

# Estimulación eléctrica transcraneal por corriente directa (tDCS): una revisión bibliográfica

SALMA ÁVILA GÓMEZ • Estudiante del Programa de Médico Cirujano de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ). ORCID: 0000-0002-4790-4977.

MARISA MORALES CÁRDENAS • Médico psiquiatra en el Centro Médico de Especialidades de Ciudad Juárez. Médico adscrito al Departamento de Medicina Interna del Hospital General de Zona número 35 del Instituto Mexicano del Seguro Social en Ciudad Juárez, Chihuahua. Docente titular de Nosología Psiquiátrica en el Programa de Médico Cirujano de la UACJ. ORCID: 0000-0002-2435-8387.

## Resumen

La estimulación eléctrica transcraneal por corriente directa (tDCS) es una herramienta esperanzadora para psiquiatras y neurólogos en su pesquisa para el tratamiento efectivo de trastornos neuropsiquiátricos. Los métodos de estimulación eléctrica no son algo de este siglo. Desde la época de las antiguas civilizaciones hasta nuestros días, se han venido estudiando. La terapia tiene como objetivo modular directamente los potenciales de reposo neuronal y así alterar el estado de excitabilidad, es decir, la probabilidad de que la actividad aferente de una amplitud específica resulte en la generación de un potencial de acción. En psiquiatría, el tratamiento farmacológico sigue siendo la primera opción hasta la fecha. La tDCS se ha introducido recientemente como tratamiento adyuvante, especialmente para pacientes en periodo refractario o con resistencia al tratamiento. Las primeras aplicaciones de la tDCS, se enfocaron en la depresión y luego se extendieron a ansiedad, esquizofrenia, adicciones y trastorno obsesivo-compulsivo (TOC).

**Palabras clave:** estimulación eléctrica; neuropsiquiatría; depresión; ansiedad.

## Abstract

Transcranial Direct Current Electrical Stimulation (tDCS) is a hopeful tool for psychiatrists and neurologists in their research for the effective treatment of neuropsychiatric disorders. Methods of electrical stimulation are not something of this century. From the time of ancient civilizations to the present day they have been studied. The therapy aims to directly modulate the potentials of neuronal rest and thus alter the state of excitability, that is, the probability that the afferent activity of a specific amplitude will result in the generation of an action potential. In psychiatry, drug treatment remains the first option to date. tDCS has recently been introduced as an adjuvant treatment, especially for patients in refractory periods or with resistance to treatment. Early applications of tDCS focused on depression, then spread to anxiety, schizophrenia, addictions, and obsessive-compulsive disorder (OCD).

**Keywords:** electric stimulation; neuropsychiatry; depression; anxiety.

## INTRODUCCIÓN

La estimulación eléctrica transcraneal por corriente directa (tDCS) es una herramienta esperanzadora para psiquiatras y neurólogos en su pesquisa para el tratamiento efectivo de trastornos neuropsiquiátricos. Los métodos de estimulación eléctrica no son algo de este siglo. Se tienen registros de su uso con animales productores de electricidad en el antiguo Egipto. Platón y Aristóteles describieron los efectos curativos de las descargas eléctricas del pez torpedo en Grecia. La primera evidencia de la estimulación eléctrica transcraneal data del Imperio Romano, en donde el médico del emperador Tiberius colocó un pez torpedo en el cuero cabelludo de uno de sus pacientes, aliviándole así el dolor de cabeza [1].

No obstante, fue hasta el siglo XVIII en el que Giovanni Aldini comenzó a aplicar una corriente eléctrica directa con fines terapéuticos utilizando la batería galvánica que desarrolló su tío, Luigi Galvani. El caso más detallado de Aldini es sobre un joven de veintisiete años, llamado Luigi Lanzarini, quien padecía lo que en aquel tiempo nombraron “locura melancólica” y que actualmente se refiere al trastorno depresivo mayor. Aldini hizo varias descargas con la batería galvánica en la cabeza de Lanzarini, quien tiempo después referiría sentirse sano [2].

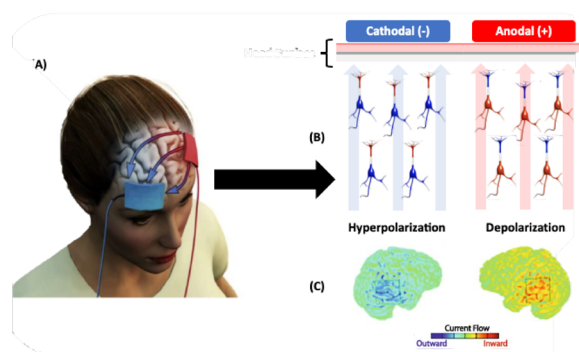
Los estudios sobre estimulación por corriente directa fueron abandonados alrededor de 1930 y no fue hasta 1998 cuando se retomaron y surgiría la tDCS. Priori y sus colegas investigaron los efectos de la estimulación sobre la excitabilidad de la corteza cerebral [3].

