

EFFECTOS NEUROPLÁSTICOS A NIVEL MOTOR Y COGNITIVO DE LA APLICACIÓN DE LA CORRIENTE DIRECTA TRANSCRANEAL EN PERSONAS CON ALTERACIONES NEUROLÓGICAS

FACULTAD DE MEDICINA, SALUD Y DEPORTE



Realizado por: Ángela Sánchez Rubio

Año Académico: 2024-2025

Tutor/a: Ismael Sanz Esteban

Área: Revisión Sistemática

RESUMEN

Antecedentes: Las alteraciones neurológicas son una de las principales causas de discapacidad en la actualidad. La terapia por corriente directa transcraneal es una herramienta novedosa aplicada en la rehabilitación en pacientes a nivel cognitivo y motor. Debido a la evidencia científica existente, deben ser investigadas como terapias complementarias a la terapia física.

Objetivo: El objetivo de esta revisión sistemática es evaluar la eficacia de la aplicación de la corriente directa transcraneal (tDCS) sobre los efectos neuroplásticos a nivel motor y cognitivo en las personas con alteraciones neurológicas.

Metodología: Se realizó una búsqueda bibliográfica exhaustiva en las bases de datos Medline Complete, Rehabilitation and Sports Medicine Source, SPORTDiscus, PubMed y Google Scholar. Los estudios se ciñen a los publicados entre los años 2010 hasta 2024, publicados en inglés.

Resultados: La revisión se conformó por 7 artículos que cumplieron los requisitos de inclusión. Se determinó la calidad metodológica a través de la escala *PEDro*, obteniendo puntuaciones entre 6-10 puntos. Se encontraron resultados significativos en los efectos motores y cognitivos, obteniendo correlación significativa con la tDCS y la neuroplasticidad.

Conclusiones: La corriente directa transcraneal constituye alternativas complementarias a la terapia convencional para mejorar la neuroplasticidad a nivel motor y cognitivo.

Palabras clave: *tDCS, transcranial direct current simulation, plasticity, neurological disorders, stroke, EEG, fMRI, neuroplasticity*

ABSTRACT

Background: Neurological disorders are one of the leading causes of disability today. Transcranial direct current stimulation is a novel tool used in the rehabilitation of patients at the cognitive and motor level. Given the existing scientific evidence, it should be investigated as a complementary therapy to physical therapy.

Objective: The objective of this systematic review is to evaluate the efficacy of transcranial direct current (tDCS) on neuroplastic effects at the motor and cognitive level in people with neurological disorders.

Methods: A comprehensive literature search was conducted in the databases Medline Complete, Rehabilitation and Sports Medicine Source, SPORTDiscus, PubMed and Google Scholar. The studies were limited to those published between 2010 and 2024, published in english.

Results: The review consisted of 7 articles that met the inclusion requirements. Methodological quality was determined through the *PEDro* scale, obtaining scores between 6-10 points. Significant results were found for motor and cognitive effects, obtaining significant correlation with tDCS and neuroplasticity.

Conclusion: Transcranial direct current stimulation is a complementary alternative to conventional therapy for improving motor and cognitive neuroplasticity.

Keywords: *tDCS, transcranial direct current simulation, plasticity, neurological disorders, stroke, EEG, fMRI, neuroplasticity*

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

a-tDCS: tDCS anódica

ANCOVA: Analysis of covariance

b-tDCS: tDCS bilateral BCI

c-tDCS: tDCS catódica

CIMT: Constraint-Induced Movement Therapy

ECA: Ensayo Clínico Aleatorizado

EEG: Electroencefalograma

EMG: Electromiograma

EMT: Estimulación Magnética Transcraneal

EPTE: Electrólisis Percutánea Terapéutica

FMA: Fugl-Meyer Assessment

fMRI: Functional Magnetic Resonance Imaging

GC: Grupo Control

GE: Grupo Experimental

JTT: Jebsen-Taylor Test

M1: Motoneurona Primaria

MEP: Motor Evoked Potential

MS: Miembro Superior

NIBS: Non-Invasive Brain Stimulation

NMP: Neuromodulación Percutánea

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible

PRISMA: Preferred Reporting Items for
Systematic Reviews and Meta-Analyses

qEEG: Quantitative Electroencephalogram

RM: Resonancia Magnética

RMF: Resonancia Magnética Funcional

s-tDCS: tDCS simulada

TCE: Traumatismo Craneoencefálico

tDCS: Estimulación Transcraneal por Corriente
Directa

UE-FM: Upper Extremity Fugl-Meyer

WMFT: Wolf Motor Function Test

WCST: Wisconsin Card Sorting Test

Índice

1. Introducción	7
2. Objetivos	9
3. Metodología	10
3.1 Diseño de estudio	10
3.2 Estrategia de búsqueda	10
3.2.1 Bases de datos	10
3.3 Criterios de inclusión	11
3.4 Criterios de exclusión	11
3.5 Extracción estandarizada de los datos	11
4. Resultados	12
4.1 Diagrama de flujo	12
4.2 Evaluación de la calidad de los estudios	13
4.3 Cuadro resumen de los artículos incluidos	15
5. Discusión	20
6. Futuras líneas de investigación	24
7. Objetivos de desarrollo sostenible	25
8. Conclusión	26
9. Referencias bibliográficas	27
10. Anexos	30
Anexo 1. Guía PRISMA.	30

Índice de Figuras

Figura 1. Diagrama de Flujo.....13

Índice de Tablas

Tabla 1. Evaluación de calidad14

Tabla 2. Cuadro de resultados.....16

Tabla 3. Guía PRISMA.....31

1. Introducción

Los desórdenes neurológicos y sus efectos secundarios son una de las principales causas de discapacidad, que afectan a la calidad de vida de la población mundial adulta (Afsharian et al., 2024; Chmiel et al., 2025). Los ictus y los traumatismos craneoencefálicos (TCE) son algunas de las afectaciones neurológicas más comunes. Entre el 15% y el 30% de la población se mantiene un deterioro causado por estas patologías a pesar de la rehabilitación, y solo menos del 15% consiguen con éxito una recuperación absoluta del miembro superior (MS) a pesar de su complejidad (Chew et al., 2020; Hordacre et al., 2018).

Por una parte, el deterioro cognitivo que provocan estas patologías afectan a las funciones ejecutivas, sobre todo a la flexibilidad cognitiva (Afsharian et al., 2024). Dentro de los efectos secundarios cognitivos, la afasia es el principal de todos ellos, afectando al lenguaje y la comprensión (Baker et al., 2010).

El deterioro motor repercute en la ejecución de las actividades de la vida diaria, siendo la consecuencia más común que presentan los pacientes es la hemiparesia del miembro superior (Garrido et al., 2023; Wang et al., 2024).

Las alteraciones neurológicas citadas, tienen cambios estructurales en el cerebro y según los recientes estudios se necesita un programa de rehabilitación que mejore los síntomas. La plasticidad es la capacidad del cerebro de reorganizarse y adaptarse a través de la creación de nuevas conexiones neuronales (Hordacre et al., 2018; Beaulieu et al., 2019). En las alteraciones neurológicas se produce una interrupción de estas vías neuronales y de su conectividad en múltiples localizaciones de la corteza cerebral, en consecuencia causando el deterioro motor y cognitivo. La plasticidad cerebral y la neurogénesis son esenciales para la recuperación post-ictus y tratamientos neurológicos (Chew et al., 2020; Hordacre et al., 2018).

