

JOSE SANDOVAL JUAREZ
CATEDRATICO DE ANATOMIA Y EMBRIOLOGIA
(FACULTAD DE VETERINARIA)

EL CEREBRO: UN UNIVERSO EN NUESTRO CUERPO

LECCION INAUGURAL
DEL CURSO ACADEMICO
1993-94



UNIVERSIDAD DE LEON
1993

81
N

JOSE SANDOVAL JUAREZ
CATEDRATICO DE ANATOMIA Y EMBRIOLOGIA
(FACULTAD DE VETERINARIA)



EL CEREBRO: UN UNIVERSO EN NUESTRO CUERPO

LECCION INAUGURAL
DEL CURSO ACADEMICO
1993-94



UNIVERSIDAD DE LEON
1993

UNIVERSIDAD DE LEON



7901090954



UNIVERSIDAD DE LEON
Secretariado de Publicaciones
© José Sandoval Juárez
I.S.B.N.: 84-7719-382-7
Dep. Legal: LE-563-1993
Imprime: Servicio de Imprenta
Universidad de León
León - España

A MODO DE PRESENTACION

Hace treinta años partíamos de este mismo edificio -donde una vez más se nos convoca-, en pos de experiencias renovadoras, como esparanzado pionero. Cuatro años de permanencia en Zaragoza, trece en Córdoba y otros trece desde nuestra arribada para reintegrarnos a esta Universidad, jalonan el perfil itinerante de quien hoy tiene el alto honor de comparecer ante todos ustedes para impartir la Lección inaugural del Curso académico que iniciamos. Bastantes años, ciertamente, pero siempre experimentados en medios apropiados y, por ello, con exponentes muy gratificantes que hemos ido guardando celosamente en el equipaje profundo de nuestra vida.

“El cerebro: un universo en nuestro cuerpo” es el título elegido para esta Lección inaugural. Un título deliberadamente formulado, pues, antes que una conferencia o lección de Anatomía, pretende más bien invocar las potencialidades de este misterioso órgano, asomarnos a él y reflexionar sobre él.

Para su desarrollo pido la venia de mi Rector y, a todos ustedes, que tengan a bien aceptar el mensaje de este profesor que va a intentar cubrir con decoro su comparecencia.

Excmo. Sr. Rector Magnífico de esta Universidad
Excmas. e Ilmas. Autoridades
Claustro académico y alumnos
Señoras, señores y amigos:

...Cuando sé que las formas y colores,
dimensiones, aromas o sabores,
texturas y sonidos
transmiten diligentes los sentidos
de mi cerebro a la ignota infinitud;
cuando espesos racimos de neuronas
urdidas entre redes y coronas
de tenues conexiones
modulan todas esas sensaciones
con sutil y prodigiosa exactitud,
¿qué ocurre en las cavernas de mi mente
cuando brota la idea trascendente,
el sueño borroso,
la angustia del dolor, el ominoso
latir del miedo o la vacua soledad?

(De "Prodigios ocultos";
J. Sandoval, 1992)

HOMBRE, MENTE Y CEREBRO: DE LA METAFISICA A LA CIENCIA

De las páginas de uno de los grandes pensadores de la Humanidad, Platón, extraigo la siguiente frase: “El cuerpo humano es el carruaje; el yo, el hombre que lo conduce; el pensamiento son las riendas y los sentimientos los caballos”. Bien puede servirnos como introductiva a unas referencias en el plano filosófico-metafísico, antes de abordar el núcleo de mi exposición.

En el largo período que va de Grecia a la Modernidad, la presunción, mantenida, de la unidad del hombre tensa la dialéctica entre soma y psique, entre cuerpo y alma. El hombre, entendido como unidad, es la clave de una relación, fundamentalmente, con el mundo exterior. No importa que la unidad se entienda como configuración lograda mediante la “unión accidental” de alma y cuerpo, como postulaba Platón, o que se interprete como unidad substancial que conforma la realidad del hombre en la correlación de dos “principios del ser”, alma y cuerpo, que no siendo algo en sí mismos como entidades separadas, radican al hombre en el orden de lo real si se con-funden, si se funden en la unidad que emerge como ente. El hombre se entiende como ser dotado de una naturaleza en cuanto principio de sus acciones. Un cierto saber, que no dudamos en apellidar psicología, venía exigido y estaba implícito en toda concepción metafísica con vocación de abarcar el Universo, el hombre y la relación entre ambos. Desvelar los secretos del conocer y del obrar: eh ahí el reto antropológico-psicológico del hombre en actitud re-flexiva.

Podríamos afirmar que el saber psicológico fue de siempre un saber púdico, apuntando apenas como exigencia insoslayable, pero sin construir una ciencia en el sentido estricto de la palabra, por entre los pliegues y aún los repliegues de la metafísica. Habrá que esperar a la Modernidad para que una nueva concepción metafísica, de reminiscencia platónica, sienta las bases de lo que vendría a ser “la ciencia psicológica”, previa ruptura de la unidad del hombre que se resuelve en una dualidad de substancias difícilmente interrelacionables.

El artífice de esta ruptura no fue otro que Descartes. Su concepción del hombre aún, en simultaneidad puntual, dos "cosas" distintas entre sí: la "cosa pensante" (*res cogitans*) y la "cosa extensa" (*res extensa*). La cosa pensante apenas recuerda la noción de alma como "principio en virtud del cual pensamos, nos movemos y somos". Es transparente a sí misma en el acto de pensar y puede ser objeto de conocimiento en ese paradójico desdoblamiento epistemológico en virtud del cual yo puedo ser objeto y sujeto de mi conocimiento. El alma se pierde como enigma, pero se encuentra como conciencia, y sus contenidos, ya no anímicos, son entendidos como contenidos mentales. Y estos, al decir del Prof. Pinillos, se interpretan como "entidades intermedias entre el hombre y el mundo exterior". La psicología ya posee un objeto adecuado al acto de conocer. Ya puede convertirse en ciencia. Ya puede, tal objeto, ser observable y experimentable. La paradoja reside en el hecho de que la psicología, para serlo, ha tenido que perder la psique; o lo que es más grave: reducir la noción de alma a la noción de mente. Mente, cuerpo o la interacción entre ambos: esta es la triple vía que, con desigual fortuna, ha recorrido el pensamiento moderno y contemporáneo. La vía del espiritualismo idealizador, olvidadizo de lo concreto, junto al materialismo reduccionista fijado en las estructuras corpóreas; junto a ellas, la vía más fecunda de la psicofisiología, no inteligible si no es desde el golpe metafísico cartesiano que parte al hombre en dos.

