

EN TORNO A LA CONCEPCIÓN MATERIALISTA EMERGENTISTA DE LA CONCIENCIA Y LA MENTE HUMANA

*THOUGHTS ABOUT AN EMERGENTIST MATERIALIST CONCEPTION OF
CONSCIOUSNESS AND THE HUMAN MIND*

Luis Puelles. Catedrático de neuroanatomía, Universidad de Murcia

Recibido: 3-2-2016

Aceptado: 12-5-2016

Resumen:

La neurociencia moderna está estudiando asiduamente la hipótesis de que conciencia y mente son funciones muy elaboradas de nuestros cerebros que emergen cuando se alcanza evolutivamente un determinado grado de complejidad estructural y funcional en su modelado de la realidad. Este ensayo presenta primero el aumento de complejidad que conocemos en la materia desde el origen de la vida sobre la Tierra hasta la emergencia de nuestra mente consciente. Luego se consideran los mecanismos neurales generales que aparentemente contribuyen a las propiedades cerebrales emergentes, ya sea como precondiciones necesarias, pero no suficientes (vigilia, alerta), o como mecanismos tálamo-corticales necesarios, que están directamente implicados de forma interactiva en la complejidad funcional global que subyace a las funciones mentales. Este análisis sugiere que estamos ya cerca de dar por resuelto el viejo problema de la conciencia y la mente, aunque la literatura aun pueda dar la impresión de posturas encontradas, dado que ya vemos luz desde diversas aproximaciones experimentales en la comprensión por separado de las propiedades esenciales de la conciencia en los fenómenos mentales de alto nivel (unidad subjetiva, diferenciación simultánea en múltiples contenidos en parte cambiantes en el tiempo, coherencia en la representación subjetiva en modelos internos o mapas cognitivos de realidades deducidas o construidas en el mundo, capacidad de abstracción de ideas, aspecto atencional e intencional generando conducta, relación central con el concepto del Yo, y relación periférica con el concepto del Mundo). Recientemente se incluye la relación de la conciencia con el Tiempo, esto es, con la construcción del presente, pasado y futuro mentales y/o reales. Finalmente, el autor se posiciona a favor de la opinión aun discutida por algunos de que la postulada naturaleza

material de nuestro pensamiento justifica su aparente eficiencia causal, o sea, su agencia mediante causalidad descendente (gastando energía) sobre el mundo. Ello presta una base para creer en la libre voluntad y la responsabilidad del hombre por sus actos.

Palabras clave: neurociencia, conciencia

Abstract:

Modern neuroscience is assiduously studying the hypothesis that consciousness and mind are very elaborate functions of our brains that emerge when a certain degree of structural and functional complexity is reached in their modeling of reality. This essay overviews first the increase in complexity of matter that occurs from the origin of life on Earth until the emergence of our conscious mind. Next the general neural mechanisms are considered that apparently contribute to the postulated emergent brain properties, either as necessary, but not sufficient, preconditions (awareness, alertness), or as necessary and sufficient thalamic and cortical mechanisms, which are directly implicated in the global functional complexity that underlies our mental functions. This analysis suggests that we already seem to be close to resolving the old problem of consciousness and mind, irrespective that the literature still shows some contradictory positions, since light is already seen from different experimental approaches in the separate understanding of essential properties of consciousness that underlie high level mental phenomena (subjective unity, differentiation of multiple contents which partly change in time, coherency in the subjective representation via internal models or cognitive maps of realities inferred or constructed in the world, capacity for abstraction of ideas, attentional and intentional aspects generating behavior, centrally encompassed concept of the self, and peripheral relationship with the concept of the world). This includes recently the relationship of consciousness with time, that is, with the construction of the mental/real present, past and future. Finally, the author takes position in favor of the opinion still under discussion that the postulated material nature of our thought justifies its apparent causal efficiency, that is, its top-down causal agency (spending energy) on the world. This provides a basis for believing in free will and in responsibility of man for his acts.

Key words: neuroscience, consciousness

Introducción

En este ensayo sobre la conciencia me adhiero a la visión materialista emergentista (realista) de la mente (Mahner y Bunge, 1997; Bunge, 2008). Para ello evalúo la noción de niveles de

complejidad creciente en los procesos y estructuras de la materia viva, que aparentemente culminan en la autoconciencia y el pensamiento abstracto humanos, y comento alguno de los mecanismos neurobiológicos que parecen implicados en la conciencia a la luz de la literatura específica reciente.

Algunas definiciones

Podemos definir la mente consciente (lo mental) de una persona como el conjunto cambiante y de naturaleza estrictamente personal de percepciones, valoraciones, intenciones y ficciones (abstracciones o constructos referidos a entes reales o no) que pueblan subjetivamente nuestra presencia y actividad en el mundo fenoménico. Considero que el mundo fenoménico es en realidad una extensión sutil del mundo real nouménico, hecha posible por la complejidad funcional de la corteza cerebral. Tales contenidos mentales diferenciables se entienden como otros tantos procesos cerebrales de alto nivel de complejidad, y por lo tanto son todos de naturaleza material. Existen también contenidos mentales subconscientes, que aparentemente comprenden entidades mentales análogas a las mencionadas que momentáneamente (caso de los registros en memoria) o permanentemente no son accesibles a la conciencia. También estos procesos serían materiales.

Los monistas materialistas emergentistas negamos la existencia de contenidos mentales inmateriales (independientemente del nivel de abstracción), y en consecuencia postulamos que nuestra mente consciente es una manifestación o propiedad *funcional global* (integral) que emerge potencialmente en el cerebro en condiciones apropiadas (no siempre estamos conscientes), cuando se ha dado un incremento significativo de su complejidad funcional adquirida evolutivamente. Se trata de un modo de funcionar del cerebro humano (y, en parte, también en ciertos animales) que alterna diariamente con modos de funcionamiento semi-conscientes o no-conscientes. Este funcionamiento es susceptible de daño y deterioro por diversas causas naturales. A título personal (ya que no todos los materialistas emergentistas están de acuerdo sobre ello), yo creo que nuestra mente, siendo enteramente material, posee eficiencia causal, lo cual es el fundamento del libre albedrío y la responsabilidad moral de las personas inmersas en medios sociales.

Se distingue habitualmente un nivel de *conciencia general* que se supone está presente en muchos animales y un nivel de *conciencia superior*, o *autoconciencia*, que parece haber emergido evolutivamente como propiedad novedosa en los homíninos poseedores de pensamiento simbólico y lenguaje (los homíninos son los parientes evolutivos cercanos del hombre actual; el lenguaje pudo comenzar siendo gestual antes de hacerse vocal;

importantemente, se relaciona con el desarrollo de la comunicación interpersonal en el seno de grupos sociales cohesivos). Hay que observar que el cerebro se relaciona como sustrato necesario no sólo con la mente consciente e intencionalmente pensante (entendemos por ‘intencional’ la persecución de metas propias, independientemente de cualquier estímulo externo) como función suprema, sino también con diferentes funciones acompañantes de tipo inconsciente, generalmente heredadas de nuestros ancestros animales, que típicamente son necesarias para garantizar los fenómenos fisiológicos coordinados que nos mantienen vivos (homeostasia corporal). Existen naturalmente interacciones entre ambos sistemas de funciones (el estado de salud influencia a la mente, y la mente influencia el estado corporal).

Según la concepción materialista emergentista, es claro que cuando concebimos la mente como fenómeno o propiedad material no nos referimos a una *cosa* u *objeto* ostensible, sino a un *proceso funcional* en el que probablemente participan millones de células y billones de contactos sinápticos interneuronales (esto es, el cerebro no tiene una ‘mente consciente’ entre sus partes estructurales, sino que en ocasiones un complejo subconjunto necesario y suficiente del cerebro -conocido como ‘correlato cerebral de la mente’- trabaja de tal manera con la información de que dispone que ‘piensa de modo consciente’); ya veremos en qué consiste esta acción o función.

En realidad, todas las entidades materiales conocidas pueden ser concebidas como procesos de diferente magnitud espacio-temporal, que cuentan entre sus propiedades una determinada vida media; las *cosas* u *objetos* son aquellos entes materiales que presentan una gran estabilidad en el tiempo, con mínimas variaciones de su configuración estructural al interactuar con otros entes. Llamamos habitualmente *procesos*, en cambio, a eventos comparativamente poco duraderos. En el lenguaje cotidiano la atribución del carácter de proceso o cosa parece que se clasifica arbitrariamente en relación a la vida media del hombre (por ejemplo, ciertas partículas subatómicas, el canto de un pájaro, una ola en el mar, la marea y una tormenta de verano nos parecen más procesos que cosas, mientras que una hormiga, roca, un mueble doméstico, un continente, el Sol o una galaxia nos parecen cosas, a pesar de que también cambian, cada uno a su manera y ritmo, y todos acabarán dejando de existir). En este sentido el cerebro y sus neuronas son cosas que duran toda la vida de la persona, mientras que la conciencia es un proceso relativamente fugaz y cambiante que a lo sumo dura unas cuantas horas, pero cuyos microeventos constitutivos sólo duran fracciones de segundo (o pueden sumar hasta 3 segundos, el espacio temporal de la actividad cerebral que se dice fundamenta nuestra percepción subjetiva de lo que es el ‘ahora’ indivisible; Pöppel, 1997; Ruhnau, 2001).

La propiedad común de tanto las cosas como los procesos es que ambos son eventos reales que cambian (a ritmo distinto) y gastan energía (Bunge, 2008). Esto último satisface las leyes físicas fundamentales de la materia (por ejemplo las leyes de la termodinámica y de la dinámica cuántica). Notablemente, las cosas y procesos cerebrales satisfacen además las leyes de la química (en general) y la biología de organismos pluricelulares; en el caso humano, también cumplen las leyes aun escasamente definidas de las sociedades animales.

El concepto de emergencia alude a que las entidades materiales de mayor rango de complejidad generalmente presentan propiedades que sus componentes de menor rango no manifiestan (podría decirse que los incrementos de complejidad posibilitan en los sistemas de múltiples partes la manifestación real de propiedades que previamente estaban meramente en potencia (siendo prácticamente imposibles). Tendríamos aquí casos especiales de las susodichas leyes naturales. Un ejemplo que se suele citar como propiedad emergente es la liquidez o humedad del agua, cuyas moléculas se componen de componentes gaseosos (por tanto secos), el hidrógeno y el oxígeno). La liquidez y humedad aparece cuando millones de moléculas de agua coexisten en un recipiente en determinado rango de temperaturas, y desaparece cuando el agua se descompone en sus componentes gaseosos. Al nivel de las funciones cerebrales lo operativo es la elevadísima complejidad de las interacciones electroquímicas codificantes de miles de millones de neuronas en fracciones de segundo, las cuales modelizan icónicamente la aparente realidad objetiva en forma de constructos subjetivos. Aquí sin duda emergen propiedades que no existen en las neuronas aisladas, e incluimos entre tales propiedades la conciencia y el pensamiento abstracto.

