



Universidad de Valladolid



TRABAJO DE FIN DE GRADO

ESTIMULACIÓN MAGNÉTICA TRANSCRANEAL Y ESTIMULACIÓN TRANSCRANEAL DE CORRIENTE DIRECTA EN PACIENTES CON TDAH: UN IMPULSO NO FARMACOLÓGICO PARA TRANSFORMAR LA INTERVENCIÓN LOGOPÉDICA

ALUMNA: CLAUDIA GONZÁLEZ ARNAIZ

TUTORA: MANUELA ISABEL ÁLVAREZ ALFAGEME

CURSO: 2024-2025

GRADO EN LOGOPEDIA

FACULTAD DE MEDICINA

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID



AGRADECIMIENTOS

La realización de este trabajo no habría sido posible sin el apoyo y la paciencia de muchas personas a las que quiero agradecer profundamente su dedicación y acompañamiento a lo largo de este camino.

En primer lugar, gracias a mi familia, por ser el motor que me ha impulsado incluso en los momentos en los que yo misma dudaba de poder lograrlo. Gracias por creer en mí cuando ni yo lo hacía, por acompañarme en los días más duros, y por sostenerme emocionalmente cuando todo parecía cuesta arriba. Su amor, comprensión y confianza han sido esenciales para llegar hasta aquí.

También quiero agradecer a mis amigas, que no solo me han acompañado durante estos años de formación, sino que han sido un apoyo fundamental durante la elaboración de este TFG. Gracias por estar, por escuchar, por no juzgar y por animarme siempre a seguir adelante.

Por último, agradezco de corazón a mi tutora de TFG, por su cercanía, comprensión y apoyo constante. Su guía me ha dado seguridad y ha hecho que este proceso, lleno de retos, se convirtiera también en una experiencia de crecimiento y aprendizaje.

“Este TFG significa mucho más de lo que puede verse a simple vista. Durante años escuché que no lo lograría, que no valía. Hoy lo entrego sabiendo que me lo he ganado con esfuerzo y perseverancia. Es mi manera de demostrar, sobre todo a mí misma, que sí soy capaz.”

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN:	3
ABSTRACT:	4
1. INTRODUCCIÓN	5
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1. TRASTORNO POR DÉFICIT DE ATENCIÓN E HIPERACTIVIDAD	6
2.2. ROL DEL LOGOPEDA Y LA NECESIDAD DE ENFOQUES COMPLEMENTARIOS.....	10
2.3. ESTIMULACIÓN CEREBRALNO INVASIVA (ECNI)	10
2.3.1. ESTIMULACIÓN MAGNÉTICA TRANSCRANEAL (EMT)	11
2.3.2. ESTIMULACIÓN TRANSCRANEAL DE CORRIENTE DIRECTA (tDCS).....	14
2.4. COMPARACIÓN, SEGURIDAD Y CONSIDERACIONES ÉTICAS EN LA APLICACIÓN DE EMT Y TDCS	16
3. OBJETIVOS	17
4. MATERIAL Y MÉTODOS:	18
5. RESULTADOS	20
5.1. AUTOR Y AÑO DE PUBLICACIÓN	21
5.2. DISEÑO METODOLÓGICO	21
5.3. MUESTRA	22
5.4. TÉCNICA UTILIZADA Y PROTOCOLO	23
5.5. FUNCIONES Y PRUEBAS EVALUADAS	24
5.6. ÁREA ESTIMULADA.....	25
5.7. RESULTADOS PRINCIPALES	26
5.8. SEGURIDAD Y VIABILIDAD	30
5.9. LIMITACIONES	31
6. DISCUSIÓN	32
7. CONCLUSIONES	34
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
ANEXOS	42

RESUMEN

Introducción: El Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad (TDAH) es un trastorno del neurodesarrollo que afecta a funciones cognitivas como la atención, memoria y control ejecutivo, además de dificultades lingüísticas que influyen en la comunicación. Ante la necesidad de alternativas al tratamiento farmacológico, se ha aumentado el interés por técnicas de estimulación cerebral no invasiva, como la Estimulación Magnética Transcraneal (EMT) y la Estimulación Transcraneal por Corriente Directa (tDCS), como posibles herramientas complementarias en la intervención logopédica del TDAH.

Objetivos: analizar la efectividad de la EMT y tDCS como complementos no farmacológicos en el tratamiento de las funciones cognitivas y lingüísticas en pacientes con TDAH, valorar su aportación innovadora a la práctica logopédica y el papel del logopeda.

Material y Métodos: revisión bibliográfica de 20 estudios científicos publicados entre 2015 y 2025, seleccionados en bases de datos PubMed, SciELO y Dialnet.

Resultados: Ambas técnicas muestran mejoras en atención sostenida, memoria de trabajo, el control inhibitorio y fluidez verbal, especialmente tras estimular la corteza prefrontal dorsolateral, entre otras regiones cerebrales vinculadas a procesos lingüísticos y ejecutivos.

Discusión: La estimulación cerebral no invasiva cambia la logopedia al actuar sobre redes neuronales clave, pero su uso clínico es limitado por la falta de protocolos claros y escasa participación del logopeda.

Conclusiones: EMT y tDCS son recursos complementarios prometedores en la logopedia para TDAH, aunque se requiere más investigación para definir criterios clínicos claros y mejorar su integración profesional.