A un lado quedó el cuerpo exánime, una especie de autómatas que se movía por medio de reflejos; al otro lado quedó la mente, una cosa pensante, un yo transparente, una conciencia diáfana que, aunque invisible para los demás, estaba perfectamente al tanto de sí misma y sabía de sí en directo. Del alma como principio metafísico ya nunca más se supo. A partir del siglo XVII el principio anímico se volatilizó y la vieja ciencia del alma se fue desvaneciendo lentamente o sobreviviéndose con languidez en los avatares históricos e intelectuales de la Escolástica. Conciencia o mente, espíritu en suma, se nuclea en la Modernidad en torno al concepto del yo que, al fin y al cabo, era el único conocedor de sí mismo. Descartes había dicho que la mente humana era diáfana, que la conciencia era transparente y que, por tanto, el mundo interior era más fácil de conocer que el de fuera. De este

optimismo epistemológico nació, a no dudarlo, la psicología introspectiva y, remotamente, apunta y alienta lo que habría de ser la futura corriente fenomenológica. La psicología moderna emprendió la búsqueda del alma perdida a través de la grieta metafísica abierta por Descartes, pero tan sólo puede hallar los más desvaídos conceptos de Espíritu y Conciencia.

Ya entonces hubo quien sospechó que la conciencia del hombre era sólo la parte superficial de una realidad más profunda y menos racional, a la que el yo, el yo cartesiano, no tenía acceso. Posteriormente se comprobó que la mente humana era más bien una oscura selva indecifrible, donde rugían los instintos y las pasiones. Este presentimiento fue haciéndose más fuerte durante el siglo XIX, hasta que Freud se atrevió a descender a los lugares prohibidos de la mente. Lo que el creador del psicoanálisis encontró en los sótanos del alma no fueron precisamente las ideas claras y distintas que Descartes había imaginado. Allí lucían, en la oscuridad, los ojos del caos; "una mirada dispuesta a sorprender por la espalda a los designios de la razón", según expresión del ya citado Prof. Pinillos.

En su *Crítica de la Razón Práctica* nos dice Kant que hay dos cosas que llenan su mente de creciente y renovada admiración y respeto: los cielos tachonados de estrellas sobre su cabeza y la ley moral en su interior. La primera pone frente al hombre la infinitud del Universo físico que, al conocerlo como desbordando toda posible ponderación, genera en nosotros la inquietud o el problema de nuestra posición en él. La segunda corresponde al yo-conciencia de sí mismo que se aprehende como hombre-persona, emergiendo desde la exigencia de libertad. Mientras aquella anodada al hombre, en expresión pascaliana, esta le exalta a la vivencia de sí-mismo como valor que asume, sin sobterfugios, la responsabilidad de ser inteligente.

El hombre queda emplazado frente al reto de dramatizar su historia en la del Universo, sólo comprensible por la Razón Científica, o frente al desafío de desvelar su destino desvelando las claves de su vida en cuanto vividas. Humanimos materialista o espiritualista: este es el dilema. Ambos no exentos de reduccionismo: esta es la cuestión. La clave del Ser, y aún del ser del hombre, ¿está en la Ciencia? ¿Está en la Vida y sus sinrazones?

En estas reflexiones se fundamenta Popper (1963) para argumentar que el materialismo encierra el germen de su propia superación. La historia de la evolución sugiere que el Universo no ha dejado nunca de ser creador o inventivo. La evolución ha producido muchas cosas que no eran predictibles, al menos por parte del conocimiento humano. El Universo en evolución es creador y la evolución de animales sentientes con experiencias conscientes ha tenido que suministrar algo nuevo. Con la emergencia del hombre es de suponer que la creatividad del Universo se ha hecho evidente, entendiendo por creatividad lo que J. Monod (1975) consideró como "impredictibilidad de la emergencia de la vida sobre la Tierra, impredictibilidad de los seres vivos, pues se dice que cada 23 millones de años se renuevan casi todas las especies. Según las opiniones cosmológicas actuales, entre los acontecimientos emergentes más importantes desde la gran explosión se encuentran la "cocción" de los elementos más pesados (aparte del hidrógeno y el helio que se supone han existido desde dicha explosión), el comienzo de la vida sobre la Tierra y tal vez en otros lugares, la emergencia de la conciencia y, por último, la emergencia del cerebro humano, y del lenguaje humano.

Entre las muchas consideraciones críticas sobre el materialismo, Popper nos dice que últimamente se ha puesto de moda una retirada un tanto tibia de la teoría de la identidad; una retirada a lo que se podría denominar un "materialismo prometedor". El nuevo materialismo prometedor acepta que, en el momento presente, el materialismo de viejo cuño no resulta sostenible, si bien el nuevo nos ofrece la promesa de un mundo mejor; un mundo en que los términos mentales hayan desaparecido de nuestro lenguaje y en el que el materialismo aparezca victorioso. La victoria sobrevendría del siguiente modo. Con el proceso sobre la investigación del cerebro es plausible que el lenguaje del filósofo penetre más y más en el lenguaje ordinario y cambie nuestra visión del Universo, incluso la del sentido común. Hablaríamos cada vez menos de experiencias, percepciones, pensamientos, creencias, intenciones y objetivos, y cada vez más de procesos cerebrales, disposiciones comportamentales y conducta patente. El lenguaje mentalista pasará de moda y se usará exclusivamente en informes históricos, metafórica o irónicamente. Cuando se haya alcanzado este estadio el

mentalismo será letra muerta y el problema de la mente y su relación con el cerebro se habrá resuelto solo.