En cambio, los fenómenos elementales de nivel cuántico, atómico, molecular y celular que obviamente están igualmente presentes en el cerebro se limitan aparentemente a asegurar la estabilidad media, el equilibrio energético y otras propiedades funcionales de los componentes químicos de que están compuestas las neuronas. Entre la química y la biología ya existe un importante salto emergente, el de la *vida*. Las células son paquetes de productos químicos que interactúan entre sí y con el medio; de la complejidad característica de su composición química emerge la propiedad nueva de la vida celular. Muchos millones de años (unos 2.000) fueron necesarios para derivar de esta vida la vida de organismos pluricelulares. Los cerebros solamente existen como órganos especializados de ciertos seres vivos pluricelulares (los vegetales en general son seres vivos pluricelulares sin cerebro). La autoconciencia podría ser concebida por tanto como una propiedad particular resultante del *desarrollo extremo de la complejidad* en los procesos integrativos mentales que ocurren en el seno de la materia biológica (viva) en la forma particularmente compleja de los cerebros

animales. Tal propiedad ciertamente existe al menos en nuestro cerebro.

A efectos de este ensayo concibo la mente como una función cerebral global resultante del conjunto de procesos integrativos cerebrales (llamados ‘mentales’) que contribuyen al desarrollo e implementación de nuestra actividad cognitiva y pensante personal (unitaria y subjetiva) en el universo material; estos procesos neurales están coordinados diversamente entre sí, y conjuntamente posibilitan en último término la función suprema de la autoconsciencia. Los procesos mentales se desarrollan en gran medida postnatalmente, aunque algunos tengan raíces prenatales. Otros muchos procesos funcionales cerebrales no son mentales y pueden ser entendidos como mecanismos accesorios de ajuste, a su vez más o menos complejos, con roles seleccionados por la evolución natural de los animales para nuestra adaptación y supervivencia en el mundo. Tales mecanismos accesorios se implementan de forma comparable en todos los animales vertebrados durante el desarrollo embrionario, como trasunto de nuestra herencia evolutiva común, y resultarán luego llevados a distintos niveles de eficacia mediante el entrenamiento y la experiencia.

Niveles de complejidad de la materia viva

En su relación con la materia viva, el cerebro no puede ser considerado un ente biológico independiente, ya que es solamente uno de los órganos de nuestro cuerpo. La evolución humana considerada dentro de la evolución animal sin duda comprende aspectos conservativos o novedosos que afectan al conjunto del *organismo humano*. No obstante, el cerebro es un órgano particularmente importante en el terreno que nos ocupa, al estar especializado en la coordinación funcional y, por ende, en el análisis de la experiencia y el control conductual intencional del organismo entero, proceso en el que se especializa a través de sus diversas capacidades funcionales, ya sean éstas simples (por ejemplo, mecanismos sensoriales y motores, o automatismos reflejos) o complejas (conducta general relativa al entorno, con capacidades particulares tales como la memoria, la atención, las metas personales, las emociones, etc., o, finalmente, nuestra *mente autoconsciente*, particularmente activa en la cognición abstracta vía el lenguaje en el medio social).

Para cumplir su ineludible rol biológico el cerebro cuenta no sólo con su propia compleja estructura controlada genéticamente y luego adaptada al medio epigenéticamente (infancia y adolescencia), sino también con el apoyo funcional de los demás órganos corporales (aparatos circulatorio, respiratorio, digestivo, renal, reproductivo, musculoesquelético, endocrino, dérmico, etc.). La acción sinérgica de todos ellos es integrada por el cerebro de forma semiautomática e inconsciente. Solamente el organismo en su conjunto

presenta las características funcionales que emergen en los seres vivos en contraste con las características más simples de la materia inanimada, esto es, sólo el organismo *tiene vida*. La vida de cada órgano es subsidiaria y absolutamente dependiente de la del conjunto del animal.

Vivir implica una compleja interacción dinámica con el entorno, que básicamente ocurre en el seno de las unidades celulares del organismo (las células están delimitadas por una membrana celular). Cada célula posee miles de componentes químicos en equilibrio energético autoregulado. Ello implica asimismo capacidad (al menos teórica) para la reproducción, en nuestro caso mediante un mecanismo sexual en cuanto organismo animal entero (sin embargo, no todas las células de un organismo conservan esta propiedad fundamental, como es el caso de las neuronas). Más allá de los fenómenos físicos y químicos subyacentes en toda materia más o menos organizada (un grano de arena, una roca, un planeta o una galaxia también tienen estructura interna, pero no están vivos), el fenómeno de la vida que conocemos en la Tierra surgió primeramente como un nuevo tipo de proceso químico dinámico, más complejo que los previamente existentes. Esto ocurrió hace unos 4.000 millones de años, poco después de que la corteza terrestre se enfriase lo suficiente para permitir el estado líquido del agua (se calcula que la Tierra existe desde hace unos 4.500 millones de años). La emergencia de la vida en las células primordiales representó la posibilidad de concatenar establemente miles de interacciones químicas en una novedosa y compleja sinergia autocatalítica en los microentornos químicos que quedan delimitados por la membrana celular de tales unidades compuestas de la materia. Estos microentornos son ejemplos de sistemas fisicoquímicos estables y reproducibles en los que muchos de sus componentes químicos se pueden apartar drásticamente de los bajos valores de concentración posibles en estado libre (caso extraordinario de las leyes generales), posibilitando interacciones catalíticas novedosas en tales condiciones especiales (de nuevo, emergencia o posibilidad fáctica de nuevas propiedades previamente sólo en potencia al aumentar la complejidad). Se considera hoy en día por algunos expertos que la vida es un resultado esperable (con determinado grado de probabilidad) al que el mundo material tiende en condiciones paramétricas adecuadas de temperatura, irradiación solar y cósmica, y composición química (Kauffmann, 1995, 2008, 2015).

En los 600 millones de años siguientes tras la emergencia de las *células procariotas* (unicelulares anucleadas; parientes lejanas de las bacterias actuales), algunas de estas células primitivas evolucionaron por simbiosis y adaptación a *células eucariotas* (unicelulares nucleadas); éstas son más complejas en diversos aspectos, tales como sus orgánulos moleculares intracitoplasmáticos, y son asimismo más eficientes en el metabolismo

energético. Más adelante en la evolución de los seres vivos, tras un largo intervalo de 2.000 millones de años (Llinás, 2003; Kauffmann, 1995, 2008, 2016), hubo un nuevo incremento de complejidad coincidente con la emergencia de los organismos vivos pluricelulares (emergen la adhesividad intercelular y la matriz intercelular, así como las comunicaciones electroquímicas entre distintas células y la circulación de un líquido interno). Estos organismos más complejos presentan miles o millones de células vivas agrupadas en un ser vivo unitario; diferentes tipos de células aparecen organizados en múltiples destinos celulares diferenciados (otro aspecto emergente), que están especializados morfológica- y funcionalmente en tejidos y órganos. Los distintos tipos celulares colaboran interactivamente en una serie de órganos macroscópicos formados a partir de tres hojillas embrionarias (interna, intermedia y externa), asegurando colectivamente la vida y la eventual reproducción del organismo complejo resultante. Es en este nivel de complejidad pluricelular de los seres vivos donde aparece por primera vez el tejido nervioso, esto es, las neuronas y otras células accesorias del cerebro.

En una primera fase de unos 700 millones de años se desarrollaron diversos linajes de animales pluricelulares invertebrados, y luego, hace unos 700-500 millones de años, aparecieron los primeros animales vertebrados marinos (precursores de los peces). Algunos descendientes de los mismos colonizaron hace unos 300 millones de años la tierra (aparentemente huyendo de niveles extremos de depredación en el medio marino), y comenzaron a diversificarse, aprovechando las múltiples posibilidades del nuevo entorno, con predominio inicial de los reptiles (era de los dinosaurios), si bien los primeros mamíferos ya hicieron acto de presencia de forma contemporánea con los reptiles. Tras la desaparición catastrófica de los dinosaurios dominantes (tras el choque de un gran meteorito con la Tierra), se expandieron los mamíferos, así como las aves. Éstas últimas, junto con los cocodrilos, son descendientes directos de los escasos dinosaurios supervivientes. La radiación de los mamíferos se extendió primero por Gondwana, el macrocontinente inicial que contenía unida casi toda la corteza terrestre que ahora está distribuida en diversos continentes, y luego se diversificó con la deriva independiente de los continentes actuales y las consiguientes migraciones y competiciones animales que tuvieron lugar. Hace unos 6 millones de años se separaron evolutivamente los homíninos del tronco de los primates en el continente africano y se siguieron diversos linajes más o menos duraderos paralelamente a la extensión de la especie humana por todo el planeta y el desarrollo progresivo de sociedades primitivas con sus respectivas lenguas y culturas.

Las neuronas, como células especializadas en producir, interpretar y transmitir señales

bioeléctricas y químicas, aparecieron ya en los invertebrados, cuyo sistema nervioso está organizado en un sistema de ganglios periféricos (masas discretas pero interconectadas de neuronas a intervalos segmentarios de su cuerpo). Alguno de los ganglios nerviosos de invertebrados, los más cefálicos, presentan un desarrollo mayor, y los autores se refieren a ellos como el *cerebro* de estos animales, si bien su estructura no es realmente comparable al cerebro de los vertebrados. En contraste, el cerebro al que nos referimos al hablar del cerebro humano es característico exclusivamente de los *animales vertebrados*, y está construido según un modelo estructural común a partir de un *tubo neural embrionario*, cuyas paredes se regionalizan en una serie de territorios constantes, caracterizados por la producción selectiva de tipos característicos de neuronas en cientos de subregiones definidas molecularmente (tal regionalización resulta de una lectura diferenciada del genoma durante el desarrollo).

La evolución del cerebro de los vertebrados es conservativa con relación al plan general de regiones y a los tipos neuronales. Éstos aspectos no cambian significativamente de un vertebrado a otro, pero sí que aparecen importantes *variaciones cuantitativas* en la regulación embrionaria del tamaño relativo de ciertos territorios, con consecuencias importantes en el número de neuronas producidas de cada tipo (en ciertas especies determinadas poblaciones neuronales pueden crecer desproporcionadamente, y aun diversificarse en subtipos, aumentando así la complejidad estructural). En los territorios que presentan un gran crecimiento, como en la corteza cerebral, ocurre una especialización apreciable en los primates y homínidos, caracterizada por un número creciente de áreas funcionalmente especializadas (unas 180 en el hombre, según las últimas revisiones; e.g., Nieuwenhuys and Broere, 2017).

El órgano cerebral de los vertebrados implica ya de partida una mejora morfogénica emergente, el *tubo neural* cerrado, que en tanto que nuevo sistema de control del desarrollo neural permite un gran incremento de la cantidad y variedad de las neuronas constituyentes, así como mucha mayor complejidad y precisión en las vías de conducción de señales (prolongaciones de las neuronas extendidas a distancia a efecto de sus interacciones funcionales). En particular, los mamíferos son el único grupo vertebrado caracterizado por poseer la *neocorteza cerebral*, una región cortical de seis capas interconectadas entre sí, aparte de conectarse con diversos otros territorios neurales. Tal corteza avanzada falta en todos los demás vertebrados, aunque existan estructuras precursoras homólogas (antecedentes evolutivamente) de menor complejidad. En tanto que somos organismos vivos, pluricelulares, vertebrados (cerebrados), mamíferos (neocorticados), y homíninos (sociales), los humanos integramos en nuestro cerebro (y en nuestro cuerpo) sucesivos niveles de emergencia

evolutiva que culminan en un nivel de complejidad estructural y funcional muy superior al de la materia 'normal' inanimada. Se puede hablar de actividad mental similar a la nuestra (a nivel de una conciencia general) en todos los mamíferos, y probablemente también en las aves, ya que poseen regiones cerebrales de evolución paralela. Sin embargo, el mundo mental de cada especie animal estará ajustado a sus singularidades biológicas, y los contenidos mentales correspondientes probablemente presentarán un grado de complejidad y potencia directamente relacionado con la proporción entre el peso cerebral y el peso corporal medio de la especie (relación particularmente grande en el hombre).