Palabras clave: TDAH, Estimulación Magnética Transcraneal (EMT), Estimulación Transcraneal por Corriente Directa (tDCS), funciones cognitivas y lenguaje.

ABSTRACT

Introduction: Attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) is a neurodevelopmental disorder that affects cognitive functions such as attention, memory, and executive control, as well as linguistic difficulties that influence communication. Given the need for alternatives to pharmacological treatment, there has been increased interest in non-invasive brain stimulation techniques, such as Transcranial Magnetic Stimulation (TMS) and Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS), as possible complementary tools in speech therapy intervention for ADHD.

Objectives: to analyse the effectiveness of TMS and tDCS as non-pharmacological complements in the treatment of cognitive and linguistic functions in patients with ADHD, to assess their innovative contribution to speech therapy practice and the role of the speech therapist.

Materials and Methods: literature review of 20 scientific studies published between 2015 and 2025, selected from the PubMed, SciELO and Dialnet databases.

Results: both techniques show improvements in sustained attention, working memory, inhibitory control and verbal fluency, especially after stimulating the dorsolateral prefrontal cortex, among other brain regions linked to linguistic and executive processes.

Discussion: Non-invasive brain stimulation changes speech therapy by acting on key neural networks, but its clinical use is limited by the lack of clear protocols and limited involvement of speech therapists.

Conclusions: TMS and tDCS are promising complementary resources in speech therapy for ADHD, although further research is needed to define clear clinical criteria and improve their professional integration.

Keywords: ADHD, Transcranial Magnetic Stimulation (TMS), Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS), cognitive functions and language.

1. INTRODUCCIÓN

El Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH) puede presentar múltiples dificultades que afectan al desarrollo comunicativo y académico. Como estudiante de Logopedia y persona diagnosticada con TDAH, conozco de manera vivencial las afectaciones que esta condición provoca en la comprensión, la expresión escrita, la atención, la autorregulación, la impulsividad y la hiperactividad. Estas dificultades impactan directamente en el aprendizaje y la comunicación, áreas centrales de la intervención logopédica.

Llevo años tomando medicación con el fin de mejorar mi autorregulación, atención y capacidad para funcionar, así como para reaccionar de una forma menos intensa y manejar mi impulsividad. Ciertamente, me aporta muchos beneficios, pero también numerosos efectos secundarios y una sensación de dependencia, que me han llevado a cuestionarme si la única opción para funcionar adecuadamente es la medicación. ¿Y si existieran otras formas de tratamiento que, complementadas con la logopedia, puedan ser efectivas en el abordaje del TDAH?

Por ello surge el interés por la Estimulación Magnética Transcraneal (EMT) y la Estimulación Transcraneal por Corriente Directa (tDCS); ambas son técnicas no invasivas que han demostrado mejoras en las funciones cognitivas y lingüísticas.

Este trabajo surge de una doble motivación: personal y profesional. Por un lado, el deseo de contribuir a que otras personas con TDAH puedan acceder a alternativas terapéuticas menos dependientes de la medicación, y que mejoren su calidad de vida. Por otro, se propone un cambio de paradigma en la logopedia, integrando estas herramientas complementarias que potencian la eficacia de la intervención tradicional. Además, se reflexiona sobre el papel emergente del logopeda en la aplicación clínica de estas técnicas dentro de un enfoque interdisciplinar y basado en la neurociencia, con el objetivo de maximizar los resultados terapéuticos en pacientes con TDAH.

A través de una revisión bibliográfica actualizada, este trabajo explora el potencial de la EMT y la tDCS como complemento accesible a la intervención logopédica, ofreciendo una nueva vía terapéutica que aúne innovación, neurociencia y humanización del tratamiento. Con este trabajo, se espera no solo aportar conocimiento científico, sino también abrir camino a nuevas formas de intervención que unan ciencia y humanidad, en beneficio de quienes más lo necesitan.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. TRASTORNO POR DÉFICIT DE ATENCIÓN E HIPERACTIVIDAD (TDAH)

- **DEFINICIÓN**

El Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH) es uno de los trastornos del neurodesarrollo más prevalentes en la infancia, aunque puede persistir hasta la adolescencia y la edad adulta. Se caracteriza por un patrón persistente de inatención, hiperactividad e impulsividad, que afecta negativamente el desempeño cotidiano en ámbitos diversos, como el escolar, familiar y social (American Psychiatric Association [APA], 2013).

- **PREVALENCIA**

La prevalencia del TDAH varía en función de la etapa del desarrollo. Estudios epidemiológicos recientes estiman que aproximadamente el 7,6 % de la población infantil, el 5,6 % de los adolescentes y el 2,58 % de los adultos presentan TDAH (Fu et al., 2025). Asimismo, la literatura indica un claro predominio en el sexo masculino, observándose una proporción aproximada de dos a uno durante la infancia. (L et al., s. f.-b).

- **SUBTIPOS**

Según el Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales, en su quinta edición (DSM-5), contempla tres presentaciones clínicas distintas:

- Presentación con predominio de síntomas de inatención: dificultades para mantener la atención, seguir instrucciones y finalizar tareas.
- Presentación con predominio de síntomas hiperactivos e impulsivos: predomina la actividad motora excesiva y dificultad para controlar impulsos.
- Presentación combinada, en la que coexisten de forma significativa síntomas de ambos dominios anteriores.

- **ETIOLOGÍA**

El TDAH es un trastorno heterogéneo, multifactorial y complejo, en el que emergen:

❖ Factores genéticos y ambientales:

El TDAH tiene una heredabilidad estimada del 76 %, lo que evidencia una fuerte influencia genética (Faraone et al., 2005).

