

El cerebro y la mente según Rodolfo R. Llinás

ÁLVARO REVOLLEDO NOVOA

RESUMEN. Este ensayo pretende exponer algunas de las afirmaciones sostenidas en el libro *El cerebro y el mito del yo* de Rodolfo R. Llinás a partir del problema de la relación entre el cerebro y la mente. Empieza con una exposición filosófica de dicha problemática y luego explica algunos conceptos importantes del planteamiento evolutivo de Llinás como la autorreferencialidad del cerebro y su carácter predictivo.

PALABRAS CLAVE: Cerebro, mente, autorreferencialidad, predicción, Llinás, Descartes.

ABSTRACT. This paper tries to expose some affirmations from the book *I OF the VORTEX. From neurons to Self*, by Rodolfo R. Llinás to discuss the mind-brain problem. It starts with a philosophical exposition of that problem and then explains some important concepts from evolutionary view of Llinás such as prediction of brain and autoreferenciality.

KEY WORDS: Brain, mind, autoreferenciality, prediction, Llinás, Descartes.

El problema mente-cuerpo

Aunque el autor de *El cerebro y el mito del yo*¹ no se encargue de este problema filosófico ni de ningún otro en su libro, en vista de que este problema en particular está de algún modo implícito en la exposición de sus argumentos desde las neurociencias, es pertinente trazar, cuando menos, unas pinceladas del problema en cuestión.

Para empezar diremos que el problema mente-cuerpo se puede traducir en los términos del problema de cómo se relacionan la mente y el cuerpo o, más propiamente, cómo se relacionan la mente y el cerebro. Planteado así, el problema puede rastrearse desde Descartes y Locke. Pero en su forma más antigua, entre los griegos desde Platón y luego en el cristianismo, el problema sugería que había un alma inmaterial unida a un cuerpo físico, y de lo que se trataba era si podía existir el alma sin el cuerpo. Un caso particularmente interesante al respecto es la presentación del problema hecha por Aristóteles, quien en su *Tratado del Alma* discutirá si la función intelectual del alma es separable del cuerpo.

La función intelectual del alma es expuesta por Aristóteles en el Libro III de dicho *Tratado*. En toda la obra, el alma se ha concebido como principio de vida, con distintas funciones, como la función nutritiva (que corresponde a todo ser vivo), la función sensitiva (especial en los animales) y la función intelectual (privativa del hombre). Existen estas funciones del alma en un orden escalonado. La referencia a la teoría de los dos intelectos es importante porque señala la posibilidad de una parte del alma separable del cuerpo. Entiende Aristóteles que la función intelectual se divide en dos intelectos: pasivo y activo.

Sobre el intelecto activo, lo define como el que «hace todo». Es activo pues está en acto, y debe estar así para actualizar al intelecto pasivo. Se dice además, que el intelecto activo entiende siempre, de manera continua y que es impassible (Cf. Aristóteles, 1983: 430 a 15-25). El intelecto pasivo es afectado por las impresiones del mundo sensible y perece con el cuerpo al corromperse (Cf. Aristóteles 1983, 408 b 24-30). La duda que nos queda es si el alma intelectual es forma del cuerpo, pues definiendo al alma como la entelequia primera del cuerpo, es claro que el alma y el cuerpo son un compuesto, y que solo así se produce la vida. Si el entender pareciera un acto exclusivo del alma sin la participación del cuerpo, entonces el intelecto, que es una función del alma, no sería entelequia del cuerpo. A la vez, surge la dificultad de

1 Rodolfo R. Llinás nació en Bogotá, Colombia en 1934. Estudió medicina en la Universidad Javeriana y se doctoró en fisiología en Australia. Ha sido director del Departamento de Fisiología y Neurociencia de la Escuela de medicina de la Universidad de Nueva York. Es miembro de la Academia Francesa de la Ciencia, de la Academia de la ciencia de los Estados Unidos, de la Real academia de medicina española y de la Academia nacional de ciencia de Colombia. Este libro fue publicado originalmente en inglés con el título *I OF THE VORTX, From neurons to Self*, en 2001 por el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT). La traducción en castellano fue publicada en 2002 y reeditada en 2003 por Editorial Norma de Colombia. La traducción estuvo a cargo de Eugenia Guzmán.

considerar a la función intelectual como una sustancia separada. Dice Aristóteles que en su origen, el intelecto es una sustancia, como algo divino e independiente (Cf. Aristóteles, 1983: 408 b 18). Por ello, si el intelecto es separado, sería inmortal (Aristóteles, 430 a 24). Esto corresponde a lo señalado en la *Metafísica*, cuando afirma que solo el entendimiento subsiste (Cf. Aristóteles, 1997: 1070 a 25).

En vista de que la dificultad sobre cómo se relacionan estas dos instancias, el cerebro y la mente, es más bien un asunto de discusión filosófica de pensadores modernos y debido a la enorme influencia que sobre este debate ha generado la filosofía de Descartes, es pertinente considerar el asunto muy de cerca a lo postulado por el cartesianismo. La influencia de Descartes es decisiva para apuntalar este viejo problema y convertirlo en uno de los ejes principales de las discusiones sobre filosofía de la mente: inventar la distinción entre dos sustancias que corren por igual en lo que predicamos como humanos. Esa ha sido probablemente una de sus herencias más funestas, porque más allá de las discusiones filosóficas, ha calado en el sentido común del hombre de la calle que divide intuitivamente las cosas en dos mundos: el de la mente y el del cuerpo. Es a esto a lo que se denomina comúnmente dualismo y aunque Descartes no haya sido ni el único ni el primer dualista, ha quedado con ese reconocimiento por lejos.

