



EL CUERPO EN LA FILOSOFÍA (II): CUERPO, MENTE, COGNICIÓN Y ECOSISTEMA

MIQUEL AMORÓS HERNÁNDEZ

HÉCTOR SALINAS FUENTES

Facultat d'Educació. Universitat de Barcelona

Recibido: 2021-01-15

Aceptado: 2021-01-29

RESUMEN: Este artículo intenta hacer una aproximación analítica a las interacciones entre el cuerpo, la mente, la cognición y el ecosistema. El núcleo central lo constituye la noción de representación. Se abordan algunas perspectivas acerca de las representaciones desde la neurobiología, la psicología, y la filosofía. Finalmente se hacen algunas posibles derivaciones prácticas, especialmente relativas a la pedagogía.

PALABRAS CLAVE: pedagogía, filosofía, biología, cuerpo, representación, estados somáticos, emociones, aprendizaje.

187

The body in Philosophy: mind, body, cognition and ecosystem

ABSTRACT: This article attempts to make an analytical approach to the interactions between the body, mind, cognition and the ecosystem. The central core is the notion of representation. Some perspectives on representations from neurobiology, psychology, and philosophy are addressed. Finally, some possible practical derivations are made, especially related to pedagogy.

KEYWORDS: pedagogy, philosophy, biology, body, representation, somatic states, emotions, learning.

Introducción

La filosofía es la madre de todas las disciplinas de estudio. En la actualidad, dado el creciente número de especialidades y de especialistas, este hecho suele ser olvidado. Con ello, cada área de estudio y los especialistas correspondientes pierden la conexión con las cuestiones más fundamentales. Acompaña a esto, como lógica conclusión, cierta pérdida de sentido con respecto al objeto de estudio y a las posibles derivaciones prácticas o técnicas del conocimiento.

Bajo el término *filosofía* han permanecido subducidos dos modos diferentes de pensar, presentes desde el incierto origen de la disci-

plina. Estos dos modos diversos de filosofar han abordado la interrogación de la realidad desde dos perspectivas, en la práctica opuestas. La primera surge a partir del *asombro* que le produce al filósofo la existencia del mundo y del propio ser. La segunda perspectiva surge de la *curiosidad* que el filósofo siente con respecto a cómo funciona el mundo (Lorenz, 1993, p. 50).

El *asombro* es, pues, el motor esencial de la Filosofía. Su consecuencia es la formulación de interrogaciones que ponen en cuestión aquello tenido por obvio. Este asombro se vierte, incluso en el desarrollo histórico de la filosofía, primero hacia el mundo exterior, pero acaba centrando su foco en la interioridad del sujeto filosofante. Sin duda, esta es una vía posible de acceso al conocimiento, en este caso subjetivo en su más estricto sentido etimológico. La mayor parte de lo que hoy se conoce como filosofía, sin duda, está alineada con respecto a esta dimensión. La aproximación a sus objetos de conocimiento, el propio sujeto y sus experiencias internas, se realiza por medio de la introspección. La dimensión cualitativa de dichas experiencias es su principal punto de interés.

La *curiosidad*, el segundo motor posible del acontecer de la reflexión, vierte sus energías hacia el mundo exterior. Constituye una aproximación muy diferente con respecto al mero asombro. La curiosidad siempre es activa, y está muy vinculada con la acción que puede ejercer el filosofante sobre las variables que afectan a su objeto de estudio. La modificación de estas variables, por medio de una acción intencional, y la observación de los resultados que introducen estos cambios van ligadas a la curiosidad. Este tipo de filosofía, a partir de la revolución científica del siglo XVI dio origen a lo que hoy día conocemos como ciencia. Su aproximación al conocimiento del mundo posee la pretensión de la objetividad, su método es el método experimental, y aborda los fenómenos objeto de estudio específicamente en su dimensión cuantitativa.

En el caso de la relación existente entre el cuerpo y la mente, ambas aproximaciones no es que sean válidas, sino que son necesarias. El presente artículo debe ser considerado la segunda parte que sigue al artículo que *Ars Brevis* publicó en su número 25 de los autores que firmaron ambos escritos.

En el primer artículo se realizó un recorrido histórico acerca de lo que los filósofos y sus filosofías han dicho acerca de la misteriosa relación entre el cuerpo y la mente. La aproximación era necesariamente hermenéutica, y partía de la ubicación de las interrelaciones entre los diversos pensares en un entramado o esquema histórico. En el presente artículo, la opción metodológica es bien diferente. Si

en el número anterior se optó por reseguir la filosofía continental de vertiente narrativo-histórica o hermenéutica, en las líneas que siguen nos hemos decidido por realizar una aproximación basada en la filosofía analítica.

Abandonamos, pues, la denominada filosofía continental y utilizaremos algunas de las herramientas lógicas que proporciona la denominada filosofía analítica. El punto de encuentro, y núcleo problemático común de ambas es, para nosotros, el problema de la relación entre el cuerpo y la mente. Donde más visible resulta este problema es en el pensar circundante al concepto de *representación*.

Existen muy diversas nociones, procedentes de disciplinas como la filosofía, la psicología, la biología, las ciencias de la computación, y la inteligencia artificial o la ingeniería, que afectan al concepto de representación. Más que tratar de falsar las diversas acepciones del término, pensamos que es más útil considerar todas estas aproximaciones al concepto de representación.

En estas líneas aceptaremos la validez del MCRM (Modelo Computacional-Representacional de la Mente). Otros modelos acerca del funcionamiento de la mente humana son posibles. Sin embargo carecen de la plausibilidad del MCRM y, lo que es más importante, no permiten el entrelazamiento de los conocimientos procedentes de las disciplinas científicas y humanísticas antes enumeradas en una síntesis, dotada de suficiente coherencia interna y fecundidad hipotético-heurística. Además, específicamente, el MCRM, permite su uso en disciplinas tales como la neurobiología, las ciencias de la programación, la ingeniería y la inteligencia artificial (AI), con lo que el conocimiento teórico se interfecunda con las aplicaciones técnicas que de él derivan.

Por otro lado, una hipótesis plausible consiste en considerar la vehiculización de las representaciones por medio de las funciones mentales como un posible modelo de la mente humana. El pensamiento aparece entonces como la movilización de dichas representaciones por parte de una serie de funciones mentales que forman parte de las muy diversas dimensiones humanas. La permanencia en el espacio y el tiempo de esta vehiculización representacional pudo producir en la especie humana la aparición de la conciencia.