Además, factores ambientales como la exposición prenatal a tóxicos (tabaco, alcohol, plomo), la prematuridad, el bajo peso al nacer, el estrés temprano y ambientes familiares caóticos o con poca estimulación cognitiva pueden contribuir a su desarrollo o agravamiento. (Quintero & Castaño de la Mota, 2014)

❖ Bases neurológicas y alteraciones neuroanatómicas y funcionales:

Desde el enfoque neurobiológico, se han identificado que en las personas con TDAH existen alteraciones tanto estructurales como funcionales en el circuito frontoestriatal, que incluye: la corteza prefrontal lateral, la corteza cingulada anterior dorsal y los ganglios basales (núcleo caudado y putamen). Estas estructuras son cruciales para funciones ejecutivas como la atención, el control inhibitorio y la planificación motora. (Quintero & Castaño, 2014)

Técnicas avanzadas de neuroimagen, como la resonancia magnética funcional (RMf) y la magnetoencefalografía (MEG), han permitido detectar alteraciones significativas en el cerebro de personas con TDAH. En particular, se ha observado una menor activación en la corteza prefrontal derecha, así como disfunciones en el cíngulo anterior y en los ganglios basales. Asimismo, diversos estudios de neuroimagen han observado diferencias neuroanatómicas y funcionales en comparación con individuos neurotípicos. Mostrando una reducción en el volumen en estas áreas y diferencias en la conectividad funcional, lo que sugiere una organización cerebral distinta. (Quintero & Castaño, 2014)

Según Mahjoubnavaz et al. (2024), destacan las diversas regiones cerebrales específicas, como la **corteza prefrontal, como la dorsolateral** (DLPFC o dlPFC), que es un área fundamental para el control ejecutivo y la atención; **la corteza prefrontal ventromedial** (CPFVM o vmCPF), involucrada en la regulación emocional y en la toma de decisiones sociales. Aunque hay otras áreas también relevantes, como son la corteza **orbitofrontal (OFC)**, o la **corteza prefrontal inferior derecha (rIFC)**

En el ámbito subcortical, se encuentran los ganglios basales, que están relacionados con los síntomas de hiperactividad e impulsividad en personas con TDAH, por lo que desempeñan un papel crucial en la inhibición motora y el control del comportamiento. El cerebelo está relacionado con la coordinación motora; también está implicado en la gestión del tiempo, la atención y la anticipación de eventos. (Cosmo et al., 2020).

Por último, las alteraciones en la conectividad funcional entre regiones corticales y subcorticales, particularmente en las redes frontoestriatal y frontocerebelosa, entorpecen la coordinación eficiente de las funciones de la integración y modulación cognitivas y emocionales. (Cosmo et al., 2020).

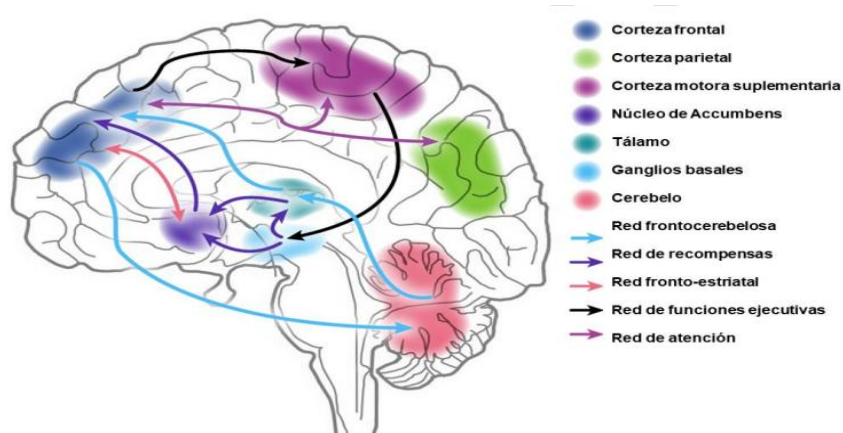


Figura 1. Anormalidades funcionales en el cerebro con TDAH. Adaptado de *Unidad neurocognitiva – TDAH*, por Instituto INCIA, s.f. (<https://institutoincia.es/nuestras-areas/unidad-neurocognitiva/tdah/>)

❖ Alteraciones neuroquímicas:

El TDAH se asocia a una desregulación en los neurotransmisores de dopamina y noradrenalina, implicados en funciones ejecutivas, motivación, atención y control de impulsos. Se observa que las vías noradrenérgicas tienen vinculación con las dificultades cognitivas y afectivas, como puede ser la atención sostenida, la motivación y el aprendizaje de nuevas habilidades. En cambio, las vías dopaminérgicas se relacionan con síntomas de hiperactividad e impulsividad. (Quintero & Castaño, 2014)

Justificando que los tratamientos farmacológicos estimulantes como el metilfenidato ayudan a reducir los síntomas del TDAH, aumentando la dopamina.

- **ALTERACIONES COGNITIVAS DEL TDAH**

El TDAH se manifiesta mediante alteraciones cognitivas que afectan principalmente la atención sostenida, la memoria de trabajo, la inhibición de respuestas y la flexibilidad mental. Según Cosmo et al. (2020), niños y adolescentes con TDAH procesan la información más lentamente, presentan dificultades para mantener la atención en tareas prolongadas y se distraen con facilidad. Estas funciones alteradas dificultan la realización de actividades académicas y comunicativas, ya que son esenciales para el aprendizaje y el uso adecuado del lenguaje.