Como veremos, la exposición de Descartes sobre la relación del alma y el cuerpo nos deja en claro que a pesar de cierto tipo de interaccionismo, existe una relativa prioridad del alma sobre el cuerpo, lo que anima a suscribir una posición dualista². La concepción cartesiana del cuerpo está expuesta magistralmente en las *Meditaciones Metafísicas*, siempre en comparación con el alma. La visión mecanicista cartesiana del mundo material concebía a los cuerpos como entidades extensas que colisionaban entre sí. En particular, el cuerpo humano era una máquina que funcionaba bien si sus diversas partes estaban dispuestas del tal modo que generaban movimiento (Cf. Descartes, 1987: AT, IX, 67). La circulación sanguínea, por ejemplo, era explicada por los mismos mecanismos que componían el corazón y las venas, como en un circuito cerrado. Si los órganos están dispuestos adecuadamente el cuerpo seguirá moviéndose. La analogía del cuerpo que funciona como un reloj bien diseñado es un lugar común. De la misma forma, un cuerpo muerto es como un reloj roto que deja de moverse por sí mismo (Cf. Descartes, 2010: XI, 331). Un cuerpo no es sino una materia extensa que se mueve por sí misma. Pero cuando Descartes medita a propósito de lo que significa ser un hombre, sobre aquello que resulta esencial y definitorio de lo humano, el cuerpo parece quedar en segundo plano respecto del alma. Todas

2 El dualismo, en tanto que es la idea de que la mente, a diferencia del cerebro, está compuesta por materia que no está sujeta a las leyes de la naturaleza física, piensa Daniel Dennett, es una visión desesperada que bien merece la desaprobación que se ha ganado. Por esa razón, afirma Dennett, si creemos que actualmente podemos explicar los poderes de la mente en términos de facultades puramente físicas del cerebro, debemos admitir que es necesario rebatir este tipo de argumentos. La forma con la que Dennett asume esta tarea es sugiriendo una respuesta a la pregunta ¿para qué sirve el cerebro? a través de la consideración del cerebro como motor semántico (Cf. Dennett, 2000: 42-43).

las modalidades del pensar junto con las acciones voluntarias recaen solo en el alma (Cf. Descartes, 1987: AT, IX, 62). Las circunstancias que exigirían el ejercicio de un alma racional con independencia de las limitaciones del cuerpo ocurren de modo especial cuando se trata de valorar la empresa científica por el conocimiento verdadero y universal de las cosas. Frente a ella, el cuerpo no solo no contribuiría sino que podría convertirse en un obstáculo. Las facultades como los sentidos, la memoria y la imaginación, que ocurren porque el alma está unida al cuerpo, solo darían cuenta de los particulares y, por ello, no producirían certeza alguna sino solo probabilidades (Cf. Descartes, 2003: AT, X, *Regulae* XII, 417).

A pesar del abismo ontológico producido por la oposición entre la naturaleza del alma y del cuerpo como dos sustancias intrínsecamente diferentes, cuando Descartes se detiene a explicar el funcionamiento del cerebro y la localización del alma en una parte de éste, suscribe un interaccionismo que supone aquella estrecha relación entre el alma y el cuerpo que ha venido señalando, en la cual se combina la fisiología del cuerpo y del cerebro con las percepciones propias del alma, es decir, las pasiones o las emociones. Para Descartes el cuerpo se mueve por mecanismos autónomos sin la intervención de la voluntad. Nuestro cuerpo se mueve por acción de los músculos, los que a su vez son movidos por ciertos cuerpos pequeños llamados espíritus animales que no cesan de moverse atravesando la sangre desde el corazón hasta el cerebro y de allí de nuevo a los músculos (Cf. Descartes, 2010: AT, XI, 342). Uno de los aspectos que resultan de la relación estrecha entre el alma y el cuerpo son las pasiones del alma, definidas por Descartes como percepciones, sentimientos o emociones solo del alma, pero que son causadas por algún movimiento de los espíritus. Estas pasiones aparecen como pensamientos confusos, justamente por esta estrecha unión (Cf. Descartes, 2010: AT, XI, 350).

La realidad de las pasiones del alma obliga a insistir en la unión del alma y el cuerpo como un todo, pero es preciso además señalar que hay una parte en especial en la que el alma cumple sus funciones. Según Descartes, esta sería la parte más interna y central del cerebro, la glándula pineal (Cf. Descartes, 2010: AT, XI, 352). El alma, aunque no material, se localizaría espacialmente en dicha glándula (Cf. Descartes, 2010: AT, XI, 354) y podría a la vez moverla a voluntad (Cf. Descartes, 2010: AT, XI, 360). Pero el alma no puede disponer enteramente de sus pasiones, pues hay en casi todas esa emoción producida por la relación con los mecanismos del cuerpo, algunas incluso muy fuertes, desatando un combate entre dos impulsos, como los extremos de una misma cuerda que es tirada por dos personas con una fuerza semejante. El cuerpo, nuevamente, es responsable de esta lucha, pues es «el único al que debemos atribuir todo lo que puede observarse en nosotros que contradice a la razón» (Descartes, 2010: AT, XI, 365).

Esta breve exposición de la filosofía cartesiana nos permite ver el problema central respecto de la relación entre el cerebro y la mente. La *res cogitans* (que aquí asumiremos como mente) es algo no-espacial, puesto que nos es difícil localizarla

en términos físicos; en cambio, la *res extensa* es, qué duda cabe, aquello de lo que podemos tener una localización clara. Allí aparece uno de los primeros problemas: ¿es la mente algo inmaterial? Pero ha quedado ya planteado el problema de cómo se relacionan estas dos sustancias, la mente y el cuerpo, pues, aunque distintas una de otra, ambas cohabitan en la constitución de la vida humana. Ciertamente corren como dos vidas paralelas, pero deben tocarse de algún modo en algún punto. Ése es uno de los problemas más graves que debe resolver Descartes, explicar cómo se influyen mutuamente y salvar el abismo ontológico que hay entre estos dos mundos heterogéneos.

