



Estimulación eléctrica transcraneal: funcionamiento y usos en investigación

Klara Hemmerich^a, Fernando G. Luna^b, Juan Lupiáñez^a y Elisa Martín-Arévalo^a

^a Centro de Investigación Mente, Cerebro y Comportamiento, Universidad de Granada, España

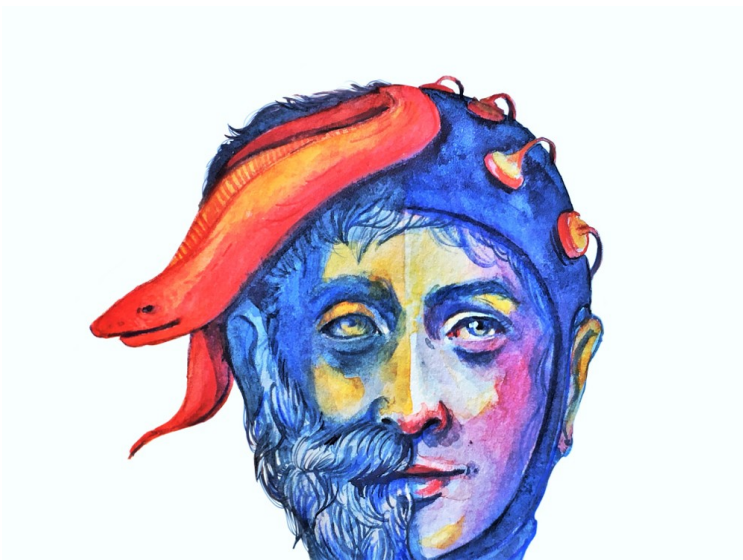
^b Instituto de Investigaciones Psicológicas (IIPsi), CONICET-UNC, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina

Tipo de artículo: Actualidad.

Disciplinas: Psicología, Neurociencias.

Etiquetas: estimulación eléctrica transcraneal, estimulación cerebral no invasiva, neuromodulación, atención, vigilancia

Existe evidencia de que en tiempos tan remotos como la antigüedad greco-romana se colocaban peces con propiedades eléctricas sobre la cabeza de personas con el fin de aliviar ciertas dolencias, como la migraña o alteraciones del estado anímico. Desde entonces el empleo de la corriente eléctrica para tratar estados patológicos o deficiencias se ha refinado progresivamente hasta el desarrollo de una técnica protocolizada, segura y eficaz, para modular el funcionamiento cerebral. Aquí abordamos los principios básicos de la estimulación eléctrica transcraneal y su uso en la modulación de procesos cognitivos tan relevantes como la atención.



(cc) Klara Hemmerich.

Desde los primeros experimentos con peces eléctricos para modificar el estado de ánimo, pasando por la terapia electroconvulsiva, las actuales técnicas de neuroestimulación mediante corriente eléctrica han adquirido un lugar prominente entre las técnicas de estimulación cerebral no invasiva (Yavari, Jamil, Mosayebi Samani, Vidor y Nitsche, 2018). La estimulación eléctrica transcraneal (tES, del inglés "transcranial Electrical Stimulation") consiste en aplicar una corriente eléctrica de baja intensidad mediante electrodos situados sobre el cuero cabelludo. La tES funciona modificando la actividad cerebral en regiones próximas a los electrodos (la

resolución espacial depende del montaje de estimulación) al modular los umbrales de activación de las células (polarización neural). Es decir, la tES no activa o impide la activación de neuronas, sino que aumenta o disminuye, respectivamente, las probabilidades de que esto ocurra. La técnica ha mostrado ser muy segura, permitiendo intervenciones con sesiones múltiples que, aparte de un efecto transitorio y directo sobre el cerebro, facilitan procesos asociativos o de aprendizaje a largo plazo (Knotkova, Nitsche, Bikson y Woods, 2019).