- **REPERCUSIONES LINGÜÍSTICAS Y COMUNICATIVAS**

Las alteraciones en las funciones ejecutivas propias del TDAH afectan directamente el lenguaje funcional, especialmente en aspectos pragmáticos. Los niños con TDAH suelen presentar dificultades para iniciar y mantener conversaciones, estructurar su discurso y adaptarlo al contexto social, lo que puede derivar en problemas de aceptación social y obstáculos en la comunicación cotidiana. Por ello, la intervención logopédica debe centrarse prioritariamente en fortalecer la pragmática y la coherencia del discurso.

- **TRATAMIENTO CONVENCIONAL Y LIMITACIONES**

El abordaje terapéutico más común en pacientes con TDAH es la farmacoterapia, aunque también existen tratamientos alternativos, como las terapias conductuales o el entrenamiento cognitivo (Westwood et al., 2020).

Los medicamentos psicoestimulantes, como el metilfenidato o la atomoxetina, son considerados tratamiento de primera elección debido a su eficacia a corto plazo. Sin embargo, pese a ser generalmente seguros, pueden provocar efectos secundarios molestos, como dificultades para dormir, dolor de cabeza y pérdida de apetito, y no todos los pacientes los toleran bien; aproximadamente solo el 50 % los soporta adecuadamente (Nagy et al., 2022).

2.2. ROL DEL LOGOPEDA Y LA NECESIDAD DE ENFOQUES COMPLEMENTARIOS

El logopeda cumple un papel fundamental en la evaluación e intervención de las dificultades lingüísticas en el TDAH, abordando aspectos clave como la comprensión oral y escrita, la fluidez y coherencia del discurso narrativo, la atención en situaciones comunicativas y el uso adecuado del lenguaje en contextos sociales (pragmática). Se incluye la toma de turnos, la iniciación conversacional, la escucha activa y la adecuación al entorno.

Aunque las intervenciones logopédicas son fundamentales, a menudo se enfrentan a dificultades porque las alteraciones en las funciones ejecutivas no siempre se pueden tratar solo con terapia del lenguaje.

En este contexto, técnicas como la estimulación magnética transcraneal (EMT) y la estimulación transcraneal por corriente directa (tDCS) surgen como estrategias complementarias que no sustituyen la labor del logopeda, sino que actúan favoreciendo la neuroplasticidad, es decir, la capacidad del cerebro para adaptarse y reorganizarse, especialmente en regiones clave para la cognición y el lenguaje, con el fin de mejorar la eficacia del tratamiento logopédico en pacientes con TDAH.

2.3. ESTIMULACIÓN CEREBRAL NO INVASIVA (ECNI)

La estimulación cerebral no invasiva (ECNI, o NIBS por sus siglas en inglés) engloba técnicas que son consideradas seguras e indoloras, usadas con fines terapéuticos. (Fu et al., 2025).

Entre sus modalidades destacan la estimulación magnética transcraneal (EMT), la estimulación transcraneal por corriente directa (tDCS), la corriente alterna (tACS), el ruido aleatorio (tRNS) y la microestimulación magnética (Micro-TMS), que difieren en sus bases neurofisiológicas, precisión y capacidad para inducir neuroplasticidad.

Este trabajo se centra en la EMT y la tDCS, técnicas con amplia evidencia científica que han demostrado mejorar funciones cognitivas como atención, memoria operativa y lenguaje, lo que las posiciona como complementos terapéuticos prometedores para el TDAH, especialmente integradas con la intervención logopédica.

Estas técnicas se apoyan en la plasticidad neuronal, la capacidad del sistema nervioso para reorganizarse funcional y estructuralmente, fundamental para el aprendizaje y la recuperación (Pascual-Leone et al., 2005).

A continuación, se describirán sus principios físicos y neurobiológicos, así como sus diferencias y mecanismos de acción en el sistema nervioso central.

2.3.1. ESTIMULACIÓN MAGNÉTICA TRANSCRANEAL (EMT)

La estimulación magnética transcraneal (EMT) es una técnica no invasiva de neuromodulación cerebral, indolora y segura, que actúa mediante campos magnéticos aplicados sobre áreas específicas del sistema nervioso, principalmente en la corteza cerebral. Se utiliza con fines terapéuticos y diagnósticos en diversas patologías del sistema nervioso. (León Ruiz et al., 2018)

Fue introducida por Barker et al. (1985), quienes demostraron que la aplicación de un campo magnético sobre el cuero cabelludo podía provocar respuestas motoras, permitiendo así evaluar la integridad de las vías motoras centrales. Esta técnica se basa en el principio de inducción electromagnética descrito por Michael Faraday en 1831, que establece que un campo magnético variable en el tiempo puede inducir una corriente eléctrica en un conductor próximo, como las neuronas en la corteza cerebral. Mediante la emisión de un pulso eléctrico a través de una bobina colocada sobre el cráneo, se produce un campo magnético pulsátil capaz de atravesar el cuero cabelludo, el hueso craneal y las meninges, lo que genera una corriente secundaria que modula de manera segura y no invasiva la excitabilidad neuronal. (Malavera et al., 2014)

El equipo de EMT consta de un generador eléctrico y una bobina de cobre aislada que se encarga de producir el campo magnético. Este equipo permite modificar variables como la intensidad, el tiempo de aplicación y la frecuencia de los impulsos, lo que posibilita adaptar el tratamiento a las características específicas de cada paciente. (Malavera et al., 2014).