Como ya se ha sugerido, la solución cartesiana es conocida como interaccionismo. Según esta teoría, ambas sustancias, es decir, la mente y el cuerpo, interactúan³. Pero como bien lo hace notar Popper, quien defiende una versión propia mejorada del interaccionismo cartesiano⁴, la pregunta inevitable, teniendo en cuenta que los estados físicos (es decir, *la res extensa*) están localizados en el espacio y en el tiempo, es en qué lugar se produce la interacción. A Descartes no se le ocurrió mejor respuesta que decir «en el cerebro, en la glándula pineal»⁵ (Popper, 1997: 162). Pero lo que no queda del todo claro es cómo se produce tal interacción, habida cuenta que el lugar escogido por Descartes es un órgano material⁶, lo que exigiría que la *res cogitans* no sea del todo inmaterial y no-espacial o que esa parte del cerebro tenga menos materialidad, como algo casi espiritual concomitante a la mente.

Por otro lado, está el problema de si, asumiendo la posible materialidad de la mente, es factible su localización espacial. Sobre esto podríamos recoger los comentarios de Mario Bunge, para quien los procesos mentales no son productos inmatrimales: son procesos que ocurren en el cerebro. Además, —afirma Bunge—, se sabe ya desde hace más de un siglo que casi todas las funciones cerebrales están más o menos localizadas, aunque no exactamente en los mismos lugares en personas

3 Aparentemente Russell presenta una versión parcial del cartesianismo al pasar por alto equivocadamente su interaccionismo, pues según él, «los cartesianos acentuaron el carácter absoluto de la distinción al negar *toda interacción* entre mente y materia (Cf. Russell, 1977: 57). La cursiva es mía.

4 Una observación interesante por parte de Mario Bunge respecto de las afirmaciones de Popper al respecto, señala la dificultad de sostener casi al mismo tiempo el interaccionismo y el platonismo. Según explica Bunge, Popper junto con Eccles en su libro titulado *El yo y su cerebro (The self and its brain)* adopta la analogía platónica de que el alma es al cuerpo como el timonel a la barca, dejando con esto la impresión de que entre lo mental y lo cerebral no habría sino una relación de dependencia unilateral (Cf. Bunge, 1999: 143-144).

5 El modo particular en que Popper entiende el interaccionismo recoge como punto de partida una perspectiva biológica y evolutiva. Y aún cuando mucho de lo que piensa sobre este asunto no es sino producto de su especulación, su enfoque sostiene conjeturas ingeniosas de cómo ocurre la relación entre estados mentales y estados físicos. Sobre todo, en lo referente al carácter anticipatorio de su sistema de control central, al que están conectados los estados mentales, como la conciencia y el pensamiento, y el modo cómo es retroalimentado por los sistemas controlados, que vendrían a ser los estados físicos. Resulta sorprendente el parecido de las conjeturas de Popper con las que, por su parte, sostiene Llinás, incluso hasta en los términos y conceptos. Para Llinás hay, en efecto un sistema de control y un sistema de comando, que es el «sí mismo», como centralización de la predicción. (Cf. Llinás, 2003: 39-41 y ss.).

6 La exposición de este problema es discutida por Descartes en *Las pasiones del alma*, AT, XI, 351-352, Art, XXXI (Cf. Descartes, 2010).

diferentes (Cf. Bunge, 1999: 145-146). Respecto a la localización de las funciones mentales en el cerebro, la opinión de Wittgenstein es opuesta. Para él «ninguna suposición parece más natural que la de que ningún proceso cerebral corresponde al asociar o al pensar; de manera que sería imposible leer en los procesos cerebrales procesos de pensamiento» (Wittgenstein, 1997: 608).

No obstante, si la localización de los procesos mentales en el cerebro es incompleta o mínima, no por ello debería concluirse la inmaterialidad de éstos. Eso es más o menos lo que sugiere Rorty, cuando señala que

Aun cuando no pudiéramos encontrar estas correlaciones neurales, aun cuando la localización cerebral de los pensamientos fuera un completo fracaso, ¿por qué vamos a decir que los pensamientos o imágenes mentales de una persona era no-físicos sencillamente porque no podemos explicarlos haciendo referencia a sus elementos? (Rorty, 1995: 33).

En el libro de Llinás algunas de estas preguntas están implícitas de algún modo, pero lo que procura demostrar es que la mente es un producto relacionado con la evolución del cerebro y de allí su manera de considerarlos como una misma cosa. Cuando refiere al mito del yo entiende que éste consiste en sostener la existencia de un yo separable de la función cerebral, haciendo que el cerebro sea algo distinto y ajeno al yo. Contrariamente a esta idea, propia de la tesis dualista cartesiana, la tesis de Llinás es que el yo es solo un estado funcional del cerebro.

El monismo de Llinás

Una de las primeras afirmaciones que deja en claro la perspectiva monista de Llinás, «el cerebro y la mente son eventos inseparables» (Llinás, 2003: 1). Por otro lado, la mente o «estado mental» es solo uno de los estados funcionales generados por el cerebro. Asimismo, los estados mentales conscientes⁷ pertenecen a una clase de estados funcionales del cerebro en los que se generan imágenes sensomotoras, es decir, la conjunción de toda información sensorial capaz de producir un estado que resulte en una acción⁸.