El problema del origen, naturaleza y funcionamiento de la conciencia es uno de los dos grandes misterios de los misterios; el otro es el origen de la vida y de las especies biológicas, como el mismo Charles Darwin enunciara. La mente y la conciencia humana derivan de un proceso de evolución por medio de la selección natural. Esto no elimina las posibles cuestiones metafísicas acerca de la concien-

cia. Antes al contrario, las fundamenta precisamente en el conocimiento menos incierto y de mayor poder de transformación que poseemos: el conocimiento científico. Sin duda, son cuestiones trascendentales. Sin embargo, aquí nos vamos a centrar en las cuestiones más ligadas a la lógica, la filosofía de la mente y las ciencias biológicas, y en sus posibles aplicaciones técnicas para entender la cognición de la especie humana.

El cuerpo, el cerebro y las herramientas

El universo tal como lo conocemos posee una antigüedad de 15.000 millones de años (M.A.). El Sistema Solar data de unos 4500 M.A., así como nuestro planeta, la Tierra. En ella, hace unos 3.500 M.A. apareció la vida, primero en forma de células primitivas carentes de núcleo (procariotas), posteriormente en forma de células dotadas de núcleo (eucariotas).

Entre otros desarrollos, uno crucial fue la aparición de asociaciones celulares en forma de cenobios o colonias. Cuando estas células procedían de un mismo origen celular embrionario, a partir de una célula huevo fecundada o cigoto, las asociaciones celulares desarrollaron los primeros tejidos.

Diversos tejidos asociados para cumplimentar una determinada función fisiológica originaron los órganos. La disposición de órganos según unas funciones, como podrían ser la digestiva o la del procesamiento de la información, formaron los denominados sistemas orgánicos. La integración de dichos sistemas en un individuo originó el organismo pluricelular, tal como lo es nuestro cuerpo.

Uno de los primeros problemas a los que debieron hacer frente los cordados, los animales vertebrados, fue el de la captación de las variaciones del medio externo. Dicha información posee importancia tanto como determinante de estímulos positivos (el alimento, la posibilidad de encontrar una pareja para la reproducción), como de estímulos negativos (por ejemplo, la presencia de un depredador, o unas condiciones ambientales adversas).

En general, la característica básica de los animales, en especial en comparación con las plantas, es la potencialidad de movimiento. En este sentido, cuando un animal se mueve, es la porción cefálica la que primero obtiene información del medio ambiente. Como consecuencia lógica, los órganos especializados en la función de la relación, los órganos sensoriales, tendieron a desplazarse y concentrarse en la región cefálica de este animal primitivo, semejante a un pez (Hickman, 2002, p. 193).

De modo lógico, también, la información procedente de los diversos sentidos, en su captación de las variaciones del medio dotadas de significado para la supervivencia del animal, una vez concentrados los sentidos en la cabeza, debía ser integrada, dotándola de una unidad de significado. No es casual que en el desarrollo embrionario de los animales vertebrados, la capa más externa del cuerpo, correspondiente a la hoja embrionaria conocida como ectodermo sea la que origina, a su vez, el surco neural, y la copa óptica de los ojos del animal (Nadal, 2001, p. 265).

El ectodermo, en la región dorsal de los animales cordados, se repliega sobre sí mismo, formando una línea que recorre de forma paralela el eje longitudinal del cuerpo. Este repliegue se hunde bajo la superficie de la piel del animal, originando un surco longitudinal, el surco neural. El surco neural sigue en paralelo en su desarrollo a una varilla de material cartilaginoso, la notocorda, que constituye el esqueleto axial embrionario, y que acabará originando el cuerpo de las vértebras de la columna vertebral. Se da una influencia mutua, a nivel de factores de crecimiento entre notocorda y el surco neural (Ham, 1970, p. 490).

La progresión del cierre sobre sí del surco neural provoca que este se ocluya sobre sí mismo, y se desarrolle así el denominado tubo neural. El tubo neural se hunde en el interior de los tejidos que constituyen el dorso del animal, y en su interior se desarrolla un canal, el epéndimo, por el que circula el líquido cefalorraquídeo. El tubo neural, en animales como los mamíferos, se desarrolla desde la cintura pélvica y progresa hacia la porción cefálica del organismo.

En la cabeza del animal, el tubo neural desarrolla la denominada vesícula encefálica, una suerte de dilatación que constituye el cerebro primitivo o protocerebro. En el interior de esta vesícula encefálica existen unas cavidades, los denominados ventrículos cerebrales. A partir del conducto epéndimo, el líquido cefalorraquídeo inunda también el interior de los ventrículos encefálicos, movido por células ciliadas semejantes a las que tapizan el epitelio respiratorio o el interior de las trompas de Falopio, constituyentes del reproductor femenino.

Las neurohormonas y los factores tróficos, disueltos en el líquido cefalorraquídeo en una concentración química fijada con exactitud, inciden sobre el programa genético presente en las células embrionarias cerebrales. El resultado es una expansión que sigue una función matemática exponencial de la vesícula encefálica. El mérito substancial es que esto sucede en el interior de una cavidad craneal que protege las estructuras en desarrollo. Un ejemplo por analogía sería el hecho de intentar hinchar con una válvula neumática una cá-

mara de bicicleta en el interior de un neumático. Se origina, como consecuencia de esta expansión de la vesícula encefálica el cerebro primario o protocerebro.

El protocerebro a su vez, a lo largo de la filogenia, da origen a un piso superior de tejido nervioso, el denominado mesocerebro. En el mesocerebro se acabará desarrollando el sistema límbico (Changeux, 2010, p. 39), relacionado con el origen de la amígdala cerebral, órgano que estará vinculado con la potencialidad de desarrollo de las emociones primarias.

Dichas emociones primarias pueden distribuirse a lo largo de un eje similar al que representa a los números reales. Posee valores negativos en un extremo, valores positivos en el otro. A lo largo de este eje de elementos contrarios se distribuye toda la clasificación que los filósofos, como Spinoza, han establecido entre las emociones positivas y las emociones negativas (Ansermet y Magistretti, 2010, p. 2010). Las emociones positivas van vinculadas a la sensación somática del placer, las emociones negativas a las del displacer. Las emociones positivas se vinculan a aquellos estímulos positivos que facilitan la supervivencia del animal, las negativas a aquellos otros estímulos negativos, que conviene evitar en aras a la sobrevivencia.