Según León Ruiz et al. (2018), en la EMT se emplean diferentes tipos de bobinas, cada una con características específicas que determinan la focalización y profundidad de la estimulación:

- La bobina circular genera un campo eléctrico extenso capaz de activar simultáneamente ambos hemisferios cerebrales.
 - La bobina en forma de ocho o “mariposa” concentra la estimulación en regiones corticales específicas, produciendo impulsos magnéticos que despolarizan neuronas a una profundidad aproximada de 1.5 a 2 cm, modulando así su actividad y funciones fundamentales.
- Además, existen bobinas menos comunes, como la de doble cono o la de forma H. (Malavera et al., 2014).

En función del patrón de pulsos emitidos, la EMT se clasifica en varias modalidades (León Ruiz et al., 2018):

- **EMT simple:** consiste en la aplicación de un único estímulo en una región cerebral.
- **EMT con pulsos apareados:** consiste en la aplicación de dos estímulos separados por un breve intervalo (milisegundos). Evalúa la excitabilidad intra y corticocortical, así como la conectividad entre hemisferios y la velocidad de conducción a través del cuerpo calloso.
- **EMT repetitiva (EMTr o rTMS):** se refiere a la aplicación continua de trenes de estímulos.
 - **Alta frecuencia (>1 Hz):** produce facilitación o excitación cortical.
 - **Baja frecuencia (<1 Hz):** genera inhibición cortical.
 - **Theta burst** consiste en la aplicación de ráfagas cortas de impulsos a alta frecuencia (típicamente tres pulsos a 50 Hz) repetidos cada 200 ms, sincronizados con el ritmo theta del electroencefalograma (EEG).



Figura 2. Adaptado de *Una terapia magnética para la depresión logra más precisión*, por B. Nogrady, 2023, *Knowable Magazine*.
<https://www.knowablemagazine.org/article/mind/2023/magnetic-therapy-depression-precision>

Efectos secundarios y contraindicaciones

La EMT es una técnica segura y bien tolerada. Aunque, pueden aparecer efectos adversos leves y temporales, como cefaleas, dolores cervicales, sensación de presión en el sitio de aplicación o alteraciones auditivas leves. Por este motivo, se recomienda el uso de protectores auditivos durante las sesiones. (Rossi et al., 2009).

Respecto a las **contraindicaciones**, se recomienda evitar la EMT en personas que presenten alguna de las siguientes condiciones (León Ruiz et al., 2018):

- Embarazadas (como medida de precaución ante la falta de datos concluyentes).
- Niños < 2 años.
- Antecedentes personales de epilepsia o convulsiones.
- Pacientes con implantes metálicos en el cráneo o dispositivos electrónicos activos (como marcapasos, desfibriladores o neuroestimuladores).

Aplicación de la EMT en el Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH)

La estimulación magnética transcraneal repetitiva (rTMS) ha sido ampliamente investigada como posible herramienta complementaria en el abordaje del TDAH, en particular la atención sostenida y el control inhibitorio. Por ejemplo, Nagy et al. (2022) llevaron a cabo un ensayo clínico controlado en niños (6 a 112 años), analizando el impacto de la rTMS sobre los síntomas del trastorno. Por su parte, Wang et al. (2024) aplicó la EMT en población infantil, para examinar la activación de la corteza prefrontal usaron una espectroscopía funcional. Rubio et al. (2015) revisaron la evidencia disponible sobre el uso de técnicas no invasivas como la EMT en niños con TDAH, destacando los enfoques empleados y su potencial clínico. Asimismo, varios metaanálisis recientes han consolidado los hallazgos sobre la EMT en esta población, incluyendo distintos protocolos de estimulación repetitiva (Chen et al., 2023; Fu et al., 2025; Chen et al., 2024).

2.3.2. ESTIMULACIÓN TRANSCRANEAL DE CORRIENTE DIRECTA (tDCS)

Fue introducida por Nitsche y Paulus (2000), y previamente explorado por Priori et al. (1998), marcando el inicio de su aplicación sistemática en contextos experimentales y terapéuticos.

La estimulación transcraneal por corriente directa (tDCS) es una técnica cerebral no invasiva de neuromodulación que utiliza una corriente eléctrica de baja intensidad, generalmente suministrada por una batería de 9 voltios. Esta corriente se administra a través de electrodos de gran tamaño, humedecidos con solución salina, que se colocan sobre el cuero cabelludo. A diferencia de otras técnicas, la tDCS no provoca una activación directa de las neuronas, sino que modifica el potencial de membrana en estado de reposo de las células neuronales, afectando así su excitabilidad. (Steen-García et al., 2024).

Dependiendo de la polaridad utilizada, se emplean dos tipos de electrodos: el ánodo y el cátodo (Figura 3). (Steen-García et al., 2024).

- La estimulación **anódica** ejerce un efecto excitatorio, facilitando la activación neuronal.

- La estimulación **catódica** tiende a ejercer un efecto inhibitorio. Esta polarización afecta directamente la tasa de disparo de las neuronas subyacentes, modificando la actividad de las redes corticales implicadas.