Si bien nuestro cerebro no supera al de algunos grandes mamíferos en tamaño o peso total, sí se destaca de todos ellos en cuanto a mayor complejidad areal cortical y mayores proporciones numéricas de su estructura en relación al tamaño del cuerpo cuya vida controla. Esta desproporción le confiere a nuestro cerebro propiedades analíticas particulares (p.ej., posibilidad de atender a aspectos más diminutos y/o abstractos de la realidad), así como algunos valores paramétricos teóricamente importantes, como una distancia media relativamente reducida para la propagación de las señales dentro del cerebro. Parece importante asimismo en nuestra especie la considerable prolongación del periodo de desarrollo postnatal (madurez a los 21-22 años), lo cual permite la adaptación íntima epigenética del cerebro personal a las propiedades del mundo percibidas.

A estas y otras características estructurales (número y organización espacial de los centros y sistemas funcionales nerviosos, número de neuronas de cada centro, número y organización espacial de los contactos sinápticos entre neuronas, efectos tróficos de muerte y plasticidad neuronales) se añade la *complejidad funcional*, resultado del juego incesante y multiforme de señales electroquímicas que se sincronizan o desincronizan contextualmente en las enormes redes neuronales de millones de unidades que se activan o se apagan momentáneamente en la corteza cerebral. Esta última está formada por 4 millones de unidades columnares interconectadas y un total de unos 30.000 millones de neuronas. Cada neurona puede establecer miles de contactos sinápticos con otras neuronas (se maneja la cifra de 100.000 contactos), y también puede recibir señales de miles de otras neuronas. Las combinaciones de *sinápsis* en red posibles en tal aparato cerebral sobrepasan en mucho el número de partículas materiales del universo conocido (calculado en 10^{79}), representando una cifra más que astronómica de 10 elevado a varios *millones*; Edelman y Tononi, 2001). La transmisión sináptica individual transcurre en 1-10 milisegundos, por lo cual las secuencias de billones de señales relevantes para comprender los fenómenos mentales pueden alcanzar ritmos superiores a 100 ciclos por segundo.

Funciones mentales del cerebro

Dado el gran desarrollo en complejidad de su órgano cerebral, el organismo humano es el ser vivo capaz de la conducta y la cognición más compleja. El rol biológico primario (básico) del cerebro es el de *mantener vivo al organismo*. Esto implica coordinar la participación de todos los órganos individuales en el proceso de la vida pluricelular, seleccionando para ello las reacciones y adaptaciones funcionales de los mismos ante las circunstancias cambiantes del medio interno y del entorno. Un segundo rol inmediato es el de *aprender de la experiencia*, reservando datos en memoria sobre el mundo y el propio organismo para su utilización posterior en favor de la supervivencia (eventualmente también en favor del disfrute de la vida). La función cerebral por tanto nos *mantiene vivos y gestiona nuestra conducta* de cara al presente y el futuro previsible, teniendo en cuenta el pasado registrado en nuestra *memoria*. Para ello necesita un *sistema de valores* en continua maduración a lo largo de la vida, ya que la experiencia debe ser valorada según su repercusión favorable o desfavorable sobre nuestro estado vital, antes de ser registrada en memoria.

Para realizar estas funciones primarias de control el cerebro posee receptores sensoriales diversos y vías nerviosas sensitivas que recogen la información pertinente (endógena del cuerpo, o exógena del mundo), así como efectores (éstos actúan mayoritariamente sobre los músculos esqueléticos, pero también sobre los ganglios nerviosos periféricos que controlan las vísceras, los vasos y las glándulas endocrinas) y vías motoras de control que llevan órdenes o ajustes de origen central a los órganos efectores. Este flujo permanente de señales sensoriales y motoras es de velocidad variable según sea el grosor de las fibras nerviosas que las vehiculan, pero en todo caso las señales se transmiten en fracciones de segundo. Más allá de estos aspectos sensitivos y motores, el cerebro es mayoritariamente una importante fuente de señales nerviosas endógenas, al poseer numerosas neuronas y circuitos que producen señales de modo autónomo (independientemente del mundo externo). Al parecer, la actividad sináptica cortical en general responde en un 95% o más de los casos a *señales internas*, autogeneradas por la propia estructura, y solamente en el 5% restante de los casos atiende a las *señales externas* procedentes del cuerpo y el mundo. Además, el cerebro no necesita de los datos externos para trabajar y generar sus constructos, particularmente si cuenta con una memoria abundante, como se demuestra en el caso de los sueños, que se desarrollan en ausencia de datos externos y con escasos movimientos. Por ello es simplista y erróneo considerar al cerebro como un órgano que sólo actúa en respuesta a estímulos externos o internos (teoría pavloviana). Muchas actividades integrativas

relacionadas con los microeventos puntuales del proceso mental se generan autónomamente. Son las así llamadas *funciones cognitivas mentales*, caracterizadas por el protagonismo implícito como sujeto unitario causante de las mismas del Yo personal. El Yo supuestamente es un constructo mental autoreferente, esto es, en el que la persona se describe o refiere a sí misma. Tal constructo deriva de la experiencia y subyace a la práctica totalidad de los eventos mentales conscientes o subconscientes. Por ejemplo, cuando el cerebro elabora *valoraciones y categorizaciones* de los planes motores y de la experiencia perceptiva, generando *intenciones y emociones*, y buscando *conclusiones*, todo ello está referido al Yo unitario protagonista, en su perspectiva particular opuesta al mundo circundante.

De dónde parte el cerebro para construir el concepto autoreferente del Yo? Sin duda hay por un lado *fuentes perceptivas* que el neonato analiza e incorpora a su arquitectura cerebral, basadas en el análisis comparativo de la permanente convergencia aparente de los datos de los sentidos sobre un único observador, con una única perspectiva, coincidiendo con el territorio cercano del mundo del cual el cerebro posee datos propios –el cuerpo-, a su vez continente de señales viscerales y vasculares que aparentan tener una análoga ubicación corporal. De acuerdo con el concepto pionero de Hebb (1948), aquellas sinapsis de las ensamblajes neuronales interconectadas cuya activación por señales recibidas coincide espacial- o temporalmente son reforzadas y estabilizadas (modulación epigenética de la estructura cerebral en desarrollo; esto se conoce también como darwinismo neural, ya que ocurre una selección natural entre las sinapsis iniciales; Edelman y Tononi, 2001; Edelman, 2004; el curso de esta selección sináptica a lo largo de la vida, variable en cada individuo, es lo que asegura que cada cerebro es distinto a los otros en su circuitería detallada, incluso entre gemelos idénticos genéticamente). Son importantes en este terreno los datos *propioceptivos y kinestésicos* procedentes de los sensores de estiramiento muscular y de la tensión de los tendones, ligamentos y cápsulas articulares, ya que de su integración cortical surge la idea de la unidad de nuestro cuerpo (y se deduce la postura ‘propia’ y nuestro movimiento global). El Yo, se deduce, es el sujeto de estas construcciones mentales.

Los pacientes que padecen una lesión en la zona cerebral que realiza este análisis (áreas parietales del hemisferio derecho) pierden selectivamente la sensación de pertenencia personal de las partes del cuerpo que se corresponden con la localización de la lesión; consideran que un brazo, una pierna o medio cuerpo entero no es ‘suyo’, esto es, no forma parte del cuerpo personal. En consecuencia, dejan de atender a sus señales o a utilizarlos en sus actos, independientemente de las señales contradictorias ofrecidas por la vista o por el tacto de la otra mano (tales datos son construidos en cambio como evidencia de la existencia

de objetos ajenos espúreos, como, por ejemplo, el brazo de otra persona). Curiosamente, en ocasiones un síndrome deconstructivo análogo se manifiesta en lesiones más caudales (cerca del lóbulo occipital) y afecta alternativamente al Mundo circundante, cuyo modelo central también es una construcción mental en el hemisferio derecho; en este caso el paciente deja de atender (notar) partes del mundo, típicamente en el hemimundo a su izquierda, como si éste no existiese, todo ello independientemente de lo que señalen las otras vías sensoriales (p.ej., el paciente puede dejar de afeitarse la mitad izquierda de la cara, aunque la vea perfectamente en el espejo). Por otra parte, al concepto deducido del Yo y del Mundo probablemente se añaden *fuentes motoras*, en cuanto el cerebro registra copias de las señales motoras eferentes que emite, y evalúa constantemente el éxito del acto motor que se ha intentado. Los datos obtenidos corroboran y co-definen a la inversa la construcción mental del ente central que intenta la acción, así como el mundo donde se intenta.

Se deduce de esto que tanto el concepto del mundo externo como el concepto del propio Yo personal *es construido cerebralmente* durante la temprana infancia (aparentemente sobre la base de un tosco protomapa de origen genético que es preciso ‘rellenar’ y perfeccionar con experiencias propias). En esta tarea tiene participación singular el área cortical parietal derecha, probablemente apoyada por otras conexiones. En el caso normal, tal constructo se ajusta realísticamente al conjunto completo de datos coherentes que van llegando. Su abstracción se usa luego continuamente en formato icónico (simbólico) en el proceso de la conciencia, probablemente porque proporciona un esqueleto funcional elástico (cambia porque no siempre atendemos a las mismas partes de nuestro cuerpo o del mundo) al que se ligan los diversos aspectos interpretativos, emocionales e intencionales de la mente, hasta el punto de que el constructo autoreferente del Yo se hace omnipresente en el núcleo más íntimo de la memoria, la cognición y la conciencia.

Uno de los fenómenos integrativos mentales de gran importancia práctica para explicar la conciencia cognitiva y el pensamiento en general es la producción e implementación neural duradera de numerosos *modelos* parciales del propio organismo y del mundo en forma de *mapas cognitivos*. Éstos son registros de memoria pluridimensionales basados en la modificación de la eficiencia sináptica en millones de neuronas dispersas con significados icónicos relacionados, que resultan entrelazados en redes diversas según las relaciones mutuas observadas o potenciales (predecibles en base a la experiencia) de los elementos constitutivos. Ulteriormente es posible la reconstrucción mental (reactivación) de tales registros, abriéndolos de nuevo en la conciencia. Estos constructos mixtos (ya que comprenden aspectos tanto perceptivos clasificatorios como de conductas posibles en relación

a los mismos) representan las diversas interrelaciones espaciales y funcionales entre los elementos que aparecen en los mapas. Importantemente, los mapas cognitivos son editables (ampliables) en base a ulteriores experiencias, y también son combinables unos con otros en mapas de orden dimensional superior (se dice que son n-dimensionales, pudiendo alcanzar cientos o miles de dimensiones, mucho más allá de lo que podemos imaginar). Estos modelos o mapas mantienen en su origen la conexión con el propio constructo del Yo, y forman parte del constructo total del Mundo (éste es concebible como el mapa cognitivo global que contiene todos los demás mapas). Los mapas cognitivos representan instrumentos indispensables para la concatenación e interrelación compleja de los elementos parciales del pensamiento y la conducta. Generan expectativas probabilísticas, y participan conjuntamente en la percepción, la memoria y el procesamiento consciente e inconsciente de señales.

