axones de otras neuronas, desarrollándose así nuevas conexiones. Se ha demostrado que las ratas criadas en ambientes “ricos” es decir, en compañía, con estímulos adecuados, objetos para jugar, buena temperatura, etc. tenían un 50% más de contactos neuronales que las criadas en soledad y aislamiento. Las primeras aprendían a salir de un pequeño laberinto, para obtener comida, mucho más fácilmente que las segundas (9).

Estas modificaciones que el aprendizaje imprime en las neuronas (lo que constituye una forma de plasticidad neuronal) es máxima en edades tempranas y disminuye con el tiempo. Muy demostrativo es el caso de una pobre niña llamada Genie, hija de un padre con trastornos psíquicos, que a los veinte meses de edad fue recluida por su anormal padre en una pe-

queña habitación de la casa, en la que casi no podía ni moverse. Creció en aislamiento, sin oír ni ver apenas algo. Sólo le daban leche y purés. No tuvo cariño ni compañía. En trece años no salió de su minúscula celda. A pesar de que la madre afirmaba que la niña había nacido completamente normal, cuando la encontró la policía la niña no sabía ni comprendía nada. No hablaba ni entendía, no controlaba esfínteres ni masticaba. A pesar de recibir, después del suicidio de su padre y de su liberación, todo tipo de cuidados, algunas áreas cerebrales no se desarrollaron ya del modo adecuado, como pudo después saberse mediante test diversos, E.E.G. y diagnóstico por neuroimagen.

Esta influencia del aprendizaje en las neuronas, es decir en el cerebro, hace proféticas las palabras de Cajal cuando decía que “el trabajo no sólo sustituye al talento, sino que lo crea”. La plasticidad neuronal y el desarrollo de nuevas conexiones tras la información, da todo su sentido a la también profética frase del mismo Cajal cuando afirmaba que “todo hombre es escultor de su propio cerebro”.

Podemos pues concluir que la mente, pura y simplemente, está en el cerebro. Es el cerebro.

PATOLOGÍA ESPONTÁNEA

Habiendo tratado de esbozar una contestación, forzosamente sucinta, a las ya mencionadas preguntas ¿qué es la mente? y ¿dónde está la mente?, pasaremos a examinar las aportaciones de la patología a su conocimiento.

La observación empírica. Patología traumática

La relación mente-cerebro, que ahora nos parece tan obvia, precisó de varios siglos y aún milenios para ser observada y aceptada.

Probablemente el hombre primitivo se percatase, ya en los albores de la humanidad, de la importancia que la cabeza tiene para la vida. Quizá observase la gravedad de las heridas cefálicas y la habitual mejor evolución de las de los miembros; o la posibilidad de seguir viviendo con una extremidad amputada, frente a la imposibilidad de hacerlo sin cabeza. Tal vez se diese cuenta de que puede cortarse la cola de un animal sin graves consecuencias, pero no así la cabeza. Todo ello debió de inclinarle a atribuir al contenido de la cabeza un papel importante, que se ha ido plasmando

en los distintos lenguajes, otorgando al vocablo “cabeza” la connotación de importancia, principalidad, jefatura, “capitalidad”, etc.

Sin duda fueron las consecuencias de los traumatismos las fuentes que permitieron ir localizando en el cerebro las actividades vitales primero y más tarde las mentales.

En la Grecia homérica es muy probable que no localizasen las funciones intelectuales en el cerebro, pero sí eran en cambio, perfectamente sabedores de la importancia de este órgano para la vida. En la Iliada, hace Homero una bella descripción de la rápida y fatal evolución de un traumatismo craneoencefálico abierto, cuando relata el siguiente episodio del asedio de Troya por los aqueos: “A Herimante metiole Idomeneo el cruel bronce por la boca; la lanza le atravesó la cabeza por debajo del cerebro; rompió los blancos huesos y conmovió los dientes; los ojos llenáronse con la sangre que fluía de las narices y de la boca abierta, y la muerte, cual si fuese oscura nube, envolvió al guerrero”. (4)

Parece, en cambio, probable, que los egipcios –y a través de ellos la cultura helenística posterior– comenzasen ya a relacionar la actividad cerebral con las operaciones mentales, siempre a través de los datos que les proporcionaba la patología del cerebro, en este caso la traumática. En este sentido, hay descripciones egipcias en las que se constata la existencia de parálisis, diplopia y sordera después de traumatismos craneocerebrales. Se comienza así a relacionar el movimiento, la audición y la vista con idénticas funciones del cerebro.

Resulta muy probable que esto les llevase a relacionar también los órganos sensoriales con el cerebro, pues si un sujeto puede perder la visión tanto por alteración del ojo como del cerebro (como podían advertir después de algún grave traumatismo) cabe pensar que pudiera haber una próxima relación entre órganos que tienen similar función.

A la luz de todas las investigaciones antiguas y modernas, parece indudable que los egipcios localizaban en el cerebro las funciones mentales y psíquicas. Pocos datos tenemos acerca de la relación mente-cerebro en las civilizaciones de la América precolombina, aunque disponemos de indicios que sugieren su existencia, como el elevadísimo número de cráneos trepanados que ha sido hallado en algún yacimiento, que alcanza al diez por ciento de los sujetos, generalmente jóvenes. Esto indica que la finalidad de la trepanación no era terapéutica, sino que tal vez buscarse un cambio en la personalidad o en la conducta de los operados. De ser esto así,

la trepanación tan frecuente podría indicar una cierta y vaga relación entre cerebro o cabeza y personalidad o conducta.

En algunos textos de la medicina árabe, en la época de expansión de esta cultura, pueden leerse observaciones de secuelas psíquicas tras lesiones traumáticas cerebrales. En ellas se aprecia claramente que la patología cerebral traumática llevó a los médicos árabes a establecer la relación cerebro-mente. Dice así Avenzoar, médico árabe que vivió hacia los siglos XI-XII: “de aquellos a los que una vez abierto el cráneo se les daña la duramadre, lo cual es muy fácil, muy pocos se libran de la perturbación de la mente y de la inteligencia, quedando con daño en el sensorio”. (4)

Ya en el Renacimiento, las observaciones se multiplican. La cirugía cráneo-cerebral de esa época brilla con fulgor en España, Francia e Italia, donde se llevan a cabo trepanaciones por traumatismos graves, y se describen las lesiones y las secuelas. En su libro “de vulneribus capitis” (heridas de la cabeza) dice Andrés Alcázar que después de graves heridas “el enfermo se torna estúpido y como amedrentado... a causa del daño en el cerebro”. El mismo Alcázar considera el delirio (síntoma inequívocamente psíquico) “una de las señales de la incisión de la sustancia del cerebro”. (4) En esta misma línea, el extraordinario cirujano vallisoletano del siglo XVI, don Dionisio Daza Chacón dice lo siguiente: “porque de estar el hueso comprimiendo las membranas del cerebro síguese estar el herido estupefacto” (4). Hay pues una clara relación entre daño cerebral y alteraciones en la consciencia y en la actividad mental.

En épocas posteriores los médicos van haciéndose cada vez más conscientes de esta relación. Probablemente, la mera observación de la pérdida de conciencia que sigue a un fuerte golpe en la cabeza, lo que hoy llamamos conmoción cerebral, tuvo que dar que pensar a nuestros mayores, y llevarles a una forzosa relación entre actividad mental y cerebro.

De este modo, y con el correr de los siglos, el cerebro se va erigiendo en órgano “capital”, en ambos sentidos de la palabra, en detrimento del hígado y de otras vísceras abdominales, a las que tanta importancia se había dado en la antigüedad, tanto por los médicos como por los arúspices.

Quizás no haga falta recurrir a la sabiduría popular, que tan gráficamente se lleva la mano a la frente o el índice a la sien, cuando dice frases tan castizas como: “este no tiene de aquí”, “a ese la falta un tornillo”, “está un poco chiflado” o “me estoy quedando sin memoria”. La relación mente-cerebro es hoy día del dominio público.

El método anatomoclínico

La contribución de la patología al conocimiento de nuestra mente es máxima en el siglo XIX, gracias a la aplicación del método anatomoclínico.

Hasta ese momento, la relación lesión cerebral-trastorno mental, se establecía únicamente en los traumatismos, que son las lesiones externas, que se ven, y cuya causa se conoce. Podemos ver el destrozo traumático y podemos ver también las consecuencias. Esta había sido la fuente principal del conocimiento. Así aprendimos la importancia del cerebro para la vida y para la actividad mental.

En el método anatomoclínico procedemos de modo similar, aunque en orden inverso. Primero observamos las consecuencias, es decir los síntomas de la enfermedad, y después vemos la lesión que ha producido esos síntomas, mediante la autopsia del cadáver del paciente.

Por ejemplo, si un sujeto pierde repentinamente el movimiento de sus extremidades izquierdas, y posteriormente, tras su muerte, en la autopsia se evidencia una hemorragia en la región frontoparietal derecha, y este hallazgo se repite en varios pacientes, forzoso será concluir que esta zona cerebral tendrá relación con el movimiento de las extremidades contralaterales.

Esta es la base del método anatomoclínico: la rigurosa observación del enfermo y el no menos riguroso examen de las lesiones que presenta su cadáver. Con este método, la patología no sólo nos indica que la actividad mental reside en el cerebro, sino en qué partes o áreas del mismo, lo que marca el comienzo del conocimiento de las localizaciones cerebrales.

Ya en 1808, Gall localizó la función del lenguaje en áreas anteriores del cerebro, lo que confirmó Bouillard en 1825. En 1836, Dax de Sommiers presentó una memoria en el Congreso de Montpellier titulada: "Lesions de la moitié gauche de l'encephale coïncidant avec l'oubli de signes de la pensée" en la que ya relaciona claramente el lenguaje con el hemisferio izquierdo. (5)

En 1861, Paul Broca presentó en la Sociedad de Anatomía de París dos pacientes que habían perdido la facultad de hablar, y en 1863, en la Sociedad de Antropología de la misma ciudad expuso sus conclusiones, con los hallazgos de autopsia, en las que localiza el área del lenguaje en el pie de la tercera circunvolución frontal izquierda, lo que hoy se denomina área de Broca o del lenguaje hablado, o zona instrumental del lenguaje.

Observaciones similares siguieron a la de Broca, no sólo basadas en el método anatomoclínico, sino también en la experimentación. Como dice Laín Entralgo (6): “A partir de entonces, una brillante sucesión de trabajos experimentales (ablaciones y excitaciones localizadas) y de observaciones anatomoclínicas ha ido estableciendo, con precisión mayor o menor, las zonas de la corteza cerebral que gobiernan las principales actividades de la vida de relación. La localización prerrolándica de los “centros motores” fue obra sucesiva de G. Fritsch y Ed. Hitzig, D. Ferrier (1873-1875), Ch. E. Bevor y V. Horsley (1887-1888), A. S. F. Grünbaum y Ch. Sherrington (1901-1902) y H. Cushing (1909) a favor de la excitación eléctrica de la corteza; el carácter óptico del lóbulo occipital y la cisura calcarina, hallazgo de Ed. Hitzig (ceguera del perro tras la extirpación del lóbulo occipital, 1874), H. Munk (“ceguera psíquica”, 1878) y S. E. Henschen (1892); la condición sensorial de la zona postrolándica, descubrimiento de W. Betz (1874). En 1874 describió C. Wernicke la afasia sensorial, por él localizada en la parte posterior de la primera y la segunda circunvoluciones temporales izquierdas. La corteza cerebral vino así a constituirse en un mapa geográfico de funciones parciales autónomas y asociadas entre sí (Munk, Fleischig, Wernicke). La primera división sistemática del córtex en campos o áreas fue propuesta por K. Brodmann (1909)” (6).

La Patología y la imagen

Las localizaciones cerebrales nos permitieron hacer mapas geográficos del cerebro. Al disponer de mapas, los cirujanos podían moverse con cierta seguridad. Así nació la Neurocirugía, gracias –en gran parte– a las localizaciones cerebrales. Si un paciente padece un trastorno en una función cerebral determinada, podemos sospechar el lugar en el que asienta la lesión y tratar de extirparla, lo que –obviamente– resulta imposible si no sabemos donde se encuentra. Los mapas funcionales y topográficos del cerebro fueron y son auténticas cartas de navegación para los neurocirujanos.

Sin embargo, la correspondencia entre área cerebral y función mental, siendo habitualmente constante y relativamente exacta, tiene algunas variantes que en ocasiones la pueden hacer poco segura. Por ejemplo, algunos sujetos zurdos tienen el área del lenguaje en el lado derecho o en zona menos definida que la gran mayoría de la población (alrededor del 98%), que lo tiene en el izquierdo y en la región frontotemporal. Los lenguajes aprendidos, en individuos diestros, radican en áreas más extensas que la de Broca, peculiar del lenguaje materno.

Por ello, el cirujano ha buscado siempre el auxilio de la imagen antes de planear una intervención quirúrgica. Quien ha de abrir una cabeza en un lugar determinado, necesita datos exactos e inequívocos que le localicen la lesión con precisión, nitidez y claridad.

Sin entrar en el análisis de métodos ya antiguos, podemos afirmar que, desde los años ochenta, aproximadamente, disponemos de medios de diagnóstico por la imagen que nos permiten ver, en más de un noventa por ciento de los casos, la causa de los síntomas de un paciente neuroquirúrgico. Llegamos así a una especie de método anatómico-clínico en el que no es preciso esperar a la muerte del enfermo para realizar la autopsia, sino que su lesión puede ser perfectamente localizada y analizada en el vivo, sin el menor riesgo y con escasas o nulas molestias.

Las posibilidades que se han abierto con estas técnicas son extraordinarias. La TAC (tomografía axial computarizada), la R.M. (resonancia magnética), la TEP (tomografía por emisión de positrones) y otras (ecografía, spect, etc.) están confirmando a diario en miles de enfermos las observaciones clínicas y las localizaciones cerebrales que ya hicieron, tiempo ha, los sagaces clínicos de antaño.

El increíble desarrollo del diagnóstico por la imagen ha permitido lograr la “fotografía del pensamiento” como han llegado a decir algunos medios sensacionalistas. Sin emplear frases de tanto impacto, lo que sí es cierto es que en la pantalla de resonancia magnética se iluminan las áreas cerebrales que están en funcionamiento, destacando claramente sobre las que descansan. Cuando se pide a un sujeto que hable, es el área del lenguaje la que se activa, reflejándose esta activación en la pantalla. Así se ha visto que, además de las áreas clásicas de Broca y Wernicke, existen algunas zonas próximas que también intervienen en la elaboración del lenguaje. También se ha observado que si un sujeto cierra con fuerza la mano derecha, se ilumina el área motora izquierda, como enseñaba la neurología clásica, pero si aprieta la izquierda, se activan ambas áreas, izquierda y derecha, lo que no era conocido. Parece como si el hemisferio dominante tuviera que intervenir también para su propio lado.

Experiencias e investigaciones semejantes se están haciendo con el PET (tomografía por emisión de positrones), método que nos permite conocer el funcionamiento de las distintas áreas cerebrales en circunstancias variables, por medio del registro de su particular metabolismo.

De esta forma hemos llegado a conocer relativamente bien las funciones de las distintas áreas del cerebro y del encéfalo, lo que no quiere decir que las actividades que gobiernan estén allí exclusivamente, pues todas están interrelacionadas.

La emoción que siente una madre cuando ve y oye a su hijo, que es el solista de violín en un importante concierto, y que no es sino la traducción como vivencia de una corriente eléctrica que atraviesa el hipotálamo, esta emoción, digo, requiere del concurso de la vía óptica, de la auditiva, de las áreas de memoria (que reviven hechos pasados, la infancia, el aprendizaje del niño, etc.) las áreas de placer, las afectivas, etc. Aunque la emoción final probablemente sea una corriente que reverbere desde la corteza órbito-frontal al hipotálamo y región septal, las conexiones y las vías necesarias involucran gran parte del cerebro.

Mente y cerebro

Algo semejante a lo expresado para las emociones sucede con los pensamientos. Si entendemos por mente, como ya hemos indicado, el conjunto de corrientes eléctricas ampliamente conectadas que circulan por las neuronas, no cabe hablar de una localización precisa para la mente, pues en la reflexión, es decir, en el intercambio de circuitos por las corrientes, puede implicarse todo el cerebro. Sin embargo, ya antes indicábamos que existen impulsos simples y otros más conectados, más complejos, siendo las ideas los segundos. Por ello, aunque cualquier parte del cerebro puede ser atravesada por una corriente compleja (en el sentido de que implique varias vías o circuitos), es decir, por una idea, existen determinadas áreas que, por ser de asociación, reverberación e intercambio, serían “más mente” que otras que poseen menor número de conexiones.

De la misma manera que la vía terminal de una pequeña estación de ferrocarril de un pueblo aislado es también red ferroviaria, una corriente simple (de escasas conexiones) puede formar parte de la mente. Pero también existen importantísimos nudos ferroviarios que nos conectan con toda Europa, y estos serían los comparables a las áreas que en el cerebro se encuentran más involucradas en nuestro concepto de mente.

Y ¿cuáles son estas áreas? Algunas son particularmente ideatorias o “mentales” como el pliegue curvo o el lóbulo prefrontal. Otras son menos “mentales” y más emocionales, como el hipotálamo o el rinencéfalo. Veamos someramente algunas de sus características:

– Pliegue curvo

La patología, la observación, y el diagnóstico por la imagen nos enseñan que los pacientes con lesiones en la confluencia de los lóbulos temporal, parietal y occipital del hemisferio izquierdo, en una pequeña área denominada pliegue curvo, pierden la capacidad para el cálculo matemático, por sencillo que éste pueda ser, pierden también la simple orientación entre derecha e izquierda, la facultad de escribir, y algunas otras capacidades simbólicas.

El pliegue curvo es área de asociación entre el lóbulo occipital, que es con lo que en realidad vemos, la parte posterior del temporal izquierdo, con el que interpretamos símbolos especialmente auditivos (lenguaje, música) y el lóbulo parietal, que guarda el esquema corporal y la orientación de nuestro propio cuerpo.

Estas áreas de asociación serían “más mente” que otras pues en ellas se cruzan y conectan más ideas que en otras.

Algo semejante ocurre con las áreas del lenguaje hablado, y con las de identificación e interpretación de lo visto y leído. En cambio, otras áreas también muy complejas, que funcionan como servomecanismos imprescindibles para organizar y ejecutar el movimiento, el equilibrio, la marcha, etc. tal como sucede con el cerebelo, por ejemplo, no suelen incluirse en el concepto de “mente”, que queda reservado para las áreas del aprendizaje simbólico, fundamentalmente.

– Áreas prefrontales

El llamado lóbulo prefrontal, es decir la parte anterior del lóbulo frontal, de gran desarrollo en humanos, guarda la mayor parte de los convencionalismos e inhibiciones y prohibiciones sociales adquiridos a lo largo de la vida. Los individuos con tumores frontales, especialmente bilaterales, pierden los frenos que la educación y la convivencia imponen, y se tornan impertinentes, desinhibidos, bromistas (por lo general de mal gusto) y con tendencia al chiste fácil y a la risa inmotivada. La sintomatología recuerda a la de la embriaguez ética, que quizá actúe por mecanismo parecido, si bien químico en vez de físico.

Los sujetos a los que se les ha extirpado uno o ambos lóbulos frontales se tornan apáticos, escasamente emotivos, desinhibidos y con grandes dificultades para el aprendizaje. Su ideación es pobre y primitiva. Son,

en el sentido etimológico de la palabra, mentecatos, es decir escasos de mente (*mentis captus*, que no tiene toda la razón, cogido de mente).

La región prefrontal, especialmente sus áreas basales, la llamada corteza órbito-frontal, tiene gran relación con las áreas de la memoria, y también con el hipotálamo, que gobierna instintos y afectos. Este circuito (prefrontal-órbitofrontal-hipotálamo) interviene en la integración de los sentimientos íntimos con las funciones mentales más elaboradas, como hacer planes para el futuro, o definir nuestras intenciones frente a un acontecimiento. Por ello dice Chauchard que esta corteza “permite al hombre no ser solamente inteligencia reflexiva, verbalizada, fría razón, o por el contrario instinto y afectividad, sino ser una personalidad completa y equilibrada, capaz de integrar convenientemente lo racional, lo instintivo y lo afectivo” (2).

– Hipotálamo

Como decía el ilustre neurocirujano y premio Pulitzer, Harvey Cushing: “en el hipotálamo, en esa minúscula zona mediana y arcaica que podría ocultarse bajo la uña del pulgar, está el resorte esencial de la vida instintiva, vegetativa y emocional, que el hombre se ha esforzado en recubrir de una corteza de inhibiciones”.

Ciertamente, tanto las observaciones de pacientes con lesiones en el hipotálamo, como las experiencias de ablación y estimulación en animales y hombres avalan la veracidad de la frase de Harvey Cushing. El hipotálamo interviene en la producción de las sensaciones de hambre y sed y en las de saciedad, controla la mayoría de las glándulas de secreción interna a través del gobierno que ejerce sobre la hipófisis, interviene en la lactancia y el mecanismo del parto, en la regulación de la temperatura corporal, de los diferentes metabolismos (y por tanto en la delgadez u obesidad del individuo), y también controla el sueño, la vida instintivo-afectiva y la conducta.

Probablemente asiente en el hipotálamo el reloj biológico que todos llevamos y que marca el comienzo de la pubertad, los ritmos circadianos como el de sueño-vigilia, la periodicidad de la menstruación o el declinar de la menopausia.

En el hipotálamo, las corrientes eléctricas que circulan por el cerebro, pueden influir en la formación y activación de sustancias químicas, como algunas hormonas o factores de liberación, en un proceso similar a la electrolisis, o bien se continúan en el sistema autónomo en forma de im-

pulsos vegetativos que actúan sobre el simpático o parasimpático. Así se explica la exquisita repercusión vegetativa de algunas ideas, como el rubor (es decir la vasodilatación facial) tras ideas que nos avergüenzan, la palpitación cardíaca en apuros o nerviosismo, el sudor, la palidez o la piloerección en el miedo o la angustia, la congestión en la cólera, etc.

– Circuito límbico

El mundo de los afectos, de las tendencias, de los instintos, se encuentra en circuitos próximos a la base que involucran la corteza órbito-frontal, el hipotálamo y el rinencéfalo o cerebro olfativo. Estas dos últimas partes reciben el nombre de sistema límbico, y constituyen los centros de las emociones, de los sentimientos de placer y recompensa y también de los de castigo o punitivos, así como de las pasiones. Otras formaciones de este sistema son el septum lúcidum o tabique transparente, relacionado con el placer y la conservación de la especie, y el núcleo amigdalino que interviene en la conservación del individuo y probablemente en sentimientos de agresividad y de amor.

Estas áreas regulan el carácter de la persona y, como dice Pérez Casas, “son el substrato de los instintos de conservación del individuo y de la especie, organizando, al mismo tiempo, los esquemas objetivos de los diferentes comportamientos emocionales, sobre todo los de miedo y cólera”. “Integran funciones psicológicas y están relacionadas con la regulación de la personalidad, del humor, del carácter y del dominio de sí” (10).

– Memoria

La memoria también tiene sus áreas preferentes, si bien para su correcto funcionamiento se requiere de gran parte de la corteza.

En la memoria para los hechos recientes puede intervenir cualquier parte del cerebro, según el tipo de información que se desee retener, que puede ser visual, auditiva, táctil, etc. La información pasa a circuitos seguramente muy complejos, donde probablemente rebervere unos minutos, terminando por perderse si no hay refuerzos que realicen la facilitación sináptica y consiguientemente el aprendizaje. Lógicamente esta memoria se va perdiendo a medida que escasean las neuronas que la soportan, que pueden ser de cualquier área cerebral, bien aquella por la que llegó la información, bien las interconectadas. El entrenamiento, por el contrario la mantendrá, pues sería, en cierto sentido, una “facilitación habitual y continuada”.

La memoria de evocación, es decir la de hechos pasados, antiguos, muy probablemente permanece en las llamadas áreas límbicas, que corresponden sobre todo al hipocampo, áreas parahipocampales, amígdala, septum, tálamo, tubérculos mamilares y corteza orbitofrontal.

Una vez más, la patología nos sugiere el funcionamiento del cerebro. Los pacientes con alcoholismo crónico que padecen síndrome de Korsakow y carecen prácticamente de capacidad de almacenar y evocar recuerdos, presentan graves lesiones en estas áreas, lo que sugiere una más que probable relación.

Los pacientes intervenidos de epilepsia, a los que se extirpan algunas de las estructuras mencionadas, presentan curiosos trastornos de la evocación. Rodríguez Delgado (8) relata el caso de un paciente que “tras la operación la epilepsia mejoró, y el paciente conservó sus memorias de corta y larga duración, pero era incapaz de transferir el contenido de la primera a la segunda, es decir sólo vivía en el presente y en el pasado remoto. Su inteligencia era normal y podía conversar con el médico que lo atendía, pero si este se ausentaba por unos minutos, al volver lo saludaba como si nunca lo hubiera visto. El pasado reciente había desaparecido”.

En este curioso ejemplo parece que se hubiera estropeado la cinta de grabar. Disponemos de la videoteca antigua, y también podemos ver en directo un programa que se está emitiendo, pero no podemos grabar ya nada más. Nos han retirado la cinta en la que se graba.

Las investigaciones y consideraciones sobre la memoria y su funcionamiento son extraordinariamente abundantes y su exposición y análisis requerirían de más tiempo del que disponemos. A mi juicio, la memoria es una función bioquímica, en la que un impulso eléctrico que recorre un circuito, puede –si se refuerza lo suficiente– llegar a grabar una proteína. Esta proteína puede después, tras recibir un impulso similar al que causó su grabación a través de la asociación, puede, digo, producir la misma corriente eléctrica que le dio origen.

Esta proteína sería una especie de microbatería, que puede transformar la energía eléctrica en química, y viceversa. En ella permanecería grabado el recuerdo como en el plomo de la linotipia permanece grabada una frase, que puede después repetirse cuantas veces se quiera. En el organismo, sin embargo, nada hay estático. Todo cambia y muda, y más la memoria, que requiere refuerzos y nuevas grabaciones para que sea puntual y exacta.

Mente y corrientes eléctricas

Que la mente funciona con electricidad parece una verdad incontable. Es bien conocido que el impulso nervioso no es sino una pequeña corriente eléctrica, del orden de 50 mV. Estas corrientes pueden registrarse, bien a nivel unitario, es decir de una sola neurona, bien en su conjunto, como hacemos en los electroencefalogramas (E.E.G.) y electrocorticoogramas (ECoG), los primeros a través del cráneo y cuero cabelludo y los segundos directamente sobre la corteza cerebral.

El estudio de la epilepsia también proporciona datos interesantes. En esta enfermedad se producen descargas eléctricas excesivas de grupos de neuronas que se sincronizan, las cuales pueden ser registradas y aproximadamente medidas con el E.E.G. Las manifestaciones externas de estas descargas excesivas son muy variables, como corresponde a las funciones del sistema nervioso, y algunas de ellas consisten en alucinaciones, comportamientos compulsivos y estereotipados, y estados crepusculares, es decir, ideas y pensamientos no buscados, que llegan a los circuitos del cerebro a causa de esas descargas excesivas. La relación entre idea y corriente eléctrica parece evidente.

Cuando la descarga afecta preferentemente a las vías y áreas motrices, la manifestación es el clásico ataque epiléptico, cuyas características son las convulsiones y las contracciones tónicas. Este ataque epiléptico es idéntico al que producimos artificialmente con el electrochoque, es decir cuando hacemos pasar una corriente eléctrica no muy intensa a través del cerebro.

Pero la prueba más sugerente viene del campo de la Neurocirugía. En algunas intervenciones neuroquirúrgicas realizadas con anestesia local, conviene ir identificando las distintas áreas cerebrales para saber donde estamos. Se emplean para este fin unos delicados electrodos que conducen estímulos eléctricos que se aplican a la corteza cerebral. En las áreas motoras se obtienen movimientos, en las sensitivas sensaciones, en el área de la palabra obtenemos sonidos articulados y también inhibición de la posibilidad de hablar, por interferencia probablemente. En otras áreas refieren los pacientes notar sensaciones, vivencias y recuerdos diversos; ideas entremezcladas, como en algunos sueños vividos. La relación entre corriente eléctrica y actividad mental parece evidente.

Mente y bioquímica

La observación de los pacientes neuroquirúrgicos, de sus síntomas, de sus lesiones y de las secuelas que éstas originan, constituyen una fuen-

te de conocimiento inapreciable, que nos permite edificar teorías y sugerir hipótesis acerca del funcionamiento de nuestra mente. Pero no sólo la lesión anatómica, la alteración en el soporte morfológico de la mente, es importante. También lo es, y mucho, la observación de los pacientes con alteraciones bioquímicas, con trastornos que no pueden evidenciarse ni en la autopsia ni en la imagen, pero que alteran las corrientes eléctricas que constituyen las ideas.

Resulta difícil de entender que se especule sobre un mundo especial para las ideas, o se pontifique sobre el inmutable concepto del “yo”, cuando es de experiencia vulgar que todas las ideas de un individuo y todo su “yo” cambian por completo simplemente con tener un mínimo porcentaje en la sangre de una sustancia tan sencilla como el alcohol etílico. Dos átomos de carbono, seis de hidrógeno y uno de oxígeno, adecuadamente combinados y en cantidades exiguas, pueden enturbiar nuestra mente, alterar nuestro carácter y cambiar por completo nuestra conducta. Perderemos también gran parte del aprendizaje simbólico, de la capacidad de cálculo, de la orientación, etc.

Las conexiones entre las neuronas se alteran y nuestro cerebro funciona de un modo completamente distinto al habitual.

El mundo de las drogas es otro claro ejemplo de la relación obvia entre la bioquímica y las ideas. Las drogas psicotropas son, en casos, sustancias relativamente sencillas, pero producen alucinaciones, que no son sino corrientes desbocadas y fuera de sus circuitos habituales. Una simple elevación de la temperatura de tres o cuatro grados por encima de lo normal puede alcanzar efectos similares, como ocurre en el delirio febril.

Las corrientes que constituyen las ideas se trastocan, cambian probablemente su patrón temporo-espacial, invaden circuitos que no les son propios y tal vez se refuerzan con proteínas inadecuadas.

Si estos cambios afectan a las áreas límbicas, lo que es normal, pues no hay ninguna razón para que sean respetadas, se producirán entonces anomalías en los sentimientos, en las emociones, en las sensaciones de placer o de disgusto, en las pasiones, etc., lo que es habitual en las intoxicaciones por alcohol o drogas. Obviamente, el hombre, a lo largo de su historia, ha ido seleccionando las sustancias que le estimulan las áreas del placer y de la recompensa, y evita las que refuerzan las punitivas o dolorosas.

La relación entre bioquímica y mente aparece actualmente obvia. Si un paciente con insuficiencia hepática tiene un exceso de amoníaco en

sangre, se presentará la “locura hepática”. Una molécula tan sencilla como el NH_3 es capaz de –literalmente– volvernos locos. Una mínima alteración bioquímica cambia por completo nuestras ideas.

En alguna ocasión me he ocupado de lo que pudiéramos llamar “bioquímica de las sensaciones cenestésicas”, como sucede por ejemplo con la sensación de bienestar que sigue a la práctica de ejercicio físico, probablemente por liberación de endorfinas, y también de la “bioquímica de los sentimientos” como el del amor, fundamental en la conservación de la especie y en la historia y devenir de la humanidad. Decía entonces a propósito del amor: “es éste un sentimiento que me parece decisivo y trascendente para la vida del hombre y aún para la evolución de la humanidad, y que a pesar de esta su absoluta importancia, pocas veces ha sido estudiado o analizado con mentalidad científica, biológica, experimental. Es, sin embargo, claro, que el amor entre hombre y mujer es uno de los pocos motores y estímulos que incitan al ser humano. Ya el Arcipreste de Hita, en su Libro del buen amor, decía que dos son los objetivos que todo hombre busca y por los que trabaja y se esfuerza: uno es llenar el bandojo (procurarse la “mantenencia”) y el otro yacer con fembra placentera. Si no existiera este firme sentimiento la historia del hombre hubiera sido muy otra. Si el amor no se hubiera cruzado entre hombre y mujer, posiblemente Inglaterra seguiría siendo católica, y las innumerables guerras de religión que devastaron Europa hubieran sido distintas o no se habrían producido. Sin el amor por Helena, Troya no habría sido asediada y después destruida por los aqueos. Ulises no hubiera jamás regresado a Ítaca, y doña Juana no habría vagado por los polvorientos caminos de Castilla, dejando por entre ellos la razón, mientras acompañaba el cadáver de su marido del que no quería separarse”.

Muy probablemente la aparición en un organismo de esta atracción amorosa esté ligada a la formación en el sistema nervioso de alguna sustancia o sustancias, hoy por hoy, desconocidas. Y digo en el sistema nervioso porque gran parte de las manifestaciones de esta hipotética sustancia generadora de amor pertenecen claramente al ámbito de acción de este sistema, pues afectan a lo que llamamos entendimiento y voluntad, al ánimo, a los sentimientos, y también, a través de la fisiología nerviosa, a funciones de otros aparatos.

Pero lo más interesante, dentro del tema que hoy nos ocupa, es la capacidad que parecen tener algunas sustancias químicas para cambiar o dirigir nuestras ideas, nuestro pensamiento, nuestra mente.

A nadie se le oculta que toda la personalidad, la conducta, o que llamamos “modo de ser” o carácter de un niño, cambia por completo tan pronto aparecen en su sangre unas sustancias químicas –nada complejas, por cierto– que llamamos hormonas. Son sencillas, pero cambian totalmente el psiquismo relativamente uniforme de niños y niñas hacia el más diferenciado de varones y mujeres.

Es claro, y es experiencia común, que en las hembras de los animales superiores –y también en la mujer– aparece después del parto un sentimiento de cuidado de la prole, que responde igualmente a la aparición de algunas sustancias químicas hormonales, tampoco muy complejas. Su efecto es extraordinario, cambiando gran parte de la conducta de la hembra, como puede comprobar cualquiera que intente retirar los cachorros a una perra recién parida o los oseznos a una osa en iguales circunstancias. Estos sentimientos desaparecen a los pocos días, tan pronto como ciertas hormonas dejan de estar en la sangre.

Los ejemplos podrían multiplicarse. Desde el distinto “psiquismo” del arrogante gallo frente a la humilde gallina o del toro bravo frente a la vaca medrosa, hasta los ligeros cambios en el carácter y comportamiento de la mujer en el período menstrual, todo hace pensar que la influencia de la bioquímica en la mente es absolutamente decisiva. Simplemente porque la mente es bioquímica.

Pero volvamos al amor. También abona la existencia de alguna sustancia específica la propia transitoriedad del amor (me refiero aquí al que Ortega llamaba “amor de enamoramiento”) que suele aparecer en edades juveniles, y que parece guardar cierta relación con la pubertad. Por otra parte, el amor puede aparecer y desaparecer sin que intervenga la voluntad, por lo que no podemos asegurar que siempre tendremos amor, o que nunca va a llegar.

Es también significativo que este sentimiento aumenta o disminuye en relación a circunstancias externas o ambientales, como ocurre en la primavera o durante la cópula. Incluso cabe pensar que esta hipotética sustancia podría estar emparentada con las endorfinas, pues gran parte de las sensaciones amorosas se vivencian como placenteras, y en ocasiones lo son tanto que llegan a hacerse necesarias para el individuo, que puede sufrir extraordinariamente al verse privado de ellas.

Pero lo que hoy debemos destacar es la capacidad de esta hipotética sustancia (o corriente eléctrica por ella mediada) para orientar y dirigir el

pensamiento, que se polariza, a veces compulsivamente, hacia la persona amada, cuya existencia modifica el comportamiento del amante y cuyo recuerdo impregna sus decisiones.

¿En qué lugar el cerebro podría formarse esta sustancia, y por qué circuito viajaría la corriente por ella mediada?

Algunos indicios apuntan hacia áreas filogenéticamente antiguas, que gobiernan sentimientos, tendencias, impulsos, sexualidad, cuidado de la prole, emociones, etc. es decir las áreas límbicas (hipotálamo y rinencéfalo) y la corteza órbito-frontal.

Esta decisiva influencia de la bioquímica en la mente lleva a Rodríguez Delgado (8) a hablar del concepto de “sexualidad neuronal”.

De la misma manera que algunas sustancias químicas son las responsables de que la mujer tenga la pelvis más amplia que el varón o de que éste tenga pelo en la cara, otras lo son de las diferencias en el razonamiento, en la conducta y en el “psiquismo”.

Dice el mencionado autor que la mujer aventaja a los hombres “en la rápida identificación de objetos similares (velocidad de percepción), así como en la fluidez verbal, en encontrar palabras que empiecen por una letra determinada, en el cálculo matemático, en el recuerdo de imágenes especiales que identifican la ruta a seguir, y en la rapidez y precisión de habilidades manuales”.

El hombre es en cambio superior en las pruebas que requieren manipular o mover objetos con la imaginación, en razonamientos matemáticos, en mantener trayectorias predeterminadas y en ejercicios balísticos, guiando o interceptando proyectiles.

Existen otras características en las emociones y en la conducta que son típicamente sexuales, pero más difíciles de cuantificar en el laboratorio.

Poco a poco, las investigaciones hormonales, neuronales y conductuales están aclarando los mecanismos que determinan la diferenciación sexual del cerebro y sus consecuencias sobre la mente y el comportamiento” (8).

El desarrollo del sistema nervioso no es igual si tiene lugar en ambiente impregnado de hormona masculina que femenina, y de ahí el concepto de “sexualidad neuronal” de Rodríguez Delgado.

La confirmación experimental la realizó Greenough (3) ya en 1977, demostrando que el crecimiento de axones y dendritas y el establecimiento

de conexiones sinápticas, son diferentes en las ratas macho y en las hembras. Igualmente observó que las hormonas cambian el ritmo y el sentido del crecimiento celular, al igual que lo hacen otras sustancias, como los factores de crecimiento.

La influencia de las hormonas y otras sustancias químicas en la mente y en la conducta está hoy fuera de duda. Es muy probable que los factores ambientales influyan también decisivamente, y de ambos surge la realidad del individuo. Como ya hemos dicho, los dos se influyen recíprocamente, y en el curso de los siglos la costumbre biológicamente útil se va sedimentando en el genoma y por tanto, a la larga, termina expresándose con una proteína que a su vez va a modificar la conducta en ese mismo sentido. Así, el recién nacido tiene ya la lección aprendida, pues se la han dado ya codificada en su correspondiente gen, que se expresa por una sustancia química. Por ello, la gaviota no tiene que aprender a volar. Ya lo hicieron todos sus antepasados. Muchos enigmas de los instintos animales y de su etología, pueden explicarse si valoramos lo expuesto. Esto ha de ser forzosamente así. De lo contrario no se explicarían las diferencias cerebrales de especie o de raza. Los perros sabuesos tienen mayor desarrollo de su cerebro olfatorio que los que no lo son. El hombre, en cambio, tiene un cerebro olfatorio pobre, mientras que su lóbulo prefrontal es el más desarrollado de la escala zoológica, lo que está en pleno acuerdo con sus aptitudes y posibilidades.

Como vemos, y como ya dijo Cajal, el ambiente termina por influir en la estructura y conexiones del sistema nervioso tanto del individuo como –a la larga– de la especie.

Si un animal que no es acuático empieza a vivir en el mar, como por ejemplo la ballena o la tortuga, y lo hace porque le resulta más útil biológicamente hablando, comenzará por adaptarse él mismo, con lo que ya aparecerán algunos cambios en sus conexiones cerebrales. Algunas vías correspondientes a ciertos movimientos se verán más transitadas que otras y se irán produciendo fenómenos de facilitación, que modificarán ligeramente su conducta como individuo. Pero en el devenir de los siglos y milenios, estos cambios se van transmitiendo a su descendencia, para lo que previamente han de haberse fijado en sus genes, con lo que el cambio de ambiente y de costumbres ha pasado a concretarse, transmitirse y expresarse por medio de unas proteínas que son las que determinarán la conducta y la morfología, cada vez más marinas, de los descendientes.

Ambiente y herencia se interaccionan mutuamente. El ambiente influye decisivamente en el desarrollo de la mente del individuo, y es capaz

de llevar a cabo modificaciones bioquímicas y estructurales de su sistema nervioso. Recordemos una vez más la frase de Cajal de que todo hombre es escultor de su propio cerebro. Si los cambios tienen la entidad y duración suficientes llegarán a plasmarse en el genoma, que a su vez será determinante en la estructura y funcionamiento del individuo futuro.

En cierto sentido, el genoma sería el sedimento de las conductas biológicas más útiles para el individuo, o más brevemente el sedimento de la vida. Con otras palabras, y como ya dijimos anteriormente, es la memoria grabada, la biblioteca de la especie.

Los hombres, sin embargo, con nuestro habitual y desmedido orgullo, tendemos a rechazar estas realidades. Nos cuesta aceptar que nuestro yo está regido simplemente por minúsculas proteínas que no vemos y por ridículas corrientes eléctricas que no moverían ni un alfiler. Admitimos con dificultad que gran parte de la responsabilidad del funcionamiento de nuestra mente está prefijada en el genoma que nos ha sido transmitido. Nos resulta poco gratificante reconocer que nuestra libertad, nuestra capacidad de elección, es muy semejante a la del ordenador ajedrecista, que –ciertamente– puede escoger la ficha que debe mover, según vaya transcurriendo la partida.

Quizá nos gustaría más, saber con certeza que nuestro espíritu es inmaterial, inmortal, trascendente, tal vez eterno.

Sospechar que simples aminoácidos o meros milivoltios puedan ser responsables de nuestros sentimientos más puros, de nuestros pensamientos más elevados, de nuestro amor más cristalino, de nuestras ideas más geniales, ofende nuestra propia estima y –por supuesto– nuestro orgullo.

Esto me trae a la memoria el sentir de aquel personaje de Wenceslao Fernández Flórez que “ante la posibilidad de poder curar su neurosis con cacodilato de sosa sentía rebajada su condición humana” (Albarracín).

Nos cuesta aceptar la somatización del espíritu. No hace mucho, un ilustre colega ridiculizaba ante los estudiantes a “aquellos que no saben ver un más allá de la biología, que renuncian al embrujo de la espiritualidad del alma”. Llevamos siglos impregnados por estas ideas, y no es fácil adoptar otras que, además, pueden herir nuestro orgullo.

Sin embargo, no sólo las ideas, sino también los sentimientos más profundos y las emociones más intensas radican en nuestro cerebro. El corazón, antaño cuna de afectos y nido de pasiones, ha sido desplazado por el circuito límbico, y reducido a su prosaico papel de bomba inyectora.

Bellamente lo expresa Albarracín (1), que difícilmente se resigna a admitir la naturaleza bioquímica de un sentimiento tan generoso y gratificante como el amor entre hombre y mujer.

“– ¿Qué es en realidad el amor?, se pregunta Albarracín. ¿Tan sólo la acción de esas hipotéticas endorfinas u opiáceos endógenos sobre el cerebro emocional? Esperemos que esto no sea así. ¿Para qué habrá servido si no la aguda espina dorada de Machado, una y otra vez añorada? ¿Para qué el dolorido sentir azoriniano, tan orgullosamente mantenido? Y la acción límite de un Ganivet, de una Storni o de un Shelley ¿serán episodios baldíos? Muchas y perversas cosas está haciendo el hombre actual, pero, ¡por favor! que no llegue a llamarnos la posteridad desfacedores de ensueños. Que cuando en el próximo milenio los adolescentes estudien poesía, no haya que decirles que desde Garcilaso a Gutiérrez de Cetina, desde Lope y Calderón hasta finales del siglo XX, sonetos, octosílabos y romances fueron fruto de la hipersecreción de unas endorfinas y no expresión del sufrimiento o la pasión de sus autores. Porque si así fuese, no tendríamos más remedio que exclamar con el castizo: ¡apaga y vámonos!” (1).

En estas felices frases se trasluce la resistencia del hombre a disminuir su espiritualidad, a renunciar a lo que considera “más elevado” de sí mismo. Parece que lo enigmático, lo inexplicable, tuviera un cierto atractivo para el ser humano. Sin embargo, creo que conocer la explicación de un fenómeno no disminuye en absoluto su belleza. El amanecer será siempre hermoso, aunque sepamos perfectamente por qué se produce, y estén ya lejanos los tiempos en los que el hombre adoraba al sol como a un Dios que diariamente le visitaba, sonriente en el cielo azul o enfadado y oculto en las tormentas. Son quizá explicaciones más atractivas, con mayor embrujo, pero menos verdaderas. Aún con las actuales, mucho más exactas, el amanecer sigue siendo hermoso.

Igualmente bella es la idea de esperanza, por ejemplo. Que sepamos circula por una vía y tiene un patrón eléctrico y témporo-espacial determinado, creo no empaña su belleza ni su grandeza.

La historia de la cultura no es sino una sucesión de pasos que nos van conduciendo desde el pensamiento mágico hacia el pensamiento científico, es decir, una continua y sucesiva desmitificación.

La luz y el cielo han sido durante milenios atributos de la divinidad, que suele ser representada mediante un rayo de luz, y relacionada con el cielo. Ahora sabemos que luz y cielo no son sino el resultado del cambio

de energía que se produce en la retina cuando los fotones pasan a corrientes eléctricas que llegan después al lóbulo occipital.

El corazón, como antes decía, fue clásicamente el asiento del amor, del afecto y de la pasión, en tanto que hoy diagnosticamos los infartos por los cambios en los registros de las corrientes que lo mueven, es decir por el electrocardiograma.

Probablemente ocurra lo mismo con los conceptos de alma, vida psíquica, espiritualidad, pensamiento elevado, ideas superiores, etc. Conoceremos su explicación, pero seguirán siendo hermosas y probablemente útiles.

Creo que no sería bien entendido si se incluyesen estas reflexiones en lo que William James llamó “materialismo médico”. Personalmente estoy convencido de la existencia de lo espiritual, de lo psíquico, de lo intelectual; pero estoy igualmente convencido de que todo ello no es sino el resultado de innumerables corrientes eléctricas generadas por reacciones físico-químicas que circulan por el sistema nervioso. La observación de muchos pacientes y de sus cerebros me ha llevado a estos pensamientos.

El hombre siempre se ha esforzado en colocar a distintos niveles las corrientes que circulan por su cerebro. A las más complejas, más conectadas entre distintas áreas y más relacionadas con el aprendizaje simbólico, las coloca en un plano superior. A las más sencillas, elementales, menos conectadas, las sitúa en un plano inferior. A las primeras las llama “espirituales”, propias del “alma”, psíquicas, intelectuales, y algunos otros nombres de difícil definición precisa. A las segundas las llama “instintos”, impulsos, funciones orgánicas, somáticas, etc. Esta distinción llega a su extremo en la –a mi juicio– absurda división del hombre en “cuerpo” y “alma”, que es, a mi entender, artificiosa y contraria a la realidad.