El cerebro, por su parte, es ante todo una entidad viva que genera una actividad eléctrica definida. Sus tormentas eléctricas son «descripciones que representan aspectos distintos de una misma cosa: el estado funcional de las neuronas» (Llinás, 2003: 3). Pero el cerebro opera como un sistema cerrado y no es un simple traductor sino

7 Llinás explica que hay otros estados funcionales que no generan conciencia, como cuando uno está dormido, drogado o anestesiado, no obstante el cerebro sigue funcionando.

8 El ejemplo de imagen sensomotora que da Llinás es el de rascarnos cuando sentimos un prurito en la espalda. No lo podemos ver, pero éste genera una «imagen» interna localizada en el cuerpo que produce la acción de rascarnos (Cf. Llinás, 2003: 2).

como un emulador de la realidad. Según esto, la actividad intrínseca eléctrica de los elementos del cerebro conforma una entidad o estructura isomorfa con la realidad externa (Cf. Llinás, 2003: 16).

Pero la afirmación más importante de Llinás es que «la mente es codimensional con el cerebro y lo ocupa todo» y descarta de plano, como un lenguaje inadecuado, las metáforas tomadas de la inteligencia artificial de que «el cerebro es el *hardware* y la mente es el *software*».

Si se concede que la mente y el cerebro son una sola cosa, dice Llinás, entonces la evolución de tan singular función ciertamente debe haber coincidido con la del sistema nervioso y, las fuerzas impulsoras de su evolución deben ser las mismas que conformaron y determinaron la mente (Llinás, 2003: 17).

Un punto de vista semejante al de Llinás que discute los dualismos y apuesta por una posición monista respecto del cerebro y la mente es la de Antonio Damasio. El enfoque de Damasio parte de la hipótesis de que los estados mentales y los estados cerebrales son esencialmente equivalentes. Desde esa perspectiva, Damasio considera que hay razones de tipo biológico evolutivas que explican nuestro cerebro y por las que habría que rechazar el abismo intuitivo entre el mundo mental y el mundo físico (Cf. Damasio, 2010: 467, 149)⁹. Contrariamente, anota Damasio, aquellos que rechazan la hipótesis de la identidad entre estados físicos y los estados mentales señalan una aparente inconsistencia, pues si bien se puede hablar del mapa neuronal correspondiente a un objeto físico particular, resulta absurdo hablar del patrón mental que le corresponde en términos físicos. La razón principal de aquellos que rechazan la tesis monista, es que hasta la fecha la ciencia no ha podido determinar las características físicas de los patrones mentales, y si la ciencia no puede hacerlo, entonces lo mental y lo físico no se pueden identificar (Cf. Damasio, 2010: 468).

A pesar de ello, piensa Damasio que los argumentos de esta visión tradicional son poco sólidos y que por ello habría que matizar estas intuiciones. No obstante, de momento la equivalencia entre estados mentales y estados cerebrales debe considerarse como una hipótesis útil y no como una certeza dentro de esta nueva perspectiva. Adicionalmente, el hecho de que los acontecimientos mentales guarden correlación con los acontecimientos cerebrales, y que estos se produzcan en el cerebro y sean inaccesibles a cualquier intento de medición directa, justifica la adopción de un nuevo enfoque, considerando además que los acontecimientos mentales-cerebrales son el producto de una larga historia de evolución biológica (Cf. Damasio, 2010: 469-470).

Justamente, la discusión a propósito de las relaciones entre la mente y el cerebro que asume Llinás desde su perspectiva monista le permite dar cuenta del supuesto misterio que recae sobre la mente y sostiene que la mente nos parece misteriosa porque se genera sin relación aparente con el mundo externo, es decir,

9 Dice Damasio: «No soy partidario del dualismo de sustancias como Descartes era, o trató de hacernos creer que lo era cuando afirmó que el cuerpo tenía una extensión física y, en cambio, la mente no, y que los dos consistían en sustancias diferentes» (Cf. Damasio, 2010: 112).

que el pensamiento, la conciencia y los sueños parecen ser procesos internos. Sobre este punto, Llinás refiere la interesante hipótesis de Stephen J. Gould, quien sostiene que nosotros, los vertebrados, podemos considerarnos como crustáceos volteados hacia fuera. Somos endoesqueléticos, o sea, tenemos un esqueleto interno; los crustáceos son exoesqueléticos, es decir, tienen un esqueleto externo. Llinás piensa que si hubiéramos permanecido exoesqueléticos, el concepto de cómo se genera el movimiento podría resultarnos tan incomprensible como lo es el concepto de pensamiento o de mente. En cambio, al tener un esqueleto interno podemos ver el movimiento y las contracciones de nuestros músculos. Pero en cuanto al funcionamiento del cerebro somos crustáceos, pues nuestros cerebros y médula espinal están cubiertos por un exoesqueleto implacable. Al contrario, si pudiéramos observar directamente el funcionamiento de nuestro cerebro, nos resultaría obvio que la relación entre función cerebral y la manera como vemos, interpretamos o reaccionamos es tan estrecha como la que existe entre contracciones musculares y los movimientos efectuados (Llinás, 2003: 5).

