ISSN 1669-9106 MEDICINA (Buenos Aires) 2026: 86: 1294-1296

Comentario

NEURONAS EN UN VIDEOJUEGO 2

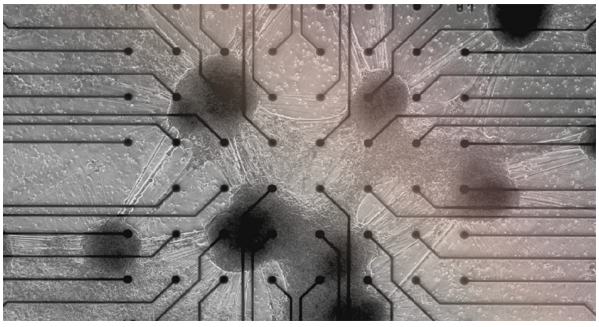
BASILIO A. KOTSIAS

E-mail: kotsias@yahoo.com

En la primera de esta serie de Comentarios[1] dimos cuenta de noticias que acapararon los medios de comunicación: neuronas cultivadas y mantenidas en un microchip que habían podido "jugar" con videojuego s en el que el participante elimina con disparos a personajes que aparecen en la pantalla o le pega a una pelotita con una paleta[2]. Como era de esperar, la noticia se transformó casi en un hecho mágico, con títulos llamativos y no era para menos, un cultivo de neuronas sumergido en una partida digital. El objetivo de la nota es "poner los pies en la tierra" para ver de qué se trata el tema, con una estructura compleja que hay que recorrer para entender el fenómeno. ¿Estaremos en la presencia de una inteligencia biológica sintética, hasta ahora confinada al terreno de la ciencia ficción?[3]

Presentamos a los integrantes de esta confrontación lúdica. Primero lo primero, "el jugador", cerca de 800 000 neuronas cultivadas en un microchip de silicio recubierto por una capa de polietilenimina y proteínas de matriz extracelular para permitir que las neuronas -provenientes de células madre pluripotentes, humanas y de roedores así como progenitores gliales- puedan nutrirse y desarrollarse en un sistema que les administra los factores y sustancias tróficas para su desarrollo (Fig. 1). Las neuronas, gran parte de ellas de tipo glutamatérgicas, desarrollan densas sinapsis y conexiones con células gliales. El segundo componente es el microchip mencionado, del tipo MEA (*microlectrode array*), de unos 8 mm^2 provisto de unos 26 000 microelectrodos para estimular y registrar las respuestas de esas neuronas desarrolladas en su superficie[4]. El tercer componente es el videojuego, pero en este

Figura 1 | Neuronas cultivadas en un microchip de silicio (https://corticallabs.com/)



caso la "visión" del sistema *no* es visual: es eléctrica con una metodología para "leer y escribir" en el tejido neuronal. Todo este sistema está integrado en el *DishBrain system* ya mencionado en nuestra primera nota[5]. Por las dudas y aunque sea obvio, aclaramos que las neuronas cultivadas no ven gráficos ni manipulan botones o *joysticks*.

En nuestro caso, la posición de la pelota en el videojuego se traducía en patrones de estimulación eléctrica. El escenario divido en regiones que indican la posición de la pelota, codificado como frecuencia de estimulación y ubicación espacial de los electrodos activados como un mapa sensorial artificial: si la pelotita está a la izquierda, se estimulan a las neuronas en la región izquierda, y si está arriba con estimulación en zona superior, si está abajo, otros electrodos, etcétera. Es decir, se instruye a ese grupo de neuronas la ubicación del blanco, pero ¿cómo aprenden las neuronas? En una nota anterior ya dimos cuenta de algunos de los mecanismos biológicos en que se basa el aprendizaje, poten-

ciación y depresión a largo plazo, mayor expresión de canales iónicos en la membrana, y otros[6] . El aprendizaje deja una señal estructural en la neurona y su conexión.

¿Qué reciben como *feedback* las neuronas, proceso clave en el aprendizaje? Si la "paleta" acierta la pelotita se las estimula de forma predecible y estructurada y si la "pifia" reciben una descarga asincrónica, casi caótica. Como se demuestra esos cultivos de neuronas aprenden en el rango de 5 minutos, superando el azar. ¿Exhiben inteligencia biológica? No nos arriesgamos a una afirmación concreta, sólo indicios como que sin el *feedback* las neuronas no mejoran su desempeño. Como advertimos al comienzo de esta nota, estos trabajos son muy complejos y sólo presentamos una pequeña fracción de los resultados e interpretación. El resultado casi asombroso de estos experimentos y otros más empleando videojuegos más poderosos[5,7] es que las neuronas no juegan sino que reciben *inputs*, actúan sobre un entorno y modifican su actividad para reducir la incertidumbre de esta acción.