Basta un análisis somero para ver que carece de base, pues ni siquiera se hace intento alguno de fundamentarlo en un exámen de la reciente investigación sobre el cerebro y su impacto, por ejemplo. No parece que haya más interés en la tesis del materialismo prometedor que aquella que sostenga que llegará el día que quedan abolidos los gatos y los elefantes por el hecho de que dejemos de hablar de ellos: ¿No habremos eliminado las chinches por el sencillo expediente de dejar de hablar de ellas? No tiene el materialismo prometedor mayor alcance que el de una teoría muy peculiar; el de una profecía histórica enunciada desde una opción historicista.

Para aprender a ser un "yo" -nos sigue diciendo Popper- es menester hallarse anclado en las tres categorías de Mundos, y más principalmente en el Mundo 3, o mundo de los productos de la mente humana que resultan de experiencias y vivencias. El niño que crezca en aislamiento social nunca conseguirá alcanzar una plena conciencia de sí. Numerosos datos experimentales demuestran que los animales que se desarrollan en medios enriquecidos presentan córtex cerebrales más densos y masivos que los de medios empobrecidos, pues parece que los estratos neuronales se desarrollan ante todo mediante la actividad, al tener que resolver problemas activa y permanentemente. El resultado es la proliferación de prolongaciones dentríticas en las células corticales y gliales.

El cerebro es poseído por el yo más bien que a la inversa. El yo se muestra casi siempre activo y cabe sugerir que esta actividad es la única genuina conocida. El yo psicofísico activo es el programador activo del cerebro; es el ejecutante cuyo instrumento es el cerebro. También cabe sugerir que no existe un "ego puro" abstraible, sino un yo concreto, increíblemente rico y complejo, el cual, como timonel, observa y emprende la acción simultáneamente; actúa y sufre, evoca el pasado y planea y programa al futuro: espera y dispone.

El yo es siempre el mismo; mas nunca es "lo mismo". Se aprende de la experiencia y, aunque la continuidad del yo asegura en cierto sentido que éste permanece, el yo cambia. Con todo, permanece más auténticamente idéntico a sí mismo que el cuerpo cambiante que lo

sustenta en el mundo. Es lo que Lewin llamó "genidentidad". Las vivencias y experiencias lo modifican, como ya lo expresó Hipócrates en las tres grandes etapas de la vida:

- la niñez, preocupación entre lo bello y lo feo (Estética);
- la adultez, entre lo bueno y lo malo (Ética)
- la vejez, entre la verdad y la mentira (Moralidad, etc.)

En esta concepción dualista-interaccionista se nos ofrece el cerebro como esa máquina de sutileza y complejidad quasiinfinita que, en regiones especiales y condiciones apropiadas, está abierto a la interacción; a lo que se viene llamando el Mundo 2, o mundo de la experiencia consciente.

¿QUE ES EL CEREBRO?

Todos sabemos que hablar del cerebro no es hablar de todo el sistema nervioso central. El cerebro, o mejor aún, los dos hemisferios cerebrales son una parte del encéfalo, pues éste comprende, además, el cerebelo y el tronco del encéfalo que lo continúa con la médula espinal. También sabemos que del encéfalo arrancan 12 pares de nervios craneales y de la médula 31 pares de nervios espinales, y que, salvo raras excepciones, todos y cada uno de estos nervios van dotados de fibras sensitivas o aferentes y de fibras motoras o eferentes. Nos hallamos, en fin, ante un sistema o conjunto de centros nerviosos (o agrupaciones de neuronas) y de vías y conexiones (fibras nerviosas), rutas indispensables para la conducción de las corrientes que nacen en receptores de estímulos (sentidos) y terminan en los órganos efectores, glandulares o musculares.

Mas esta enunciación simplificada del sistema nervioso, incluso como introducción a la materia que tratamos y objetivos que pretende, es a todas luces insuficiente e inconcreta en gran medida. Subyacentes a la corteza cerebral se hallan muchos otros centros -los llamados núcleos de la base del cerebro- así como un importante complejo de centros diencefálicos (epitálamo, tálamo, subtálamo e hipotálamo). Estos centros nerviosos, junto a las no menos numerosas agrupaciones nucleares incluidas en el cerebelo y en el tronco del encéfalo, son estructuras de reconocida influencia, ya sea como centros de recambio

obligado de las sensaciones que deben integrarse en la corteza cerebral, o como eslabones de modulación de la corriente nerviosa motora. Pretender informarles aquí sobre el significado de cada una de estas estructuras, incluso sucintamente, escapa a toda posibilidad; máxime cuando ya he dejado sentada la premisa de no hacer de esta conferencia una lección de Anatomía.

Los neurocientíficos empeñados en la ardua empresa de desvelar los secretos más ocultos del cerebro la consideran como "un viaje a los secretos de la mente". Son exploradores de un universo poco conocido, formado por más de 100.000 millones de neuronas -y un número mil veces mayor de conexiones-, el equivalente aproximado al número de estrellas que pueblan nuestra galaxia. Bien es verdad que cuentan con revolucionarias técnicas de exploración cerebral, con las que ya han comenzado a adentrarse en los rincones de tan complejo órgano y a desvelar funciones tan abstractas como la memoria y el razonamiento.