En cuanto al funcionamiento de la tES, cabe plantearse cómo circula la corriente para ejercer su efecto en el cerebro. En un circuito eléctrico simple (p.ej., una pila que mantiene encendida una bombilla, Figura 1.a, izquierda) la corriente se mueve circularmente entre los elementos físicos que lo componen. Cuando se aplica corriente a la cabeza (Figura 1.a, derecha), la electricidad emerge del electrodo positivo (denominado ánodo), se disipa mínimamente por el cuero cabelludo, atraviesa las diversas capas de protección que recubren el cerebro (Figura 1.b) y viaja por éste hasta salir por el electrodo negativo (cátodo). En la zona del cerebro próxima al ánodo se produce un efecto excitador, facilitando la comunicación entre las neuronas subyacentes al aumentar su probabilidad de activación. Por el contrario, en la zona próxima al cátodo se produce un efecto inhibitor, debilitando la activación de neuronas en esta región (Datta, Zhou, Su, Parra y Bikson, 2013). La Figura 1.c muestra un protocolo de estimulación concreto (empleado por Luna y col., 2020) sobre la región

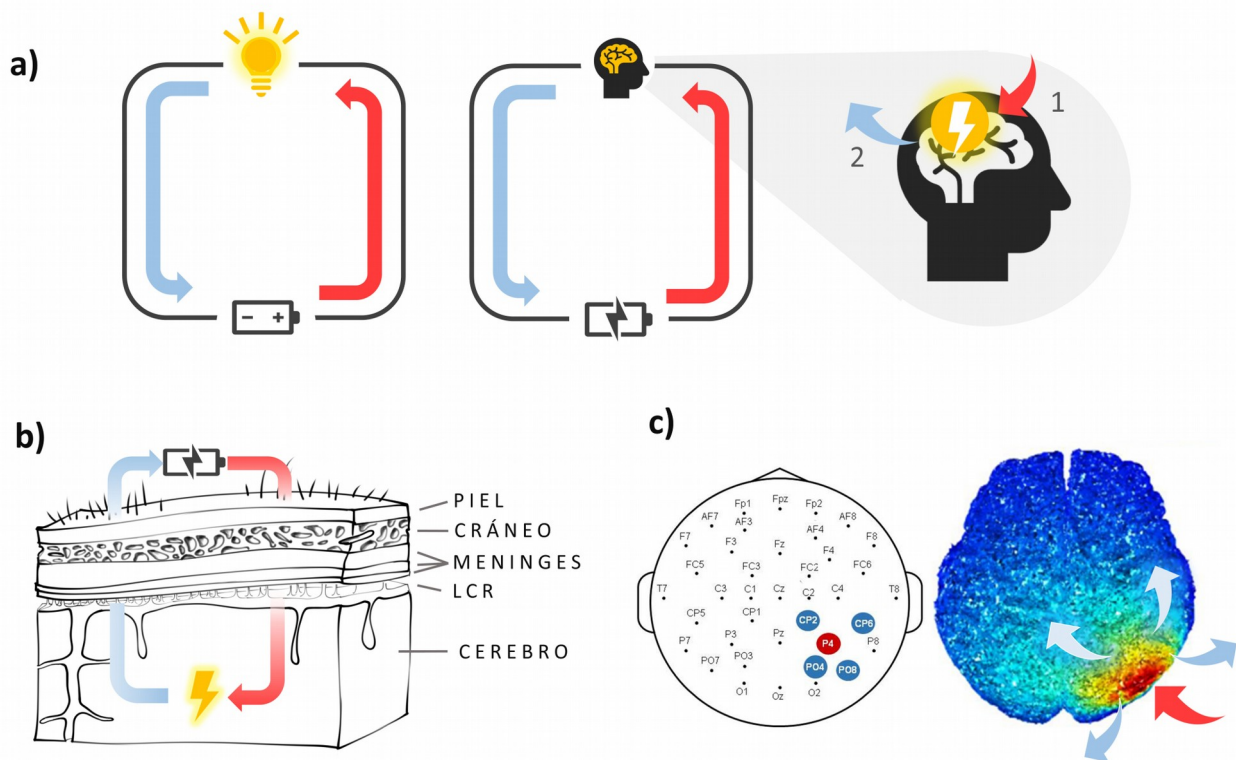


Figura 1.- a) Circuito eléctrico simple con una pila y una bombilla (izquierda), en comparación con el circuito de tES con el estimulador (equivalente a la pila) donde la corriente entra en el punto 1 del cerebro y sale por en el punto 2, retornando al estimulador. b) Capas protectoras del cerebro que la electricidad ha de atravesar para llegar al mismo (LCR: líquido cefalorraquídeo). c) Representación del montaje de estimulación de alta definición en la región parietal posterior derecha empleado por Luna y col. (2020), mostrando los electrodos de entrada (rojo) y salida (azul) de la corriente a la izquierda. A la derecha se muestra el patrón de difusión de la corriente eléctrica resultante de este protocolo, donde los colores más cálidos representan corriente positiva, mientras que los colores más fríos, corriente negativa. Aquí, la región activada por la entrada de corriente (bajo la flecha roja), se restringe a un área muy específica al tener los electrodos de salida (flechas azules) posicionados cercana y circularmente alrededor de este.