La conciencia como proceso cerebral

En el materialismo emergentista, al igual que en algunas otras concepciones, el término ‘conciencia’ se refiere a un *modo de función* del devenir cerebral, que causa el ‘estar consciente’ (o ‘es estar consciente’, cuando esto ocurre). Estamos acostumbrados a la reificación del fenómeno de ‘estar consciente’ como la cosa inmaterial llamada ‘conciencia’, al igual que la reificación de ‘pensar’ como ‘mente’ inmaterial. Esto es un resultado de siglos de pensamiento dualista, en el que se tiene a mente y conciencia como *cosas inmateriales*. En contraste, siguiendo al psicólogo pionero W. James (1890), nosotros entendemos por ‘*estar consciente*’ aquel proceso funcional de nuestro cerebro en el que se obtiene que, por encima de ‘estar integralmente vivos’ como organismos, *nos sentimos subjetivamente presentes en el mundo como un organismo unitario*, personal, bajo el doble postulado de la *realidad conjunta del Mundo y el Yo*. La capacidad de producir y usar esta operación deductiva global por parte de un organismo se trataría de una propiedad emergente añadida a las otras posibilidades previas de integración neural de los animales vivos no conscientes. Hablamos aquí de lo que se entiende como conciencia general, presente ya en muchos animales. El proceso dinámico de la conciencia implica la integración hipercompleja de una serie cambiante de categorías perceptivas, formando un todo conexo al que nos referimos como *contenido de la conciencia*, que está ligado a su vez a datos de memoria relevantes contenidos en los mapas cognitivos momentáneamente activados. Esto genera lo que Edelman(2004) denomina el ‘*presente recordado*’, una vívida escena mental unitaria que interpreta categóricamente la realidad (dividiéndola en cosas y procesos); el constructo autoreferente del Yo aparece como el polo de perspectiva central de esta escena en contraposición a la ubicación circundante del Mundo.

Por añadidura, entendemos por *autoconsciencia* un grado superior en esta misma función, cuando está acompañada de mayor capacidad de memoria a corto y largo plazo, así como de una significativa predicción del futuro en un contexto social, y representaciones mentales simbólicas de las propias vivencias, lo cual es permitido por las nuevas propiedades semánticas y sintácticas emergentes que resultan de la disponibilidad de un lenguaje (la capacidad de hablar y entender el habla). La autoconsciencia potencia de modo notable todas las demás funciones mentales del hombre, llevándolas a niveles supremos de abstracción. Nos hacemos así conscientes de estar conscientes, y asumimos que nuestros compañeros en sociedad, con los cuales podemos comunicarnos, también están conscientes, abriendo una serie enorme de posibilidades interactivas.

Supuestamente, ésta propiedad cerebral que intensifica y profundiza el mundo construido de lo subjetivo y lo proyecta a nivel de nuestra conducta interpersonal podría resultar de un incremento significativo en la celularidad cortical (por ejemplo, del número de unidades neuronales activas en cada instante), con un incremento subsiguiente en la complejidad pluridimensional de las redes de señales cerebrales disponibles para la integración. Eventualmente la capacidad de procesamiento sobrepasa el nivel crítico mínimo que permite la conciencia general. Evidentemente, esta concepción evolutiva permite en principio que tal capacidad pueda darse asimismo en mayor o menor grado en otros linajes evolutivos, aparte del humano, si éstos alcanzan un nivel análogo de complejidad y de potencia de procesamiento neural de las señales biológicas, unido a la emergencia de una cierta capacidad semántica, aunque un lenguaje elaborado con léxico y gramática no esté aun presente.

La conciencia por tanto sería un *fenómeno dinámico neural transitorio* (no permanente) en el que se procesan simultáneamente señales referentes al presente, pasado y futuro en un todo interconectado coherentemente de enorme complejidad global, complementado al parecer por una necesaria sincronización selectiva de los contenidos icónicos momentáneos de la conciencia, cuyo conjunto en parte progresa y cambia en el tiempo, y en parte incluye referencias más o menos estables de los modelos actualizados del Yo y del Mundo. Este esquema parece resolver el problema clásico de quién (qué homúnculo) observa lo que ocurre en el teatro de la mente, pregunta que es sabido que nos lleva a un círculo vicioso *ad infinitum*; en efecto, según el concepto planteado de la conciencia todos los elementos necesarios forman parte del mismo fenómeno cerebral hipercomplejo (ver más abajo).

Tal actividad neural nos provee de *una perspectiva personal del mundo*, como

resultado de la capacidad integrativa y abstractiva del cerebro. La perspectiva personal está implícita en la comparación detallada del conjunto de datos procesados, resultando ser aparentemente la mejor interpretación posible de los mismos. Aquí la selección natural garantiza que el resultado sea eficaz, ya que sea lo que sea que construyamos mentalmente, debemos lograr la supervivencia en el mundo real; se trata realmente de un triunfo increíble de la materia cerebral en su emergente capacidad de modelar el mundo real, para posibilitar una experiencia mental ciertamente parcial y en parte sin duda engañosa, pero en definitiva útil en sentido biológico. En esencia, al estar conscientes, una parte pequeña pero muy compleja del mundo (cada uno de nosotros) integra su vinculación con el resto del mundo (datos de diversos sentidos y actos motores), gracias a su perspectiva relativa unificada y un devenir intencional que opera del centro a la periferia en el tiempo. Al estar subjetivamente conscientes en modo coherente sentimos que tanto nosotros como el mundo ‘estamos aquí ahora’, esto es, *existimos*, y esto lo sabemos con gran lujo de detalles (independientemente del inevitable retraso temporal entre los cambios de estado en el mundo real y su representación en la conciencia). Primariamente no tenemos constancia de que exista otra cosa que ese mundo fenoménico que nos incluye, y que aparece orientado entre un punto (nosotros como organismo vivo independiente, sede de la conciencia) y el todo universal del mundo conocido. Pero, interesantemente, nuestra mente tiene una gran capacidad para la ficción, como queda demostrado por su persistente uso de constructos de todo tipo, y por tanto puede concebir en abstracto entes reales observables o inobservables más allá de lo que podemos percibir con los sentidos. En efecto, concebimos fácilmente entes que predecimos serán alguna vez observables (p.ej., el bosón de Higgs recientemente observado tras años de existencia predicha) y *entes inobservables* tanto materiales como inmateriales (vía conceptos o ideas; véase el infinito en matemáticas), ya sea para explicar por aparente necesidad lógica las paradojas del mundo aparente (por ejemplo, la existencia de los átomos y las partículas subatómicas), o bien para dar juego a nuestra fantasía y creatividad (obras de arte), resolver problemas (entes matemáticos o lógicos), o satisfacer anhelos emocionales (dioses y otros entes espirituales inmateriales). Obviamente, el realismo de tales ficciones deberá ser comprobado apropiadamente en su debido momento.

Esta capacidad, junto con nuestra visión predictiva del futuro posible, nos otorga el acceso a una *causación descendente*, esto es, a la capacidad de generar o seleccionar efectos sobre nuestra conducta y el mundo externo nacidos de una idea generada en nuestro mundo interno. Tal posibilidad no es aceptada aun de modo general; véase por ejemplo las posturas alternativas de Edelman (2004) y de Bunge (2008), quienes conciben el mundo mental ficticio

(teórico) creado por el cerebro como epifenomenal con respecto al propio proceso neural que lo genera, resultando así causalmente inerte respecto al mundo real. Yo aprecio aquí una caída inadvertida en el dualismo (ambos autores dicen ser monistas materialistas). Al concebir la mente consciente como una sutil dinámica integral del mundo material cerebral (no como un producto o anejo inmaterial del mismo), creo que la mente puede actuar a su manera, pero naturalmente con gasto de energía cerebral, sobre el resto del mundo material. Donde reside la raíz causal de las explosiones atómicas en Hiroshima y Nagasaki? En los átomos de las bombas respectivas, o en los cerebros de los científicos e ingenieros del proyecto de Los Álamos que las construyeron? Alternativamente, podríamos situar la causa en el cerebro del entonces presidente de los Estados Unidos de América. Este argumento sobre causación descendente mental justifica asimismo en mi opinión que seamos libres de elegir responsablemente nuestra conducta en los casos en que tenemos opciones abiertas ante nosotros, o podemos crearlas.

Una parte de la actividad mental autoconsciente queda grabada en memoria, de tal modo que al retornar a la conciencia tras un periodo sin ella (por ejemplo, tras el sueño profundo), retomamos sin problemas el hilo de la subjetividad previa. Por ejemplo, sabemos casi instantáneamente quiénes somos, dónde estamos, qué estábamos haciendo antes de dormir, y cuáles eran/son nuestros planes a largo, medio y corto plazo. Este complejo proceso de la conciencia resulta ser un instrumento vital para la interacción más eficiente con el mundo, al poder trabajar no sólo con datos de los sentidos aislados, sino también con conceptos y modelos abstractos personalizados retenidos en los mapas cognitivos de la memoria (incluyendo nuestras reacciones emocionales y nuestras intenciones moduladas por la interacción social y la consiguiente definición de metas colectivas). Nuestros mapas cognitivos progresan en su capacidad y precisión a tenor de los intereses y necesidades, gracias a la experiencia acumulada, que es evaluada conscientemente.

Conciencia como estado funcional cerebral que alterna con otros estados

¿Qué ocurre cuando estamos inconscientes? En ese caso, la posibilidad de interactuar eficientemente con nuestro cuerpo y el mundo real desaparece. Por ejemplo, cuando dormimos profundamente sin soñar, cuando somos sometidos a anestesia general, o cuando nos desmayamos en diversas circunstancias, perdemos completamente la normal percepción subjetiva de nuestra presencia y participación interactiva en el mundo (incluyendo la parte del mismo que somos nosotros mismos). Sin embargo, nuestro cerebro no deja de funcionar, ya que durante el sueño y el desmayo continúa manteniéndonos vivos, regulando

automáticamente múltiples constantes vitales que monitoriza sensorialmente (p.ej., el nivel de oxígeno en el aire que respiramos, o la tensión arterial); también ajusta automáticamente nuestra postura en la cama (cuando falta riego sanguíneo en las partes comprimidas), y es capaz de reaccionar con alerta ante señales inesperadas (el despertador, un terremoto, un parón en el uso del chupete por parte del bebé en su cuna), aparte de otras funciones más sutiles e importantes relativas al procesamiento nocturno de la memoria y al mecanismo escasamente comprendido de los sueños. Por tanto, el cerebro puede adoptar un modo de funcionamiento inconsciente, aunque también podría decirse que durante el sueño mantiene una conciencia restringida del mundo real –una *conciencia inconsciente*–, en cuyo estado el cerebro está mayoritariamente ‘ensimismado’ en sus propios asuntos de intendencia cerebral y mantiene mínima atención sobre el ‘exterior’. Esta capacidad residual resulta total- o parcialmente alterada en el estado de coma, o en otros estados de vida llamada ‘vegetativa’, generados tras importantes daños cerebrales; en estos casos la vida puede ser mantenida artificialmente por los médicos, pero no por el propio cerebro dañado. Los especialistas clínicos distinguen una gradación de diversos estados funcionales intermedios entre la plena conciencia y la inconsciencia total y permanente (muerte cerebral).