La autorreferencialidad del cerebro

Es importante, aunque brevemente, señalar la perspectiva que sigue Llinás en su investigación sobre la organización motora del cerebro. Hay básicamente dos perspectivas opuestas. La teoría del reflejo de William James y la teoría de la autorreferencialidad de Graham Brown. La primera sostiene que la organización funcional del sistema nervioso central opera en términos puramente reflexológicos. El cerebro era visto como un complejo sistema de entrada/salida, impelido por las demandas del medio. De esa forma, la sensación impulsa el movimiento y provoca una respuesta ante la señal externa. La segunda teoría, en cambio, sostenía que la organización de dicho sistema es autorreferencial y está basada en circuitos neuronales que impulsan la generación de los patrones eléctricos para el movimiento organizado. Así, Brown sostuvo que el movimiento organizado se genera intrínsecamente sin necesidad de entradas sensoriales, pues la actividad refleja era necesaria solo para modular la marcha y adaptarse a las irregularidades del terreno por el que se mueve un animal. Llinás está siguiendo esta última teoría en su investigación o lo que él llama, la naturaleza intrínseca de la función cerebral.

La hipótesis de Llinás es, relacionada con las ideas de Brown, que la función del sistema nervioso central podría operar independientemente, en forma intrínseca, y que la entrada sensorial, más que informar, modularía este sistema semicerrado¹⁰. El cerebro opera como un sistema autorreferencial, cerrado en dos sentidos: i) como algo ajeno

10 Llinás indica que la ausencia de entradas sensorial no es el modo operativo normal del cerebro, como todos lo sabemos cuando de niños observamos por primera vez el comportamiento de una persona sorda o ciega. Los sentidos, dice Llinás, se necesitan para modular el contenido de las percepciones (inducción) pero no para la deducción (Cf. Llinás, 2003: 9).

a la experiencia directa, en razón del cráneo, y ii) por tratarse de un sistema autorreferencial, el cerebro solamente podrá conocer el mundo externo mediante órganos sensoriales especializados.

Para Llinás, en un cerebro concebido como sistema cerrado, las señales de los sentidos (entrada sensorial) hacen más que suministrar, pues su papel más importante radica en la especificación de los estados intrínsecos de actividad cognoscitiva. El estado cognoscitivo se genera en el cerebro y en la entrada sensorial lo modula¹¹. Lo que sostiene Llinás es que las señales sensoriales adquieren representación gracias a su impacto sobre una disposición funcional preexistente del cerebro.

La actividad eléctrica intrínseca de las neuronas

Hay una pregunta pendiente: ¿cómo pueden las neuronas centrales organizar e impulsar el movimiento del cuerpo, crear imágenes sensomotoras y generar pensamientos? Para Llinás esta pregunta significa hoy: ¿cómo se relacionan las propiedades intrínsecas oscilatorias de las neuronas centrales con las propiedades informativas del cerebro como un todo? La clave está en comprender qué significa por propiedades intrínsecas oscilatorias del cerebro.

Muchas clases de neuronas del sistema nervioso, explica Llinás, están dotadas de tipos particulares de actividad eléctrica intrínseca que les confiere propiedades funcionales. Esta actividad eléctrica se manifiesta como variaciones diminutas de voltaje (milésimas de voltio) a través de la membrana que rodea a la célula (membrana plasmática neuronal). Dichas oscilaciones de voltaje permanecen en el vecindario del cuerpo y las dendritas de las neuronas, y es posible sobre ellas evocar eventos eléctricos mucho más amplios, conocidos como potenciales de acción. Son señales poderosas que recorren grandes distancias y conforman la base de la comunicación entre neuronas. Las potenciales de acción son los mensajes que viajan a través de los axones de las neuronas¹².

Cuando llegan a la célula blanca, las señales eléctricas provocan en ella pequeños potenciales sinápticos¹³ que añaden o sustraen carga eléctrica a la oscilación intrínseca de la célula receptora. Las propiedades intrínsecas oscilatorias y los potenciales sinápticos que modifican tal actividad constituyen el lenguaje básico de las neuronas para lograr un mensaje propio, en forma de potencial de acción, el cual es enviado a otras neuronas o fibras musculares. En cada músculo, el acervo total de posibles

11 El ejemplo que da Llinás es el de la prosopagnosia, condición en la que, debido a una lesión neurológica, se pierde la capacidad de reconocer caras humanas. Estas personas pueden ver y reconocer las diferentes partes de la cara, pero no reconocen las caras como entidades en sí, es decir, el sistema intrínseco que las reconoce no funciona y por tanto, las caras como tal, son una creación del cerebro. Incluso en sus sueños, continúa Llinás, los que padecen la prosopagnosia ven personas que carecen de caras (Cf. Llinás, 2003: 10).

12 Los axones son fibras de conducción que son los canales de información del cerebro y de los nervios periféricos del cuerpo.

13 Potenciales sinápticos son los cambios de los voltajes de membrana transitorios y locales.

conductas de un animal se genera por la activación de potenciales de acción en las motoneuronas, que a su vez activan los músculos y en última instancia generan los movimientos (la conducta) (Cf. Llinás, 2003: 11-12).

Las neuronas pueden impulsar la actividad de otras neuronas mediante potenciales de acción, conformando así grupos neuronales que oscilan en fase, es decir, en forma coherente, que es la base de la actividad simultánea. La coherencia conforma el medio de transporte de la comunicación. Por otro lado, Llinás es claro en afirmar que una de las propiedades fundamentales de las neuronas es la capacidad de modificar su actividad eléctrica oscilatoria, al punto que pueden oscilar o no en un determinado momento. Si no fuera así, no podrían representar la realidad en continuo cambio. Esta actividad eléctrica oscilatoria como actividad intrínseca conforma la entraña misma de la noción de algo llamado «nosotros mismos». Asimismo, esta sensibilidad eléctrica intrínseca exterior de las neuronas y de las redes que entretienen generan las representaciones internas de lo que ocurre en el mundo exterior. Así, la función cerebral tendría dos componentes: uno, el sistema cerrado (la autorreferencialidad) responsable de la subjetividad; otro, el componente abierto, responsable de las transformaciones sensomotoras, que ponen en relación el componente cerrado con el mundo externo (Cf. Llinás, 2003: 14-16).