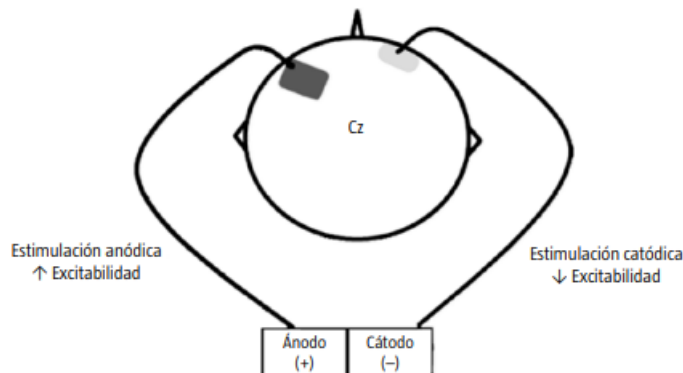


Figura 3. Estimulación anódica y catódica. *Tomado de Uso de la estimulación cerebral no invasiva: bases neurofisiológicas y aplicaciones clínicas*, por A. Maldonado, A. Benito y J. E. Gálvez, 2013, p. 15. Recuperado de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/31335983/Uso de la estimacion cerebral_n_o_invasiva-libre.pdf

Efectos secundarios y contraindicaciones

Se han evidenciado efectos leves y transitorios, como puede ser picazón, hormigueo temporal y enrojecimiento cutáneo debajo de los electrodos. No se han identificado contraindicaciones éticas. Pero no puede ser utilizada en aquellas personas con algún elemento metálico dentro del cráneo.

Aplicación de la tDCS en el Trastorno por Déficit de Atención e hiperactividad (TDAH)

La estimulación transcraneal por corriente directa (tDCS) ha sido objeto de numerosos estudios como tratamiento terapéutico complementario en el TDAH. Por ejemplo, Westwood et al. (2021) examinaron los efectos de la tDCS combinada con entrenamiento cognitivo sobre la actividad electroencefalográfica en adolescentes. Otros investigadores han evaluado su influencia en áreas específicas como la fluidez

verbal (Nejati et al., 2023) y la regulación emocional (Estaji et al., 2024). En un estudio controlado con placebo, Leffa et al. (2022) analizaron la aplicación de tDCS en adultos con TDAH. Además, metaanálisis realizados por Cosmo et al. (2020) y Salehinejad et al. (2019, 2020) han recopilado evidencias sobre la efectividad y los protocolos más utilizados, señalando una considerable heterogeneidad en los resultados.

Además, revisiones y metaanálisis como los de Cosmo et al. (2020) y Salehinejad et al. (2019, 2020) han reunido evidencias sobre la efectividad y los protocolos más utilizados.

2.4. COMPARACIÓN, SEGURIDAD Y CONSIDERACIONES ÉTICAS EN LA APLICACIÓN DE EMT Y TDCS

La estimulación magnética transcraneal (EMT) y la estimulación transcraneal por corriente directa (tDCS) son técnicas no invasivas de neuromodulación que se emplean para potenciar funciones cognitivas y conductuales en personas con TDAH. Aunque sus mecanismos y protocolos difieren. (Rubio et al., 2015; Salehinejad et al., 2020).

Ambas requieren una supervisión adecuada por parte de profesionales formados, así como una evaluación médica individualizada previa a su aplicación. Tal como señalan Rubio et al. (2015) y Salehinejad et al. (2020), resulta fundamental contar con el consentimiento informado del paciente (o su tutor legal), adaptar los parámetros de estimulación a las necesidades individuales y seguir criterios éticos establecidos en el ámbito sanitario.

Desde una perspectiva logopédica, estas técnicas representan una vía innovadora para potenciar la intervención tradicional, especialmente en pacientes con TDAH que presentan dificultades persistentes en atención, control emocional y habilidades comunicativas.

3. OBJETIVOS

El objetivo principal que se pretende conseguir en la realización del TFG es el siguiente:

- Analizar mediante revisión bibliográfica (2015–2025) la efectividad de la Estimulación Magnética Transcraneal (EMT) y de la Estimulación Transcraneal por Corriente Directa (tDCS) como complementos no farmacológicos en el tratamiento de funciones cognitivas y lingüísticas en pacientes con TDAH desde una perspectiva logopédica.

Objetivos específicos:

- Investigar cómo la EMT y la tDCS pueden favorecer la memoria, la atención sostenida, el control de impulsos y la concentración de los pacientes con TDAH.
- Examinar los efectos de la EMT y la tDCS en el desarrollo de las habilidades lingüísticas de los pacientes, prestando especial atención a la mejora de la expresión verbal, la comprensión lectora y la producción escrita.
- Mostrar cómo EMT y tDCS “rompen con lo tradicional” en logopedia, describiendo brevemente en qué consiste este cambio de paradigma terapéutico.
- Evaluar la viabilidad de incorporar la EMT y la tDCS en el tratamiento del TDAH, considerando su impacto en la calidad de vida de los niños y en la reducción de los efectos secundarios comunes de los tratamientos farmacológicos.
- Averiguar el papel que ocupa la figura del logopeda en la aplicación de estas técnicas.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño de la investigación

El propósito de este trabajo se trata de una revisión bibliográfica, siguiendo las normas APA, con un enfoque cualitativo y descriptivo, cuyo objetivo principal es analizar la efectividad de la Estimulación Magnética Transcraneal (EMT) y la Estimulación de Corriente Directa (tDCS) como complemento no farmacológico en el tratamiento de las habilidades cognitivas y lingüísticas de pacientes con Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH), con un enfoque logopédico. Por esa razón, se ha realizado un análisis riguroso de la bibliografía científica existente, con el objetivo de recopilar datos actualizados acerca de los impactos de estas técnicas no invasivas en el campo neurocognitivo y logopédico.

