

# Un lenguaje eléctrico

ELÍAS MANJARREZ

*El universo nos habla con su variedad de energías, mientras nuestro interior escucha y habla un lenguaje eléctrico.*

Cuando disfrutamos un aromático café mientras suena música suave y nos rodean colores relajantes, nuestros sentidos convierten esa experiencia en impulsos eléctricos dentro del cerebro. Esto es posible gracias a receptores sensoriales que transforman distintos tipos de energía, como la luz, el sonido o las moléculas del aroma, en señales eléctricas.

Todo lo que percibimos, sin importar su origen, termina codificado en forma de electricidad que viaja en árboles dendríticos y axones de las neuronas; lo que permite la liberación de neurotransmisores químicos. Estas señales se combinan con recuerdos, emociones y nuestra conciencia, generando la experiencia subjetiva del mundo. Así, todas las señales neuronales son impulsos eléctricos y señales neuroquímicas; no existen corrientes "visuales" o "auditivas" en su forma física original fluyendo en nuestro cerebro.

Entonces, ¿cómo distingue el cerebro un estímulo visual de uno auditivo o táctil, si todos se transmiten como electricidad? La neurociencia ofrece una explicación parcial, no definitiva.

Las primeras investigaciones nos enseñaron que cada tipo de estímulo sigue una ruta específica en el sistema nervioso y es procesado en regiones distintas del cerebro. La información visual llega a la corteza occipital; la auditiva, al lóbulo temporal; y la táctil, al lóbulo parietal. Concluyeron que no es la naturaleza física de la señal, sino el camino que recorre y su destino espacial, lo que determina cómo la percibimos.



Este principio se confirmó cuando se estimuló directamente la corteza visual y los participantes reportaron ver destellos de luz, incluso sin estímulos visuales reales. De forma similar, la estimulación de la corteza auditiva provocó la ilusión de oír sonidos inexistentes [1], y así para otras modalidades como la del tacto [2]. Ello sugirió que la percepción depende del lugar del cerebro que se activa, y no del tipo de energía sensorial original.

Pero esa explicación, por sí sola, no es completamente satisfactoria. Un contraejemplo es que la estimulación de la corteza auditiva no basta para generar la percepción del lenguaje hablado [3]. Los circuitos neuronales del lenguaje y de otras funciones cognitivas se distribuyen en amplias zonas del cerebro y dependen de redes complejas.

Otro contraejemplo es el siguiente. Supongamos que conectamos una fotocelda y un micrófono a dos compartimientos distintos. Ambos convertirán luz y sonido en electricidad. Sin saber qué sensor va a qué caja, no podríamos distinguir las señales solo por su ubicación. Ello indica que debe haber algo más. Un código de comparación de las señales eléctricas, tal vez en su ritmo, frecuencia o patrón, que ayude al cerebro a identificar su origen.

Aquí es donde entran en juego las neuronas multisensoriales, que son células nerviosas capaces de recibir señales de distintas modalidades y combinarlas de manera coherente. Esas neuronas permiten que el cerebro compare e interprete información visual, auditiva y táctil como parte de una misma escena.

De hecho, cuando un estímulo visual se acompaña de un sonido, reaccionamos más rápido que si ocurriera por separado. Esta integración automática entre sentidos mejora nuestra percepción y ha sido esencial para la supervivencia.

Un estudio reciente de Gao y colegas (2025) sugiere que esa integración depende de la confianza subjetiva y no de una simple suma de señales [4]. En otras palabras, el cerebro no solo fusiona datos: los interpreta con base en experiencias previas, contexto y certeza.

Tal es el caso de las llamadas neuronas concepto, que evidencian cómo el cerebro puede abstraer una idea más allá de los estímulos sensoriales concretos [5]. Estas neuronas responden a un mismo significado, incluso cuando la forma visual cambia por completo. También participan en la formación estable de los recuerdos [6]. Lo importante no es la apariencia multisensorial, sino el contenido que se construye de manera eléctrica. Como lo describió Shakespeare, una rosa seguiría teniendo el mismo aroma, aunque la llamáramos de otro modo.

*Cuando un estímulo visual se acompaña de un sonido, reaccionamos más rápido que si ocurriera por separado. Esta integración automática entre sentidos mejora nuestra percepción y ha sido esencial para la supervivencia.*

Aun así, aunque sabemos cómo viajan y se procesan las señales sensoriales, y cómo ocurre el procesamiento más abstracto de los conceptos, seguimos sin comprender por completo cómo se convierte una descarga eléctrica en una experiencia de color, aroma o emoción. Este es el llamado "problema difícil de la conciencia". No sabemos por qué una señal en la corteza visual genera la experiencia subjetiva de visión, y no de sonido o tacto. Descifrar los mecanismos fisiológicos de la experiencia subjetiva sigue siendo uno de los mayores retos de las neurociencias.

Es curioso que los dispositivos que fabricamos posean sensores que también imitan la lógica de conversión de diferentes energías en energía eléctrica. Una fotocelda convierte luz en electricidad, como lo hace la retina. Un micrófono transforma el sonido en señales eléctricas, como nuestra cóclea. Incluso se han desarrollado implantes cocleares que permiten a personas con sordera recuperar parte de su audición al estimular el nervio auditivo.

Sensores como los fotodiodos, micrófonos, cámaras infrarrojas, detectores de presión o acelerómetros están presentes en casi todo lo que usamos. Están en teléfonos celulares, automóviles, refrigeradores, equipos médicos, sistemas de vigilancia y robots; sin embargo, muchos de estos dispositivos no fusionan los diversos sensores, como lo hacen las neuronas multisensoriales.