192

A partir del protocerebro, superando el deuterocerebro o mesocerebro, en los cordados superiores se desarrolla la corteza cerebral, neopallio o neocerebro, caracterizado por poder llevar a cabo en su seno las funciones mentales superiores constituyentes de la inteligencia del animal, tales como la facultad de asociación, el lenguaje, el control de los elementos somatosensoriales, etcétera. En el caso de un grupo de mamíferos, los primates, y dentro de ellos los homínidos, se observa en el registro fósil un desarrollo cerebral que registra una función exponencial, todo ello en el curso de muy pocos millones de años (Mosterín, 2008, p. 128).

El denominado índice cerebral, aquel que relaciona el volumen cerebral con el volumen del resto del cuerpo alcanza su máximo en un conjunto de especies coincidentes en el registro fósil de los últimos dos millones de años hasta hace aproximadamente unos 20.000 millones de años. Este grupo es el de la especie *Homo sapiens*, con dos subespecies que practicaron la exclusión ecológica competitiva: *Homo sapiens neanderthalensis*, que pereció a manos de *Homo sapiens sapiens* y de diversos factores derivados del gran último cambio climático global, hace unos 20.000 años a unos 10.000 años con la última glaciación, la glaciación de Würm.

Ambas especies poseían un gen de desarrollo, el FOXP2, un gen Hox, vinculado a una cascada de genes de desarrollo que facultan el

desarrollo de la capacidad del lenguaje simbólico. Probablemente el lenguaje estaba más desarrollado en *sapiens* que en *neanderthalensis*, todo y que ambos poseían la capacidad del lenguaje (Finlayson, 2010, p. 120), con diversos niveles de potencial de abstracción.

Ambos animales desarrollaron, a partir de una mano prensora derivada del primitivo miembro quiridido (Parker, 1991, p. 88), la potencialidad de desarrollar utensilios físicos. El uso de tales utensilios físicos se produjo en simbiosis con el desarrollo de las áreas cerebrales encargadas del control algorítmico de los movimientos del brazo y de la mano. El potencial número infinito de tales movimientos precisaba un programa de control de los mismos, como un *hardware* lo suficientemente complejo como para precisar del desarrollo de un *software*, o mejor dicho un *wetware*, a nivel cerebral. Es decir, la tríada mano-cerebro-herramientas físicas evolucionó de una forma compleja (Wilson, 2002, p. 152), acentrada y polimorfa.

Aquí nada fue antes que ninguna otra parte: el cerebro, la mano y los utensilios coevolucionaron de forma sinérgica o simbiótica. No esta una teorización en vacío, basta observar empíricamente la naturalidad con la que los niños utilizan estos elementos en su desarrollo ontogenético temprano.

Ningún biólogo dudará, si tomamos como ejemplo, el caso que ofrecen los moluscos, que desarrollan una concha a partir de su manto, concha inorgánica formada de carbonato de calcio (CaCO_3), en considerar que tal apéndice forma parte del cuerpo del molusco. En el caso del hombre, este desarrolla apéndices que expansionan sus dimensiones y alcance somáticos, por la vía de la invención de las herramientas.

El genoma de los organismos, constituido por los diversos genes que lo configuran y, por lo tanto, por el DNA que estos últimos comprenden, contiene todas las instrucciones de tipo innato para el desarrollo e implementación de las adaptaciones a un entorno sujeto a cambios de tipo aleatorio.

Un entorno que cambia sin unos patrones fijos, sometido al azar, debe ser controlado mediante unos mecanismos genéticos que también mutan debido al azar, pero que poseen como factor limitante el grado de entropía genético admisible para no poner en peligro la transmisión del genoma a la siguiente generación. Es obvio que cualquier mecanismo complementario de la función adaptativa que posee el genoma incrementará la eficacia biológica de la transmisión del acervo genético por medio de las sucesivas generaciones.

En este sentido, la plasticidad genética, limitada por la propia estructura del mecanismo de selección natural, que es una función de

tipo espacio-temporal con una cierta tasa posible de cambio, puede ser complementada por otros mecanismos que permitan incrementar la disponibilidad de adaptaciones al desafío ambiental. Entre los mecanismos que incrementarían la eficacia adaptativa del genoma existen diversos tipos, pero pueden destacarse el desarrollo progresivo de la inteligencia individual ligada a la inteligencia social, fundamentada en la capacidad de eusocialidad de la especie, el desarrollo de herramientas físicas (utensilios) y cognitivas (el lenguaje) y, ligado a todas estas variables anteriores, el desarrollo de la cultura.

Todas estas componentes que amplían el genotipo del organismo, a nivel tanto individual como poblacional, pueden ser consideradas, en mayor o menor medida, como producto de una relación variable entre la genética y la epigenética. De este modo, la componente genética correspondería a los caracteres innatos inscritos en el DNA, mientras que la componente epigenética, si bien se desarrolla siempre a partir de la matriz orgánica biológica, permite el desarrollo de producciones o de conductas que posibilitan modificar muy eficazmente la adaptabilidad de determinados caracteres. Esto sucede con una tasa de cambio o reposición mucho mayor que la que representa el cambio en el DNA, mucho más determinado por factores limitantes de tipo bioquímico y más sometido al azar.

194

Despega, de este modo, a partir del desarrollo cerebral vinculado al desarrollo de la potencial eusocialidad de la especie, del desarrollo coevolutivo de la tríada mano-cerebro-herramientas, la evolución cultural.

Es importante entender que todas estas componentes actúan retroalimentándose unas a las otras, en una relación recursiva compleja. Precisamente es esta recursividad, incluida la propia recursividad del lenguaje es la que permite la *superveniencia* (Chalmers, 1999, p. 59) de propiedades de rango superior impredecibles a partir de las propiedades presentes en los niveles de organización inferiores. Esto es entendible a partir de la teoría de sistemas complejos, de modo que el todo orgánico es más que la mera suma de las partes, y aparecen propiedades emergentes a partir de las propiedades situadas en un rango inferior en los diversos subsistemas de los que consta la totalidad.