El material empleado en este análisis consiste en la recopilación de artículos científicos seleccionados cuidadosamente, con el fin de elaborar un marco teórico y abordar los objetivos planteados en este estudio. Se han consultado algunas páginas web especializadas, que se han empleado de manera complementaria para la elaboración de definiciones y contextualización de los conceptos relacionados con el TDAH y las técnicas de estimulación cerebral no invasiva.

Obtención de los datos

Se realizaron búsquedas entre enero y mayo de 2025 en diversas bases de datos científicas, tanto en inglés como en español, con el objetivo de obtener una perspectiva actualizada y sólida sobre los avances en el uso de EMT y tDCS en el tratamiento del TDAH. Las bases de datos consultadas fueron: Pubmed, Dialnet, Google Académico y SciELO, Elsevier. Además de consultar diversos sitios web que se accedía a través de las referencias mostradas en otros artículos.

Para la búsqueda bibliográfica, en las bases de datos inglesas, se utilizaron los siguientes descriptores: “Transcranial Magnetic Stimulation” y “Transcranial Direct Current Stimulation”, en combinación con: “Attention Deficit Disorder and Hyperactivity”, además de “Cognitive”, “Language”. En cambio, para las bases de datos en español se utilizaron los siguientes descriptores: “Estimulación Magnética Transcraneal” y “Estimulación de Corriente Directa”, en combinación con “Trastorno

por Déficit de Atención e Hiperactividad” además de “Funciones Cognitivas”, “Lenguaje”.

Inicialmente, se recopilaron 57 artículos, que fueron filtrados mediante lectura de títulos y resúmenes para determinar su adecuación a los objetivos planteados. Posteriormente se realizó una revisión detallada de los textos completos, aplicando los criterios de inclusión y exclusión previamente definidos. (Tabla 1). Como resultado, 37 estudios fueron descartados por no cumplir con dichos criterios, quedando finalmente un total de 20 artículos seleccionados para el análisis.



Para obtener artículos de calidad y en concordancia con los objetivos del estudio, se han definido criterios de inclusión y exclusión para la elección de estos.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN
Publicaciones entre 2015-2025	Estudios previos a 2015
Población: niños, adolescentes y adultos diagnosticados con TDAH	Estudios donde se traten pacientes con otros trastornos
Investigaciones que evalúan el impacto EMT y/o tDCS	Investigaciones que no utilicen EMT ni TDCS
Estudios que evalúan funciones cognitivas y/o lingüísticas	Trabajos que no aborden funciones cognitivas o lingüísticas.
Artículos accesibles en texto completo	Artículos no disponibles (de pago)
	Escasa calidad informativa

Tabla 1. Criterios de inclusión y exclusión.

5. RESULTADOS

En este apartado se presentan los principales hallazgos derivados del análisis de los 20 artículos científicos publicados entre 2015-2025, extraídos de las bases de datos de PUBMED, SciELO, Google académico, que tras aplicar los criterios de inclusión y exclusión establecidos en el apartado metodológico.

La información se ha sintetizado en torno a las funciones cognitivas, lingüísticas, impacto terapéutico, viabilidad clínica y papel del logopeda en relación con la Estimulación Magnética Transcraneal (EMT) y la Estimulación Transcraneal por Corriente Directa (tDCS) en pacientes con TDAH.

Para facilita su interpretación, los estudios están organizados en una tabla resumen (**Tabla 2, ANEXO I**), ordenados por año de publicación y, en caso de empate, por orden alfabético. La tabla recoge los aspectos clave de cada investigación, incluyendo:

- **Autor y año de publicación**
- **Diseño Metodológico**
- **Número, sexo y edad de los pacientes (muestra)**
- **Técnica y protocolo utilizados**
- **Funciones y pruebas evaluadas.**
- **Zona cerebral estimulada**
- **Resultados principales**
- **Seguridad y viabilidad clínica**
- **Limitaciones de estudio**

Tras la presentación de la tabla de los resultados obtenidos de los 20 artículos, se ofrece una revisión más exhaustiva de los mismos. Esta se ha realizado en base a los objetivos planteados al inicio de la investigación, y ofrece una interpretación más integra y clara de los datos.

5.1. AUTOR Y AÑO DE PUBLICACIÓN

La **Figura 4** muestra los años de publicación de los estudios seleccionados, cuyo rango abarca desde 2015 hasta 2025. Se observa un incremento notable en la cantidad de publicación a partir de **2020**, alcanzando un pico máximo en **2024**.

Este crecimiento indica un interés creciente y una mayor consolidación en el uso de técnicas como la EMT y la tDCS para el tratamiento del TDAH. En los primeros años, la mayoría de las investigaciones tenían carácter exploratorio y contaban con muestras pequeñas, mientras que en los años recientes se han implementado protocolos más sólidos, ensayos clínicos controlados y revisiones sistemáticas, lo que fortalece la base científica en esta área.