Parece indiscutible, por tanto, que el estado consciente al que normalmente retornamos cada día al despertar depende en cierto modo de un *modo funcional* específico del órgano cerebral. La misma maquinaria neuronal que nos mantiene vivos pero inconscientes durante horas, funcionando de cierta manera, luego nos permite volver a estar conscientes. No conocemos aun exactamente qué ajustes del sistema cerebral son los que posibilitan la emergencia global cíclica (en vigilia) de la función mental consciente, aunque ya parece claro que intervienen diversos subsistemas funcionales que se controlan entre sí de forma cíclica.

Normalmente los ciclos de conciencia e inconsciencia se suceden aproximadamente a ritmo diario en todos los animales. Esto es una adaptación al planeta en el que vivimos, cuya rotación causa ciclos de luz solar y oscuridad de 12 horas. Si bien se puede permanecer inconsciente más tiempo del normal (semanas, meses, años) por diversas causas patológicas (p.ej., en estado de coma), aparentemente no es posible permanecer consciente durante un tiempo mucho más largo que el habitual, sin deterioro de nuestras facultades mentales. Hay datos (p.ej., de experimentos en los que se impidió a voluntarios conciliar el sueño) que sugieren que el límite está en torno a una semana. La actividad consciente parece someter a cierto tipo de desgaste metabólico al aparato cerebral (la conciencia gasta energía), y éste aparentemente necesita la fase de sueño ‘reparador’ para reacondicionar la composición química del medio intercelular y permitir que las neuronas hagan los ajustes internos

requeridos por la intensa actividad señalizadora realizada durante el previo estado consciente (ello incluye desarrollar los registros en memoria a largo plazo). Si se prolonga la vigilia, el tiempo de sueño profundo ulterior (cuando finalmente se permite dormir) se extiende proporcionalmente, indicando que la tarea reparadora puede quedar pendiente dentro del límite mencionado de aproximadamente una semana, pero debe ser realizada integralmente más pronto que tarde, so pena de un creciente desajuste mental (desorientación, visiones, torpeza mental). Parece que el masivo flujo de señales que ocurre durante la vigilia impide la necesaria tarea de asentar datos en la memoria (o en el subconsciente) mientras éstos son procesados en tiempo real. Necesitamos un cerebro momentáneamente libre de conciencia para resolver esta tarea, que en esencia actualiza en el aparato neuronal nuestra interacción reciente con el mundo, modificando los billones de contactos sinápticos plásticos que existen entre las neuronas (remodelando su textura molecular y su distribución espacial) y ajustando la lectura genética de las neuronas (modificando, p.ej., la expresión de receptores de membrana, o los sistemas de segundos mensajeros); esta es la fase en la que perfeccionamos a nivel de los mapas cognitivos nuestro modelo interno global del Mundo y de nosotros mismos (el Yo) como parte del mismo.

Se sabe que los mecanismos neurales implicados en los estados alternativos de conciencia y sueño constan de diversos subsistemas que regulan su secuencia cíclica alterna, auxiliados por otros efectos particulares, como los niveles de alerta y atención que puedan resultar necesarios, y los contenidos variables de la conciencia (p.ej., curso del pensamiento, valoración emocional, carga intencional, perspectiva temporal, plan conductual, predicción del resultado de la conducta, estado de ánimo general, placer, displacer, etc.). Obviamente, el estado funcional de nuestra mente consciente es multidimensional.

Ciclo sueño-vigilia

El cambio cíclico entre los estados de sueño y vigilia se basa en varios centros nerviosos de acción contrapuesta que están interconectados en forma de circuito circular interactivo. Sin entrar en detalles anatómicos innecesarios, podemos decir que hay centros cerebrales cuya activación promueve el estado de conciencia, así como otros centros cuya actividad genera el efecto contrario, llevándonos al sueño. Cada uno de ellos tiende a inhibir al contrario a tenor de la intensidad de su propia actividad. Se deduce que en cada fase del día predomina uno de ellos, sobre todo al principio de cada fase, cuando se inhibe máximamente la actividad del contrario, pero la correlación entre ambas funciones va cambiando a lo largo del periodo, hasta que el centro opuesto resulta liberado de la inhibición previa, se activa, y consigue

hacerse dominante a su vez. Curiosamente, si bien en el sueño profundo prácticamente se detiene el ingreso de datos sensoriales a la corteza y están bloqueadas la mayoría de las respuestas motoras (acompañando la detención de la conciencia), existe la fase de sueño paradójico o fase REM (rapid eye movements), en la que el individuo duerme, pero desarrolla la conciencia particular de los sueños, que se relaciona con un diálogo tálamo-cortical sin contacto con la realidad externa, o sea, basado en datos subconscientes o de memoria. Aunque no conocemos aún el significado práctico de los sueños, es posible que representen parte de las necesarias medidas reparativas de intendencia cerebral, paralelamente al sueño profundo sin sueños.

Existe separadamente un ‘reloj intrínseco’ en un centro hipotalámico, el núcleo supraquiasmático, que posee un mecanismo molecular endógeno, de base genética, para marcar el paso del tiempo (alterando progresivamente a lo largo de cada 24 horas el ritmo de disparo de sus neuronas; éstas inciden sobre los centros neurales de la vigilia y el sueño, así como sobre muchas otras dianas que regulan otras funciones corporales que varían también en ciclo circadiano). La actividad de este centro que enlaza nuestro nivel de actividad mental con la realidad del mundo que nos rodea es modulada fisiológicamente por el nivel de luminosidad (máximo a mediodía en la naturaleza), pero también está sujeto a otras señales cerebrales (quizá más importantes en el hombre moderno, que puede vivir largos periodos apartado de la luz solar).

Sistema de alerta

Se cree que uno de los mecanismos básicos preconscientes es el *sistema de alerta*. Son procesos cerebrales que subyacen al fenómeno de la conciencia, pero que aún no representan parte de la misma (dicho de otro modo, son necesarios pero no suficientes para la conciencia). Este sistema se refiere a señales ascendentes activadoras de la conciencia procedentes de centros troncoencefálicos prepontinos profundos (periventriculares) que promueven directa- o indirectamente una desincronización (activación), acompañada de la aparición del ritmo alfa en la corteza cerebral general y del ritmo theta en el hipocampo. Se incluye modernamente entre estos centros el *núcleo incertus* (GABAérgico; libera péptidos), el *locus coeruleus* (noradrenérgico) y los *núcleos tegmentales pedunculo-pontino y dorsolateral* (colinérgicos) (revisión en Jones, 2005; ver también Ma et al., 2017). Sus diversas proyecciones ascendentes modulan al alza nuestro estado central de alerta, probablemente atendiendo cada uno a circunstancias diversas. Las lesiones en esta zona prepontina son las que más frecuentemente producen el coma. Algunas de estas proyecciones inciden sobre los *núcleos intralaminares del*

tálamo, que a su vez se caracterizan por proyectar excitatoriamente de forma dispersa sobre amplias áreas corticales (capas superficiales), así como sobre los núcleos basales del telencéfalo. El concepto de alerta cortical se refiere al grado o eficiencia con que la corteza responde a los estímulos reales (esta propiedad está inhibida durante el sueño profundo, así como en las diversas patologías que cursan con inconsciencia). Un estado de alerta bajo desprecia la mayor parte de los estímulos, tal como ocurre al dormir, mientras que un estado de alerta alto nos hace reaccionar ante estímulos gradualmente menores, incluso insignificantes en su grado extremo (hiperestesia). Por ejemplo, el dolor, el estrés, y el miedo incrementan el estado de alerta. Un determinado nivel mínimo de alerta es necesario, aunque no suficiente, para desarrollar funciones conscientes, ya que un cambio de estado en el nivel de alerta por sí solo no llega aun a generar conciencia (es como el encendido del motor de un vehículo puesto al ralentí, previamente a usar el acelerador).

El sistema tálamo-cortical y la asociación córtico-cortical

La conciencia aparentemente es posibilitada singularmente al sumarse a un estado de alerta suficiente el *procesamiento sensorial y perceptivo tálamo-cortical*, un mecanismo que a nivel cortical explora y categoriza inicialmente los datos de los sentidos (y eventualmente los graba selectivamente en memoria). No obstante la entrada definitiva de tales datos analizados en la conciencia precisa de un grado suficiente de valoración competitiva e integrativa por parte del mecanismo de la *asociación córtico-cortical*, la cual finalmente colecta y une entre sí los diferentes flujos de señales en un conjunto funcional sincronizado, único y coherente que creemos representa a la mente consciente y autoconsciente.

En efecto, la corteza sensorial primaria primero analiza los datos de forma independiente según su origen sensorial o cerebral, procesándolos a nivel de sus columnas corticales o en conjuntos de columnas que atienden al mismo dato, dirigiendo sus resultados a otros colectivos de columnas en otras áreas corticales según las propiedades analizadas y los usos mentales finales: p.ej., en la visión, detalles como el color, la forma, la posición, el enfoque y el movimiento, entre otros diversos aspectos, son analizados separadamente por diversas rutas cortico-corticales especializadas para tales subtareas de la visión). La sincronización entre diversas columnas corticales se facilita allí donde aparecen bordes en la fuente de la señal (contornos de las cosas), consiguiendo así mantener un icono discreto de cada elemento unitario (cada Gestalt) a través de sucesivas operaciones de análisis. Cada columna cortical posee neuronas de salida que proyectan diferencialmente al tálamo (vía córtico-talámica ya mencionada), el claustro (un núcleo profundo a la corteza), algunos

centros subcorticales (potenciales movimientos) y diversas áreas corticales (interpretación superior y, eventualmente, la conciencia). No se comprende aun el significado funcional del claustró, cuyas neuronas proyectan de vuelta a la corteza. Quizá participe en los mecanismos de sincronización cortical a determinados ritmos (ver más abajo; ver Calvin 1996a,b, y Badin et al., 2017 para detalles sobre interconexión de ensamblajes neuronales).

Los millones de aspectos puntiformes de la realidad que el tálamo vehicula a las columnas corticales pasan así de sensaciones a proto-perceptos (conatos de perceptos). Su categorización (clasificación icónica como algo ya conocido y valorado, parte de algún mapa cognitivo) ocurre automáticamente en base a la comparación córtico-cortical de cada icono identificado con los registros de datos similares presentes en nuestros mapas cognitivos, que ya tuvieron previamente un valor biológico para nosotros (por eso están grabados en memoria). Se obtiene así tanto su clasificación categórica (de qué se trata) como su valoración emocional/intelectual (qué importancia podría tener para mí). Esto ocurre aun a nivel inconsciente (por eso hablamos aquí de proto-perceptos). Se necesitan unos 400 milisegundos para realizar tales operaciones de clasificación perceptual (un tiempo apreciable cuando las sinápsis actúan en menos de 10 milisegundos), y suelen resultar involucradas ensamblajes de miles de columnas corticales (millones de neuronas) para cada Gestalt procesada.