En todo organismo biológico, la información contenida en el DNA constituye su genotipo. A partir de la conversión de la información contenida en el DNA, primero en RNA y, más tarde en proteínas, el genotipo posee su correlato observable en el fenotipo. El fenotipo lo constituyen los caracteres observables macroscópicamente, en formato proteína, de la invisible información genética contenida

en el DNA. El componente cultural, o la epigenética, amplifica el substrato genético, y actúa como un fenotipo extendido de este último: el debate entre innatismo y aprendizaje es superado por la epigenética (de Rosnay, 2019, p. 92). El fenotipo extendido comprende la interfaz de interacción entre el fenotipo del organismo y el ambiente (Dawkins, 2017, p. 28).

Así, por ejemplo, en especies como los castores, la presa que construyen para crear lagos artificiales en donde vivir y sacar adelante a sus crías, y que al mismo tiempo les permite la defensa contra sus depredadores, no forman parte ni del genotipo del castor, ni del fenotipo, pese a que están influidos por ambos, sino que constituyen su fenotipo extendido. En otros animales como los chimpancés, la construcción y el uso de diferentes bastones con diversas finalidades también constituyen una muestra del fenotipo extendido de estos animales, dotados por otra parte de grandes similitudes genéticas con los humanos y de un psiquismo tremendamente desarrollado.

En el caso del ser humano, las diversas invenciones técnicas, los diversos tipos de símbolos por él utilizados, el mismo lenguaje, y la cultura pueden ser considerados como constituyentes del fenotipo extendido de la especie. Esto fundamenta el que una especie tan inespecializada, salvo en lo que a la cognición se refiere, se haya tornado ubicua y hegemónica en cuanto a su capacidad de intervención por modificación del entorno se refiere. La cultura puede considerarse como el fenotipo extendido del ser humano.

Derivado del punto anterior, y partiendo de la teoría de sistemas de von Bertalanffy, resulta una conclusión lógica el considerar como difusas las fronteras del fenotipo extendido humano. Dónde comienza la naturaleza y dónde termina la cultura, o el establecimiento de una función límite al respecto, resulta poco menos que una tarea imposible de determinar con la requerida precisión.

Qué es la naturaleza humana y qué es la condición humana o, lo que es trasunto de lo mismo, qué es biología y qué es cultura en nuestra especie es algo muy difícil de establecer, lo que permite llegar a la conclusión de la falsedad de cualquier punto de vista que defienda la prioridad de uno de los componentes antropológicos de los humanos por encima del otro. El debate no es que esté periclitado, sino que es un fatuo pseudoproblema.

Por ello, la frontera entre lo natural y lo artificial, dónde empieza la *polis* y dónde da inicio el entorno ecológico es difusa, y varía en función del desarrollo histórico de la sociedad objeto de estudio (Duque, 2019, p. 63). Actualmente, la sucesión de problemas ambientales y la difusión de la antroposfera por toda la biosfera nos

puede permitir llegar a la conclusión de la poca naturaleza que queda en el planeta.

Obviamente, esta observación permite plantear la misma indefinición antropológica de lo humano con respecto a su componente tecnológico. La tecnología retroactuando sobre el propio ser humano permite una modificación de este de tipo intencional. El azar es sustituido, en este punto, por la necesidad. La amplificación tecnológica de las potencialidades del ser humano acaba desterrando de él incluso lo que la época histórica anterior a una determinada generación ha tenido por natural.

Uno de los campos en los que las posibilidades de transformación, según algunos puntos de vista, sería más plausible hablar de mejoramiento, es el de la cognición humana. En las ciencias cognitivas interactúan –como quizás en ningún otro campo– diversas disciplinas como la biología, la filosofía, las ciencias de la información y la ingeniería.

La consideración de la hipótesis del fenotipo extendido puede permitir comprender algunas facetas del complejo problema de la relación entre el cuerpo y la mente, que en otras áreas problemáticas quizás no se muestran de un modo tan claro. Naturalmente, estos problemas son de interés para la filosofía y para las ciencias de la educación. Un punto nuclear al respecto lo constituye un acercamiento al concepto de representación. A ello dedicaremos las líneas que restan de este artículo.

Representaciones biológicas: el entorno ecológico y los órganos de los sentidos

Todo ser vivo dotado de un aparato perceptivo y de un sistema integrativo, o de procesamiento de dichas percepciones, obtiene unas representaciones del entorno en el que su vida se desarrolla. El movimiento del animal en el medio acuático en el que se desarrollaron evolutivamente las formas primordiales concentró en la porción cefálica las estructuras sensoriales. Los órganos de los sentidos –olfato, vista, oído, gusto, tacto y equilibrio– poseen todos una estructura interna muy semejante.

Los órganos de los sentidos se desarrollan, como todo órgano somático, como derivados de las hojas embrionarias. Dichas hojas embrionarias son tres: el ectodermo o capa epitelial embrionaria externa, el mesodermo o capa media embrionaria, el endodermo o capa de revestimiento epitelial del digestivo embrionario. Las tres hojas derivan del zigoto u óvulo fecundado por un espermatozoide,

a partir del proceso de fecundación. El cigoto, a partir de las divisiones celulares conocidas como mitosis fue incrementando el número de células, y estas permanecieron unidas posteriormente a su división. De este modo, el cigoto atravesó las fases de dos, cuatro, ocho, dieciséis células, según una función descriptora $f(x) = 2^n$.

Las células obtenidas de esta manera formaron un agregado esférico celular conocido como mórula. Esta sufrió un proceso de ahuecamiento interior y dio así origen a la fase embrionaria conocida como blástula, en cuyo interior había una cavidad rellena de líquido denominado blastocelo. La blástula, a su vez, a partir de uno de sus polos sometió a invaginamiento su superficie y, como consecuencia, el embrión obtuvo su primer tubo digestivo primitivo, el arquénteron. Esta es la fase embrionaria conocida como gástrula. A partir del arquénteron, por un proceso de esquizogénesis, el intestino primitivo delimitó las futuras cavidades celómicas, las mismas que podemos observar al disecar cualquier vertebrado, como un pez, y que contienen, delimitados por una membrana, los diferentes órganos anatómicos, tales como corazón, hígado, aparato digestivo, gónadas, etcétera.

El embrión obtenido de este modo, desarrolló a su vez, a partir de los derivados del ectodermo, y subsidiariamente del mesodermo, los diferentes órganos de la percepción. Como ha sido comentado, debido al desplazamiento del animal, ya en sus formas primitivas, los órganos sensoriales sufrieron un proceso de concentración en la porción cefálica. Esto es lógico, dado que la cabeza es la parte más delantera en el movimiento o cinesis, y la primera en entrar en contacto con las diversas variables que codifican el entorno.