Lo que se viene llamando alma, vida espiritual, pensamiento elevado, psique, etc. no es sino la función de algunas áreas cerebrales, las más ampliamente conectadas. Cuando un tumor, un traumatismo, o el bisturí del cirujano daña estas áreas, el sujeto se queda sin estas funciones, como se comprueba casi a diario en la clínica neuroquirúrgica. El paciente así afectado puede quedarse y de hecho a veces se queda sin memoria, sin entendimiento y sin voluntad, con lo que siguiendo a San Agustín se quedaría sin “alma” o al menos sin las potencias del alma.

El concepto de alma es hermoso y atractivo, pero debe ir –a mi juicio– somatizándose, y como tantos otros conceptos, ir pasando de lo so-

brenatural a lo natural, de la magia a la realidad mensurable, de la religión a la “physis”, del “mithos” al “logos”.

No obstante lo expuesto, y precisamente en virtud de la función de esas áreas con conexiones neuronales amplísimas, que venimos llamando “mente”, por la propia función incesante de estas áreas, digo, las explicaciones obtenidas nos parecerán siempre insuficientes. A pesar de ir desmitificando la vida, el alma, el pensamiento, seguiremos teniendo la curiosidad por saber, el afán por investigar, pues nunca faltarán circuitos por llenar y conexiones por establecer. Afortunadamente, como decía St. Hilaire: delante de mí está siempre el infinito.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) ALBARRACÍN, A.: Contestación al discurso “Neurobiología del amor”. A. S. E. M. E. Y. A., Madrid, 1993.
- (2) CHAUCHARD, A.: citado por Pérez Casas (10).
- (3) GREENOUGH, W. T.; CARTER, C. S.; STEERMAN, C.; DE VOOGD, T. J.: Sex differences in dendritic patterns in hamster preoptic area. *Brain Res.* 126: 63-72, 1977.
- (4) IZQUIERDO ROJO, J. M.: Fundamentos de Neurocirugía. Ed. Interamericana. Madrid, 1979.
- (5) IZQUIERDO RUBÍN, J. M.: El problema de las afasias. Ed. Idag. Oviedo, 1954.
- (6) LAÍN ENTRALGO, P.: Historia de la Medicina moderna y contemporánea. Ed Científico-Médica. Barcelona, 1963.
- (7) MARÍAS, J.: Historia de la Filosofía. Ed. Manuales de la Revista de Occidente. 19ª Ed. Madrid, 1966.
- (8) RODRÍGUEZ DELGADO, J. M.: Mi cerebro y yo. Ed. Temas de hoy. Madrid, 1994.
- (9) ROSENZWEIG, M. R.: Development and Evolution of Brain Size. Behavioral Implications. Academic Press. New York. 1979.
- (10) PÉREZ CASAS, A. y BENGOCHEA GONZÁLEZ, E.: Morfología estructura y función de los centros nerviosos. Ed. Paz Montalvo, 2ª Ed. Madrid, 1975.

EVOLUCIÓN DEL CEREBRO: LA GÉNESIS DE LA MENTE

Juan A. García-Porrero

*“En los animales superiores, las facultades mentales, aunque tan diferentes en su grado, son, sin embargo, de la misma naturaleza que las de la especie humana”
(Charles Darwin, El Origen del Hombre).*

*“...La subjetividad es un hecho científico objetivo igual que cualquier otro. Si una explicación científica del mundo intenta describir cómo son las cosas, entonces uno de los rasgos de la explicación será la subjetividad de los estados mentales, puesto que un hecho puro y simple de la evolución biológica es que ha producido ciertos tipos de sistemas biológicos, a saber: los cerebros humanos y los de ciertos animales, que tienen rasgos subjetivos”
(John Searle, The 1984 Reith Lectures).*

*“No hay finalidad: la mutación preexiste a la selección”
(Yves Christen, El hombre biocultural).*

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la evolución, las operaciones realizadas en los circuitos nerviosos de los organismos vivos se han ido enriqueciendo en una mayor captación del mundo externo y unas mayores posibilidades de acción sobre el mismo. Con cerebros progresivamente mas poderosos, los seres vivos han pasado de realizar simples computaciones de datos informativos del medio externo, a conseguir hacer representaciones internas o menta-

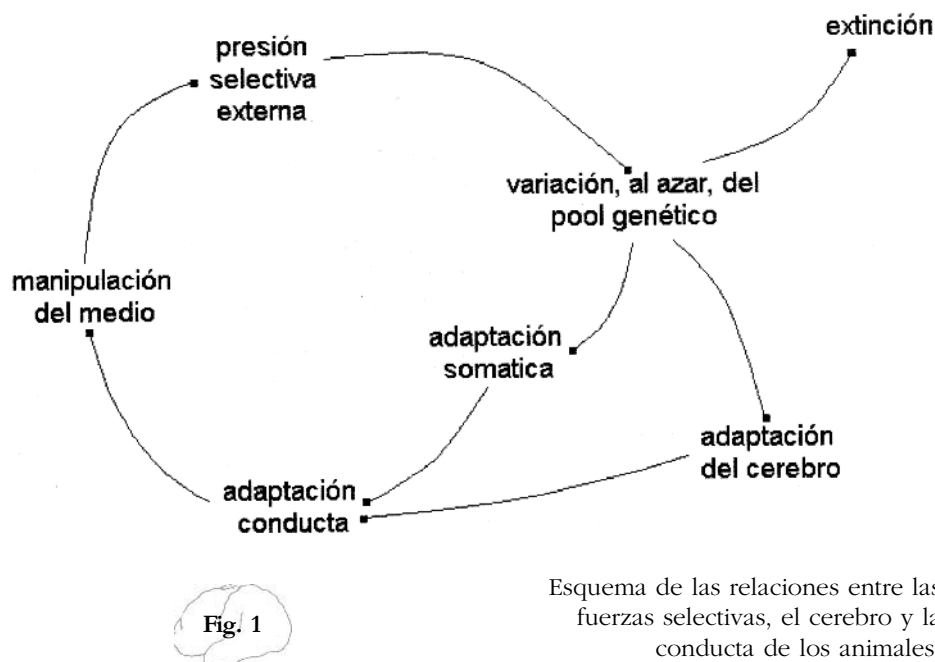
les de los objetos del mundo y actuar en consecuencia. En una fase avanzada de la evolución, algunos organismos han llegado a disponer de cerebros con circuitos nerviosos capaces, a su vez, de representar las propias representaciones o estados mentales; estos cerebros poseen, entonces, estados mentales explícitos, o sea, capacidad de reflexionar sobre lo que está aconteciendo en su interior. Esta capacidad es un hecho trascendental de la evolución, se esboza en los simios, se acrecienta en los homínidos con el progresivo desarrollo de su cerebro, y se expresa en el hombre de forma singular. Se trata de operaciones cerebrales, por las cuales, la información que el animal recibe deja de ser simplemente un signo para hacerse un símbolo. Con la capacidad simbólica el cerebro adquiere una nueva función (proceso mental), la cual, con la aparición de la palabra, logrará su forma más importante de expresión.

Como función emergente de las operaciones neuronales, la historia natural de la mente es la historia de la evolución del cerebro y obedece inexorablemente a las mismos principios esenciales del darwinismo, que, tamizados por la moderna biología, constituyen ideas fundamentales del pensamiento contemporáneo. En primer lugar, los organismos varían en forma y función. En segundo lugar, esas variaciones son heredables, y, en tercer lugar, no todos los individuos sobreviven y se reproducen con igual éxito en un medio determinado. Como consecuencia de estos hechos, las variaciones que están mejor adaptadas al medio se acumulan en la población como genotipos (y fenotipos) particulares que se reproducen en mayor grado. La causa fundamental de las variaciones son mutaciones de los genes, las cuales, mediante su expresión fenotípica, se someten a la acción del medio (selección natural).

Los cerebros no están menos adaptados que otras partes del cuerpo. Ellos son los órganos ejecutivos de la conducta, la cual juega un papel vital en el éxito de la adaptación (Fig. 1). De hecho, la adecuada adaptación al medio significa adecuada adaptación de la conducta; y una conducta adecuada significa un cerebro adaptado. Desde esta perspectiva, la comprensión de la mente no puede hacerse al margen de la comprensión de las conductas animales y de los mecanismos biológicos que las sustentan, desde los seres más simples a los más complejos.

LAS PRIMERAS NEURONAS

Los programas genéticos para diferenciar células con características de neuronas aparecen por primera vez en la historia de la vida en los anima-



les pluricelulares del tipo celentéreo. En las medusas actuales podemos contemplar este milagro de la naturaleza. El espesor de la pared corporal está recorrido por una difusa red neuronal que recibe información de células receptoras localizadas en la superficie. Las células receptoras son ya sensibles a diferentes energías exteriores como la luz, el contacto, o las características químicas del agua. La red neuronal envía mensajes a células musculares de la pared y de los tentáculos para provocar movimientos nataatorios. Desde el principio, el desarrollo de una red neuronal está asociado a la presencia de un receptor de estímulos ambientales y de un efector para actuar sobre el medio. En estos simplísimos sistemas nerviosos hay ya cierta complejidad en el tratamiento de la información, y los procesos que subyacen son los mismos principios fisicoquímicos que en el cerebro del hombre, intercambios de iones sodio y potasio generadores de impulsos nerviosos. El mismo sodio y potasio que hay en el mar serán la base fundamental de la actividad bioeléctrica del cerebro, desde la medusa hasta el hombre.

Una modificación significativa aparece un poco más arriba en la escala del reino animal. En los animales más sencillos con simetría bilateral,

como los gusanos planos, las neuronas tienden a agruparse para regular actividades concretas. En principio, la simetría bilateral facilita la movilidad del animal, estableciéndose un extremo anterior o “cabeza” y uno posterior o “cola”. La planaria es un ejemplo típico de estos animales, y uno de los invertebrados más estudiados por los científicos. El sistema nervioso de la planaria está organizado en dos cordones nerviosos, uno a cada lado de la línea media, unidos en el extremo anterior por un ganglio cefálico que puede considerarse el esbozo evolutivo más primitivo del cerebro. En la planaria aparece un sistema de organización nerviosa diferente pues este ganglio cefálico efectúa una acción integradora, posiblemente para conseguir una conducta más rápida. Si se elimina el ganglio, el animal se enlentece y se hace más torpe. Parece que la selección natural premia los esfuerzos genéticos por concentrar neuronas en el extremo más rostral del animal, su extremo conductor.

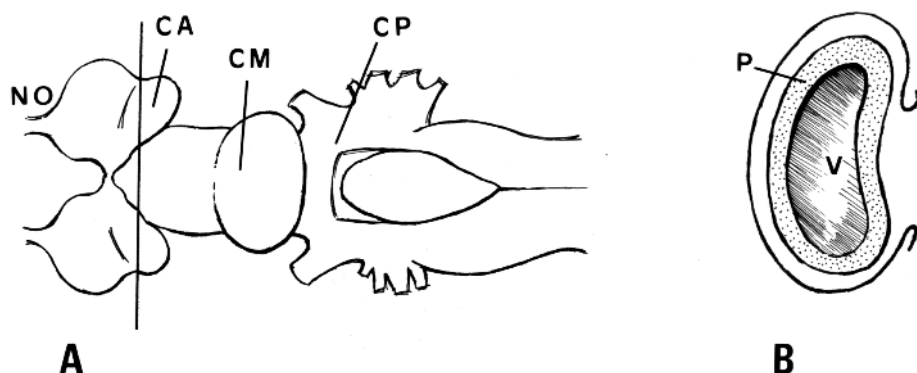
EL CEREBRO DE LOS PRIMEROS VERTEBRADOS

Hace más de 400 millones de años aparecieron en el agua los primeros animales vertebrados. Eran los ostracodermos, unos peces primitivos dotados de un sistema nervioso tubular centrado sobre la línea media del cuerpo animal y con un extremo anterior diferenciado. Dieron origen a todas las formas actuales de peces y a un tipo de pez óseo fósil de singular interés: los crossopterigios. Estos peces, además de branquias, poseían esbozos pulmonares y estaban dotados de fuertes y carnosas aletas. Eran agresivos y carnívoros. Gracias a los muñones de sus aletas se arrastraban por los fangos y, gracias a sus pulmones, vivían en aguas estancadas pobres en oxígeno. En ese medio de agua y fango estos animales comenzaron, muy dubitativamente, a cruzar el puente entre el agua y la tierra siendo considerados como las formas primigenias de todos los vertebrados de cuatro patas que existen en la Tierra. En la historia hacia el hombre éste es uno de los grandes hitos. Detengámonos a observar como era su cerebro.

Muy probablemente era muy parecido al de las lampreas actuales. El encéfalo está dividido en tres compartimentos en relación con tres sistemas de información (Fig. 2). Un cerebro anterior para el olfato, un cerebro medio para la visión y uno posterior para el equilibrio. El cerebro visual está conectado a los ojos por los nervios ópticos; es un cerebro de funcionamiento automático, al recibir un mensaje visual reacciona rápidamente

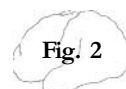
de forma fija e invariable. En la evolución del cerebro debemos reparar en el cerebro olfatorio. Está formado por dos pequeñas masas nerviosas que se prolongan mediante dos nerviecillos olfatorios hacia los receptores de la nariz del pez. Este cerebro anterior es muy rudimentario pero contiene el germen de la mayor proeza de la evolución. Parece un saquito con una delicada pared rodeando una cavidad. En la pared, las neuronas están organizadas formando un manto separado de la superficie por una capa de fibras nerviosas. Es la corteza cerebral mas primitiva, el *paleocórtex*. El animal humano tardará cientos de millones de años en aparecer, pero en estas delicadas estructuras olfatorias está ya contenida la potencia evolutiva que permitirá gestar el poderoso cerebro del hombre. Poco a poco, los circuitos neuronales que van creando los genes en asociación a estas estructuras olfatorias se van a transformar en importantes centros de correlación de información, de progresiva integración de datos.

Al comparar el cerebro de los animales entroncados en la historia evolutiva, desde los desaparecidos crossopterigios hasta el hombre, un anatomista aprecia cuatro grandes cambios: la expansión creciente de los



A Cerebro de un vertebrado primitivo organizado en tres grandes compartimentos: (CA), cerebro anterior en relación con el olfato, (CM), cerebro medio en relación con la visión y (CP), cerebro posterior en relación con el equilibrio.

B Sección del cerebro anterior. Un primitivo hemisferio cerebral formado por una corteza muy indiferenciada, la paleocorteza (p) rodeando al ventrículo (v).



hemisferios cerebrales a expensas del cerebro olfatorio, la emigración de neuronas a la superficie cerebral, la aparición de nuevas zonas corticales como el *arquicórtex* y el *neocórtex*, y la expansión progresiva y espectacular del *neocórtex*.

LOS PRIMEROS PASOS

La evolución del cerebro de los vertebrados fue un proceso lento y asociado a los profundos cambios que experimenta toda la estructura de los animales. Se inicia hace unos 350 millones de años con la aparición de los anfibios primitivos. Se han necesitado millones de generaciones para que los genes consigan desarrollar un programa que permita compartir el agua y la tierra. A pesar del notable cambio que esto supone y que modifica la piel, los músculos, las aletas –que se hacen patas– y el sistema de reproducción –que desarrolla una envoltura gelatinosa y flexible para proteger los embriones de la desecación– los cambios cerebrales son poco espectaculares. Pero se inician algunas modificaciones sutiles en el cerebro olfatorio (Fig. 3). Se hace más grande y la pared pierde uniformidad. En la parte dorsal e interna de la corteza se diferencia una región nueva, el *arquicórtex* (futuro hipocampo de los mamíferos, vinculado a los procesos de aprendizaje y a las conductas emocionales), y en la pared ventral del manto gris se esbozan los futuros ganglios basales. Estas nuevas neuronas suponen un importante cambio estratégico al permitir el establecimiento inicial de circuitos de correlación de diversas actividades nerviosas.

Aquellos primitivos anfibios, antepasados de las ranas actuales, evolucionaron con el paso de millones de generaciones hacia un nuevo animal completamente emancipado del agua, el reptil.

Los reptiles surgieron hace unos 320 millones de años. Con ellos los genes logran importantes conquistas que afectan al embrión y a la alimentación. El nuevo ser es engendrado por fecundación interna y depositado en tierra dentro de un huevo cuya cáscara le protege de los ambientes secos. El paladar que aparece en algunos saurios va a separar la vía aérea de la digestiva, una adquisición que les permite comer y respirar al mismo tiempo. Con ello mejora la alimentación y se obtiene mas energía. Su metabolismo se acelera facilitando la motilidad del aparato locomotor y unos desplazamientos mayores. El cerebro presenta algunos cambios notables con respecto a los anfibios. Los hemisferios cerebrales son mayores y más diferenciados. La corteza migra hacia la superficie, una deci-

Evolución del cerebro de los vertebrados.

A Cerebro anterior de un anfibio formado por los hemisferios cerebrales (HC). A la derecha se muestra una sección de un hemisferio cerebral. La primitiva pared neural se ha diferenciado en arquicórtex, paleocórtex y ganglios basales, que rodean el ventrículo primitivo.

B Sección de un Hemisferio cerebral de un reptil primitivo. Los ganglios basales se interiorizan en el cerebro al tiempo que la corteza se superficializa.

C Sección de un Hemisferio cerebral correspondiente a un reptil terápsido. Aparece el esbozo de la neocorteza.

D Cerebro de un mamífero primitivo. La neocorteza se expande y el arquicórtex se desplaza.

E Mamífero evolucionado mostrando la gran expansión del neocórtex, pero todavía la superficie cerebral es lisa (lisencéfalo).

F Mamífero más evolucionado. La neocorteza se pliega formando circunvoluciones. (a), arquicórtex, (b), ganglios basales, (p), paleocórtex, (n), neocórtex, (v), ventrículo hemisférico.

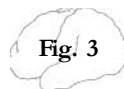
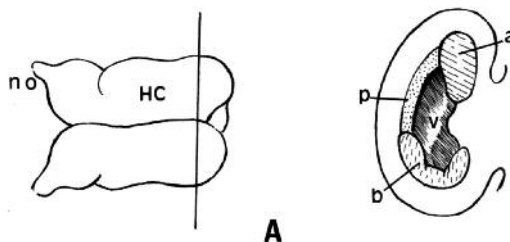
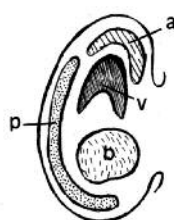


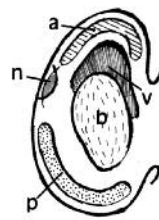
Fig. 3



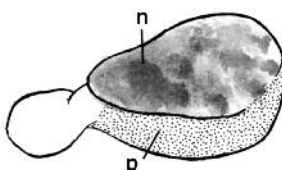
A



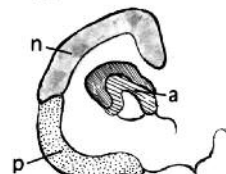
B



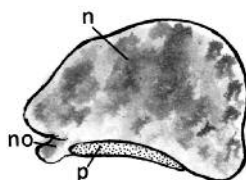
C



D



E



F

siva modificación que permitirá su futura expansión. Sólo la región de los núcleos basales permanece en la profundidad y adquiere un papel clave en el control de conductas motoras e instintivas. Los reptiles conducen a dos líneas diferentes, las aves y los mamíferos. La línea que conduce a los mamíferos es la de los reptiles terápsidos. Estas terribles criaturas eran feroces, comían carne y corrían a cuatro patas. Su cerebro era algo más evolucionado que el de los otros reptiles. En la corteza cerebral apareció una innovación singular. En la parte lateral de sus hemisferios, entre el *paleocórtex* y el *arquicórtex* se forma el esbozo de la neocorteza. En las conductas irreflexivas e instintivas del reptil no juega aún ningún papel relevante, pero con estos circuitos neuronales nuevos asoma el potencial de la inteligencia por primera vez en la historia de la vida.

LA EXPANSIÓN DEL NEOCÓRTEX: LA EMERGENCIA DE LOS MAMÍFEROS

Los mamíferos aparecen hace unos 200 millones de años y con ellos se abre el camino que conduce al hombre. Presentan grandes conquistas evolutivas. Son animales que adquieren una mayor independencia del medio. Gracias a la homeotermia se hacen menos dependientes de la temperatura exterior y de la estación anual. Un excelente aparato locomotor les facilita un amplio desplazamiento y una gran flexibilidad de movimientos. El desarrollo de una placenta les va a permitir dar a luz animales vivos que la madre ve y siente y, cuyo número reducido, va a condicionar conductas de cuidados maternos. Cuidados que se reflejan en el amamantamiento y el adiestramiento durante la etapa inicial de la vida del nuevo animal. Estas conductas hacen surgir, en los mamíferos más evolucionados, mecanismos de cooperación social: defensa del grupo, cuidados paternos, altruismo. Los animales aprenden, y la inteligencia se va gestando. La base de este aprendizaje va a residir en un mecanismo de perfeccionamiento de la redes neuronales. En el hipocampo y en las capas superficiales de la neocorteza los genes determinan la aparición de receptores neuronales NMDA, expresión de la aparición de unos mecanismos de potenciación sinápticos especiales, denominados potenciales a largo plazo (ver cap. 2), los cuales posibilitan la plasticidad cerebral y permiten el aprendizaje asociativo.

La neocorteza de los mamíferos se expande por la superficie de los hemisferios cerebrales (Fig. 3) desplazando a otras estructuras y configurando un cerebro que progresivamente aumenta de tamaño y de complejidad conectiva. Más neuronas, más conexiones, mayores operaciones computacionales. En los mamíferos superiores la neocorteza se pliega en cir-

cunvoluciones separadas por surcos, es una óptima solución para aumentar el número de neuronas y circuitos sin necesidad de aumentar excesivamente el volumen global del cerebro, comprometido en una estructura craneal que debe ser expulsada al nacer por un canal de parto limitado.

La progresiva expansión del neocórtex a lo largo de 200 millones de años es una historia asombrosa, llena de búsquedas evolutivas, y que podemos sintetizar en cuatro etapas encadenadas: el desarrollo del olfato en los primeros mamíferos, el desarrollo de la visión, el paso al árbol en los primates y la hominización.

En principio fue el olor

Los primeros mamíferos descendientes de los feroces terápsidas fueron animales nocturnos. Compartieron el espacio y el tiempo con los grandes saurios pero se escondían de ellos en la oscuridad de los bosques del periodo Mesozoico. Un gran hocico manifestaba un potente cerebro olfatorio. La visión importaba poco, la percepción del mundo exterior se adquiría por el olfato y la audición. Su mundo era de olores y ruidos, y la neocorteza en desarrollo conformará esta nueva circunstancia. Los olores son sensaciones vagas, sobrevivir a expensas del olfato obliga al animal a crear percepciones nuevas y a recordarlas para poder identificar el rastro de un depredador, buscar la comida o el agua, reconocer a la hembra o al macho, rastrear el territorio familiar, etc. Lo mismo sucede con la audición. Interpretar los infinitos matices de los sonidos del bosque requería también una mayor capacidad de análisis neuronal. Todo ello es posible gracias a la expansión del neocórtex. Circuitos nuevos se asocian al olfato y la audición, y estas redes neuronales nuevas permiten recordar y planificar la conducta. Se va construyendo un cerebro eficiente en la interpretación del medio externo mediante la creación de representaciones mentales. En esta asociación reside la semilla de la gran expansión cerebral. En términos evolutivos podemos decir que los cambios genéticos que conducen al establecimiento de redes neuronales nuevas con capacidades de memoria y de planificación de estrategias fueron premiadas por la selección natural.

La luz

La extinción de los saurios durante el Cretácico, hace unos 70 millones de años, permitirá a los pequeños mamíferos abandonar la vida nocturna y oculta, y adaptarse al mundo de la luz. Sea cual sea la explicación de la desaparición de los grandes saurios, supuso una recompensa a los

esfuerzos que la evolución había hecho en los genes de los pequeños y primitivos mamíferos. A expensas de esas nuevas estrategias de las redes neuronales del *neocórtex* se pudieron adaptar al mundo diurno. En el nuevo hábitat, la visión posibilita captar las formas, la distancia, el movimiento, convirtiéndose en algo extraordinariamente ventajoso. Los enemigos ya no son los saurios, sino otros mamíferos y las aves. El vuelo diurno de los posibles depredadores obliga a prestar una gran atención al medio aéreo. Los cambios genéticos que mejoran el desarrollo de estructuras que captan la luz y el movimiento serán seleccionados. La visión empuja el crecimiento de la neocorteza que, ubicada en la superficie, puede plegarse y crecer.

La evolución del procesamiento visual determina la aparición de representaciones más complejas de imágenes mentales visuales (ver cap. 3). El cerebro es ahora capaz de establecer categorías identificatorias de las cosas del mundo exterior. Dotado con este cerebro, el animal puede apreciar, por ejemplo, que otro ser vivo que le acecha en el bosque es algo que cambia de imagen con la luz, la distancia y el movimiento; es preciso aprender, establecer recuerdos de experiencias pasadas, decidir en instantes si es el mismo animal u otro distinto, o si es un objeto inanimado. La vida depende de ello y depende de los nuevos circuitos neuronales con capacidad de computación inmediata de los datos del entorno. La aparición de estas redes plásticas significa que el animal es capaz de tener experiencia mental incipiente, “implícita” (ver más adelante); va forjándose en la evolución un concepto de pasado, todavía no subjetivizado, que el animal utiliza para regular su conducta. Esta regulación se aprecia por ejemplo en conductas de curiosidad con las que explora el mundo circundante o en cierta expresión de sus emociones, como se refleja en la protección a las crías o en la capacidad de ligazón al amo que manifiestan algunos mamíferos contemporáneos. En un periodo relativamente corto de tiempo los mamíferos irradian por todos los hábitats del planeta adaptándose a todos los ambientes.

El paso al árbol, los Primates

Hace unos setenta millones de años, un pequeño mamífero insectívoro, parecido quizá a las actuales musarañas arborícolas, abandonó el suelo y trepó a los árboles. Eran los fundadores de los primates. Los primitivos Primates tenían ya un cerebro construido sobre la base de un potente desarrollo visual. La vida en el árbol ofrecía un mundo nuevo, enriquecedor, y favoreció un gran desarrollo de la neocorteza. La adaptación al medio arbóreo permitirá importantes avances en relación a los otros

mamíferos; se trata de cambios de su anatomía y de su conducta que reflejan un cerebro distinto.

Las garras se recortan y se transforman en uñas planas; de este modo se hacen prensiles y se convierten progresivamente en manos con las que agarrarse más fácilmente al árbol. Los dedos pueden ser usados libremente y aparece un dedo pulgar oponible que permite coger los objetos de la naturaleza. Toda la extremidad superior se hace más móvil gracias a la libertad de movimientos de las articulaciones del hombro y de la muñeca. Son los únicos animales que pueden colocar el brazo por encima de la cabeza. Libertad de movimientos esencial para la trepa y el salto en el medio arbóreo, y un cambio importante que facilita una mejor exploración y palpación del espacio. Las tres dimensiones pueden ser controladas con su propio cuerpo adquiriendo el animal una mayor percepción del espacio exterior, lo que se acompaña de profundos cambios neuronales.

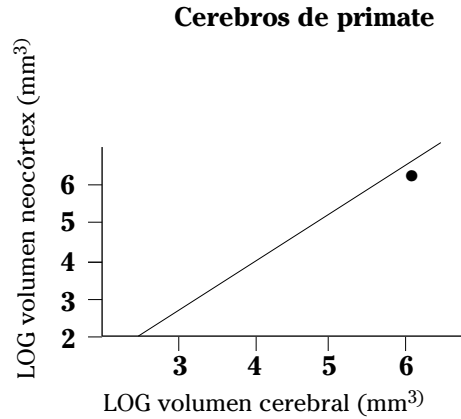
Los ojos se desplazan a la parte anterior de la cara, hecho que condiciona la visión estereoscópica, la captación de la profundidad del espacio y una evaluación inmediata de las distancias. La agudeza visual se perfecciona para discriminar nítidamente las imágenes, y, en el cerebro de estos primates va progresivamente desarrollándose la escena de la vida en color. En el mundo del bosque, en las copas de los árboles, la captación del color y la distancia se transforma en una cuestión de vida o muerte. La visión del color fue progresiva en los primates. Los genes para los pigmentos visuales de los conos han evolucionado por duplicación y divergencia a partir de un gen precursor común presente en los vertebrados. Primero aparece el gen para el pigmento sensible a longitudes de onda corta del espectro que permite percibir el azul. Luego este gen dio lugar a otro de onda larga. Estos dos genes son los únicos que tienen los monos del Nuevo Mundo. En cambio, los monos del Viejo Mundo –separados de aquellos hace 30 millones de años– tienen tres genes, el gen de onda larga se duplica y diverge para formar el gen para el verde y el gen para el rojo (1).

¿Qué está sucediendo en el cerebro de los primates? A lo largo de unos 20 millones de años, tiempo que lleva desde los primitivos prosimios a los simios antropomorfos más evolucionados que conocemos actualmente, como el chimpancé, el orangután o el gorila, hay un proceso de encefalización progresiva. Aumenta el tamaño del cerebro, fundamentalmente la relación entre el peso cerebral y el corporal, el índice de encefalización. Un indicador que no cesará de aumentar en la línea que conduce al hombre. Si se toma como índice de referencia el cerebro de la musaraña



Fig. 4

Relación entre el volumen cerebral y el volumen de la neocorteza en la evolución de los primates.



arborícola (un ejemplar actual de los primitivos prosimios) y le damos el valor 1, el cerebro del chimpancé, el simio más inteligente, tiene un índice de 11.3 y pesa 350 g. El hombre tiene 28.7, todavía hay un gran campo de expansión neocortical. Además, en los primates, la relación entre el volumen cerebral y el volumen de la neocorteza aumenta proporcionalmente (Fig. 4). Pero no solamente se necesita más corteza cerebral para almacenar y procesar la información de un mundo ahora más rico, o para controlar una mayor capacidad motora y de manipulación de objetos, sino para hacer integraciones sensoriales, un hecho novedoso que va a alcanzar relevancia singular. El mundo que se toca se asocia con el que se ve, pues las extremidades manipuladoras quedan delante del campo visual que domina la profundidad del espacio tridimensional. Es el comienzo de la visuoconstrucción, una de la claves que permitirá la evolución del cerebro del hombre, y sobre la que volveremos más adelante.

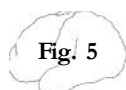
EL CEREBRO DE LOS MONOS: “POR FAVOR MÁQUINA, HAZ QUE SE ABRA LA VENTANA”

Si con el detenimiento de un anatomista observamos el cerebro de un mono antropomorfo apreciaremos unas cisuras bien definidas que delimitan los lóbulos cerebrales frontal, parietal, temporal, occipital y límbico (Fig. 5). En cada lóbulo las circunvoluciones tienen una organización neuronal con una cartografía representacional similar a la humana. Ya a principios de este siglo se observó que, por ejemplo, en el cerebro del orangután las áreas

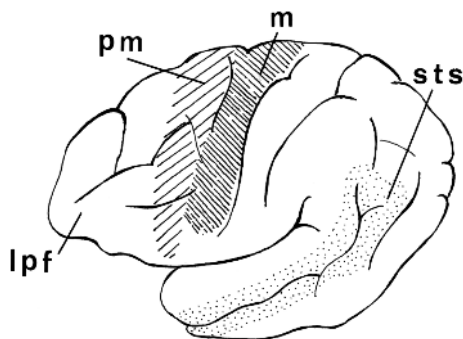
corticales tenían peculiaridades citoarquitectónicas equivalentes a las descritas en el humano, pudiéndose distinguir las áreas de Brodmann.

En los monos, las áreas motoras primaria y premotora ocupan parte del lóbulo frontal y son casi equivalentes en tamaño. En el área primaria hay una precisa representación motora del cuerpo del animal; zonas de gran finura de movimiento como los dedos de la mano, y en especial el pulgar, así como la cara, ocupan un mayor espacio. El incremento de redes neuronales para representar el cuerpo motor es concordante con la capacidad de movimientos que ha adquirido la mano y con la impresionante capacidad de hacer muecas con la cara. El área premotora, equivalente en tamaño al área primaria, se responsabiliza del control de la motilidad, y otorga precisión, fuerza y coherencia a los movimientos. Son múltiples las observaciones de primates manejando instrumentos naturales con la finalidad de obtener algo; incluso instrumentos humanos, como usar una linterna para limpiarse los dientes ante un espejo. El cerebro del primate está dotado con un área motora suplementaria donde el animal imagina e idea el movimiento. Mediante ingeniosos experimentos (2) se ha observado la descarga de neuronas de este área cerebral cuando el animal “decide voluntariamente” realizar un movimiento. La descarga precede en 100 ms a la actividad neuronal de las áreas motoras responsables directas de la ejecución del movimiento. Esta experiencia fascinante es de gran importancia, pues es una pista de una intención mental elaborada conjuntamente con la región prefrontal.

Las áreas visuales se localizan en el lóbulo occipital, son grandes y variadas, clasificadas como las áreas V-1 a V-5. Hay ya circuitos específi-



Cerebro de chimpancé. (m), área motora primaria. (pm), área premotora. (lpf), corteza asociativa prefrontal. (sts), región cortical del surco temporal superior, considerada una zona asociativa de integración perceptiva polimodal.



cos para procesar el color, la forma, el movimiento, la distancia. La percepción visual de un simio antropomorfo es casi humana.

El cerebro límbico –responsable de las emociones y de las conductas motivacionales del animal– está bien desarrollado. El hipocampo ocupa todavía una posición dorsal y es más pequeño que el humano, pero el complejo amigdalino y los núcleos septales son equivalentes. La corteza límbica modula la actividad de los centros hipotalámicos, influyendo en la reproducción, los cuidados maternos y las conductas del grupo familiar y de la especie. Una de las conquistas de los primates es la reducción del número de crías por parto. Con ello, el transporte en el medio boscoso se facilita y al mismo tiempo la concentración en una cría aumenta los vínculos madre-hijo. Se crean lazos de afecto y de sociabilidad. La madre se hace educadora, cuidando y mimando a su cría. Y la cría es receptiva a este proceso educativo porque su cerebro dispone de áreas asociativas. La corteza asociativa parieto-occipital y la temporal están más desarrolladas que en otros mamíferos. Dentro de esta corteza, la región del surco temporal superior (STS), se considera una importante zona de convergencia informativa y de integración perceptiva polimodal. Gracias a los circuitos neuronales de esta región, los primates son capaces de realizar procesos mentales integrados, es decir, superiores.

La porción más rostral del cerebro, anterior a las áreas motoras, se denomina lóbulo prefrontal. Esta región asociativa aparece en los primates, en el chimpancé supone ya el 17% de su cerebro. La corteza prefrontal está implicada en las capacidades de programación, planificación y regulación de la conducta animal. En los primates la porción orbitaria de esta corteza está asociada a los circuitos límbicos y de este modo las conductas instintivas y emocionales van a poder ser valoradas (primitivamente enjuiciadas). Los nuevos circuitos prefrontales capacitan al animal para mayores integraciones informativas con las que puede valorar emocionalmente los estímulos externos. El cerebro abre así una puerta incipiente a la sociabilización de las conductas programadas del animal, es decir, a la atemperación del comportamiento en relación con el grupo.

La aparición del lóbulo prefrontal es un cambio de enorme trascendencia evolutiva. Se considera que la expansión del lóbulo prefrontal y los cambios conectivos que ello implica en las redes neuronales cerebrales está íntimamente relacionada con la evolución de sistemas neuronales especializados en distintas capacidades cognitivas (3). Con el lóbulo prefrontal surge una especialización cognitiva que altera la visión del universo animal.

Premack y Woodruff (4) denominaron “teoría de la mente” a esta especialización cognitiva del cerebro. Por teoría de la mente se entiende la capacidad explícita del cerebro por la cual puede reflejar los propios estados mentales (deseos, intenciones y creencias) así como los de los otros. Esa capacidad es un sistema de inferencias de los estados mentales mediante el cual interpretamos la conducta nuestra y la de los otros. Es una reciente innovación que se desarrolla durante la hominización pero que ya está incipiente, esbozada, en los primates, especialmente en los simios. Hasta entonces, durante cientos de millones de años, los animales han estado operando sobre la base de “intenciones” implícitas y “conocimiento” almacenado en sus circuitos nerviosos; pero sólo recientemente la evolución ha producido animales con cerebros capaces de representar esos conceptos mentales “explícitamente”, es decir, con capacidad de re-flexión sobre ellos.

El cerebro del primate, gracias a su lóbulo prefrontal, es capaz de elaborar representaciones mentales de los estados del mundo circundante y ejercer su influencia sobre otros sistemas cerebrales que controlan la atención, la percepción, la memoria y la acción.

El siguiente experimento de 1980 es indicativo de la capacidad de los monos para establecer inferencias mentales de relación entre individuos. En el parque Amboseli de Kenia se llevó a cabo una investigación sobre reconocimiento de vocalizaciones (5). Se seleccionaron cuatro hembras de monos verdes con sus respectivas proles de dos años y medio (dos machos y dos hembras). Las vocalizaciones de los jóvenes habían sido registradas. En el medio natural, los hijos fueron apartados de sus madres de forma que ninguna de las madres, que estaban agrupadas, podía ver a su hijo. Por un altavoz disimulado en algún matorral se emitían las vocalizaciones del hijo seleccionado. Los resultados demostraron que la madre miraba durante mucho más tiempo hacia el altavoz, indicando que las hembras son capaces de reconocer a su prole por la información acústica, pero lo verdaderamente sorprendente fue que las otras hembras “miraban hacia la madre en cuestión”. Es decir, el mono es capaz de elaborar una categorización superior, una representación mental elaborada, pues es capaz de inferir mentalmente la relación madre-hijo. Otras experiencias han demostrado la capacidad de los primates para establecer filiaciones madre-hijo contemplando asociaciones de parejas contempladas en diapositivas. Los ejemplos podrían multiplicarse.

Los chimpancés y los orangutanes son especialmente adelantados. Poseen alguna comprensión de la idea de metas y de deseos. Una serie re-

volucionaria de experiencias realizadas en los últimos veinticinco años han demostrado sus capacidades simbólicas. Carentes de circuitos neuronales para la palabra, los investigadores han diseñado métodos para penetrar en su mente. Son capaces de aprender el lenguaje de signos de comunicación de los sordomudos americanos y manejar hasta 200 signos-palabras con los que pueden establecer diálogos con el investigador. Este y otros procedimientos han permitido apreciar que algunos simios pueden realizar tareas que implican clasificación de objetos por color o tamaño, y que incluso conocen los conceptos de “más” y “menos”.

Una hembra de chimpancé llamada *Lana* podía servirse de un teclado y manipular un lenguaje simbólico especial, el “yerkish”. Con esta máquina, *Lana* podía hacer frases diferenciando combinaciones gramaticales correctas (permitidas) e incorrectas (prohibidas), y podía manifestar deseos como “por favor, máquina, haz que se abra la ventana”. Otros simios “hablaban” con el investigador sobre sus estados mentales, designando su alegría, su tristeza o su miedo. Incluso la “prevaricación” (falsificación por la comunicación de algo que no corresponde a la realidad) ha sido observada en los primates.

En definitiva, gracias a la mayor cantidad de circuitos neuronales plásticos, el cerebro de los primates posee una mayor capacidad de aprendizaje con la que adquiere mayores representaciones categoriales del mundo. Y es, también, capaz de regular su conducta sobre lo aprendido, de innovación incipiente, e, incluso, de transmitirlo a otros.

Los primates aprenden por asociación y por imitación. Sorprende observar la conducta de las madres con sus crías. La madre mona es una madre educadora y pendiente. Al nacer una cría de chimpancé es tan desvalida como un bebé humano, pero la madre está pendiente, la mima, cuida y educa. Con esta actitud, a los cinco meses la cría sabe trepar y comienza a dar sus primeros pasos. A los ocho meses aprende la técnica para hacer el nido nocturno, si bien tardará un año en construirlo. Los juegos, vigilados por la madre, se transforman en un sistema para empezar a hacerse valer por cuenta propia como elemento de un grupo, y, mediante las riñas se aprende que hay conductas inapropiadas o molestas.

Su cerebro planificador es capaz de realizar innovaciones conductuales y de hacer aprenderlas a otros por imitación. El caso, ya clásico, de los monos macacos de la Isla de Koshima en Japón, ilustra estas capacidades. Dejemos que Curtis y Barnes (6) nos hagan la descripción: “Estos animales vivían y comían en el bosque hasta hace unos cuarenta años,

cuando unos investigadores japoneses les empezaron a dar boniatos en la playa. Los macacos pronto se acostumbraron a salir del bosque, aventurándose a la playa para comerse los boniatos que previamente habían limpiado de arena. Un día, después de dar de comer a los macacos, una hembra de dos años, Imo de nombre, se llevó el boniato al agua, lo sumergió con una mano y con la otra sacaba la arena de encima. Pronto otros macacos que tenían una estrecha asociación con el macaco lavador adquirieron el hábito. Cuando las hembras jóvenes que habían aprendido a lavar los boniatos llegaron a la madurez y tuvieron hijos, éstos lo aprendieron de sus madres. Actualmente todos los macacos de Koshima lavan el boniato en agua de mar, y muchos de ellos, como si apreciaran el gusto salado, lo sumergen repetidamente antes de cada mordisco. Pero esto sólo fue el comienzo. Los investigadores, después de lo conseguido, esparcieron granos de trigo por la arena de la playa. Igual que otros macacos, Imo, había estado recogiendo trigo, grano a grano de arena. Un día empezó a acarrear puñados de arena y trigo y los empezó a lanzar al agua. La arena se hundió y los granos de trigo flotaron, así que Imo recogió cómodamente el trigo y se lo comió. La selección del trigo se propagó por todo el grupo, de la misma manera como se había producido con los boniatos. Ahora los macacos, que nunca, antes del programa de alimentación, se les había visto en las playas, se bañaban en el agua. Los jóvenes jugueteaban y chapoteaban en el agua durante los días calurosos. Algunos se zambullían dentro del agua y cogían algas, y, al menos, uno abandonó a nado la isla de Koshima y se dirigió a la isla vecina, quizás como un emisario cultural”. Es grande la tentación de decir que *Imo* tenía un CI superior a sus compañeros.

Esta “enculturación” primitiva se ha observado también con los simios que han aprendido a manejar signos-palabra. El chimpancé *Washoe*, sin mediación humana, fué capaz de enseñar 55 signos a *Loulis*, una pequeña chimpancé. Además, los chimpancés que conocen el lenguaje de los sordomudos lo utilizan regularmente entre ellos sin la presencia del hombre.

Las llamativas capacidades de aprendizaje y de innovación de los primates son un factor decisivo de la evolución. Un gran cambio se está gestando. La capacidad de un animal de trascender las conductas instintivas, estereotipadas de la especie comienzan a esbozarse. La cultura como factor de evolución empieza a asomar en la historia de la vida. Detrás de estas actitudes hay el soporte de circuitos neuronales plásticos, más numerosos, con conexiones más complejas en las áreas asociativas de una neocorteza en franca expansión.

EL CEREBRO DE LOS HOMÍNIDOS

El *Homo sapiens sapiens* es el único homínido que habita el planeta. Entre nosotros y nuestros ancestros primates no homínidos hay un vacío en la naturaleza que contemplamos; un espacio de más de cinco millones de años sólo parcialmente ocupado por restos fósiles. No discutiríamos la evolución de la mente si coexistieran con nosotros otras especies más primitivas de homínidos.

Desde la aparición de *Australopitecus*, el primer homínido bípedo, hasta el hombre moderno, hay un proceso de encefalización gigantesco con respecto a todo lo que había sucedido anteriormente. Entre el cerebro de un simio inteligente como el chimpancé que pesa 350 g y el nuestro, 1.400 g, hay un aumento del peso cerebral de cuatro veces. Una gran implosión de neuronas generada en parte gracias a la fuerza evolutiva que supuso la cultura. Una fuerza que posiblemente fue también un factor decisivo en la extinción de otras especies de homínidos. Hasta entonces diferentes especies de homínidos habías convivido: *Australopitecus*, *Homo Habilis* y *Homo Erectus* llegaron, en distintos momentos, a ser contemporáneos, y, *Homo Erectus* y *Homo Sapiens* lo fueron durante un tiempo. Sobre la competencia genética se impuso la competencia generada por la cultura; la cultura significó progreso pero también poder y dominación.

Los primates más evolucionados, los hominoideos, aparecieron hace 30 millones de años. El cráneo más antiguo de estos hominoideos es el de *Aegyptopitecus* descubierto en El Fayum, cerca del Cairo. La divergencia de los hominoideos en el tronco que conduce a los simios actuales –como el gorila o el chimpancé– y en el tronco de los homínidos no está bien datada por la escasez de restos fósiles. Estimaciones fiables dan a *Dryopitecus* la fundación de estas dos familias, divergencia que tuvo lugar en un periodo comprendido entre diez y cinco millones de años.

La historia que conduce desde el primer homínido hasta el hombre actual y su portentosa historia cultural es contada en el capítulo 6. Aquí solo haremos referencia a los aspectos cerebrales: al progresivo éxito de sus neuronas a lo largo de cinco millones de años, la optimización de su rendimiento como selección natural y a lo que este hecho supuso en la génesis de la mente humana.

Los restos fósiles de cráneos de homínidos no solamente nos relatan un aumento del volumen cerebral (*Australopitecus* 450 cm³, *Homo habilis*, 700 cm³, *Homo erectus* entre 800 y 1.200 cm³, *Homo sapiens* más de 1.300 cm³),

sino que mediante el estudio de moldes de las huellas endocraneales se han obtenido valiosos datos indirectos sobre la configuración de la superficie cerebral, pues los relieves e impresiones del interior del cráneo son producidos por los pliegues y surcos de la corteza cerebral. En esta apasionante evolución nos basaremos en las magistrales observaciones de Tobías (7, 8) y Hollowag (9, 10).

Los homínidos experimentan cambios notables con respecto a los otros primates en cuanto a la organización de la corteza cerebral.