Ahora bien, ¿por qué las neuronas responden al *feedback* de esta manera? Aquí de nuevo entramos en terrenos no hollados, movedizos al entrar en juego el principio de mínima energía libre (o de sorpresas) propuesto por Friston et al.[8]. Perteneciente al *University College* de Londres postula que las neuronas tienden a evitar señales impredecibles y favorecen patrones más ordenados. En otras palabras: "Buen desempeño" = mundo más predecible. "Mal desempeño" = mundo ruidoso y empleando una metáfora poderosa poder decir que el cerebro habrá evolucionado para minimizar la "energía libre" o número de sorpresas (o sensaciones). Para sobrevivir, el organismo debe evitar estados muy improbables, pero si evitaría las sorpresas no aprendería nada nuevo, pero si se les presenta muchas sorpresas, sería inestable, no podría predecir.

Nos imaginamos que algunas personas o autoridades de las agencias científicas nos preguntan: ¿Y todo esto para qué? Para esto, contamos con algunas respuestas en la manga: posibilidad de utilizar neuronas vivas como componentes computacionales, por su enorme eficiencia energética sabiendo que el cerebro es económico, consume unos 20 W (vatios) mientras que los sistemas de IA requieren de megavatios. Sumamos los estudios de desarrollo neuronal, acción de drogas, estudiar los procesos neurodegenerativos, el aprendizaje… ¿Nos creerán?

A esta altura el lector puede estar medio (o aún más) desencantado con nuestra nota: no todo es claro y transparente. A veces los conceptos y argumentos utilizados se basan en otros de mayor complejidad y nos atrevimos apenas a soslayar un principio de la mecánica cuántica, el de mínima acción, como la base de la teoría del funcionamiento de las neuronas y del cerebro. En ciencia se trata de ir avanzando paso a paso y muchas veces debe darse por hecho algo que todavía no tenemos incorporado o no entendemos bien, pero seguimos adelante con la esperanza de lograrlo en un futuro (cercano). Hemos escuchado rumores- implícito cierto grado de malicia - que aún a los que trabajan en computación cuántica o en los algoritmos de la inteligencia artificial tampoco entienden en forma plena la teoría en la cual se sumergen. Sólo saben que funciona y esto nos lleva a una corta digresión literaria para "aflojar" la temática y terminar de alguna manera esta nota sabiendo que no estamos solos en este esfuerzo para entender. En la novela El Péndulo de Foucault de Umberto Eco[9], el personaje central trata de convencer a un amigo de que el punto donde se fija el péndulo no gira con el resto del edificio durante la rotación de la Tierra. Transcribimos un breve párrafo.

"… - el punto de suspensión permanece inmóvil……

- ¿Tampoco si la Tierra gira? (le pregunta el amigo)

- La Tierra gira, pero el punto no. Si te gusta bien; si no, te aguantás ¿Estamos?.

Bibliografía

1. Kotsias BA. Comentario. Euler, los puentes de Königsberg y redes neuronales 1. *Medicina (B Aires)* 2026 (en prensa).
2. Kagan BJ, Kitchen AC, Tran NT, et al. *In vitro* neurons learn and exhibit sentience when embodied in a simulated game-world. *Neuron* 2022; 110:3952-69.
3. Kagan BJ, Gyngell C, Lysaght T, Cole VM, Sawai T, Savulescu J. The technology, opportunities, and challenges of Synthetic Biological Intelligence. *Biotechnol Adv* 2023; 68:108233.
4. Wang J, Jung WB, Gertner RS, Park H, Ham D. Synaptic connectivity mapping among thousands of neurons via parallelized intracellular recording with a microhole electrode array. *Nat Biomed Eng* 2025; 9:1144-54.
5. https://corticallabs.com/
6. Kotsias BA. Memoria y olvido II. *Medicina (B Aires)* 2024: 84: 1297-8.
7. Kagan BJ, Habibollahi F, Watmuff B, et al. Harnessing intelligence from brain cells *In Vitro*. *Neuroscientist* 2025; 31:536-55.
8. Friston K. The free-energy principle: a unified brain theory? *Nat Rev Neurosci* 2010; 11:127-38.
9. Eco U. El péndulo de Foucault. Buenos Aires: Debolsillo 2007.