A partir del ectodermo primitivo se formaron los primeros neuroblastos, las células neuronales embrionarias. Ya en los animales invertebrados, a partir del ectodermo se desarrollan los neuroblastos, que están presentes tanto en los órganos sensoriales como en los sistemas nerviosos, que primero aparecen como plexos difusos, tal como es el caso de los celentéreos, pero que en animales como los moluscos concentran progresivamente los diferentes ganglios nerviosos cefálicos para acabar formando auténticos cerebros. De este modo, tanto en el órgano sensorial como en el sistema nervioso central, el sistema de integración de la información captada por los sensorios, están presentes las neuronas.

La neurona es la célula nerviosa que actúa como unidad básica del plano de construcción de la sensibilidad de los animales. Consta de un cuerpo neuronal, en el que se halla inserto el núcleo celular, partiendo del primero unas prolongaciones citoplasmáticas en el eje

longitudinal de la célula. Uno de los ejes contiene múltiples prolongaciones cortas arborescentes, las dendritas. En el otro extremo celular existe una única prolongación celular, el cilindroeje o axón, del que parten numerosas ramificaciones. La dirección del impulso nervioso es de las dendritas al axón, lo que puede considerarse una ley general. Esta ley posee la conocida excepción de las neuronas de los celentéreos, que pueden propagar el impulso nervioso indistintamente en ambas direcciones, de dendritas a axón, y de axón a dendritas.

El impulso nervioso es una onda de despolarización electroquímica. Dicha onda neuroeléctrica está constituida por un potencial de acción (Mora, 1996, p. 52), de aproximadamente -60 milivoltios. En síntesis, cuando un estímulo llega a las dendritas, estas abren unos canales iónicos en la membrana celular, constituidos por proteínas de membrana. Se produce entonces una entrada y salida selectiva de iones tales como el cloruro y el sodio, de forma que la membrana de la neurona invierte su polaridad. Una inversión de la polaridad de las membranas biológicas puede propagarse eléctricamente a través de estas, mientras la misma despolarización avanza a su través, abreaccionando los canales iónicos antes referidos. De este modo el impulso nervioso viaja hacia el extremo del axón.

198

Una vez llegado al final del axón, el impulso nervioso actúa sobre unas vesículas de membrana presentes en el citoplasma neuronal. En el interior de estas vesículas sinápticas se hallan unos *quantos* de moléculas de neurotransmisores, exactamente 50 unidades. Cuando la vesícula sináptica se fusiona con la membrana celular son vertidas esas unidades de neurotransmisor al espacio intersináptico (Mora, 2011, p. 15).

El espacio intersináptico es una hendidura, la hendidura sináptica, que separa una neurona de otras. De este modo, se establece la sinapsis o contacto facilitado electroquímicamente entre una neurona, la presináptica, y otra neurona, la postsináptica. Es importante conocer que dentro de los neurotransmisores existen diversas familias bioquímicas, y unas actúan como excitadoras del impulso nervioso y otras como inhibidoras del mismo. Esto es necesario de cara a la codificación de la información por la neurona, y estas actúan de modo análogo al de los puertos lógicos de las computadoras o como los multiplexores tan utilizados en ingeniería.

Las neuronas establecen sinapsis entre sí, y constituyen así las denominadas vías neuronales. Una vía neuronal estará, pues, constituida por una serie de neuronas que establecen conexiones nerviosas entre ellas. En el momento en que una determinada vía nervio-

sa, en cuanto a su constitución estructural y funcional, se itera en función del tiempo, aparecen las denominadas sinapsis facilitadas. Una sinapsis facilitada se da, en su activación, con mayor facilidad y con más frecuencia que otras posibles sinapsis alternativas (Mora, 1996, p. 78). La facilitación sináptica obedece a un mecanismo bioquímico bien conocido, en el que están implicados tanto el AMPc (Adenosín monofosfato cíclico) como el ion calcio divalente.

El proceso de facilitación sináptica está en la base de la aparición de la memoria a corto plazo, presente ya en invertebrados como los moluscos gasterópodos nudibranchios como *aplysia*, una liebre de mar ampliamente utilizada en neurobiología para el estudio del funcionamiento de la memoria y del aprendizaje (Kandel, 2008, p. 233).

De este modo, en las terminales nerviosas de los órganos de los sentidos, se capta la información procedente del entorno. Esta información está constituida por ondas mecánicas transversales de presión (tacto, oído), por cambios electroquímicos inducidos por la captación de moléculas exógenas (olfato, gusto), por cambios en la posición de los otolitos en los canales semicirculares del oído interno (equilibrio), o por variaciones en los patrones de activación de los conos y bastones de la retina después de la captación por estos de la radiación electromagnética (dualidad onda-corpúsculo) de la luz (vista).

En síntesis, todos los órganos de los sentidos actúan como transductores físicos de un tipo de energía en un tipo de energía común a la totalidad de las células sensoriales: los potenciales electroquímicos que disparan y establecen un impulso nervioso neuronal, y las sinapsis recurrentes con otras células neuronales. Estos impulsos nerviosos electroquímicos pueden ser activadores o inhibidores del propio impulso nervioso. Esto es controlado, a nivel del espacio intersináptico, mediante la liberación de neurotransmisores, de forma cuantizada, como ya hemos apuntado.

Los neurotransmisores pueden ser activadores de la sinapsis o inhibidores. Entre los primeros encontramos el ácido glutámico, presente como una sal derivada, el glutamato. Entre los segundos encontramos el GABA (ácido gammaaminobutírico).

Las activaciones e inhibiciones de unas determinadas sinapsis se transmiten o no a través de los nervios al encéfalo. En el encéfalo se forman las denominadas representaciones mentales, correspondientes a los estímulos presentes en el medio externo. Esto tiene suma importancia para algunos de los modelos disponibles acerca de los mecanismos explicativos de la conciencia, como veremos. Interesa aquí remarcar que la hipótesis representacional supone que dichas

representaciones son comunes a todos los sentidos, como pueden demostrar empíricamente los caso de sinestesia (Cirlot y Manonelles, 2011, p. 82).

