
Una teoría general del cerebro

Rafael Yuste
1 julio, 2003

Estoy completamente convencido de que el mayor desafío que tiene la ciencia actualmente es entender cómo funciona el cerebro. Ser neurobiólogo en esta época es muy frustrante, ya que tenemos la sensación de estar perdidos en la oscuridad. Los datos experimentales sobre el funcionamiento del sistema nervioso son, por un lado, de difícil obtención, y por otro, imposibles de comprender. Pero creo que nos espera en un tiempo no muy lejano un descubrimiento –de la altura de la doble hélice de Watson y Crick– que aclare de repente un millar de contradicciones, y que ilumine tanto la lógica de la construcción del sistema nervioso como la esencia de nuestra mente y de nuestra humanidad.

Tengo la intuición de que será un momento en el que nuestra manera de pensar sobre nosotros mismos dará un giro irreversible, un poco como si alguien hubiese encendido la luz en una habitación a oscuras. En este sentido, me gustaría comentar lo mucho que me ha gustado un libro que he leído recientemente y que merece la pena ser leído: se llama *The I of the Vortex*, y lo ha escrito un neurobiólogo colombiano llamado Rodolfo Llinás¹. Llinás es uno de los mayores especialistas en la electrofisiología de las células nerviosas. Se educó en Australia, en el laboratorio de Eccles, el famoso premio Nobel que descubrió que las neuronas recibían, intracelularmente, potenciales eléctricos

producidos por otras neuronas. Por eso cada neurona integra eléctricamente todos los mensajes que recibe antes de mandar un mensaje único al resto de las neuronas con las que se comunica. Llinás emigró a los Estados Unidos y obtuvo la cátedra de Fisiología en la Universidad de Nueva York hace más de tres décadas. Es miembro de la Academia de Ciencias de los Estados Unidos y es frecuente candidato al Premio Nobel por sus contribuciones al entendimiento de la transmisión sináptica y de la electrofisiología intrínseca.

En este libro, que ha sido ya reseñado en algunas revistas de alcurnia ², Llinás se atreve a aventurar una teoría general del cerebro. Su propuesta es relativamente simple (y aparentemente contradictoria con el pensamiento de la mayoría): así, el cerebro no sirve para generar comportamiento, como dicen los cánones de la Psicología, sino para generar una actividad intrínseca. Esta actividad intrínseca funciona como un modelo virtual del mundo. En otras -y modernas- palabras, el cerebro es un generador de realidad virtual.

En la tradicional visión del problema, la función del cerebro es la de percibir elementos sensoriales y transformarlos en un patrón de movimiento motor. Según Llinás, el propósito del cerebro es distinto: crear un modelo del exterior con objeto de manipularlo mentalmente y de poder predecir el futuro. Éste sería el desarrollo del argumento con más detalle: 1) Todos los animales se mueven. 2) Los únicos seres vivos que tienen cerebro son animales. 3) Por lo tanto, el cerebro sirve para moverse. 4) La razón por la cual los animales necesitan cerebro es porque, al moverse, el mundo exterior cambia necesariamente. 5) El animal debe ser capaz, por ello, de anticipar el cambio del ambiente exterior y poder predecir este cambio. 6) De lo contrario, el animal acabará en una situación desventajosa, bien con respecto al medio físico inmediato, bien con respecto a su situación ante un potencial depredador. 7) La capacidad de imaginarse el cambio en el ambiente en un futuro inmediato debe ser fundamental para el animal también a la hora de encontrar comida y aparearse.

Por lo tanto, la naturaleza inventiva del cerebro, al poco de descubrir el movimiento, se erige como órgano central de inteligencia, para predecir las consecuencias positivas o negativas de esos movimientos de supervivencia del organismo. Las plantas no tienen ese problema. Esperan quietas el futuro sin ninguna opción ante sí. Los animales, por el contrario, pueden reaccionar frente al futuro con muchas más opciones, alejándose del peligro, o acercándose a la fuente de comida o de reproducción. Pues bien, según subimos en la escala evolutiva del reino animal, el cerebro se desarrolla cada vez más, hasta llegar a la exageración que constituye el cerebro humano, que consume más de un 20% de toda la energía de nuestro cuerpo. La razón de este crecimiento debe ser que, al estar dotado de esta máquina de predecir el futuro, evidentemente posibilita un comportamiento mucho más inteligente, ayudando a solventar problemas que destruyen a animales menos dotados.