Las áreas motoras comienzan a cambiar como consecuencia de la bipedestación. Se ha escrito alguna vez que fue éste el camino hacia la humanidad. Según las huellas fósiles de la zona volcánica de Laetoli al norte de Tanzania, *Australopitecus africanus* caminaba erguido hace 3.5 millones de años. La bipedestación reestructura la maquinaria neuronal pues es preciso coordinar movimientos más complejos, nuevos y precisos. Pasar de cuatro patas a dos exige profundos cambios de regulación neuronal. Además, la liberalización de las extremidades superiores irá permitiendo el progresivo manejo de herramientas, lo que es posible gracias a una corteza motora capaz de dar precisión y habilidad a los movimientos de manipulación de los objetos. Esta reestructuración de la motilidad está ya claramente presente en el cerebro de *Homo habilis*, el primer fabricante de herramientas, hace 2.5 millones de años. Las áreas premotriz y motora suplementaria aumentan de tamaño, creándose una desproporción, que no existe en los monos, entre el área motora primaria y las de coordinación y planificación. Se hace mayor la representación cortical de la mano (especialmente del dedo pulgar) y de la cara. La musculatura facial, que mediante la mímica tan exquisitamente expresa nuestros estados de ánimo, se va regulando mediante finos mecanismos neuronales. Expresión facial, expresión corporal y manipulación van a ser controlados por circuitos nerviosos próximos y mutuamente imbricados. La reorganización genética de las áreas motoras permite así la primera interacción cultural de un animal con el medio externo, comienza a manipularlo y a tener capacidad motora de expresar sus estados subjetivos. La expresión facial de los simios sigue seis pautas innatas y universales con las que indican sus emociones, pautas que mantienen, enriquecidas, todos los hombres de todas las culturas, si bien no se corresponden debido al proceso de enculturación.

Las áreas visuales aumentan de tamaño, aunque el área visual primaria disminuye proporcionalmente en relación con las áreas visuales de procesamiento superior. En general, el diseño y las pautas perceptivas son semejantes a los primates. Una mayor superficie cortical aumenta la ca-

pacidad de almacenamiento de imágenes mentales y de procesamiento categorial visual.

Las áreas asociativas van a adquirir un gran desarrollo. La corteza prefrontal de *Homo sapiens* es cinco veces mayor que la del simio y representa el 29% del cerebro. Son las implicadas en las integraciones cognitivas, el aprendizaje, la planificación, el control emocional, el lenguaje y las inferencias de estados mentales.

Homo habilis inicia la expansión frontal. La región orbitobasal –implificada en el control emocional y de los impulsos– es más amplia que en los monos. La sociabilización (la acción cultural del medio humano) comienza a guiar las pautas de conducta. En *Homo erectus* se incrementa notablemente la corteza prefrontal y el lóbulo temporal también se expande y desplaza hacia adelante cambiando el aspecto del cerebro (Fig. 6). Estas modificaciones están asociadas a complejos movimientos cerebrales internos que desplazan el hipocampo desde una posición dorsal a una ventral. Con este cerebro, *H. erectus* disponía de una tecnología impresionante de útiles de piedra, planificaba estrategias de caza y pudo hacerse nómada. Sabemos que *Homo erectus* migró por el valle del Nilo, atravesó Suez y se dispersó por el mundo. Una actividad que implica el abandono del territorio dejando atrás unas raíces y portando consigo una cultura. *Homo erectus*, posiblemente, conoce el pasado y planifica el futuro mediante la búsqueda consciente de algo nuevo. Es un cerebro que constru-

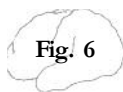
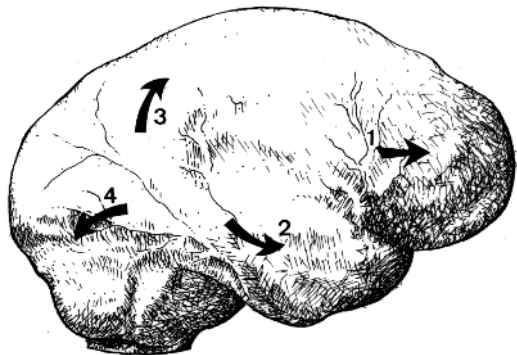


Fig. 6

Molde cerebral de *Homo erectus* (reconstrucción modificada de Holloway). Las flechas indican las tendencias de expansión cerebral. (1) Expansión prefrontal. (2) Expansión temporal. El desplazamiento parietal (3) y occipital (4) va generando un espacio cortical donde se gestan las áreas integradoras polimodales visuconstructivas.



ye representaciones categoriales más abstractas de la realidad, que está dotado con circuitos que le permiten reflexionar sobre sus estados mentales de modo que puede conocer y modular mejor su conducta.

Las áreas visuoesconstructivas: en busca de la palabra

La génesis cerebral del lenguaje es uno de los capítulos más apasionantes de la neuroanatomía evolutiva y un punto decisivo de la construcción del hombre. Evidentemente no fue un hábito instantáneo sino una consecuencia de la presión selectiva.

A lo largo de la hominización se va produciendo un progresivo desarrollo de las zonas de tránsito entre los lóbulos parietal, temporal y occipital. Se va generando un espacio de corteza asociativa (áreas 39-40 de Brodmann) que desplazan el lóbulo occipital hacia atrás. En esta región se van a producir importantes integraciones sensorio-perceptivas visuales y táctiles, es una zona de formación de representaciones mentales complejas.

Estas áreas son muy rudimentarias en *Australopithecus* y en *Homo habilis*, si bien en este último se sitúan ya a nivel de su posición definitiva. En *Homo erectus* se amplían y alcanzan en *H. sapiens* un desarrollo completo, hace 500.000 años. La significación de estas áreas cerebrales integradoras es enorme en la evolución. Con ellas el cerebro dispone de circuitos neuronales estratégicos para realizar representaciones mentales entre lo que se ve y lo que se toca, algo imprescindible para la fabricación de útiles. Las áreas visuoesconstructivas en asociación a redes neuronales del lóbulo frontal permitirán la fabricación de herramientas, de objetos, hecho éste de honda significación ya que sabemos es la base de la cultura de todos los pueblos. Pero en la formación de las áreas visuoesconstructivas hay algo más esencial. Geschwind (11) ha postulado que la evolución de algunas áreas del cerebro depende de la convergencia sobre ellas de dos o más modalidades sensoriales. Según esto, las áreas 39-40 proceden a identificar el objeto tocado con el visto lo que puede generar la necesidad de objetivarlo en una categoría superior: denominarlo (nombrar la cosa percibida es la esencia del lenguaje). El escritor García Márquez relata bellamente esta génesis de la palabra en su novela "Cien años de soledad": "El mundo era tan reciente que las cosas carecían de nombre, y para designarlas había que señalarlas con el dedo".

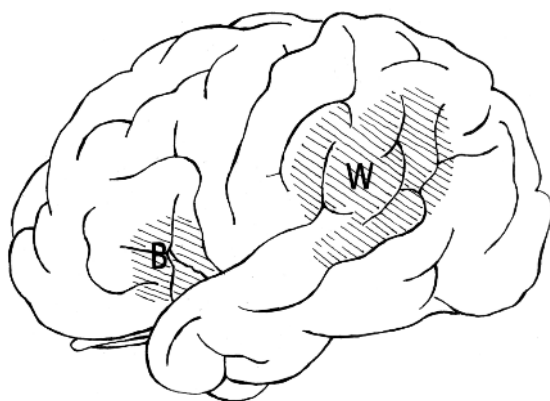
Debemos recordar aquí que en el hemisferio cerebral izquierdo, en un 95% de la población, las áreas 39-40, junto con la parte posterior del área auditiva de procesamiento superior (área 22) constituyen el centro

posterior de la palabra, el área de Wernicke, una región cuyos circuitos neuronales procesan la comprensión del lenguaje (Fig. 7). Pues bien, es muy sugerente pensar que mientras las áreas derechas permanecen como zonas visuoconstructivas, las izquierdas se especializan, a expensas de esta capacidad cerebral, en el lenguaje. Aparece así la asimetría hemisférica, una de las claves evolutivas de los homínidos. El desarrollo de la visuoconstrucción en el lado derecho y el del lenguaje en el izquierdo aumentaría el rendimiento funcional del cerebro evitando la duplicación; es una ventaja adaptativa (12). Estas áreas podrían haberse desarrollado a expensas de la región del STS de los primates, una zona ya mencionada de incipiente integración polimodal. La expansión de estas zonas gracias al desarrollo genético de más neuronas y conexiones produce un gran desplazamiento entre los lóbulos occipital, temporal y parietal que configura progresivamente el cerebro de los homínidos.

En relación a estos cambios, surge, en el lóbulo frontal, y, en íntima conexión circuital con la región mencionada, el área de Broca (áreas 44-45), o centro anterior de la palabra. La palabra comprendida y la palabra dicha evolucionaron conjuntamente. Área vital para la elaboración de los programas neuronales de pronunciación de los fonemas, está ya presente, según los moldes fósiles, en el cerebro de *Homo habilis*. Es muy posible que *Homo habilis* tuviese un repertorio de sonidos y gestos culturalmente adquiridos que podía emplear para realizar peticiones sencillas. Era un habla rudimentaria pero con valor de comunicación cultural. A este respecto Monod ha escrito en "El azar y la necesidad": "Es evidente que franqueado este paso, el uso de un lenguaje, por primitivo que sea, no puede



Cerebro de *Homo sapiens sapiens*. Hemisferio cerebral izquierdo mostrando la posición del centro anterior de la palabra o área de Broca (B), y del centro posterior de la palabra o área de Wernicke (W).



dejar de acrecentar en proporciones considerables el valor de supervivencia de la inteligencia, y de crear en favor del desarrollo del cerebro una presión de selección poderosa y orientada, tal como ninguna especie afásica podía jamás esperar. En el momento que existe un sistema de comunicación simbólica, los individuos o más bien los grupos mejor dotados para su empleo adquieren sobre los otros una ventaja incomparablemente más grande”.

Según la hipótesis de Lieberman (13), el desarrollo y perfeccionamiento de los circuitos neuronales del lenguaje fue parejo a los cambios morfológicos del tracto vocal. *Homo erectus* y *Homo sapiens* tuvieron lenguajes rudimentarios, y sólo *Homo sapiens sapiens*, quizá hace unos 100.000 años, consigue la competencia lingüística.

El cerebro límbico: el placer de la cooperación

Las modificaciones que progresivamente experimenta el sistema responsable de las conductas instintivas, emocionales, de la reproducción y de los ritmos biológicos se centran en dos aspectos básicos: el aumento de las áreas responsables de producir sensaciones placenteras y el vínculo más estrecho que se establece entre la corteza prefrontal y los centros límbicos. Estos dos hechos van a modificar de forma importante las conductas, van a “sociabilizar” el cerebro.

Los ritmos biológicos tienden a ser más débiles, pudiendo moldearse por el medio sociocultural. Esta debilitación se aprecia bien en las conductas de reproducción. La hembra de los primates es sexualmente receptiva en las fechas entorno a la ovulación. Receptividad de la que aparecen signos manifiestos como el cambio de coloración, la hinchazón de los genitales y olores específicos del ciclo. Gradualmente debió producirse una atenuación de este ritmo pues la hembra de *homo sapiens sapiens* es sexualmente receptiva durante todo el ciclo, no apareciendo signos exteriores de periodo fértil. De este modo la relación no es esporádica pudiéndose establecer vínculos sexuales de larga duración que facilitan la interacción y comunicación entre dos individuos.

En la corteza límbica y en núcleos del sistema, como el núcleo amigdalino, hay zonas cuya actividad neuronal es responsable de poner en funcionamiento conductas de agresión o manifestaciones de ira y ataque, y otras zonas que provocan sensaciones placenteras y de bienestar. En los primates, el n. amigdalino tiene dos poblaciones de actividad contrapuesta. La estimulación del núcleo basolateral provoca sensaciones placente-

ras y la del núcleo centromediano incita agresión y cólera. En los monos estas dos poblaciones son equivalentes. Durante la hominización hay una tendencia a incrementar la población neuronal basolateral en relación al núcleo centromediano. Así mismo, gran parte de la circunvolución del cíngulo se relaciona con conductas placenteras. Las experiencias placenteras en relación con otros miembros del grupo pueden ser la base de conductas altruistas y de comportamientos amistosos.

Algunos sociobiólogos sostienen que el altruismo tiene una clara base genética pues es una conducta que aumenta la probabilidad de supervivencia de los genes de la población. La madre que se sacrifica por los hijos ayuda a que sobreviva el pool de genes. El concepto de altruismo recíproco ha sido acuñado por Trivers (14) como el aparente autosacrificio que se hace con la idea de que se devuelva algo. Compartir la comida, avisar a otro del peligro, limpiar las garrapatas o ayudarlo a librarse de situaciones difíciles serían conductas altruistas recíprocas de los primates. Los circuitos nerviosos que permitieron experimentar placer permitieron y favorecieron esta necesidad biológica profunda.

No podemos hacer más que suposiciones sobre las conductas altruistas de los homínidos. Es posible que en los primitivos asentamientos comunales tuviera lugar un reparto de alimentos. El hombre de Neandertal realizaba enterramientos de sus congéneres, una actitud en la que, independientemente de manifestar un cierto sentido simbólico del más allá, subyace una conciencia del otro, un respeto hacia el miembro de su especie, un concepto naciente de que el congénere merece el cuidado de los demás mientras vive, porque se le respeta cuando muere. Se han encontrado enterramientos de neandertales con graves incapacidades de nacimiento y que sin embargo vivieron cuarenta años, algo impensable si no se dependiera de cuidados del grupo.

En suma, el progresivo crecimiento del *neocórtex* durante la hominización va provocando un encadenamiento de interacciones entre las propias funciones cerebrales y de éstas con el medio exterior. Un medio físico que progresivamente se hace también social y cultural. La evolución del cerebro de los homínidos refleja cambios y adaptaciones impuestas por la necesidad de cooperación social. El manejo y elaboración de herramientas, las estrategias de caza, los cuidados prolongados de la cría, el mayor vínculo sexual, el abandono del territorio, son conductas que van creando una mayor dependencia del grupo y del “otro” para poder vivir. La cooperación se hace fuerza evolutiva y origina una mayor presión selectiva sobre los homínidos. Fuerza de selección que acaba premiando los

cambios y mecanismos genéticos que permitieron una mayor comunicación, o sea, el lenguaje. Es una contribución decisiva de la acción del medio social a la evolución genética.

El lenguaje se hizo vínculo entre lo sociocultural y el cerebro, permitió el éxito de la especie y abrió la puerta de la consciencia. Consciencia del mundo y del “otro” y también de la diferencia, del “no-otro”, del “yo”, de la autoconsciencia, en definitiva. Con el lenguaje, el objeto fue designado y, con ello, interiorizado, hecho imagen mental, representación en su ausencia. Con el lenguaje, la percepción del mundo y la explicitación de los estados mentales, esbozada en los simios, se verbalizan. El lenguaje permitió la gran explosión de la humanidad, pues coordinaba tareas, aumentaba la cooperación y creaba la tradición. La cultura específicamente humana aparece.

LOS GENES DE LA ENCEFALIZACIÓN

¿Cuál es el papel de los genes en estos gigantescos cambios experimentados en la anatomía y en la función del cerebro a lo largo de la evolución? Podría esperarse que las grandes transformaciones del cerebro se acompañasen de profundos cambios en la cantidad de ADN, sin embargo los datos son sorprendentes. Cuando se analiza el contenido de ADN por célula en distintos seres vivos se obtienen los siguientes datos:

Colibacilo		4.2×10^6 bp
Caernobitens elegans		8×10^7 bp
Drosoplila melanogaster		1.4×10^8 bp
Anfibios		3.1×10^9 bp
Mamíferos		3.3×10^9 bp

El contenido de ADN se incrementa hasta los mamíferos, pero en ellos se produce una paradoja. Entre el cerebro liso y pequeño de un ratón y el del hombre hay un abismo morfológico y cognitivo, sin embargo, la cantidad de ADN total por célula apenas varía. Es así, el neocórtex se construye con escasas diferencias de contenido de ADN. En relación al número de genes en el ADN las estimaciones dan: 2.350 en el colibacilo, 8.700 en el insecto *Drosophila*, 13.500 genes en el gusano *Caernobites elegans* y 100.000 en los mamíferos.

Si se observa la distancia genética con el primate más próximo a nosotros –aunque evidentemente no nuestro antepasado– el chimpancé, se aprecia un enorme parentesco. La comparación entre el ADN del simio y del hombre se hace mediante una técnica de hibridación molecular. La molécula de ADN se disocia en sus dos hebras, se mezclan las del chimpancé y el hombre. La molécula quimérica hombre-mono no difiere más que en un 1.6% de su longitud (15). La homología se da también a nivel de proteínas. Las diferencias de secuencias medias de aminoácidos en proteínas no rebasa el 0.8%. Los grupos sanguíneos son casi iguales. Pero evidentemente, el cerebro y la conducta difieren notablemente.

¿Cuáles son, entonces, los procesos genéticos que guían la evolución de la neocorteza? Pocas, pero determinantes mutaciones del pool genético. Mutaciones que van a afectar a la capacidad proliferativa de las células progenitoras de las neuronas durante el desarrollo embrionario, y mutaciones que van a permitir la aparición de mayores cantidades de genes reguladores, abiertos. Genes, que, como sabemos (cap. 1 y 2) son capaces de modificar los circuitos nerviosos por la propia actividad de los mismos en respuesta a la acción del medio externo (físico, social y cultural).

Para comprender esto mejor observemos lo que sucede en el interior de la corteza cerebral durante la evolución. Si desplegásemos la superficie de la corteza cerebral de una rata ésta ocuparía una extensión de 5 cm², si desplegásemos las circunvoluciones de un chimpancé la extensión llegará a 5 dm² y si hacemos lo mismo con la del hombre alcanzamos unos 26 dm². Este aumento de superficie es reflejo del incremento en el número de neuronas. Powel ha estimado en 6×10^7 para la rata, 7×10^9 para el chimpancé y 30×10^9 para el hombre. El cerebro del hombre tiene 23.000 millones de neuronas más que el chimpancé y 29.940 millones más que la rata. Pero son las mismas categorías de neuronas y con unos patrones similares de organización. Rockel y colaboradores (16) realizaron en 1980 un hallazgo muy interesante. Contaron el número de neuronas por milímetro cuadrado de superficie cerebral en diferentes especies de mamíferos. Los resultados demostraron que había unas 140.000 neuronas, el mismo número en todas las especies.

Sabemos que las unidades básicas de la corteza cerebral, las columnas o módulos, se organizan con el mismo número de neuronas en todas las especies (ver cap. 1). De este modo, el tamaño de la neocorteza va a estar determinado por el número de módulos. Durante la evolución se produce un incremento de módulos corticales generado por cambios ge-

néticos que afectan a las células progenitoras de las unidades ontogenéticas del tubo neural embrionario; a su vez, la necesidad de las nuevas neuronas de generar conexiones amplía el número de circuitos intermodales y el número de sinapsis. Una observación que ya había efectuado Cajal: la mayor riqueza de dendritas y espinas en las neuronas de la corteza cerebral en diferentes especies de la escala evolutiva.

El número de unidades ontogenéticas, formadoras de columnas, depende del número de divisiones mitóticas simétricas (generadoras de células hijas idénticas) de las células progenitoras del tubo neural producidas antes de las divisiones asimétricas que determinan la diferenciación y migración neuronal. El límite de mitosis simétricas marcará el número de unidades neuronales posibles. Se ha postulado (17) que la expansión del neocórtex durante la evolución depende de cambios mutacionales que afectan al número de divisiones simétricas en zonas específicas del neuroepitelio. Una división extra doblará el número de unidades ontogenéticas y, en consecuencia, doblará el área de la neocorteza.

Estas modificaciones obedecen a cambios en los genes que controlan la quinética proliferativa de las células progenitoras (18). Los genes que marcan el tiempo, el ritmo y los intervalos de las divisiones de las células progenitoras de las neuronas corticales experimentan sutiles variaciones moleculares que alteran las instrucciones de los planos de construcción del sistema nervioso. Un número incrementado de unidades ontogenéticas interactúan con otros factores en la creación de nuevas áreas corticales y su evolución a través de la selección natural.

Los profundos cambios anatómicos y conductuales entre el hombre y nuestros parientes más próximos obedecen fundamentalmente a cambios en los genes reguladores más que a los genes estructurales. Cambios suficientes para explicar la divergencia de un 1.6% del ADN entre nosotros y el chimpancé. Si esto es así, la revolución biológica que condiciona la aparición del hombre es una consecuencia de la adquisición de nuevas estructuras que interactúan con el medio (más circuitos nerviosos) que una revolución en la organización de los genes.

EPÍLOGO

Pequeños cambios que afectan a los genes reguladores han construido un cerebro en el que aumenta notablemente la capacidad de aprendizaje y de

representación del mundo. Podemos imaginarnos en los embriones de *Australopitecus*, *Homo Habilis*, *Homo Erectus* y *Homo Sapiens*, progresivos añadidos de columnas corticales formadoras de la corteza asociativa. Gracias a esta nueva corteza en expansión se produce una mayor interacción del cerebro con el entorno. La interacción se hace también cooperación, y, el medio social y cultural participan en la propia evolución genética como presión selectiva. Con la aparición del lenguaje surgirán abrumadores cambios culturales, y el ritmo cultural, bajo la presión selectiva de la inteligencia, excederá, con mucho, al cambio de frecuencias génicas.

En esta interacción progresiva, la mente explícita y reflexiva emerge como actividad del cerebro y como internalización en él del mundo externo (físico, social y cultural). Si como afirma George H. Mead en su brillante obra “Espíritu, persona y sociedad”: “el espíritu es la subjetivación de lo simbólico”, entonces, el organismo biológico, al conseguir en la evolución internalizar lo simbólico de las conductas, deviene finalmente en organismo con espíritu.

No hay nada en esta mirada hacia el pasado que nos otorgue el derecho a pensar que la evolución ha terminado. Los genes y las fuerzas selectivas siguen sus leyes de azar y de necesidad.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía general

- BATESON, G. (1984). *La nature et la pensée*. Ed. Le Seuil. París.
- BUTLER, A. B. y HODOS, W. (1996). *Comparative Vertebrate Neuroanatomy. Evolution and Adaptation*. Wiley-Liss. N. Y.
- DOBZANSKY, T. A., AYALA, F., STEBBINS, G. L. y VALENTINE, J. W. (1980). *Evolución*. Ed. Omega. Barcelona.
- ECCLES, J. C. *La evolución del cerebro: creación de la conciencia*. (1992). Ed. Labor. Barcelona.
- FACCHINI, F. (1993). *La culture dans l'évolution humaine. C. R. La Vie des Sciences*. 10: 51-66.

- GÓMEZ-BOSQUE, P. (1974). Los caminos de la evolución y el origen del hombre. Ed. Sever-Cuesta. Valladolid.
- GRIFFIN, D. (1988). La pensée animale. Ed. Denoël. París.
- HARRIS, M. (1995). Introducción a la antropología general. Ed. Alianza. Madrid.
- JASTROW, R. (1981). The Enchanted Loom. Ed. Simon and Schuster. N.Y.
- NORTHCUTT, R. G. y KAAS, J. H. (1995). The emergence and evolution of mammalian neocortex. *Cortex*. 18: 373-378.
- PEARCE, J. M. (1987). An Introduction to Animal Cognition. Ed. Lawrence Erlbaum Associates. Londres.
- PRICE, P. W. (1996). Biological Evolution. Saunders College Publishing. N. Y.
- ROMER, A. S. (1959). The vertebrate story. Chicago University Press. Chicago.
- SIMPSON, G. G. (1964). This View of Life. Harcourt, Brace and World. N. Y.
- WOOD, B. (1996). Human evolution. (Review). *BioEssays*. 18:945-954.

Bibliografía específica

- (1) NATHANS, J., MERBS, S. L., SUNG, C. H., WEITZ, C. J. y WANG, Y. (1992). Molecular genetics of visual human pigments. *Annu Rev Genet*. 26: 403-424.
- (2) BRINKMAN, C. y PORTER, R. (1979). Supplementary motor area in the monkey activity of neurons during performance of learned motor task. *J. Neurophysiol*. 42: 681-709.
- (3) POVINELLI, D. J. y PREUSS, T. M. (1995). Theory of mind: evolutionary history of a cognitive specialization. *Cortex*. 18: 418-424.
- (4) PREMACK, D. y WOODRUFF, G. (1978). Does the Chimpanzee Have a Theory of Mind. *Behav. Brain. Sci*. 1: 515-526.
- (5) VAUCLAIR, J. (1990). Las imágenes mentales en el animal. *Mundo Científico*. 107: 1094-1102.
- (6) CURTIS, H. y BARNES, N. S. (1996). Invitación a la Biología. Ed. Panamericana. Madrid.
- (7) TOBIAS, P. V. (1971). The Brain in Hominid Evolution. Columbia University Press. N. Y.
- (8) TOBIAS, P. V. (1987). The Brain of Homo habilis: new level of organization in cerebral evolution. *J. Hum. Evol*. 16: 741-761.
- (9) HOLLOWAY, R. L. (1974). The cast of fossil hominid brains. *Sci. Amer*. 231: 106-115.
- (10) HOLLOWAY, R. L. (1983) Human paleontological evidence relevant to language behavior. *Human Neurobiol*. 2: 105-114.

- (11) GESCHWIND, V. (1972). Language and the brain. *Sci. Amer.* 226: 76-83.
- (12) LEVY, J. (1977). The mammalian brain and the adaptative advantage of cerebral asymmetry. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 299: 264-272.
- (13) LIEBERMAN, P. (1985). The Biology and Evolution of Language. Cambridge. Mass. Harvard University Press.
- (14) TRIVERS, R. (1985). Social Evolution. Benjamin/Cummings Publishing Company. Redwood City. California.
- (15) KING, M. C. y WILSON, A. C. (1975) Evolution at two levels in humans and chimpanzees. *Science.* 188: 107-116.
- (16) ROCKEL, A., HIORNS, R. y POWELLI, T. (1980). The basic uniformity in structure of the neocortex. *Brain.* 103: 221-224.
- (17) RAKIC, P. (1995). A small step for the cell, a giant leap for mankind: a hypothesis of neocortical expansion during evolution. *Trends Neurosci.* 18: 383-388.
- (18) CAVINESS, V. G. Jr., TAKAHASHI, T. y NOWAKOWSKI, R. S. (1995). Numbers, time and neocortical neurogenesis: a general development and evolutionary model. *Cortex.* 18: 379-383.

MENTE Y CULTURA

Eloy Gómez Pellón

INTRODUCCIÓN

Por muchas razones, el siglo que está a punto de concluir ha sido fascinante para el conocimiento humano, si se considera que en el mismo se han realizado conquistas insospechadas que han llenado de ilusión y esperanza a nuestra especie, ansiosa por conocer la verdad de muchas cosas. Tras los maravillosos presagios de un siglo como el XIX, que nos legó las teorías matemáticas de Cauchy, o los principios biológicos del evolucionismo propugnados por Darwin, o las bases de la moderna genética sentadas por Mendel, resplandecería un nuevo siglo pleno de progreso que permitiría a Einstein en fecha tan temprana como 1905 enunciar el revolucionario principio de la relatividad sobre el que cimentar la física moderna. Al final de una centuria como ésta que se acaba, en la que se ha logrado la fisión nuclear y se ha desentrañado la estructura del ADN, por poner algunos ejemplos entre muchos, que no hacen sino mostrar la grandeza del espacio ganado a la inmensidad de nuestra ignorancia, nos enorgullece que haya sido posible, desde el año 1990, el desarrollo de un proyecto como el del genoma humano, en el que muchos científicos de muchos países aunarán el colosal esfuerzo que permita impulsar uno de los propósitos más ambiciosos y desafiantes que ha conocido la humanidad, como es el de la localización de la información genética contenida en los cromosomas humanos.

Ciertamente, que tanta satisfacción se ha tornado en muchas ocasiones en soberbia, y los grandes descubrimientos se han convertido en una pesada carga para la vida en el Planeta que ha llegado a amenazar nuestra propia supervivencia. Las brutales deforestaciones que se han llevado a cabo han arrasado la cubierta vegetal de muchas tierras, haciendo que las lluvias depauperaran los suelos. La utilización indiscriminada de los motores de combustión ha generado niveles preocupantes de contaminación que han afectado a la vida de muchos seres vivos, cuando no han provocado su muerte. El empleo desproporcionado de la energía nuclear ha producido enormes masas de residuos, cuyo almacenaje resulta cada vez más alarmante, produciendo en ocasiones terribles catástrofes. A la zaga de tanta tragedia se sitúan los drásticos cambios climáticos y paisajísticos que han asolado la flora y la fauna de muchos espacios que en el pasado se hallaron llenos de vida, y que hoy representan la decrepita imagen de lo que fueron en otro tiempo.

Pues bien, los extraordinarios logros y los incontables fracasos constituyen el resultado del magno esfuerzo realizado por el ser humano a lo largo de cientos de miles de años, durante los cuales aquéllos han sido muchos más importantes y decisivos que éstos, permitiendo así que el conocimiento se agrandara sin cesar. Dicho conocimiento, atesorado acumulativamente es producto de un atributo que es la cultura, y cuya potencia explica el incomparable éxito de una especie, como la humana, que ha recorrido un largo camino a partir de unos orígenes que se remontan a su vieja y humilde condición de primate africano.

LA LARGA MARCHA

La existencia del ser humano sobre la Tierra es tan reciente que le convierte en un advenedizo. Cuando hace cuatro o cinco millones de años aparecieron los primeros homínidos, ya habían transcurrido más de tres mil ochocientos millones de años desde el surgimiento de los primeros seres vivos, esto es, de las bacterias que, probablemente, lo hicieron alrededor de mil millones de años después de que se hubiera formado el Planeta (F. J. Ayala, 1994: 17-18). Dicho de otro modo, el tiempo que el ser humano lleva viviendo en la Tierra representa poco más de una milésima con relación a la conformación de la misma a partir de la condensación de gases y de partículas que giraban alrededor del sol. El hecho de que el ser humano pueble el Planeta en el presente no puede ser más que el resultado de una aventura fascinante que se difumina en la noche de los tiempos.

A menudo, los datos cronológicos que se ofrecen constituyen vagas aproximaciones a lo que ha sido un intrépido viaje a través de la vida iniciado hace millones de años por nuestros antepasados.

La paleontología, la antropología y la arqueología nos han proporcionado desde el siglo XIX, pero sobre todo a lo largo de la centuria que termina, un arsenal de datos de incalculable valor acerca de lo que ha sido esta aventura humana. Sin embargo, no hubiera sido posible conocerlo sin haberse alcanzado la certidumbre que supuso la tesis darwinista, formulada en los años que siguieron al ecuador decimonónico. La tesis, como todos los grandes descubrimientos, no fue resultado del azar, sino de especulaciones formuladas al calor del racionalismo precedente, y de comprobaciones que, además de convertirse en un caudaloso manantial de experiencias, proporcionaron el conocimiento requerido para enunciar los principios del evolucionismo.

A mediados del siglo XVIII, el médico sueco Carl von Linné efectuaba una clasificación taxonómica del mundo animal basada en consideraciones analógicas, en la cual, por vez primera, incluía al ser humano, dado su extremado parecido con los monos. Para el ser humano, este naturalista sueco reservaba la denominación de *Homo sapiens*. Casi simultáneamente, la sugerencia realizada por Buffon a mediados del siglo XVIII de que algunas especies de plantas y de animales parecían haber dado vida a otras supuso un importante punto de partida que, además, animó los trabajos de muchos científicos de la época. Antes de que terminara el siglo XVIII, Lamarck proponía una secuencia evolutiva en la que se incluían desde las formas animales más elementales hasta la vida humana, si bien atribuyendo equivocadamente el hecho evolutivo a la transmisión de los caracteres hereditarios que resultaban de las modificaciones orgánicas debidas a la adaptación al medio.

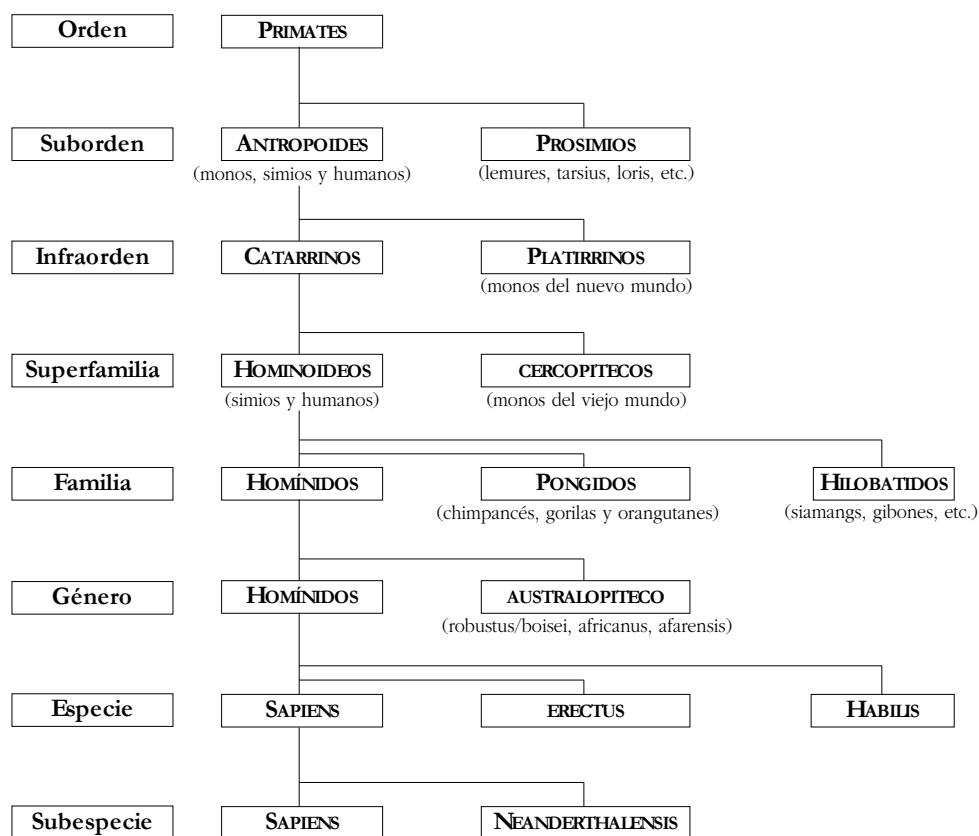
La teoría lamarckiana, sin embargo, tendría la virtud de estimular la búsqueda de la verdad, la cual terminaría por hacerse patente en la tesis darwinista, tal como se ha señalado, que sería plasmada en su conocida obra *On the Origin of Species*, publicada en 1859. Efectivamente, el carácter evolucionista de la obra no constituía una novedad, sino que ésta residía en haber encontrado el mecanismo que hacía posible la evolución, el cual recibirá el nombre de “selección natural”, que explícitamente era elevado a la categoría de principio universal. Según dicho principio, los caracteres hereditarios de los seres vivos se transmiten a la descendencia mediante una selección natural, que permite que desaparezcan los menos

aptos y se consoliden los más aptos para la vida. De esta manera, los seres vivos cambian al mismo tiempo que una generación sucede a la precedente, con la consiguiente evolución de las especies. Esta evolución explica que la mayor parte de las especies de animales y de plantas que han existido hayan desaparecido, al tiempo que irrumpían otras, descendientes de aquéllas y mejor adaptadas.

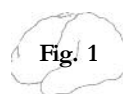
Es preciso señalar que esta obra darwiniana fue publicada tras un fructífero estudio por parte de su autor de los animales de las Islas Galápagos, que si bien eran únicos resultaban muy similares a los del continente americano. Sin embargo, ni siquiera la terminología evolucionista era absolutamente nueva, puesto que él mismo reconoce en la obra la influencia fundamental que en muchos aspectos habían ejercido sobre su planteamiento algunos pensadores como Malthus o como su contemporáneo Spencer. Incluso, habría que añadir que, como la mayor parte de los descubrimientos, contó con más de un descubridor, ya que, entre otros, un compatriota suyo, Wallace, puso de manifiesto la teoría casi simultáneamente. Ninguno, sin embargo, la expresó de una manera tan clarividente y decidida como Darwin, aunque sólo al final de su obra incluye al ser humano, que hasta entonces permanece un tanto velado en su esquema evolutivo.

Las razones de esta estrategia se hallan en que, a pesar de las consideraciones aducidas, los postulados darwinianos venían a coincidir con una corriente de pensamiento, denominada ya por entonces vulcanista, tildada de minoritaria y heterodoxa, que contradecía muy abiertamente las doctrinas filosóficas y religiosas aceptadas por la mayor parte de los intelectuales de la época, afectos a la causa neptunista, y según la cual el argumento de autoridad contenido en la narración bíblica impedía cualquier refutación. Temiendo una fuerte reacción de signo adverso, Darwin decidió dejar expedito el camino para una concreción posterior. Esta concreción se produciría en 1871, cuando el naturalista inglés publique una obra señera, *The Descent of Man*, cuyo contenido podría resumirse en la idea de que el hombre descendía de antepasados no humanos, con lo cual, y de paso, admitía implícitamente la condición animal del ser humano. El aldabonazo, siendo importante, no lo era tanto como el antecedente representado por *On the Origin of Species*, puesto que la tesis sustancial se hallaba preconizada en éste, pero una y otra obra iban a iluminar todo el pensamiento posterior hasta nuestros días.

Hoy sabemos que hace sesenta, o quizás setenta millones de años, a partir de otros mamíferos placentarios surgieron los primates (F. J. Ayala, 1980: 125-127), cuya línea evolutiva, con el tiempo, terminaría por dar lugar a los prosimios, a los monos, a los simios y por último al ser humano. De este modo, bajo la denominación de primates se encuentra todo un orden taxonómico (Fig. 1), que incluye a los prosimios y a los antropoides, y en el cual todos sus miembros aparecen profundamente emparentados, aunque con diferente intensidad. Los antepasados de los prosimios actuales, tales como los lemures y los tarsius, se debieron originar hace cincuenta millones de años, y hallándose, como se hallan, próximos en la es-



Posición del ser humano en la clasificación taxonómica de los primates.



cala biológica al ser humano, no están tan cerca como los antropoides, cuyo grupo incluye a los monos, a los simios y a los humanos. Todos los antropoides presentan una estrecha afinidad entre sí, que ha hecho que sean englobados en un mismo suborden.

Todavía es preciso decir que en el seno de los antropoides, los seres humanos se asemejan considerablemente más a los simios que a los monos, aunque con referencia a éstos nuestra posición taxonómica y filogenética nos acerca más a los monos del Viejo Mundo, los catarrinos, que a los del Nuevo Mundo, los platirrininos. Simios y humanos constituyen la superfamilia de los homínidos. Entre unos y otros, las diferencias son más marcadas en el ámbito morfológico que en el bioquímico y genético donde la cercanía es acusada, singularmente tratándose de los grandes simios, esto es, de los póngidos: orangutanes, gorilas y chimpancés. Entre estos últimos la semejanza del ser humano es todavía mayor con los simios africanos, es decir, con el gorila y el chimpancé, y especialmente con éste, con el cual comparte una gran porción de la identidad genética (J. Chaline, 1994: 31). Para empezar, los monos habrían alcanzado la especiación a partir del tronco primate al final del Eoceno –diferenciándose a su vez los catarrinos de los platirrininos–, es decir, hace alrededor de cuarenta y cinco millones de años, aproximadamente veinticinco millones de años antes de que se produjera la conformación de un eslabón más en la cadena de la hominización, el llamado *Proconsul*, y al que todavía no puede considerarse como un homínido propiamente. La evolución de este homínido dará lugar, hace cerca de quince millones de años, al desarrollo de diferentes ramas del tronco común, una de las cuales, iniciada entonces con la emergencia del *Sivapithecus*, el *Ramapithecus* y otros, desembocaría en el orangután, tras su aislamiento en Asia hace doce millones de años, después de una emigración de origen africano. Mientras, otra rama conducirá a la especiación en África del gorila, del chimpancé y del ser humano, los cuales parecen haber divergido paulatinamente en un tiempo que se halla entre cinco y diez millones de años (vid. J. Chaline, 1994: 52-61).

En consecuencia, puede decirse que, aun estando el ser humano actual acusadamente emparentado con los grandes simios, muestra una significativa proximidad con el gorila y el chimpancé. Baste señalar que las cadenas de aminoácidos alfa y beta son idénticas en el ser humano y en el chimpancé, mientras que en el caso del gorila únicamente se separan en un aminoácido. Más todavía, con cada uno de ellos comparte el ser humano aproximadamente dos tercios del total de los genes, y los pares de cromosomas de uno y otros son extraordinariamente parecidos (F. J. Aya-

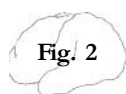
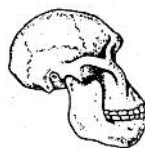


Fig. 2

Contraste entre cráneos de hominoides (según F. J. Ayala, 1980).



Gorila



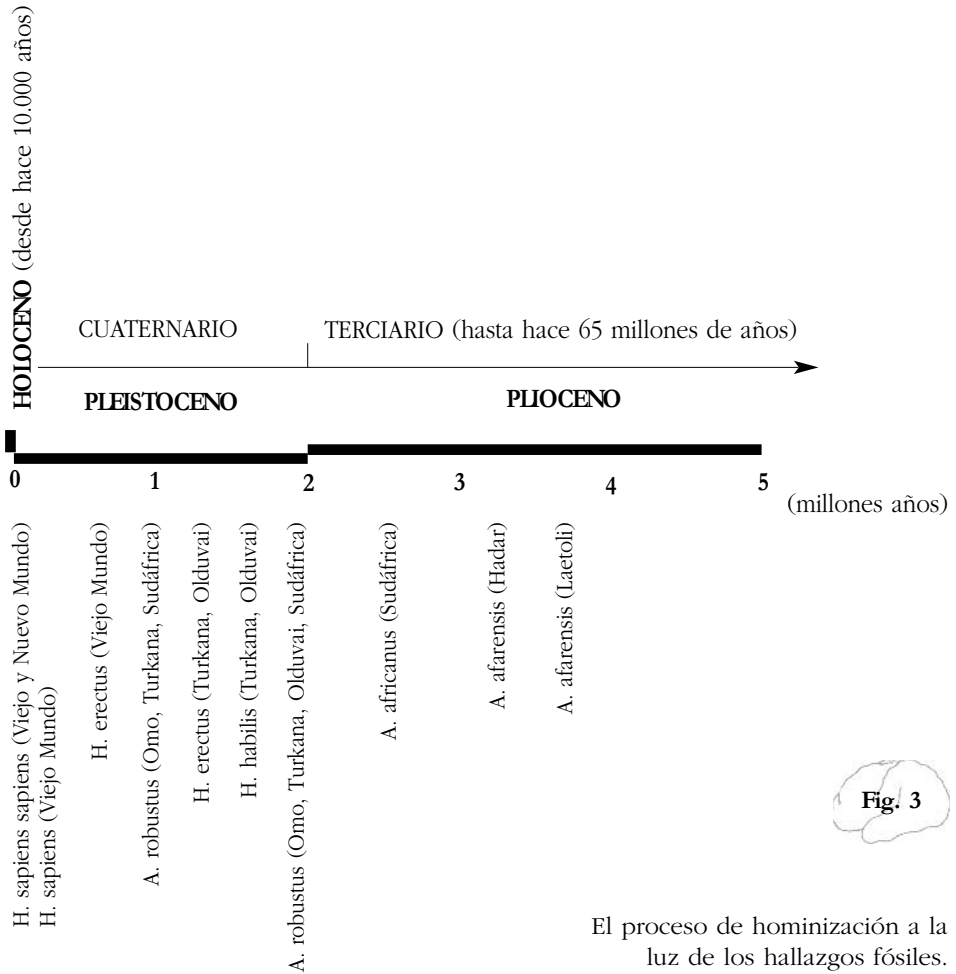
Australopithecus



Homo erectus

la, 1980: 158-160). Habría que añadir, no obstante, que la proximidad fenotípica fue mucho mayor en el momento de producirse la divergencia que supuso la aparición del género *Homo*, esto es, cuando inicie su andadura evolutiva el primer ser considerado en nuestros días como auténticamente homínido, el *Australopithecus* (Fig. 2), lo cual debió suceder bien avanzado el Plioceno, hace alrededor de cuatro millones de años. De esta manera, parece confirmarse que el último antepasado común al ser humano y a dos de los grandes simios, el gorila y el chimpancé, viviría a finales del Mioceno, quizá hace seis millones de años, aunque por el momento tal eslabón se halla perdido para la investigación. Contrariamente a lo que durante mucho tiempo se pensó, dicho eslabón no parece haber sido el *Ramapithecus*, que emergió hace catorce millones de años y que debió vivir durante cuatro o cinco millones de años más, el cual es considerado a menudo como un ancestro del orangután, según se ha explicado.

Desde finales del primer cuarto del siglo XX en que comenzaron a efectuarse hallazgos de este ser llamado *Australopithecus* (simio del Sur) en tierras africanas, desde Etiopía hasta Sudáfrica, pudo comprobarse que habían existido varias especies del mismo (Fig. 3), y una de ellas, la más arcaica, designada con el nombre de *Australopithecus afarensis*, cuyos restos más antiguos se datan en 3,7 millones de años, aunque clasificada como prehomínida es considerada ya por muchos como la primera especie homínida, atendiendo a su manifiesto bipedismo (D. Johanson y M. Edey, 1981: 246-259). Dicha familia australopithecina acoge, además de la llamada *Australopithecus afarensis*, otras tres especies de australopithecinos, que cronológicamente suceden al *Australopithecus afarensis*, y que vivieron en los últimos tiempos pliocénicos y en los primeros pleistocénicos, una de las cuales es de cuerpo grácil y se la conoce con el nombre de *Australopithecus africanus*, mientras que las otras dos, designadas como *Australopithecus robustus* y *Australopithecus boisei*, son de morfología más fuerte y pesada. Sin embargo, los esfuerzos realizados hasta el presente por co-



nectar filogenéticamente entre sí a la familia australopitecina han resultado infructuosos (J. Chaline, 1994: 62-72).

La particularidad más expresiva del posible carácter homínido de las especies que forman esta familia australopitecina es que su locomoción era bípeda, como nunca antes había sucedido con ningún otro primate en la historia. Realmente, su cerebro seguía siendo más bien pequeño, puesto que sus 500 centímetros cúbicos aproximadamente de capacidad craneana, o algo más en las especies robustas, se hallan muy cerca, en proporción a su cuerpo, de los gorilas y chimpancés de nuestros días y, des-

de luego, muy lejos de los más de 1.300 centímetros cúbicos de un humano actual. Pero, ni el análisis de la pelvis y de los huesos de la pierna conservados tras el hallazgo en Hadar (Etiopía), ni la evidencia reflejada por sus huellas en unas cenizas volcánicas de Tanzania (R. E. Leakey y R. Lewin, 1994:105-110) dejan lugar para las dudas acerca de este bipedismo que ya está presente en el *Australopithecus afarensis*.