La complejidad de este entramado cerebral es tan abrumadora que él mismo se basta para coordinar todas las funciones del organismo; desde un simple impulso motor o la inducción de una secreción hormonal hasta la actividad más compleja, como la secreción de una de los cinco millones de glándulas sudoríparas de nuestro cuerpo. Es sorprendente el hecho de que, durante la neurogénesis del estado embrionario y fetal, se formen alrededor de 20.000 neuronas por minuto hasta el nacimiento. El cerebro del niño recién nacido pesa unos 350 g y seis meses más tarde el órgano ha duplicado su peso (700 g), que viene a ser la mitad del peso que tendrá en el adulto. A partir de los 20 años de edad, sin embargo, se pierden entre 50.000 y 100.000 neuronas diarias, las cuales ya nunca serán reemplazadas, pues desde el momento que se diferenciaron perdieron toda posibilidad de multiplicación. Pero es que, aparte de esta "muerte natural", el estrés, la angustia y la tensión son causas determinantes de aniquilación de grandes contingentes neuronales, debido a la elevada secreción de corticoides inducida en dichos estados de alarma. Se ha demostrado que en una borrachera -lo que llamamos en términos refinados una intoxicación ética- se pueden perder varios millones de neuronas.

También nos debe sorprender que en el desarrollo y morfogénesis del cerebro, aunque sólo se hayan conseguido localizar 2.375 genes, parece que deben participar más de 30.000, lo que da idea del camino que falta aún por recorrer. Apuntemos, en fin, que las necesidades metabólicas de esta jungla de neuronas, las cuales vienen a consumir unos 33 litros de oxígeno por día, lo que supone casi un millón trescientos mil litros de oxígeno por cerebro a lo largo del ciclo vital. Es decir, que de los 40 millones de minutos que aproximadamente abarcan nuestra vida bastarían 3 o 4 minutos sin oxígeno para que no quedara viva ni una sola neurona de las 100.000 millones que estructuran el cerebro. De ahí el nuevo concepto, que ha surgido con fuerza, de que el cerebro, como órgano mental, trabaja con eficiencia en términos energéticos.

Nacemos exactamente con las mismas neuronas que utilizaremos en la plenitud de nuestra vida. El aprendizaje, el entorno, los estímulos influyen decisivamente en las diferentes conexiones y circuitos que se forman. Si se examina el cerebro de un recién nacido sorprende ver que presenta un mayor número de conexiones neuronales de las que necesita. Hacia los cinco años de edad comienza una época de "poda neuronal": una especie de refinamiento de las conexiones, de eliminación de algunos circuitos que estorban, como si el cerebro estuviera en estos momentos remodelándose en manos de un escultor que quita lo que sobra.

Es importante saber que las partes más antiguas del cerebro son también las más profundas y se han ido incorporando a medida que los reptiles evolucionaron hacia mamíferos hace unos 75 millones de años. La estructura de más reciente formación es la corteza cerebral o neocórtex; también la de organización más compleja y la encargada en el hombre de integrar el cortejo de funciones más supremas: las relacionadas con el conocimiento. Es la última adquisición del cerebro en términos evolutivos. Pero hemos de insistir que, aunque seguimos hablando de cerebro, en realidad deberíamos hablar de éste y de sus dos estrechos colaboradores: el tronco cerebral y el cerebelo. El conjunto funcional reside en toda esta "masa encefálica", cuyo peso se estima en el hombre en 1.400 gramos, frente a los 1.250 que pesa en la mujer. Colegir que el hombre es más inteligente que la mujer por-

que su cerebro pesa más es un error. No se inquieten las amables oyentes, puesto que el cerebro del elefante pesa cuatro veces más que el del hombre y no por ello parece que se le pueda considerar superior en inteligencia al común de los hombres, al menos a la mayoría de ellos. Lo que sucede es que, en los individuos que comparamos, prevalece una correlación entre tamaño corporal y peso del cerebro. No obstante, si lo referimos a valores porcentuales, comprobaríamos que el cerebro del hombre representa un 2% de su peso corporal, mientras que el de la mujer alcanza el 2,5%. O sea que, en igualdad de condiciones, la mujer saca ventaja al hombre una vez más.

Siendo uno de los grandes retos de la Neurociencia el desvelar cómo se forma la memoria o acercarnos a los rincones donde se guardan los sentimientos, no podemos sustraernos a la tentación de dedicar unas líneas más a la corteza cerebral y aludir, de rechazo a algunos centros subcorticales. Siempre que se intenta hablar de cualquier parte del cerebro -y más si se trata del neocórtex- surgen dos planteamientos generales: uno pretencioso y otro realista. El primero afirma que el cerebro es la materialización del pensamiento, sentimientos, voluntad, memoria, aprendizaje y materialización también de ese singular futuro que comparten los seres humanos. Buscando un sustrato estructural a tales funciones la corteza cerebral se nos muestra admirablemente organizada en ciertas regiones, sorprendiéndonos otras por su aparente desorden. Pero incluso las estructuras más altamente organizadas, con sus variadas interconexiones, dispuestas a modo de panel de circuitos, desafían nuestra capacidad de interpretación. El segundo planteamiento, el realista, considera divisiones en la corteza simplemente porque técnicas adecuadas de tinción revelan una serie de agrupaciones de neuronas incluidas en el entramado de sus prolongaciones o dendritas; en otras regiones prevalecen largos axones que establecen comunicaciones a larga distancia. Signifiquemos, en fin, que la transmisión de los impulsos nerviosos de una a otra neurona, con fines de asociación o en la elaboración de un impulso, se lleva a cabo mediante cambios fisicoquímicos ligados a alteraciones eléctricas que asientan en las membranas de las neuronas. Tan complejísimo proceso no es nada sencillo de explicar; por otro lado, pienso que sería improcedente ase- diarles con detalles y datos sobre los mecanismos de estas sinapsis, muy al margen de los objetivos de esta Lección.