Resulta entonces que el cerebro es precisamente una máquina de generar inteligencia, en el sentido de asimilar información sobre el exterior. La vieja idea de que el cerebro actúa como una tabla de reflejos, donde un estímulo externo provoca un comportamiento determinado, es muy limitada. El cerebro hace mucho más, computando constantemente el mundo exterior y su importancia con respecto al individuo, y generando, o no, una respuesta.

¿Cómo lo hace? Según Llinás, la clave fisiológica del funcionamiento del cerebro son los «Central Pattern Generators» o CPG. Estos CPG son circuitos locales que se han encontrado en muchos sistemas nerviosos y que generan un patrón de actividad eléctrica intrínseco y repetitivo, con cuyas oscilaciones posibilita la producción de movimientos, a veces complejos, como pueden ser andar, nadar y correr. Sé que puede producir hilaridad, pero uno de los más estudiados es el CPG responsable del patrón de la digestión de la langosta, producida por las redes neuronales del ganglio estomatogástrico, que provoca la contracción exacta en el momento adecuado de los músculos que dan lugar al patrón alternante de contracción del píloro. Llinás extrapola la idea y arguye que muchos otros comportamientos generados por el cerebro –y no sólo movimientos complejos como los patrones de acción fijos (FAP) sino incluso elementos del comportamiento humano como, por ejemplo, el habla, las emociones, la memoria e incluso el pensamiento y las emociones– no son sino CPG complejos, o mezclas de CPG. El cerebro sería un sistema de montones de circuitos oscilantes, interaccionando entre sí, y en cuya actividad, de alguna manera, estaría representado el mundo.

¿Cómo se codificaría este mundo en este maremágnum de circuitos oscilantes? Llinás especifica que la resonancia temporal de las neuronas que codifican distintos aspectos del mundo permite la unión conceptual de esos aspectos. Por ejemplo, imaginemos la cara de nuestra abuela. Imaginemos ahora su manera de hablar. La razón por la cual asociamos su cara con su habla es porque las neuronas que codifican en nuestro cerebro su cara y su habla (neuronas o grupos de neuronas posiblemente localizadas en las áreas visuales o auditivas de tu corteza temporo/occipital) ¡están disparando a la vez! En otras palabras, el concepto de nuestra abuela no es más que la agrupación de todas las neuronas que se ponen en marcha cuando pensamos en ella.

Así, a lo largo de nuestra vida, hemos aprendido a asociar la cara de nuestra abuela con su voz (y con otras características suyas). Durante este aprendizaje, las neuronas que respondieron específicamente a cada una de estas percepciones sensoriales se asociaron, cada vez con más intensidad, en una red neuronal cuya descarga sincrónica representa la idea de nuestra abuela. Esta idea es particularmente elegante porque soluciona de golpe *ad infinitum* el problema de encontrar una neurona central que pueda codificarlo todo y que sea el núcleo del yo o de la conciencia ³.

¿Cómo se manipula internamente esta actividad? Los patrones CPG serían generados por células marcapasos, localizadas en posiciones claves en todas partes del cerebro. Estos patrones tendrían una dinámica intrínseca, activada por la conectabilidad de las neuronas participantes y determinada por las propiedades físicas de sus conexiones. Pero a la vez, estos patrones deben ser susceptibles de influjo por la actividad exterior. Lo fascinante de todo esto es que la influencia de esta actividad exterior debe estar controlada precisamente por los patrones intrínsecos. Es decir, que los que están dentro controlan la puerta, y sólo dejan entrar o salir a determinados individuos y en determinados momentos. Nos encontramos con una situación completamente kantiana, donde el mundo, tal como lo entendemos, no es más que el reflejo de nuestra propia mente. En términos neurobiológicos modernos, las categorías kantianas, los filtros con los que percibiríamos la realidad, serían los circuitos que controlarían la interacción entre la información externa y los CPG.