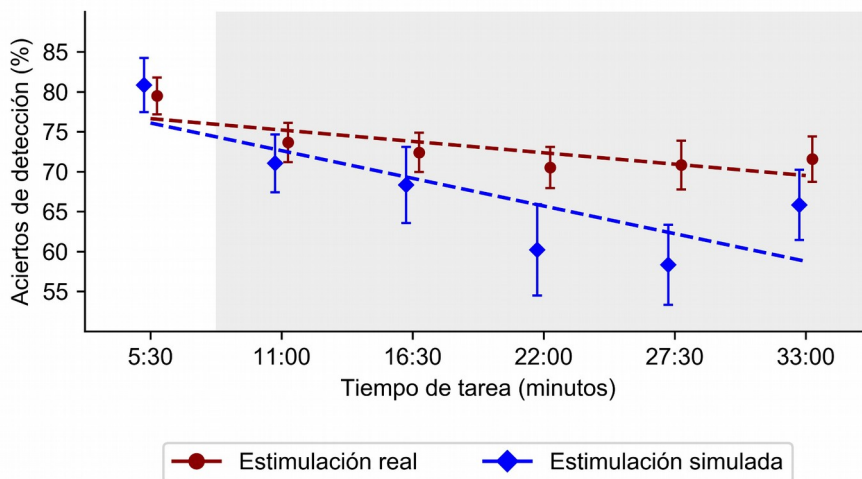


Figura 2.- Modulación de tES directa anódica sobre la detección de señales inusuales en una tarea de aproximadamente 33 minutos. La estimulación simulada permite evaluar los efectos reales de la tES al emplear el mismo montaje de electrodos que en la condición de estimulación real, pero únicamente aplicando corriente eléctrica durante 30 segundos al inicio y fin del protocolo, enmascarando así para las/os participantes a qué grupo pertenecen. Aquí, partiendo de un rendimiento inicial similar en ambos grupos, durante el período de estimulación (rectángulo gris), el rendimiento en el grupo de estimulación simulada disminuyó progresivamente, mientras que se mantuvo constante en el grupo de estimulación real. Figura adaptada de Luna y col. (2020).

parietal posterior (izquierda) y la región del cerebro susceptible de ser modulada a raíz de la estimulación (derecha).

Habiendo explicado brevemente el funcionamiento de la tES, también cabe plantearse cómo y cuándo aplicarla eficazmente. Con respecto al cómo, además de ajustar la intensidad (hasta 2.5 miliamperios) y duración (10-40 minutos), han de posicionarse los electrodos considerando el efecto deseado (excitador o inhibitor), la localización anatómica de la función a modular (Fregni y col., 2015), y la resolución espacial del montaje de estimulación. La combinación de estos parámetros determina el efecto de la tES. Además, en relación

al cuándo, parece que lo más eficaz es aplicar la estimulación mientras se realiza una tarea que implique el área estimulada. Así, se reforzarían (próximo al ánodo) o debilitarían (próximo al cátodo) de manera específica las conexiones activas en las áreas de interés (Knotkova y col., 2019).