Las terapias tradicionales y la farmacología no están generando los efectos de neurorehabilitación que se esperan para la recuperación a niveles neuroplásticos, generando daños permanentes a nivel cognitivo y motor. Se plantea una alternativa de neuromodulación dentro del grupo de técnicas de estimulación no invasiva del cerebro (del inglés NIBS): la estimulación transcraneal por corriente directa (tDCS), ya que tiene potencial para mejorar la neuroplasticidad y por ende la recuperación terapéutica (Afsharian et al., 2024).

La tDCS tiene dos principios fundamentales: reducir la alteración del equilibrio interhemisférico y mejorar la neuroplasticidad. Se puede aplicar de numerosos modos; en caso de un enfoque bihemisférico se busca aumentar y disminuir la excitabilidad de un lado y de otro (Garrido et al., 2023; Bornheim et al., 2020), aumentando la excitabilidad ipsilesional o disminuyendo la excitabilidad contralesional por medio de la estimulación de la motoneurona primaria (M1); otro modo, consiste en usar bandas de ondas con frecuencias estimulando la excitabilidad de las conexiones, como las bandas alfa, beta y theta alta (Hordacre et al., 2018). La frecuencia beta se asocia a la función motora, obteniendo un gran aumento de la excitabilidad después del tratamiento. La conectividad funcional de la banda alfa induce la plasticidad y las frecuencias theta tienen un gran potencial para futuros estudios (Hordacre et al., 2018; Wang et al., 2024). Esta técnica es prometedora, si se tienen en cuenta los principios de plasticidad de la zona afectada y su actividad, la tDCS puede modular la conectividad del cerebro adaptándose al funcionamiento de la patología y su evolución (Hordacre et al., 2018).

Chew et al. (2020) habla de la inhibición interhemisférica y su reorganización, este proceso fisiopatológico consiste en que la toma de control de todas las funciones depende del hemisferio del lado sano, y este inhibe en exceso al hemisferio del lado dañado. Una buena rehabilitación de esta inhibición puede disminuir e igualar la actividad en ambos hemisferios.

A pesar de existir evidencia sobre las NIBS los resultados muestran mucha variabilidad interindividual entre pacientes, lo que conlleva que podría usarse por

el momento como terapia complementaria, no como principal. Se han encontrado evidencias positivas relacionadas con las NIBS en pacientes sanos porque tienen mayor conectividad cerebral, en cambio los pacientes con desórdenes neurológicos obtienen respuestas muy variables frente a una activación bilateral de la conectividad, debido a su alteración patológica. Al final, todo está relacionado con la conectividad. Para hacer de esta terapia una terapia eficiente, hay que aprovechar las redes neuronales sanas y potenciarlas, profundizando más en el ámbito de la conectividad en los estudios venideros (Hordacre et al., 2018).

2. Objetivos

Objetivo Principal

Evaluar la eficacia de la aplicación de la corriente directa transcraneal (tDCS) sobre los efectos neuroplásticos a nivel motor y cognitivo en las personas con alteraciones neurológicas.

Objetivos Específicos

- Analizar la electroencefalografía (EEG) para observar la actividad cortical y los cambios neuroplásticos pre-tratamiento y post-tratamiento.
- Analizar la resonancia magnética funcional (RMF) para observar la existencia de mejoras en la funcionalidad cerebral pre-tratamiento y post-tratamiento.
- Evaluar si la funcionalidad del miembro superior (MS) tiene mejoras significativas.
- Determinar la existencia de cambios objetivables con las escalas de valoración cognitivas.
- Analizar si esta terapia tiene efectos en la calidad de vida y las actividades de la vida diaria.
- Determinar si esta terapia puede convertirse en un recurso principal en rehabilitación de pacientes con alteraciones neurológicas.

3. Metodología

¿Qué efectos producen en la neuroplasticidad a nivel motor y cognitivo la aplicación de la corriente directa transcraneal en personas con alteraciones neurológicas?

- P: Personas con alteraciones neurológicas.
- I: Aplicación de corriente directa transcraneal.
- C: Compara los efectos cognitivos y motores que causa la intervención contra las personas a las que no se les aplica la intervención.
- O: Mejora los efectos neuroplásticos.

3.1 Diseño de estudio

Se ha llevado a cabo una revisión sistemática según el listado de verificación de la guía PRISMA (del inglés Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) como guía para su elaboración.

3.2 Estrategia de búsqueda

3.2.1 Bases de datos

Se realizó una búsqueda bibliográfica para identificar los estudios disponibles que podrían responder a la pregunta de investigación. Los artículos que forman esta revisión se identificaron en las siguientes bases de datos: Medline Complete, Rehabilitation and Sports Medicine Source, SPORTDiscus, PubMed y Google Scholar. La búsqueda se realizó entre Febrero y Abril de 2025.

Se realizaron dos búsquedas independientes, con las palabras claves y sus ecuaciones correspondientes: por un lado *“tDCS OR transcranial direct current simulation” AND “Plasticity” AND “Neurological disorders”*. Por otro lado *“tDCS” AND “Stroke” AND “Neurological disorders” AND “EEG” AND “fMRI” AND “Neuroplasticity”*. La búsqueda se completó con otra búsqueda manual extraída del artículo *“Unraveling Transformative Effects after tDCS and BCI Intervention in Chronic Post-Stroke Patient Rehabilitation—An Alternative Treatment Design*

Study". En ambas búsquedas se emplearon los siguientes filtros: "Año desde 2010 a 2025 " y "estudios en inglés y español".

3.3 Criterios de inclusión

Se aplicaron como criterios de inclusión los siguientes tipos:

- Tipo de formato: Se han elegido artículos que estén publicados con texto completo y escritos en inglés o español.
- Tipo de estudio: Se han elegido ensayos clínicos aleatorizados (ECA).
- Tipo de participantes: Los participantes de este estudio tienen que ser adultos (>18 años), de ambos sexos, que presenten cualquier desorden neurológico con alteraciones tanto cognitivas como motoras.
- Tipo de intervención: Tratamiento basado en tDCS con intervenciones complementarias.
- Tipo de medidas de resultado: Los resultados de las intervenciones son evaluados por técnicas de neuroimagen para registrar la conectividad y actividad cerebral. Para analizar los cambios objetivos en la función motora y cognitiva se emplearon escalas, aparatos y test.

3.4 Criterios de exclusión

Se excluyeron todos los estudios cuyos participantes sean pacientes pediátricos, pacientes sanos, estudios con muestra sea animal, artículos que son duplicados, estudios en los que no cumplen los criterios de calidad, artículos en los que se emplean NIBS diferentes de tDCS como: gafas inmersivas o realidad virtual, electroestimulación, estimulación magnética transcraneal (EMT), neuromodulación no invasiva (NESA X SIGNAL), neurofeedback, electrólisis percutánea terapéutica (EPTE) o neuromodulación percutánea (NMP).