La predicción del cerebro y el «sí mismo»

Según Llinás, el estado mental, independientemente de si está representando la realidad externa o no (como ocurre, por ejemplo, en los sueños) ha evolucionado como un instrumento que implementa las interacciones predictivas y/o intencionales entre un organismo vivo y su medio ambiente. El éxito de tales transacciones solo se consigue mediante un instrumento genéticamente transmitido que genere imágenes internas del mundo externo y que puedan compararse con la información que los sentidos toman de él. Así, la percepción es la validación de las imágenes sensomotoras generadas internamente por medio de la información sensorial que llega desde fuera. Gracias a la percepción, podemos predecir, y la predicción es la verdadera entraña de la función cerebral (Cf. Llinás, 2003: 4).

Ahora, ¿por qué evolucionó el sistema nervioso? Según Llinás, el sistema nervioso solo es necesario en animales que expresan movimientos traslacionales activos. Por eso, el desarrollo evolutivo del sistema nervioso es una propiedad exclusiva de los organismos activamente móviles. De esta forma, la evolución del sistema nervioso suministró un plan compuesto de predicciones, la mayoría de las cuales se orientan hacia una meta y se verifican momento a momento mediante la entrada sensorial (Cf. Llinás, 2003: 22).

Para Llinás es muy claro que los animales anticipen el resultado de sus movimientos con base en sus sentidos y esto porque la capacidad de predicción es claramente vital, es crítica para la supervivencia. Pero dónde se almacena la función

anticipatoria. Según Llinás, en el «sí mismo», el cerebro predice basándose en una entidad inventada, el «sí mismo». El «sí mismo» es la centralización de la predicción. Ahora bien, el «sí mismo» no nace del dominio de la autoconciencia, sino al revés. Por eso, en los humanos, como seres conscientes, no siempre está presente la autoconciencia¹⁴.

Para que la predicción resulte útil, el sistema nervioso debe generar una solución premotora en lo relacionado con los movimientos efectuados sincrónicamente. De este modo, la predicción es crucial para que el cerebro genere un movimiento activo, no solo orientado a una meta, sino también como función básica de ahorro de tiempo y energía. Y esto ocurre porque, en lo que a tiempo se refiere la actividad cerebral no es paralela a la realidad, pues el cerebro procesa la información de manera discontinua. No es posible recibir toda la información sensorial exterior y a la vez tomar decisiones rápidas y correctas. El cerebro divide la información según su importancia para no sobrecargarse y luego toma decisiones. Para sincronizarse con lo que ocurre en el mundo exterior un momento dado, el cerebro debe darse tiempo para efectuar las decisiones motoras y poder cambiar rápidamente de una decisión a otra (Cf. Llinás, 2003: 29).

Según Llinás, la capacidad predictiva del cerebro se entiende mejor si entendemos las estrategias de control motor. El ejemplo que sugiere es el de la sinergia muscular¹⁵ de alargar el brazo para tomar una botella de leche de una nevera. Para hacer esto el cerebro debe hacer varias cosas. Cada músculo suministra una dirección de tensión y, a su vez, cada tensión muscular se compone de fibras musculares individuales. Esto se conoce como «unidad motora», en la que cada motoneurona actúa sobre cientos de fibras musculares, pero cada fibra muscular acepta órdenes de una motoneurona. Así, un músculo puede componerse de cientos de unidades motoras y de miles de fibras musculares. El número de músculos multiplicado por el número de unidades motoras de cada músculo nos da el número total de grados de libertad para un determinado movimiento. Incluso un movimiento simple como éste involucra a la mayoría de los músculos del cuerpo y una gran cantidad de contracciones y grados de libertad. El brazo puede llegar a la botella partiendo de un número indeterminado de posiciones iniciales. Todo esto ocurre antes de que el brazo y el cuerpo eleven la botella, por eso, es necesario suponer su peso para planear el movimiento antes de llegar a ella (Cf. Llinás, 2003: 30-31).

14 Llinás da el ejemplo de nadar para escapar de un tiburón. En esos momentos nadie piensa «aquí me encuentro yo, escapando del tiburón, sino que solo es consciente de lo que sucede» (Llinás, 2003: 27-28). También ocurre que, dado que la predicción es una función mucho más antigua que la propia conciencia, a veces opera a nivel reflejo, como cuando pestañeamos, cuando un insecto se acerca a nuestro ojo. No vemos al mosquito de manera consciente, pero anticipamos el evento y pestañeamos para protegerlo (Cf. Llinás, 2003: 26). También piensa en los golpes que los boxeadores esquivan, aún cuando no se los mandaron.

15 Una sinergia muscular es un conjunto de músculos que, actuando al tiempo, generan un movimiento dado.

Ocurre, explica Llinás, que el control motor se da en el tiempo real o «al vuelo» y muy pocas veces sin estímulos¹⁶. Los movimientos que se efectúan y los músculos que intervienen, en respuesta a estímulos teleceptivos¹⁷, a la retroalimentación cinética¹⁸ o en respuesta al pensamiento.

