

El cerebro predice

► **Neurociencia** / Investigadores del IFISC han elaborado un modelo teórico, aportando también datos experimentales, que explica la existencia de la sincronización anticipada entre dos zonas neuronales del cerebro. **Elena Soto**

Es asombroso cómo un órgano, que pesa poco más de un kilogramo, pueda ser una inmensa red formada por aproximadamente unos 100.000 millones de neuronas, con capacidad de conectarse cada una de ellas con al menos otras 1.000, construyendo billones de posibles enlaces gracias a los que percibimos el mundo que nos rodea.

Nuestro cerebro registra una cantidad ingente de información a través de los sentidos y la procesa a una velocidad vertiginosa. Es muy rápido desempeñando muchas tareas, incluso es capaz de realizarlas en periodos de tiempo más cortos que los fisiológicos. Podríamos decir que este órgano predice lo que

ocurrirá en el futuro inmediato. En el caso del tenis, por ejemplo, si un jugador de este deporte no tuviera una reacción más rápida que la natural, nunca podría devolver la pelota, porque a la velocidad que viene la bola tardaría menos en llegar que lo que le llevaría al tenista verla y decidir lo que tiene que hacer. El cerebro se adelanta un instante a lo que percibimos, permitiéndonos reaccionar con mayor rapidez y control ¿Qué mecanismos utiliza para que esto ocurra?

El estudio de las neuronas como elementos individuales aporta escasa información sobre la relación entre la dinámica de transmisión de impulsos nerviosos y las diferen-

tes funciones cerebrales. Esto se debe principalmente a la aparición de propiedades emergentes que surgen de la interacción entre los elementos que lo forman, y que no se pueden deducir del estudio aislado de estos elementos. ¿Cómo es posible que áreas interconectadas entre sí, pero que se encuentran en muchos casos muy alejadas las unas de las otras, no experimenten retrasos en la señal nerviosa y consigan sincronizarse?

En las redes dinámicas complejas los estados de sincronización entre sus componentes individuales son los que proporcionan el equilibrio entre el procesado en paralelo de diferentes informaciones

en diferentes áreas y la coordinación entre ellas. Este enfoque aplicado al estudio de las redes reales biológicas, como el cerebro, abre nuevas vías para descubrir qué mecanismos permiten modelar y predecir hechos, uno de los grandes interrogantes de la neurociencia.

La investigación desarrollada en el Instituto de Física Interdisciplinar y Sistemas Complejos (CSIC-UIB) sobre la Sincronización Anticipada (AS) en el cerebro aborda esta temática. El estudio, que acaba de ser publicado en la revista *NeuroImag*, elabora un modelo teórico y también aporta datos experimentales. En concreto, se han incluido los resultados de pruebas realiza-

das en cerebros de primates, que pueden constituir la primera verificación de la sincronización anticipada (AS) en el cerebro usando modelos biológicamente plausibles.

«Proponemos un modelo matemático que estudia la interacción entre áreas corticales del cerebro, que muestra que un área que influye a otra puede reaccionar después de la que es influenciada», explica Claudio Mirasso, investigador del IFISC. «Es como si al mantener una conversación el interlocutor reconociese las palabras sin necesidad de decirlas completas, identificándolas solo con las primeras letras y el contexto».

SIGUE EN PÁGINA 2



VIENE DE PORTADA

La sincronización anticipada (SA) es una forma de sincronización que se produce cuando una influencia unidireccional se transmite desde un emisor a un receptor, pero el sistema receptor adelanta al emisor en el tiempo. Pero ¿tiene algún sentido fisiológico este fenómeno?

Existen unos experimentos realizados con monos, llevados a cabo por el grupo de investigación de Steven Bressler de la Universidad del Atlántico de Florida, en los que se ve que en dos áreas conectadas sucede que la segunda área responde antes que la primera, es decir hay una anticipación en la respuesta.

«Nosotros teníamos un modelo teórico y cuando estábamos escribiendo el artículo encontramos los trabajos experimentales de Steven Bressler sobre los primates», informa Mirasso, «Contactamos con él y le propusimos colaborar».

Los investigadores del IFISC han elaborado un modelo teórico que explica la existencia de la sincronización anticipada entre dos zonas neuronales del cerebro. La primera (emisor) envía una señal a la segunda (receptor) y ésta, en lugar de esperar que llegue la información completa que se envía con esta señal, responde, avanzándose a la señal del emisor.