Todos los dispositivos de tDCS incluyen un estimulador controlado por corriente, alimentado por una batería que genera una onda de estimulación: una corriente sostenida de miliamperes (mA) por decenas de minutos, que se aplica a través de ca-

bles llamados electrodos. Todos los dispositivos de la tDCS tienen, al menos, dos electrodos y, al menos, un electrodo se conecta al cuero cabelludo. En un electrodo anódico, la corriente entra al cuerpo, y en un electrodo catódico, esta sale del cuerpo. Siempre debe haber, al menos, un ánodo y un cátodo, para que un dispositivo de tDCS funcione correctamente.

La terapia tiene como objetivo modular directamente los potenciales de reposo neuronal y así alterar el estado de excitabilidad, es decir, la probabilidad de que la actividad aferente de una amplitud específica resulte en la generación de un potencial de acción. Existe evidencia a nivel de todo el cerebro que muestra que la tDCS induce cambios en la excitabilidad y la actividad cortical (figura 1). Por ejemplo, usando la corteza motora (M1) como modelo, el ánodo está sobre la región M1 y la tDCS promueve la excitabilidad y la actividad neuronal, mientras que cuando el cátodo está sobre la región M1, este reduce la actividad espontánea y la excitabilidad neuronal [4].

FIGURA 1. A) Mecanismo de trabajo inducido por la tDCS con los electrodos colocados sobre la DLPFC. B) El electrodo catódico (azul) muestra hiperpolarización neuronal. El electrodo anódico (rojo) muestra despolarización neuronal. C) El rango de color del modelo computacional muestra del lado izquierdo (azul), la inhibición de la actividad neuronal inducida por la corriente catódica, mientras que en el lado derecho (rojo) se observa el aumento en la actividad neuronal inducido por la corriente anódica



FUENTE: tomada y adaptada de Machado *et al.* (2021).



En psiquiatría, el tratamiento farmacológico sigue siendo la primera opción hasta la fecha. La tDCS se ha introducido recientemente como tratamiento adyuvante, especialmente para pacientes en periodo refractario o con resistencia al tratamiento. Las primeras aplicaciones de la tDCS, se enfocaron en depresión y luego se extendieron a ansiedad, esquizofrenia, adicciones y trastorno obsesivo-compulsivo (TOC).

### *tDCS y depresión*

El tratamiento de la tDCS para la depresión, se puede rastrear hasta 1960. Estudios de resonancia magnética muestran una conectividad aberrante en el sistema fronto-límbico; de ahí que la tDCS se coloque en la corteza prefrontal dorsolateral (DLPFC). La tDCS mejoró el sesgo patológico de atención con predisposición emocional durante las tareas de memoria de trabajo en pacientes con depresión [4]. El aumento en la intensidad de la estimulación a 2 mA para un máximo de quince sesiones dio lugar a efectos clínicos estables que duraron hasta un mes después de la tDCS, como se muestra en otros dos estudios doble ciego controlados por placebo. La eficacia de la tDCS en estos estudios fue similar al tratamiento con 20 mg de Fluoxetina, pero evolucionó antes de la intervención farmacológica [5].

### *tDCS y esquizofrenia*

La esquizofrenia es un desorden mental caracterizado por la disfunción de la percepción de la realidad, emoción y cognición. Las manifestaciones clínicas pueden ser positivas, como las alucinaciones, o negativas, como el aplanamiento afectivo o la anhedonia, entre otros síntomas, los cuales se asocian a severas desregulaciones en la transmisión y neuromodulación, teniendo como consecuencia alteraciones de la actividad cortical y la plasticidad.

La aplicación clínica de la tDCS en la esquizofrenia, inhibiendo la actividad de la corteza temporo-parietal izquierda (TPC) para reducir las alucinaciones auditivas, es uno de los objetivos principales de

los estudios terapéuticos. Brunelin y colaboradores [6] utilizaron la tDCS para mejorar las alucinaciones auditivas verbales, además de los síntomas negativos con estimulación bipolar en un estudio doble ciego controlado por placebo. Aplicaron tDCS en pacientes con esquizofrenia, de los cuales se mejoró la excitabilidad de la DLPFC izquierda con estimulación anódica, mientras que se apuntó a reducir la actividad de la TPC con estimulación catódica con tDCS a 2 mA por veinte minutos dos veces al día durante cinco días consecutivos. Los resultados describen una reducción de las alucinaciones auditivas, junto a la reducción de los síntomas negativos por la tDCS activa versus el placebo. Se describe que el efecto duró alrededor de tres meses después del tratamiento.