En proyectos de autos de conducción autónoma, se empieza a utilizar la fusión de multi sensores para captar distintos tipos de energía, como radares, cámaras, sensores ultrasónicos, GPS e incluso sistemas LIDAR, que usan luz láser para construir mapas del entorno. Una marca china acaba de presentar en marzo un auto eléctrico que lanza un dron autónomo desde un compartimiento en su techo para ampliar el campo de detección sensorial visual del vehículo en movimiento.

*Es curioso que los dispositivos que fabricamos posean sensores que también imitan la lógica de conversión de diferentes energías en energía eléctrica. Una fotocelda convierte luz en electricidad, como lo hace la retina. Un micrófono transforma el sonido en señales eléctricas, como nuestra cóclea. Incluso se han desarrollado implantes cocleares que permiten a personas con sordera recuperar parte de su audición al estimular el nervio auditivo.*

El gran reto de estas tecnologías es lograr que la información de múltiples sensores se combine de manera similar a como lo hace el cerebro humano, uniendo señales de distintas fuentes para construir una percepción coherente del entorno. Es seguro que en este y en los próximos años veremos avances sorprendentes en la fusión simultánea de multi sensores con inteligencia artificial en una gama amplia de dispositivos y en los autos eléctricos.

Para cerrar, vale la pena recordar el inicio y el final del célebre poema "Árbol Adentro" de Octavio Paz [7] [8], que refleja con belleza lo que este texto ha intentado mostrar desde la ciencia:

"Creció en mi frente un árbol.  
Creció hacia dentro.  
Sus raíces son venas,  
nervios sus ramas,  
sus confusos follajes pensamientos.  
...  
Allá adentro, en mi frente,  
el árbol habla.  
Acércate, ¿lo oyes?" (Octavio Paz)

Vemos que tanto el cerebro como el auto inteligente intentan responder la misma pregunta: ¿cómo la electricidad interna nos dice qué está pasando allá afuera? Uno lo hace con poesía y neuronas de millones de años de evolución; el otro, con sensores, cables y algoritmos que lo imitan a tías, con inteligencia artificial.

Así pues, mientras la neurociencia sigue preguntándose cómo una chispa eléctrica se vuelve una sensación consciente, y los poetas nos hacen sentir la realidad sin tener que explicarla, nuestros dispositivos aprenden a ver, escuchar y reaccionar. Quizá, en ese cruce entre circuitos y neuronas que hablan un mismo lenguaje eléctrico, descubramos no solo cómo sentimos y pensamos, sino también cómo podríamos hacerlo mejor.

#### ELÍAS MANJARREZ

Profesor investigador titular, responsable del laboratorio de Neurofisiología Integrativa del Instituto de Fisiología, BUAP. Es físico de formación, con maestría en fisiología y doctorado en neurociencias. Obtuvo su doctorado en el departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias del Cinvestav.

Sus líneas de investigación están enfocadas a entender propiedades emergentes de ensamblajes neuronales en animales y humanos. Es pionero en el estudio de la resonancia estocástica interna en el cerebro, la propagación de ondas en ensamblajes neuronales espinales, la hemodinámica funcional de las emociones, así como de los mecanismos neuronales de la estimulación eléctrica transcraneal. Recibió el Premio Estatal de Ciencia y Tecnología del CONCYTEP y ha recibido el premio Cátedra Marcos Moshinsky. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel 3.



#### REFERENCIAS:

- [1] Penfield W., Boldrey E. (1937). Somatic motor and sensory representation in the cerebral cortex of man as studied by electrical stimulation. *Brain* 60 389–443.
- [2] Hiremath, S. V., Tyler-Kabara, E. C., Wheeler, J. J., Moran, D. W., Gaunt, R. A., Collinger, J. L., Foldes, S. T., Weber, D. J., Chen, W., Boninger, M. L., & Wang, W. (2017). Human perception of electrical stimulation on the surface of somatosensory cortex. *PLoS one*, 12(5), e0176020. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176020>
- [3] Hong, Y., Ryun, S., & Chung, C. K. (2024). Evoking artificial speech perception through invasive brain stimulation for brain-computer interfaces: current challenges and future perspectives. *Frontiers in neuroscience*, 18, 1428256. <https://doi.org/10.3389/fnins.2024.1428256>
- [4] Gao, Y., Xue, K., Odegaard, B., & Rahnev, D. (2025). Automatic multisensory integration follows subjective confidence rather than objective performance. *Communications psychology*, 3(1), 38. <https://doi.org/10.1038/s44271-025-00221-w>
- [5] Quian Quiroga, R., Kraskov, A., Koch, C., & Fried, I. (2009). Explicit encoding of multimodal percepts by single neurons in the human brain. *Current Biology* : CB, 19(15), 1308–1313. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.06.060>
- [6] Mackay, S., Reber, T. P., Bausch, M., Boström, J., Elger, C. E., & Mormann, F. (2024). Concept and location neurons in the human brain provide the 'what' and 'where' in memory formation. *Nature communications*, 15(1), 7926. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-52295-5>
- [7] [https://miralibro.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/04/pp116\\_17\\_octavio\\_paz\\_27.pdf](https://miralibro.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/04/pp116_17_octavio_paz_27.pdf)
- [8] Octavio Paz, *Árbol adentro*, México, Seix Barral, 1987.