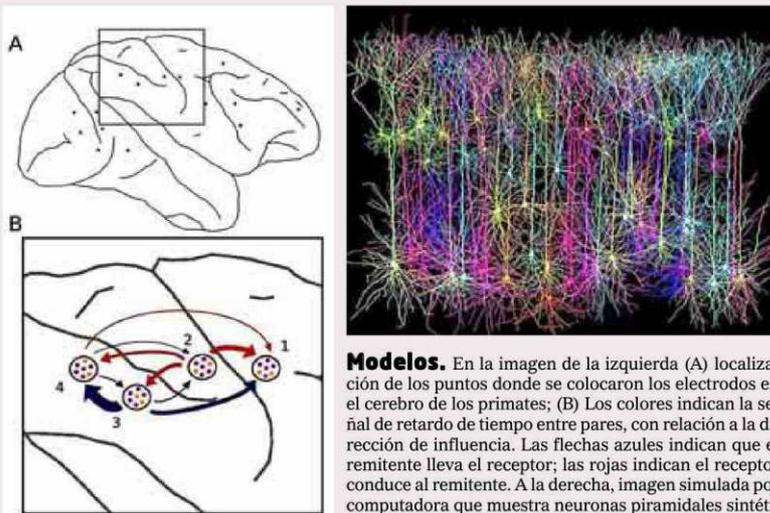
«Lo que hicimos fue usar modelos matemáticos que representan dos áreas corticales», informa Mirasso, «imitando en lo posible su composición. Se eligieron un 80% de neuronas excitatorias (su activación tiende a generar más actividad en las neuronas que contacta) y el 20% de inhibitorias (intentan que las otras neuronas no se activen) esto es fundamental para la regulación del sistema. Hay menos neuronas inhibitorias, pero la intensidad con la que actúan es cuatro veces mayor por lo que se produce un balance y cuando éste se rompe pasan cosas nuevas».

Tomando poblaciones que representan un área cortical –algunos miles de neuronas con este balance 80% excitatorias y 20% inhibitorias– los investigadores conectan las poblaciones entre sí y entre ellas, de forma que una lleva información a la otra ¿Cómo regulan si la que escucha responde antes o espera? Se-

EL CEREBRO, UNA COMPLEJA RED DE REDES



Claudio Mirasso y Fernanda Seligardi, dos de los autores de este trabajo de investigación. / UIB



Modelos. En la imagen de la izquierda (A) localización de los puntos donde se colocaron los electrodos en el cerebro de los primates; (B) Los colores indican la señal de retardo de tiempo entre pares, con relación a la dirección de influencia. Las flechas azules indican que el remitente lleva el receptor; las rojas indican el receptor conduce al remitente. A la derecha, imagen simulada por computadora que muestra neuronas piramidales sintéticas. / GRÁFICO IFISC, FOTOGRAFIA HERMANN CUNTZ Y MICHAEL HAUSSER

gún Mirasso, simplemente cambiando la fuerza de inhibición que tengan las neuronas en la segunda población, la que recibe. Su intensidad, mayor o menor, puede hacer pasar al sistema a un estado de respuesta anticipada o retrasada, es decir a un régimen de predicción o al normal, que sería el de actuar después. En la actualidad se sabe que las neuronas inhibitorias desempeñan un papel muy importante en el procesamiento de información en el cerebro, aunque todavía no se conoce muy bien cómo actúan.

«Desde que vemos algo hasta que llega a la corteza visual pasan unos 80 milisegundos», comenta Mirasso, «y de ahí a la parte de procesamiento transcurren unos 200, es decir entre 300 y 500 milisegundos para tomar una decisión cuando se ve un objeto, aunque se sabe que hay circuitos que lo aceleran porque el tiempo es menor. Nosotros proponemos que es posible que las neuronas inhibitorias reduzcan estos tiempos de procesamiento de información. De momento solo una es especulación que hay que comprobar con nuevos experimentos, pero al menos hay datos fisiológicos en monos donde estos mecanismos de anticipación se ven. Y nuestro modelo podría explicarlos».

Este trabajo recoge parte de la tesis de Fernanda Seligardi, dirigida conjuntamente por y Claudio Mirasso del Instituto de Física Interdisciplinar y Sistemas Complejos (CSIC-UIB) y Mauro Copelli de la Universidad Federal de Pernambuco.

En las pruebas llevadas a cabo con los monos, los investigadores americanos habían visto la existencia de anticipación en la respuesta durante la realización de tareas cognitivas y el modelo teórico desarrollado en el IFISC es capaz de explicar sus resultados experimentales. La idea es que la corteza cerebral de los primates puede operar en el régimen dinámico de sincronización anticipada como parte de la función neurocognitiva normal. Se espera que la existencia de esta sincronización, observada entre regiones corticales en los primates, se pueda extender a la investigación de sincronización anticipada en humanos.