A continuación, los diferentes proto-perceptos compiten entre sí en base a sus propiedades intrínsecas respecto al fondo (su saliencia) y su significación o evaluación biológica, teniendo en cuenta la conducta en curso y nuestras idiosincrasias personales (de qué estamos pendientes? Qué nos interesa? Qué pretendemos en este momento?). Tales contenidos mentales y probablemente algunos otros más estarán representados por la actividad incesante de las redes neuronales en comunicación córtico-cortical asociativa (recuérdese el 95% de actividad cortical endógena, que debe articularse con el 5% restante que corresponde a la entrada talámica), y la posibilidad de miles de contactos por parte de cada neurona. En esencia, aquellos proto-perceptos elaborados cuyo significado personal es momentáneamente escaso no pasan de ahí (no se hacen conscientes). Bien se apagan, cediendo su lugar a los nuevos estímulos que siguen llegando, o bien, antes de desaparecer, pueden tener efectos prácticos (ser utilizados) para alguna de las funciones que el cerebro desarrolla inconscientemente. Por ejemplo, el color de la pared, el número de sillas en la habitación, o el tacto en la espalda de la camisa que llevamos puesta son casi siempre datos banales; en general, es despreciable gran parte de lo que *no tenga que ver* con la conducta que estamos ejecutando en el momento, a no ser que el significado incongruente con la misma de un proto-percepto sobresalga del fondo neutro y banal por ser altamente atractivo o sorprendente

(por eso el que está pintando un cuadro no se entera de lo que le dicen, a menos que su suba el tono de voz, o se dé una palmada en la mesa). Un ejemplo de uso inconsciente de datos proto-perceptuales es nuestro gesto inconsciente de orientar en el espacio la tarjeta de crédito para que coincida con la ranura del lector de tarjetas; aquí usamos datos pre-elaborados pero no conscientes de tipo visual (la ranura) y datos propioceptivos y táctiles que nos informan de cómo llevamos la tarjeta en la mano. Sólo pasarán a ser conscientes si la operación fracasa debido a algún obstáculo imprevisto.

En cambio, los proto-perceptos incipientes que encuentran relevancia y resonancia en los planes y apetencias mentales en curso en la red cortical serán integrados por sincronización en redes de mayor dimensión, y eventualmente entrarán a formar parte del contenido momentáneo de la conciencia, ya sea en la zona central de atención o en la periférica, según corresponda. Tal paso a la conciencia como perceptos propiamente dichos ocurre poco después de los 400 milisegundos ya mencionados, y persistirá de forma reverberante en tal modo funcional (propiciando su paso a memoria de corto o largo plazo) mientras la significación biológica momentánea lo justifique, generalmente durante al menos unos segundos. A veces afrontamos problemas difíciles que nos obsesionan, lo que nos lleva a recrear en la conciencia determinados datos importantes una y otra vez a partir del registro en memoria (inserta en un mapa cognitivo). Obviamente, la ideación superior continúa procesando multidimensionalmente los perceptos simples, creando de forma igualmente justificada otros más complejos o abstractos, vía el juego interactivo de los mapas cognitivos pertinentes.

El procesado talámico

El tálamo es un centro subcortical que actúa como filtro y distribuidor excitatorio de las distintas señales sensoriales según su naturaleza (visual, auditiva, táctil, etc.) y las redistribuye casi sin cambiarlas hacia las áreas apropiadas de la corteza cerebral, a efectos de su análisis perceptivo. El tálamo recibe asimismo señales excitatorias de vuelta (re-entrantes) de la corteza para cada modalidad sensorial, y posee además subdivisiones especiales que transmiten a la corteza señales relativas a la integración y desarrollo de los actos motores. En los primates, y sobre todo en el hombre, aparecen masivos sectores adicionales del tálamo que solamente reciben y retransmiten señales de origen cortical. Estos 'sectores asociativos del tálamo' con seguridad participan en el procesamiento mental de alto nivel (conexiones con las áreas asociativas de la corteza, que a su vez presentan un volumen incrementado en comparación con otros mamíferos menos desarrollados y carentes de tálamo asociativo). Estas

señales asociativas corticales por tanto no se refieren directamente al mundo externo, sino a los mapas cognitivos internos que manipulamos al pensar y quizá tengan que ver con la autoconsciencia, o sea, la autoobservación mental durante el acto de pensar, mientras que el tálamo convencional conectado con sensores y vías sensitivas específicas probablemente se relacione con la conciencia general en su proyección a la corteza primaria no asociativa.

El análisis electroencefalográfico ha mostrado que durante el sueño profundo (no hay conciencia) la actividad eléctrica del sistema tálamo-cortical está sincronizada, de tal manera que todas las neuronas talámicas descargan en ráfagas, o callan a la vez, en oleadas masivas, lo cual provoca grandes ondas de activación y depresión eléctrica en la corteza. En esta modalidad de función no se produce análisis sensorial, y el sistema tálamo-cortical queda desconectado del mundo externo. El núcleo reticular pretalámico al parecer organiza esta masiva sincronización talámica y cortical, típica del sueño, mediante su proyección inhibitoria sobre el tálamo, en coordinación con los centros del sueño mencionados previamente. Al pasar al estado de vigilia, la actividad tálamo-cortical se desincroniza, de tal manera que cada pequeña población de neuronas talámicas que atiende a un punto concreto del cuerpo o del mundo (parecidamente en las diversas modalidades de señales) usa su conexión punto a punto con una columna cortical, activándola al ritmo heterogéneo que resulta de su estimulación variable por parte del mundo externo, otros centros nerviosos, o la propia corteza (esto produce el ritmo alfa característico de la vigilia, con pequeñas ondas rápidas desiguales). Nótese que se calcula existen unos 4 millones de columnas corticales, que recibirán señales independientemente unas de otras, por lo cual este bombardeo cortical por parte del tálamo en la vigilia es altamente diferenciado y complejo. Tal señal combinada representa el conjunto de datos sobre el cuerpo y el mundo que alcanza la corteza para ser interpretado. Obviamente, no somos conscientes de tal complejidad en la entrada masiva de datos puntiformes, ya que en la conciencia solamente ingresan (medio segundo más tarde) perceptos ya diversamente integrados en iconos o Gestalts neurales referentes a *cosas o procesos del mundo reconocibles* mediante el diálogo cortico-cortical primario, secundario y terciario entre las columnas corticales y las mini-redes de neuronas que se sincronizan en asambleas más o menos estables con significado altamente probable.

Las señales sensoriales entrantes del mundo (incluyendo el propio cuerpo) por tanto llegan a la corteza vía el 'tálamo sensitivo', y se cree que las señales cortico-talámicas en dirección contraria, que también son selectivas punto a punto entre cada columna cortical y el grupo de neuronas talámicas correspondientes, modulan esta transmisión de señales, mejorando el contraste y optimizando el paso de aquellas que son objeto de atención por parte

de la mente (las otras son filtradas o llevadas a un segundo plano mediante mecanismos colaterales locales de tipo inhibitorio).

Paralelamente, el ‘tálamo motor’ participa en la organización de la conducta motora, activando la corteza motora y premotora en colaboración con otras formaciones cerebrales que le pasan señales correctoras para los movimientos en curso (el cerebelo y los ganglios basales). Paradójicamente, tal actividad talámica que promueve la iniciación de movimientos por parte de la corteza motora es de por sí normalmente excesiva, por lo cual algunos de estos centros accesorios ejercen una inhibición tónica (estable) sobre el tálamo, el llamado ‘freno talámico’, que corta los numerosos movimientos involuntarios que podrían producirse a falta de dicho freno (tipo tics; un tic es un movimiento involuntario que se escapa al freno talámico), y que debe ser retirado selectivamente para aquellos movimientos que sí se desea realizar.

Finalmente, el ‘tálamo asociativo’, que dialoga punto a punto con las columnas de la corteza ejecutiva asociativa de rango superior, sede del pensamiento, posiblemente colabora importantemente en la función de autoconsciencia, tal como mencionamos más arriba, ya que retransmite a la corteza las señales derivadas de la propia actividad superior cortical para su reprocesamiento, como si fuesen señales externas. Tal circuito parece esencial para entender cómo los perceptos, las ideas, las emociones, y las intenciones, o sea, los entes icónicos abstractos (ver Aleksander, 1998) y eventualmente los entes simbólicos a través del lenguaje, que resultan inicialmente del juego n-dimensional entre mapas cognitivos, pueden llegar a ser re-analizados a su vez como *datos a percibir* en el fenómeno de la autoconsciencia. Esta parte del tálamo es la última en *aparecer* en la evolución del tálamo de los mamíferos, existiendo propiamente sólo en los primates y homíninos; su emergencia progresiva en estas especies coincide con la evolución y diversificación funcional recientes de la neocorteza asociativa pluri sensorial y prefrontal (sede asimismo de los registros relativos a la moral personal, que recoge condicionantes probabilísticos a la valoración previa o ulterior de los actos con repercusión social). Esta tercera parte del sistema tálamo-cortical es la última en *madurar* ontogenéticamente en la especie humana, terminándose el proceso de mielinización maturacional de las respectivas conexiones nerviosas en torno a los 21-22 años de edad. Curiosamente, la sociedad descubre históricamente por larga experiencia que la mayoría de edad social y la plena responsabilidad como ciudadano emerge en torno a esta edad, sin saber nada del cerebro.

El procesado cortical

Múltiples estudios anatómicos han investigado el curso de las señales asociativas cortico-corticales que se propagan desde cada área sensorial primaria hacia una jerarquía creciente de áreas ‘superiores’; éstas primero son específicas de la modalidad sensorial, y ya dijimos que están especializadas en su cometido, y luego son de tipo crecientemente plurimodal (conjunción de señales de sentidos diferentes; éstas llevan a los conceptos). Finalmente las áreas asociativas plurimodales de los lóbulos parietal, occipital y temporal proyectan a territorios *límbicos* (donde supuestamente residen las capacidades de valoración de la experiencia y motivación de la conducta) y territorios *frontales* (sobre todo prefrontales, donde se supone residen facultades intelectivas que incluyen el foco de la atención, el motor de pensar, la memoria a corto plazo y la selección de planes de conducta a largo plazo). Para cada vía ‘ascendente’ transcortical existen vías ‘descendentes’ de vuelta que inciden en capas distintas de las unidades columnares corticales. Por lo tanto, cada columna cortical asociativa recibe y procesa discriminadamente señales de áreas corticales inferiores (o talámicas) y superiores en el escalafón (valga la expresión). Este patrón de interconexión areal múltiple forma de hecho una enorme red que parece conectar todo con todo, aunque realmente hay una sutil regionalización según el curso de la mente consciente. Hay también conexiones corticales que son de tipo *comisural* (interconexión interhemisférica, necesaria para coordinar la actividad mental diferencial de ambos hemisferios). Finalmente, otras rutas convergen sobre la corteza *entorrinal*, que es la puerta de entrada al circuito de la corteza hipocampal, donde se diseñan los mapas cognitivos y se organiza el depósito de datos en la memoria episódica (‘qué nos pasó’; ‘qué elementos observamos’; ‘qué se puede predecir’). Un resultado sorprendente de estos estudios es que las rutas de asociación sensorial (que clasifican diferencialmente lo que sentimos en nuestro cuerpo y en el mundo) son siempre divergentes; se van subdividiendo progresivamente en áreas cada vez más especializadas. Por tanto, la anatomía no sugiere cómo ocurre la coherente unión perceptiva (‘binding’ en inglés) de todos los diferentes hilos perceptivos y volitivos que apreciamos en nuestra conciencia subjetiva.