La vuelta a Kant, no sólo de Llinás, sino de muchos aspectos de nuestra cultura y ciencia, contrarresta los ya casi dos siglos de completo dominio del modelo empiricista del mundo de Locke y Hume. Como

es bien sabido, la Psicología moderna y la mayoría del abordaje científico anglosajón del problema del cerebro está basado directamente en considerar a la mente como una *tabula rasa*, completamente a merced del mundo exterior, y que se va llenando de conceptos según el animal se desarrolla. Antes que Llinás, ha habido pocos kantianos en la historia de la neurociencia. Recordemos ahora que Rafael Lorente de No, brillante discípulo español de Cajal que desarrolló gran parte de su carrera en los Estados Unidos (y murió recientemente), fue uno de los primeros que avanzó la hipótesis de que la función principal del cerebro es generar patrones de actividad intrínseca. Lorente, en sus estudios anatómico-fisiológicos, hablaba en los años treinta ya en términos muy parecidos a los que expone hoy Llinás ⁴. Además de Lorente, me viene a la mente la contribución del físico americano John Hopfield, que en 1982 propuso la existencia de redes neuronales de retroalimentación que darían lugar a estados estables en la dinámica del sistema ⁵. Estas ideas se compenetraron muy bien con el pensamiento de Llinás. Por último, Wolf Singer, en Alemania, encontró oscilaciones sincrónicas en las respuestas eléctricas de las neuronas de la corteza visual del gato y lleva ya casi quince años empeñado en demostrar que la sincronía temporal produce la unión conceptual de las percepciones ⁶.

La teoría de Llinás es muy atractiva y representa una manera de pensar distinta a la de la mayoría de los investigadores. Incluso si se prueba que está equivocado, esta teoría estimulará la autocrítica y saneará el aire tan estancado que se respira en muchos laboratorios. Pero pensemos por un momento en las consecuencias de esta teoría si Llinás acertase. Por un lado, el enfoque en la dinámica interna explica con más detalle el comportamiento a veces poco predecible de los seres humanos. Por otro lado, quizás el enfoque internalista ayudará a entender las graves enfermedades cerebrales, en particular la esquizofrenia, donde el enfoque tradicional –asumiendo que el cerebro es una máquina de estímulo/respuesta– está fracasando completamente. De hecho, Llinás, que también es médico, está enfocando su trabajo actual en la comprensión de la patofisiología de la esquizofrenia, la epilepsia y el Parkinson, utilizando esta manera distinta de entender el cerebro para diseñar nuevas terapias.

Por último, sugiero al lector que considere el impacto que una teoría de este tipo puede tener sobre la cultura humana. Acciones hasta ahora misteriosas de la mente podrán ser entendidas con todo detalle. Podría argumentarse que el libre albedrío pasaría a ser una ficción, explicado simplemente por la ignorancia de la dinámica cerebral, y que el derrumbamiento del libre albedrío tendría consecuencias importantes, entre otras cosas y, por ejemplo, para los sistemas legales. A la vez, quizá la complejidad de la dinámica interna «salve» al libre albedrío. En cualquier caso, lejos de eliminar el componente mágico y maravilloso de nuestra condición de hombres y mujeres, el mejor entendimiento científico de nuestra mente nos mostrará seguramente otra dimensión insospechada en la que nuestra admiración por el cerebro humano será todavía más profunda.

¹. Rodolfo Llinás, *The I of the Vortex: From neurons to self*. Cambridge, MIT Press, 2002.

². Laureano Castro Nogueira y Miguel Ángel Toro Ibáñez, «Neurobiología de la conciencia: la actividad mental de la materia», *Revista de libros*, n. o 67-68 (julio-agosto de 2002), págs. 29-35.

3. Francis Crick, «Thinking About the Brain», *Scientific American*, n. o 241 (1979), págs. 219-232.
4. Rafael Lorente de No, «Analysis of the Activity of the Chains of Internuncial Neurons», *Journal of Neurophysiology*, n.o 1 (1938), págs. 207-244.
5. John J. Hopfield, «Neural Networks and Physical Systems with Emergent Collective Computational Abilities», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, n. o 79 (1982), págs. 2554-2558.
6. Charles M. Gray, Peter Konig, Andreas K. Engel y Wolf Singer, «Oscillatory Responses in Cat Visual Cortex Exhibit Inter-columnar Synchronization which Reflects Global Stimulus Properties», *Nature*, n. o 338 (1989), págs. 334-337.