Desde que en 1776 Genari hace por primera vez una detallada descripción estructural de la corteza cerebral -y, sobre todo, tras los hallazgos y postulados acerca de la neurona de nuestro insigne D. Santiago Ramón y Cajal-, una cantidad ingente de estudios y comunicaciones sobre esta parte del cerebro se han venido acumulando en los archivos del conocimiento neuroanatómico y neurofisiológico. Sin embargo, hay que apresurarse a decir que el “planteamiento citoarquitectónico” en los problemas de la actividad cortical fue un preludio imperioso: la definición resultante de varias formas de organización en términos estructurales permanece como un esquema necesario de orientación, al que los detalles ultraestructurales más finos deben referirse constantemente. En sentido inverso, también hay que significar que la excesiva parcelación de la corteza cerebral -derivada de los estudios de Brodmann- no sólo tiene una utilidad limitada, sino que resulta francamente engañosa si la consideramos como algo más que un marco de referencia. Por eso tuvieron pronto una feliz acogida todos los intentos o experiencias encaminadas a mapear la corteza cerebral en áreas funcionales, hoy en día mejor o peor “demarcadas”, pero sí al menos “localizadas”. Incluso sabemos cuál de los dos hemisferios cerebrales es el dominante en la integración de sensaciones o capacidades concretas: el izquierdo como asiento de la lógica (matemáticas, idiomas, ciencia, lectura o escritura) y el derecho, más bien especializado en procesos imaginativos (apreciación musical, capacidad artística, emoción, percepción, fantasía, etc.).

Hasta hace no mucho tiempo se consideraba que los individuos que en su manipulación habitual utilizaban la mano izquierda venían marcados por la ética y las costumbres; por su parte, el propio lenguaje indica que la palabra “diestro” tiene la acepción de habilidad y rectitud. En la población mundial existe un 85% de personas que utilizan la mano derecha frente a un 10% que usan la izquierda; el 5% restante son ambidextros. En los individuos diestros el hemisferio cerebral dominante es el izquierdo, y viceversa. Pongamos un sencillo experimento a la audiencia de este claustro por el que podremos determinar la dominancia de uno u otro de nuestros hemisferios. Piensen mentalmente en un sencillo cálculo matemático, por ejemplo cuantos son 84 menos 58 ... y obsérvese mientras tanto hacia donde dirigen su visual. Piensen ahora en un ejercicio de tipo espacial, por ejemplo cómo

quedó aparcado su vehículo, hacia dónde apuntaba el morro. En este caso reflexionen también hacia que lado dirigen su mirada. En las personas diestras, con hemisferio izquierdo dominante, debe haber ocurrido que sus ojos se desvían a la derecha durante el cálculo matemático y hacia la izquierda en el problema espacial. Estos hechos ocurren con la finalidad de que los estímulos visuales no perturben el hemisferio que está trabajando.

Estiman los neurobiólogos que los niños menores de 10 años pueden ejercitar el lenguaje en ambos hemisferios. El habla y la comprensión del lenguaje, a nadie se nos oculta, representan unas de las operaciones más importantes y complejas que lleva a cabo el ser humano. El lenguaje permite al hombre expresar sus sentimientos, relatar experiencias, discutir y analizar problemas y acumular conocimientos. Es decir, la capacidad de hablar y estructurar el lenguaje es la que ha permitido que el humano afiance de manera determinante su dominio sobre los demás seres de la Naturaleza; que “participe en el desarrollo de su mente y en la aplicación de conocimientos y principios previos a nuevas cuestiones como clave del progresivo aumento de sus propias facultades cognoscitivas” (Murillo, 1993). Algo tan aparentemente sencillo como una conversación es realmente un complicado proceso en el que entran en juego numerosas estructuras cerebrales: recogida de una mezcla de sonidos en una parte de la corteza, recombinar éstos para convertirlos en ideas comprensibles, asimilar esas ideas, pensar en la respuesta y buscar palabras para expresarla, todo ello antes de que el centro motor del lenguaje elabore los impulsos y los transmita al aparato fonador articulando la palabra. Como a menudo sucede los hombres no somos conscientes del valor de las cosas hasta que las perdemos.

¡Articular una palabra! Hemos aquí ante un cortejo de movimientos voluntarios -en este caso específicos de la especie humana- que, como otros cualquiera del aparato locomotor, emanan de la corteza motora del cerebro, pero que son modulados y perfeccionados por el cerebelo. Y es que, cuanto más subconsciente se sea de las contracciones musculares efectivas en un golpe de golf, por ejemplo, mejor resultará el movimiento. De lo único que somos conscientes en esa actividad es de una directiva general impartida, lo que podríamos denominar nuestro

sistema de mando voluntario. La habilidad y perfección del movimiento fluye natural y automáticamente de ahí y es el cerebelo y no el cerebro quien lo controla; no sólo el control de un movimiento ya aprendido, sino también del aprendizaje de todos los movimientos en los primeros años de nuestra vida. Es el cerebelo un computador neuronal sorprendentemente eficaz para dichos menesteres, por más que hasta el momento no se hayan descifrado todos los mecanismos de este sustrato nervioso que, en su proceso evolutivo, ha tardado un millón de años en triplicar su tamaño hasta adquirir sus 30.000 millones de neuronas. Y es que, como dice Sperry, ni siquiera disponemos de una hipótesis razonable que abarque las actividades mentales que originan un pequeño movimiento voluntario de nuestro dedo meñique. Granit, en su libro "El Cerebro Intencional" nos dice que lo voluntario del movimiento voluntario es su propósito, dando a entender que las características volitivas de un acto motor debieran considerarse en términos de la finalidad de acción o "intención finalista". De los dos tipos de información que tienen entrada en la corteza motora piramidal para elaborar el impulso, el que opera automáticamente (circuito transcortical) no plantea problemas, pues funciona de acuerdo con los principios sherringtonianos de la acción refleja. En cambio, el que se origina en los centros de la base del cerebro y en el cerebelo, presentan un cuadro más complejo de interpretación.