La sinestesia es la capacidad que poseen ciertas personas de asociar las representaciones procedentes de un sentido con las procedentes de otro diferente. De este modo, ejemplos de sinestesia son la asociación por determinados individuos de las representaciones procedentes del oído, inducidas por la música, con las representaciones de otro sentido, como podrían ser la percepción de patrones de colores, olores, etcétera.

Representaciones en neuronas artificiales, representaciones lógicas

Los patrones representacionales establecidos en las neuronas biológicas naturales son mucho más complejos que determinadas simulaciones que podemos construir mecánica o informáticamente. Como hemos señalado más arriba, el funcionamiento de la sinapsis neuronal opera de forma análoga a como lo hacen los puertos lógicos de una computadora. Los puertos lógicos informáticos, como su nombre indica, abren o cierran ciertas vías preferentes de información, y su funcionamiento puede formalizarse mediante la lógica.

200

El estado de la lógica moderna, la lógica de primer orden y la semántica lógica son perfectamente aplicables a estos problemas. Sin embargo, debe tenerse presente que la formulación lógica de los programas informáticos de las simulaciones es un análogo, no un homólogo evolutivo de los verdaderos mecanismos biológicos que suceden en el cerebro.

Entre otras cuestiones, los enunciados formalizables son básicamente las proposiciones derivadas de oraciones enunciativas. La amplia gama de significados que posee un lenguaje natural, también fundamentado en la capacidad lingüística derivada de las áreas cerebrales del lenguaje propias del cerebro humano, son escasa o nualmente modelizables por la lógica. Baste pensar en tratar de modelizar lógicamente la ironía, un refrán o un chiste.

Las proposiciones pueden representarse por medio de proposiciones. Por ejemplo, “María está en el comedor” puede representarse como p . Por ejemplo, “José está en el comedor” como q . Estas fórmulas simples o atómicas son combinables para formar fórmulas compuestas, por medio de funciones tales como los conectores lógicos. Así, “Si María está en el comedor, entonces José está en el comedor” puede ser representada como $p \rightarrow q$. Podemos representar

hechos del mundo tales como la situación en que el gato casero, Tomás, nunca está en el comedor si María o José sí lo están, siendo entonces, $(p \vee q) \rightarrow r$.

Mediante la lógica de predicados podemos representar expresiones de cuantificación, usando los cuantificadores universales o existenciales. Por ejemplo “Todos los gatos duermen mucho” puede ser representada lógicamente como $\forall x (Gx \rightarrow Dx)$.

Si asumimos como una forma básica de pensamiento la capacidad de extraer conclusiones a partir de unas determinadas premisas, podemos formalizarla utilizando las reglas de inferencia. Son ejemplos clásicos el *modus ponens* y el *modus tollens*, utilizados en filosofía de la ciencia para, por ejemplo, falsar hipótesis.

Por ejemplo, una aplicación del *modus ponens* a la proposición que expresaba que María y José están en el comedor seguiría una estructura condicional tal como “Si María está en el comedor, entonces José está en el comedor” y sería representable como:

$$\frac{p \rightarrow q \quad p}{q}$$

Sin embargo, reglas de inferencia como la del ejemplo anterior no equivalen al procesamiento de la información. Una operación de tipo computacional implica que estas reglas de inferencia deben estar incluidas en un sistema que las aplique a las proposiciones que las incluye, de una forma lógicamente correcta. Por ello, en lógica, el razonamiento deductivo es la aplicación de las reglas de inferencia a unas premisas con una forma lógica determinada.

La lógica proposicional y la de predicados permiten representar proposiciones con valor de verdad, es decir, verdaderas o falsas. No permiten representar enunciados relativos a la certeza o la probabilidad. Para ello se precisa de la teoría de probabilidades (Thagard, 2008, p. 59).

La teoría de probabilidades asigna a los sucesos o hechos que acontecen en el mundo una cierta probabilidad. La probabilidad de un evento a puede formularse como el número de veces en que se verifica el suceso a de forma favorable, dividido entre el número total de sucesos posibles, incluyendo aquellas situaciones en las que a no está presente. De este modo, $p(a) = a/N$. Una probabilidad oscila en su valor dentro del rango comprendido entre 0 (ausencia del suceso) y 1 (certeza de presencia del hecho).

Así, dado un suceso a , al que asignamos una probabilidad $p(a)$, y dado otro suceso alternativo o contrario b , con una probabilidad $p(b)$, es cierto que $p(a) + p(b) = 1$ o, lo que es lo mismo, que $p(a) = 1 - p(b)$. Si a y b pueden presentarse en las relaciones a y a ($a \wedge a \equiv p^2$); b y b ($b \wedge b \equiv q^2$); y las permutaciones a y b , y b y a , entonces $([a \wedge b] \wedge [b \wedge a]) \equiv 2 \cdot (a \wedge b) \equiv 2 \cdot p \cdot q$. La expresión gráfica de este binomio probabilístico coincide con la distribución normal estadística.

Si consideramos una serie ilimitada de posibles sucesos a, b, c, d, e, \dots, n , y establecemos la cadena de condiciones o inferencias posibles, $a \wedge b \wedge c \wedge d \wedge e \wedge \dots \wedge n$, surge el problema de que cualquier sistema inteligente que tratara de procesarlas llegará al colapso de su memoria. Por otra parte, los humanos no procesamos la información de esta forma, pues no nos limitamos a acumular más y más información, sino que tendemos a olvidar aquellas inferencias inválidas (otro tema es el de las creencias o las ideologías, bastante más resistentes a este proceso de eliminación por selección natural).

Podemos asimilar, en una relación de analogía, la similitud entre el razonamiento humano y la deducción lógica, pese a los problemas que esta ofrece de modo antiintuitivo de tener que derivar todas y cada una de las subfórmulas hasta las fórmulas atómicas. La inducción, el proceso complementario de la deducción, ofrece más problemas, por ejemplo, la existencia de “saltos” lógicos. Podría ser que este fuera uno de los puntos a partir de los que emerge la creatividad.

Por formulables que sean las representaciones lógicas, y por modelizables que sean procesos como la deducción o el razonamiento humanos por medio de la inteligencia artificial (IA), las computadoras o las neuronas artificiales, todavía distan bastante de la complejidad propia de las estructuras orgánicas biológicas. Esto es especialmente visible en las representaciones mentales, en el procesamiento de estas, denominado pensamiento y, especialmente, en la relación entre la conciencia, las representaciones y las emociones.