En cuanto a la aplicabilidad de la tES, se sabe que esta permite modular diversas funciones cognitivas, entre ellas la atención (Coffman, Clark y Parasuraman, 2014). Para ilustrar cómo se puede usar la estimulación con este fin, ponemos como ejemplo una aplicación de tES para modular la vigilancia, un subproceso atencional. La vigilancia, entendida como el mantenimiento de un estado de preparación para responder a estímulos infrecuentes pero relevantes del entorno a lo largo del tiempo, se ejerce en ciertos trabajos (p.ej., el control aéreo) y en contextos cotidianos (p.ej., conducción a larga distancia). Evaluando esta capacidad mediante tareas de laboratorio, con el tiempo se observa una caída del rendimiento, denominada decremento en vigilancia, que puede tener graves consecuencias en entornos laborales o dificultar la interacción con el entorno en poblaciones clínicas (p.ej., personas con un daño cerebral adquirido y/o déficits atencionales). El funcionamiento de la vigilancia se asocia a una red de estructuras y patrones de actividad fronto-parietal predominantemente del hemisferio derecho (Luna, Marino, Macbeth y Lupiáñez, 2016; <http://www.cienciacognitiva.org/?p=1165>). Así, para mitigar el decremento en vigilancia, podría emplearse tES con un fin excitador, posicionando el ánodo en estas regiones durante la realización prolongada de una tarea. En un estudio reciente (véase la Figura 2), la aplicación de tES sobre áreas fronto-parietales del hemisferio derecho mitigó el decremento en la detección correcta de señales inusuales, comparado con un grupo de estimulación simulada (véase Luna y col., 2020, para más detalle).

Estos prometedores resultados, sumados a muchos otros en áreas de aplicación como la afasia o la heminegligencia espacial (Cappon, Jahanshahi y Bisiacchi, 2016), junto con su alta seguridad, asequibilidad y portabilidad, sugieren que las incógnitas que aún existen sobre el funcionamiento de la tES, tales como la variabilidad y/o duración del efecto (Filmer, Mattingley y Dux, 2020), no deberían obstaculizar su investigación. Futuros estudios deberían centrarse en nutrir con evidencia intervenciones de tES, a la par que arrojar luz sobre dichas incógnitas.

Referencias

- Cappon, D., Jahanshahi, M., Bisiacchi, P. (2016). Value and efficacy of transcranial direct current stimulation in the cognitive rehabilitation: A critical review since 2000. *Frontiers in Neuroscience*, 10, 157.
- Coffman, B. A., Clark, V. P., y Parasuraman, R. (2014). Battery powered thought: Enhancement of attention, learning, and memory in healthy adults using transcranial direct current stimulation. *NeuroImage*, 85, 895–908.
- Datta, A., Zhou, X., Su, Y., Parra, L. C., y Bikson, M. (2013). Validation of finite element model of transcranial electrical stimulation using scalp potentials: Implications for clinical dose. *Journal of Neural Engineering*, 10(3).
- Filmer, H. L., Mattingley, J. B., y Dux, P. E. (2020). Modulating brain activity and behaviour with tDCS: Rumours of its death have been greatly exaggerated. *Cortex*, 123, 141–151.
- Fregni, F., Nitsche, M. A., Loo, C. K., Brunoni, A. R., Marangolo, P., Leite, J., Carvalho, S., Bolognini, N., Caumo, W., Paik, N. J., Simis, M., Ueda, K., Ekhtiari, H., Luu, P., Tucker, D. M., Tyler, W. J., Brunelin, J., Datta, A., Juan, C. H., ... y Bikson, M. (2015). Regulatory considerations for the clinical and research use of transcranial direct current stimulation (tDCS): Review and recommendations from an expert panel. *Clinical Research and Regulatory Affairs*, 32, 22–35.
- Knotkova, H., Nitsche, M. A., Bikson, M., y Woods, A. J. (2019). *Practical Guide to Transcranial Direct Current Stimulation*. Springer.
- Luna, F. G., Román-Caballero, R., Barttfeld, P., Lupiáñez, J., y Martín-Arévalo, E. (2020). A High-Definition tDCS and EEG study on attention and vigilance: Brain stimulation mitigates the executive but not the arousal vigilance decrement. *Neuropsychologia*, 142, 107447.
- Yavari, F., Jamil, A., Mosayebi Samani, M., Vidor, L. P., y Nitsche, M. A. (2018). Basic and functional effects of transcranial Electrical Stimulation (tES)—An introduction. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 85, 81–92.

Manuscrito recibido el 23 de julio de 2020.

Aceptado el 14 de octubre de 2020.