POR LA SENDA DEL ÉXITO

El estado del conocimiento actual no permite saber con exactitud cómo se produjo el paso de la locomoción pronógrada a la bípeda, pero la reflexión acerca de sus consecuencias permite establecer que este hecho encierra una ventaja adaptativa de especial trascendencia. Algunos paleoantropólogos han sostenido que ello debió suceder a través de una etapa braquiadora intermedia, que posibilitara la transformación morfológica del esqueleto, si bien con frecuencia se ha sugerido que las continuas incursiones de los prehomínidos en el suelo y la búsqueda permanente de la seguridad arbórea debieron ser motivo suficiente para que acontecieran las primeras grandes modificaciones biomecánicas y morfológicas, que poco a poco fueron alcanzando a todo el cuerpo, y que hoy conocemos tan bien gracias a los extraordinarios hallazgos de australopitecinos realizados en Etiopía y Tanzania.

No resulta fácil explicar cómo habían llegado al suelo los prehomínidos que antecedieron a los australopitecinos. Sin duda, este sobresaliente progreso debió realizarse a lo largo de una gran espacio temporal. De acuerdo con la ley de Depéret, las poblaciones bien adaptadas a un medio determinado aumentan progresivamente de peso y de tamaño, por lo que ésta debió ser la circunstancia que empujara a estos seres a una vida en el hábitat terrestre, ante la dificultad cada vez mayor para permanecer en el medio arbóreo. Podemos suponer, con escaso margen de error, que el escenario del cambio hubo de situarse en algún lugar del Planeta con una temperatura próxima a la del cuerpo humano, y que se hallase en una zona fronteriza entre biotopos, que casi necesariamente sería la que separa el bosque tropical de la sabana.

Las suposiciones anteriores vienen dadas por razones muy convincentes. Los prehomínidos tenían un cuerpo relativamente pequeño y vivían en un medio arborícola, con una alimentación de hojas y de frutos, si acaso complementada con algún insecto. Tan escaso contenido calórico sólo

podía ser compatible con lugares donde el gradiente térmico, o diferencia entre la temperatura del cuerpo y la del medio, permitiera un desgaste energético mínimo (J. Chaline, 1994: 43-51). Respecto a la otra hipótesis, relativa al escenario geográfico, se deduce de la titánica lucha por la supervivencia que tuvo que representar para nuestros ancestros la llegada a un medio ajeno, en el que desarrollaban su vida poderosos depredadores, hasta el punto de que hemos de pensar que la mayor parte de estos prehomínidos sucumbirían, sobreviviendo a la selección natural los justos para llevar a cabo el éxito evolutivo. Este éxito sólo pudo haberse hecho realidad en estas áreas ecotómicas, de frontera entre biotopos contiguos, como el bosque y la sabana, puesto que los peligros existentes en alguno de ellos quedarían conjurados con el refugio en el medio inmediato. La verificación de la hipótesis queda en buena medida satisfecha por la localización de los hallazgos en áreas de África que cumplen estos requisitos, tanto en la frontera septentrional del bosque tropical como en la meridional.

En la medida que estos prehomínidos antepasados de los australopitécinos se habían ido introduciendo en la sabana, y por lo tanto en un medio más frío, habían ido recurriendo a una dieta de mayor aporte calórico y proteínico, basada en el aprovechamiento de los granos procedentes de las gramíneas y de las leguminosas. Ciertamente, para hacer realidad esta dieta los prehomínidos necesitaron de una especialización funcional de su organismo que, por de pronto, les permitiera contar con una buena capacidad prensil para acceder a los granos y con otra triturante no menos importante para poder masticarlos. De la primera se encargó cada vez más la mano, ahondando en una facultad que ya estaba un tanto desarrollada, y de la segunda sus robustas piezas dentarias, prescindiendo para ello de la particularidad prensil que hasta entonces habían poseído éstos. La boca de un prehomínido, como la de cualquier otro primate, denota esta doble cualidad, que se hace patente en una arcada dentaria muy alargada, con pronunciado hocico, en la que las piezas prensiles se colocan en la parte delantera y las triturantes en la trasera (R. Leakey y R. Lewin, 1994: 97-98). Dicho de otro modo, los molares se sitúan cerca de los cóndilos para así poder ejercer la fuerte acción triturante, mientras que los dientes quedan relegados a la actividad prensil, estando unos y otros separados por pronunciados diastemas o espacios libres.

La transformación ulterior de la boca para adaptarse a su nueva situación, que se manifiesta en la desaparición de los diastemas, induciría importantes cambios en la morfología de la cabeza. Al retroceder la arca-

da dentaria y aproximarse a los cóndilos, los pómulos se aplanan, la frente avanza y se produce una reducción de la abertura nasal, que alimenta el paulatino ortognatismo de la cara. Paralelamente, al hacerse cargo las manos de la actividad prensil, los prehomínidos abandonaron progresivamente la locomoción pronógrada en beneficio de la bípeda, adquiriendo una postura cada vez más erecta. El esqueleto humano hubo de sufrir innumerables cambios, empezando por los que afectaron a la columna vertebral y siguiendo por la especialización sustentacular de los pies, por la concavización de la pelvis y por el estrechamiento de la cintura pubiana, entre otros (C. Devillers y J. Chaline, 1989: 215-238).

El creciente acomodo a la vida en la sabana por parte del *Australopithecus* le fue dotando de ventajas adaptativas, que se agrandaron conforme transcurrían las generaciones, gracias al éxito de los mejor dotados y al fracaso de los menos aptos. El bipedismo y la adopción cada vez más notoria de la estación erecta le permitieron acceder al dominio del difícil espacio de la sabana. Al hallarse sus ojos a una mayor altura del suelo, el australopitecino pudo agrandar el campo visual, y con ello no sólo defenderse mejor de los ágiles depredadores de este espacio, sino atisbar mejor sus propias presas, a las que pudo hacer frente con unas extremidades superiores que, a diferencia de las de otros animales, se hallaban libres. Sus manos le servirían, asimismo, para transportar estas presas. Se puede decir que nuestros ancestros habían acelerado su perseverante y decidida carrera depredadora, la cual acabaría por llevarlos a un puesto privilegiado y dominante en el ámbito del reino animal.

Se trataba de una larga carrera llena de obstáculos que, sin embargo, nuestros antepasados comenzaban a superar con paso seguro. La conquista de la sabana les abriría un enorme caudal de posibilidades que sabrían aprovechar. Una de éstas fue la dieta cárnica, basada en la captura de herbívoros, que hasta entonces les resultaba desconocida, y cuya riqueza proteínica era grande. La continua ingesta de este alimento, que no supuso la renuncia absoluta a la dieta de granos, constituye la causa primordial de la estilización que se fue produciendo en sus todavía robustas mandíbulas, mientras que las piezas dentarias iban reduciendo su tamaño y su rudeza.

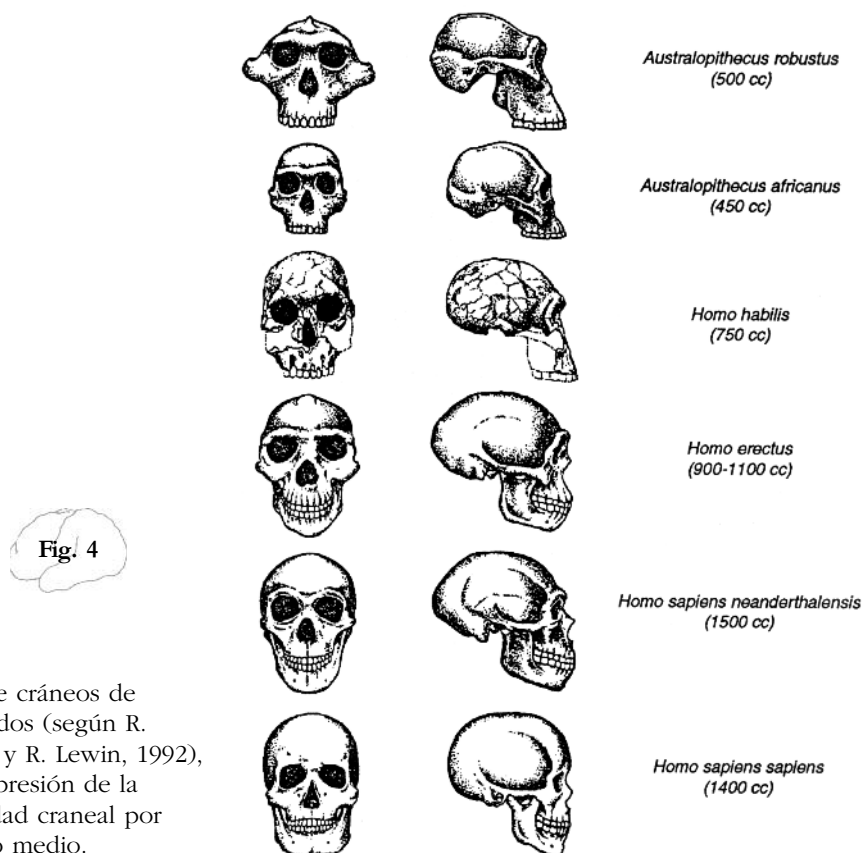
Pero el mayor cambio se estaba produciendo en su estructura craneana y en su cerebro. El retroceso de la mandíbula inferior y la configuración facial ortognata supusieron un crecimiento alométrico del cráneo, cuya progresión evolutiva se manifestaría hace cerca de dos millones de años en la

aparición de un homínido, el *Homo habilis*, dotado de un cerebro que alcanza una capacidad de más de 700 centímetros cúbicos y cuya clasificación no deja lugar a dudas. Si bien se admite la conexión filogenética entre los primeros australopitecinos y el *Homo habilis*, permanece velada la relación concreta de las distintas especies australopitecinas con el primer auténtico *Homo*. En cualquier caso, un marcado bipedismo hizo que la cabeza se desplazara hacia atrás tratando de encontrar un imprescindible equilibrio, que coincidentemente producirá la reducción de la base del cráneo. Además, estos cambios en la disposición craneana motivarían una modificación del eje de la laringe, permitiendo el control de la salida del aire y, con ello, la posibilidad de emisión de sonidos que sirvieran a una comunicación cada vez más intensa, lo cual coadyuvaría abiertamente a la conquista del éxito (A. Leroi-Gourhan, 1965: 113-118; R. Cavalli-Sforza, 1996: 193-203).

Aunque ha sido muy discutido si fue el desarrollo cerebral el que propició el logro del bipedismo, o al revés, parece convincente pensar que se trató de cambios unísonos, resultantes del efecto positivo que ejercieron unos órganos sobre otros en el contexto de una relación social que su creciente actividad predadora estaba generando. Esta vinculación entre el desarrollo del cerebro y el estímulo social suscitado por la actividad cazadora fue lo que sugirió a R. Ardrey la conocida “hipótesis del cazador” (R. Ardrey, 1976: 9-32). De este modo, hubo de ocupar un lugar fundamental el uso del lenguaje, que también se halla unido a las variables anteriores y a otras como la actividad manual, todas las cuales se condicionan entre sí. Una vez que los homínidos estuvieron dotados de una anatomía adecuada para la articulación de sonidos, mediante la disposición favorable de la laringe y del aparato fonador, la articulación de las palabras se iría beneficiando del progreso del cerebro, y éste, a su vez, recibiría el estímulo propiciado por las necesidades de la comunicación hablada, y por la búsqueda de soluciones cada vez más ingeniosas para resolver las necesidades motivadas por la vida cotidiana. En consecuencia, y debido a este rico juego de influencias, no existe una respuesta precisa acerca de tales logros puesto que fueron el resultado del éxito evolutivo.

El mejor exponente de este éxito nos lo suministra el despegue de la expansión craneana que se produce cuando los australopitecinos alcanzan los 600 centímetros cúbicos de capacidad. Probablemente, los australopitecinos habían vivido dos o tres millones de años sin que apenas se modificara su escasa capacidad craneana, en poco superior a los 500 centímetros cúbicos y en ocasiones algo inferior. Una vez superados los 600, en el margen de un cuarto de millón de años alcanzan los 700 y sobreviene una nueva especie de homínidos, que denominamos *Homo habilis*, tal

como se ha señalado, hace alrededor de dos millones de años, en los inicios del Cuaternario pleistocénico. Apenas otro cuarto de millón de años después será cuando eclosione en toda su plenitud una nueva especie, que la incluimos en un taxón específico, para la cual reservamos la denominación de *Homo erectus*, debido a que entre sus muchas particularidades se halla la de poseer un cráneo que se había ensanchado hasta alcanzar o rebasar los cerca de 1.000 centímetros cúbicos (Fig. 4). En medio millón de años los homínidos habían duplicado su capacidad, separándose por ello definitivamente del resto de la familia primate, aunque en su constitución conservaran todavía muchos rasgos simiescos heredados de su pasado, cada vez más atenuados, como su cráneo rematado en una prominente cresta, su breve frente, sus pronunciados arcos supraorbitales, sus marcados pómulos y sus recias mandíbulas.



Serie de cráneos de homínidos (según R. Leakey y R. Lewin, 1992), con expresión de la capacidad craneal por término medio.

Este *Homo erectus*, nacido hace alrededor de millón y medio de años, cada vez mejor adaptado, y con la ayuda de un cerebro mejor dotado, fue capaz de colonizar territorios muy alejados del invernadero tropical que vió nacer a sus ancestros, extendiéndose durante el millón de años siguiente por África, por Asia y por parte de Europa. En el difícil Pleistoceno, al tiempo que se sucedían las temibles glaciaciones, hubo de poner a prueba todas sus habilidades a fin de subsistir, tal como lo prueban los notables hallazgos de la Garganta de Olduvai (R. B. Potts, 1988). Justamente, la presión selectiva determinada por el acoso de un medio tan hostil le permitió progresar como no lo había hecho ninguno de sus antepasados, aprendiendo a guarecerse mejor, a utilizar el fuego, a almacenar y a cocinar los alimentos, y a utilizar cada vez más la carne en un hábitat en el que a menudo escaseaban los recursos. Tan adversas circunstancias debieron poner a estos homínidos al límite de sus posibilidades, empujándolos hacia el uso permanente de su pericia natural. Dicha pericia soliviantaría una inteligencia que les aconsejaba el empleo de la caza en la dieta, así como las labores propias de esta actividad, organizados en grupos gracias a la fuerza de la comunicación oral (Vid. A. Moure y M. R. González Morales, 1992). Mientras los más débiles sucumbían a los condicionamientos del medio, los más fuertes lograban reproducirse, en una suerte de conquista biológica, transmitiendo a las generaciones siguientes su caudal genético (R. Lewontin, 1984: 150-164). Como tantas veces con anterioridad y como muchas con posterioridad, la necesidad fue la verdadera virtud del ser humano en este período tan crítico de su existencia.

Aunque durante mucho tiempo se admitió científicamente que el *Homo erectus* constituía el antecesor directo del *Homo sapiens*, recientemente se ha sugerido que aquél pudo suponer una de tantas vías muertas en la evolución, puesto que dicho antecedente podría estar representado por un *Homo antecessor*, o denominación empleada para designar el posible taxón correspondiente a algunos de los hallazgos fósiles de la Sierra de Atapuerca, en Burgos, a los cuales se les atribuye una cronología de ochocientos mil años (J. L. Arsuaga et al., 1997; J. L. Arsuaga e I. Martínez, 1998: 237-240); a su vez, el *Homo antecessor* y el *Homo erectus* podrían tener un antepasado común que sería el llamado *Homo ergaster*.

En todo caso, hace menos de medio millón de años acontecía un raudito despegue cultural que abocaría a la aparición, hace trescientos mil años, de individuos con mayor capacidad craneana, próxima ya a los 1200 centímetros cúbicos, de los cuales han quedado numerosos restos en Asia, África y Europa, y que son englobados bajo la categoría de *Homo sa-*

piens arcaico. Su morfología craneana deja entrever muchos de los caracteres del ser humano actual, debido a la estilización que se percibe en sus mandíbulas y en su sistema óseo en general, si bien mantiene una frente baja. En Europa, y en medio de las duras condiciones impuestas por la última de las grandes glaciaciones, la Riss-Würm, la mejor adaptación al medio provino de una subespecie denominada *Homo sapiens neanderthalensis*, surgida hace alrededor de cien mil años, más robusta que la asiática, y por tanto más apta para resistir los envites climáticos (M. H. Wolpoff, 1984). Así lo denota su sistema óseo, en el que se descubren sus poderosas mandíbulas y su recio *torus* supraorbital. Este *Homo neanderthalensis* posee una extraordinaria capacidad craneana, verificada en los numerosos hallazgos arqueológicos del Sur de Europa, y que se puede estimar en 1.500 o 1.600 centímetros cúbicos aproximadamente.

A pesar de que estos neandertales vivieron en Europa hasta hace treinta y cinco mil años, el *Homo sapiens sapiens* (Cro-Magnon u hombre moderno) que surge hace alrededor de cuarenta mil años en este mismo continente no es descendiente del *Homo sapiens neanderthalensis*, sino del *Homo sapiens africano* (hombre arcaico) que singularmente adaptado a las nuevas condiciones impuestas por el clima, acaba por expandirse desde el continente vecino y desplazar a los neandertales europeos mediante presión migratoria, que no es incompatible con el cruzamiento, aunque este último se halle cuestionado (C. B. Stringer, 1991). Desde hace alrededor de treinta y cinco mil años, en que los neandertales terminaron por extinguirse, sólo ha existido una subespecie sobre la faz de la Tierra, la *sapiens sapiens*, completando una evolución que ya desde hacía mucho tiempo contemplaba una especie también única, la *sapiens*, y la existencia de un género también único, el *Homo*. Este novedoso *Homo sapiens sapiens*, de estructura ósea idéntica a la del ser humano de nuestros días, parece tener sus orígenes, como se acaba de señalar, en el continente africano (R. E. Leakey y R. Lewin, 1994: 175-185), donde al amparo de las mejores condiciones climáticas evolucionó a partir de alguna de las subespecies africanas del *Homo sapiens*, de una forma más ligera y grácil que la subespecie europea *Homo sapiens neanderthalensis*, que había necesitado adaptarse mediante una ruda anatomía a las extremas condiciones impuestas por la última glaciación. La dulcificación ambiental que se produjo tras concluir ésta debió favorecer el acomodo de este *Homo sapiens africano*, que tendría uno de sus primeros descendiente europeos en el llamado *Homo sapiens sapiens* temprano de Cro-Magnon, el cual de acuerdo con la datación ósea vivió hace alrededor de cuarenta mil años en Francia.

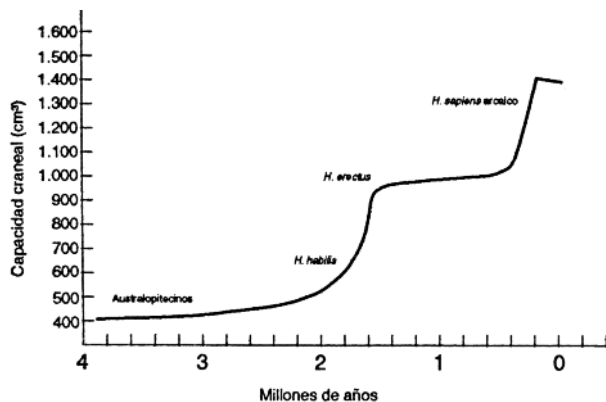
LA FUERZA DE LA DIFERENCIA

El *Homo sapiens sapiens* de Cro-Magnon tenía una capacidad craneana aproximadamente igual que la de un ser humano actual, que por término medio supera los 1.400 centímetros cúbicos, y que en consecuencia es algo inferior a la del *Homo sapiens* de Neandertal. De ello se sigue que aunque la capacidad craneana tiene relación con el desarrollo del pensamiento, ello no es definitivo, puesto que intervienen otros factores. Así, existen animales con un cerebro de tamaño mayor que el del ser humano en términos absolutos, siendo bien significativos al respecto los casos del elefante y de la ballena. En términos relativos, y tomando como referencia el peso y el volumen corporal, el cerebro humano supera al del resto de los animales. Por supuesto, que estos animales que tienen un cerebro mayor que el humano no han desarrollado ni remotamente las cualidades intelectuales de éste. Ello es debido a que la clave de la diferencia entre el cerebro humano y el de los demás animales se halla tanto en el tamaño relativo del cerebro como en su complejidad, esto es, en las circunvoluciones que surcan la superficie del cerebro.

Un examen detenido de la evolución del cerebro y de la cultura demuestra la existencia de un ritmo constante en la progresión de ambas variables, y más bien muestra que tras períodos de crecimiento del volumen del cerebro y de los repertorios culturales, han transcurrido largos períodos en los que estos crecimientos se han visto detenidos. Ello negaría la teoría de la incesante retroalimentación positiva entre el incremento de la inteligencia y el bipedismo, la actividad manual, la comunicación oral, etc. Y por el contrario, demostraría que a períodos de expansión cerebral le han sucedido otros caracterizados por el refreno de la misma que, sin em-



Evolución craneal de los homínidos (según M. Harris), de acuerdo con la capacidad craneal media.



bargo, alentaban finalmente un período de acelerado despegue cultural (M. Harris, 1988: 112-118). Así, por ejemplo, la capacidad craneana de los australopitecinos apenas creció en dos millones de años, y lo mismo sucedió con el *Homo erectus* en más de un millón de años (Fig. 5). Para explicar esta realidad se han sugerido distintas hipótesis, que en parte vienen a coincidir en que en esos largos períodos de refreno en la expansión del cerebro y también de la cultura, el ser humano pudo haber invertido en funcionalidad del cerebro, aumentando la capacidad de sus conexiones neuronales, lo cual, corriendo el tiempo produciría un nuevo despegue, y así sucesivamente.

Parece muy claro que, en efecto, desde que se produjo el advenimiento del *Homo sapiens*, al menos, la retroalimentación positiva entre crecimiento de la capacidad craneana y desarrollo de la inteligencia ha sido muy intensa, de forma que dicha relación ha constituido el sistema de adaptación primordial. No está tan claro que con anterioridad ello fuera así, ya que el perfeccionamiento cerebral pudo haberse encaminado en la dirección de lograr una mayor fiabilidad para alcanzar el éxito frente a los condicionamientos del medio. Dicho de otro modo, mientras que hasta hace trescientos mil años los homínidos lucharon para no ser doblegados por la naturaleza al amparo del cambio biológico, a partir de entonces, tras alcanzar un determinado nivel de pensamiento abstracto, selectivamente pusieron todas sus energías al servicio de un incesante cambio cultural. De esta manera, la primacía que antes había ostentado el cambio biológico cedió su paso en esta nueva etapa al cambio cultural, Precisamente, este momento adventicio del surgimiento del *Homo sapiens* marca el inicio de una diferenciación muy destacada del ser humano en la escala biológica que se ha ido agrandando incesantemente.

En esta diferenciación el cerebro ha jugado un papel decisivo, gracias a su poder para crear cultura de manera acumulativa y progresiva. Un equipamiento cerebral como el del ser humano le ha permitido a éste realizar reflexiones cada vez más profundas acerca de su pasado, de su presente y de su futuro. En palabras de E. Morin (1973: 61-110), esta cerebralización conquistada por el *Homo sapiens* constituye el nudo gordiano de la hominización. El conocimiento de hechos y acontecimientos anteriores le ha servido para hacer previsiones y proyectos cada vez más elaborados acerca de los sucesos posibles que podrían tener lugar en el futuro. Ello ha sido posible gracias a una capacidad exclusivamente humana, como es la de transmitir las experiencias de una generación a otra. A diferencia de otros animales, que poseen tan sólo la memoria individual que les acompaña durante la vida, el ser humano posee, además de ésta, una memoria

social, gracias a que los conocimientos que se contienen en los cerebros de los individuos pueden ser comunicados a otros individuos mediante la enseñanza y el aprendizaje (N. Elías, 1989: 95-117). Naturalmente, los conocimientos no se heredan, sino que por vía biológica los seres humanos reciben la capacidad para aprender y conocer.

Al mismo tiempo, la transmisión de conocimiento se vió más y más estimulada con el surgimiento de otro atributo singular del ser humano, como es el lenguaje. La estación erecta y el bipedismo dejaron las manos del ser humano libres para realizar todo un repertorio de actividades que encerraban una potencial creatividad. Dicha creatividad, orientada hacia las necesidades de subsistencia y hacia la vida social, forzó el uso de un tipo de comunicación que superaba al del resto de los primates, es decir, el que supone el lenguaje oral. El desarrollo cerebral y el uso del lenguaje oral, como se ha visto, se retroalimentaron, en aras de las necesidades de información, especialmente coincidiendo con los momentos de despegue cultural. El resultado fue el logro de un código compartido de transmisión verbal, merced al cual los seres humanos podrían alcanzar las más altas cotas. No es que otros animales no se comuniquen, puesto que lo hacen, y algunos como los primates de forma destacada, sino que tal comunicación, de carácter verbal, al igual que otros muchos aspectos de la cultura, es infinitamente superior en los seres humanos, tanto por su operatividad, como por su precisión, como por la inusitada fuerza semántica que lleva aparejada (N. Chomsky, 1972: 117-126).

El hecho de que sólo exista una especie humana sobre la faz de la tierra ha determinado la existencia de un cerebro universal, dotado de idénticas características y facultado de similares condiciones para alcanzar objetivos semejantes. Todos los humanos, en condiciones normales, pueden llegar a conseguir análogos desarrollos cognitivos. Ello quiere decir que no existen razas ni grupos inferiores a otros. Los individuos pertenecientes a sociedades primitivas, que son atraídos o arrastrados por las culturas de las naciones-estados en las que están insertas sus comunidades de referencia, pueden llegar en su misma generación o en las sucesivas a alcanzar altos puestos en la sociedad que los acoge. El caso de algunos indios norteamericanos, que voluntaria o involuntariamente abandonaban su cultura marginal para integrarse en la dominante, resulta bien expresivo de este movimiento ascendente que se ha producido en los Estados Unidos durante el último siglo.

La unidad de los seres humanos que pueblan la Tierra, en el aspecto cognitivo, y en condiciones normales como se acaba de señalar, no des-

carta, sin embargo, diferencias adjetivas dadas, por ejemplo, por el sexo (Héritier, 1996). Parece ser que la percepción espacial del hombre está orientada más hacia lo general, y la de la mujer hacia lo particular o concreto, y que también existen diferencias en el orden verbal. Esto concuerda con la división social del trabajo, según la cual, efectivamente, en cualquier sociedad humana existe una distinción entre las labores de uno y otro sexo, cuya primera causa se hallaría en el propio diformismo sexual, debido a motivaciones anatómicas y de comportamiento, tal como sucede en los demás primates. Así, estas diferencias naturales explican el hecho de que en las sociedades primitivas de cazadores-recolectores sean los hombres los que cazan, al amparo de su mayor fuerza y resistencia corporal, mientras que las mujeres se encargan de la recolección dado que la tarea requiere un desgaste menor. En resumidas cuentas, mientras que los hombres aprovecharon la ventaja evolutiva que les proporcionaba la percepción del espacio a larga distancia, las mujeres se beneficiaron más de la observación concreta. Las disimilitudes de carácter verbal provendrían de la ventaja adaptativa que para la madre habría supuesto la intensa comunicación con los hijos y con otras personas durante la crianza de aquéllos (I. Eibl-Eibesfeldt, 1967: 303-333; I. Eibl-Eibesfeldt, 1976). Fue de este modo como “las mujeres desarrollaron ciertas habilidades cognitivo-lingüísticas, las cuales, en la medida en que actuaron como fuerzas selectivas, pasaron a formar parte del bagaje genético de este sexo, y de su expresión fisiológica-neuronal” (M. J. Buxó i Rey, 1975: 21-22).

Asimismo, y por las mismas razones, tampoco existen lenguas superiores a otras, como se creyó en otro tiempo. Un cerebro igual de complejo en todo el Planeta ha sido capaz de elaborar una inmensa productividad semántica en todas las lenguas, de forma que las diferencias que existen entre unas y otras son puramente superficiales, debidas a las necesidades generadas por las culturas a las que pertenecen, las cuales pueden modificar sus demandas bajo determinadas condiciones, que se ven satisfechas mediante la recepción de préstamos o la producción de términos compuestos y nuevos (W. H. Godenough, 1971). Las culturas esquimales utilizan decenas de términos para describir el estado de la nieve que es inseparable del medio en el que viven, mientras que algunas culturas de la Amazonía emplean también docenas de palabras para designar el color verde, propio de su paisaje. Las sociedades industriales recurren a innumerables vocablos de carácter técnico. En suma, las culturas utilizan tantas palabras y construcciones morfosintácticas como necesitan, tal como demostró E. Sapir, el conocido antropólogo y lingüista norteamericano.

Merece la pena observar que el ser humano reunía de partida muchas de las condiciones que, corriendo el tiempo, favorecerían el éxito evolutivo. Por de pronto, y como todos los primates, poseía una gran complejidad cerebral, que le permitiría desarrollar actividades que resultaban inalcanzables para otros animales. Después de algo más de dos millones de años de evolución desde el surgimiento de los primeros australopitecinos, con el advenimiento del *Homo erectus* el cerebro homínido había multiplicado por dos su volumen, al pasar de quinientos a mil centímetros cúbicos de capacidad craneana (Fig. 6). Este crecimiento supuso una clara separación y un distanciamiento de sus parientes primates más próximos, que como el gorila actual ronda los 600 centímetros cúbicos de volumen cerebral. Sin embargo, la adopción que paralelamente estaba alcanzando de la estación erecta no pudo dejar de tener importantes repercusiones anatómicas, que se vieron incrementadas con el crecimiento craneano, como ya se ha puesto de relieve más atrás. Ahora hay que volver sobre este aspecto, para explicar que el estrechamiento de la cintura pubiana de la mujer terminó por provocar el parto prematuro del feto, ante la incapacidad de albergar un cráneo que había crecido alométricamente de forma desmesurada. Ello estaba generando una particularidad genuinamente humana: el nacimiento inmaduro por razones obstétricas.

Esta particularidad hubo de acentuarse en la ulterior evolución, al continuar creciendo la capacidad craneana (C. Geertz, 1973a). El ser humano actual triplica a sus antepasados australopitecinos en este aspecto. Mas lo que aparentemente es un inconveniente, acabaría por convertirse en una de las ventajas evolutivas más determinantes. Para darnos cuenta de la verdadera dimensión de este hecho hay que observar primero que todos los primates, y los seres humanos entre ellos, presentan como característica lo que se denomina “inversión de los progenitores”, lo cual quiere decir que, al revés que muchos animales, dan a luz en cada parto

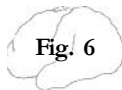
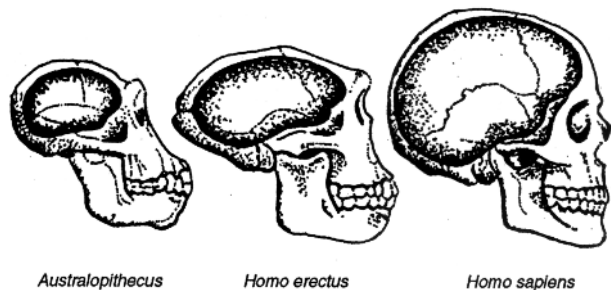


Fig. 6

Expansión de la capacidad craneal y cerebral de los homínidos (según F. J. Ayala, 1994).



una sólo cría, sobre la que recaen mayores cuidados y entrega por parte de los ascendientes. El nacimiento prematuro del ser humano, consecuentemente con la adopción del bipedismo por parte de los progenitores, determinó, entonces, una atención más prolongada de éstos, que supuso para los hijos una intensa enculturación, simplemente como efecto de las enseñanzas permanentes. El ser humano, al revés que el resto de los primates, permanece mucho tiempo sumido en la más profunda de las indefensiones, y sobrevive gracias al amparo que sobre él ejercen los padres, parientes y conocidos, alcanzando la madurez sexual no antes de los doce o trece años. Por el contrario, los demás primates conquistan muy pronto la autonomía, en detrimento del período de aprendizaje, logrando en torno a la seis años la madurez sexual (J. Goodall, 1986). En resumen, el ser humano ha sabido sacar un extraordinario partido de su inmejorable disposición cerebral, convirtiendo su precoz nacimiento en fuente inagotable de ventajas, gracias al efecto de la dilatada educación producida por la intensa sociabilidad, que a su vez redundó muy favorablemente en el propio desarrollo cerebral.

Al calor de esta sociabilidad propiciada con inusitada fuerza entre los humanos, fruto de su inmaduro nacimiento, la evolución ha conferido una significación decisoria y definitoria a la cooperación, a la colaboración y también a la división del trabajo, que ha permitido que los descubrimientos y beneficios de unos sean aprovechados por los otros, cortocircuitando la propensión animal hacia la violencia y la agresión, que también en los humanos está presente, en favor de la necesaria convivencia (K. Lorenz, 1969). En los grupos humanos más primitivos que existen en la actualidad, algunos de los cuales se han estudiado pormenorizadamente, el poder no recae sobre los individuos más fuertes sino sobre aquéllos dotados de una pericia mayor para las actividades económicas, o de unas cualidades más favorables para la dirección del grupo.

Por otro lado, el emparejamiento duradero y la sexualidad permanente, y no cíclica como sucede en otros animales (vid. D. M. Buss, 1994: 11-40), han convertido al matrimonio en una institución humana de primer orden. Esta institución asegura la reproducción y la crianza de los hijos en condiciones favorables, inscribiéndose en cualquier sociedad humana dentro del marco de la exogamia, al obligar a los cónyuges a casarse fuera del grupo. Esta exogamia garantiza el enriquecimiento de la vida social, al coadyuvar al establecimiento de lazos permanentes entre las familias de los miembros del matrimonio, lo cual hace añadidamente más tupida y extensa la red de relaciones sociales, configurando una sociedad más rica y compacta, al so-

caire de la sociabilidad que la estimula. A diferencia de cualquier otro primate, los seres humanos mantienen una relación permanente y constante con sus parientes consanguíneos y afines, especialmente personalizada en la que se establece entre los padres y los hijos, y también con amigos y conocidos, contribuyendo así a crear la indispensable trama social.

Se puede sostener, en consecuencia, que el cerebro ha facultado al ser humano para adaptarse a entornos naturales y humanos con una facilidad admirable (E. Cassirer, 1962). Gracias a la primera de estas adaptaciones, la natural, ha colonizado la práctica totalidad del Planeta, mientras que gracias a la segunda, la social, ha creado una organización sin parangón, al igual que en el caso anterior, con el resto de los animales. La explicación debe ser atribuida a la sorprendente capacidad del ser humano para modificar su comportamiento, tras procesar la información que recibe de su entorno, adoptando las conductas más ventajosas. Dicha capacidad, que denominamos inteligencia, la encontramos también en algunos animales superiores (J. Goodall, 1986), pero en ninguno con la fuerza que posee en el ser humano. Esta inteligencia, aplicada a la información que recibe tanto por la observación como por la transmisión verbal y de cualquier otro tipo, le permite anticipar y predecir los acontecimientos, con menores probabilidades de equivocación que otros animales, lo cual constituye la base de una particularidad más del ser humano, como es la de poseer un pensamiento constructivo que le habilita para formar conceptos y reelaborarlos en un permanente proceso creativo.

Es plausible pensar, y así se ha sostenido en numerosas ocasiones, con las reservas que supone la imposibilidad de verificar la afirmación, que la facilidad de la mente humana para inventar y descubrir, o si se prefiere la inteligencia humana, pudiera ser la consecuencia de la vida en sociedad, y más concretamente en el seno de grupos estables, en los que el compromiso y el sacrificio de sus miembros supone una exigencia constante de superación por parte de los individuos, que van entregando a los demás sus propias conquistas. De la misma manera, la existencia del lenguaje podría ser consecuente con el resultado de la permanente necesidad de los humanos de transmitir sus ideas a los demás humanos. P. Laín Entralgo (1995: 191) ha dicho sabiamente que “hablando, el hablante llama, dice y nombra”. No menos convincente parece la idea de que todos estos atributos humanos son el fruto de un largo proceso evolutivo en el que, como se ha puesto de relieve con anterioridad, unos logros han ido estimulando a los otros en el seno de una interminable y maravillosa dialéctica, sin que sea posible separar los aspectos morfológicos de los conductuales (A. Kuper, 1994: 31-32).

Una reflexión sobre este particular conduce a pensar que la vida en grupo debió representar una inagotable fuente de estímulos tendentes al progreso de la inteligencia. En una sociedad de cazadores-recolectores, de horticultores o de agricultores, la mente humana puede acomodarse, sin un desmedido esfuerzo intelectual, a dominar un entorno físico determinado, considerando que su explotación constituye una fuente de recursos. Así, vemos que los miembros de una cultura sujeta a este régimen de vida llegan a tener un conocimiento sorprendente del medio natural, siendo capaces de precisar insospechados detalles. El aprendizaje de los pormenores de cada palmo de ese territorio resultará duradero. Sin embargo, en la vida social se impone el conocimiento de las conductas de los semejantes, las cuales no son constantes sino imprevisibles en alguna medida. Eso significa que la vida social, que entre los humanos adquiere una gran complejidad, ha debido forzar el desarrollo de la mente humana imparablemente, por encima del que ha estimulado la actividad económica cotidiana.

Mas es preciso no perder de vista que el gran éxito de la mente humana ha residido en huir de la extremada especificidad, adoptando por el contrario una tendencia caracterizada por la flexibilidad, por la versatilidad que le permitiera pasar de un registro cultural a otro con cierta facilidad. En realidad, se trata de la misma orientación que ha seguido el conjunto de la anatomía corporal, que lejos de la extremada especialización representada por la solipedia de los équidos o las alas de los pájaros, optó por una polivalencia susceptible de transformarse en agilidad para adaptarse a las situaciones más variadas. Para lograr la mayor versatilidad, el cerebro humano adoptó paulatinamente una lateralización de la mente, mucho más acentuada que la de ningún otro animal, logrando así que el cerebro respondiera a una gran cantidad de funciones sin sobrecargar su operatividad (K. Wezler, 1976). Tales funciones aparecen distribuidas según hemisferios y según áreas, aprovechando al máximo una superficie de tejido cerebral que, si bien es mayor que la de los simios, no reside tanto en este aspecto la diferencia como en que se halla extremadamente más circunvolucionada.

EL PODER DE LA CULTURA

Desde hace cerca de dos millones de años en que naciera nuestro género *Homo*, la evolución biológica y la adaptación cultural se han complementado para hacer posible el inusitado progreso que se ha producido. Durante mucho tiempo, es posible que la cultura se situara a la zaga de la

evolución biológica, si bien aquélla fue escalando posiciones al socaire de su carácter acumulativo. Pero, no cabe duda de que una vez surgida nuestra subespecie, *Homo sapiens sapiens*, hace cuarenta mil años, la cultura adquirió un papel protagonista y determinante. En el medio, parece probable que durante un largo tiempo la evolución y la adaptación corrieran parejas en importancia, tal vez durante la larga andadura iniciada por el *Homo erectus* hace un millón y medio de años, y acelerada con el nacimiento de nuestra especie *Homo sapiens* hace trescientos mil años. Lo cierto es que la progresión de la cultura ha sido desmesurada tras el advenimiento del *Homo sapiens sapiens*.

Hace alrededor de un millón de años, el *Homo erectus* inició una pasmosa colonización, que partiendo del continente africano y después de atravesar la sinuosa franja de tierra que une África con Asia le condujo inicialmente al Medio Oriente y a gran parte de Asia, para extenderse posteriormente por Europa, exceptuadas las tierras más septentrionales de estas masas continentales (R. Leakey y R. Lewin, 1977: 120-121). En diversas ocasiones se ha especulado sobre las causas de esta migración jalonada, y cada vez parece llegarse con más certeza a la conclusión de que no hubo otra explicación que el desarrollo de la mente humana. Estos homínidos no emprendieron en un momento de la evolución un viaje sin rumbo por puro azar, sino que habían acumulado la cultura tecnológica y la organización social suficientes para poder enfrentarse a un medio que necesitaban explorar para obtener sus recursos. El hecho de que durante esta fase del Pleistoceno se viviera un clima extremado y variable, en el que se sucedieron grandes glaciaciones dejando entre sí largos períodos de bonanza, debió estimular el interés del *Homo erectus* por conocer mundos distintos del suyo.

Esos mundos poseían en ocasiones condiciones muy distintas entre sí, de manera que la propia dinámica evolutiva iría adaptando el fondo genético de estas poblaciones hasta que el *Homo erectus* terminaría por ser desplazado, hace trescientos o cuatrocientos mil años, en favor del llamado *Homo sapiens* arcaico en la mayor parte de África y, seguramente que también en Europa y en Asia. Pero en Europa la presión evolutiva terminaría por desembocar hace más de cien mil años, mediante la selección natural, en un tipo humano, subespecie del *Homo sapiens*, que fue el *Homo neanderthalensis*, fuerte y macizo, perfectamente adaptado a la vida en los hielos impuesta por la última de las grandes glaciaciones pleistocénicas, la Riss-Würm (J. Chaline, 1994: 80-84). Este tipo humano, empujado por su éxito adaptativo, acabó desparramándose sobre un gran área que abar-

ca desde el extremo occidental de Europa hasta el Suroeste de Asia, y no así por África, exceptuado el Norte, donde las condiciones climáticas eran bien distintas. En este último continente, el *Homo sapiens* arcaico acabó por dar lugar al nacimiento del *Homo sapiens sapiens*, que como ya se ha señalado, y tras la dulcificación climática que se produjo hace poco más de cuarenta mil años, iniciaría una rápida colonización de todas las tierras del Viejo Mundo, presumiblemente a partir de los distintos focos en los que se originó, los cuales debieron estar situados en tierras africanas, según se ha explicado, a la vez que sustituía al neandertal euroasiático que se hallaba en una situación desfavorable para adaptarse a la bonanza del nuevo clima, quizá mezclándose en ocasiones con este último, que de esta manera se incorporó al código genético del ser humano moderno.

Permanece sin aclararse definitivamente el poblamiento del Nuevo Mundo, aunque parece tenerse la certeza casi absoluta de que el mismo hubo de producirse al socaire de la última de las grandes glaciaciones, la Riss-Würm, cuando algunos grupos humanos aprovecharon para el desplazamiento los hielos del Estrecho de Bering, tal vez hace alrededor de veinte o veinticinco mil años según se ha sugerido reiteradamente. Tal suposición concuerda con la hipótesis conocida generalmente como “del Arca de Noé” o “de los hijos de Eva”, defendida por S. J. Gould y por otros estudiosos, según la cual sólo en un lugar de la Tierra, verosímilmente en África, emergió evolutivamente el *Homo sapiens sapiens*, como resultado de la especiación que se produjo en una población aislada, expansionándose seguidamente por el Viejo Mundo mediante sustitución del ser humano premoderno, y colonizando también las tierras americanas. Existe otra hipótesis, llamada “multirregional”, defendida por M. Wolpoff entre otros, que explica el surgimiento del *Homo sapiens sapiens* en el Viejo y el Nuevo Mundo de manera bien distinta. Según la misma, puesta en duda por algunos genetistas por su alto grado de improbabilidad, y que, por supuesto, contradiría el argumento del poblamiento americano que se ha argumentado, el ser humano moderno habría evolucionado independientemente en distintas partes del Planeta, incluyendo a América, de manera que en este último continente sería el resultado de un proceso que condujo desde el *Homo erectus* al *Homo sapiens sapiens*.

El género *Homo* ha evolucionado zonalmente a lo largo de su dilatada historia, adaptándose a los requerimientos geográficos, hasta conformar variaciones o grupos raciales, consecuentemente con su establecimiento en los lugares más variados del Planeta, acogedores en ocasiones e inhóspitos en otras, de temperaturas suaves algunas veces y muy extre-

madas otras. Una de las formas de adaptación más claras la compone la que se refiere al color de la piel (C. S. Coon, 1982: 63 y ss.; R. Lewontin, 1982: 123-129). Desconocemos en qué momento tuvo lugar esta diversificación, dado que las partes blandas del cuerpo humano no dejan registro fósil, pero podemos suponer que, al mismo tiempo que perdían su abrigo capilar, los homínidos hubieron de buscar la compensación en la pigmentación dermatológica más apropiada, y que sin duda hubo de provenir de la producción de melanina, defendiéndose así de las quemaduras del sol y del peligro de contraer el cáncer de piel, y previniendo simultáneamente la hipervitaminosis del tipo D producida por la captación del exceso de luz solar. Tal pérdida de la cobertura capilar debió iniciarse durante la evolución del *Homo erectus*, y casi con toda seguridad antes de que éste iniciase su expansión, completándose con posterioridad. Cabe pensar que el color oscuro que adoptaron, impuesto por la selección natural, tal vez no muy intenso todavía, fue el que acompañó a estos emigrantes en su expansión por Eurasia.

La pérdida del abrigo piloso fue también una consecuencia de la selección natural, esto es, de la adopción de las formas más aptas para la vida. Al perder su pelo, el *Homo erectus* mejoró sus mecanismos de sudoración y de refrigeración, haciéndose más resistente a la insolación, lo que le permitiría llevar a cabo crecientemente actividades que otros animales no podían realizar en las horas centrales del día, como la caza, y ganando así en superioridad, aunque fuera a cuenta de quedar más supeditado que otros animales a la necesidad de ingerir agua. La única parte de su cuerpo que, por razones obvias, como son las derivadas de una mínima protección, continuó cubierta de pelo fue la correspondiente a su cuero cabelludo.

Muchos autores sostienen que el color un tanto oscuro de la piel ha estado presente en nuestros antepasados, tanto europeos como asiáticos, hasta muy avanzado el Paleolítico. Sólo la imparable progresión espacial hacia el Norte de Europa y de Asia en los tiempos finales del Paleolítico y, sobre todo, en el Neolítico, que se inició hace diez mil años en Asia Menor, aclaró la piel hasta alcanzar el grado que poseen los individuos menos pigmentados en estos continentes. Todo ello se explica porque el Neolítico supuso la domesticación de las plantas y de los animales, con el consiguiente estímulo del espíritu colonizador, que acabó por situar a estas gentes en espacios que en otro tiempo resultaban insospechados, como sucedió hace tan sólo seis mil años en el caso del Norte de Europa. La dificultad para generar vitamina D por parte de los pobladores de estas tierras nórdicas de cielos cubiertos y de clima frío, en lucha contra el raqui-

tismo, dio lugar a una despigmentación muy acusada, que permitió la colonización de esta parte del Planeta, particularmente tratándose, como se trataba, de pueblos ganaderos, que mediante la ingesta de leche podían estimular mejor la producción de vitamina D.