### *tDCS y adicciones*

El abuso de sustancias continúa siendo difícil de tratar y las tasas de recaídas son altas. Las adicciones se relacionan con un reforzamiento anormal del circuito de recompensa del cerebro, y la red de la corteza prefrontal, incluyendo la DLPFC, juega un papel importante en el control inhibitorio. La tDCS puede modificar la toma de decisiones que comparte mecanismo con los impulsos en las adicciones [7].

Jeong y colaboradores [8] utilizaron la tDCS para tratar a un grupo de siete adultos considerados “altamente” jugadores *online*. Todos recibieron doce sesiones de estimulación eléctrica transcraneal en la DLPFC. Los resultados mostraron que la tDCS podría reducir los síntomas de adicción al juego *online*, al modular la actividad de la corteza prefrontal.

Nakamura-Palacios y colaboradores [9] utilizaron la tDCS aplicada en la DLPFC, pero su efecto se reflejó en la corteza prefrontal ventromedial como objetivo a tratar en pacientes adictos al alcohol, *crack* y cocaína. Concluyeron que la estimulación eléctrica transcraneal podría haber ayudado en el contexto de la dependencia, incrementando la actividad de la corteza prefrontal ventromedial y aumentando el autocontrol, y por consiguiente la toma de decisiones.

### *tDCS y ansiedad*

Los desórdenes de ansiedad, incluyendo el TOC y el trastorno de ansiedad generalizada (TAG), representan otra gran categoría de desórdenes psiquiátricos. Estudios de neuroimagen han revelado patrones anormales a niveles corticales y subcorticales, así como una conectividad funcional en pacientes con TOC. La disfunción del núcleo estriado, mayormente en el núcleo caudado, se cree que es el resultado de una insuficiencia del tálamo y una hiperactividad de las cortezas orbitofrontal (OFC) y cingulada anterior, resultando en pensamientos intrusivos y ansiedad [10].

El TOC se asocia a hiperactividad anormal en la red de la corteza orbitofrontal-subcortical, incluyendo la DLPFC, la OFC, el giro cingulado anterior, el área motora suplementaria (SMA) y los ganglios basales, según estudios de neuroimagen [10].

En un estudio de caso, la tDCS catódica sobre la OFC izquierda con el ánodo sobre la región occipital derecha, se aplicó dos veces al día durante cinco días y los resultados fueron una reducción en los síntomas del TOC [11].

Respecto al trastorno de ansiedad generalizada, la tDCS mostró ser efectiva en un caso de terapia catódica sobre la DLPFC derecha y el ánodo sobre el del-

toides izquierdo, corriente de 2 mA, durante treinta minutos diariamente por tres semanas. Esta mejoría duró, al menos, un mes posterior al término de las sesiones [12].

## CONCLUSIONES

La tDCS es una técnica de estimulación cerebral no invasiva, de gama o costo medio, y es una alternativa no-farmacológica para el tratamiento de padecimientos neuropsiquiátricos. Puede utilizarse como tratamiento único o en conjunto con el esquema farmacológico establecido por el profesional de la salud y fungir como potenciador del mismo. Su uso ha sido bien fundamentado con neuroimagen funcional, por lo que su efectividad no queda en entredicho.