Pero hay un problema: ¿cómo reducir la magnitud del problema del control motor, esa increíble sobrecarga funcional del cerebro, sin degradar significativamente la calidad de las secuencias motoras? Para Llinás la solución estriba no optar por un control continuo y «al vuelo». El control ocurrirá no continuamente sino a intervalos discretos de tiempo (dt). Es decir, el sistema de control motor es pulsátil y no continuo, es decir, lo hace de manera intermitente. Un sistema de control pulsátil, al contrario de un sistema de comando continuo, unificará temporalmente las señales de entrada y de salida. De modo global, este tipo de control amplificaría la capacidad de integración que tiene las entradas sensoriales y las órdenes motoras descendentes. Según Llinás, un control continuo no es factible fisiológicamente. El cerebro, en cambio, delega la función de convocatoria de las tropas motoras un sistema intermitente de control de la señal pulsátil, lo que en el sistema musculoesquelético se refleja como un temblor fisiológico. El control pulsátil ahorra al cerebro una sobrecarga y minimiza los riesgos de operar de manera discontinua en el tiempo. Además, el cerebro, respecto a las sinergias, realiza un control de colectivos o sinergias y no músculos individuales, lo cual reduce aun su carga funcional (Cf. Llinás, 2003: 34-41).

Además, el sistema de control motor se reconfigura dinámicamente según las demandas del momento. El sistema nervioso central dispone de muchas soluciones para una tarea motora, por ello cualquier sinergia funcional organizada por el cerebro es transitoria, evanescente. Así hay más flexibilidad para la selección de las sinergias útiles, mecanismo que indica una predisposición innata a escoger colectivos musculares significativos.

La predicción relativa al movimiento es vital. El futuro se planea extrapolando, según lo que se piensa que sucederá si las cosas continúan presentándose de cierta manera. La forma en que se realiza, a través de un proceso anticipatorio por intervalos discretos de tiempo, emerge, según Llinás, de los ensayos de la selección natural en el proceso evolutivo, que permitió que el cerebro predijera para generar imágenes premotoras. Es la única forma en que el cerebro está al tanto de lo que debe hacer: emular la realidad tan rápida y eficientemente como sea posible, de manera evanescente que permita transacciones rápidas con el exterior. Para Llinás conocer esto es muy importante, pues el control cerebral del movimiento organizado dio origen a la generación y naturaleza de la mente (Cf. Llinás, 2003: 49-50, 58).

16 Por ejemplo, bajar corriendo por un sendero inclinado, conducir un automóvil con una taza de café en la mano, saltar y estirarse para devolver un servicio de tenis.

17 Son estímulos generados a cierta distancia que se procesan en su mayoría mediante los sentidos de audición y visión.

18 Sensación de movimiento del propio cuerpo.

La interiorización de los universales

Para comprender el mundo exterior, dice Llinás, es preciso yuxtaponer las imágenes sensoriomotoras internas con las propiedades sensorialmente referidas del exterior llamadas «universales». Las propiedades del mundo externo tienen que estar representadas de alguna manera en el funcionamiento cerebral. Por ello, una función esencial al cerebro es la interiorización, es decir, la integración de universales en un espacio funcional interno.

Las imágenes sensoriomotoras internas anticipatorias de eventos futuros son patrones premotores y de tales patrones premotores emana la conciencia en todas las formas vivientes. Así, el cerebro, producto de la evolución, debe tener el mismo orden genético *a priori* del resto del organismo. Al nacer, todos los huesos y músculos ya se hallan inscritos en la geometría del sistema. Poseemos también desde el nacimiento la plasticidad para adaptarnos a las circunstancias cambiantes del mundo. Un ejemplo es el lenguaje, pues perfeccionamos la habilidad de reconocer fonemas de nuestra lengua materna y descartar los que no escuchamos durante nuestros primeros años. En el cerebro, la plasticidad y el aprendizaje permiten que la organización intrínseca de los sistemas nerviosos se enriquezca, pero solo dentro de los límites predeterminados.

Nacemos con la capacidad, por ejemplo, de asignar significado a las imágenes visuales. Llinás sostiene su argumentación en lo que llama el *a priori* neurológico. Desde Kant ha sido este un problema, pero hoy, de acuerdo a lo que sabemos sobre las neuronas y el cerebro, el problema del *a priori* neurológico pasó de ser un planteamiento epistemológico a ser un problema filogenético, evolutivo.

Llinás insiste en considerar al cerebro como un sistema cerrado modulado por los sentidos¹⁹. Según la neurobiología y la neurociencia, las semejanzas fenotípicas básicas²⁰ intra o interespecies se relacionan con funciones neuronales semejantes. Así, estas disciplinas suponen que el control de la estructura cerebral está determinado genéticamente.

Llinás también sostiene que la cognición no es solo un estado funcional sino una propiedad intrínseca del cerebro y un «*a priori* neurológico». La capacidad de conocer no necesita aprenderse, solo se aprende el contenido particular de la cognición (Cf. Llinás, 2003: 66-67).

Con respecto al movimiento, una primera etapa evolutiva, en la que el movimiento emerge intrínsecamente de las células musculares, se conoce como estadio «miogénico» de la motricidad y es la base del sentido de dirección rostral (hacia delante). Una segunda etapa las neuronas generan los axones que migran a sus músculos específicos, formando sinapsis electroquímica. La capacidad de las células mus-

19 Un sistema abierto es, dice un sistema reflejo, que recibe las señales sensitivas, las procesa y las devuelve de manera refleja a ese mismo medio. De este modo, Llinás descarta la idea del cerebro como *tabula rasa* y el cerebro como máquina de aprender.

20 Los rasgos físicos observables.

culares de disparar movimientos ondulatorios se ha desplazado a la médula espinal, es decir, se han interiorizado. Este estadio se llama de la motricidad neurogénica. Aquí ya se tiene la capacidad de interiorizar las propiedades del mundo externo (aquí solo es la musculatura), inscribiéndolas en el tejido nervioso. Pero cuando el animal organiza su motricidad con un marco de referencia más amplio que el de su propio cuerpo aparece, otra etapa, que es de la encefalización. Los animales elongados²¹ se dirigen hacia el frente, pues es el lugar de menor resistencia. Allí se colocan los sistemas teleceptivos del olfato y vista. La interiorización de los universales durante la evolución dentro del sistema nervioso ha hecho que los animales se desplacen hacia el frente, y allí nace la cefalización. La capacidad de pensar²² es el resultado de un número creciente de exitosas estrategias durante el desarrollo evolutivo por ensayo y error por parte de la selección natural.