3.5 Extracción estandarizada de los datos

Se realizó una extracción estandarizada de los datos teniendo en cuenta las siguientes características de los artículos: estudio, diseño, características de la muestra, protocolo, tarea, medidas de resultado y resultados principales. Dos

autores (AS e IS) realizaron la búsqueda de estudios de forma independiente, los resultados de la búsqueda se consideraron aptos para la revisión. Se llevó a cabo una meticulosa selección de artículos con la finalidad de elegir los que tienen relación con la pregunta de investigación, ajustándose a los criterios de inclusión. Se analizaron los estudios a texto completo. Este proceso se recoge en el diagrama de flujo de las indicaciones de la guía PRISMA para su elaboración.

4. Resultados

4.1 Diagrama de flujo

Tras la búsqueda siguiendo la metodología expuesta anteriormente, se identificaron un total de 406 estudios a través de las bases de datos y registros, de los cuales se revisaron 55 estudios y se excluyeron 48. Para concluir, se incluyeron un total de 7 artículos que cumplieran con los criterios de inclusión, por lo que finalmente se incorporaron a la revisión sistemática (Figura 1).

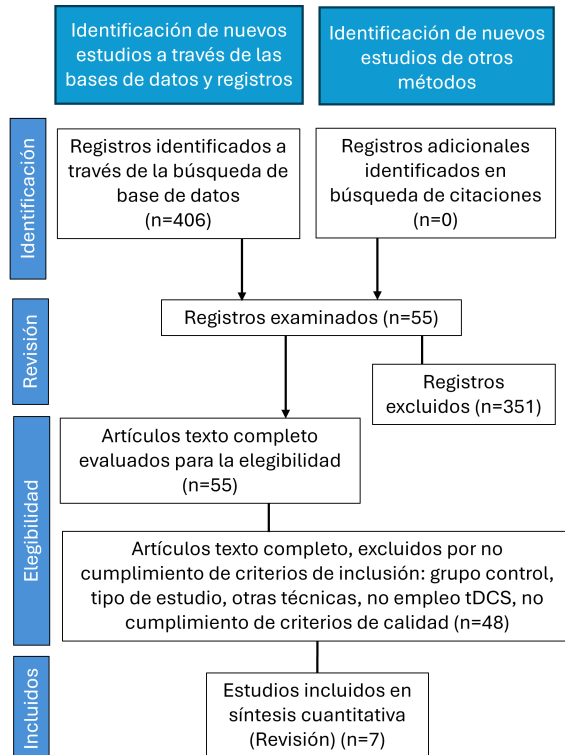


Figura 1. *Diagrama de flujo PRISMA.* Nota: Elaboración propia.

4.2 Evaluación de la calidad de los estudios

A todos los artículos seleccionados se les pasó la escala metodológica *PEDro*. Dicha herramienta presenta 11 ítems puntuando de 0 a 10, siendo la máxima puntuación de 10 puntos. Se han evaluado todos los artículos obteniendo una calidad excelente para el presente trabajo.

Tabla 1. Evaluación de calidad *PEDro*.

Ítems	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
Hordacre et al. (2018)	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✓	6/10
Baker et al. (2010)	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✓	6/10
Afsharian et al. (2024)	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	7/10
Bornheim et al. (2020)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	9/10
Wang et al. (2024)	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✓	6/10
Chew et al. (2020)	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✓	✓	7/10
Garrido et al. (2023)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	9/10

Nota. Elaboración propia. Títulos Ítems: 1 Criterios de selección especificados, 2 Asignación aleatoria 3 Asignación oculta, 4 Grupos similares al inicio, 5 Ciego de sujetos, 6 Ciego de terapeutas, 7 Ciego de evaluadores 8 Evaluación de al menos un resultado clave en >85% de los sujetos asignados, 9 Análisis por intención de tratar, 10 Comparación estadística entre grupos 11 Medidas de variabilidad y resultados puntuales reportados.

Características de la muestra poblacional en tdCS

El tamaño de la muestra fue de 237 pacientes, con una media de edad de 57 años. De la muestra 134 eran hombres y 83 mujeres. Los participantes de los estudios fueron de 67 en aquellos en una etapa crónica, 120 participantes en una etapa aguda o subaguda, 30 participantes con una lesión cerebral traumática y 60 participantes con demencia semántica.

Dosificación de la intervención en tDCS

Los protocolos de los estudios tuvieron una intensidad media que osciló entre 1 mA y 2,0 mA, variando entre los 20 y 30 minutos aplicando esta intensidad. Las tDCS usadas en estos estudios son la tDCS anódica (a-tDCS), la tDCS simulada

(s-tDCS), la tDCS catódica (c-tDCS) y la tDCS bilateral (b-tDCS). Esta intervención se aplicó en el hemisferio ipsilesional y el hemisferio contralesional.

Características de la intervención durante la tDCS

Los protocolos de los estudios tuvieron una duración que osciló entre 7 días y 4 semanas, siendo las que más se repetían 4 semanas. La rehabilitación fue descrita en la mayoría de los estudios con una duración media de 20-30 minutos, 5 días por semana. Las terapias complementarias a la intervención principal no fueron homogéneas. Las tareas funcionales motoras aparecen en 4 artículos (JTT, FMA, WMFT, UE-FM, escala de espasticidad). El entrenamiento cognitivo por ordenador aparece en un artículo junto a la terapia ocupacional. El entrenamiento cognitivo con tareas por denominación, aparece en 1 artículo. Solo aparece en un artículo la imaginería motora y el BCI.

Características de los resultados en tDCS

Los resultados de los estudios han sido en su mayor medida homogéneos. En general, se ha ultimado que la tDCS si tiene efectos neuroplásticos significativos, se han apreciado mejoras motoras y cognitivas tras su intervención, pero todavía existen pequeñas varianzas entre los resultados de la tDCS. Se empleó la EEG y la RM, identificando mejoras en la actividad cortical y en la conectividad neuronal. La funcionalidad del MS fue significativa en las escalas Upper Extremity Fugl-Meyer (UE-FM) Fugl-meyer Assessment (FMA) y Wolf Motor Function Test (WMFT). La flexibilidad cognitiva fue positiva, con el test N-back y Wisconsin (WCST). En los estudios que hablan de la independencia y la calidad de vida, existe una gran diferencia entre el grupo experimental y el grupo simulado, los pacientes a los que se les aplicó la tDCS tienen mayor grado de independencia frente al grupo control. Aunque la tDCS ha obtenido resultados prometedores, es muy prematuro optar por esta terapia como una alternativa principal en la rehabilitación. La evaluación en los artículos ha sido pre y post evaluado, al inicio y al fin de la intervención. Sin embargo, sólo dos estudios dos seguimientos tras la intervención con una duración de 3 meses y 1 año.

4.3 Cuadro resumen de los artículos incluidos

Tabla 2. Cuadro de resultados.