## REFERENCIAS

- [1] Sarmiento, C. I., San-Juan, D., & Prasath, V. B. S. Letter to the Editor: Brief History of Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS): From Electric Fish to Microcontrollers. *Psychol. Med.*, 2016; 46(15): 3259-3261. [https://doi.org/10.1017/S0033291716001926](https://www.cambridge.org/core/journals/psychological-medicine/article/letter-to-the-editor-brief-history-of-transcranial-direct-current-stimulation-tdcs-from-electric-fishes-to-microcontrollers/1CD5B0B62B4A6F5AD7634C6B22201D6E)
- [2] Fitzgerald, P. B. Transcranial Pulsed Current Stimulation: A New Way Forward? *Clin. Neurophysiol.*, 2014; 125(2): 217-219. [https://doi.org/10.1016/j.clinph.2013.10.009](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1388245713011309?via=ihub)
- [3] Brunoni, A. R., Nitsche, M. A., Bolognini, N. *et al.* Clinical Research with Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS): Challenges and Future Directions. *Brain Stimul.*, 2012; 5(3): 175-195. [https://doi.org/10.1016/j.brs.2011.03.002](https://www.brainstimjrn.com/article/S1935-861X(11)00026-X/fulltext)
- [4] Stagg, C. J., Antal, A., & Nitsche, M. Physiology of Transcranial Direct Current Stimulation. *J. ECT*, 2018 [cited: 2021, Sep. 16<sup>th</sup>]; 34(3): 144-152. [https://doi.org/10.1097/YCT.0000000000000510](https://journals.lww.com/ectjournal/Abstract/2018/09000/Physiology_of_Transcranial_Direct_Current.3.aspx)
- [5] Brunoni, A. R., Ferrucci, R., Bortolomasi, M. *et al.* Interactions between Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) and Pharmacological Interventions in the Major Depressive Episode: Findings from a Naturalistic Study. *Europ. Psych.*, 2013; 28(6): 356-361. [https://doi.org/10.1016/j.eurpsy.2012.09.001](https://www.cambridge.org/core/journals/european-psychiatry/article/abs/interactions-between-transcranial-direct-current-stimulation-tdcs-and-pharmacological-interventions-in-the-major-depressive-episode-findings-from-a-naturalistic-study/84B57DF095AB681B917487B667ACD82A)
- [6] Brunelin, J., Mondino, M., Gassab, L. *et al.* Examining Transcranial Direct-Current Stimulation (tDCS) as a Treatment for Hallucinations in Schizophrenia. *Am. J. Psych.*, 2012; 169(7): 719-724. [https://doi.org/10.1176/appi.ajp.2012.11071091](https://ajp.psychiatryonline.org/doi/10.1176/appi.ajp.2012.11071091?url_ver=Z39.88-2003&rft_id=ori%3Arid%3Acrossref.org&rft_dat=crpub++0pubmed&)
- [7] Boggio, P. S., Campanhã, C., Valasek, C. A., Fecteau, S., Pascual-Leone, A., & Fregni, F. Modulation of Decision-making in a Gambling Task in Older Adults with Transcranial Direct Current Stimulation. *Europ. J. Neurosci.*, 2010; 31(3): 593-597. [https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2010.07080.x](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1460-9568.2010.07080.x)
- [8] Jeong, H., Oh, J. K., Choi, E. K. *et al.* Effects of Transcranial Direct Current Stimulation on Addictive Behavior and Brain Glucose Metabolism in Problematic Online Gamers. *J. Behav. Addict.*, 2021; 9(4): 1011-1021. [https://doi.org/10.1556/2006.2020.00092](https://akjournals.com/view/journals/2006/9/4/article-p1011.xml)
- [9] Nakamura-Palacios, E. M., Coutinho Lopes, I. B., Albuquerque Souza, R. *et al.* Ventral Medial Prefrontal Cortex (VMPFC) as a Target of the Dorsolateral Prefrontal Modulation by Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) in Drug Addiction. *J. Neural Transm.*, 2016; 123(10): 1179-1194. [https://doi.org/10.1007/s00702-016-1559-9](https://link.springer.com/article/10.1007/s00702-016-1559-9)
- [10] Del Casale, A., Kotzalidis, G. D., Rapinesi, C. *et al.* Functional Neuroimaging in Obsessive-compulsive Disorder. *Neuropsychobiology*, 2011 [cited: 2021, Sep 16<sup>th</sup>]; 64(2): 61-85. [https://doi.org/10.1159/000325223](https://www.karger.com/Article/Abstract/325223)
- [11] Mondino, M., Haesebaert, F., Poulet, E., Saoud, M., & Brunelin, J. Efficacy of Cathodal Transcranial Direct Current Stimulation over the Left Orbitofrontal Cortex in a Patient with Treatment-resistant Obsessive-compulsive Disorder. *J. ECT*, 2015; 31(4): 271-272. [https://doi.org/10.1097/YCT.0000000000000021](https://journals.lww.com/ectjournal/Abstract/2015/12000/Efficacy_of_Cathodal_Transcranial_Direct_Current.15.aspx)
- [12] Shiozawa, P., Pereira G. Leiva, A., Dornfeld C. Castro, C. *et al.* Transcranial Direct Current Stimulation for Generalized Anxiety Disorder: A Case Study. *Biol. Psych.*, 2014 [cited: 2021, Sep 16<sup>th</sup>]; 75(11): e17-e18. [https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2013.07.014](https://www.biologicalpsychiatryjournal.com/article/S0006-3223(13)00643-4/fulltext)
- [13] Machado, S., Travassos, B., Teixeira, D. S., Rodrigues, F., Cid, L., & Monteiro, D. Could tDCS Be a Potential Performance-Enhancing Tool for Acute Neurocognitive Modulation in eSports? A Perspective Review. *Int. J. Environ. Res. Pub. Health*, 2021; 18(7): 3678. [https://doi.org/10.3390/ijerph18073678](https://www.mdpi.com/1660-4601/18/7/3678#cite)