Comentario final

La exposición de algunas de las ideas que conforman el planteamiento neurológico de Llinás nos permitió desde un comienzo intentar de comprender el significado del problema de la relación entre el cerebro y la mente. Esa es justamente la pregunta que mueve el péndulo entre dualistas, materialistas e idealistas, como lo señala Daniel Dennett: ¿qué relación existe entre la mente y el cuerpo? Este problema fue puesto en movimiento por el dilema que encierra el interaccionismo cartesiano. Pero este interaccionismo parte del supuesto, aparentemente verosímil, de la separación de un lado, de las mentes y los hechos mentales y, del otro, de los cuerpos y los hechos físicos, para luego asumir que se produce o no la interacción. La tesis interaccionista, explica Dennett, conlleva a un atolladero tan insuperable que podría considerarse como la reducción al absurdo del dualismo en la versión cartesiana (*Cf.* Dennett, 1996: 21).

Pero las demás salidas del péndulo como el idealismo (negar que haya cuerpos y hechos físicos), el materialismo (negar que haya mentes y hechos mentales no físicos) o el epifenomenismo (asumir un dualismo que no incluya la interacción) presentan igual varias deficiencias en su intento por contestar a la pregunta de fondo. Por ello, algunos filósofos enfocados en el progreso de la ciencia en el terreno de la filosofía de la mente, decidieron reformular la cuestión central de la filosofía de la mente y plantearon como salida lo que Dennett denomina la teoría de la identidad, que consiste en identificar las entidades mentales con entidades físicas. Pero en este intento de solución, la identificación de las cosas mentales con las cosas físicas no fue sino una reducción a ellas. Esta nueva tesis reduccionista asumiría que los hechos mentales no son más que entidades y hechos físicos aun no descriptos que se dan en el cerebro (*Cf.*

21 Que se mueven hacia delante.

22 El pensamiento es, por eso, la interiorización evolutiva del movimiento.

Dennett, 1996: 22-23). Dennett sostiene que esta teoría resulta igualmente extravagante que el dualismo y que solo permitiría un monismo inverosímil al que llegamos luego de reconocer los dilemas del dualismo. Frente a ello, Dennett plantea que la única forma de salir de esta situación es alejarse del péndulo, lo que implica mostrar que el supuesto inicial de que por un lado están las mentes y los hechos mentales y, por el otro, los cuerpos y los hechos físicos, no es tan evidente como parecía serlo a primera vista (Dennett, 1996: 24).

El problema de la relación entre la mente y el cerebro se presenta como un fenómeno complejo y, por lo mismo, aparentemente misterioso. Parte de ese misterio, como piensa John Searle, deriva del hecho de que hasta ahora no solo no sabemos cómo funciona el cerebro (no tenemos una teoría en tanto principio teórico unificador sobre cómo funciona el cerebro), sino que ni siquiera tenemos una idea clara de cómo puede el cerebro causar conciencia. Por ello, el sentido de misterio desaparecerá, dice Searle, cuando entendamos la biología de la conciencia con la misma profundidad que ahora entendemos la biología de la vida (Searle, 2000: 177, 180).

Referencias bibliográficas

- ARISTÓTELES (1983). *Acerca del alma*. Introducción, traducción y notas de Tomás Calvo Martínez. Madrid: Editorial Gredos.
- ARISTÓTELES (1997). *Metafísica*. Traducción trilingüe de Valentín García Yebra. Madrid: Editorial Gredos.
- BUNGE, M. (1999). «El problema mente-cerebro», en *La vigencia de la filosofía*. Lima: Universidad Inca Garcilaso de la Vega.
- DAMASIO, A. (2010). *Y el cerebro creó al hombre*. Barcelona: Ediciones Destino.
- DENNETT, D. (1996). *Contenido y conciencia*. Barcelona: Editorial Gedisa.
- DENNETT, D. (2000). *La libertad de acción. Un análisis de la exigencia de libre albedrío*. Barcelona: Editorial Gedisa.
- DESCARTES, R. (1987). *Meditaciones Metafísicas y otros textos*. Madrid: Editorial Gredos.
- DESCARTES, R. (1995). *Principios de Filosofía*. Madrid: Alianza Editorial.
- DESCARTES, R. (2003). *Reglas para la dirección del espíritu*. Madrid: Alianza Editorial.
- DESCARTES, R. (2010). *Las pasiones del alma*. Madrid: Editorial Tecnos.
- LLINÁS, R. (2003). *El cerebro y el mito del yo*. Bogotá: Editorial Norma.
- POPPER, K. (1997). «Interacción y conciencia», en *El cuerpo y la mente*. Barcelona: Ediciones Paidós.
- POPPER, K.; ECCLES, J. (1985). *El yo y su cerebro*. Barcelona: Editorial Labor.
- RORTY, R. (1995). *La filosofía y el espejo de la naturaleza*. Madrid: Ediciones Cátedra.
- RUSSELL, B. (1977). «La ciencia de la mente», en *El conocimiento humano*. Barcelona: Taurus Ediciones.
- SEARLE, J. (2000). *El misterio de la conciencia*. Barcelona: Ediciones Paidós.
- WITTGENSTEIN, L. (1997). *Zettel*. Traducción de Octavio Castro y Carlos Ulises Moulines. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