Estudio	Diseño	Muestra	Protocolo	Tarea	Medida	Resultados
Hordacre et al. (2018)	ECA	N= 10 sujetos con ictus crónico Edad: ≥ 18 años Evolución ictus (meses): mínimo 12 Lateralidad R/Yo	<p>GE: tDCS anódica: en la M1 ipsilesional 20 min + forma alternativa de estimulación</p> <p>GC: tDCS simulada en la M1 ipsilesional 20 min + forma alternativa de estimulación</p> <p>7 días de descanso entre sesiones. Ambos grupos prueban los dos tratamientos de forma aleatoria.</p>	<p>tDCS anódica aplicada con estimulador NeuroConn DC Stimulator Plus. Ánodo colocado sobre la M1 ipsilesional + cátodo sobre la órbita contralateral + corrientes durante 20 min por sistema de subidas/bajadas</p> <p>tDCS simulada, la corriente se incrementó durante 30 s para imitar la sensación</p>	RM EEG EMG TMS mRS	<p><u>MEP:</u> 95,9 %</p> <p><u>Valor basal:</u> 96,9%</p> <p><u>PLS alfa:</u> ipsilesional ($r= 0.85/p= 0.01$) y contralesional ($r= 0.83/p= 0.02$)</p> <p><u>Theta PLS:</u> ipsilesional ($\rho= 0.71/p= 0.15$) y contralesional ($\rho= 0.49/p= 1.00$)</p> <p><u>PLS beta alta:</u> ipsilesional frontal ($\rho= 0.74/p= 0.10$), ipsilesional parietal ($\rho= 0.59/p= 0.52$) y contralesional frontal ($\rho= 0.26/p= 1.00$)</p>

Efectos neuroplásticos a nivel motor y cognitivo de la aplicación de la corriente directa transcraneal en personas con alteraciones neurológicas.

Baker et al. (2010)	ECA	N= 10 sujetos con afasia crónica inducida por un ACV Edad: >=45 años Evolución (meses): mínimo 10	GE: A-tDCS y S-tDCS (1mA durante 20 min) + Tto computarizado para la anomia GC: tDCS simulada (durante 20 min, orden aleatorio) + Tto computarizado para la anomia 5 días consecutivos y 7 días de descanso entre sesiones	El electrodo activo se colocó en el cuero cabelludo (con una esponja con solución salina), sobre la corteza frontal izq y el electrodo de referencia sobre el hombro derecho + un estimulador de corriente constante + estímulos de tratamiento (incluyendo dos listas de 25 imágenes cada una representando sustantivos de baja, media y alta frecuencia)	RMF fMRI WAB-R Escala de Dolor FACES Escala de descripción visual	<u>A-tDCS=</u> Línea base: media 14,2 T1: media 17,8 T2: media 17,7 +36 ítems (T1) y +25 ítems (T2) <u>S-tDCS=</u> Línea base: media 14,1 T1: media 15,6 T2: media 15,2 +15 ítems (T1) y +11 ítems (T2) <u>A-tDCS/S-tDCS: F</u> (1,9)=5.72, p= 0.040
Afsharian et al. (2024)	ECA	N= 30 sujetos con TCE Evolución (semanas): 2-12	GE: 10 sesiones de 30 min con A-tDCS 2,0 mA + entrenamiento cognitivo con software RehaCom GC: tDCS simulada 2 semanas	Estimulación en corteza prefrontal con electrodos anódicos de goma de 5 cm envueltos en esponjas empapadas en solución salina, sobre F3 y F4 según el sistema internacional 10-20 + 10 tareas de actualización de la info y flexibilidad cognitiva con nivel de dificultad adaptativo con el objetivo de lograr 6-8 correctas	n-back Wisconsin EEG qEEG	<u>Cambios en bandas:</u> Delta= +4.02 Theta= +2.59 Alfa= +1.18 Beta= +3.60 Gama= +1.00 <u>Cambios en n-back:</u> G.exp= +11.66 G.ctrl= -5.40 <u>Cambios en Test WCST:</u> G.exp= +24.75 G.ctrl= +2.07
Bornheim et al. (2020)	ECA	N= 50 sujetos con ictus agudo Edad: >= 39 años Evolución ictus	GE: tDCS anódica con intensidad 1mA GC: tDCS simulada	GE: <u>electrodo anódico=</u> M1 ipsilesional <u>electrodo catódico=</u> región frontal contralateral (Fp1/Fp2)	WMFT FMMA	p < 0,05 WMFT: p= 0,02 Fuerza mano: d= 0,99

Efectos neuroplásticos a nivel motor y cognitivo de la aplicación de la corriente directa transcraneal en personas con alteraciones neurológicas.

		(horas): mínimo 48 h	+ rehabilitación física 20 min y 20 sesiones	GC: tDCS simulada 30 s, con subidas y bajadas + terapia física y ocupacional	SWMT Escala espasticidad	Peso: d= 0,8 SWMT: d= 0,69
Wang et al. (2024)	ECA	N= 28 sujetos con ictus isquémico Edad: >=39 años Evolución ictus (meses): mínimo 4	Diseño cruzado. Cuatro montajes de tDCS: <u>aTDS:</u> el ánodo sobre la M1 lesionada y el cátodo sobre la región supraorbitaria lateral como referencia. <u>ctDCS:</u> el cátodo sobre M1 no afectada y ánodo sobre la región supraorbitaria lateral como referencia <u>btDCS:</u> el ánodo sobre M1 lesionado y el cátodo sobre M1 no afectado <u>tDCS simulada:</u> el ánodo sobre la lesión M1 y cátodo sobre la región supraorbitaria lateral + tareas motoras funcionales intercaladas con la tDCS 4 sesiones de 20 min con un intervalo de 7 días entre sesiones	La ETC se administró con CC alimentada por batería con neuroConn con un par de electrodos 5x7 cm insertados con esponjas empapadas de solución salina. La estimulación se administró a 1,75 mA (densidad de corriente: 0,5 A/m) durante 20 min. + JTT: escribir una oración sencilla, voltear tarjetas, mover objetos grandes, pequeños...	RM EEG JTT	Conectividad basal/estado motor: M1 ipsilesional-frontotemporal: (r= 0,4055/p= 0,0323) M1 ipsilesional-temporal: (r= 0,3949/p= 0,0375) M1 contralesional-frontocentral (r= -0,3940/p= 0,038) M1 contralesional-central (r= -0,4657/p= 0,0102) Conectividad basal/duración post-ictus: M1 ipsilesional-prefrontal contralesional: (r= 0,3923/p= 0,0390) M1 contralesional-prefrontal (r= 0,4592/p= 0,0140) M1

Efectos neuroplásticos a nivel motor y cognitivo de la aplicación de la corriente directa transcraneal en personas con alteraciones neurológicas.

						contralesional-frontal ($r = 0,4771/p = 0,0102$)
Chew et al. (2020)	ECA	N= 19 sujetos con ACC Edad: ≥ 21 años Evolución (meses): mínimo 9	GE: tDCS anódica ipsilesional y tDCS catódica contralesional de 1mA de 20 min + entrenamiento con brazo robótico asistido por MI-BCI GC: tDCS simulada + entrenamiento con brazo robótico asistido por MI-BCI 10 sesiones	GE: con CC mediante el estimulador NeuroConn con electrodos de goma incrustados en 50 ml de solución salina x70 ml + bolsas de esponja con intensidad 1mA. Electrodo anódico= M1 ipsilesional Electrodo catódico= M1 contralesional. La intensidad se aumenta hasta 1 mA durante 30 s y se mantuvo 20 min + mov pasivos/activos asistidos + el paciente imaginaba mover el brazo y el robot lo simulaba GC: La tDCS se mantuvo 20 min + mov pasivos/activos asistidos + el paciente imaginaba mover el brazo y el robot lo simulaba	UE-FM EMT EEG	<u>UE-FM comparación entre tDCS real y simulada:</u> $F = 0,23/p = 0,64$ (no significativo) <u>MEP comparación entre tDCS real y simulada:</u> $F = 0,88/p = 0,50$ (no significativo) <u>Inhibición intracortical corta entre tDCS real y simulada:</u> $F = 27,15/p = 0,00$ (no significativo) <u>Umbral motor en reposo entre tDCS real y simulada:</u> $F = 15,12/p = 0,01$ (no significativo)

Efectos neuroplásticos a nivel motor y cognitivo de la aplicación de la corriente directa transcraneal en personas con alteraciones neurológicas.