Intentar hablar de los mecanismos cerebrales de la memoria y el aprendizaje es, todavía hoy, una utopía. Si por memoria entendemos la capacidad de almacenar información sobre experiencias pasadas, las posibilidades son realmente sorprendentes: cualquiera de nosotros seríamos capaces de reconocer una persona que no hemos visto en 10 o 15 años y nos es difícil recordar lo que hicimos anteayer a tal o cuál hora. Fijar recuerdos no es tarea fácil, pues supone que lleguen a los sustratos de la memoria datos y referencias repetitivamente. Lo que sí parece bien demostrado es que en la repetición de la aferencia de datos se producen cambios fisicoquímicos en las vías y conexiones neuronales dependientes no sólo del territorio de corteza temporal que interviene en el proceso memorístico, sino también del sistema límbico que influye en el aprendizaje y almacenamiento de informes. Es, precisamente, este sistema límbico el complejo de centros nerviosos donde se desatan nuestros deseos y pasiones; donde brota el miedo, la pena,

la alegría, la agresividad; una zona o región cerebral muy antigua bajo el punto de vista filogénico. Concretamente el hipocampo trasfiere la información de la memoria a corto plazo a la memoria a largo plazo, comprobando la recibida en el cerebro por parte de los sentidos y comparándola con la de experiencias previas. Cien millones de mensajes pueden llegar cada segundo al cerebro proporcionando información, aunque tan sólo algunos cientos alcanzan los centros corticales de la mente consciente, prestando atención a unos pocos: el mejor cerebro no es el que más recuerdos almacena, sino el que mejor los selecciona. Sobre la interrogante que formula Hubel (1981) de si puede el cerebro comprenderse a sí mismo y comprender la mente, concluye diciendo que, cuando se constaten los fundamentos y mecanismos neurobiológicos del aprendizaje y la memoria, posiblemente se verán invalidados numerosos conceptos filosóficos que se ocupan de la mente y de la percepción; tal vez también algunos postulados de la psicología y no debería extrañarnos que el campo de la educación pueda verse afectado asimismo.

En este deambular por los secretos de la mente podríamos detenernos brevemente a contemplar los parajes del comportamiento onírico. El fenómeno de los sueños viene a aumentar las perplejidades del neurobiólogo, al que no le faltaba sino esta complicación en su ya difícil tarea de investigar el críptico funcionamiento del cerebro. Como la homeotermia, parece que los sueños han sido inventados con la evolución filogenética, ya que se reconocen en las aves y mamíferos, pero no en los anfibios y reptiles; es decir, cuando aparece organizado el neopallio cerebral. Está bien demostrado que los sueños se desencadenan al mismo tiempo que un conjunto de actividades fisiológicas específicas que comprenden durante el dormir el llamado "sueño paradójico" -posterior a la primera fase o "fase de ensoñación"-, por cuanto implican una intensa actividad cerebral acompañada de relajamiento muscular. Los estudios neurofisiológicos han determinado las extrañas secuencias estereotipadas de comportamiento que sobrevienen durante el sueño paradójico, pero quedan inexpresadas porque son bloqueadas antes de alcanzar las neuronas motoras. Tales comportamientos oníricos parecen mostrar que los sueños constituyen una actividad programada del cerebro, de tal modo que, para que se inicien, es menester que se pongan en juego todos los mecanismos de seguridad o control

que gobiernan los centros de formación reticular del tronco del encéfalo y otras estructuras afines, como el locus ceruleus o el área parace-rúlea que desencadenan la atonía postural. Más tarde se pondrán en marcha las corrientes aferentes a la corteza a través de un dédalo de rutas que se bifurcan hacia el sistema ponto-genículo-occipital. La afirmación de que los sueños se generan para eliminar la angustia soterrada que acompaña a los hechos que vivimos a diario, y de esta forma se puedan inscribir mejor en la memoria, parece muy simplista. En sentido inverso, sublimarlos hasta el extremo de llegar a inducir la creatividad intelectual o artística -cuando se dice que de los sueños parten los ensueños (al atravesar el umbral del inconsciente) y que los ensueños generan la imaginación que se transforma ya conscientemente en creatividad-, no va más allá de una hipótesis interpretativa de los mismos. Piaget considera el comportamiento onírico como “un juego en el interior del cerebro”; una frase sin duda ingeniosa, pero que no nos aclara nada. En este sentido, los neurofisiólogos tendrán que empezar a darnos respuestas a las siguientes interrogantes: los sistemas de neuronas que reconocen los estímulos desencadenantes o que organizan los comportamientos estereotipados ¿están ya definitivamente programados tras la maduración del sistema nervioso central? ¿Cómo, entonces, las complejas conexiones sinápticas, responsables de los aspectos perceptivo y motor de los comportamientos innatos o de las diferencias de comportamiento hereditarias, van a poder mantenerse a lo largo de la historia de un individuo? La hipótesis de la codificación postsináptica parece hoy lo más verosímil.

No quisieramos terminar el apartado sin dedicar unas palabras a la impronta de la evolución filogenética en el órgano que nos ocupa, para lo cual recogemos algunas consideraciones y precisiones que el Prof. Sarrat inserta en su Lección Inaugural de la Real Académica de Bilbao, “La evolución del cerebro humano”. Cada vez parece más evidente que cualquier estudio cuantitativo sobre el cerebro, encaminado a revelar grados de inteligencia, está emplazado al fracaso. Sin embargo, ciertos rasgos morfológicos -poco aparentes o que pueden pasar desapercibidos- ofrecen inestimable valor como gradientes de evolución. Ya hace algunos años la escuela de Spatz precisó que el cerebro del hombre, semejante en líneas generales al de otros mamíferos superiores, se distingue de todos ellos por “el enorme desarrollo de

su polo frontal, o lo que es más preciso, por la retroposición de la cisura de Rolando”. Supeditado el hombre, como todas las especies, a las influencias implacables de su destino evolutivo, para cualquiera de nosotros resultará fascinante sólo imaginar qué pasará en el cerebro humano si sigue en esa línea de evolución progresiva, si esta evolución es meramente morfológica o avanza en sus capacidades funcionales, o si hay, en fin, áreas corticales preferenciales en dicha evolución.