Representaciones mentales, memoria y emociones, conciencia

Las representaciones mentales neuronales consisten en grupos de neuronas que establecen sinapsis facilitadas entre ellas. De esta manera, la mayor facilidad de configuración de estas como asamblea neuronal de Hebb, las dota de entidad, frente a otras posibles asambleas neuronales (Evers, 2010, p. 52). Una representación mental neuronal compite con otras posibles representaciones, también

formadas por neuronas sinaptadas, que a su vez pueden establecer relaciones de cooperación con otras representaciones.

Asimismo, una representación o asamblea neuronal, en su aparición, está en relación con un determinado estado somático (Ansermet y Magistretti, 2010, p. 132), influenciado por las emociones que se le vinculan. En el aprendizaje de cualquier elemento cognitivo, por ejemplo un concepto o un proceso que debe llevarse a cabo mediante una sucesión de pasos o una cierta heurística, también se da el vínculo entre la representación y el estado somático. Esto permite comprender la importancia del aspecto emocional en el aprendizaje y la adquisición de conocimientos, así como la carga emocional que acompaña a toda acción educativa.

Sin embargo, este hecho biológico no debe hacernos caer en una loa excesiva del aspecto emocional del aprendizaje. Las emociones se dan en los niveles cerebrales del proto y del mesocerebro, vinculados al tálamo y la amígdala cerebral, y aparecen ya en los cordados inferiores. Otra cosa son los sentimientos, consistentes en el procesamiento cognitivo, consciente y potencialmente expresables a partir de los diversos lenguajes de los que el ser humano dispone.

En biología son un clásico los estudios acerca de la percepción visual. El ojo es un órgano que siempre ha llamado la atención de los biólogos, tanto por ser en la mayoría de sujetos humanos la vista el sentido principal, como por la complejidad evolutiva que el ojo posee.

En el campo de los estudios de la evolución, el ojo también ha tenido el papel esencial de ser la evidencia que permitía refutar la hipótesis del relojero. Esta hipótesis constituye un *topos* clásico en la filosofía de la naturaleza y la metafísica, en la cual tenemos a teólogos naturales como Paley entre los defensores de la creencia de que igual que si nos encontráramos en un bosque un reloj olvidado, su complicado diseño nos haría pensar automáticamente en la existencia de un relojero que hubiese construido el cronómetro. Tal relojero sería Dios. Por tanto, el ojo, tan similar a una cámara fotográfica como las que ha construido el hombre, según la creencia de Paley, debería hacernos pensar en la existencia de Dios como creador de este.

Por respetables que puedan ser algunas creencias, estas deben ser abandonadas, al menos en ciencia, cuando la evidencia empírica demuestra su improbabilidad. En esto consiste el avance del conocimiento científico, gracias al método experimental. El diseño del ojo no responde a un diseñador, sino que se debe a la existencia de un proceso evolutivo que puede ser seguido desde la configuración del sistema visual primitivo de la piel de los anélidos, hasta los pe-

queños ojos que aparecen en los bordes del manto externo de los moluscos, hasta la aparición de ojos complejos y compuestos en los artrópodos, u ojos equivalentes (ejemplo de convergencia evolutiva) de moluscos tales como los cefalópodos, capaces de una fisiología análoga a la del ojo humano.

Tan falsable es el argumento que sustenta la hipótesis del relojero como el argumento contrario, llevado al extremo que supondría eliminar la probabilidad de existencia de alguna metafísica allende la base orgánica biológica o la realidad material física, simplemente por la imposibilidad de aplicación del método científico a posibles realidades supramateriales.

Otro de los lugares en el que este debate entre la física y la metafísica es factible de ser estudiado es el campo de los estudios acerca de la consciencia. También este *topos* es de interés para la filosofía, la biología y la pedagogía. El *cogito, ergo sum* de Descartes, base de la filosofía racionalista, descansa sobre la base de la existencia de la consciencia. Derivado del dualismo cartesiano, separados sobre la base de la existencia de tres sustancias: la divina, la extensión del cuerpo y la espiritual, cuerpo y mente han mantenido una relación problemática.

204

No sabemos todavía todo lo necesario acerca de la consciencia. No podemos aceptar una separación exclusiva, como la propuesta por el dualismo, entre la parte somática y la parte mental del ser humano. No podemos aceptar que sea este un ámbito de estudio inaccesible a la cognición humana, dado que no parece constituir una base asumible como programa de investigación el renunciar a estudiar este campo.

Tampoco podemos aceptar la introducción de elementos metafísicos ajenos al conocimiento científico empírico. Las creencias de cada cual pueden ser respetables, pero en este campo, en especial si debemos seguir el método científico, la metafísica no es necesaria para obtener una explicación válida.

En este sentido, quizás es necesario seguir a Hempel, para quien la explicación es una deducción, especialmente las explicaciones físicas. Por ello, explicar la consciencia humana debe implicar ser capaz de explicarla en función de mecanismos materiales y de su interacción (Thagard, 2008, p. 269). Idealmente, la explicación de la consciencia a partir de su base material orgánica biológica debe contar con el conocimiento derivado de otros campos como son la computación y la ingeniería de sistemas, la robótica y la constitución de modelos basados en neuronas artificiales o virtuales.

La filosofía de la ciencia y de la técnica es aquí imprescindible, como lo es la filosofía de la cognición y la biología. Por otra parte,

el conocimiento científico de cómo funciona la cognición y la conciencia debe ser la base científica sobre la que se apoyen las ciencias de la educación, que sobre la base de ella podrían abandonar el estado de subdesarrollo idealista en el que se encuentran, y alcanzar por fin el *status* de disciplina científica, sin renunciar a su entronque humanista, en un humanismo racionalista científico, o en lo que el biólogo E. O. Wilson ha denominado “la Tercera Cultura”, aquella en la que las ciencias y las humanidades nos puedan aportar una visión dotada de certeza acerca de una condición humana inexplicable, si no es sobre la base de la naturaleza biológica humana.

El pensamiento no es equivalente a las representaciones mentales establecidas en la figuración que son las asambleas neuronales de Hebb. El pensamiento es un flujo o movimiento, una acción, llevada a cabo utilizando estas representaciones neuronales como elementos atómicos, mediante mecanismos de computación (Thagard, 2008, p. 31).