Garrido et al. (2023)	ECA	N= 70 sujetos con accidente cerebrovascular agudo y subagudo Edad: >= 65+-12 años	<p>GE: 20 min diarios de tDCS bihemisférica activa + mCIMT + 2 sesiones diarias de entrenamiento de brazo parético</p> <p>GC: 20 min diarios de tDCS bihemisférica simulada (placebo) + mCIMT + 2 sesiones diarias de entrenamiento de brazo parético</p> <p>7 días</p>	<p>GE: Un par de electrodos de esponja de superficie 25 cm empapados de solución salina conectados a una batería. tDCS activa= electrodos anódicos en M1 afectando a C3/C4 + electrodos catódicos en M1 no afectado. 20 min, con intensidad 2mA de subidas y bajadas. + Restricción mano sana 6 h al día con manopla (inmovilizar los dedos pero dejaba movimiento libre en muñeca, codo y hombro) + tareas de fisioterapia</p> <p>GC: Un par de electrodos de esponja de superficie 25 cm empapados de solución salina conectados a una batería. tDCS simulada= igual que la tDCS activa pero se desactivo tras 30 s. + restricción de la mano sana 6 h al día con manopla (inmovilizar los dedos pero dejaba movimiento libre en muñeca, codo y hombro) + tareas de fisioterapia</p>	<p>FMA</p> <p>FMI</p> <p>WMFT</p>	<p><u>Cambios FMA-Función motora:</u> diferencia de 4,90 puntos, p= 0,025</p> <p><u>Cambios FMA-Dolor articular:</u> diferencia de 0,89 puntos, p= 0,029</p> <p><u>Cambios WMFT-Capacidad funcional:</u> diferencia de 6,52 puntos, p= 0,047</p> <p><u>Cambios WMFT-Peso por caja:</u> diferencia de 0,71 kg, p= 0,014</p> <p><u>Cambios FIM Total:</u> diferencia de 8,63, p= 0,046</p> <p>Recuperación percibida: 0,0176</p>
------------------------------	-----	--	---	--	-----------------------------------	--

5. Discusión

El principal objetivo de esta revisión fue analizar los efectos de la terapia tDCS como tratamiento complementario a terapias principales convencionales, con el fin de mejorar los procesos neuroplásticos del cerebro tanto cognitivos como motores en personas con alteraciones neurológicas, así como valorar la mejora de la funcionalidad motora y sensitiva a través de dicha técnica. Tras revisar literatura, esta es la única revisión que recoge estos dos tipos de alteraciones y los enfrenta.

Observamos en la revisión la heterogeneidad de artículos recogidos entre ambos ámbitos: la tDCS aplicada en personas con alteraciones cognitivas, frente a la tDCS aplicada en personas con alteraciones motoras, combinados con terapias complementarias como la terapia computarizada. Cada tDCS tiene un efecto diferente según donde se localicen.

Metodológicamente los presentes artículos, todos ECAS, presentan buena calidad metodológica, tres de los siete artículos se clasifican con una puntuación de 6 en la escala *PEDro* por no cumplir criterios de ciegos, ya que este criterio es importante para disminuir la probabilidad de sesgo.

Los resultados destacables obtenidos en esta revisión sistemática muestran descubrimientos significativos, concretamente en lo que respecta a la excitabilidad cortical en relación con la tDCS. En cuanto al apartado de alteraciones motoras, los resultados más significativos están relacionados con las bandas alfa ipsilesional ($r= 0.85/p= 0.01$) y contralesional ($r= 0.83/p= 0.02$) en comparación con el resto de bandas de frecuencias. La frecuencia alfa aumentó la excitabilidad corticoespinal (**Hordacre et al., 2018; Duan et al., 2023**). La c-tDCS y la a-tDCS mostraron mejoras significativas en el “*Jebsen Taylor Test*” (JTT) en el grupo experimental, específicamente mejorando el tiempo de tarea con la a-tDCS aumentando la conectividad M1 ipsilesional y disminuyendo la conectividad en la zona contralesional con la c-tDCS, generando un equilibrio con un buen estado motor basal. Con una conectividad funcional en el hemisferio ipsilesional se obtienen buenos resultados motores (**Wang et al., 2024**). En el estudio de **Chew et al. (2020)** se observó una mejora continua en el tiempo durante la transición del

estudio, comprobando que la tDCS tiene efecto tardío o acumulativo, cuando se realizó la evaluación final del estudio se observó en el grupo experimental un descenso del umbral motor (en inglés RMT) del lado ipsilesional, lo que concluye una mejoría en la conectividad neuronal. La tDCS bihemisférica (b-tDCS) presentó una diferencia significativa ($p < 0,05$), el grupo experimental aumentó un 35% en la prueba de WMFT y disminuyó el dolor articular (del inglés FMA) obtuvo una media de 0,89, mayor que la tDCS simulada (s-tDCS) (**Garrido et al., 2023**).

Dentro del apartado de alteraciones cognitivas, hubo resultados significativos en las denominaciones de los sustantivos y el apartado numérico. Esta técnica produce mejoras sobre el procesamiento del lenguaje actuando sobre el área frontal del cerebro (concretamente el área frontal izquierda, la región de área de Broca) aumentando los aciertos de los ítems establecidos a los sujetos. La semana de la intervención obtuvieron una media de 35 aciertos y la segunda semana después de la intervención una media de 25 aciertos, lo que concluye que las mejoras solo se mantienen 1 semana en el tiempo y luego va disminuyendo su efecto. En la s-tDCS no hubo mejoras significativas (mejoró una media de 26 ítems la semana de la intervención). En estudios recientes con RM se ha investigado la activación de ambos hemisferios, especialmente la activación cerebral en la corteza frontal del hemisferio izquierdo (HI). Aumentando la excitabilidad de la plasticidad neuronal. A niveles estadísticos no hay resultados significativos, se aplicó un análisis post-hoc pero con alto riesgo de sesgo (**Baker et al., 2010**). La potencia relativa del qEEG en el grupo intervención aumentó con las bandas alfa, beta y gamma en las regiones corticales prefrontales. Con la realización de dos ANCOVAS se observaron diferencias significativas en las frecuencias beta, gamma, theta y alfa (Theta= +2.59, Alfa= +1.18, Beta= +3.60, Gama= +1.00). Mejoraron las funciones ejecutivas, en concreto la flexibilidad cognitiva y la memoria de trabajo. Este estudio es novedoso y prometedor ya que combina rehacom con tDCS, mejorando la función plasticidad y la función cognitiva (**Afsharian et al., 2024**).