Hasta que se produjo el descubrimiento del continente americano, en el siglo XV, al que sucedió el largo período de los descubrimientos geográficos en la centuria siguiente, el color de los seres humanos no podía estar más estrechamente vinculado al medio. Del Trópico de Cáncer al Trópico de Capricornio los individuos del Viejo Mundo tenían la piel oscura, tanto más cuanto más cerca se hallaban del paralelo ecuatorial, mientras que a partir de esta amplia franja, tanto hacia el Norte como hacia el Sur el color se aclaraba. Sin embargo, en el continente americano esta correlación aparecía rota ya en el mismo momento del descubrimiento del Nuevo Mundo. La razón es fácil de explicar. En el momento de iniciarse la primera colonización de este continente, en una fecha desconocida, pero probablemente no hace más de veinticinco mil años, las gentes que se introdujeron a través del Estrecho de Bering, desde Asia, cruzando los hielos propiciados por las duras condiciones meteorológicas de la última de las grandes glaciaciones, poseían un color de la piel dado por su fondo genético, que siendo relativamente oscuro se hallaba muy lejos del de los negridos, de manera que condicionó la evolución posterior de estas gentes americanas, que en la franja ecuatorial no poseen los caracteres físicos que cabría esperar, por analogía con los pobladores del Viejo Mundo.

Pero, en definitiva, ¿cómo se despegaron nuestros antepasados del resto de los primates? La respuesta no puede ser otra que debido a la diferencia que marcó la herencia cultural, que fue puesta al lado de la herencia genética que poseen todos los animales, y por tanto también el ser humano (R. Trigg, 1982: 240-258). Es claro que todos los animales disponen de mecanismos de supervivencia frente a las modificaciones del medio, a las que responden con alteraciones de la conducta, con adaptaciones fisiológicas y, cuando estas modificaciones del medio son muy intensas y duraderas, con transformaciones genéticas que les permitan sobrevivir. Como quiera que las condiciones climáticas han variado muy considerablemente y de forma prolongada a lo largo de los últimos dos millones de años que marcan el inicio pleistocénico, sin ir más allá, es natural que los animales hayan tenido que recurrir a una transformación genética que explica tanto la especiación de dichos animales como la desaparición de muchas especies. Darwin y Wallace pusieron de relieve que las espe-

cies existentes en la actualidad no representan más allá que una parte apenas insignificante de las que han existido en el pasado.

La explicación se halla en que mientras que los cambios conductuales, como la búsqueda de un lugar abrigado que proteja del frío, y los fisiológicos, como la contracción que registran la piel y los músculos cuando cae la temperatura, son en ambos casos individuales y reversibles, los genéticos adaptan poblaciones de una manera irreversible. Ello significa a menudo la imposibilidad de estas poblaciones para readaptarse a las nuevas condiciones climáticas que en el transcurso del tiempo se han ido produciendo. Por contra, el ser humano, sin merma de su condición animal, eligió el camino de la modificación conductual antes que ninguna otra, gracias al elenco de respuestas que puso ante sí el privilegio de la cultura. En tanto el resto de los animales, en términos generales, disponen de la información que les proporciona el programa cerrado que representa la genética, y que si acaso incrementan con la experiencia individual, los homínidos en su larga historia, y sin menoscabo de la herencia genética, fueron ahondando en el programa abierto que les proporcionaba la cultura. Gracias a la cultura, el animal humano puede modificar su conducta mediante la prioridad que le concede el conocimiento almacenado en los cerebros de los otros miembros de la sociedad, y que, tras quedar grabado en sus circuitos nerviosos por vía de la socialización, se actualiza cada vez que sale de las fronteras somáticas de cada individuo. Explica el genetista italiano L. Cavalli-Sforza (1996: 172) que “la cultura se parece al patrimonio genético en el sentido de que, en ambos casos, hay un paso de información de generación en generación. El genoma se transmite mediante la duplicación del ADN, mientras que la información cultural pasa de las células nerviosas del cerebro de un individuo a los de otros”.

Hace algunos cientos de miles de años, el *Homo erectus* aprendió, por ejemplo, a transportar los objetos, gracias a los cambios biológicos y psíquicos que se estaban produciendo en su organismo, lo cual supuso una ventaja adaptativa, de orden conductual, de trascendental importancia. Aprendió a llevar sobre su cuerpo, aprovechando la libertad que habían alcanzado sus extremidades superiores, los alimentos, el agua y los objetos. Aprendió a utilizar el fuego, en unos casos a partir de la experiencia individual de alguno de los miembros de su grupo de pertenencia, que luego sería asimilada por los otros miembros del grupo, y en otros casos recibiendo su empleo de otros grupos en préstamo cultural. Aprendió a sacar un espléndido partido de la maravillosa conquista que fue el lenguaje y que sirvió para comunicar con mayor precisión y riqueza las experiencias per-

sonales de cada yo en beneficio del nosotros. Como ya se dijo, todos estos logros no poseen cronología exacta, puesto que se fueron preparando a lo largo de mucho tiempo, según los distintos grupos humanos, y terminaron por eclosionar, para irse perfeccionando gradualmente y manifestarse con singular plenitud tras el advenimiento del *Homo sapiens sapiens*.

Si la especie humana ha pervivido y se ha distribuido por todo el Planeta ha sido gracias a la cultura. Por medio de ella se ha adaptado a los más variados ecosistemas, construyendo los refugios adecuados para colonizar esos espacios, vistiendo las ropas más apropiadas en esas latitudes y adoptando estrategias económicas y sociales compatibles con la vida en esos lugares. La poderosa capacidad de adaptación del ser humano, incomparablemente superior a la de cualquier otro animal, le ha dotado de los medios necesarios en cada momento para enfrentarse al entorno, permitiendo su permanente acomodo en la medida que se transformaba éste, sin necesidad de modificar drásticamente su herencia genética (R. Lewontin, 1982: 146-172). Ha sido así como el ser humano se ha establecido en todo el mundo conocido, si se exceptúa la Antártida. Desde los helados paisajes árticos hasta la Tierra de Fuego, a lo largo y ancho de todas las masas continentales, el ser humano ha dejado sentir su presencia. Desde hace mucho tiempo, los grupos humanos se hallan distribuidos tanto por las islas como por la tierra firme, tanto por el desierto, como por la sabana, como por los espacios de clima templado, como por la tundra, como por la taiga o como por el Círculo Polar Ártico. El ser humano vive en las costas, al nivel del mar, pero también vive en aldeas estables del altiplano boliviano, por poner un ejemplo, que se hallan por encima de los cuatro mil metros de altitud. El ser humano ha sido capaz de vivir en algunos lugares de los trópicos, en difíciles condiciones de calor y humedad, desafiando la malaria.

No cabe duda de que para adaptarse a situaciones extremas el ser humano ha experimentado a lo largo del tiempo ciertas variaciones genéticas. Ya se ha explicado cómo no todos los humanos poseen el mismo color de la piel, si bien las fronteras entre ellos no son tan nítidas como para que podamos adscribir a cada individuo a una raza determinada, de lo que resulta que, sin negar las diferencias de base genética entre las personas, utilizamos arbitrariamente el concepto de raza. Por otro lado, las gentes que viven en el altiplano boliviano poseen una caja torácica perceptiblemente más desarrollada. Los esquimales poseen extremidades cortas y son rechonchos, estando bien dotados de depósitos de grasa subcutánea para hacer frente al frío en mejores condiciones. En los climas

cálidos los seres humanos suelen poseer extremidades largas y son muy delgados, por lo que están en óptimas condiciones para disipar el calor (C. S. Coon, 1982: 103-132). Pero, la sólo eficiencia fisiológica no podría explicar que los seres humanos hubieran alcanzado los lugares más inhóspitos de la Tierra, ya que sólo la cultura les ha permitido alcanzar lo inalcanzable, dotándolos de los mecanismos necesarios para hacer frente a las tensiones medioambientales. Ningún otro animal puede compararse con el ser humano en plasticidad, como consecuencia de su facultad para cambiar de medios y de circunstancias.

Podemos, y debemos, admitir que el ser humano no es el único animal dotado de cultura. La Doctora Goodall (1986) nos ha demostrado a lo largo de sus pacientes investigaciones que otros primates, como los chimpancés por ejemplo, también poseen cultura instrumental y organizativa, poseyendo el rasgo característico de la cultura, cual es el aprendizaje, hasta el extremo de que estos animales se distribuyen sobre la tierra de acuerdo con áreas culturales que recuerdan a las de los humanos. Ella lo puso de relieve analizando el comportamiento de los chimpancés de la Reserva de Gombe, en Tanzania, en cuyos individuos asimismo observó su capacidad para la comunicación lingüística, si bien basada en la mímica, al carecer de aparato fonador. Incluso, hay animales que ni siquiera son primates y poseen conducta instrumental o alguna otra cualidad cultural. Pero, más allá del hombre, la cultura animal, aun tratándose de la de los primates, es siempre incipiente. La potencia de la cultura humana no tiene parangón en el reino animal: comporta la diferencia.

La cultura de la especie humana implica la existencia de un sistema de símbolos, es decir, de un conjunto de significantes dotados de significados para el grupo humano que los utiliza (C. Geertz, 1973b: 55-56). Mediante estos símbolos, el ser humano recibe y transmite significados de todo tipo. Las ideas, las emociones, las sensaciones o las creencias son comunicadas por el ser humano a través de símbolos que llevan códigos de significación aparejados. Análogamente, la interminable nómina de objetos materiales empleados por los seres humanos son el resultado de esa capacidad de simbolización, que hace posible que los proyectos se materialicen en forma de objetos (L. White, 1948). Ello desmiente la diferencia arbitraria que, a veces, se traza entre la cultura material y la mental, y prueba que no hay separación entre ellas. Justamente, a través de la posesión de una cultura inconmensurablemente más poderosa que la del resto de los animales, los seres humanos han logrado una superioridad extraordinaria, que sirve por sí sólo para explicar el rotundo éxito de la es-

pecie y su inmenso dominio de la naturaleza, particularmente sorprendente cuando sus protagonistas han sido unos seres físicamente débiles y aparentemente torpes, que tras superar su viejo papel de presas han pasado a convertirse en insaciables depredadores.

CULTURA Y SOCIEDAD

De lo dicho hasta aquí, se desprende la importancia que posee en el ser humano aquello que es fruto del aprendizaje y que da vida a su cultura. Generalmente, se admite una definición clásica de la cultura, acuñada por E. B. Tylor en 1871, según la cual se dice por extenso que en su seno se incluye el conocimiento, las creencias, el arte, la moral, el derecho, las costumbres y cualesquiera hábitos y capacidades adquiridos por el hombre en tanto que miembro de la sociedad. En consecuencia, fuera de la definición queda lo que es anatomía y fisiología, lo cual nos permite señalar de forma intensiva que en los humanos, cultura es todo cuanto no sea naturaleza. Es obvio que en el comportamiento de los seres humanos existe un trasfondo codificado genéticamente, en el que se incluyen actitudes mecánicas, como la contracción y dilatación de las pupilas, y de hecho su parte de comportamiento aprendido está construida sobre el bastidor de su constitución biológica.

Ahora bien, una de las propiedades fundamentales de la cultura es que, precisamente por ser aprendida, se modifica y cambia con el tiempo con mayor rapidez que los rasgos del comportamiento humano que son innatos, y que por ello se hallan sometidos al lento e implacable efecto de la selección natural. Los cambios culturales son debidos en unos casos a procesos endógenos, motivados por el perfeccionamiento de las pautas existentes, por inventos o por descubrimientos. En otros casos vienen motivados por procesos exógenos, inducidos por la aceptación de préstamos culturales, los cuales terminan por desplazar por superación otros rasgos previos. Se deduce que no por eso la cultura deja de constituir una estructura coherente dotada de un alto valor adaptativo en los diferentes grupos humanos. De igual manera, se deduce que las culturas varían considerablemente con los grupos humanos, puesto que éstos eligen los patrones más adecuados dentro de la vasta gama de potencialidades que se hallan a su disposición (W. H. Godenough, 1971: 194). Por estas razones, parece innegable que en el marco universal de la cultura de la especie humana se distingan y singularicen las culturas propias de los distintos grupos esparcidos por la Tierra. Más aún, se admite que en la medida que las

sociedades se hace más complejas en tamaño y organización, van acogiendo en su seno subculturas que definen variantes de la personalidad general del grupo que las cobija.

Conviene reparar en el hecho de que una sociedad no sólo es el mero conjunto de individuos que la conforma. Tales individuos están unidos por una serie de principios comunes y ordenados, los cuales difieren de los que rigen otras sociedades también humanas. La personalidad de cada sociedad humana proviene, precisamente, del uso común que hacen sus miembros de idénticas representaciones simbólicas, lo cual se refleja en su unidad emocional (A. L. Kroeber y C. Kluckhohn, 1952). Cada generación de individuos heredará en esa sociedad los principios culturales vigentes, y adquirirá el compromiso de hacer lo propio con la generación posterior, de forma que este compromiso constituirá la garantía del éxito cultural del grupo, que es tanto como decir de la continuidad de esa sociedad.

Al respecto, el gran imperativo de vivir es conservar la vida, hasta el extremo de que todas las especies vivientes están conformadas de modo que un número de individuos de cada especie sobrevive el tiempo necesario para dar lugar a una nueva generación. Cuando esto no sucede, la especie o la subespecie desaparece. Ello no es obstáculo, como se ha dicho anteriormente, para que en el marco de cada unidad cultural existan subculturas, cuya particularidad provendrá de la forma que tengan de utilizar la lengua, el conocimiento, de adoptar diversas actitudes o de comportarse. Mas toda sociedad humana, con independencia de que albergue subculturas, cuenta con un fondo común que identifica a sus miembros, y los hace integrantes de una unidad cultural determinada, en la cual, y a su vez, están presentes también elementos universales de la cultura humana genérica.

Es por todo ello, que cada individuo, como parte integrante de una sociedad, posee un arsenal cultural a su disposición, que es justamente la clave adaptativa de esa sociedad. Igualmente, cada individuo no interpreta la totalidad del repertorio que le ofrece su cultura, sino la parte que contribuye a su desenvolvimiento vital. De otro lado, los hechos sociales y culturales son irrepetibles, por lo cual no cabe esperar que los individuos reproduzcan las pautas culturales a las que están sujetos con absoluta fidelidad. Al interpretarlas introducen algún grado de variabilidad que provoca la transformación endógena de la propia cultura (W. H. Gode-nough, 1971). Ciertamente, la cultura de los seres humanos está construida mediante procesos temporales, y aunque gran parte de la acción humana obedece a pautas establecidas, ningún acto se repite absolutamen-

te. Hasta las acciones más pautadas cambian sutilmente. Otras veces, los cambios llegan a adquirir una profunda dimensión estructural, debido tal vez a un invento o a un descubrimiento trascendental que acaba por afectar a todo el sistema, dando lugar a un marcado proceso de renovación cultural. Pero, aún así, la variabilidad individual no contradice la permanencia de la cultura, que si bien se transforma por servidumbre al tiempo, sobrevive también al tiempo por fidelidad a la sociedad que nutre.

A lo expresado se añade el hecho de que la cultura que se encuentra al servicio de una sociedad no se compone de un número infinito de variables. Las variables de una cultura han de ser limitadas para que ésta sea funcional, es decir, para que cada individuo en el momento de efectuar una elección la pueda llevar a cabo en un campo limitado de posibilidades. Esta particularidad permite que la cultura sea eficaz, y que los individuos se muevan en un ámbito favorable de estímulos y respuestas que garantice la legitimidad de su comportamiento, e incluso su estabilidad psíquica y emocional. Los postulados de una cultura poseerán un gran valor adaptativo dentro del grupo humano que los practica, lo cual confiere a la misma una marcada coherencia. En consecuencia, el comportamiento social no sólo es limitado sino que también es predecible en alguna medida, en tanto que los individuos disponen de un repertorio de pautas, que son las vigentes en su grupo, el cual complementariamente rechaza otras pautas, de manera que cada persona sabe a qué ha de atenerse en cada momento, tanto en lo que concierne a su conducta, como en la que espera de los demás.

De este modo, cada sociedad, en general, se halla delimitada en el espacio, y da cabida a una red de relaciones modeladas culturalmente, las cuales posibilitan la existencia de representaciones simbólicas comunes que distinguen a esa sociedad de otras sociedades, y a su correspondiente cultura de otras culturas (E. Cassirer, 1962; M. Sahlins, 1976: 106-128). Dado el equilibrio existente en cada cultura, todo cambio supone el inmediato reajuste, de forma que para ser efectivo ha de contar con la general aceptación del grupo social. De hecho, cualquier sociedad, en cualquier nivel, se ve obligada a tomar constantes decisiones en relación con la cultura, por constituir ésta una estructura cambiante, tanto por evolución endógena como por influencia exógena. Por supuesto, todas las actividades productivas que desarrolla una sociedad están sujetas a las pautas culturales que imperan en la misma. La cultura, consecuentemente, no es otra cosa que la manera establecida deliberadamente por una sociedad para organizarse, a fin de satisfacer sus necesidades mentales y materiales.

Para lograr estos fines, las sociedades desarrollan una serie de complejos culturales que se denominan instituciones (B. Malinowski, 1948: 128-144; M. Douglass, 1986), las cuales tratan de responder a los imperativos fundamentales de la vida social a través de la función insoslayable que tienen asignada. A las instituciones implicadas en las actividades de producción y distribución de bienes y servicios se las denomina económicas; a las relacionadas con el gobierno de la sociedad, políticas; a las relacionadas con el cumplimiento de las reglas de convivencia, jurídicas; y así sucesivamente. Todas las instituciones poseen profundas motivaciones grupales, en tanto trascienden el comportamiento individual para situarse al servicio de la estructura social. Pero, el hecho de que las distintas instituciones traten de subvenir a las necesidades objetivas o materiales, o a las necesidades subjetivas o simbólicas, no implica en modo alguno separación entre ambas. Todo en la cultura responde a ideas que están presentes en las mentes de los individuos, y por tanto a símbolos, lo cual como se ha señalado eleva al ser humano por encima del resto de las criaturas vivientes.

Por todo ello, la cultura de una determinada sociedad, cuya esencia viene determinada por las instituciones, tiene un carácter ideacional, no substancial como pudiera pensarse cuando se habla de cultura material. Pero tampoco la sociedad tiene una entidad substancial, sino únicamente relacional: lo que llamamos sociedad no es más que una serie de personas conectadas entre sí por medio de una red de relaciones institucionalizadas. Y esto conduce a la conclusión de que las únicas entidades concretas son los individuos que conforman la sociedad. Ni aunque las sociedades fuesen conjuntos empíricos sería plausible estudiarlas como conjuntos, puesto que tendría que procederse selectivamente, tratando de percibir lo fundamental y prescindir de lo accesorio (B. Malinowski, 1948; 49-57). Por eso, la dimensión institucional de la cultura y de la sociedad adquiere su más alto sentido, en cuanto representa comportamientos humanos dotados de una mayor cohesión y de un significado más intenso. Efectivamente, la cuestión de la institucionalización encierra un carácter de grado, en tanto que los aspectos más marcadamente institucionalizados por la cultura son los que adquieren mayor relieve en la sociedad que le sirve de marco a la misma.

Pero las culturas que pueblan la Tierra no son tan distintas y tan singulares como pudiera pensarse. La igualdad biopsicológica que preside la especie humana lo impide, y así viene siendo aceptado desde el siglo XIX en que ya fue asumida lo que por entonces se llamó la unidad psíquica de la humanidad, que a su vez hundía sus raíces en el pensamiento ilustrado. Las poblaciones, como los individuos, tienen similares aptitudes para la

cultura en todo el Planeta, con independencia de sus modos de vida, tan sólo por ser integrantes de la única especie humana existente, esto es, la *Homo sapiens*, y también de la única subespecie, la *Homo sapiens sapiens*. Al abrigo de esta idea, y sin negar las personalidades de las distintas culturas, ha de señalarse que todas ellas están unidas por el común denominador que supone la existencia de un único material humano. Ello no puede dejar de tener sus repercusiones en ciertas manifestaciones culturales, empezando por las específicamente institucionales, que han sido analizadas por los antropólogos, por los sociólogos y por otros estudiosos (C. Geertz, 1973b: 46-50).

De esta manera, aún admitiendo las particularidades culturales existentes, se aprecia que determinadas instituciones y rasgos están presentes en todas las culturas conocidas, por lo que son conocidos bajo la denominación de “universales de la cultura”. Este es el caso de la familia, que la encontramos en cualquier sociedad, o el matrimonio que reviste esta misma característica. Asimismo, encontramos que no hay sociedad en la cual los individuos no se emparejen fuera de su propio grupo, es decir que no estén regidos por la regla de la exogamia, de lo que se sigue la presencia universal de la prohibición del incesto (R. Fox, 1983). Aunque se admita que la familia y el matrimonio cambian con las sociedades, igual que lo hacen las nociones de exogamia y de incesto, habrá que admitir que lo que cambia es lo adjetivo y no lo sustantivo, puesto que se trata de instituciones marcadamente universales en lo esencial. Considerando la universalidad de tales instituciones, podemos suponer que su fundamento es biopsíquico (B. Malinowski, 1948: 98-127). El nacimiento inmaduro del ser humano, la necesidad de un largo cuidado maternal y la sexualidad permanente y no periódica, por ejemplo, han tenido su reflejo en la existencia de instituciones como la familia y el matrimonio.

Existen otras instituciones y otros rasgos que, sin llegar a estar dotados de universalidad, suponen regularidades presentes en gran parte de las culturas conocidas. Los antropólogos reservan para estas regularidades la denominación de “generalidades de la cultura”, y se refieren a aspectos extraordinariamente funcionales, aunque no indispensables, cuyo fundamento no es necesariamente biopsíquico. Su reiterada presencia en las culturas se debe a menudo a la invención independiente, a la difusión a partir de un lugar determinado, o a la herencia cultural propiciada por un antepasado común. Así, tanto el fuego como la rueda y como determinadas herramientas son empleadas por casi todas las sociedades, si bien no necesariamente deben conocerlos. Lo mismo se puede decir de un tipo de fa-

milia como es la nuclear, es decir, la compuesta exclusivamente por los padres y los hijos, la cual está presente en la mayor parte de las sociedades.

Hay, por fin, otras instituciones y rasgos de la cultura que conceden personalidad y originalidad a las sociedades que los portan, dando lugar a que se pueda hablar de la innegable diversidad cultural. Los antropólogos los designan con el nombre de “particularidades culturales”, bajo cuya denominación se incluye a aquellos aspectos que resultan enfatizados en cada cultura. En este apartado se integran objetos, creencias, rituales y otros elementos, bien de carácter material o bien de carácter mental, que forman parte de la idiosincrasia de una sociedad, y que se plasman en una concepción diferente de la vida y de la muerte, del trabajo y de la fiesta, de la amistad y del conflicto, entre otros aspectos, contribuyendo todo ello a individualizar esa cultura. Las sociedades, sabedoras de la personalidad que les conceden las particularidades culturales, tienden a menudo a exaltarlas tratando de convertir la peculiaridad en individualidad.

ENTRE LA NATURALEZA Y LA CULTURA

Después de las ideas expresadas, cabe deducir que el ser humano es superior al resto de los animales tanto en el orden biológico como en el orden cultural, pero quedaría sin resolver la incógnita del grado de conexión entre ambos y si alguno de ellos resulta determinante. Efectivamente, parece admitido que el ser humano es superior desde la perspectiva anatómica, la fisiológica y la neuronal. De la misma manera, el ser humano es superior desde el punto de vista mental, porque ha construido una cultura que no tiene comparación en el reino animal. A partir de estas premisas, las doctrinas hipernaturalistas han defendido la idea del determinismo biológico, mientras que las superorganicistas han aducido la superioridad de la cultura. Estos últimos han terminado por cuestionar el uso del término “naturaleza humana”, apoyados en la convicción de que el determinismo biológico sólo podría alcanzar a la naturaleza corpórea, mientras que la mente, al amparo de la libertad para pensar, podría prescindir de cualquier atadura que la limitase (vid. L. Álvarez Munárriz, 1996).

Según los biólogos, lo que prima en el ser humano es la herencia orgánica, transmitida de padres a hijos por medio de la información genética codificada en el ADN. Tal herencia es propiamente endosomática, y dotada del poder necesario para ejercer un profundo determinismo en la vida de cada ser humano. Los autores que propugnan esta línea centran su argumentación en la idea de que la cultura es exterior al ser humano, y

por tanto incapaz de modificar la substancia genética de la especie. Acaso una de las posiciones más radicales posibles sea la esgrimida por el genetista francés J. Rostand hace algunos años (J. Rostand, 1966: 150), cuando decía que “por el efecto de la civilización no hay que esperar ningún progreso del animal humano, sino temer una decadencia”. La famosa frase de R. Dawkins (1989: VII) de que “somos máquinas de supervivencia, autómatas programados a ciegas con el fin de perpetuar la existencia de los egoístas genes que albergamos en nuestras células”, resume bien esta perspectiva. En este sentido, el citado autor abunda en que los planos para construir un cuerpo humano se hallan contenidos en 46 volúmenes, esto es, en dos conjuntos de 23 volúmenes de planos cada uno, aludiendo metafóricamente a los correspondientes pares de cromosomas que dan vida a nuestro cuerpo, los cuales son recibidos por cada ser humano en el momento de su concepción sin que éste pueda hacer nada por intervenir en la situación (Dawkins, 1989: 32).

Ya un filósofo contemporáneo de Darwin, y cuyo pensamiento ejerció una gran influencia sobre éste, H. Spencer, preconizó una doctrina según la cual la cultura no hace sino atenerse estrictamente a las reglas impuestas por la naturaleza. En esta línea, argumentaba este pensador inglés, que los principios de la vida social, en general, y de la ética individual en particular, no pueden ser otros que los naturalmente dictados. La conducta humana era tanto mejor cuanto más fielmente siguiera a la biología. Esta filosofía spenceriana alimentó una doctrina que recibe el nombre de “naturalismo biológico” o “darwinismo social”. Otro contemporáneo de Darwin, T. H. Huxley, también evolucionista al igual que Spencer, llegó a la conclusión de que la capacidad ética se hallaba enraizada en la propia evolución biológica, hasta el extremo de que no podía entenderse aquella sin referencia a ésta. El sentido equívoco de su terminología impide conocer con precisión una línea argumental que, ciertamente, en la época no contó con demasiados seguidores.

Fue en los años centrales del siglo XX cuando algunos autores defensores del llamado naturalismo biológico, como J. Huxley (1953) –nieto de T. H. Huxley– y C. H. Waddington (1960), desarrollaron la teoría según la cual las normas éticas tienen su fundamento en la evolución humana. En esencia, estos autores vienen a sostener que habida cuenta de que la evolución ha supuesto perfeccionamiento de los organismos, en el caso de la especie humana esto ha tenido su reflejo en un progreso no sólo somático, sino también volitivo e intelectual. De acuerdo con este presupuesto, Waddington (1960) señala que, desde el punto de vista ético, las acciones

son buenas o malas según contribuyan al progreso. La afirmación conlleva un salto cualitativo evidente, porque aunque es posible aceptar que unos organismos son más complejos que otros, no se puede admitir *per se* que unas tendencias evolutivas son más progresivas que otras. Adviértase, por tanto, que existe un claro defecto de partida, esto es, una petición de principio, puesto que al dar por sentado que unas tendencias evolutivas son más progresistas que otras, considera demostrado justamente lo que trata de demostrar (Vid. F. J. Ayala, 1980: 179-181).

En el ámbito de esta concepción biológica, existe una interpretación más, que es la proveniente de la llamada sociobiología. Según ésta, cuya denominación fue acuñada por el biólogo Garret Hardin y asumida por estudiosos como Wilson (1975, 1978), Barash (1977) y otros, el comportamiento animal tiene una base evolutiva, lo cual implica que los rasgos psicológicos innatos que definen a cualquier especie son el resultado de una larga historia evolutiva de éxito reproductor diferencial. Así, la evolución predispone a los seres humanos a asumir normas morales y reglas de comportamiento que estén de acuerdo con la selección natural. El planteamiento más radical conduciría a decir que los seres humanos han alumbrado aquellas culturas que les permitieran conservar mejor sus genes. En este sentido, la cultura estaría sometida, más que a los condicionamientos ambientales, a causas remotas que han hecho que unos comportamientos creados por la mente fueran más adaptativos que otros. Consecuentemente, y de acuerdo con la teoría sociobiológica, la libertad de la mente para pensar quedaría en entredicho, y por el contrario se aceptaría un sometimiento de la mente impuesto por el determinismo genético.

Este determinismo genético es el que llevó a R. Dawkins (1978) a sugerir la teoría del “gen egoísta”, adelantada más atrás. Ya el propio Garret Hardin al utilizar la sociobiología como categoría, la hizo acompañar de la llamada “condición del gen egoísta”. La obra de Dawkins, que publicada originariamente en los años setenta terminaría por adquirir una gran influencia que ha llegado hasta nuestros días, queda desvelada cuando su autor señala que la teoría del gen egoísta es la teoría de un neodarwinista, convencido de que es posible convertir al gen en el epicentro de la Tesis evolucionista, análogamente a como se procede cuando se toma a un organismo individual como objeto de análisis, en tanto que el gen representa la unidad significativa por excelencia de la selección natural. Cuanto más egoístas son estos fragmentos de los cromosomas, que son los genes, mayor será la persuasión que ejercerán sobre las máquinas de supervivencia, esto es, sobre los cuerpos humanos en los que se hallan alojados. Un gen vive a lo largo de mucho tiempo en sucesivas generaciones

de individuos, gracias a su egoísmo que impide que otros genes, alelos suyos, sigan viviendo también, amparándose en la escasa competencia, en la generosidad y en el excesivo altruismo de éstos. La celebre frase de este conocido etólogo dice que “el gen es la unidad básica del egoísmo” (R. Dawkins, 1989: 47). Gracias a este egoísmo que les impulsa a buscar la inmortalidad, los genes más aptos han ido dotando al cuerpo de los seres humanos de largas piernas para huir de los depredadores, o de una cabeza con mayor volumen craneal para albergar una mente extraordinariamente compleja, de modo que las máquinas de supervivencia que los acogen, convertidas en verdaderos agentes intermediarios, puedan correr o pensar cuando los genes dispongan.

Frente a esta orientación biologista a la hora de explicar al ser humano, dotada de múltiples perspectivas como se ha visto, existe otra orientación que denominamos culturalista. El mismo R. Dawkins (1989: 247-262) ha resumido esta situación al recordar que entre todos los animales, el ser humano es el único dominado por la cultura, es decir, por conocimientos aprendidos y transmitidos de generación en generación, pero mientras unos consideran decisivo el comportamiento de los genes en los individuos, otros supeditan los genes al poder de la cultura. La discusión adquiere mayor envergadura por cuanto interesa conocer si realmente el ser humano es único entre todos los animales debido a la potencia de su cultura, o si por el contrario este ser humano, como animal que es, no es tan distinto del resto de los animales. Como ha puesto de relieve N. Elías (1989: 54), “los seres humanos son miembros de una especie unificada y al mismo tiempo, miembros de sociedades diferentes. Este doble carácter de los seres humanos puede dar lugar a malentendidos y a juicios erróneos”. Dicho de otro modo, se trata de dilucidar si la confluencia entre la cultura y la naturaleza, que en el ser humano adquiere toda su presencia, marca una diferenciación cuantitativa o cualitativa.

La clave para defender esta postura culturalista se halla en que, si bien se admite que el ser humano está definido por una estructura biológica, cuyos condicionantes de carácter innato son similares a los de otros animales, empezando por la nutrición, cuenta con un dilatado repertorio de pautas adquiridas con el cual modifica o desarrolla sus respuestas naturales. De este modo, su repertorio biológico se ve enriquecido con estrategias culturales de toda índole que redundan en beneficio de la supervivencia. Así como el evolucionismo pudo poner de relieve que la unidad biológica del reino animal no contradecía la diferenciación en especies, la antropología social ha mostrado que la posesión de facultades mentales in-

dividuales no niega la unidad de rasgos biológicos. Precisamente, la existencia de múltiples modos de vida en el Planeta, de diversas estructuras sociales, de innumerables códigos jurídicos y de infinidad de lenguas y creencias, con sus correspondientes variaciones personales, constituye la mejor prueba de lo que se acaba de señalar. La necesidad de sobrevivir ha hecho que los grupos humanos en general, y los seres humanos en particular, se acomodaran a las condiciones impuestas por el entorno.

Justamente, la causa de que la capacidad de adaptación de los seres humanos sea incomparablemente mayor que la del resto de los animales radica en su mente, capaz de generar cultura como ningún de ellos. Esto es posible, como ha explicado M. J. Buxó (1975: 14-15), porque las capacidades cognitivas no están biológicamente determinadas, “y nuestro potencial cognitivo es más amplio que el que se usa habitualmente”. Como ya se ha dicho, el ser humano ha colonizado espacios sumamente diversos en latitud y en altitud distribuidos por todo el Planeta, sin que exista otro parangón en el reino animal. Ello no puede tener, en consecuencia, una explicación exclusivamente biológica. Mediante la singular agilidad de su mente para crear y recrear la cultura, este ser humano ha sabido dotarse de abrigo, realizar refugios e inventar complicados artilugios tecnológicos con los cuales superar a todos sus competidores, situándolos a una distancia inalcanzable para éstos. Resulta, por tanto, meridiano que esta facilidad para dar vida a culturas muy distintas en lugares muy variados sólo ha podido llevarse a cabo porque la mente humana, al no ser prisionera de una estructura previa, pudo elegir una senda de libertad, a través de la cual ha sacado el mayor partido posible de su versátil naturaleza. De este modo, la teoría antropológica de A. Kroeber (1917: 79; y 1952: 119) eleva la cultura a la categoría de fenómeno superorgánico, por cuanto trasciende el ámbito biológico de la persona.

Esta orientación culturalista se podría resumir en la idea de que el ser humano no es lo que es como resultado de sus orígenes. Esos orígenes son tan lejanos que se pierden en la noche de los tiempos, siendo su silueta la de una imagen de contornos difusos, casi imperceptibles. Como ha puesto de manifiesto A. Kuper (1994: 106-107), “no existe un punto de partida obvio, en el que quedara establecido lo que los seres humanos iban a ser”. Lo que es el ser humano, es el resultado de lo mucho que ha aprendido después de recorrer un largo y tortuoso camino, en el que ha vadeado un sinfín de dificultades, todo lo cual le ha permitido alcanzar indiscutibles éxitos que explican su puesto de privilegio en el Planeta. Baste observar que mientras la sustancia biológica ha permanecido inalterable en el último tramo de su camino, recorrido bajo la condición de *Homo*

sapiens sapiens, la cultura ha transformado radicalmente su horizonte vital. En palabras del biólogo S. J. Gould (1983: 342-353), “el carácter único del hombre reside esencialmente en nuestro cerebro. Se expresa en la cultura construida sobre nuestra inteligencia, y el poder que nos da manipular el mundo. Las sociedades humanas cambian por evolución cultural, y no como resultado de las alteraciones biológicas. Todo lo que el hombre ha hecho desde que es hombre es el resultado de la cultura: nuestro cerebro no ha cambiado en los últimos cuarenta mil años”. De ello se sigue que aunque cabe atribuir a la evolución y a la selección natural el hecho de que el ser humano se halle dotado de capacidad intelectual –el aumento de la capacidad intelectual hizo posible la fabricación de utensilios que eran adaptativamente ventajosos–, la plasmación específica de ésta en los correspondientes sistemas culturales es consecuencia del poder de la mente para crear la cultura.

El culturalismo ha enfatizado el error que conlleva la llamada falacia naturalista, argüida por los representantes del naturalismo biológico y por los de la sociobiología (M. Sahlins, 1976: 29 y ss.). Según dicha falacia (vid. F. J. Ayala, 1980: 181-184; R. Trigg, 1982: 184-207), el comportamiento de los seres humanos viene dado directamente por el determinismo biológico que les impone la conservación de los genes. Al prescindir del papel real de la mente en el proceso, marcado por la libertad, la falacia naturalista sume en la confusión la distinción entre lo que es –las acciones humanas diversas–, y lo que debe ser –unas son superiores a otras–. Parece claro que, debido a la evolución, los seres humanos admiten unos comportamientos mejor que otros, pero la aceptación de los comportamientos concretos sólo puede depender del libre acuerdo que se adopta en cada cultura. Respecto de la sociobiología, seguramente una de las críticas más demoledoras ha sido la formulada desde la perspectiva biológica por R. Lewontin (1982: 289) y un grupo de colaboradores, al hacerla “legitimadora de una sociedad jerárquica, empresarial y competitiva” atribuyendo su éxito intelectual a su extremado reduccionismo. La posición más extrema del culturalismo impugna, como se ha dicho, la viabilidad de una categoría como es la que denominamos naturaleza humana por entender que la humanidad trasciende la naturaleza.

Pero, las dos interpretaciones señaladas del ser humano, la biológica y la culturalista, y con independencia de las indudables aportaciones que encierran, presentan al ser humano de una manera incompleta, al relegar la maravillosa síntesis que se produce entre la biología y la cultura. En célebre frase de T. Teodorov (1995: 84), “no podemos reducir lo humano a lo específicamente humano”. Como bien ha sido puesto de relieve en

alguna ocasión, el momento en el que se produce esa síntesis marca, justamente, el punto crítico que separa “el espíritu del hombre más bajo del animal más elevado”. Dice, en este sentido, E. Morin (1973: 71 y ss.) que es la reflexión creada por la mente humana, al socaire del progresivo crecimiento de la complejidad social, la que constituye el nudo gordiano que asegura la unión epistemológica entre el animal que el hombre lleva dentro de sí y el propio hombre. La diferencia que separa a los biólogos y a los culturalistas, sin embargo, reside en saber si la citada confluencia de la biología y la cultura convierten al ser humano en un animal distinto en lo accidental o en lo esencial.

Todo ser humano, por ser tal, posee una sustantividad que se resume en una estructura biofísica unitaria, dotada de una capacidad cognitiva singular. Dicha estructura y la capacidad cognitiva que la misma lleva aparejada garantizan que todos los seres humanos poseen formas de ser, de pensar y de valorar, dadas por la pertenencia común a una especie, *Homo sapiens*, y a una subespecie, *Homo sapiens sapiens*, que se traducen en la existencia de rasgos culturales de carácter universal, como ya hubo oportunidad de señalar más atrás. Otros muchos rasgos culturales presentan una marcada regularidad en todas o casi todas las culturas conocidas, si bien no son idénticos. Esto último determina que los sistemas culturales sean muy numerosos, en cuanto que expresión de la adaptación de los seres humanos a medios y situaciones muy variados. A nivel individual, la unidad de la estructura biológica y cognitiva no contradice una diversidad de comportamientos que hace posible que las personas se hallen dotadas de una personalidad.

La estructura biofísica y su inherente capacidad cognitiva comportan, en resumidas cuentas, la esencia del ser humano. Volviendo a las atinadas observaciones de N. Elías (1989: 84), el ser humano “es un ser vivo, un animal, y comparte con los animales sus rasgos característicos. Pero es también un ser humano, que no se asemeja a ningún otro ser vivo que existe en la sociedad, en compañía de otros hombres”. El pensamiento y el lenguaje son sus manifestaciones más singulares. El primero le permite conectar los medios con los fines gracias a la reflexión, y también evaluar tanto sus propias acciones como las de los demás. El segundo hace posible la comunicación con otros seres humanos, a través de los cuales el ser humano tiene conocimiento de las experiencias y de las vivencias de otros congéneres que vivieron antes que él o que existen en el presente, y comunica a los demás las suyas propias (L. Cavalli-Sforza, 1996: 171-174). Todo ello conforma el rasgo más distintivo de la personalidad del ser humano, cual es el de la humanidad. Mediante estas capacidades, que le dispo-

nen para aprender y enseñar, modifica y reorienta sus reacciones innatas, haciendo su proyecto vital más abierto y flexible, puesto que en esta estrategia reside el éxito de su trayectoria. De este modo, el ser humano, que en su estructura biofísica, sumamente estable, apenas ha introducido modificaciones desde hace varios miles de años, ha desarrollado formas culturales por medio de su mente cuya progresión ha sido incesante.

La mente ha conferido al ser humano una cualidad distintivamente humana, que es la de ese recurso polivalente representado por la creatividad (C. Lisón, 1994: 259). El éxito imparable de la especie humana hay que buscarlo de manera singular en la facultad creadora de su mente, que hace posible sin parar que nuevas estructuras sociales, económicas, políticas, tecnológicas o de cualquiera índole sustituyan a las viejas, alentando lo que antes no existía (R. Sanmartín, 1993: 249-262). Toda cultura, en el afán de superar sus logros, impele a los individuos que viven en el seno de la misma a crear, y al mismo tiempo que lo hace, la cultura impone que tales creaciones se efectúen en el contexto de los cánones que la identifican. Así se produce una tensión dialéctica y continuada entre las fuerzas que tienden a la conservación de la cultura y las que promueven su renovación, permitiendo que la creatividad brote con fuerza en la linde que separa lo conocido de lo desconocido. Los grandes creadores en cada uno de los campos del saber son aquellos individuos que, tras conseguir liberarse de la coerción que les impone la cultura en la que viven, se adentran en lo desconocido con el ánimo de encontrar el mundo nuevo que buscan. Mas, aunque se libere de los cánones culturales, tampoco el acto creador de la mente humana logra liberarse del sometimiento que le impone el comportamiento innato dado por su condición animal. Ni siquiera en aquellos ámbitos, como los denominados artísticos, donde la creación se hace más sublime.

En suma, la mente humana que es libre para explorar los caminos de la cultura no puede prescindir de la referencia que supone la estructura biofísica que la sustenta. La unidad de todos los seres humanos queda garantizada gracias a su inclusión en una misma naturaleza biológica, dada por la especie de pertenencia. Por el contrario, la diversidad de culturas hace a los seres humanos distintos en aras de una mejor adaptación al entorno. De otro modo, mientras que la estructura biológica de los seres humanos los engloba a todos ellos en una misma comunidad, la mente los hace libres para pensar de formas distintas, preservando su personalidad individual. Consecuentemente, en el ámbito científico, la naturaleza humana constituye la referencia epistemológica que concede legitimidad a todas las ciencias que tienen al ser humano por objeto, en cuanto permite el establecimiento de analogías entre los individuos susceptibles de es-

tudio, de acuerdo con su homogeneidad, abocando de este modo a la obtención de conclusiones válidas.

Evidentemente, a los seres humanos nos resulta imprescindible la existencia de una categoría que nos funda a todos, y no es otra que la representada por nuestra naturaleza. Esta evidencia debe estimular nuestra sensibilidad hacia la participación intelectual en un debate actual, como es el relativo a la manipulación genética. La ruptura de nuestra unidad biológica supondría dar vida a un mundo caótico, sin referentes, sin valores y sin principios, presidido por la confusión que originaría el hecho de que todo podría ser puesto en cuestión. Al invadir el relativismo el ámbito de la uniformidad, crearíamos un mundo inhabitable y pavoroso. De ahí, que antes de afrontarse la manipulación genética del material humano sea incontestable conocer qué aspectos de nuestra biología pueden ser modificados sin que ello suponga alteración sustancial, o si se quiere, qué se entiende por “error de configuración” hablando de seres humanos. No hacerlo sería tanto como prescindir “del más exquisito de los frutos de eso que denominamos evolución”, según nos recordaba hace unas semanas el Dr. M. E. Patarroyo en su solemne discurso de recepción del Doctorado *Honoris Causa* de la Universidad de Cantabria.

BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ MUNARRIZ, L. (1996). *Perspectivas sobre la naturaleza humana*. Murcia: D. M.
- ARDREY, R. (1976). *La evolución del hombre: la hipótesis del cazador*. Madrid, 1990: Alianza.
- ARSUAGA, J. L. et al. (1997). “Sima de los Huesos (Sierra de Atapuerca, Spain). The site”, *Journal of Human Evolution*, 33, 2-3, pp. 109-127.
- ARSUAGA, J. L. & MARTÍNEZ, J. (1998). *La especie elegida. La larga marcha de la evolución humana*. Madrid: Temas de Hoy.
- AYALA, F. J. (1980). *Origen y evolución del hombre*. Madrid: Alianza.
- AYALA, F. J. (1994). *La naturaleza inacabada: ensayos en torno a la evolución*. Barcelona, 1997: Salvat.
- BARASH, D. (1977). *El comportamiento animal del hombre*. Barcelona, 1981: A. T. E.
- BERNABEU, J. et. al. (1993). “Al oeste del Edén: las primeras sociedades agrícolas en la Europa mediterránea”. Madrid: Síntesis.

- BUXO, M. J. (1975). "Sobre cognición y cultura: Una aproximación a la diferenciación sexual en los procesos cognitivos", *Ethnica*, 10, 1975, pp. 9-27.
- CASSIRER, E. (1962). "Génesis de la diversidad cultural". En G. Clark, *La identidad del hombre*, pp. 99-124. Barcelona, 1985: Paidós.
- CAVALLI-SFORZA, L. L. (1996). *Genes, pueblos y lenguas*. Barcelona, 1997: Crítica.
- CHALINE, J. (1994). *Del simio al hombre: Una familia poco común*. Madrid, 1997: Akal.
- COON, C. S. (1982). *Adaptaciones raciales*. Barcelona, 1984: Labor.
- DARWIN, C. (1859). *Origen de las especies*. Madrid, 1985: Akal.
- DARWIN, C. (1871). *El origen del hombre*. Madrid, 1973: EDAF.
- DAWKINS, R. (1989). *El gen egoísta. Las bases biológicas de nuestra conducta*. Barcelona, 1994: Salvat.
- DEVILLERS, C. & CHALINE, J. (1989). *La théorie de l'évolution*. Paris: Bordas.
- EIBL-EIBESFELDT, I. (1976). "Adaptaciones filogenéticas en el comportamiento del hombre". En H. G. Gadamer y P. Vogler, *Nueva antropología*, vol II, pp. 3-55. Barcelona: Omega.
- EIBL-EIBESFELDT, I. (1967). *Biología del comportamiento humano*. Madrid, 1993: Alianza.
- ELÍAS, N. (1989). *Teoría del símbolo. Un ensayo de antropología general*. Barcelona, 1994: Península.
- FOX, R. (1983) *La lámpara roja del incesto*. México, 1990: Fondo de Cultura Económica.
- GOODALL, J. (1986). *En la senda del hombre. Vida y costumbres de los chimpancés*. Barcelona: Salvat.
- GEERTZ, C. (1973), "Hombres y primates en los fósiles y en la vida". En G. Clark, *La identidad del hombre*, pp. 31-70. Barcelona, 1985: Paidós.
- GEERTZ, C. (1973). *La interpretación de las culturas*. Barcelona, 1987: Gedisa.
- GODENOUGH, W. H. (1971). "Cultura, lenguaje y sociedad". En J. S. Kahn (comp.), *El concepto de cultura*, pp. 157-248. Barcelona, 1975: Anagrama.
- GOULD, J. S. (1983). *La falsa medida del hombre*. Barcelona, 1987: Orbis.
- HERITIER, F. (1996) *Masculino/Femenino*. Barcelona: Ariel.
- JOHANSON, D. & EDEY, M. (1981). *El primer antepasado del hombre*. Barcelona, 1982: Planeta.
- KROEBER, A. (1917). "Lo superorgánico". En J. S. Kahn (comp.), *El concepto de cultura*, pp. 47-83. Barcelona, 1975: Anagrama.
- KUPER, A. (1994). *El primate elegido*. Barcelona, 1996: Crítica.
- LAIN ENTRALGO, P. (1996). *Idea del hombre*. Madrid: Galaxia Gutemberg.
- LEAKEY, R. E. & LEWIN, R. (1977). *Los orígenes del hombre*. Madrid, 1980: Aguilar.
- LEAKEY, R. E. & LEWIN, R. (1992). *Nuestros orígenes*. Barcelona, 1995: Grijalbo.
- LEAKEY, R. E. & LEWIN, R. (1997). "La sexta extinción. El futuro de la vida y de la humanidad". Barcelona: Tusquets.