No creo que sea necesario abundar en más consideraciones sobre lo que es y representa el cerebro para hecerles partícipes de la idea de que queda mucho por resolver en él; como si se mostrara reacio a dejarse explorar más allá de ciertos confines. Pero no es menos cierto el afirmar que también es mucho lo que se sabe del mismo. Cientos de investigadores se han acercado, a lo largo de casi dos siglos, al órgano para desentrañar sus misterios. Técnicas de todo orden -anatómicas, histológicas, histoquímicas, ultramicroscópicas, farmacológicas, neurofisiológicas, etc.- han venido suministrando datos e información sobre centros y conexiones. Otros procedimientos de avanzada tecnología, tales como la resonancia nuclear magnética y la misma holografía (habida cuenta que en un holograma un centímetro cúbico de una placa puede albergar 10.000 millones de bits de información), así como el tomógrafo emisor de positrones de muy reciente aplicación, abren perspectivas muy prometedoras. Máxime cuando se habla con insistencia de hallarnos frente a un “cerebro electroquímico”, donde miles de millones de neuronas realizan probablemente cerca de mil billones de sinapsis o “chispas” prestas a resolver fenómenos vitales tan necesarios como movernos, sentir, pensar, recordar, aprender... Chispas electroquímicas capaces de elaborar la consciencia y la conciencia, otorgando al hombre la capacidad de contemplar su propia existencia. Parafraseando un eslogan publicitario, ésta sí que es realmente “la chispa de la vida”. Y es que, como dicen los hermanos Medawar (1958), “Los seres humanos son los únicos que guían su conducta por el conocimiento de lo ocurrido antes de su nacimiento y por la previsión de lo que pueda ocurrir después de su muerte. De este modo, sólo ellos se orientan con una luz que no se limita a iluminar el terreno sobre el que pisan”.

REFLEXIONES FINALES

Hemos visto que el cerebro se está estudiando a muchos niveles, desde el molecular en sus sinapsis hasta el de complejas formas de comportamiento, y que se está abordando con diversos enfoques y procedimientos -físicos, químicos, fisiológicos, histoquímicos, embriológicos y psicológicos-. No obstante, también hemos advertido que, a pesar de la rápida acumulación de conocimientos detallados en estos ámbitos de la investigación, el modo de funcionar el cerebro humano sigue siendo todavía profundamente misterioso. Sentimos que hay algo difícil de explicar, pero nos resulta casi imposible decir clara y exactamente en qué consiste la dificultad. Y ello sugiere que quizás haya algo de incorrecto en los planteamientos.

En la primera línea de la problemática podríamos situar las percepciones. La ideación, la imaginación, la volición o la emoción son parte de nuestra experiencia subjetiva e implican, sin duda, el funcionamiento sincronizado de cantidades ingentes de neuronas interconectadas por intrincadas rutas. En este sentido, sería muy conveniente que supiéramos más acerca de niveles biológicos más inferiores y que son accesibles a la experimentación directa. Parece innegable que no es necesario teorizar mucho sobre la elaboración de los informes que se reciben en un complejo sistema encefálico, ya sea la información proveniente de los sentidos, de las órdenes que parten hacia los músculos y glándulas, o del flujo de información entre estos dos extremos.

En segundo lugar, identificar una computadora con un cerebro -aunque en cierto modo puede ser aprovechable- se presta a malos entendidos. En la computadora la información se procesa a un ritmo rápido y en serie; en el cerebro el ritmo es muy inferior, pero la información puede ser tratada en millones de canales paralelos. Los elementos de una moderna computadora son muy fiables, pero la remoción de sólo uno o dos de ellos puede trastornar todo el proceso del cálculo; en cambio, las neuronas del cerebro, aunque comparativamente son menos de fiar, la eliminación de una pequeña proporción de las mismas no modifica aparentemente el comportamiento. La computadora trabaja en base a un código estrictamente binario; el cerebro se guía por métodos de señalización menos rigurosos, pero ajusta del mejor modo el número y eficiencia de sus sinapsis, mediante

complejos y sutiles procedimientos, para adaptar su operación a la experiencia. No sería extraño que el instrumento teórico para abordar muchos problemas de la percepción, como el de la senda visual, por ejemplo, resultara ser el de la teoría de la comunicación, recurriendo a los dos principios del procesamiento de información, el teorema de muestreo y el teorema de Logan de cruce en cero.

¿Qué dispositivo capacita al cerebro para realizar su extraordinario trabajo? Abrir una vereda en la impenetrable jungla de millones y millones de neuronas y de muchas más conexiones es impensable. La ablación o la electroestimulación de zonas corticales o núcleos subcorticales en animales de experimentación produce casi siempre conductas estereotipadas difíciles de ponderar. Y es que el cerebro trata la información de modos muy diversos a los pronosticados. Por muchas precauciones que tome el investigador del cerebro, muy a menudo su introspección le engaña a todos los niveles.

No queremos decir que debemos abandonar el estudio introspectivo, pues sería tanto como descartar uno de los más significativos atributos de lo que estamos tratando de investigar. El problema fundamental reside en que casi todos los procesos que podemos estudiar observando un comportamiento en su conjunto (por ejemplo, el leer) implican la compleja interacción de muchas regiones del cerebro, cada una con su modo peculiar de tratar la información. Sólo tenemos una idea pobre y esquemática de cómo reconocer y clasificar estas regiones diferenciadas. Esta es la razón principal de que la psicología pura resulte, si se la mide con el rigor de la ciencia, más bien frustrante. Sobre todo cuando intenta tratar el cerebro como si fuese una caja negra en la que varias teorías rivales explican sus resultados. Entonces los intentos de decidir resultan o acaban siendo infructuosos, pues a medida que se hacen más experimentos, se desvelan más y más complejidades: la única opción es la de "echar otro vistazo al interior de la caja".

Debemos reconocer que tanto en Neuroanatomía como en Neurofisiología es escasa la proporción en que se están obteniendo nuevos datos, si se compara con la información total contenida en el cerebro. A nada conduce, por ejemplo, el confeccionar el exacto diagrama de las conexiones de un milímetro cúbico de corteza cerebral. El quid estriba en tratar de señalar qué información fácilmente obtenible sería

la más útil. ¡Cuán estimable podría resultar el método que permitiera desactivar todas las neuronas de determinadas características, dejando a otras o a las restantes más o menos indemnes! Porque no es que los neurobiólogos no tengan la idea general de lo que traen entre manos. El inconveniente estriba en que la idea no llega a formarse con precisión: al querer captarla se disipa. La naturaleza de la percepción, los correlatos neuronales de la memoria a largo plazo, la función del sueño -por poner unos ejemplos- tienen esta característica.