En comparación, los resultados del presente estudio **Hordacre et al. (2018)** son congruentes con el estudio de **Wang et al. (2024)** sobre los hallazgos

encontrados en la conectividad de las redes neuronales y cómo afecta a la recuperación. En ambos estudios se consiguieron ganancias motoras en el hemisferio ipsilesional con la tDCS en comparación con la s-tDCS. Conocer el funcionamiento de la zona del electrodo semilla puede facilitar la predicción de la técnica. Existe la variable de la activación bilateral por parte del hemisferio sano actuando de forma bilateral formando unas vías alternativas de conexiones neuronales que no se forman en pacientes sanos, generando mayores conexiones de compensación del lado sano, especialmente cuanto más tiempo haya pasado desde el ictus o TCE. Los tres estudios de **Hordacre et al. (2018)**; **Wang et al. (2024)** y **Rodríguez-Huguet et al. (2023)** combinan la conectividad funcional, volumen de lesión y características clínicas con la respuesta de la intervención. En cambio, ambos modelos difieren en las frecuencias de la tDCS, **Hordacre et al. (2018)** ha descubierto como frecuencia alfa la onda que aporta mayor excitabilidad neuronal, en cambio **Wang et al. (2024)** habla de la banda beta como buena predictora de ganancias motoras. Una buena recuperación motora se asoció a una coherencia positiva beta entre la M1 ipsilesional y la región temporal. La coherencia beta frontotemporal y temporal ipsilesional tienen mayor coherencia y mejor rendimiento motor. En cambio, la coherencia beta en el lado fronto central y central contralesional generan peor coherencia, por lo que más conectividad de compensación en el lado sano, genera una peor función motora del lado parético (**Chew et al., 2020**). El último citado, comparte opiniones con los estudios mencionados anteriormente, donde destaca que: una excitabilidad óptima del lado contralesional consiste en una colaboración y activación del mismo, asociándose a una buena recuperación, pero si este mismo hemisferio se activa en exceso puede llegar a inhibir el lado ipsilesional y esto impide mejorar en la recuperación.

Tanto en **Garrido et al. (2023)** como en **Bornheim et al. (2020)** coinciden que la prueba de wolf motor function test (WMFT) ha obtenido una puntuación alta (con incrementos del 16% en mejoras de la ejecución), consiguiendo un impacto duradero de la recuperación funcional. En ambos, también se analizó el nivel de independencia y la funcionalidad en la vida diaria, en el grupo experimental

ambas muestras habían logrado alto nivel de independencia y en el grupo placebo seguían siendo dependientes de otras personas. **Bornheim et al. (2020)** y **Hordacre et al. (2018)** explican de forma detallada los cambios neuroplásticos en la dependencia de la zona afectada en relación con la zona sana y cómo influye en la recuperación. Como se mencionó anteriormente, según donde se localice la lesión y la funcionalidad de la zona, la tDCS se debe de aplicar de diferentes maneras adaptándose a la conectividad creada según el funcionamiento fisiopatológico de la zona a tratar. Otra similitud, entre **Garrido et al. (2023)**, **Bornheim et al. (2020)** y **Klomjai et al. (2022)**, los dos autores detallan la evolución desde el inicio de la intervención y cómo afecta la tDCS a lo largo en el tiempo, ambos llegan a la conclusión de que la tDCS tiene efecto acumulativo y tardío, cuanto más aplicaciones más eficiente es el efecto en la excitabilidad de la corteza cerebral, concretamente a partir de la semana 4.

En el ámbito cognitivo, **Baker et al. (2010)**, **Afsharian et al. (2024)**, **Prathum et al. (2025)** y **Yan et al. (2020)** aplican la tDCS en la corteza prefrontal, sobre todo el hemisferio izquierdo y mejoran los dos grupos experimentales. En el estudio que aborda la afasia se colocan los electrodos en el hombro derecho y el estudio de TCE se colocan en el cuero cabelludo.

Comparando la aplicación de la técnica en el ámbito motor y en el ámbito cognitivo, son similares en protocolos y efectos de la intervención, en cambio difieren en la zona de aplicación de la tDCS, en el artículo de **Baker et al. (2010)** y **Afsharian et al. (2024)** la zona estimulada es la corteza prefrontal, principalmente la zona dorsolateral izquierda (Región de área de Broca) y los estudios revisados en el ámbito motor aplican la corriente en la motoneurona primaria (M1). Un aspecto interesante que se observa en los resultados, son los tiempos de reacción de la intervención comparando las alteraciones entre sí: en el estudio de **Baker et al. (2010)** la tDCS actúa inmediatamente y las mejoras se observan a los días de la aplicación, en cambio en los estudios motores, se ha concluido que la tDCS tiene efecto acumulativo y se aprecia al llevar varias sesiones. Esto se puede deber a que en el resto de artículos hay más tiempo entre las sesiones y en **Baker et al. (2010)** son 1 sesión al día, al tipo de

alteración (en las alteraciones cognitivas se refuerzan con estímulos inmediatos) o a la plasticidad de las zonas estimuladas, ya que en el ámbito motor, la reorganización sináptica y las ejecuciones funcionales son más complejas y requieren más tiempo que las ejecuciones cognitivas.

Los estudios que han obtenido mejores resultados mantenidos desde los 90 días hasta un año han sido **Garrido et al. (2023)** y **Bornheim et al. (2020)**. En ambos artículos (alteraciones motoras), se hace entrenamiento de fisioterapia y terapia física. La intensidad oscila entre 1 mA y 2 mA entre los dos artículos, se mantuvieron 20 minutos de aplicación de tDCS, pero en **Bornheim et al. (2020)** al tener una intensidad menor de corriente se complementa con terapia ocupacional, estos resultados también se deben a una actuación temprana en la fase aguda del ictus. En el estudio de **Garrido et al. (2023)** se obtuvieron buenos resultados debido al uso de la terapia por restricción del lado sano (del inglés CIMT). En el ámbito cognitivo se destaca el estudio de **Afsharian et al. (2024)**, obtiene mejoras significativas del grupo experimental, usando el software cognitivo “RehaCom”, este sistema crea entrenamientos cognitivos personalizados por sectores, monitorizando los resultados simultáneamente y adaptándose al sujeto. Es el único estudio en el que se utiliza.

En todos los estudios de la revisión sistemática se han obtenido unas conclusiones y resultados similares, adquiriendo nuevos conocimientos sobre enfoques diferentes de la aplicación de esta novedosa técnica, con puntos clave para seguir investigando en profundidad la tDCS.

6. Futuras líneas de investigación

Las patologías abordadas en esta revisión presentan una alta incidencia en la actualidad, con un porcentaje muy alto de secuelas tras las patologías propiamente dichas, siendo estas la causa de dependencia de la persona. Por ello es importante seguir investigando sobre esta intervención para disminuir las incapacidades y fomentar la libertad de independencia en su día a día.