Por otra parte, puede ser aceptado, y esto encaja dentro del Modelo Computacional-Representacional de la Mente (MCRM), que la conciencia humana estaría fundamentada, al menos en buena parte, como un funcional de las funciones de representación, es decir, como una representación unificadora de toda una jerarquía de representaciones.

Las pruebas empíricas que pueden aducirse para sustentar y hacer plausible este argumento son de tipo material bioquímico. Algunos argumentos, como los sustentados por Hameroff y Penrose, que sustentan la base física de la conciencia en fenómenos subatómicos como los descritos por la mecánica cuántica yerran de nivel de observación de la materia (Thagard, 2008, p. 277).

En el nivel bioquímico molecular y en el nivel de observación de la biología molecular sabemos con certeza que las neuronas que configuran los patrones de actividad cerebral, accesibles mediante las técnicas de resonancia magnética y de neuroimagen, presentan unos patrones determinados de inhibición y excitación de su función fisiológica.

De este modo, en el nivel de los receptores proteicos de membrana de las neuronas postsinápticas, la falta de sueño dispara los niveles de concentración del neuromodulador adenosina. El incremento molar de la adenosina es una respuesta al descenso de los niveles de concentración del glucógeno cerebral.

El encéfalo consume cerca de un 60% de la glucosa en sangre. La tasa glucémica normal en sangre es de 1 g/L. La glucosa y el glucógeno intramuscular y hepático forman parte de un sistema de control endocrino que opera mediante retroalimentación positiva y negativa a través de la liberación de las hormonas insulina y glucagón. El control es hipofisiario, tiroideo y pancreático.

Cuando los niveles plasmáticos de glucógeno caen por debajo de cierto umbral, se disparan al alza los valores del neuromodulador adenosina. La consecuencia es la pérdida temporal de la consciencia que conduce a la somnolencia (Thagard, 2008, p. 276). El sueño, como es sabido, contribuye a la reparación del daño celular, y a la recuperación de los valores óptimos del glucógeno neuronal. Es conocido el uso del alcaloide cafeína para despertar el pensamiento, y esto se debe a que el alcaloide es un substrato competidor de los receptores neuronales del neuromodulador adenosina.

Otra prueba empírica acerca del origen biológico de la consciencia lo constituyen las sustancias utilizadas en el proceso de anestesia prequirúrgica. El *target* neuronal de la anestesia general son los canales iónicos del plasmalema neuronal que se activan mediante la unión de ligandos, estando esto en la base del control de las transmisiones sinápticas. El ácido gammaaminobutírico (GABA) en la inhibición neuronal inducida por la anestesia general.

Coda pedagógica

206

El conocimiento de los mecanismos que implican la formación de las representaciones mentales está fundamentado sobre mecanismos orgánicos biológicos. Son consecuencia de ellos tanto la consciencia como el aprendizaje. Ambos implican fenómenos tales como el mantenimiento de la unidad representacional de representaciones en función del espacio y del tiempo, subyacente a la unidad autobiográfica del sujeto a lo largo de su ontogenia. El pensamiento racional va ligado a unos estados somáticos, que involucran la relación entre el neocórtex, el tálamo cerebral y la amígdala, sede de las emociones. Los sentimientos son un nivel superior de la experiencia humana, fundamentado en la expresión mediante los lenguajes, de lo absoluto, lo eterno o lo infinito. El conocimiento de tales mecanismos puede fundamentar científicamente la acción pedagógica.

Bibliografía

- ANSERMET, F.; MAGISTRETTI, P. (2010). *A cada cual su cerebro. Plasticidad neuronal e inconsciente*. Madrid: Katz Editores.
- CHALMERS, D. J. (1999). *La mente consciente. En busca de una teoría fundamental*. Barcelona: Gedisa.
- CHANGEUX, J. P. (2010). *Sobre lo verdadero, lo bello y el bien. Un nuevo enfoque neuronal*. Madrid: Katz Editores.

- CIRLOT, L.; MANONELLES, L. (coord.) (2011). *Procesos creativos y trastornos psíquicos*. Barcelona: Edicions de la Universitat de Barcelona.
- DAWKINS, R. (2017). *El fenotipo extendido. El largo alcance del gen*. Madrid: Capitán Swing.
- DE ROSNAY, J. (2019). *Epigenética. La ciencia que cambiará tu vida*. Barcelona: Ariel.
- DUQUE, F. (2019). *Filosofía de la técnica de la naturaleza*. Madrid: Abada Editores.
- EVERS, K. (2010). *Neuroética. Cuando la materia se despierta*. Madrid: Katz Editores.
- FINLAYSON, C. (2010). *El sueño del neandertal. Por qué se extinguieron los neandertales y nosotros sobrevivimos*. Barcelona: Crítica.
- HAM, A. W. (1970). *Tratado de Histología*. México: Interamericana.
- HICKMAN, C. P. et al. (2002). *Principios integrales de Zoología*. Madrid: Mc Graw-Hill Interamericana.
- KANDEL, E. R. (2008). *En busca de la memoria. El nacimiento de una nueva ciencia de la mente*. Madrid: Katz Editores.
- LORENZ, K. (1993). *La ciencia natural del hombre. "El manuscrito de Rusia"*. Barcelona: Tusquets.
- MORA, F. (1996). *El cerebro íntimo. Ensayos sobre neurociencia*. Barcelona: Ariel.
- MORA, F. (2011). *Cómo funciona el cerebro*. Madrid: Alianza.
- MOSTERÍN, J. (2008). *La naturaleza humana*. Madrid: Espasa-Calpe.
- PARKER, T. J.; HASWELL, W. A. (1991). *Zoología. Cordados. Vol. 2*. Barcelona: Reverté.
- NADAL, J. (2001). *Vertebrados. Origen, organización, diversidad y biología*. Barcelona: Edicions Universitat de Barcelona-Ediciones Omega.
- THAGARD, P. (2008). *La mente. Introducción a las ciencias cognitivas*. Madrid: Katz Editores.
- WILSON, F. R. (2002). *La mano. De cómo su uso configura el cerebro, el lenguaje y la cultura humana*. Barcelona: Tusquets.

Correspondencia**Miquel Amorós Hernández**

Departamento de Teoría e Historia de la Educación de la Facultad de Educación de la Universidad de Barcelona
miquelamoros@ub.edu

Héctor Salinas Fuentes

Departamento de Teoría e Historia de la Educación de la Facultad de Educación de la Universidad de Barcelona
hsalinas@ub.edu