Intentar formular una teoría general acerca del cerebro tropieza con tres grandes directrices restrictivas: la naturaleza del mundo físico, el trinomio bioquímica/genética/embriología y la teoría de la comunicación. Sobre la primera de dichas directrices (propiedades de los objetos) uno tiende ciertamente a suponer que sea cual fuere el proceso que siga al entrar en el cerebro, la información estará relacionada con las invariantes o semiinvariantes del mundo exterior accesibles a los sentidos, como sucede con la percepción e integración de los colores. Sobre la segunda de las directrices restrictivas debemos remitirnos al impulso nervioso y neurotransmisores. El impulso que recorre un axón viaja a velocidades modestas en comparación con la de la luz, pero la neurona puede valerse de ciertos recursos para acelerarla. Lo sorprendente es que el mismo transmisor sirva en tan diferentes sitios, limitación impuesta posiblemente por la evolución. La tercera y última limitación, en fin, la imponen las matemáticas y, en particular, la teoría de la comunicación, pues hay circunstancias en que una distribución o un patrón reconstruido a partir de una pequeña muestra puede almacenar la información distributivamente, como en un holograma. Pero, a veces, no podemos retirar una parte de lo almacenado sin suprimir alguna otra parte del cuadro.

Muchas reservas, en fin, entorpecen la investigación cerebral y no pocas interrogantes se suscitan a medida que la ciencia y la tecnología avanzan en la exploración de este universo que llevamos dentro. ¿Deberíamos seguir hablando del homúnculo que se topografía en nuestra corteza cerebral? ¿Debemos seguir hablando de la neurona supersabia? ¿Qué es lo que esa señal transmite a una sinapsis receptora? ¿Qué es lo que el mensaje significa? ¿Somos capaces de trazar siquiera un esbozo de cómo se procesa la información? ¿Hay en el

córtex un número fijo y calculable de áreas funcionales independientes unas de otras? ¿Qué sistema o que nivel resulta más propicio a la investigación para ir despejando incógnitas?... Sirvan estas cuestiones como colofón a una problemática que, lejos de desanimar a los neurobiólogos, les sirve de acicate en su tarea permanente. Tienen siempre presente la célebre frase de Crick (1977), cuando dice: "El cerebro humano, reflexionando sobre sí mismo, ha descubierto muchas de sus maravillas; lo que parece necesitarse para comprender cómo funciona son nuevas técnicas y procedimientos de examen y nuevos modos de pensar acerca de él".

Queridos compañeros, queridos amigos: llegado el momento de finalizar esta intervención vienen a mi recuerdo las referencias que les ofrecí acerca de la muerte de nuestras neuronas y causas que la provocan. Espero y deseo que la inevitable fatiga que les haya podido causar su amable atención, no se vea traducida en una copiosa muerte neuronal.

He dicho.

BIBLIOGRAFIA

- CHAMORRO, C.A. (1993): Comunicación personal.
- CRICK, F.H.C. (1981): Reflexiones en torno al cerebro. En *"El Cerebro"*, pp. 220-228. Ed. Labor, S.A., Barcelona.
- EVARTS, E.V. (1981): Mecanismos cerebrales del movimiento. En *"El Cerebro"*, pp. 132-139. Ed. Labor, S.A., Barcelona.
- FINCHER, J. (1992): El cerebro. En *"El Cuerpo Humano"*. Club Internacional del Libro, Madrid.
- GESCHWIND, N. (1981): Especializaciones del cerebro humano. En *"El Cerebro"*, pp. 142-152. Ed. Labor, S.A., Barcelona.
- HUBEL, D. (1981): El cerebro. En *"El Cerebro"*, pp. 11-21. Ed. Labor, S.A., Barcelona.
- JOUVET, M. (1981): El comportamiento onírico. En *"El Cerebro"*, pp. 206-218. Ed. Labor, S.A., Barcelona.
- MARBAN, J. (1993): Comunicación personal.
- MEDAWAR, P.B. (1958): *The Uniqueness Individual*. Methuen Co., London.
- MISCHKIN, M. y T. APPENZELLER (1991): Anatomía de la memoria. En *"Función Cerebral"*, pp. 96-106. Prensa Científica, S.A., Barcelona.
- MURILLO, N. (1993): Connotaciones biológicas del Lenguaje. Real Academia de Medicina. Zaragoza.
- NAUTA, W.J.H. y M. FEIRTHG (1981): Organización del Cerebro. En *"El Cerebro"*, pp. 53-66. Ed. Labor, S.A., Barcelona.
- ORTEGA-MATILLA, C. (1993): El Subconsciente de los genios. Diario ABC, 10.8.93.
- PEINADO, M.A. (1986): Contribución de la Amígdala en los Procesos Comportamentales. Ed. Univ. Salamanca, Salamanca.
- POPPER, K.R. y J.C. ECCLES (1993): *El Yo y su Cerebro*. Ed. Labor, S.A., Barcelona.
- SERRAT, R. (1979): Evolución del Cerebro Humano. Real Academia de Medicina. Bilbao.
- STEVENS, Ch.F. (1981): La neurona. En *"El Cerebro"*, pp. 25-36. Ed. Labor, S.A., Barcelona.
- WARWICK, R. and P.L. WILLIAMS (1973): Neurology. En *"Gray's Anatomy"*, B.W. Saunders, Philadelphia.
- WOLFE, J.M. (1991): Procesos visuales ocultos. En *"Función Cerebral"*, pp. 85-93. Prensa Científica, S.A., Barcelona.
- WURTZ, R.H.: M.E. GOLDBERG y D.L. ROBINSON (1991): Mecanismos cerebrales de la atención visual. En *"Función Cerebral"*, pp. 49-57. Prensa Científica, S.A., Barcelona.