Con vista al futuro, la investigación cursará hacia modelos de tDCS orientadas a la b-tDCS. Enfocada a profundizar en la conectividad bilateral que no existe en pacientes sanos, aprovechando la conexión de las redes heterogéneas para crear una terapia eficaz. Centrando las investigaciones en analizar la conectividad neuronal fisiopatológica, invirtiendo de esta manera en diferentes montajes de tDCS, potenciando así los efectos de esta terapia comprendiendo la respuesta de la conectividad cortical a los diferentes montajes.

Es necesario seguir investigando y seguir estos modelos basados en la teoría de la conectividad neuronal, para llegar a entender cómo funciona la neuroplasticidad y mejorar la actividad cerebral del paciente, reflejándose en una mejora en su vida diaria y capacidad funcional o cognitiva.

7. Objetivos de desarrollo sostenible

Los objetivos abordados en los estudios de esta revisión sistemática son 4 de 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS) de la ONU. Principalmente tratan el objetivo de salud y bienestar (objetivo 3), objetivo de educación de calidad (objetivo 4), objetivo de industria e innovación e infraestructura (objetivo 9) y objetivo de reducción de las desigualdades (objetivo 10).

- Objetivo 3: Todos los estudios cumplen con el requisito de salud y bienestar, concretamente en este caso la salud neurológica de las personas con alteraciones neurológicas.
- Objetivo 4: En los artículos que usan como terapia el entrenamiento cognitivo cumplen con el requisito de educación de calidad, favoreciendo así el aprendizaje.
- Objetivo 9: En los artículos que usan instrumental tecnológico como RehaCom y BCI fomentan la industria e innovación. En todos los estudios aparece la tDCS.
- Objetivo 10: Todos los estudios cumplen con el requisito de reducir las desigualdades, porque todos los estudios buscan mejorar la calidad de vida de estas personas fomentando su capacidad funcional.

8. Conclusión

En base a la formulación del objetivo principal, se concluye que la aplicación de estimulación transcraneal por corriente directa combinada con estrategias complementarias como: la terapia ocupacional, fisioterapia convencional, tratamiento computarizado, terapia robotizada, entrenamiento cognitivo, tareas de rehabilitación semántica/lingüística, movimiento inducido por restricción modificada/total del lado sano y entrenamiento BCI combinado con control de pedal; pueden ofrecer cambios corticales mejorando la neuroplasticidad a nivel motor y a nivel cognitivo en las personas con alteraciones neurológicas. Se han descubierto cambios en la actividad cortical prefrontal y motoneurona primaria, sobre todo si es aplicada de forma estructurada, constante y en fases tempranas.

En base a la formulación de los objetivos específicos:

- La EEG detecta cambios en las bandas de las frecuencias aplicadas (alfa y beta), pudiendo especificar que tipos de bandas aplicar en cada caso, comprobando las diferencias en pre-tratamiento y post-tratamiento. Si hay cambios neuroplásticos.
- La RMF puede analizar por dónde aplicar la tDCS. Pero no se han observado aplicaciones post-tratamiento en los estudios.
- La funcionalidad, fuerza y coordinación del MS mejoró después del tratamiento, mejorando su capacidad y facilitando el seguimiento post-estudio. Se observaron ganancias físicas significativas.
- Las escalas a nivel cognitivo fueron útiles para medir el rendimiento cognitivo de los sujetos. Se demostró que hubo mejoras en la flexibilidad cognitiva (memoria de trabajo, funciones ejecutivas y aprendizaje)
- Mejoró la calidad de vida y la autonomía de los sujetos. Aumentando la independencia en las actividades básicas de la vida diaria.
- Esta terapia se plantea como un tratamiento complementario de momento, hay que obtener conclusiones más precisas, sería conveniente realizar un metaanálisis y observar estadísticamente la terapia en profundidad.

9. Referencias bibliográficas

- Afsharian, F., Abadi, R. K., Taheri, R. y Sarajehlou, S. A. (2024). Transcranial direct current stimulation combined with cognitive training improves two executive functions: Cognitive flexibility and information updating after traumatic brain injury. *Acta Psychologica*, 250, 104553. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2024.104553>
- Baker, J. M., Rorden, C. y Fridriksson, J. (2010). Using transcranial Direct-Current stimulation to treat stroke patients with aphasia. *Stroke*, 41(6), 1229–1236. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.109.576785>
- Beaulieu, L., Blanchette, A. K., Mercier, C., Bernard-Larocque, V. y Milot, M. (2019). Efficacy, safety, and tolerability of bilateral transcranial direct current stimulation combined to a resistance training program in chronic stroke survivors: A double-blind, randomized, placebo-controlled pilot study. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 37(4), 333–346. <https://doi.org/10.3233/rnn-190908>
- Bornheim, S., Croisier, J., Maquet, P. y Kaux, J. (2019). Transcranial direct current stimulation associated with physical-therapy in acute stroke patients - A randomized, triple blind, sham-controlled study. *Brain Stimulation*, 13(2), 329–336. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2019.10.019>
- Chew, E., Teo, W., Tang, N., Ang, K. K., Ng, Y. S., Zhou, J. H., Teh, I., Phua, K. S., Zhao, L. y Guan, C. (2020). Using transcranial direct current stimulation to augment the effect of Motor Imagery-Assisted Brain-Computer Interface Training in Chronic Stroke Patients—Cortical Reorganization Considerations. *Frontiers in Neurology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fneur.2020.00948>
- Chmiel, J., Kurpas, D. y Stępień-Słodkowska, M. (2025). The Potential of Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) in Improving Quality of Life in Patients with Multiple Sclerosis: A Review and Discussion of Mechanisms

of Action. *Journal Of Clinical Medicine*, 14(2), 373.
<https://doi.org/10.3390/jcm14020373>

De Freitas, D. J., De Carvalho, D., Paglioni, V. M., Brunoni, A. R., Valiengo, L., Thome-Souza, M. S., Guirado, V. M. P., Zaninotto, A. L. y Paiva, W. S. (2021). Effects of transcranial direct current stimulation (tDCS) and concurrent cognitive training on episodic memory in patients with traumatic brain injury: a double-blind, randomised, placebo-controlled study. *BMJ Open*, 11(8), e045285. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-045285>

Duan, Q., Liu, W., Yang, J., Huang, B. y Shen, J. (2023). Effect of cathodal transcranial direct current stimulation for lower limb subacute stroke rehabilitation. *Neural Plasticity*, 2023, 1–10.
<https://doi.org/10.1155/2023/1863686>

Garrido, M. M., Álvarez, E., Acevedo, F., Moyano, Á. V., Castillo, N. N. y Cavada, G. CH. (2022). Early transcranial direct current stimulation with modified constraint-induced movement therapy for motor and functional upper limb recovery in hospitalized patients with stroke: A randomized, multicentre, double-blind, clinical trial. *Brain Stimulation*, 16(1), 40–47.
<https://doi.org/10.1016/j.brs.2022.12.008>

Hordacre, B., Moezzi, B. y Ridding, M. C. (2018). Neuroplasticity and network connectivity of the motor cortex following stroke: A transcranial direct current stimulation study. *Human Brain Mapping*, 39(8), 3326–3339.
<https://doi.org/10.1002/hbm.24079>