Este misterio parece estarse aclarando al considerar datos electrofisiológicos recientes referentes al patrón temporal que caracteriza el ingente trasiego de señales re-entrantes entre unos puntos y otros de la corteza. Se han utilizado para ello técnicas de registro múltiple de potenciales eléctricos y ulteriores estudios de la correlación temporal entre las respuestas (en disparos aislados o en ráfagas) de las distintas neuronas que reaccionan ante un mismo estímulo, primero en la fase previa al acceso a conciencia (primeros 400 milisegundos), y luego en la eventual fase consciente ulterior. En particular ha sido muy útil este tipo de

análisis aplicado al fenómeno de *rivalidad binocular*, que se produce cuando se presenta al mismo tiempo a cada ojo un estímulo distinto (incongruencia perceptiva); en este caso el mecanismo cortical no acepta ambas señales conjuntamente en la conciencia, sino que éstas se van alternando en su aparición consciente (primero vemos una y luego la otra, y así sucesivamente). Es revelador observar cómo cambia el patrón de disparo de las neuronas responsables de cada imagen según éstas se hagan conscientes o no. Resulta que la variable crítica no es la activación o inhibición de las neuronas (según el caso, tal como se podía haber pensado), sino la *sincronización* de sus disparos. Cuando el proto-percepto queda inconsciente, sus representantes neuronales siguen respondiendo, esto es, siguen siendo activos, pero disparan ráfagas desincronizadas entre unas neuronas y otras; en cambio, cuando el proto-percepto pasa a percepto consciente, las ráfagas correspondientes se sincronizan a determinada frecuencia rápida, conocida como ondas gamma (ver el desarrollo de este concepto en Von der Malsburg C., 1986; Engel et al., 1992; Singer, 1998, 2001; Edelman y Tononi, 2001; Edelman, 2001; Llinás, 2003; Dehaene, 2014). Metzinger (1995) recoge la importancia de este resultado en su tratamiento filosófico profesional de la conciencia, resaltando su capacidad para establecer un puente explicativo entre la percepción objetiva (en tercera persona) y la percepción subjetiva (en primera persona). Es asimismo de resaltar en el tratamiento de Metzinger (1995) que él atribuye eficiencia causal a los fenómenos mentales, aspecto negado por otros autores.

Este y otros hallazgos consistentes con el mismo resultado nos permiten vislumbrar por primera vez cual puede ser el mecanismo cerebral que sustenta el tipo de actividad cerebral característico de la conciencia y cómo se generan sus propiedades específicas (unicidad, diferenciación, coherencia). No se trata de un mero recorrido plurisináptico de señales neuronales ascendiendo asociativamente, o descendiendo de modo re-entrante, por la red cortico-cortical de unidades columnares de computación; tal recorrido por supuesto ocurre, siendo necesario para la categorización, valoración, acción inconsciente e introducción en memoria de los datos. Se trata de que los datos pre-elaborados como proto-perceptos, previamente seleccionados por un grado suficiente de relevancia biológica o personal, atrayendo así la atención del individuo (el Yo), ingresan mediante *sincronización temporal* de las descargas neuronales que los representan en un núcleo selecto de actividades de la red que cabalgan todas al unísono sobre un mismo ritmo, una misma onda, aparentemente el ritmo rápido conocido como ritmo gamma (30-80 hertzios; Llinás, 2001, 2003). Tal sincronización selectiva aparentemente depende de las complejas interacciones sinápticas de la propia red, y puede verse favorecida por la intervención de algún subsistema cerebral que tienda a facilitar

la actividad rítmica cortical de base. La conciencia cesa si se detiene la onda envolvente tipo gamma por aparición de las ondas del sueño, un golpe en la cabeza, o un ataque epiléptico. Tal novedosa concepción sitúa a la conciencia como un fenómeno funcional cortical opcional dependiente de ciertas relaciones temporales entre millones de señales que han sido generadas por sus referentes concretos en el mundo, el cuerpo o la propia mente, y han resultado correlacionadas dentro de la cabida finita de la conciencia en presencia de los modelos constantes del Yo y del Mundo. Los contenidos variables cambiarán sucesivamente. Se entiende de este concepto que el *quale* del color rojo es el conjunto de señales sincronizadas a ritmo gamma que suman el Yo y el Mundo subjetivos (con sus millones de contenidos grabados) con la experiencia en tiempo real de un objeto del mundo que refleja la luz incidente a determinada frecuencia. Tal frecuencia ya ha sido percibida muchas veces con anterioridad, siendo diferenciada categóricamente en todos los casos, de forma consistente, con determinados tipos de objetos con propiedades similares, esto es, similar comportamiento en el mapa cognitivo del mundo de colores posibles.

Dicho esto, es preciso reconocer que no todos los expertos están de acuerdo en que los fenómenos de sincronización en la actividad de las redes corticales sean la solución al misterio clásico de la conciencia. Por ejemplo, el trabajo de Koch et al. (2016) revisa una tras otra diversas hipótesis sobre la sede o correlato cerebral de los fenómenos conscientes, jugando con una definición muy estricta de las condiciones que deben ser cumplidas, y ellos ponen en duda el rol atribuido por otros autores a la sincronización múltiple a través de las redes corticales. Creen que la sincronización observada refleja más bien el *foco atencional* puesto sobre aquello que llevamos a la conciencia, más que la conciencia en sí misma. La atención sería una función controlada por el lóbulo frontal, encargado de la organización de la conducta. Obviamente, toda parcela consciente de la mente está iluminada por la atención, aunque la intensidad de tal iluminación puede variar de una parte a otra de la escena consciente. Koch y colaboradores (entre los cuales se incluye Tononi) proponen que la sede cerebral de la conciencia no está ubicada en toda la corteza, y que ésta estaría vinculada principalmente a los lóbulos parietal, occipital y temporal. Estos son los lóbulos que clásicamente son tenidos por analizar los datos de los sentidos a varios niveles de abstracción, con retención de las selecciones correspondientes en memoria. Por ello figuran en muchos modelos de la corteza cerebral como la sede del Modelo del Mundo. En este caso, la conciencia sería el subconjunto momentáneamente activo del mapa cognitivo global que incluye todo lo que sabemos, a nivel ya sea preconscious (accesible a la conciencia) o inconsciente (inaccesible). El contenido variable de la conciencia se decidiría en parte

mediante la valoración emocional de los datos que ingresan en tiempo real y en parte mediante su relevancia aparente para los planes de conducta que están siendo elaborados en el lóbulo frontal. La atención sería por tanto la forma en que este lóbulo recogería la información que necesita para sus planes, separándola por sincronización gamma (para LLinás, 2001, esta es la función principal del cerebro).

Desde mi punto de vista, tanto el análisis y categorización de los datos presentes y pasados que ocurre en las áreas corticales donde se elabora el Modelo del Mundo, como el requerimiento ejecutivo por parte del lóbulo frontal (mediante la atención) de la combinación concreta de señales icónicas (con significado) que resulta unificada coherentemente mediante el proceso de sincronización, son probablemente ambas funciones *necesarios* para que se dé la conciencia. Nuestro mundo fenomenal no es meramente perceptivo, sino también intencional y activo. Puede que lo intencional sea el aspecto más primario, tal como asegura LLinás (2001, 2003). Para disponer de los mecanismos *suficientes*, aún habría que aclarar el rol del lóbulo límbico, situado en la cara interhemisférica (se le atribuyen funciones de valoración de la experiencia y los planes de conducta, así como un rol en la motivación y las emociones en general), así como el lóbulo de la ínsula (con el claustro subyacente), de significado aún muy misterioso (algunos autores, como Bunge, 2008, afirman que se activa cuando la experiencia vital es desagradable; esto parece vincularlo también a la conciencia). A mí me parece creíble que cada lóbulo de la corteza aporta variablemente a la red total aquellas señales que son propias a sus constructos locales. Estamos habituados a imaginar la atención como un foco luminoso que ilumina detalles en un marco de oscuridad, esto es, como algo inespecífico y ajeno a los perceptos y conceptos. Sin embargo, también se puede concebir alternativamente como el efecto re-entrante de los planes de conducta en curso (los constructos del lóbulo frontal) sobre la interpretación y valoración de los datos disponibles, ya sea del pasado, del presente o del futuro (predicciones posibles registradas en los mapas cognitivos). La atención no sería entonces una luz indiscriminada sino un complejo patrón estructurado de preguntas mentales dirigido a las fuentes de información.

Parece que todavía precisamos alguna discusión adicional sobre qué entendemos exactamente con el concepto de *correlato cerebral de la conciencia*. Se percibe una cierta lucha de escuelas en la que cada uno aporta su idea como elemento esencial y fundamental para la solución del problema de la conciencia, rechazando otras ideas. Yo creo que casi todos los hilos necesarios para resolver el problema están ya a nuestra disposición, aunque muchos expertos aún no se han dado cuenta. Pienso que la neurociencia en general está ya cerca de pronunciar el problema de la conciencia como resuelto en principio.

Observaciones finales

La ontología filosófica que adoptamos cada uno responde a nuestra actitud ante la realidad consciente. Las posturas monistas sólo aceptan un tipo de realidad. Si le damos máximo valor al aspecto mental (nuestra perspectiva sobre el mundo), seremos idealistas. Si en cambio valoramos en particular la aparente tangibilidad física del mundo material (la fuente de toda energía), y desconfiamos por experiencia de nuestra falible perspectiva personal subjetiva, seremos materialistas. Como tales, consideraremos que el mundo de la mente, las ideas y las emociones *debe ser* una manifestación hipercompleja de los procesos materiales que ocurren en los cerebros de cierto nivel de complejidad. El materialismo emergentista (Mahner y Bunge, 1997; Bunge, 2008) postula de hecho la existencia real de manifestaciones más o menos complejas de la materia, que alcanzan e incluyen el nivel emergente de lo mental. En la exposición precedente he intentado insinuar cual podría ser la naturaleza sutil de esas formas hipercomplejas de la materia que llamamos ideas o ficciones mentales. Hemos visto que aparentemente no se trata sólo de aspectos estructurales de la anatomía cerebral (qué áreas corticales o subcorticales, qué redes corticales, qué neuronas, qué circuitos concretos), sino que, ineludiblemente, se trata de fenómenos materiales muy dinámicos (procesos), que hay que considerar como patrones de actividad multisináptica en complejas relaciones temporales.