- LEROI-GOURHAN, A. (1964). *El gesto y la palabra*. Madrid, 1990: Taurus.
- LEWONTIN, R. C. (1982). *No está en los genes. Crítica del racismo biológico*. Barcelona, 1984: Crítica.
- LEWONTIN, R. C. (1984). *La diversidad humana*. Madrid, 1984: Prensa Científica.
- LISON, C. (1994). "Etnicidad y violencia". *Anales de la Real Academia de Ciencias Morales y Políticas*, XLVI, 71, 1994.
- LORENZ, K. (1969). *Sobre la agresión: el pretendido mal*. Madrid, 1992: Siglo XXI.
- MALINOWSKI, B. (1948). *Una teoría científica de la cultura*. Barcelona, 1981: Edhasa.
- MORIN, E. (1973). *El paradigma perdido*. Barcelona, 1993: Kairós.
- MOURE, A. & GONZÁLEZ MORALES, M. R. (1972). *La expansión de los cazadores*. Madrid: Síntesis.
- MOURE ROMANILLO, A. (1998). "Hombre prehistórico, hombre moderno y hombre actual", en J. L. Saiz (Ed.), *Origen y evolución del Universo. Desde el big bang hasta las sociedades complejas*. Fundación Marcelino Botín. Santander.
- POTTS, R. B. (1988). *Early Hominid Activities at Olduvai*. New York: Aldine.
- ROSTAND, J. (1966). *El hombre*. Madrid, 1995: Alianza.
- SAHLINS, M. (1976a). *Cultura y razón práctica*. Barcelona, 1976: Gedisa.
- SAHLINS, M. (1976b). *Uso y abuso de la biología*. Madrid, 1982: Siglo XXI.
- SANMARTIN, R. (1993). *Identidad y creación*. Barcelona: Humanidades.
- STRINGER, C. B. (1991). "¿Está en África nuestro origen?", *Investigación y Ciencia*, 173, pp. 66-73.
- TODOROV, T. (1995). *La vida en común. Ensayo de antropología general*. Madrid, 1995: Taurus.
- TRIGG, R. (1982). *Entre la cultura y la genética*. México, 1992: Fondo de Cultura Económica.
- TYLOR, E. B. (1871). *La cultura primitiva*. Madrid, 1977: Ayuso.
- WADDINGTON, C. H. et al. (1976). *Hacia una biología teórica*. Madrid; Alianza.
- WEZLER, K. (1976). "La vida humana desde el punto de vista del fisiólogo". En H. G. Gader y P. Vogler, *Nueva antropología*, vol II, pp. 269-355. Barcelona: Omega.
- WHITE, L. (1948). *La ciencia de la cultura*. Madrid, 1990: Círculo de Lectores.
- WILSON, E. O. (1978). *Sobre la naturaleza humana*. México, 1980: Fondo de Cultura Económica.
- WILSON, E. O. (1975). *¿Qué es la sociobiología?* Barcelona, 1983: Teorema.
- WOLPOFF, M. H. et al. (1984). "Modern Homo sapiens Origins: A General Theory of Hominid Evolution Involving the Fossil Evidence from East Asia", en A. R. Liss, *The Origins of Modern Human: A World Survey of the Fossil Evidence*, pp. 411-483. New York.

PSICOPATOLOGÍA DE LA MENTE Y LA CONSCIENCIA

Agustín Jimeno Valdés

CONSCIENTE E INCONSCIENTE EN EL PENSAMIENTO Y EN LA CREATIVIDAD

Conceptos y definiciones. Inicios históricos del estudio de la consciencia

El estudio explícito de la consciencia como actividad y experiencia humana no es muy antiguo. La “consciencia sobre el ser consciente del hombre” parece así que exige niveles muy altos de hominización de la propia cultura humana. Si admitimos que en el proceso histórico cultural se desarrolla una progresiva humanización de la propia naturaleza humana, tal como concibe la sociobiología, parece que sólo a partir del Renacimiento la reflexión sobre el hombre aporta a nivel social las condiciones necesarias para que la consciencia refleje, como se decía, del hombre se constituya en objeto y objetivo de estudio.

Aristóteles no se ocupó del problema y definió al hombre por su razón: animal racional. La primera parte alude sin duda a aceptar al hombre como parte de la propia Naturaleza: una idea muy importante anulada por el cristianismo antiguo y que ha tenido que ser penosamente retomada en épocas posteriores sobre todo, como decimos a partir del Renacimiento.

Existe una excepción: San Agustín. Su potencia intelectual, pero sobre todo, desde nuestro punto de vista, su condición de “hombre arrepentido” de su pasada vida de disipación en Roma y su pertenencia a la religión Maniquea, le agudizó su “consciencia moral” en los sucesivos pasos de su arrepentimiento y conversión. Efectivamente, y como luego diremos, esta “conciencia moral”; la conciencia de culpa en concreto (o de simple error o fracaso en general) postulamos que son condiciones previas importantes para la adquisición de la “consciencia psicológica”. Los sentimientos de culpa y la consciencia moral por lo tanto fortalecen la conciencia del yo, la atribución de nuestras conductas respecto su planificación en libertad y por lo tanto introducen las cualidades de acción reflexiva, voluntaria y responsable. Por ello mismo la consciencia psicológica del yo pasó poco a poco a ser atributo esencial del concepto moral y posteriormente filosófico y jurídico de “persona” humana.

San Agustín en todo caso, como precursor de Descartes, avanza su “Scio me scire” y “Scio me agere”, es decir, “Sé que soy” y “sé que actúo” que evidencian la plena vigencia en su persona de la “consciencia de su consciencia psicológica”. Ya observamos aquí el carácter recursivo de la misma y su posible inclusión en un bucle eternamente recursivo de razonamiento, pero ello y sus posibles condicionantes neurológicos, o consecuencias psicológicas no nos interesan en este momento.

Baste repetir que el concepto de “persona” desarrollado también en la teleología de la Santísima Trinidad, tiene entre sus atributos la de Ser consciente, y “sui juris” (es decir ejecutor y responsable de sus propios actos emanados desde su propia voluntad).

Ya en época prerrenacentista sin embargo aparecen contradictores de esta teoría general; entre nosotros Gómez Pereíra, filósofo heterodoxo de Medina del Campo, que en su obra “Antoniana Margarita” defiende el automatismo de los seres vivos incluyendo al hombre. En este “automatismo” (máquinas) como el de Condillac y otros parece negarse la conciencia y libertad precisamente por el carácter de mera máquina, y la suposición –entonces evidente– de que por lo tanto no podían ni ser conscientes ni ser libres.

Realmente, el estudio científico de la consciencia es relativamente moderno. Quizás podamos colocarlo a partir de la posguerra de la segunda mundial. En los últimos años, sobre todo a partir de la publicación del libro de Eccles y Popper se ha convertido en una auténtica explosión en interés, trabajos experimentales y reflexiones procedentes de los más di-

versos campos. Puedo señalar aquí que nuestra preocupación por el tema es antigua y en la bibliografía final señalo una monografía nuestra sobre la consciencia editada en 1985, y de la cual emanan ya muchas de las ideas que les estoy exponiendo.

Una primera cuestión brota efectivamente de la accesibilidad de la consciencia a la investigación; o si queréis de la posibilidad de observación objetiva del ser consciente de otro, puesto que consciencia es esencialmente una vivencia interna. Claro que eso mismo es el dolor, la alegría y el color azul. Sensibles propios todos ellos que ya había diferenciado Aristóteles y que hoy se denomina Qualia; es decir meras cualidades subjetivas. Estas, como la consciencia, solo pueden ser descritas mediante comunicación humana. La consciencia de los demás así mismo solo puede ser inferida en postulado de analogía respecto la nuestra.

Desde este punto de vista podrían investigarse las condiciones necesarias para que esta “intuición de analogía que nos lleva a aceptar la presencia de consciencia en el prójimo”. De esta manera podrían deducirse las condiciones también necesarias para aceptar la consciencia de un robot; es decir para aceptar la llamada inteligencia artificial fuerte, (inteligencia artificial débil se identifica con los sistemas expertos válidos únicamente a efectos de conocimiento, información y computación en un apartado del saber y que no intentan remedar la mente humana). Nosotros hemos postulado en otro trabajo (Persona, Personalidad y Trasplante de órganos) que para ello no solo es necesario que se cumpla la exigencia de Turing; es decir, que el interlocutor no distinga si se trata de una persona o de un robot, sino que es precisa la “expresión afectiva” mediante un rostro y un cuerpo ya que esta “intuición analógica” que determina la aceptación del prójimo como persona consciente análoga al propio yo se produce, opino yo, mediante una percepción automática basado en patrones de cognición anclados profundamente en nuestros conocimientos heredobiológicos: dicho de otra manera opera como una respuesta instintiva que se desencadena automáticamente en presencia del correspondiente estímulo específico dentro de los conceptos etológicos de los instintos como pautas de comportamiento heredadas y que pertenecen al acervo heredobiológico de cada especie. De esta manera operaría el reconocimiento, por ejemplo, también del sexo de otra persona.

En todo caso la aceptación de que la consciencia y la mente en esta su más alta función, es accesible a la investigación científica supone una última humillación para el hombre occidental, que ha visto descender su

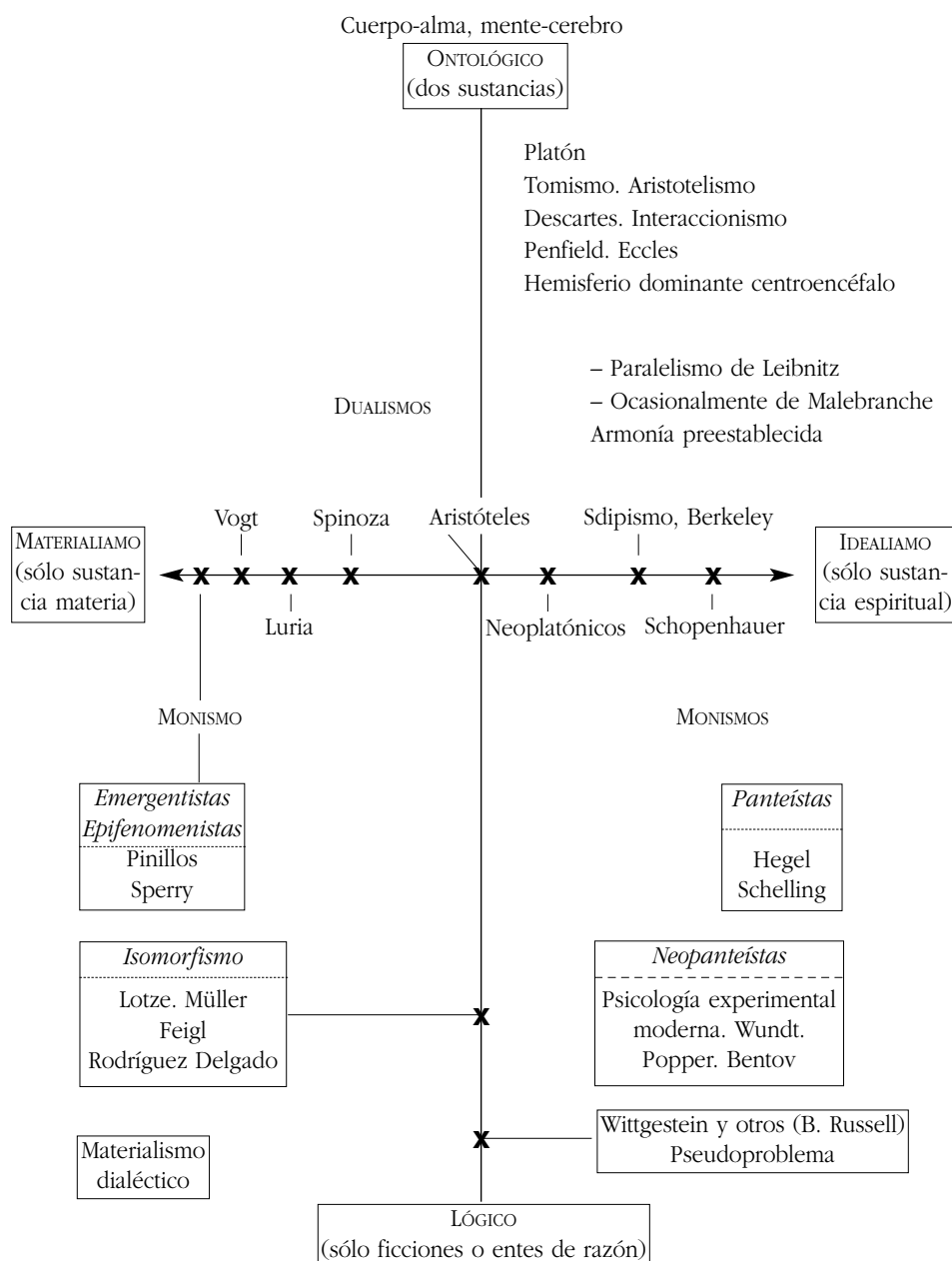
posición desde ser privilegiado en la creación, colocado en el centro de la misma y creado directamente por Dios a una situación que le coloca en la familia de los homínidos y en ese planeta perdido en la galaxia, aunque de momento sea el único habitado que conocemos. Desde luego que pueden encontrarse, incluso en el pensamiento cristiano, contradictores de esta posición privilegiada del hombre aunada en general con la diferencia aristotélica esencial entre el mundo sublunar y el de las estrellas. Citaré como mera anécdota a Johannes Philoponos del siglo 6 p.C. Como posición contraria sin embargo y en el mismo siglo XIX aún bajo el impresionante progreso de la neurología, Boys Reymond (destacado neurofisiólogo, estudioso de la excitabilidad neuronal bajo las corrientes eléctricas) afirmó que la consciencia sería siempre un misterio impenetrable a la investigación científica.

Evidentemente que las mayores dificultades se debían al pensamiento cristiano que parecía exigir la naturaleza dual substancial del hombre (alma-cuerpo). A lo largo de los siglos dio lugar a una serie de teorías que intentaban explicar entonces el misterio de la acción recíproca de una substancia sobre otra, o, bajo conceptos no metafísicos y en tiempos posteriores, de la relación entre la mente y el cerebro.

Presento para ello la Fig. 1. Un esquema de Martín Ramírez que presenta y clasifica muy bien las distintas teorías, tanto antiguas como modernas. Tan sólo señalaré brevemente las tres, que a mi entender pueden aceptarse en el estado actual de la “ciencia y las creencias” –entre nosotros– y cuyas características pueden deducirse a partir de ésta misma figura:

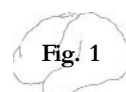
1. *Epifenomenismo*: lo psíquico sería un mero epifenómeno de lo material, es decir, una mera apariencia condicionada por determinadas funciones biológico-materiales. No existiría, pues, como objeto material independiente, sino que cobraría ser por aquella facultad objetivante o re-dificante de nuestro propio aparato cognoscitivo que lo constituiría en objeto, no un objeto de estudio sino un objeto con entidad de existencia autónoma u ontológica. Esta descripción a mi me ha parecido siempre tautológica o falaz, pues algo parecido podríamos decir del movimiento de la tierra o de la existencia o no de las estrellas; podrían ser mero epifenómeno de nuestro telescopio... A mi me parece que el epifenomenista parte del mismo proceso del conocer y confunde el método y el objeto, con el resultado; quiero decir que en general según el método utilizado frente al mismo o diferentes sujetos, así surgirá uno u otro conocimiento. En el ratón vivo el peso y el termómetro nos muestran su peso y temperatura;

Psicopatología de la mente y la consciencia



No tienen categorías ontológico sustancial ni: alma-mente, cuerpo, materia

Esquema de la posición de las diversas teorías respecto a las relaciones entre cuerpo y alma.



el microscopio sus células y la observación etológica sus pautas de reacción y conducta. Si aplicamos escalas de evaluación conductual al hombre obtenemos datos –o epifenómenos– psicológicos. Pero el fenómeno y el epifenómeno describen la base de partido de la observación para un aspecto parcial de lo observado y por lo tanto no es un modelo de pensamiento apto cuando intentamos, como en nuestro caso, descubrir el “qué y el porqué” de la consciencia psicológica.

2. *Emergentismo*: se basa sobre todo en filósofos como BERGSON y MORGAN, y ha sido defendido fundamentalmente por biólogos, etólogos y la psicología comparada. No añade ni quita nada respecto a una actitud puramente científico-natural, si bien, como dice PINILLOS, ello es tan sólo una parte del problema.

3. *Complementarismo*: procede de algunos pensadores del siglo XIX que no quisieron seguir el materialismo ingenuo imperante en su época. Postulan una doble causa y una doble acción que se complementan y tienen lugar en dos procesos simultáneos y paralelos, aunque diferentes: un proceso neurofisiológico y un proceso consciente. Ello permitió, al menos, un estudio paralelo y no contradictorio entre la psicología y la neurofisiología, condenadas de alguna manera a coexistir y aún a llegar a conclusiones congruentes, aunque separadas.

En los albores de lo que podemos llamar época actual son Penfield y Mc. Lean sobre todo quienes identifican la consciencia nada menos y nada más que como una función cerebral e inician la carrera de investigación sobre el tema.

Resumiendo mi opinión sobre el complejo e histórico tema, señalo una vez más que deriva de una insuficiente formación metodológica o de disciplina del pensamiento que acontece sobre todo en los países anglosajones. Ni en los germánicos, bajo el apoyo de su maravilloso lenguaje y tradición filosófica ni en los latinos, domados por la escolástica (pese a todo y en los planes antiguos de enseñanza media en los que primaban las humanidades) cometerían las violaciones epistemológicas que confunden el pensamiento en el orden de la naturaleza (empírica, experimental o teórica) con el orden de la ontología-metafísica (que intenta trascender los datos bajo las implicaciones de las distintas formas posibles del “ser real en sí”) o del orden teológico que se apoya en lo anterior, en cuanto a la filosofía es sierva de la teleología en la escolástica, o del orden jurídico respecto por ejemplo a la definición de persona –que subsiste aún cuando esté inconsciente y que modulan las actuales convenciones en bioética. Es-

tas confusiones, en mi opinión ensombrecen sin conducir a nada un debate que no tiene en cuenta que la “unicidad del ser de la naturaleza” no tiene mucho que ver con el orden del conocimiento ni menos con el orden de la acción (siempre ética y moral) humana.

Dejando aparte este debate y volviendo al esquema de Martín Ramírez señalo que las posiciones monistas-emergentistas son las más adecuadas como modelo para los objetos y objetivos de la psicopatología como ciencia natural y en este sentido señalo algunos predecesores filosóficos.

Así Brentano en 1874 postula que la consciencia siempre es: a) consciencia de algo –siempre apoyada en un contenido– y b) intencional; es decir, dirigida hacia un propósito o conato de acción. Estas posiciones influyen en Husserl y por él en Jaspers, padre de la psicopatología llegando hacia los psiquiatras actuales, por ejemplo Castilla del Pino, que identifican la función mental o psíquica precisamente por ser por una parte judicativa –emite una opinión o juicio sobre cada contenido de la consciencia– y por otra intencional –conducta que parte de un sujeto con libertad que sabe lo que hace y hace lo que quiere–.

Reflexiones sobre filogenia y ontogenia de la consciencia

Siendo la consciencia una función cerebral organizada en el curso de la evolución biológica importa averiguar:

Las circunstancias en las que apareció y las pruebas paleontológicas, históricas etc. que muestran su presencia.

Las ventajas evolutivas que aportaba.

Las estructuras neurales que las sustentaron e hicieron posible.

Todo ello trasciende el tiempo y posibilidades de estas lecciones y remito sobre todo a mi monografía en vías de publicación (Problemas y Conjeturas en la Psiquiatría actual) y al texto de B. Irrgang. Aquí tan solo telegráficamente aludiré:

- a) Los atisbos de pruebas respecto a su aparición.
- b) Los procesos que la hicieron posible.
- c) Las ventajas biológico evolutivas de la misma equivalentes a las funciones básicas que reportaba.
- a) Son los enterramientos, sobre todo cuando se acompañan de ajuar, los datos más importantes respecto la existencia en esa cultura de la creen-

cia en la vida tras la muerte y por lo tanto de la independencia (subjetivamente percibida) del alma respecto el cuerpo. En segundo lugar las creencias animistas que personificando lugares, fuerzas y sucesos de la Naturaleza atribuyen a la misma las mismas cualidades de “intencionalidad y voluntad” que a su propia conducta y la de sus semejantes. Por ello súplicas y sacrificios para los dioses del trueno y el rayo y la cosecha. Por supuesto también el documento escrito en épocas históricas. Sin embargo suelo aceptar dos niveles en esta aparición histórico evolutiva de la consciencia. El primero elemental ejemplificado solo en las conductas (religiosas que citamos) el segundo explícito respecto a la inclusión de la función consciente como atributo esencial de la persona humana. (Este segundo se encuentra, se dice, solamente a partir del siglo XVI especialmente a partir de Erasmo de Rotterdam que se dice fue el primero que empezó a leer sin pronunciar ni mover los labios acercando la lectura al lenguaje interno. Nada más aducimos.

b) Este tema siempre nos ha fascinado. El cómo y el porqué, desde el punto de vista de la ciencia natural, de la ascensión en complejidad y categoría de las formas animales y por extensión de los procesos generales de “anamorfosis” en el cosmos. Es sabido que las leyes de la termodinámica, especialmente la segunda bajo el concepto de entropía parecían predecir más bien la degradación y final entrópico. Fácilmente se mostró (desde Schrödinger a Julio Palacios) que desde luego los seres vivos no contradecían las leyes termodinámicas, pero desde luego éstas no explicaban el cómo de los procesos de diferenciación y complejización de la evolución. Aquí medraron las explicaciones dualistas, vitalistas teológicas y en conjunto supracientíficas. Sin embargo era tan continuo, tan universal, tan aparentemente “esencial a la Naturaleza” este proceso que siempre pensé, (en contra de lo que me enseñaban en las edades de mis estudios de bachillerato), que desde luego esta evolución ascendente no podía ser un proceso excepcional y milagroso sino debido a las leyes más habituales y normales que sin embargo aún no parecían descubiertas. La falacia del argumento en contra centrado en el azar, llevaron enseguida a un atisbo de explicación: es decir, cuando se nos decía que la aparición espontánea y natural de un ser vivo era tan imposible como si tirásemos al aire, al azar todas las letras que componen el Quijote esperando que se recompusieran para recrear la maravillosa novela. Pero, claro, las afinidades entre los átomos y las moléculas entre sí precisamente no son iguales, sino que presentan preferencias y ...bueno todo la química está aquí para empezar, y por lo tanto echando los átomos y moléculas al aire se unen y separan según...

En todo caso hoy día disponemos de claras explicaciones sobre los procesos naturales de la aparición de la complejidad:

La teoría General de los Sistemas de Bertalanffy.

La sinérgica de Haken que describe la aparición espontánea del orden, por ejemplo, molecular o de la luz coherente en determinadas condiciones.

Las ciencias del Caos y del Orden o del caos determinista y que operan en todos los sistemas naturales. (Prigogine, Stengers y otros...).

Las teorías de las condiciones para la aparición de autoreduplicación molecular, origen de los sistemas genéticos de Eigen. (Sistemas autocatalizadores).

El constructivismo radical de Roth y Schmidt.

Y en general todas las ciencias que, desde Lorenz, estudian el proceso evolutivo como un proceso de adquisición de conocimiento (o de incorporación de legalidades del nicho ecológico a las estructuras y funciones de cada especie) o lo mismo visto desde otro punto de vista: las teorías sobre el conocimiento desde el punto de vista biológico evolutivo que conforman al fin, también, la mente humana...

Las teorías de la Autopoiesis de Varela y Maturana.

Pese a la fascinación que me producen todos estos maravillosos hallazgos científicos y matemáticos que añaden un nuevo paradigma a nuestro conocimiento de la Naturaleza, remito a la bibliografía para su mejor exposición dedicando tan solo dos palabras para el concepto de Autopoiesis debido al origen hispanico de sus autores y a lo poco conocidos que son entre nosotros.

Humberto Maturana (n. 1928) estudió medicina en Santiago de Chile y en Harvard. Francisco Varela (n. 1946) también formado en Chile y Harvard trabajó con el anterior en los fundamentos cibernético-informáticos del conocimiento (o mejor del “conocer”) y de la consciencia. Tras un periodo en el Instituto Max Planck de Investigaciones Cerebrales de Munich escribió con Maturana “Der Baum der Erkenntnis” (1987) (El árbol del conocimiento) trabajando actualmente en la Escuela Politécnica de París.

El concepto de autopoiesis describe la actividad recursiva sobre el propio organismo y según reglas propias. En principio no existe intercambio de información con el exterior, sino sólo de materiales y energía que se invierte en el mantenimiento y reproducción de la propia organización. Así pues el proceso del conocimiento no produce un modelo interno del

mundo, sino una creación continua del mundo a través del mismo proceso autopoiético de la vida. La “realidad” es creada en el propio proceso de observar y la imagen que lo ejemplifica puede encontrarse en el conocido dibujo de Escher de las manos que se dibujan a sí mismas. Todo ello nos recuerda a Zubiri en su descripción del conocimiento como una hiperformalización sobre los datos sensoriales; y por supuesto a Von Weizsäcker en su doctrina sobre el círculo de la forma o la identidad entre la percepción y el movimiento, y el recuerdo, en suma, de que si nuestro mundo está organizado en objetos con límites en superficies y con masas inerciales se debe a nuestra capacidad psicomotriz que tiene que andar entre las cosas sin tropezar. Y desde luego también nos recuerda a nuestro Ortega y Gasset y su concepto de la razón vital; la razón emanada y al servicio de la vida. Al fin y al cabo también la maravillosa estructura de cámara fotográfica del ojo se debe, cómo en la cámara, al hecho de que ambas están hechas por y para la luz y por lo tanto cumpliendo las leyes de la óptica.

c) Las ventajas evolutivas y funciones básicas de la mente y la consciencia pueden resumirse, como estudiamos a continuación, pero para ello inauguramos un nuevo párrafo.

Teorías y modelos

– *Ventajas para el sujeto:*

1. El conocimiento del estado del propio organismo.
2. La intercalación entre el estímulo y la respuesta de un tiempo de reflexión que permite la mejor elaboración de la misma respecto experiencias pasadas. (Aprendizajes).
3. La posibilidad de reprimir la respuesta emotiva e impulsiva sin reflexión a las posibles consecuencias de la misma, para ser sustituida por una respuesta inteligente y elaborada, o al menos basada en el aprendizaje individual.

– *Ventajas para la especie:*

1. La distinción entre el yo y el tú y la aceptación paralela del tú como entidad análoga al yo permitiendo el trabajo en equipo y la aparición posterior de la familia y la sociedad.
2. La distinción entre yo y el mundo con la singularización progresiva del ser vivo y el aprovechamiento de entornos o nichos ecológicos cada vez más complejos aumentando la ventaja evolutiva.

– *En niveles superiores y humanos:*

1. La superación de la frustración y el dolor mediante la aparición de la consciencia moral y el arrepentimiento. Fases estas de obligado cumplimiento para acceder a la personalidad madura, que se evalúa entre otras cosas por la capacidad de tolerar la frustración (o dicho de otra forma y vulgarmente) de ser feliz pase lo que pase.

2. La aparición del concepto de trascendencia y por lo tanto de la facilitación de conductas éticas y altruistas.

3. La aparición de las “vivencias de libertad” coextensivas con la intencionalidad de la consciencia, según hemos descrito.

4. La aparición de la “represión y censura” en sentido psicoanalítico que profundiza aún más la consciencia aumentando las cualidades de “sui juris” inherentes a los conceptos religiosos y normativos de “persona”.

5. Por último el aumento continuo de la profundidad de la consciencia como resultado de la progresiva autodomesticación de la especie humana, permite la complejización de las estructuras sociales que deberían vehicular las posibilidades técnicas de las comunicaciones electrónicas.

Con esta última aseveración entraríamos en un terreno polémico, aún de máxima actualidad, en la ciencia de la psichistoria y la sociobiología. ¿Estamos realmente en una vía de profundización de la consciencia individual, por lo tanto de la mejoría de la conciencia moral individual, o más bien avanzamos hacia una irresponsabilización del individuo, bajo el espejismo de una cultura de la libertad y permisividad que conduce a la trivialización de los valores humanísticos clásicos que ha creado occidente y que en su contradicción perpetua parece eliminar ahora?

Pero yo no sé responder aunque tengo miedo. De la misma manera que el problema de la capa de ozono y del efecto invernadero y de la acumulación de las basuras radioactivas y de a dónde nos conducirá la ingeniería genética, el problema de la calidad de la evolución histórico cultural de la consciencia como función más elevada del ser humano se me escapa.

Vease por último la Fig. 2. Postulo en ella que las dos funciones biológicas básicas son la memoria y la afectividad. La primera condiciona un aprendizaje que organiza la individualidad del ser vivo, la segunda decide la dirección positiva o negativa de la respuesta respecto al estímulo. A partir de estas funciones básicas aparecen las demás y por ello solo queda añadir al final que por supuesto: la función consciencia es una función

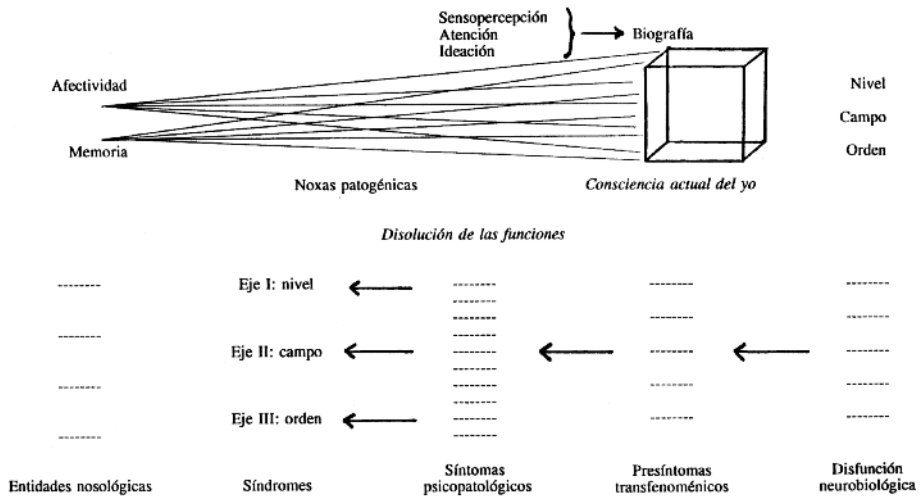


Fig. 2

Sucesión filo-ontogenética de las funciones.

integrada y compleja que abarca a todas las demás, de cuya integridad también depende.

Así llegamos a un modelo final de la consciencia para la que postulamos la existencia de tres parámetros que se exponen más adelante: el nivel, el campo y el orden.

Inteligencia y consciencia artificial

El estudio científico experimental de la consciencia, con el afán sobre todo de reproducirla en un robot, se orientaba en un primer momento sobre modelos especulativos (Rodríguez Delgado, Feigl, Eccles y Popper, Churchland o el mismo Penrose). Hoy día se trabaja con diversos métodos de probada validez. Crick estudia las condiciones para que un estímulo se convierta en percepción consciente. Damascio investiga las relaciones del lenguaje y la semántica con la consciencia. Dennet postula que es fundamental en la consciencia la consciencia del propio cuerpo. Somatoestesia y cenestesia le parecen imprescindibles y por lo tanto le parece imposible la existencia de una consciencia en el cerebro o en robot aislado. Sperry estudia el cerebro hendido por sección del cuerpo calloso y a él se deben los maravillosos conocimientos sobre la especialización hemisférica.

Precisamente Dennet trabaja en este momento en el modelo más ambicioso de inteligencia artificial, el cual, al margen del problema de la consciencia, intenta reproducir el reconocimiento de la voz, de la figura humana y de la manipulación de objetos simples en un robot que construye bajo la denominación de proyecto COAG en el Instituto Tecnológico de Massachusetts.

Dado, sin embargo, la capacidad actual de computación de nuestros ordenadores parece inviable simular al cerebro humano aún en sus cualidades perceptivas y por lo tanto aún queda espacio para la reflexión, que no debería ser especulación, sobre la mente y la consciencia.

El Prof. Gómez Bosque describirá en este mismo libro las posiciones de algunos investigadores. Yo solo citaré a tres autores en este campo:

a) *Rodríguez Delgado* postula como condiciones necesarias para la función consciente.

- El cerebro y sus ideas.
- Un flujo continuo de información, a través de los receptores y efectores.
- Un conjunto de manifestaciones observables, que podrían caracterizarse como conducta. La mente no emerge de la materia, sino que ésta posee también propiedades extramateriales, entre las que sobresale fundamentalmente la información.

Denomina a este modelo triunismo.

b) *Searle* en un polémico trabajo en *Scientific American* (Investigación científica en España) se pregunta si la mente es un programa informático y aborda el problema de la semánticidad. Piensa que la semánticidad; es decir la comprensión intencional de un lenguaje, no es imprescindible para el adecuado manejo de símbolos para lo que bastarían leyes sintácticas. La semánticidad en cambio sería atributo esencialmente humano. Presenta como prueba un experimento mental que denomina: “El funcionario de la habitación china”.

Consiste en imaginar un funcionario encerrado en una habitación y que desconoce el chino, pero que conoce todas las reglas que encadenan unos símbolos chinos con otros. Searle dice que no cometería ningún error en el manejo y clasificación de documentos chinos aunque no comprendiera en absoluto su contenido (Aludo al bien conocido artículo de J. Searle: “¿Es la mente un programa informático?”. Investigación y ciencia, nº 162, pág. 10-16, marzo de 1990; y al artículo de P. Churland en el mismo

número (pág. 18-24) y que polemiza con el anterior, titulado: “¿Podría pensar una máquina?”). Pensamos que verdaderamente si el funcionario no sabe chino su manejo de la oficina ha de ser limitado y pronto se descubrirá su truco consistente en el conocimiento de todas las reglas sintácticas pertinentes y nada más. Si se tratase de algoritmos matemáticos sería otra cosa. El ordenador actual opera con algoritmos precisos (es decir meramente sintácticos) y no se equivoca nunca precisamente por operar sobre categorías carentes de significado y que solo suponen comandos de computación. Estimo, pues, que es falsa la suposición en el citado experimento mental, de que el funcionario que maneja bien todos los ideogramas chinos lo haría perfectamente y sin que nadie notara que él no sabe chino. Repetimos nuestra opinión: si el funcionario no sabe chino no podrá manejar adecuadamente todos los símbolos chinos y si los maneja adecuadamente es que comprende y sabe verdaderamente chino. Es bastante obvio nos parece. El dominio de las reglas sintácticas le llevará a la redacción de frases gramaticalmente correctas pero con frecuencia carentes de significado o con significados erróneos. Por otra parte, pienso que el aumento continuado de las reglas de uso de los símbolos acabaría dando como resultado niveles auténticamente semánticos y de comprensión. Entiendo por lo tanto que la diferencia entre sintáctico y semántico se debe a las mismas reglas que permiten o vedan la conexión de cada uno de los elementos lingüísticos. Así la fonética de un idioma nos indica que sonidos son viables y pueden ponerse a continuación de otros, etc; la sintáctica qué formas gramaticales; la semanticidad involucra una nueva “reducción nomológica”; es decir vuelve a precisar aún más qué elementos pueden conexiarse y cuáles no. Las normas que rigen estas asociaciones definen la semanticidad.

Así podemos describir el ser natural de la semanticidad y que creemos que está determinada por “ristras” de asociaciones de palabras u otros símbolos significativos. Estas ristas, o como dice Hofstadter “spaguetis mentales”, forman la estructura de los contenidos de la memoria, que vehiculan los conceptos. Las categorías de inclusión que definen cada concepto estarían dadas por las redes asociativas que implica cada término. Si “pescamos” una palabra-concepto en el ovillo de spaguetis mentales, todos los espaguetis enganchados son los conceptos afines que se le asocian y que definen dicho concepto. Sin embargo, dada la cierta ambigüedad del lenguaje humano, habría que definir distintos pesos o densidades en las diversas asociaciones de cada palabra, que iría así precisando cada vez más su significado, estableciéndose una jerarquía de asociaciones desde las más próximas a las más alejadas, entre las que se van

incluyendo las metáforas más habituales para dicha palabra. La derivación semántica de las palabras se iría así constituyendo por su propio uso, por las asociaciones que evoca, desde luego, pero desde un punto de vista objetivo podría medirse y determinarse, y por lo tanto describirse, por la frecuencia de asociaciones de dichas palabras en textos suficientemente largos y variados.

Así por ejemplo, la palabra vaso se asociaría con plato, con mesa, con comer, con..., y en cada caso según un “peso específico” de frecuencias. De esta manera el programador informático trabajaría ya de acuerdo con significados o líneas semánticas, o no sintácticas ni fonéticas. Determinadas disfunciones del lenguaje a las que luego aludiremos, y tanto en psicóticos como determinados tipos de afasias, son coherentes con estas hipótesis. En el caso de sistemas simbólicos precisos, como el de la matemática, las asociaciones estarían fijas y perfectamente determinadas, sin que diera lugar a metáfora ni a derivación semántica alguna. Nos parece la cuestión suficientemente clara, presentando esta hipótesis una definición –o mejor, descripción objetiva– de lo que sea la semanticidad. Pues bien, estas reglas son las que debería dominar la Inteligencia artificial que quisiera producir y comprender auténticamente un lenguaje humano.

Mas, esta comprensión humana conlleva la función consciencia. La respuesta sólo puede proceder del campo de las suposiciones; ni siquiera de las corazonadas del conocimiento intuitivo. Yo me inclino sin embargo a opinar con Damascio que sí, basándome sobre todo en la experiencia de psiquiatra que muestra cómo precisamente la disolución de la semanticidad es el atributo que diferencia la salud mental de la locura. Frente a esta opinión se me ocurre considerar el problema de una persona muda y aún carente del lenguaje de gestos. O más arduo aún: un animal superior. Pienso en mi propio perro y en todos los perros. No pensamos todos los amos que el perro nos comprende, sufre y se alegra con nosotros y desde luego cuando nos acaricia con la lengua o la pata no muestra una conducta intencional. Es evidente que existen grados en la función yo y en la función consciencia y por ello mismo es tan difícil señalar un límite y un comienzo. Volveré sobre ello más adelante.

En todo caso Searle opina que no deben identificarse estados mentales con estados cerebrales, si bien el cerebro de alguna manera produce (mejor que causa) estados mentales. Parece pues aceptar un cierto tipo de dualismo no reduccionista, pero a la vez no sustancial.

c) *Patricia Churchland*. Pertenece al departamento de filosofía del Instituto para Computación Neuronal de la Universidad de California en San Diego. Actualmente es presidenta de la Sociedad Americana de filosofía y es seguramente la especialista más profunda –y también abundante– en este difícil tema de las interrelaciones entre mente, consciencia y cerebro. Parece defensora del principio de identidad. De la misma manera que los electrones del circuito eléctrico no producen la electricidad sino que son ellos mismos la electricidad, el cerebro es en su función a la vez neurología... y mente. Acepta además una hipótesis neurobiológica debida a Llinás sobre los circuitos que podrían ser responsables de la función consciencia. Se trata de dos circuitos osciladores tendidos entre la corteza, el tálamo y la sustancia reticular y que según sus diversas formas de acoplamiento eléctrico sustentaría los distintos estados de consciencia. La autora afirma que en conjunto los trabajos de Crick, Llinás y Damascio brindan una estrategia adecuada para el estudio del complicado problema de la mente y la consciencia.

No quiero terminar esta primera parte sin citar globalmente importantes psiquiatras españoles que, por la reflexión doctrinal o la investigación clínica o experimental en diversos estados de consciencia, han hecho aportaciones para su conocimiento. Me refiero a B. Llopis, Rojas, Barcia, López Ibor, Montserrat Esteve, de la Calle Giulieri, Ruiz Ogara y otros. Una vez más es preciso decir que la mercadotecnia y la macroeconomía, dirigen el éxito científico además de condicionar los propios medios necesarios para la investigación y, en este campo, Europa, y más España, aún no faltando interés, capacidad y esfuerzos no alcanzan a difundir en la tiranía mundial de las revistas de impacto el peso que se merecen.

LA CONSCIENCIA EN LA LOCURA (EN LAS PSICOSIS)

Nociones sobre psicopatología de la consciencia

Durante años, o durante “siempre” neurobiólogos y psicólogos han trabajado dando la espalda de los psiquiatras. Sin embargo hoy día con la orientación básicamente organicista de la psiquiatría, si bien motivada no tanto por principios científicos, sino por la omnimoda presencia de los tratamientos psicofarmacológicos, se impone una adecuada colaboración. Por ello precisamente me he alegrado tanto, entre otros factores, por poder participar en este curso entre tan destacados anatómicos, neurocirujanos, neurofarmacólogos...

Todos sabemos que los dos métodos más importantes para estudiar un fenómeno complejo son: el estudio de su formación (la embriología para la anatomía) y el estudio de las formas patológicas de su desestructuración o destrucción. Pues bien, la psiquiatría o mejor dicho la psicopatología tiene por objeto el estudio de la desestructuración de las funciones psíquicas más complejas y por ello mismo puede tomarse la función consciencia como eje directriz del estudio del psiquismo normal y patológico como tal, mientras que así se desvelan muchos aspectos y subfunciones que la integran. Y esto es lo que deseo exponer a continuación.

Las ideas que siguen ya han sido objeto de varias publicaciones por nuestra parte, constando las más importantes en la bibliografía. Remito especialmente a la monografía “Problemas y Conjeturas de la psiquiatría actual” en prensa en el Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Valladolid.

He de decir también que estas ideas tienen también una larga historia en la psicopatología. Para los que no sean psiquiatras recordaré entre otros a H. Jackson, como neurólogo que enunció las leyes de la integración y desintegración funcional del sistema nervioso central; a Griessinger como primer representante del modelo denominado de la psicosis unitaria, seguido en España por Bartolomé Llopis y Valenciano, y H. Ey que con su modelo “organodinámico” y la diferenciación entre patología de la consciencia y patología de la personalidad presentó también un concepto integrado y unitario de los diversos síndromes psiquiátricos. Todo ello comprende un capítulo especializado y algo difícil de resumir de la psiquiatría remitiendo por ello a la bibliografía para quien desee profundizar en el tema. Aquí solamente citaré estos modelos, acompañados de algún esquema para centrarme en esos tres procesos en los que ejemplifico las disfunciones de la consciencia e iniciar una comprensión de la esencia de la locura (o de las psicosis). (La creatividad preconsciente o la intuición; el estado hipnagógico y la psicosis).

En primer lugar describiré tres acepciones diversas de Consciencia importantes en psicopatología:

1. Consciencia como nivel de vigilancia. Oscila entre estar dormido o en coma y despierto. (Bessinnung en alemán).
2. Consciencia, como consciencia moral. (Gewissen).
3. Consciencia como consciencia psicológica (Bewusstsein).

Esta última que es la que más nos importa, recibe también el nombre de self o autoconcepto e incluye no sólo la consciencia refleja sobre el propio ser y el propio actuar, sino la opinión, actitud, etc. que tenemos sobre nosotros mismos y de aquí puede abarcar el conjunto de nuestras creencias y aspiraciones.

Por otra parte es necesario describir lo que denomino: Estructura paramétrica de la consciencia, y que alude a tres dimensiones, parámetros o ejes sobre los que se estructura su actividad y desde los que se desmorona su función en las situaciones patológicas, también, como luego veremos, describe cada parámetro un proceso distinto de actuación de las noxas o factores patológicos que la afectan.

Se trata, por supuesto de un modelo, y como tal pretende explicar ciertos fenómenos; en este caso los fenómenos que constituyen las enfermedades mentales más importantes.

Debe contemplarse una vez más la Fig. 2. En el extremo superior izquierdo de la misma represento un cubo que es imagen del modelo que estamos describiendo. En él aparecen los tres parámetros que postulamos para la consciencia:

El nivel se identifica con la función de vigilancia o reactividad. Se afecta fundamentalmente por noxas que actúan de forma difusa y rápida (horas o cortos días) y oscila entre la hipervigilancia (producida por la situación de alerta o algunas drogas estimulantes) y la obnubilación, torpor o coma, reversible o no.

El campo se refiere a los contenidos psicológicos de la consciencia y está organizado al menos en los siguientes apartados o subcampos:

El campo como contenido del presente de la consciencia que podemos comparar con lo que muestra la pantalla del ordenador en un momento dado.

El campo como preconsciente y que abarca todos los contenidos y elaboraciones cognitivas del aparato neurobiológica que sustentan lo consciente; por ejemplo los procesos de reconocimiento de formas y objetos en la esfera visual o los procesos motrices del lenguaje.

El preconsciente también abarca la percepción subliminar como la estudiada por Sperry y Damascio en lesionados cerebrales, pero operativa también en personas normales en cuanto percepciones de las que no

somos conscientes motivan y dirigen sin embargo afectos, conductas y motivaciones. Ello es ampliamente utilizado en psicología industrial; por ejemplo mediante el perfume suave de las prendas de indumentaria ofrecidas en el mercado y que son objeto de preferencias o rechazos de acuerdo con los mismos, sin que el sujeto se percate.

El preconsciente, por supuesto, comprende también toda la actividad del sistema nervioso autónomo, que mantiene las funciones biológicas básicas y que de ninguna manera pueden ser suplantadas por conductas conscientes y voluntarias. Así podemos entender en parte el porqué y el cómo de la anorexia nerviosa, tan frecuente hoy día, y que se produciría precisamente por el intento de sustituir la conducta instintiva de comer guiada por el apetito y el hambre por pautas sofisticadas de la “dieta, el peso y la línea ideal” que marcan las revistas de belleza y el cotilleo de las amistades y la televisión. El resultado es el desquiciamiento y patología de la nutrición que puede llevar hasta la muerte.