Klomjai, W., Aneksan, B., Chotik-Anuchit, S., Jitkaew, P., Chaichanudomsuk, K., Piriyaprasarth, P., Vachalathiti, R., Nilanon, Y. y Hiengkaew, V. (2022). Effects of different montages of transcranial direct current stimulation on haemodynamic responses and motor performance in acute stroke: a randomized controlled trial. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 54, jrm00331. <https://doi.org/10.2340/jrm.v54.3208>

- Prathum, T., Chantanachai, T., Vimolratana, O., Laksanaphuk, C., Apiworajirawit, I., Aneksan, B., Latthirun, K., Yang, C. y Klomjai, W. (2025). A systematic review and meta-analysis of the impact of transcranial direct current stimulation on cognitive function in older adults with cognitive impairments: the influence of dosage parameters. *Alzheimer S Research & Therapy*, 17(1). <https://doi.org/10.1186/s13195-025-01677-y>
- Rodríguez-Huguet, M., Ayala-Martínez, C., Vinolo-Gil, M. J., Góngora-Rodríguez, P., Martín-Valero, R. y Góngora-Rodríguez, J. (2023). Transcranial direct current stimulation in physical therapy treatment for adults after stroke: A systematic review. *Neurorehabilitation*, 54(2), 171-183. <https://doi.org/10.3233/nre-230213>
- Wang, C., Yang, X., Guo, D., Huo, W., Yu, N. y Zhang, Y. (2024). Transcranial direct current stimulation–induced changes in motor cortical connectivity are associated with motor gains following ischemic stroke. *Scientific Reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-66464-5>
- Yan, R., Zhang, X., Li, Y., Hou, J., Chen, H. y Liu, H. (2020). Effect of transcranial direct-current stimulation on cognitive function in stroke patients: A systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE*, 15(6), e0233903. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233903>

10. Anexos

Anexo 1. Guía PRISMA.

Tabla 3. Guía PRISMA.

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported Pag.
TITLE			
Title	1	Identify the report as a systematic review.	Portada
ABSTRACT			
Abstract	2	See the PRISMA 2020 for Abstracts checklist.	4
INTRODUCTION			
Rationale	3	Describe the rationale for the review in the context of existing knowledge.	8
Objectives	4	Provide an explicit statement of the objective(s) or question(s) the review addresses.	10
METHODS			
Eligibility criteria	5	Specify the inclusion and exclusion criteria for the review and how studies were grouped for the syntheses.	11 - 12
Information sources	6	Specify all databases, registers, websites, organisations, reference lists and other sources searched or consulted to identify studies. Specify the date when each source was last searched or consulted.	11 - 12
Search strategy	7	Present the full search strategies for all databases, registers and websites, including any filters and limits used.	11 - 12
Selection process	8	Specify the methods used to decide whether a study met the inclusion criteria of the review, including how many reviewers screened each record and each report retrieved, whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	N/A
Data collection process	9	Specify the methods used to collect data from reports, including how many reviewers collected data from each report, whether they worked independently, any processes for obtaining or confirming data from study investigators, and if applicable, details of automation tools used in the process.	N/A
Data items	10a	List and define all outcomes for which data were sought. Specify whether all results that were compatible with each outcome domain in each study were sought (e.g. for all measures, time points, analyses), and if not, the methods used to decide which results to collect.	N/A
	10b	List and define all other variables for which data were sought (e.g. participant and intervention characteristics, funding sources). Describe any assumptions made about any missing or unclear information.	
Study risk of bias assessment	11	Specify the methods used to assess risk of bias in the included studies, including details of the tool(s) used, how many reviewers assessed each study and whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	N/A
Effect measures	12	Specify for each outcome the effect measure(s) (e.g. risk ratio, mean difference) used in the synthesis or presentation of results.	N/A

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported Pag.
Synthesis methods	13a	Describe the processes used to decide which studies were eligible for each synthesis (e.g. tabulating the study intervention characteristics and comparing against the planned groups for each synthesis (item #5)).	N/A
	13b	Describe any methods required to prepare the data for presentation or synthesis, such as handling of missing summary statistics, or data conversions.	
	13c	Describe any methods used to tabulate or visually display results of individual studies and syntheses.	
	13d	Describe any methods used to synthesize results and provide a rationale for the choice(s). If meta-analysis was performed, describe the model(s), method(s) to identify the presence and extent of statistical heterogeneity, and software package(s) used.	
	13e	Describe any methods used to explore possible causes of heterogeneity among study results (e.g. subgroup analysis, meta-regression).	
	13f	Describe any sensitivity analyses conducted to assess robustness of the synthesized results.	
Reporting bias assessment	14	Describe any methods used to assess risk of bias due to missing results in a synthesis (arising from reporting biases).	N/A
Certainty assessment	15	Describe any methods used to assess certainty (or confidence) in the body of evidence for an outcome.	N/A
RESULTS			
Study selection	16a	Describe the results of the search and selection process, from the number of records identified in the search to the number of studies included in the review, ideally using a flow diagram.	13
	16b	Cite studies that might appear to meet the inclusion criteria, but which were excluded, and explain why they were excluded.	13
Study characteristics	17	Cite each included study and present its characteristics.	16 - 19
Risk of bias in studies	18	Present assessments of risk of bias for each included study.	N/A
Results of individual studies	19	For all outcomes, present, for each study: (a) summary statistics for each group (where appropriate) and (b) an effect estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval), ideally using structured tables or plots.	N/A
Results of syntheses	20a	For each synthesis, briefly summarise the characteristics and risk of bias among contributing studies.	N/A
	20b	Present results of all statistical syntheses conducted. If meta-analysis was done, present for each the summary estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval) and measures of statistical heterogeneity. If comparing groups, describe the direction of the effect.	
	20c	Present results of all investigations of possible causes of heterogeneity among study results.	
	20d	Present results of all sensitivity analyses conducted to assess the robustness of the synthesized results.	

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported Pag.
Reporting biases	21	Present assessments of risk of bias due to missing results (arising from reporting biases) for each synthesis assessed.	N/A
Certainty of evidence	22	Present assessments of certainty (or confidence) in the body of evidence for each outcome assessed.	N/A
DISCUSSION			
Discussion	23a	Provide a general interpretation of the results in the context of other evidence.	21-25
	23b	Discuss any limitations of the evidence included in the review.	23
	23c	Discuss any limitations of the review processes used.	24
	23d	Discuss implications of the results for practice, policy, and future research.	25
OTHER INFORMATION			
Registration and protocol	24a	Provide registration information for the review, including register name and registration number, or state that the review was not registered.	N/A
	24b	Indicate where the review protocol can be accessed, or state that a protocol was not prepared.	
	24c	Describe and explain any amendments to information provided at registration or in the protocol.	
Support	25	Describe sources of financial or non-financial support for the review, and the role of the funders or sponsors in the review.	N/A
Competing interests	26	Declare any competing interests of review authors.	N/A
Availability of data, code and other materials	27	Report which of the following are publicly available and where they can be found: template data collection forms; data extracted from included studies; data used for all analyses; analytic code; any other materials used in the review.	N/A