El realismo materialista emergentista está basado en las leyes de la física, la química y la biología, así como en diversos *corolarios aparentemente ocultos* de estas leyes, que se refieren a lo que sería potencialmente posible en abstracto, pero normalmente no es probable que ocurra a ciertos niveles insuficientes de complejidad. O sea, hay fenómenos que se manifiestan emergentemente, cuando incrementa la complejidad de los sistemas materiales, alcanzando así otros niveles de lo que es materialmente posible. Tal visión contiene asimismo la creencia, fundada en nuestro conocimiento de la inmensa historia del cosmos, de que existe un mundo material real que ocurrió, ocurre y seguirá ocurriendo durante mucho tiempo independientemente del ámbito de nuestras ideas (éstas no son necesarias para su existencia). No obstante, nosotros (nuestro cuerpo, nuestro cerebro, y la correspondiente mente) hemos emergido durante nuestro desarrollo embrionario y postnatal como incrementos puntuales de complejidad en equilibrio energético transitorio con el entorno material real (hemos crecido en este planeta), y por tanto formamos una parte objetivamente insignificante del mundo real durante la breve duración de nuestra existencia (ello no impide que nuestra existencia sea para bien o para mal inmensamente significativa para nosotros mismos). Cada una de estas

entidades propias (cuerpo, cerebro, mente) se desarrolla a diferentes niveles de complejidad, aunque las tres se articulan funcionalmente entre sí, gracias al mecanismo biológico cerebral, que unifica funcionalmente el organismo animal, dándole vida, y también, sorprendentemente, sentido a esa vida. El cuerpo constituye la parte más ostensible, describible y objetiva de nuestra unidad personal; el cerebro también se puede ver, tocar y examinar *in vivo*, pero su complejidad estructural y su multiplicidad microscópica alcanza niveles de complejidad inimaginables (difícilmente aprehensibles por nuestros sentidos o por nuestra imaginación), lo que hace que su realidad última se deslice entre nuestros dedos; la mente autoconsciente, finalmente, es la parte más dinámica y cambiante de nuestra unidad personal, representando esencialmente procesos (en vez de partes) en los que los hipercomplejos microelementos del cerebro material interactúan entre sí de modo invisible desde el exterior (y a velocidad de vértigo). El cerebro contiene así en potencia nuestra vertiente subjetiva, en gran parte construida, es decir, ficcional (el Yo, el Mundo), pero aun así evidentemente real, y por tanto necesariamente material; el aspecto más inefable de nuestra realidad material, irreducible a niveles químicos o físicos de la materia.

Aceptando por necesidad lógica que no existe primariamente nada más que el mundo real, la postura emergentista pone énfasis en que apreciamos la existencia en el mundo real de diferentes niveles de complejidad estructural y funcional, así como diferentes niveles de magnitud y de duración temporal de los fenómenos materiales conocidos, lo cual permite postular la mente autoconsciente y sus contenidos inefables como el aspecto supremo de nuestra realidad material. Los conceptos e ideas serían así sutiles patrones de complejidad inimaginable en las relaciones mutuas de transferencia de energía electroquímica entre distintas unidades de la enorme red cortical de señales materiales. Creo que está totalmente fuera del marco de pensamiento del neurobiólogo actual aceptar ante este vasto escenario realista que nuestra mente ‘crea’ idealmente el universo conocido. La mente humana de hecho ha creado en abstracto infinitos universos (en cuanto a las ideas materiales que se refieren a ellos como ficción), pero solo conocemos un universo real, y en él no tiene cabida lo inmaterial.

El mundo objetivo material (nouménico, según Kant) existe por tanto literalmente desde tiempo inmemorial. Quizá solo podamos acercarnos eternamente a su conocimiento por medio de la ciencia. En cambio, el mundo subjetivo (fenoménico) puede ser entendido ya sea como nuestra construcción perceptiva directa de los datos necesariamente parciales de nuestros sentidos en tiempo real (impresión subjetiva momentánea), o bien como la integración más amplia de ésta experiencia con todo lo que hemos ido aprendido previamente

sobre el mundo (conocimiento o modelo mental del mundo en la conciencia general). En la percepción subjetiva momentánea existe una interacción con gasto de energía entre la parte del mundo real que es percibida y ‘nosotros’, la parte del mundo que realiza la percepción, gracias a que nuestro cerebro material posee complejidad estructural y funcional suficiente para realizar tal tarea. Dicha percepción en principio está restringida a los límites cualitativos y cuantitativos de nuestros sentidos, cuando el mundo en realidad nos bombardea cada instante con infinitos efectos (piénsese meramente en la interacción gravitatoria con cada punto material del universo, grande o pequeño). Por ello el modelo del mundo que construimos está basado inicialmente sólo en su apariencia desde nuestra perspectiva parcial, por lo cual comienza siendo pobre e insuficiente. Sin embargo, sus contenidos son mínimamente corroborados por nuestra supervivencia ante las adversidades que nos ofrece ese mismo mundo, y podemos mejorar progresivamente nuestros mapas del mundo a tenor de la experiencia, el conocimiento acumulado y el pensamiento abstracto. La teoría de la evolución sugiere que hay un lento aprendizaje genético que optimiza dentro de ciertos límites nuestra capacidad de interactuar adaptativamente con el medio real. Más allá del “pienso, luego existo” cartesiano, tenemos el “existo, luego conozco los aspectos fundamentales del mundo real” darwiniano, y puedo construir sobre ellos. Los juicios sintéticos ‘a priori’ de Kant forman parte de algún mapa cognitivo establecido por observación autónoma del mundo durante la primera infancia y su registro en patrones de asambleas neuronales interconectadas, por lo cual son en realidad juicios ‘a posteriori’.

Importantemente, todo modelo cognitivo es mejorable, como lo es todo mapa geográfico, habiéndose revelado el método científico, apoyado por la lógica y las matemáticas, como el recurso principal para desarrollar constructos hipotéticos testables relativos al mundo real, así como instrumentos de observación más potentes y discriminativos, lo que nos permite conocer incrementalmente el mundo, más allá de los límites de nuestros órganos de los sentidos naturales. Podemos postular, testar y aceptar así la existencia de aspectos reales del mundo material nouménico que otros podrán observar cuando mejoren los instrumentos, así como aspectos que son esencialmente inobservables (son carentes de vertiente fenoménica potencial, pero parecen necesarios lógicamente). La integración de múltiples experiencias perceptivas directas o indirectas (instrumentales) en nuestro conocimiento del mundo implica que nuestro cerebro construye un modelo perfectible (ampliable) del mundo en nuestros mapas cognitivos cerebrales, siendo esto así, de nuevo, porque posee la complejidad suficiente para llevar a cabo tal tarea (capacidad asociativa, inductiva y deductiva en el seno de una teoría de la realidad material, y usando recursos de la

memoria a largo plazo, el lenguaje simbólico, así como de los medios externos para la documentación de datos e ideas en nuestra civilización). Del juego mental con nuestros mapas cognitivos resulta en principio una enorme capacidad de predicción y de acción premeditada por nuestra parte sobre el mundo percibido, en la medida en que podemos usar los modelos oportunos para pensar en una o varias acciones posibles y en sus consecuencias previsibles. Si faltan datos para resolver el problema planteado, podemos recurrir a nuevas exploraciones del mundo real (una biblioteca, realizar nuevos experimentos, o consultar a expertos) para mejorar los mapas disponibles.

Hay quien piensa que la actividad mental subjetiva es inmaterial, pero, a falta de evidencia o necesidad lógica de que existen cosas o procesos inmateriales, supuestamente cargados de energía inmaterial, creo que debemos interpretar, por raro que parezca, que nuestro pensamiento sobre cualquier tema reside funcionalmente en tiempo real en nuestro cerebro, y consiste en innumerables formas de materia sutil que variablemente llamamos preceptos, conceptos, memorias, emociones, ficciones e intenciones. Todas ellas pueden desaparecer si el cerebro se lesiona. La conciencia es nuestra vía de acceso a esta realidad sutil de la mente, entendida como caso extremo conocido por nosotros hasta la fecha en cuanto a la complejidad posible a partir de la materia universal básica.

Referencias

- Aleksander I. 1998. A neurocomputational view of consciousness. In: From Brain to Consciousness? Essays on the Sciences of the Mind. Rose S. (ed). London: Allen Lane, Penguins, pp.180-199.
- Badin A-S, Fermani F, Greenfield SA. 2017. The features and functions of neuronal assemblies: possible dependency on mechanisms beyond synaptic transmission. *Front. Neural Circuits* 10:114. doi: 10.3389/fncir.2016.00114.
- Bunge M. 2010. Mind and Matter. In: Boston Studies in the Philosophy of Science, Berlin: Springer; también en Heidelberg, Londres, Nueva York: Dordrecht. Edición española en 2015 como *Materia y Mente. Una investigación filosófica*; Pamplona: Edit. Laetoli .
- Calvin WH. 1996a. How Brains Think. *Evolving Intelligence, then and now*. New York: BasicBooks.
- Calvin WH. 1996b. *The Cerebral Code*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Dehaene S. 2014. *Consciousness and the Brain*. New York: Penguin Books.
- Edelman GM, Tononi G. 2001. *Consciousness. How Matter Becomes Imagination*. Penguin Books.

- Edelmann GM. 2001. Consciousness: the remembered present. In: Cajal and Consciousness. Scientific Approaches to Consciousness on the Centennial of Ramón y Cajal's *Textura*. Marijuán PC (ed), Annals of the New York Academy of Sciences, Vol.929:111-122.
- Edelman GM. 2004. Wider than the Sky. A Revolutionary View of Consciousness. Yale: Yale Univ. Press /reedited 2005 in Penguin Books.
- Engel AK, König P, Kreiter AK, Schillen TB, Singer W. 1992. Temporal coding in the visual cortex: new vistas on integration in the nervous system. Trends in Neurosciences 15:218-226.
- Hebb DO. 1949. The Organization of Behavior. A Neuropsychological Theory (reedited 2002). New York: Wiley.
- James W. 1890. The Principles of Psychology. New York: Henry Holt.
- Jones BE. 2005. From waking to sleeping: neuronal and chemical substrates. Trends in Pharmacologic Science 26:578-586.
- Kauffman SA. 1995. At Home in the Universe. The Search for the Laws of Self-Organization and Complexity. Oxford/New York: Oxford Univ. Press.
- Kauffman SA. 2008. Reinventing the Sacred. Oxford/New York: Oxford Univ. Press.
- Kauffman SA. 2016. Humanity in a Creative Universe. Oxford/New York: Oxford Univ. Press.
- Koch C, Massimini M, Boly M, Tononi G. 2016. Neural correlates of consciousness: progress and problems. Nature Reviews Neuroscience 17:307-321.
- Llinás RR. 2001. I of the Vortex: from Neurons to Self. Cambridge, MA: MIT.
- Llinás RR. 2003. El cerebro y el mito del yo. Barcelona: Belacqua.
- Ma S, Allocca G, Ong-Pálsson EKE, Singleton CE, Hawkes D, McDougall SJ, Williams SJ, Bathgate RAD, Gundlach AL. 2017. Nucleus incertus promotes cortical desynchronization and behavioral arousal. Brain Struct Funct 222:515–537.
- Mahner M, Bunge M. 1997. Foundations of Biophilosophy. Berlin: Springer.
- Metzinger T. 1995. Faster than thought. Holism, homogeneity and temporal coding. In: Conscious Experience, Metzinger T. (ed), Paderborn: Imprint Academic Schöningh.
- Nieuwenhuys R, Broere CAJ. 2017. A map of the human neocortex showing the estimated overall myelin content of the individual architectonic areas based on the studies of Adolf Hopf. Brain Struct Funct 222:465–480.
- Pöppel E. 1997. Grenzen des Bewusstseins. Frankfurt am Main and Leipzig: Insel.
- Singer W. 1998. Consciousness from a neurobiological perspective. In: From Brain to Consciousness? Essays on the Sciences of the Mind. Rose S. (ed). London: Allen Lane, Penguins, pp.228-245.
- Singer W. 2001. Consciousness and the binding problem. In: Cajal and Consciousness. Scientific

Approaches to Consciousness on the Centennial of Ramón y Cajal's *Textura*. Marijuán PC (ed), Annals of the New York Academy of Sciences, Vol.929:123-146.

Von der Malsburg C. 1986. Am I thinking assemblies? In: Brain Theory, Palm G., Aertsen A. (eds), Berlin: Springer.