El campo como memoria que abarca todos los engramas disponibles a la recuperación voluntaria hacia el presente de la consciencia y que realizamos en el curso temporal del discurso y de la percepción.

El campo, por último, como subconsciente o inconsciente en el sentido psicoanalítico constituido por un cúmulo de recuerdos y sucesos no accesible a la voluntad del recuerdo por estar reprimidos por la “censura” y que sin embargo actúan en los ensueños, en los errores de la vida cotidiana, y muchos síntomas de tipo neurótico, como las fobias. Opera aquí la ley psicoanalítica del pandinamismo psíquico por el cual las fuerzas psíquicas no desaparecen sino que se transforman y que permite que un afecto, por ejemplo, el miedo derivado de una agresión sexual padecida en la infancia, se desligue del recuerdo “agresión” para revestir otro objeto o suceso que acompañó inocentemente al primero; por ejemplo el color amarillo de la habitación en la que se desarrolló la agresión. De esta manera aparcería una fobia al color amarillo. Jung postula que este inconsciente tiene una parte personal, y otra colectiva heredada y constitutiva del acervo de conocimiento heredoevolutivo de la especie. Esta teoría cuadra muy bien con los conocimientos de la etología y la sociobiología y explica por ejemplo el miedo reiterado a las tormentas o a las serpientes. Aún mejor, da cuenta, según algunas orientaciones modernas de la psicopatología, de infinidad de síntomas en las psicosis y neurosis postulando que son pautas arcaicas de conducta que fueron sustituidas por otras más modernas en el curso de la evolución. Así el paranoidismo que fue adaptativo en la horda primitiva al considerar a toda persona no conocida como potencial enemigo; los rituales de comprobación y limpieza, impres-

cindibles en el homínido para conservar su salud y la higiene de su cubículo, libre a su vez de la contaminación por extraños que acaparasen su hembra o hirieran a sus cachorros, etc.

Por último el orden de la consciencia describe la organización del campo de la misma:

“Orden de la consciencia” o del yo significa la adecuada relación en cada contexto entre contenido cognitivo y el parámetro afectivo.

“Orden” significa el adecuado reconocimiento y delimitación en el yo de los campos perceptivos, imaginativos y representativos, por lo tanto la adecuada delimitación entre presente y pasado, entre realidad y fantasía, entre deseos y realidad.

“Orden” significa la adecuada capacidad de objetivación, y por lo tanto formalización del entorno externo, organizándolo en un todo cognitivo con sentido, congruente y estable.

“Orden” se identifica también con el modelo de CONRAD respecto la organización copernicana o tolomeica del yo; es decir, la capacidad libre del yo para variar el punto de vista, sobre todo el fondo de la figura, respecto contenidos psíquicos complejos –no objetos, sino situaciones y sobre todo personas que se relacionan con el sujeto–.

“Orden” supone una organización topológica de la consciencia y del yo que mantenga una correspondencia biunívoca con la organización topológica de la realidad. Se trata de una correspondencia dentro de un cierto modelo, que siempre es restrictivo respecto a la inmensa complejidad de la realidad. El yo se forja así “lo real”, que acapara y maneja ciertas invariantes del comportamiento de “la realidad” que organizaron un modelo interno del mundo, el cual orienta al sujeto en sus operaciones, sobre todo en los objetivos finales de la supervivencia y progreso en la vida individual y de su especie.

Ya en estos párrafos hemos descrito algunas de las funciones de la consciencia importantes en psicopatología. Volveremos a enumerarlas.

En todo caso señalo que el orden de la consciencia se afecta fundamentalmente en las psicosis especialmente en la esquizofrenia lo cual describiremos en el último apartado de esta lección.

A continuación mostramos los sucesivos psicósíndromes que aparecen al desestructurarse la función consciencia a través, predominantemente, de cada uno de sus tres parámetros de nivel, campo y orden.

PSICOSÍNDROMES DEL NIVEL DE LA CONSCIENCIA

Subeje sistemático

1. Obnubilación simple.
2. Confusión simple.
3. Torpor.
4. Síndrome ocupacional con objeto único.
5. Coma en sus diversos grados.
6. Muerte.

Subeje asistemático

1. Síndrome asteniforme.
2. Síndrome hiperestésico emocional.
3. Síndrome confusional complejo.
4. Síndromes fóbico obsesivos. (Algunos tipos).
5. Delirio ocupacional y de sitio.
6. Algunos síndromes psicóticos paranoides (S -).

LOS SÍNDROMES DEL CAMPO DE LA CONSCIENCIA

1. Estados Disociativos histéricos.
2. La amnesia Psicógena.
3. La Fuga Psicógena.
4. Personalidad alternante y personalidad múltiple.
5. El estado crepuscular ordenado.
6. El estado crepuscular desordenado.

PSICOSÍNDROMES AXILES DEL ORDEN DE LA CONSCIENCIA

1. Reacciones vivenciales anormales.
2. Trastornos adaptativos.
3. Psicopatías o trastornos de la personalidad.
4. Neurosis caracteriales.
5. Ansiedad endógena. Pánico.
6. Enfermedad obsesiva.
7. Psicosis afectivas.
8. Síndromes esquizofrénicos.
9. Demencias.
10. Síndromes afaso-practo-gnósicos.

En la Fig. 2, en su parte inferior visualizamos esquemáticamente cómo los agentes patógenos reveriendo la función consciencia a niveles más inferiores producen síntomas y síndromes expresados por los pequeños trazos de puntos. Estos síndromes quedan luego nombrados en las aludidas páginas. Es imposible detenerme más en la explicación de estos esquemas remitiendo a mis publicaciones citadas en la bibliografía. De todas formas es imprescindible señalar al menos dos de las 8 leyes fundamentales de la psicopatología que hemos descrito en otros trabajos y que están implícitas en los esquemas citados.

Ley de Jackson-Jaspers o de las capas. Expresa que los sucesivos Psicisíndromes que aparecen al compás de la acción patogénica de las noxas aparecen y se suceden en sucesivos órdenes de complejidad desvelando las subfunciones que las integran. Así pues, por ejemplo, las psicosis aparecen después del Síndrome obsesivo compulsivo y eso quiere decir que en las psicosis han de aparecer también síntomas obsesivo-compulsivos, tal como se comprueba en la clínica.

Ley de Bonhöffer-Llopis que deriva del modelo de la psicosis única. Llamada también ley de la inespecificidad. Expresa que el tipo de psicosis que aparece ante una agente morboso no depende de la etiología concreta del mismo sino de su forma patogénica de acción en aquel caso concreto. Ello quiere decir que una encefalitis por virus, por ejemplo puede producir un cuadro de fatiga crónica expresable como Síndrome de ansiedad generalizada, un Síndrome obsesivo o un síndrome psicótico o un Síndrome de demencia orgánica.

La organización del precepto y la escena

Todavía, antes de entrar en los dos ejemplos de disfunción de la consciencia que voy a presentarles, es necesario mostrar un último bloque doctrinal nombrado en el título del presente párrafo.

Efectivamente el estado de la consciencia en un momento dado tiene un cierto nivel, abarca un cierto campo y está organizado según un cierto orden, según hemos expuesto. Ahora bien, este complejo resultado en cada momento del presente en la corriente de la consciencia se integra a partir de una serie de subfunciones más simples algunas de las cuales son de índole puramente neurológica, otras neuropsicológicas y otras propiamente psíquicas o psiquiátricas. La disfunción de cada nivel da lugar a los síndromes correspondiente, como es natural. En concreto en la página siguiente presento un esquema de estas diversas subfunciones.

ESTRUCTURACIÓN JERÁRQUICA DE LOS NIVELES DE ORGANIZACIÓN DEL PRECEPTO Y LA ESCENA

NIVELES SENSORIALES. Funciones gnósicas

1. Caracteres básicos del precepto en un canal sensorial.
(Tamaño, forma elemental, movimiento).
2. Integración varios canales sensoriales para formar el objeto.
Su disfunción = agnosias.

NIVELES NEUROPSICOLÓGICOS. Funciones lingüístico-simbólicas

1. Identificación del objeto como tal para su utilización sensomotriz.
2. Identificación de su nombre o clase lógico-conceptual con su referente simbólico signifiante. Su disfunción = afasias.

NIVELES PROPIAMENTE PSÍQUICOS. Funciones psicológico-psiquiátricas

1. Significado. Integración de la escena-campo actual de la consciencia. Juicio de realidad, presencia, etc. Su disfunción = ilusiones y alucinaciones y percepción delirante.
2. Sentido. Atribución intencional y afectiva del precepto y su escena.
(En el Universo creencial del sujeto). Su disfunción = ideación delirante primaria.

Yo creo que los niveles inferiores no necesitan una mayor explicación. Señalo tan solo una vez más que en cada momento de nuestro estar consciente normal se realiza el conjunto integrado de estas subfunciones para dar lugar a lo que denominamos la escena. Por ejemplo está claro que en este momento yo veo una serie de superficies y patas que organizo como mesas, (nivel objetual gnósico) y que soy capaz de reconocerla como tal y darla este nombre de mesa que le corresponde (nivel lingüístico o fásico) y sé que forman parte de la clase, como ustedes y que estamos todos aquí porque hemos venido a dar y a escuchar una lección (significado) y que todo ello lo hacemos porque ustedes quieren aprender y obtener unos créditos académicos y a mí también me gusta dar una lección y también me pagan por ello, (niveles de sentido). Si creyera que las mesas son radiactivas y van a explotar y que todos estuviéramos aquí por un mandato de los extraterrestres de Ganimides, evidentemente estaría psi-

cótico y padecería, en este caso percepciones delirantes y delirios primarios...

Brevemente, pues, les explicaré a qué alude el nivel significado y el nivel sentido en la escena organizada en el presente de la consciencia.

a) *Significado*: consiste en la organización de la escena en un todo coherente que queda determinado por la orientación espacio temporal del sujeto, el juicio de realidad del precepto y la ubicación de cada objeto en el conjunto. Su disfunción origina ilusiones, alucinaciones y otros síntomas sensoperceptivos simples.

b) *Sentido de la escena y precepto*: consiste en la atribución intencional y afectiva de la escena percibida; valor de positivo, negativo. Atribución respecto a las motivaciones, el estar en el mundo, los propósitos a más largo plazo con sus referencias al sentido del mundo, de la vida y del yo en la circunstancia concreta. Su fallo produce la percepción delirante y el delirio primario.

Así pues, el significado es la idea; el sentido la creencia. El significado objetiva la realidad convirtiéndola en un modelo interno constituido por cosas; el sentido lo eleva a un nivel simbólico que precisa las motivaciones y formas de nuestro actuar y nuestro sentir. Así pues, y en la gnoseología kantiana, el significado determina el conocimiento o Erkenntnis en virtud de la función entendimiento; pero el sentido origina la sabiduría o comprensión en virtud del verstehen, que es operación de la razón o Vernunft.

El significado nos lleva a una clase conceptual de símbolos que designan lingüísticamente a los objetos definidos por los niveles senso-motores y gnósicos; el sentido nos lleva a una clase conceptual de saberes que implican una interpretación (deuten), en el sentido de Dilthey del mundo.

El significado nos abre a la realidad por medio del entendimiento, pero solamente el sentido nos muestra no sólo un Merkwelt sino un Werkwelt: un mundo para la acción.

El significado es el conocimiento a secas; el sentido es producto de la razón vital, una razón encarnada o sentiente –Ortega y Zubiri, respectivamente– que convierte a nuestros modelos del mundo en modelos aptos para nuestro desarrollo biográfico; es decir para la vida.

El significado es operación puramente cognitiva, el sentido es operación mixta de la cognición y la afectividad, pero ya se sabe que es imposi-

ble el conocimiento “puro”, y que todo conocer se integra en un saber calificado por los valores afectivos. Por ello memoria, en cuanto base de la cognición, y afectividad, como base de la sabiduría, están siempre presentes en toda función y por lo tanto en todo síntoma psíquico, ya que el síntoma no es más que el resultado de una función deficiente.

Recordaremos que los dos niveles de significado y sentido que describimos operan y se presentan en la persona humana consciente y activa de forma integrada, como las demás funciones neurobiológicas, y solamente el análisis estructural y la reflexión psicopatológica permite las inferencias descritas, que son a la vez un modelo del surgimiento del síntoma que estamos estudiando: la idea delirante, expresada en su variante más común, la paranoide, y su síntoma base: la percepción delirante.

También podemos decir que el significado es el mundo percibido; y el sentido el mundo como campo de nuestra acción. Por lo primero entendemos la realidad, por lo segundo aparecen en combinación con nuestras creencias las motivaciones más superiores de nuestra conducta. Podemos recordar aquí dos conceptos ya antiguos de un gran biólogo, un tanto olvidado, pero antecesor cierto de las corrientes etológicas y ecológicas que hoy todos conocemos. Me refiero a Von Uexkull que en su obra “Ideas para una Concepción Biológica del Mundo” acuñó para ambos conceptos los términos de *Merkwelt* y *Tatwelt* que pueden considerarse como antecesores de nuestro modelo.

Efectivamente el fallo de la función significativa proporciona una interpretación errónea de la realidad que en psicopatología recibe el nombre de Percepción delirante. Si al ver esta mesa “percibo y vivencio” (pues no se trata de un razonamiento o inferencia, sino de una convicción ineludiblemente unida al acto de percepción) que la presencia de esta mesa aquí significa que en ella, a las cuatro de la tarde de hoy, me van a cortar la cabeza, estoy padeciendo una percepción delirante, lo cual es un síntoma de “primer rango” de una psicosis tipo esquizofrénico.

El fallo de la función “sentido” determina la intencionalidad de nuestra conducta. Un significado patológico como el anterior conduce desde luego a una acción anormal, en el caso anterior seguramente el rápido alejamiento de la susodicha mesa. Es posible sin embargo que se altere separadamente la función sentido atribuyendo por ejemplo un sentido anormal al conjunto de la escena por otra parte percibida normalmente. Si al ver la “mesa en la clase” percibimos una escena consistente en “la clase en la que la CIA aliándose con los extraterrestres de Ganimides plantea el

control telepático de todos los habitantes de Cantabria para hacerlos trabajar como esclavos para el capitalismo americano"... entonces aparece un fallo en la función dadora de sentido de la cual surgirían intenciones o planes propositivos conductales que tratarían de contrarrestar dicha manipulación.

En todo caso aparecen síntomas patológicos característicos de los síndromes psicóticos, de la misma manera que por el fallo de la función gnósico no podemos reconocer los objetos o cosas que se nos presentan.

No entramos en la descripción de más detalles y variantes de éste nuestro modelo en el que se diferencian dos clases de síndromes psicóticos: el tipo E+ y el tipo E- que dan lugar, el primero, a las psicosis paranoides y, el segundo, a las paranoicas y parafrénicas.

Funciones psicológicas de la consciencia normal

Ya he descrito algunas de las funciones de la consciencia que supusieron ventajas adaptativas. Ahora insistiré sobre las mismas y describiré otras nuevas funciones importantes para comprender los tres estados especiales de la consciencia que he prometido explicarles.

Efectivamente; la consciencia debe mantener con claridad y firmeza:

1. Los límites entre el sujeto y el objeto; es decir, entre el mundo interno y el externo, entre el yo y el tú, entre la percepción y la representación, entre lo real y lo imaginado.

2. Debe mantener una libertad en la focalización de la atención, de forma que pueda dirigirse, por ejemplo ustedes a mis palabras, o a estas conversaciones y ruidos que nos entran por la ventana. La pérdida de la capacidad de concentración es por otra parte una de las quejas más frecuentes que aparecen en los estados psicóticos defectuales. Esta capacidad debe servir para diferenciar una percepción correcta de un error de la misma producido por ejemplo por la escasa iluminación. Se trata de la corrección de las "ilusiones sensoriales". También debe mantenerse la capacidad de todo lo contrario; es decir, de no focalizar la atención por un estímulo pregnante del entorno y mantenerse alerta en forma de atención flotante, bien en la espera de la aparición de un determinado tipo de estímulos que hemos de vigilar, bien por querer conservar una actitud de reposo y meditación abierta que intente por ejemplo producir vivencias de tipo místico que semejen un "acercamiento o unión al resto del Universo". O por supuesto la concentración, en una vivencia de nuestro propio cuer-

po como el peso o calor del brazo o del vientre como se ejecuta en la técnica psicológica del Entrenamiento autógeno de Schultz.

3. Debe mantenerse también la capacidad de mantener el ritmo, tipo y curso de las asociaciones del pensamiento. Sobre todo la capacidad de conservar el hilo a efectos de las motivaciones y fines de la acción presente. (Todos conocemos la pérdida del hilo que produce el conversador –profesor– senil). En condiciones patológicas, por ejemplo en la manía o en los estados de torpor mental, las asociaciones en vez de realizarse por leyes de contigüidad o semejanza de significados (semánticas), se realizan por la semejanza fonética, o por semejanzas de forma, color, o coincidencia espacio temporal como sucede en el pensamiento mágico que acepta causaciones esenciales por mera contigüidad (por ejemplo el temor de una adolescente de quedar embarazada por haberse sentado en la misma silla en la que lo había hecho antes un chico).

4. La consciencia normal debe mantener también un cierto isomorfismo entre la estructura topológica del entorno y la estructura ordenada de su campo. Esto es más difícil de describir pero puede entenderse a partir de las figuras engañosas que nos presenta la “psicología de la forma” Un rendimiento cognitivo normal debe ser capaz de invertir el fondo de la figura y “ver” tanto la cara de la joven como la de la vieja según voluntad. Esta misma función opera en los niveles superiores del significado y sentido y ya veremos como en el modelo de Conrad de las psicosis el fallo de esta función, idéntico a la función “significado” de mi modelo conlleva la aparición de una percepción delirante.

5. Cierta capacidad de manejo de las atribuciones y reacciones afectivas. Las atribuciones son los sentimientos y las reacciones las emociones y afectos. No se trata tan solo de eludir por ejemplo las lágrimas o una reacción agresiva de cólera, sino incluso de dirigir según la razón y el pensamiento los afectos y sensaciones que puedan producirnos caracteres de la escena y situación. Por supuesto que esta función falla en las psicosis afectivas fundamentalmente, como en las depresiones, en las cuales estímulos indiferentes producen inferencias de significado y sentido pesimistas, tristes y anormales.

La consciencia en estados de creatividad preconscious y la intuición

Al hablar sobre el campo de la consciencia hemos descrito el preconscious y la importancia en mercadotecnia, por ejemplo, de la percepción subliminal. Todos tenemos la experiencia de buscar un nombre o un dato y no

poder recordarlo. Si volvemos a otras ocupaciones es posible que al cabo de un tiempo surja espontáneamente a la consciencia dicho nombre o dato. Lo mismo puede suceder para problemas más complejos cuya solución no se encuentra mediante una reflexión voluntaria y desde luego así surge con frecuencia la creatividad artística, sea musical o poética.

Así que en esta situación la consciencia está baja de nivel, el campo es extraconsciente y el orden podemos decir que es aleatorio, o al menos no controlable por la voluntad; sin embargo, en esas condiciones puede realizarse un trabajo cognitivo extraordinario y de creación, por supuesto también de elaboración psicótica.

Voy simplemente a leerles un relato del gran matemático francés y que fue presidente de su república, Poincaré, un antecesor también de las doctrinas del caos y el orden a partir de sus cálculos sobre la estabilidad del sistema solar centrado en lo que se llamó problema de los tres cuerpos, y en los que llegó al resultado de ser “Intrínsecamente impredecible e indeterminado la evolución del sistema” (en contra del paradigma de Laplace).

Tomamos las siguientes citas de Poincaré de una conferencia pronunciada a principios de siglo en la Sociedad Psicológica de París. En ella refiere varios episodios de creatividad matemática surgidos siempre de forma análoga: ocupación intensiva consciente sobre el problema sin llegar a ninguna solución; abandono de la cuestión por otras actividades y viajes; de repente y en el momento más inesperado surge a la consciencia la solución buscada. Citamos textualmente:

“...Las incidencias del viaje me hicieron olvidar mis trabajos matemáticos. En determinado momento, estábamos en Coutances y habíamos de subirnos a un autobús para desplazarnos a otro sitio. Justo al poner el pie en el estribo, sin que ninguno de mis pensamientos precedentes pareciese haberlo propiciado, me vino la idea de que las transformaciones que había utilizado para definir las transformaciones fuchsianas eran idénticas a las de la geometría no euclídea...”.

“...Llegó el momento en el que tuve que ir a Mont Valerien, lugar donde había de realizar el servicio militar. Durante un tiempo, pues, mis ocupaciones fueron bastante diferentes. Un buen día, conforme andaba por la calle, se me presentó de improviso la solución del problema en que me había bloqueado. No le di vueltas inmediatamente pero retomé la cuestión al licenciarme...”.

Como comentario siguió diciendo: “El inconsciente, o como preferimos decir, el yo subliminal, desempeña un importante papel en la creación matemática. Suele considerarse que el yo subliminal es puramente automático. Ahora bien, hemos visto que la tarea matemática no es meramente mecánica, que ninguna máquina por perfecta que fuera podría realizarla. No se trata sólo de aplicar reglas... La verdadera tarea del inventor consiste en escoger entre todas las combinaciones, eliminando las inútiles o aún mejor, no molestándose en hacerlas... La primera hipótesis que se nos ocurre es que el yo subliminal no es en modo alguno inferior al yo consciente”.

El testimonio es suficientemente elocuente. Tan sólo deseo añadir que es posible cultivar esta creatividad preconsciente. Para ello es necesario centrar bien el problema y crear un “campo intencional fuerte” respecto a su solución. Por supuesto no saltaremos sobre nuestra propia sombra pero tengo mi propia experiencia de su eficacia asociada a otros procedimientos, como la meditación concentrada, su contrario, la atención flotante, y los estados oníricos e hipnagógicos.

La consciencia en el estado hipnagógico. (Creatividad hipnagógica y onírica)

El estado hipnagógico aparece en la transición del estado de vigilia al de sueño, y viceversa, del sueño a la vigilia; si bien este transcurso suele ser más breve, menos característico y se le llama también estado de transición hipnopómpico. En algunas disfunciones patológicas, como en la narcolepsia (o Síndrome de Gelineau) puede tener una duración y relevancia especial prolongándose más tiempo y apareciendo durante el mismo auténticas alucinaciones. Se producen así disociaciones entre la vigilia de la consciencia y la vigilia de la psicomotricidad. El paciente puede sentirse despierto y sin embargo no puede moverse presentando una gran hipotonía, mientras es acometido por todo tipo de imágenes oníricas que suelen tener carácter angustioso. Pero no podemos ocuparnos aquí de este cuadro clínico.

– Describiré en primer lugar la situación de los diversos parámetros de la consciencia en el estado hipnagógico.

– El nivel está disminuido, pero fluctúa.

– El campo se estrecha, pero sobre dominios variables y fluctuantes.

– El orden está sólo muy discretamente alterado y además lo hace siguiendo ciertas pautas.

Debemos referir en seguida que este estado ha sido objeto preferente de nuestra autoobservación desde hace muchos años.

El estado hipnagógico en la transición de la vigilia al sueño, idéntico al paso sueño-vigilia –que se produce con mayor rapidez y automatismo, lo cual permite un cierto control voluntario del contenido y proceso mental– puede seleccionar resultados parciales y dirigir en parte el discurso. Mas sobre todo posibilita evaluar la calidad de los resultados en un momento dado, y hasta forzar la recuperación de la lucidez a fin de fijar en un discurso lógico y ágil los resultados obtenidos.

Vamos a intentar describir pormenorizadamente los procesos formales del estado hipnagógico según nuestras autoobservaciones, así como las consecuencias respecto la creatividad.

Vean el esquema general de las distintas fases y niveles que voy a describir a continuación.

LA CONSCIENCIA EN EL ESTADO HIPNAGÓGICO. ONIRISMOS VIGILES

Niveles:

1. La relajación de la atención.
2. La aceleración del discurso.
3. La transformación del relato lingüístico en relato icónico.
4. Fenómenos de desplazamiento y simbolización (de objetos parciales).
5. La independización y simbolización del relato en su conjunto.
6. Disolución de la semánticidad.
7. Paso a estado vigil: evaluación del ensueño.
8. Paso a sueño lento. Ensueños auténticos. Ensueños lúcidos.

1. *La relajación de la atención.* El supuesto adormecimiento no parece necesariamente surgir de un estado de fatiga; puede, en nuestra experiencia, provocarse en cualquier momento mediante una acción autosugestiva similar al entrenamiento autógeno. En éste, sin embargo, la atención se concentra en un objeto concreto –el brazo pesado o la respiración– y el nivel de consciencia es alto o normal.

La iniciación del estado hipnagógico se realiza, sin embargo, por una relajación de la atención forzada o espontánea. Emerge la atención flotante, como describió Goethe observando las nubes y sus cambiantes formas “emergentes”, o como puede suceder en un teatro en la penumbra que precede a la subida del telón; se produce, pues, un ensanchamiento del campo de la consciencia.

2. *La aceleración del discurso.* Poco después, o simultáneamente, ocurre una aceleración del discurso. Palabras, imágenes internas o externas, se suceden rápidas en aparente azar. No existe un enlentecimiento del proceso mental sino una relajación del discurso lógico y una expansión de la atención, que amplía sus objetos y se desconexiona de un tema concreto. La aceleración del discurso mental se produce desde luego en función de la pérdida de precisión de cada contenido del pensamiento, y de la suceso aparentemente aleatoria de diversos contenidos.

3. *La transformación del relato lógico-lingüístico en relato icónico.* Esta fase es sumamente importante y supone una auténtica diferencia cualitativa respecto al estado vigil. Cabría indicar el descenso de actividad del hemisferio lógico-consciente, concomitantemente con el descenso de nivel de consciencia. Con frecuencia las imágenes icónicas, es decir, espaciales, geométricas, pictóricas, visuales, etc., son idénticas a los últimos retazos del discurso aún lingüístico de la fase anterior o, dicho de otra forma, el contenido del pensamiento es idéntico pero, en vez de ser portado por los símbolos que son las palabras como soporte de conceptos abstractos, o bien como si ocurriera una afasia nominal, desaparecen del campo de la consciencia las palabras, para ser sustituidas por objetos concretos correspondientes a las mismas. El discurso mental puede ser idéntico, pero el concepto es sustituido por un ejemplo concreto del mismo. El contenido conceptual “silla” se sustituye por una silla concreta.

En este momento pueden surgir las raras alucinaciones hipnagógicas, o también ilusiones, si no respecto la visión, sí respecto la audición o sentido táctil. Son ya imágenes idénticas a las oníricas que se pasean por la mente con nivel suficiente de consciencia del yo.

Es fácil comprender el mecanismo neuropsicológico subyacente: comienza la productividad automática del hemisferio menor, pero conservándose aún un nivel de consciencia del yo residual. La productividad automática de estas funciones no voluntarias hace aparecer a éstas como externas al yo, es decir como alucinatorias, o mejor dicho como alucinósicas, al darse cuenta el sujeto de su irrealdad.

Así pues, se establece un gradiente de adscripción al yo de funciones mentales, que oscilan entre plenamente conscientes y voluntarias hasta las vivenciadas en el espacio y tiempo externo, y que constituyen naturalmente trastornos sensoperceptivos y del pensamiento típicamente psicóticos.

4. *La independización del relato icónico y el comienzo de la simbolización.* En esta fase el yo pierde parte del control del discurso, aunque sigue su contenido como espectador pasivo y hasta cierto punto crítico del mismo. Con un esfuerzo de la voluntad puede sin embargo revertir al estado de vigilia.

Es el momento de máxima creatividad, tanto en aspectos plásticos como en el planteamiento de problemas.

Los procesos lógicos del discurso desaparecen, y las imágenes icónicas se recomponen y asocian bajo las influencias de las leyes del Gestalt, actuando seguramente sobre imágenes que, claro está, se diferencian de forma radical del discurso lógico-lingüístico. Ahora bien, estas imágenes guardan, como hemos visto, una relación significativa más o menos biunívoca respecto a un concepto; tienen, por ello, categoría de símbolos en su sentido junguiano. Símbolos arcaicos, de la especie, símbolos de la constelación familiar, según Szondi, y símbolos mucho más ricos, variados e imprevisibles, naturalmente, de la constelación y biografía propias. No obstante, ese proceso de simbolización y desplazamiento no tiene por qué deberse a complejos y traumas psicológicos sin resolver, como postula siempre el psicoanálisis. Su fuerza creadora en personas normales –o en talentos creadores– proviene sencillamente de interés en el problema; problema no necesariamente personal-patológico, sino, sencillamente, problema que resolver o pregunta que plantear; ese problema es la inquietud o curiosidad que conduce al impulso creador, y va asociada naturalmente a una emoción, sentimiento o pulsión que opera también en este momento.

De esta manera, la pulsión inquisidora actúa en el proceso de simbolización y en el discurso icónico-simbólico que ocurre en esta situación, fuera de la dirección de la voluntad, pero sí sometido a una crítica y evaluación por parte de los residuos del yo consciente. Esto es fundamental, pues es este yo consciente y crítico el que discrimina, juzga y selecciona el símbolo, la imagen, el contenido mental, en suma, que es válido a efectos de nuestro interés. Podemos incluso intentar describir en qué consiste esa validez que distingue una creación con el mero juego de la fantasía.

La creatividad, sabemos, selecciona del continuum infinito de variedades y posibilidades informales que brinda la realidad y sus re combinaciones en la imaginación. Acota parcelas de lo imaginado, define así nuevos entes “de razón” sobre los que opera la evaluación.

El segundo paso consiste en la interpretación del objeto o imagen. Esto es, la adscripción de significado a la escena percibida, según nuestros conceptos tantas veces repetidos. Se trata de una auténtica valoración, es decir, la adscripción de una magnitud o vector cuantitativo de interés respecto al yo, o la finalidad del pensamiento en curso a lo cual llamamos sentido del precepto-escena integrándose ya en la “corriente de la consciencia”.

Una vez completas estas dos valoraciones, el contenido hipnagógico se incorpora al yo consciente y a sus mecanismos de memoria y también elaboración imaginativo-creativa, que lo constituyen en verdaderamente activo y eficaz para el yo.

El yo consciente residual, en suma, deja pasar lo no valioso, lo no importante, aun pudiendo asistir divertido al proceso de las imágenes internas, pero escoge y fija el acierto, de la misma manera que la adaptación selecciona al mutante válido en el proceso de evolución biológica.

En ese momento el yo consciente, en un esfuerzo voluntario, puede todavía recuperar el nivel de consciencia y transformar inmediatamente la frase simbolizada en imágenes en proposición verbal o lógica o, en su caso, plástica, la cual es pulida, perfilada, memorizada, o traspuesta al papel o a la tela del cuadro dando nacimiento a la obra nueva recién creada.

La disolución de la semantividad. Si en esta fase sigue descendiendo el nivel de consciencia camino del sueño –o, en su caso, del coma–, asistiremos a una decadencia y disolución aún más profunda de la semantividad. La simbolización obedecería, cada vez más, a problemas más profundos y arcaicos, y perderían interés respecto la creatividad propiamente dicha en un sujeto sano.

En resumen, el proceso creativo típico del estado hipnagógico es eficaz sobre todo:

- en la creatividad plástica
- en el planteamiento de nuevas preguntas, hipótesis o tesis.

El proceso creativo ocurre primeramente transformándose el discurso lógico-lingüístico en un discurso icónico-simbólico. Este, a su vez, su-

fre recombinaciones y aditamentos aparentemente al azar y en un discurso acelerado. Estos aditamentos son evaluados y seleccionados por el yo consciente residual que, a su vez, los devuelve a un nivel lógico-verbal o plástico concreto que memoriza o fija los resultados obtenidos.

Este proceso ocurre una y mil veces a lo largo de los minutos del estado hipnagógico, al compás de las típicas fluctuaciones del nivel de consciencia, y puede ser dirigido en la sombra por el yo consciente, que marca intereses y motivaciones y escoge los resultados, pero que no interviene en la formación de las nuevas imágenes que aportan elementos creativos.

Recordando las doctrinas de especialización hemisférica, podríamos decir que en este proceso se evidencia la mutua influencia y fructificación de un hemisferio respecto a otro. El hemisferio lingüístico fija verbal o lógico-formalmente los contenidos mentales. Aporta soluciones secuenciales o algo rítmicas a las preguntas realizadas, es decir, formas de proceder o actuar... El hemisferio no dominante o espacial juega con imágenes o modelos del mundo que fundamentalmente está hecho de cosas que tienen formas, volúmenes y colores. La recombinación espacial de estas imágenes significativas simboliza las nuevas preguntas y cuestiones, que pueden ser precisadas y analizadas por el otro hemisferio.

Es evidente, por otra parte, que, bajo este hipotético modelo de creatividad, son aún más fáciles de explicar los procesos que conducen a la poesía, a la narrativa, y al arte plástico. Nosotros hemos tenido fundamentalmente puestas las miras en la creatividad, en la ciencia y en la técnica, cuyo momento más creativo e importante consiste en el planteamiento de nuevos modelos, nuevas preguntas, nuevas tesis y antítesis, y éstas no surgen nunca del analizador lógico-secuencial que rige únicamente los procesos algorítmico-simbólicos. Estos siguen, a su vez, un proceso formal fijo que conduce a soluciones, pero nunca a nuevas preguntas.

Desde el estado hipnagógico en general se accede al sueño lento en el cual no existen ensueños que se puedan recordar. Sin embargo en la transición hipnopómpica es más fácil que aparezca, previamente a la misma, la situación de “ensueño lúcido” consistente en que el sujeto es consciente de que está soñando. La diferencia esencial entre el ensueño y los estados hipnagógicos consiste en que en el ensueño se pierde totalmente la capacidad de dirigir los acontecimientos soñados, mientras que en el estado hipnagógico se conserva un resto de dirección del relato y sobre

todo puede el sujeto voluntariamente despertarse o despejarse totalmente revertiendo a un estado normal de la consciencia.

En el onirismo o sueño auténtico que ocurre en las etapas REM o de sueño rápido (con movimientos oculares rápidos y e.e.g. característico) el sujeto suele ser activo y protagonista, el ensueño suele ser coloreado y el conjunto mantiene una fuerte repercusión afectiva. Todo ello no existe en general en la situación hipnagógica normal.

Muchos autores sin embargo han descrito la eficacia creativa del estado hipnagógico entre los que cito, aparte de a mí mismo, a Ángel Gani-vet en su novela “Los infatigables trabajos de Pío Cid” en la cual Pío Cid escribe poesías dictadas en el ensueño nada más despertarse.

Otros estados de la consciencia, emparentados con el descrito, los encontramos en los “síndromes del Campo de la Consciencia”, respecto a los cuales simplemente presentamos en la página 225 su árbol taxonómico de organización-desorganización.

La consciencia en el estado psicótico. Modelo de Conrad

Llegamos al último apartado de esta exposición. En él intentamos una aproximación a un modelo psicopatológico integrado en el resto de los síndromes psiquiátricos y cuyos detalles se encuentran en nuestras citadas publicaciones. Sobre todo intentaremos además hacer comprensible a los no psiquiatras en qué consiste el Síndrome psicótico delirante como el que aparece en las esquizofrenias.

Al hablar de la organización del precepto y de la escena hemos referido ya muchos detalles que avanzan esta comprensión. Ahora voy a mostrarles sobre todo el modelo de Conrad que describe los diversos síntomas que aparecen según va agravandose el proceso psicótico, o dicho en nuestro modelo según se van desintegrando las funciones dadoras de sentido y significado de la escena y situación presente de la consciencia. Por eso denomina a su modelo como “dinámico estructural” obviando los contenidos concretos para fijarse en la configuración y relaciones mutuas; es decir del orden, campo y nivel de la consciencia. Ambos modelos son coherentes y permiten una integración fácil de comprender.

Conrad fue un distinguido psiquiatra alemán, fallecido prematuramente y que trabajó durante y poco después de la segunda guerra mundial. Sus observaciones proceden casi totalmente de unidades psiquiátricas de guerra y fueron plasmadas en una monografía ya clásica que ha si-

do reeditada recientemente por la Fundación Archivos de Neurobiología. Aquí pueden ver un esquema de las diversas fases y niveles que describe Conrad y sus equivalentes en el modelo propio que les he descrito a propósito de los conceptos de significado y sentido de la escena en el presente de la consciencia.

LA CONSCIENCIA EN EL ESTADO PSICÓTICO

MODELO DE CONRAD

Fases

Trema: tensión vaga de amenaza o extrañeza. (Despersonalización).

Apofania: explicación psicótica de la situación y de los hechos. Pérdida de la libertad de escoger sistema de referencia y de fondo figura.

Apocalipsis: invasión de todo el campo por los fenómenos psicóticos.

Anastrofe: pérdida completa de la semánticidad.

MODELO DE A. JIMENO VALDÉS

Disfunción del sentido y del significado

Psicosis S + Supersignificación judicativa: Delirios secundarios de las psicosis paranoicas y de base psicoreactiva.

Psicosis S – Déficit de la función judicativa: Psicosis de base orgánica con déficit de la función cognitiva, (delirios primarios de tipo esquizofrénico y defectuales).

Así pues la primera fase o momento al inicio de la psicosis la denomina:

– *Trema*: se trata de una tensión indefinida. Una sensación vaga de cambio importante o de amenaza, parecida a la que presenta un actor antes de salir a escena o un opositor al comienzo de los ejercicios. Aparece una desconfianza general. Se pierde la familiaridad de los objetos y personas produciéndose los síntomas de despersonalización y desrealización. También puede compararse esta situación con la que tenemos al cruzar en la noche oscura un barrio peligroso de una ciudad desconocida, o del soldado penetrando en territorio enemigo, o del hombre primitivo de noche penetrando sólo en un bosque denso donde acechan mil peligros.

Ya en este momento se produce un cambio topológico, dice Conrad, en el orden, decimos nosotros, de la consciencia. La distancia entre objeto y sujeto se torna por así decir fija y no puede ser modificada por la voluntad.

– *Apofania*: significa revelación. En este momento el sujeto de repente “conoce” y “sabe” lo que realmente está sucediendo. Interpreta así cabalmente, para él, la escena dando contenidos concretos a su significado y sentido. Solamente que dando sentidos y significados erróneos que constituyen la aparición del delirio. El paciente ya no es capaz de cambiar el sistema de referencia. Situado en el centro de los acontecimientos todo adquiere una relevancia esencial para él. Se trata del fenómeno del paranoïdismo, que evidencia el fracaso en la objetivación de la realidad volviendo a aquellas significaciones numinosas del hombre primitivo en su pobre entorno (Merkwelt) y que tenía que atribuir al rayo y a la lluvia caracteres humanos (animistas) para inventar un procedimiento de manejo por la súplica y el sacrificio. Los ritos aztecas que debían ofrecer sacrificios humanos a sus dioses continuamente para que el sol no se parase en su carrera evidencian lo que estamos diciendo. El psicótico y el hombre primitivo no es capaz de modificar esta creencia. Está atrapado en ella. Un ejemplo más sencillo presenta Conrad con la experiencia del movimiento que comienza en el coche o mejor en el tren. Al principio no sabemos si nos movemos nosotros o el tren que está al lado. No sabemos cuál es el sistema de referencia, que poco después ubicamos adecuadamente. Por un esfuerzo voluntario por lo demás podemos situarnos en una u otra situación: nos movemos nosotros –se mueve el tren de al lado–. Conrad denomina a este fenómeno de no poder variar el sistema de referencia del psicótico como cambio desde la situación Copernicana a la situación tolemaica, o de la situación epicrítica a la situación protopática.

Paralelamente aparecen en la apofanía otros síntomas como las “vivencias de lo hecho y de lo puesto”. Las vivencias de omnipotencia –al situarse el paciente en el centro del universo– y de “misión” a cumplir bien sea de tipo profético, de invención o político.

Matussek –otro distinguido psiquiatra de Munich del que he sido discípulo en los años 60– describe esta situación postulando que se añaden al precepto una serie de cualidades “esenciales” que le rigidifican anormalmente. Es lo que hemos llamado nosotros fallo de la función de atribución de significado.

– *Anastrofé*: se trata de un nivel más de profundización de la gravedad del cuadro psicótico. En él Todo el entorno se hace significativo. Todo el

yo es invadido por las significaciones anormales y se pierde totalmente la capacidad de objetivación de la realidad. El paciente se encuentra así atrapado en un mundo que aparentando ser más grande (por abarcar a todo el universo en el cual el paciente es el centro) es en realidad más pequeño, estando el campo de la conciencia enormemente estrechado porque la atención se fija automática y rígidamente en unos cuantos contenidos que configuran el delirio.

Ahora se disuelven las diferencias entre yo-mundo y yo-tú. El delirio se extiende y consolida abarcando toda la realidad percibida, como decíamos, pudiendo producir vivencias inefables o místicas de la identificación del sujeto con el mundo o con la divinidad. Aparecen además síntomas nuevos como la difusión y sonorización del pensamiento y toda clase de alucinaciones que pueden referirse a su propio cuerpo y que cuando afectan especialmente a los sistemas propioceptivos y cenestésicos constituyen la forma clínica de esquizofrenia cenestopático de Huber, importante por muchos motivos teórico-doctrinales pero en los que no puedo entrar aquí.

– *Apocalipsis*: esta fase sólo aparece en las formas más graves de esquizofrenia, la llamada esquizofrenia catatónica. En ella los contenidos mentales se hacen incoherentes e incomprensibles y totalmente desorganizados. Aparecen también trastornos de la psicomotricidad en forma de agitación, huidas inesperadas o conductas incomprensibles. En otros momentos el paciente está completamente rígido, quieto, con síntomas especiales de tipo muscular y neurológico. Parece como si el paciente intentase vivir en el ensueño. (Onirismo).

Por último cuando desaparecen o se mitigan todos estos síntomas más aparatosos (síntomas llamados positivos) el paciente suele entrar en una fase residual o defectual en la que predominan los síntomas negativos o deficitarios que se expresan en dificultades objetivas y subjetivas para gran número de actividades mentales y que hoy se interpretan como deficiencias en el procesamiento básico de la información en el cerebro.

BIBLIOGRAFÍA

- BAYER, K. "Evolution, Kultur, Sprache. Eine Einführung" Brockmeyer Univ. Verl. Bochum 1996.
- BARRAQUER I BORDAS, LI. La desintegración semántica en las afasias. Curso de introducción a la neuropsicología. Barcelona, 2-4 de noviembre de 1983.
- BENETSCH, H. Die Ursprung des Geistes. D.T.V. München, 1980.
- DELEUZE, G. Diferencia y Repetición. Jucar universidad. Madrid.1988.
- CHURCHLAND, P. M. "Matter and Consciousness". Cambridge, M A: MIT Press. 1984.
- CHURCHLAND, P. M. "Neurophilosophy: Toward a Unified Science of the Mind Brain". Cambridge, MA: MIT Press. 1986.
- CRICK, F. "La búsqueda científica del alma". Círculo de lectores Madrid, 1994.
- CONRAD, K. "La Esquizofrenia Incipiente". Publicaciones de la Fundación. "Archivos de Neurobiología". Madrid 1997.
- DAMASCIO, A. "El Error de Descartes". Crítica. Grijalbo Mondadori. Barcelona. 1994.
- DENNETT, D. C. "Contenido y consciencia". Gedisa. Barcelona 1996.
- FEITGL, H. The mental and the physical. University Minnesota Press. 1967.
- GARCÍA RODRÍGUEZ, F. El sistema humano y su mente. Díaz de Santos. Madrid, 1992
- GÓMEZ BOSQUE, P.; GÓMEZ CARRETERO, M^a. E. Tratado de Psiconeurobiología. Morfolo-
gía funcional del sistema nervioso. Secretariado de Publicaciones de la
Universidad de Valladolid. Valladolid, 1986.
- IRRGANG, B. "Lehrbuch der evolutionären Erkenntnistheorie". Reinhardt Verl. Basel
1993.
- JIMENO BULNES, N.; JIMENO VALDÉS, A.; VARGAS ARAGÓN, M. L. El síndrome psicótico y el
Inventario de Frankfurt. Conceptos y Resultados. Springer Ibérica. Barcelo-
na, 1996.
- JIMENO VALDÉS, A. "Consciencia, concienciación y psico-socio-patología". Secreta-
riado de Publicaciones de la Universidad de Valladolid. Valladolid, 1985.
- JIMENO VALDÉS A. "Persona, Personalidad y Trasplante de órganos". Folia Hum.
XXIX, num. 323. 419-452. 1991.
- JIMENO VALDÉS, A.; JIMENO BULNES, N. "Creatividad y el estado hipnagógico". Folia Hu-
manística XXXI, 331: 129-147, 1993.
- JIMENO VALDÉS, A. "Problemas y Conjeturas en la psiquiatría actual". En prensa en
el Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Valladolid.
- LLOPIS, B. "La psicosis única". Arch. de Neurobiol. 17,1 y 2, 1954.
- LLOPIS, B. Introducción dialéctica a la psicopatología. Morata. Madrid, 1970.

- MARTÍN RAMÍREZ, A. Unification of partial mind-brain truth. Publicaciones de la Universidad de Stanford. Stanford s/f.
- METZINGER, TH. Bewusstsein. Beiträge aus Gegenwartsphilosophie. 2. Aufl. Verlag F. Schöningh. Paderborn. München, 1996.
- PENROSE, R. La nueva mente del emperador. 2ª ed. Mondadori. Madrid, 1991.
- POINCARÉ, H. La creación matemática. En: Libros de temas de Investigación y Ciencia, núm. 1. Grandes matemáticos.
- POPPER, K. R.; ECCLES, J. C. The self and his brain. Springer. Berlin, 1977.
- PRIGOGINE, I.; STENGERS, I. Entre el tiempo y la eternidad. Alianza Universidad, núm. 643. Madrid, 1988.
- SEARLE, R. ¿Es la mente un programa informático? Investigación y Ciencia 162: 10-24, marzo de 1990.
- SPERRY, R. W. A modified concept of consciousness. Psychological Reviews 76: 532-536, 1962.
- VOGEL, CH. Evolution und Anpassung. S. Hirzel. Stuttgart, 1993.
- VOLLMER, G. Evolutionäre Erkenntnistheorie. Band 1. Die Natur der Erkenntnis. Band 2. Die Erkenntnis der Natur. Hirzel. Stuttgart, 1986.
- VOLLMER, G. Auf der Suche nach der Ordnung. Beiträge zu einem naturalistischen Welt und Menschenbild. Hirzel. Stuttgart, 1995.
- WARNER, R. SZUBKA, T. The mind-body problem. A guide to the current debate. Blackwell. Oxford, 1994.

NATURALEZA DE LA CONSCIENCIA

Pedro Gómez Bosque

Ante todo deseo hacer la advertencia de que cambiaré el término “Consciencia” por el término “Mente”.

Lo hago así porque la “Mente” es una realidad más amplia que la “Consciencia”. En efecto, desde Freud sabemos que los “contenidos” de la Mente (deseos, sentimientos, percepciones, ideas, etc.) pueden ser “conscientes” o “inconscientes”.

Además, la “Consciencia” en abstracto no existe pues ella es, en todo momento, una función de la Mente y como la Mente tiene un punto de referencia central al que llamamos “Yo” se puede afirmar que la consciencia es un modo, no el único, a través del cual el Yo se relaciona con el Mundo (externo e interno).

No obstante, hay que decir que esta relación del Yo con el Mundo por medio de la consciencia es una relación primordial no derivable ni comprensible a partir de otras relaciones que existen entre el organismo viviente (corpóreo-psíquico) y el Mundo.

Karl Jaspers ha sabido captar el “misterio” de la consciencia y por ello no me resisto a citar esta frase suya que se encuentra en su monumental tratado de “Filosofía”:

“La Consciencia no es un ser como el ser de la cosas. Es un ser cuya esencia consiste en estar dirigido a objetos mentándolos. Este fenómeno primordial, tan obvio como admirable, ha sido llamado intencionalidad. La Consciencia es Consciencia Intencional. Ello quiere decir que la consciencia se relaciona con objetos de manera esencialmente distinta a como se relaciona una cosa que choca contra otra o que es impulsada mecánicamente por otra. La Consciencia no tiene relaciones causales con sus objetos, ni relaciones recíprocas con ellos, como las que existen entre objetos similares que existen en el mismo plano de igualdad. En la Consciencia tengo yo, más bien, un Objeto ante mí. Indistintamente de qué modo lo tengo, por medio de la percepción (cuyo fundamento biológico son relaciones causales entre procesos físicos, relaciones que en cuanto tal no pueden jamás generar intencionalidad sino que por medio de actos intencionales son transformados en percepciones), o por medio de representaciones (bien como fantasía, bien como recuerdo) o por medio del pensamiento (que puede estar dirigido a objetos reales o imaginarios, de modo intuitivo o abstracto) siempre hay en todas estas formas de “tener objetos” algo en común, a saber: “estar dirigido a algo mentándolo; tal es la esencia de la Consciencia”.

También hago constar que el tema relativo a la “naturaleza de la Mente” lo trato a “modo fenomenológico” describiendo diversos aspectos y contenidos. Para esta descripción me apoyo en publicaciones de autores que he tenido la oportunidad de leer y estudiar a fondo. Ahora bien, estos autores a que me refiero son filósofos o místicos.

Por lo demás advierto que no trataré todos los aspectos de la Mente y que me limitaré a exponer las ideas de Filósofos y Místicos sobre los siguientes problemas:

- Cartografía de la Mente: El concepto de Supraconsciente Espiritual de H. E. Hengstenberg.
- Los Modos de Conocer y los Criterios de Validación del Conocimiento según K. Wilber.
- La Coexistencialidad Esencial del Individuo Humano y la Comunicación interpersonal por medio de las Emociones según M. Scheler.
- La Voluntad: Psicología y Paideia de la Voluntad según R. Assagioli.
- Por último: Datos e interpretación de los Fenómenos Transpersonales: Metafísica Mística de la Mente y del Yo (La Psicología Transpersonal de Ken Wilber).

CARTOGRAFÍA DE LA MENTE

La Mente tiene una estructura muy compleja y se pueden distinguir en ella diversos ámbitos interrelacionados que se influncian recíprocamente. La “Cartografía” de la Mente es, por tanto, la descripción de sus “compartimentos” principales y de las relaciones entre ellos.

Ya recordé al principio que desde la perspectiva psicológica Freud estableció una distinción fundamental entre lo “consciente” y lo “inconsciente”. Jung, por su parte, considera que había razones suficientes para suponer que el “inconsciente” está constituido por un sector personal y otro arcaico o transpersonal. Como es sabido a este último lo llamó “Inconsciente Colectivo”. Pero no debe olvidarse que tanto Freud como Jung admiten que el sector inconsciente de la Mente no es algo pasivo o inerte. Al contrario: los contenidos inconscientes pueden inferir sobre la Mente Consciente y a través de ella sobre el sujeto mental, esto es, sobre el Yo.

Dejando de lado los conceptos psicológicos debo decir que dos filósofos, José Ortega y Gasset y Hans Eduard Hengstenberg, han dibujado sendos mapas de la Mente.

José Ortega y Gasset publicó en 1928 un bellissimo ensayo titulado “Vitalidad, Alma y Espíritu” y Hans Eduard Hengstenberg en sus obras “Antropología Filosófica” y “Fundamentos de la Ética” ha introducido el concepto de lo “Supraconsciente”.

Cartografía de la Mente según Hans Eduard Hengstenberg: Conciencia de Sí-Mismo y Supraconsciente.

Como acabo de indicar Hengstenberg hace referencia a los diversos ámbitos mentales e introduce un nuevo sector al que llama Superconsciente.

Veamos de que se trata.

Para Hengstenberg la “Conciencia de Sí-Mismo” es un Saber Intuitivo y A-objetivo de aquello que es experimentado en un momento determinado como “algo propio” por nuestro yo. Se trata de todo tipo de vivencias espirituales, anímicas, y anímico-espirituales (incluso aquellas que tienen fundamento vital).

No todas las vivencias espirituales alimentan en la misma medida la “Conciencia de Sí-Mismo”. En efecto, hay algunas que “sentimos” como “no-propias” e incluso “extrañas” e “impuestas”. En estados psicóticos pueden aparecer “vivencias de extrañeza” en las cuales el enfermo siente

determinados contenidos de su conciencia como impuestos a él por fuerzas enemigas. En estos casos está alterada la “Conciencia de-Sí-Mismo”. Muchas de las vivencias que pertenecen a la “Conciencia-de-Sí-Mismo” son “objetivables”. En efecto nosotros conocemos de “modo objetivo”, consciente, nuestros pensamientos, nuestros impulsos volitivos, nuestros afectos y nuestros estados corporales.

Pero otras vivencias, en cambio, no pueden ser “objetivadas” en un momento determinado, como ocurre con lo Preconsciente y lo Subconsciente, aunque en principio pueden ser elevados, total o parcialmente, al plano de la “conciencia de objetos”, esto es, al plano de la “auto-observación”.

Finalmente, existen vivencias que, por principio, no podemos objetivarlas. A este grupo pertenecen los actos espirituales y las pre-decisiones. Y también lo que Hengstenberg llama lo “ctónico” de la persona.

Los actos espirituales y las Pre-decisiones constituyen el contenido de lo Supraconsciente cuyo carácter fundamental es ser conocido por nosotros de modo “a-objetivo”, “intuitivamente”.

Conviene saber que con la expresión “acto espiritual” Hengstenberg se refiere a la capacidad cognitiva fundamental del Espíritu (es decir, del componente metafísico de nuestro ser), que tiende a expresarse en el “Polo Vital” de la Persona, esto es, en su componente psico-corpóreo. Más en concreto, Hengstenberg define el acto (siguiendo a Scheler) como “aquella realidad espiritual que corresponde al alumbramiento de una esencia”. Los actos son descubridores de las Entidades que aparecen en nuestro Mundo y en cuanto tal preceden a las funciones psico-corpóreas cognitivas, volitivas y afectivas.

Frente a estas Entidades, subsistentes en sí mismas o por sí mismas, podemos adoptar tres actitudes fundamentales, a saber, la “actitud objetiva”, cuya expresión más alta es el amor, la “actitud inobjetiva”, manifestada en el odio y el abuso, y la “actitud utilitaria” que puede combinarse con las otras dos.

Ha de tenerse en cuenta que estas actitudes son posibilidades fundadas en su Espíritu y que al ser potencialidades, el Ser Humano tiene que elegir entre ellas para transformarlas en actualidades. Tal elección es la “decisión primordial”. Decisión que hay que tomar frente a cada “criatura singular” que aparece ante los “ojos” del Espíritu, frente a “clases de criaturas” o frente al Mundo en su totalidad.

La “decisión primordial” es algo muy importante para nuestra vida ya que de ella brotan los impulsos, motivos, móviles y fines conscientes que guían las acciones u omisiones a lo largo de nuestro existir y en cuanto tal es el fundamento último de nuestra actitud moral.

Por último, sólo queda por decir que podemos saber cuál es nuestro “carácter moral” profundo gracias a la “voz de la conciencia” pues a través de ella podemos intuir (esto es, conocer a-objetivamente) cuál es el signo de nuestra predecisión originaria y por tanto saber lo que realmente queremos ser y hacer en nuestra existencia fenoménica.

EL CONOCIMIENTO Y SUS MODOS

En el “espectro” consciente de la Mente se distinguen fundamentalmente vivencias de conocimiento, vivencias volitivas y vivencias impulsivo-emocionales. Expondré las ideas de algunos filósofos sobre las “funciones cognitivas”.

A este propósito debo recordar que Max Scheler en su ensayo titulado “Formación y Saber”, distingue entre saber de dominio, saber de formación y saber de salvación. Que Philipp Lersch, en su monumental obra de Psicología Humanística que lleva por título “Estructura de la Persona”, diferencia entre “Función Instrumental-Intelectual” y “Función Ideo-Espiritual” del Pensamiento. Finalmente, que Ken Wilber, en “Los Tres Ojos del Conocimiento”, estudia profundamente las “vías de acceso cognitivo a la Realidad” y los “fundamentos lógicos y operacionales” del Conocimiento.

En las líneas que siguen me limitaré a comentar las nociones de Wilber. Los conceptos de Ken Wilber sobre el Conocimiento.

En su obra titulada “Los Ojos del Conocimiento” Wilber expone sus ideas sobre “un paradigma cognitivo integral”, “los tres accesos cognitivos a la Realidad”, “la validación de los datos obtenidos por observación directa” (esto es, los criterios de la Verdad) y la “clasificación de las Ciencias”.

Veamos lo que implican estos conceptos:

El Paradigma Cognitivo Integral

La idea de Wilber sobre lo que puede ser un “Paradigma Cognitivo Integral” del futuro la presenta brillantemente en el comienzo de su ensayo “Ojo a Ojo” y por ello transcribo literalmente sus palabras:

“Hoy día se habla mucho de “paradigmas” especialmente de paradigmas “nuevos y superiores”, una especie de superteorías o visiones globales del Mundo que no sólo abarcan todas las Ciencias Físicas sino que también incorporan el conocimiento superior que nos aporta la Filosofía, la Psicología y la Religión Místico-Transcendental. De alcanzar tal visión habríamos logrado por fin algo importante, un auténtico paradigma globalizador, una verdadera “teoría del campo unificado” que englobe la Ciencia, la Filosofía y la Religión Mística. En realidad, esto es, lo que afirman hoy en día especialistas muy cualificados, sensatos y dotados, procedentes de muy diversos campos. Algo verdaderamente extraordinario. Más adelante quedarán claras las implicaciones y el significado de esta afirmación. Por el momento supongamos que tal paradigma provisional es posible y califiquémosle de “paradigma transcendente”. Así pues, “paradigma transcendente” es un conocimiento global que no sólo incluye el “hardware” de las Ciencias Físicas sino también el “software” de la Religión Místico-Espiritual”.

Los caminos de acceso a la Realidad. Los “Tres Ojos del Conocimiento”

Wilber afirma que para conseguir un conocimiento integral de la realidad es preciso tener en cuenta los datos que nos suministran tres accesos directos a ella, accesos que Wilber llama el “ojo de la carne”, “el ojo de la mente” (o de la Razón) y el “ojo del espíritu”.

Con el “ojo de la carne”, es decir, con los órganos de los sentidos externos, obtenemos datos del Mundo sensible exterior.

Con el “ojo de la mente” conseguimos datos de nuestra propia realidad interior, estos es, datos referentes a la psique.

Finalmente, el “ojo del Espíritu”, que se abre en el acto místico, nos permite transcender el Mundo Inmanente (exterior o interior) y contactar experiencialmente con lo Divino, esto es, con el Fundamento Último (o Primero) de toda Realidad.

Validaciones de los datos observacionales directos. Los criterios de la Verdad

Pero para obtener un conocimiento válido no basta con la experiencia directa de los diversos aspectos de la Realidad pues si no utilizamos ciertos criterios de validación los tres ojos de conocimiento pueden inducirnos a error. Pues bien, para cualquiera de los accesos cognitivos a la

Realidad valen tres criterios, que permiten asegurarnos de la corrección de nuestra experiencia cognitiva, a saber:

Criterio instrumental o preceptivo. Se trata de un conjunto de instrucciones, simples o complejas, internas o externas, que, en cualquier caso, afirme siempre la misma forma: “Si quieres saber de esto debes hacer esto otro”. (Si quieres conocer como son las células toma un trozo de tejido fresco, fíjalo en el formol, inclúyelo en parafina, corta el bloque en delgadas láminas que has de adherir a un porta-objetos, elimina la parafina, tiñe el tejido con hematoxilina-eosina, deshidrata las láminas de tejido y cubre todo con un cubre-objetos).

Criterio iluminativo o aprehensivo. Se trata de una visión iluminativa y evidente por sí misma (exterior, interior o espiritual) realizada por el ojo particular del conocimiento que nos sirve de acceso a los hechos que queremos conocer. Para conocer algo, después de ajustar el aparato cognitivo siguiendo previamente las normas contenidas en las instrucciones, es preciso “abrir los ojos” y “mirar”, libre de prejuicios, el aspecto de la Realidad global que deseamos conocer. (Para continuar el ejemplo precedente: después de cubrir la preparación con el cubre-objetos colócala en la platina del microscopio y mira atentamente (y sin prejuicios) lo que ves por el ocular. En este caso contemplarás las células cómo son y qué estructura tienen).

Finalmente, criterio comunal, esto es, compartir la visión intuitiva con otras personas que utilicen el mismo ojo que nosotros. Si la visión de los demás coincide con la nuestra tenemos entonces una prueba comunal o consensual de la verdad de la visión. (Sigamos con el ejemplo precedente: invita a otras personas a mirar por el microscopio y discute con ellas lo que se ve siguiendo las normas del “socialismo lógico”. Si llegáis a un acuerdo sobre algún aspecto o sobre la totalidad de lo visto podéis estar seguros de la verdad de vuestra observación).

Tipos fundamentales de Ciencias

Una vez dilucidados los conceptos precedentes, paso ahora a exponer qué entiende Wilber por “Ciencia” y su clasificación de la Ciencias.

Por Ciencia, dice Wilber, “entiendo explícitamente cualquier disciplina cognitiva que se someta conscientemente a los tres criterios de recogida y verificación de datos procedentes tanto del Mundo sensible como del Mundo transcendente”.

La utilización correcta del “ojo de la Mente” nos permite elaborar un importante conjunto de Ciencias fenomenológicas, racionales, hermeneúticas, semióticas o dialógicas (los datos de estas últimas se obtienen dialogando con seres humanos y de ahí su nombre de “dialógicas”). Tales son, entre otras, la Psicología introspectiva, normal o patológica, la Lógica, las Matemáticas puras, la Lingüística, la Sociología, la Historia, la Filosofía, etc.

La utilización correcta del “ojo de la carne”, combinada con los datos de la Lógica y de las Matemáticas puras da origen a las Ciencias Empíricas o monológicas. Entre los objetos más sobresalientes de estas Ciencias creadas por la colaboración del “ojo de la Mente” y del “ojo de la carne” podemos citar la Química, la Física, la Astrofísica y la Biología, esto es, las llamadas Ciencias de la Naturaleza.

Finalmente, cuando los datos proceden del ámbito trascendente hablamos de Ciencias Translógicas, Transcendentales, Transpersonales o Contemplativas. Pero seremos muy cuidadosos de dividir a estas últimas en dos clases:

Ciencias Mandálicas: resultan del intento de la Mente de clasificar y categorizar (aunque sea de modo inadecuado) los datos trascendentales. Ello incluye la cartografía mental de los reinos trascendente, “argumentos racionalmente plausibles” de la existencia del Espíritu Absoluto, discusiones verbales sobre la Divinidad, etc. En resumen, la Teología Racional tal como fue desarrollada por los filósofos Escolásticos, es una Ciencia Mandálica.

Ciencias Numerológicas o Gnósticas: es el conjunto de actos místicos que nos permiten percibir directamente (esto es, vivenciar) la Divinidad. Se trata pues de la aprehensión directa o intuitiva del Espíritu Absoluto, del Noumenon, del “Darmacaya”, etc.

De nuevo el concepto de “paradigma cognitivo holístico”

Al comenzar la exposición de los conceptos de Wilber acerca del conocimiento tuve ya la oportunidad de citar un párrafo de su ensayo “Ojo por Ojo” y ahora, como final, me parece oportuno citar otro párrafo de “El Problema de la Prueba” pues en él resume Wilber las exigencias que plantea elegir como brújula de nuestro saber un paradigma cognitivo holístico:

“Hoy en día asistimos a la aparición de un nuevo tipo de científico, un científico que dominando una o más ciencias empíricas o fenomenológi-

cas se dedica también al cultivo de la Ciencia Nouménica. Los ejemplos son diversos. La Noética de Mitschell y Hartmann, la Metapsiquiatría de Dean, la Psicología transpersonal de Sutich y Maslow, la Filosofía Perenne o Transcendental de Huxley, etc. Este esfuerzo y el “paradigma transcendental” al que apuntan pretende usar e integrar los ojos de la carne, de la Razón y de la Contemplación haciendo así justicia a la totalidad del espectro de las potencialidades humanas y divinas”.

LA COMUNICACIÓN INTERPERSONAL A TRAVÉS DE LOS SENTIMIENTOS

La comunicación interpersonal es un tema favorito de la Filosofía contemporánea.

En su obra primeriza, “Ser y Tiempo”, Martín Heidegger afirma que la existencia del Hombre en el mundo es, de manera esencial, una “coexistencia-con-los-morir”. En la misma obra Heidegger establece una distinción entre la “coexistencia auténtica” y la “inauténtica”, esto es, entre la auténtica ayuda existencial y el entrometimiento en la vida del Otro.

También Karl Jaspers hace de la “Comunicación Existencial” una condición para lograr la realización de la “Existen”, esto es, la realización del núcleo metafísico de la persona que se relaciona con la “Transcendenz” y que se expresa en el Amor y en la “Lectura de la Escritura Cifrada” de la Transcendencia.

En Ortega y Gasset y Zubiri se encuentran ideas similares a las expresadas por Heidegger y Jaspers.

En esta lista de pensadores que han reflexionado sobre la “coexistencialidad esencial del Individuo Humano” no puede faltar el nombre de Martin Buber, el creador de la “Antropología Dialógica” admirablemente expuesta en su obra magistral “Yo y Tú”.

Por último debo decir que Max Scheler publicó en 1913 un libro pionero, “Esencia y Formas de la Simpatía. Del Amor y del Odio”. En él se ocupa, entre otras cosas, de la comunicación interpersonal a través de los afectos y de las emociones. Sus ideas son tan importantes que me parece oportuno exponerlas con cierto detalle.

La clasificación de los sentimientos y las relaciones interpersonales por medio de las distintas formas de simpatía según Max Scheler.

En el libro ya citado Scheler establece una clasificación muy valiosa de los sentimientos y luego hace un estudio muy profundo de los modos fundamentales de la “sim-patía”, esto es, de los modos de la relación interpersonal a través y por medio de la vida emocional.

Veamos con algún detalle lo que implican ambos temas.

Tipos de sentimientos

Atendiendo a su cualidad y a su menor o mayor proximidad al “Yo” Scheler establece esta gradación de los sentimientos:

– *Sentimientos-sensaciones*: se trata de vivencias emocionales muy elementales y de carácter ambiguo pues pueden ser consideradas como sensaciones o como sentimientos. Ejemplos sobresalientes son el dolor, la voluptuosidad, el cosquilleo, etc. Los sentimientos-sensaciones se localizan en una parte concreta del cuerpo y tienen una cierta cualidad extensiva.

– *Sentimientos vitales*: estos sentimientos también son señales corporales pero hacen referencia al organismo viviente en su totalidad y por eso no se pueden localizar en una parte concreta del cuerpo. Entre ellos destacan los sentimientos de frescura, cansancio, vitalidad exaltada o deprimida, descanso, relajación, tensión, enfermedad o salud. Todos estos elementos no son vivenciados como cualidades del Yo anímico que posee un cuerpo. Se extienden vagamente por la totalidad de la unidad corporal y su vinculación al Yo se hace indirectamente a través de la vinculación del soma al Yo.

– *Sentimientos anímicos*: estos sentimientos son más “profundos” que los precedentes y tienen una doble referencia: En efecto, por una parte son sentimientos suscitados por “objetos” percibidos, imaginados o representados. Por eso, se dice que son intencionales y a través de ellos el sujeto capta valores (positivos o negativos) “de esos objetos”. Pero por otra parte hacen referencia inmediata al Yo, son cualidades afectivas del Yo, no del cuerpo. Los sentimientos anímicos son muy variados y es difícil nombrar a todos. Además son muy ricos en matices y ello aumenta considerablemente su riqueza.

Quien quiera hacerse un idea de su complejidad puede consultar el libro de Lersch “Estructura de la Persona”. Lo que este psicólogo humanista llama “sentimientos del ser individualizado” (el espanto, la excitación, la rabia, el temor, la confianza o desconfianza, contento y descontento, envidia, pudor, etc.), “sentimientos transitivos” (alegría en la crea-

ción, sentimientos noéticos, etc.), y “sentimientos del destino” (espera, esperanza, preocupación, etc.) pueden ser considerados como ejemplos de los “sentimientos anímicos” de Scheler.

Para comprender mejor lo que afirma Scheler de estos sentimientos realizaré un análisis somero de la vivencia del temor. El temor es un reacción afectiva del yo, de un yo que se siente amenazado en su existir o por el posible impedimento en la consecución de sus fines más queridos. Pero además el temor descubre a ese yo “objetos” que tiene la cualidad de poner en peligro su vida. Esto es, son objetos que poseen un valor negativo, un contravalor, el contravalor de lo peligroso y lo amenazante.

– *Sentimientos espirituales o metafísicos-religiosos*: estos sentimientos son muy profundos porque expresan la relación de la Persona (o Espíritu) con lo Absoluto. Entre ellos se cuentan la beatitud, la seguridad, la desesperación (por sentirse rechazado por el Poder Supremo), etc.

FENOMENOLOGÍA DE LOS FENÓMENOS DE SIM-PATÍA

El término “sim-patía”, tal como, lo entiende Scheler (basándose en su etimología) se refiere a la capacidad que tienen los seres humanos de relacionarse entre sí, más allá del lenguaje y el pensamiento, a través de la vida emocional. Esta interrelación tiene matices muy variados y Scheler establece la siguiente clasificación de ellos:

– *Comprensión afectiva (Nachfühlen)*: es la capacidad de comprender los sentimientos de los otros a través del lenguaje, del gesto y la mímica. Se trata de una comprensión inmediata y no por deducción o experiencia previa. Cuando alguien me dice que está triste yo entiendo inmediatamente lo que ocurre en su intimidad. Entiendo lo que es la tristeza que él siente en ese momento y gracias a ello puedo compartir su vida afectiva en niveles más profundos. Niveles que describo a continuación:

– *Compartir con otro (u otros) un mismo sentimiento (Miteinanderfühlen)*: en este caso un mismo y único sentimiento vivido al unísono por dos o más personas. Scheler cita el caso de una madre y un padre que están acompañando a un hijo gravemente enfermo... Una sola tristeza profunda embarga el alma de esos padres. No se trata de que el padre esté triste y la madre también y de que cada uno de ellos sepa la tristeza del otro. En realidad no hay dos tristezas sino un sólo sentimiento de aflicción compartido en común por la madre y por el padre.

– *Compasión o eco afectivo (Mitfühlen)*: a diferencia de lo que ocurre en “Miteinanderfühlen” en el caso que ahora nos ocupa, la compasión (con-dolencia o con-gratulación) en sentido estricto, se caracteriza porque se dirige intencionalmente al sufrimiento o alegría del otro. En estas circunstancias yo puedo sentir una emoción diferente del otro. Depende de mi relación con él. Si él es enemigo mío su sufrimiento puede despertar alegría en mí. Si es mi amigo yo también sufriré. Pero siempre se trata de dos sentimientos, no de un sólo sentimiento compartido por los dos. Su sufrimiento y mi alegría, su sufrimiento y mi sufrimiento, eco del suyo (en este caso la com-pasión es con-dolencia), su alegría y mi alegría (la com-pasión es ahora con-gratulación), etc.

– *Contagio afectivo (Psychische Ansteckung)*: tal es el caso cuando alguien entra en un lugar público donde reina la alegría. En pocos minutos él será contagiado por la alegría general. Pero se trata de una simple reproducción inconsciente de los sentimientos manifestados por los gestos, el bullicio y las expresiones de los otros, y las alegrías de ellos pasan a ser un sentimiento propio del sujeto contaminado. Pero tal contagio afectivo es superficial y cuando el individuo sale de la taberna para ir al trabajo o a su casa la alegría desaparece en poco tiempo. No deja huellas duraderas en su alma.

– *Identificación (Einsfühlung)*: en la identificación desaparecen los límites entre el yo propio y el yo ajeno y se llega así a la fusión total de un ser psíquico con otro. Scheler interpreta este fenómeno suponiendo la existencia de una entidad vital suprapersonal (la “Vida Total” o “Vida Universal” [All-leben]) que engloba en su seno a todos los individuos y que cuando en ciertas circunstancias se rompen las fronteras aparentes de los individuos estos vivencian su unidad radical metafísica.

– *Aplicación de estas nociones de Sociología*: Scheler ha realizado profundas reflexiones sobre el fenómeno sociológico y ha escrito libros pioneros sobre este problema. Entre ellos cito “Escritos sobre Sociología y Cosmovisiones” y “Formas del Saber y la Sociedad”.

En “Esencia y Formas de la Simpatía” Scheler distingue tres formas fundamentales de manifestarse la sociabilidad, a saber: la masa, la comunidad y la sociedad.

La masa se funda en el contagio afectivo. A diferencia de ello la comunidad (p.e. la familia o el pueblo) está constituida por personas vinculadas entre sí por las distintas formas de simpatía.

Por último, la sociedad es una unidad artificial basada en la fría razón que establece un objetivo en común, un pacto de obligaciones y derechos y un método racional para conseguir el fin propuesto.

Otras ideas de Max Scheler en “Esencia y formas de la Simpatía”.

El libro que comento es riquísimo en ideas profundas y atractivas. Sólo quiero señalar que en un apartado del libro Scheler considera de qué modo puede un individuo aprehender la intimidad de otro, esto es, como se da el yo ajeno. Y que toda la segunda parte de la obra está dedicada a hacer un estudio magistral del Amor y el Odio, estudio prolongado en su tratado de Ética (“El Formalismo en la Ética y la Ética Material de los Valores”) y en sus brillantes ensayos “Amor y Conocimiento” y “Ordo Amoris”.

PSICOLOGÍA Y PAIDEIA DE LA VOLUNTAD

El tema de la Voluntad ha sido tratado a fondo por Willian Stern (“Psicología General desde el punto de vista personalista”), por Philipp Llersch (“Estructura de la Persona”) y por Roberto Assagioli (“El Acto de Voluntad”).

El estudio de la Voluntad realizado por Assagioli tiene una gran importancia teórica y práctica, ya que el psicólogo italiano (Nacido en Venecia en 1888), creador del método Psicoterapéutico llamado “Psicosíntesis”, investiga el acto de la voluntad con vistas a la educación de este importante factor dinámico de la Mente.

Veamos, con algún detalle, como concibe Assagioli la “paideia” del acto volitivo.

Primer estadio en la educación de la voluntad: Descubrimiento vivencial de la Voluntad

La educación de la voluntad comienza con un paso importante: la persona tiene que ser consciente de que en su alma existe realmente esa fuerza que llamamos voluntad y esta toma de conciencia se desarrolla en tres fases, a saber:

- Reconocer conceptualmente, en abstracto, que la voluntad existe.
- Conciencia existencial de que yo, persona concreta e individual, tengo voluntad.

– Finalmente, descubrir que no sólo tengo voluntad sino que yo soy voluntad, esto es, que el núcleo íntimo de mi yo, como afirma Schopenhauer, es la voluntad.

Una vez realizado este descubrimiento existencial de la voluntad, el individuo puede educar su voluntad recorriendo varios niveles que Assagioli designa con estos términos: voluntad fuerte, voluntad sabia, voluntad buena, voluntad transpersonal y voluntad universal.

El Nivel de la Voluntad Fuerte

Es evidente que en la vida no basta con decidirse a hacer o ser algo, pues, cuando de la decisión pasamos a la ejecución tropezamos con numerosos obstáculos que frenan o desvían la consecución del objeto deseado. Por ello hay que fortalecer la decisión tomada y luchar contra las adversidades de la “situación” o del “destino”. Pues bien, en esto consiste lograr una voluntad fuerte.

El nivel de la voluntad sabia

Pero para conseguir los objetivos deseados no basta con decisiones tenaces y sostenidas, hay que conocer las leyes de la naturaleza y las leyes que regulan las intersecciones entre los distintos fenómenos psíquicos. Sólo este conocimiento nos permite modificar el transcurso de los acontecimientos externos e internos, y de este modo alcanzar el fin que colme nuestros deseos y necesidades.

Dicho con otras palabras, la voluntad fuerte y sabia nos capacita para cambiar la Naturaleza exterior y esa misma voluntad fuerte y conocedora de las influencias recíprocas entre deseos, sentimientos, imágenes, voliciones, etc., nos permite influir en el curso de la vida mental modificándola adecuadamente.

Se puede decir que lo que Assagioli llama voluntad sabia corresponde a una voluntad apoyada por lo que Scheler define como “saber de dominio”.

El nivel de la voluntad buena

Ahora bien, una persona provista de voluntad fuerte y sabia no ha llegado aún a la cúspide de la educación de su voluntad, pues esta persona puede utilizar su fuerza de voluntad y sus conocimientos habilidosos para conseguir objetivos que son destructores de su propia personalidad ideal, de las personas que conviven con ella e incluso de la misma naturaleza.

Por eso la educación de la voluntad tiene que culminar en el logro de una voluntad buena. Ello quiere decir que debe proponerse conseguir que la persona se haga receptiva a los valores éticos fundamentales.

Creo oportuno citar en este punto las propias palabras de Assagioli:

“Hemos visto cómo la voluntad individual tiene el poder de enderezarse a sí misma y dirigir hábilmente la actividad de otras funciones mentales. Pues bien, llegado a este punto, la voluntad individual debe encarar otra tarea superior, a saber: la de disciplinarse y elegir metas coherentes con el bienestar de otras personas y con el bienestar común de toda la Humanidad”.

El Nivel de la voluntad transpersonal

El acceso al nivel ético de la voluntad se continúa, sin límites claros, con la consecución de una voluntad transpersonal, pues en los valores morales apunta ya una cualidad fundamental del espíritu humano, a saber: “salir-fuera-de-sí-mismo” (según la expresión de Lersch) e identificarse con los otros seres (humanos o no humanos) para participar en su desarrollo y perfeccionamiento.

En el amor (y en otros muchos actos espirituales) se pone de manifiesto esta preocupación del espíritu por “lo otro” que no es él. No olvidemos que el amor, además de “embeleso” por el ser amado, es también fuente de acciones altruistas que, utilizando una frase de Kierkegaard, pueden ser llamadas “las obras del amor”. Entre ellas destacan (como muy bien ha descrito Fromm) el cuidado del ser amado, el sentirse responsable de su “bienestar ontológico”, el respeto a él debido y el conocimiento de lo que es esencialmente, para conseguir que en su ser fáctico se exprese su “imago ideal”.

El Nivel de la Voluntad Universal

Por último, el nivel de la voluntad universal es la dimensión religiosa pues consiste en la identificación de la voluntad individual con la Voluntad del Ser Universal o “Sí-Mismo Universal”.

En términos de Teología Mística esto significa que el individuo humano alcanza su pleno desarrollo cuando quiere lo que Dios quiere, cuando su voluntad es conforme con la Voluntad de lo Divino.

Para terminar este breve resumen de los conceptos de Assagioli quiero advertir que su libro no es exclusivamente teórico ya que en todos sus capítulos presenta métodos prácticos que pueden ser configurados como

“técnicas pedagógicas” prácticas que ayudan a conseguir los distintos niveles de la educación de la voluntad.

Así, por no citar más que un ejemplo de los muchos que figuran en el texto, para conseguir una voluntad fuerte Assagioli recomienda la “práctica de ejercicios inútiles”, de “ejercicios que refuerzan la voluntad” y de “ejercicios de la voluntad en la vida cotidiana”.

LA DIMENSIÓN TRANSPERSONAL DE LA MENTE Y EL YO

El Problema de la Dimensión Transpersonal de la Mente y el Yo suscita interés entre psicólogos y filósofos contemporáneos.

A modo de introducción a este tema citaré ejemplos concretos en los que se pone de manifiesto la susodicha Dimensión Transpersonal.

Ante todo citaré los fenómenos parapsicológicos tales como telepatía, clarividencia, precognición, (diferentes modos de percepción extra-sensorial) y telekinesia (o psicokinesis).

A ellos hay que añadir las experiencias en el umbral de la muerte.

Finalmente pertenecen a este grupo las experiencias espirituales o místicas.

Todos estos fenómenos tienen una cosa en común a saber: la ruptura de los límites de la Mente y el Yo; gracias a ello el Yo y la Mente van más allá de la conciencia ordinaria y entran en contacto directo e inmediato con la mente y el yo de otras personas (p.e.: telepatía), con objetos o eventos que no están presentes en el campo de la conciencia ordinaria (p.e.: clarividencia y precognición) y con entidades espirituales transmundanas (p.e.: el trance místico).

Como he dicho, estos fenómenos transpersonales son estudiados con mucho interés por psicólogos y filósofos contemporáneos y se publican muchos libros sobre esta problemática. Entre ellos recomiendo los siguientes:

- Charles T. Tart: “Psicologías Transpersonales”.
- Stanislav Graf: (Con la colaboración de Hal Zina Bennet): “La Mente Holotrópica. Los Niveles de la Conciencia Humana”.
- Hans J. Eysenck y Carl Sargent: “Explicando lo no explicado”.
- Raymond A. Moody: “Más allá de la Luz”.

– Ken Wilber: “La Conciencia sin Fronteras”.

“El Proyecto Atman”.

“Breve Historia de todas las cosas”.

Me ocuparé exclusivamente de las “experiencias místicas”, “experiencias cumbre” (Maslow) o “conciencia cósmica” (Brucke).

La definición de la experiencia mística por Karl Jaspers

Karl Jaspers, el genial filósofo existencialista alemán, ha reflexionado en varias de sus publicaciones sobre el fenómeno del misticismo y lo considera como una de las vías de acceso a la Transcendencia. En su monumental obra titulada “de La verdad” Jaspers alude al misticismo con estas palabras:

“La Transcendencia (lo Divino, Dios, el Ser Absoluto, etc.) se hace presente en la “unio mystica” con desaparición de todos los fenómenos.

Retrocediendo ante todos los Entornantes (el Entornante Mundo y los Entornantes que somos nosotros [Dasein, Bewusstsein überhaupt y Geist]) y gracias a la unificación de nuestra Mismidad con la Transcendencia ésta se hace presente ante nosotros. Pero sin Tiempo, sin Mundo, con desaparición de cualquier modo de Yoidad y de todo Objeto.

Lo que los místicos han descrito, sin poder describirlo, es algo de cuya experiencia no es posible dudar. Lo que ello sea es inaccesible para el Ser Humano que vive en el Mundo. También el místico, que despierta de nuevo al Mundo (después del rapto místico) sólo puede informar de aquello que ya no comprende. Pero recordando su vivencia porta en sí una experiencia que apaga la importancia de cualquier otra cosa. Él es dirigido por esa experiencia y hace transcurrir su vida como una nueva vida en el Mundo.”

Las nociones de Kent Wilber sobre el desarrollo de la conciencia, el Yo y las experiencias místicas

En su libro “Breve Historia de todas las Cosas” Wilber, además de otros muchos temas tratados con profundidad y claridad inigualadas, presenta brillantemente sus ideas sobre la evolución de la conciencia (yo diría de la Mente) (capítulo 9) y sobre los dominios supraconscientes o transpersonales (capítulos 12 y 13).

Según Wilber el desarrollo de la conciencia ordinaria (léase Mente Ordinaria) desde el nacimiento hasta la madurez se realiza en seis etapas

principales. Cada etapa supone un ascenso con respecto a la precedente, un nivel o escalón superior. Para expresar este hecho Wilber utiliza la metáfora de la escalera. La conciencia ordinaria, considerada en su desarrollo, es una escalera de seis peldaños y el Yo es el escalador que sube los peldaños siguiendo un proceso complejo marcado por tres momentos: identificación con un escalón determinado, diferenciación de ese escalón para poder pasar al siguiente superior, e integración en su ser de algunos aspectos del escalón inferior abandonado.

Por lo demás en cada escalón el Yo contempla un paisaje determinado del Mundo y de sí mismo.

Los peldaños 7, 8 y 9 de esta escalera corresponden al desarrollo de la conciencia transpersonal. En ellos se producen las experiencias místicas. En los escalones místicos el Yo contempla el paisaje de los diferentes aspectos de “lo Divino” y descubre además su núcleo metafísico, núcleo que en la tradición Cristiana se llama Alma y en la tradición Hindú Atman. La Mente y el Yo son vestiduras fenoménicas del Alma, el Velo de Maya subjetivo que nos impide ver nuestra Esencia Profunda.

Para entender mejor estas ideas de Wilber presentaré a continuación la imagen del mundo ideada por Plotino (205-270 d. C.), el genial fundador del Neoplatonismo y discípulo de Ammonio Sakkas (175-242 d. C.).

Según Plotino la cúspide del Universo está constituida por el Ser Supremo, lo Uno, lo Eterno, el Bien. Lo Uno es inefable e incognoscible para el entendimiento normal del ser humano. Es semejante al Brahmán sin atributos de la escuela vedanta del Hinduismo.

Este Ser Supremo crea el Universo por emanación de su propia riqueza y sobreabundancia. Del mismo modo que el sol irradia calor sin perder por ello nada de su substancia, del Ser Supremo emana, como un destello o una sombra de Sí Mismo, todo lo existente.

La primera emanación es el Espíritu Divino, el Logos, que contiene en su ser las Ideas o Modelos de todos los seres que forman el Universo Visible.

La segunda emanación es el Alma del Mundo que, al igual que el Demiurgo platónico, crea (siempre por emanación) los seres concretos del Universo constituidos por Almas individuales (tercera emanación) “aprisionadas” en cuerpos materiales (la Materia es la cuarta y última emanación).

Por cierto, entre el Alma del Mundo y las almas individuales existe una reacción que Plotino describe como relación de inherencia. El Alma íntegra del Mundo está toda ella presente en cada Alma Individual.

De esta concepción general del universo se deriva cuál debe ser el fin último del Ser Humano. El Alma Individual de cada ser humano debe liberarse de la Materialidad adherida a ella y por un ascenso ascético y místico gradual retornar al Seno del Ser Supremo.

Volvamos ahora a las ideas de Wilber. El paisaje que contempla el Yo escalador desde los peldaños 1 a 6 de la escalera de la consciencia es el Universo Visible, esto es, la tercera y cuarta emanación según el esquema de Plotino.

A medida que el Yo asciende de la etapa 1 a la etapa 6 la consciencia (la Mente) se perfecciona y su experiencia del Mundo Sensible y de Sí Mismo es más profunda. En el escalón 1, que comienza inmediatamente después del nacimiento, la consciencia es muy primitiva y el niño está identificado con el mundo físico. En el escalón 2 (entre los meses 1 a 12) el Yo se diferencia del Mundo y toma consciencia de él y de sí mismo a través de emociones primitivas e imágenes elementales. En el escalón 3 (entre 15 meses a 2 años) el Yo alcanza el nivel de la mente representativa. Las imágenes se hacen más refinadas y además aparecen símbolos y conceptos. El escalón 4 (desde 6 años hasta los 14) se llama etapa de la “mente reglador o “estadio cognitivo operacional concreto”. Esto implica la capacidad de aprender reglas mentales y de asumir roles mentales. Y sobre todo, la capacidad de asumir el papel y el punto de vista de los demás. La etapa 5 (desde los 11 a los 15 años) es la etapa de la “operaciones formales” que permiten al Yo, entre otras cosas, operar sobre su propio pensamiento. Finalmente la etapa 6 (que surge hacia los 21 años) se caracteriza porque el Yo alcanza el nivel de la “visión lógica” o “lógico-global”. Además el Yo consigue una integración entre la mente y el cuerpo.

Como antes he dicho los escalones 7 a 9 son otras tantas etapas de la experiencia mística del Universo.

En la etapa 7 (etapa “psíquica”, así llamada porque en ella son frecuentes los fenómenos paranormales) el Yo contempla cara a cara el Alma del Mundo.

Por ello Wilber designa este misticismo con el nombre de Misticismo Natural. Emerson es el gran representante de esta modalidad de misticismo.

En la etapa 8 (etapa sutil) el Yo escalador accede a la visión directa del Misticismo Teísta, la visión del Dios personal cuyo ejemplo más eminente son las experiencias místicas de Santa Teresa de Jesús.

Finalmente, en la etapa 9 (causal) el Yo escalador se percata de lo Uno Inefable (de Brahmán sin Atributos). Así sucede en el Misticismo Sin Forma característico de la experiencia mística del maestro Eckhart.

No olvidemos que la contemplación de lo Divino en la etapas 7 a 9 se acompaña del descubrimiento, por parte del Yo, de su Esencia Metafísica, de su Verdadera Mismidad, de su Alma. En la etapa 7 el Alma Individual es experimentada como englobada en el Alma Universal. En la etapa 8 el Alma se siente como unida a Dios. Finalmente, en la etapa 9 el Alma se funde a Dios.

Para terminar el tema de la Psicología transpersonal y terminar también este capítulo plantearé un interrogante:

¿Qué “Paisaje Transcendente” “ve” el Yo de San Juan de la Cruz, en la fase de Contemplación de su experiencia mística?

Es sabido que la Vía Mística de Juan de la Cruz pasa por tres etapas sucesivas, a saber: Ascetismo, Meditación y Contemplación o Mística Teológica.

La Contemplación se alcanza vaciando previamente la mente de todo contenido. Esto es, vaciándola de percepciones, imágenes, ideas, nociones, pensamientos, recuerdos y deseos. Por cierto, que a los contenidos cognitivos Juan de la Cruz los llama “aprehensiones, noticias e inteligencias que pueden caer en el entendimiento” y distingue entre los que se producen por vía natural y los que alcanzan la mente por vía sobrenatural, esto es, los que brotan en ella por acción directa de lo Divino en el ser humano.

Una vez conseguido este vacío interior se puede entrar en contemplación cuya esencia consiste en la inmersión de la mente y del yo en los Abismos de Dios y Experiencia Directa (inmediata, no perceptiva, no imaginativa, no conceptual) de Su Ser.

Repito de nuevo la pregunta, ¿qué ve el yo de San Juan de la Cruz en estos momentos de trance, arrebató, éxtasis, rapto, “aspirar sabroso de Bien y Gloria lleno”, iluminación, meditación sin objeto, despertar (o satori como se dice en el Budismo Zen)?

Respuesta a este interrogante:

– Como ya he dicho, Visión Directa del Ser Dios, de sus Atributos Esenciales y de sus Nombres.

- Visión de la Unión Sustancial, Esencial o Natural del Alma con Dios.
- Visión de la Unión de Semejanza, Sobrenatural o de Transformación del Alma con Dios.

– Finalmente, Visión de la relación Ontológica entre Dios y las Criaturas del Mundo. Esta relación se define en tres expresiones complementarias, a saber:

- Dios mora o habita en todos los seres (Teo-pantismo. Dios en todo).
- Todos los seres están en Dios (Pan-en-Teísmo).
- Dios es todos los seres.

Por lo demás, estas vivencias y otras muchas que no relato por no alargar excesivamente la conferencia, los expresa San Juan de la Cruz por medio de un impresionante y bellissimo lenguaje poético, en prosa o en verso. Como muestra de este emocionante modo de expresión cito este párrafo tomado de su comentario a los versos I y II de “Llama de Amor Viva”:

“Pero Dios siempre se está así como el Alma lo echa de ver: moviendo, rigiendo, y dando ser y virtud y gracias y dones a todas las criaturas. Teniéndolas en sí virtual, y presencial y sustancialmente.

“Viendo” el Alma lo que Dios es en sí y lo que es en sus criaturas en una sólo vista.

Y así, lo que yo entiendo como se haga este recuerdo y vista del Alma es que estando el Alma en Dios sustancialmente, como lo está toda criatura, quítale de delante algunos de los muchos velos y cortinas que ella tiene antepuestas para poder verle como Él es, y entonces traslúcese y vese así algo entre oscuramente (porque no se quitan todos los velos) aquel Rostro suyo lleno de Gracias”.

BIBLIOGRAFÍA

- ASSAGIOLI, R. (1989). El Acto de Voluntad. Ed. Trillas.
- BUBER, M. (1993). “Yo” y “Tú”. Ed. Caparrós.
- EYSENK, H. J. y SARGENT, C. (1993). Explicando lo inexplicado. Misterios de lo paranormal. Ed. Debate.
- GÓMEZ BOSQUE, P. (1984). Alma, Cuerpo, Vocación. Reflexión en torno a la Antropología Filosófica de Ortega. Ed. Amigos de la Cultura Científica. Santander.
- GROF, S. (con la colaboración de Halzina Bennet). (1993). La mente holotrópica. Los niveles de la conciencia humana. Ed. Kairós.
- HENGSTENBERG, H. E. (1989). Grundlegung der Ethik. Ed. Königshausen y Neumann.
- JASPERS, K. (1948). Philosophie. Ed. Springer.
- LERSCH, P. H. (1962). Aufbau der Person. Ed. Johann Ambrosius Barth.
- MOODY, R. A. (1989). Más allá de la luz. Ed. Edaf.
- ORTEGA Y GASSET, J. (1927). Vitalidad, Alma, Espíritu.
- SCHOLER, M. (1948). Zur Phänomenologie und Theorie der Sympathiegefühle und von Liebe und Hass. Ed. Schulte-Bulmke.
- STERN, W. (1935). Psicología General. Desde el punto de vista personalista. Ed. Paidós.
- TART, CH. T. (1979). Psicologías transpersonales. Ed. Paidós.
- WILBER, K. (1988). El proyecto Atman. Ed. Kairós.
- WILBER, K. (1991). Los tres ojos del conocimiento. Ed. Kairós.
- WILBER, K. (1996). Breve historia de todas las cosas. Ed. Kairós.



Febrero 1999