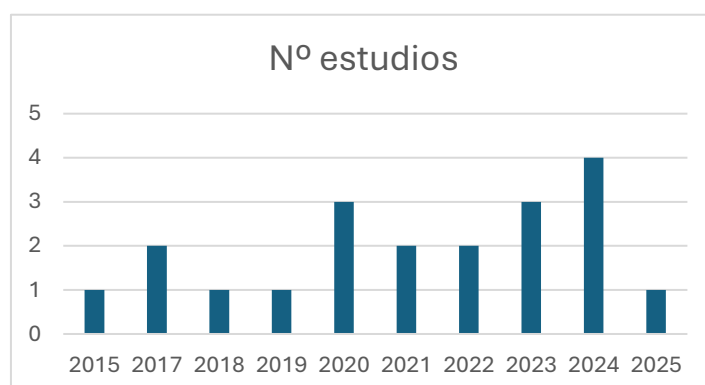


Figura 4. Años de publicación de los estudios

5.2. DISEÑO METODOLÓGICO

Según la **Figura 5**, se observa que el estudio más frecuente es **el ensayo clínico aleatorizado** representando el 50% de los estudios analizados (n=10), indicando una parte importante de la investigación en EMT y tDCS en pacientes con TDAH; son estudios experimentales controlados y con alto grado de rigor. Le siguen las **revisiones sistemáticas**, con un 20% (n=4) y **los metaanálisis puros** representan un 15% (n=3). Además, cabe destacar un grupo de que combina **revisión sistemática y metaanálisis**, donde se identifican un 10% de los

estudios (n=2). Finalmente, se identificó un único estudio que fue clasificado dentro de la categoría de **otro diseño experimental** (5%).

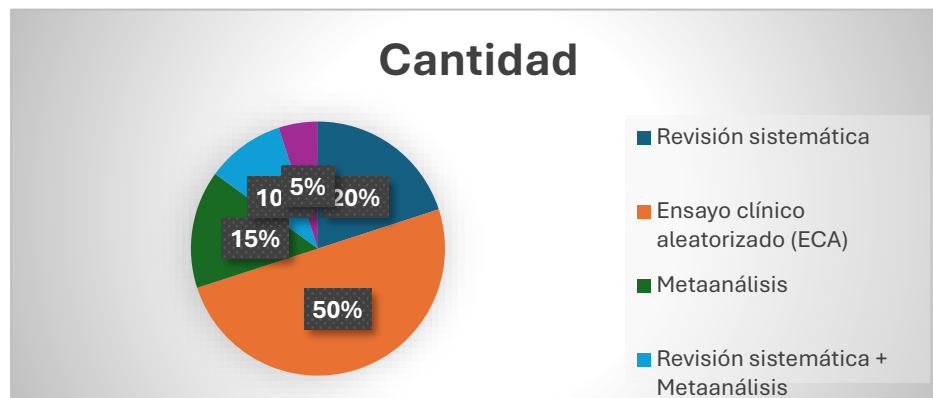


Figura 5. Estudios más frecuentes

5.3. MUESTRA

De los estudios analizados, se observa que la mayoría utilizan muestras pequeñas (< 20 participantes), limitando la generalización de resultados. Pero en algunos estudios cuentan con muestras medianas (oscila entre 20-60 participantes) y pocos alcanzan tamaños grandes (> 60 participantes) lo que proporciona una mayor solidez estadística

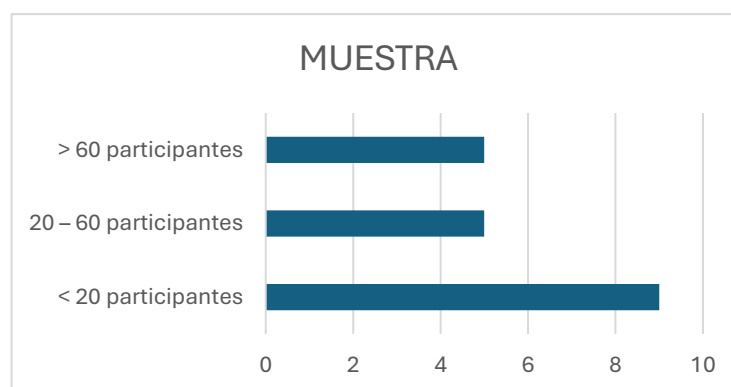


Figura 6. Participantes de las muestras

En cuanto a la **edad de la muestra**, los estudios incluyen niños y adolescentes en menos investigaciones.

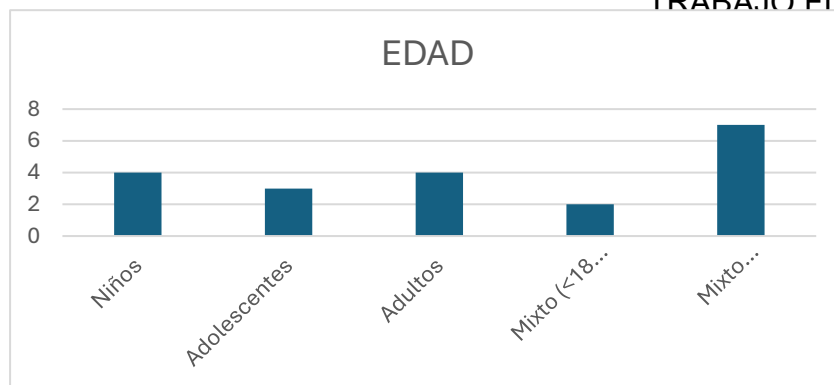


Figura 7. Edad de las muestras

Respecto al **sexo**, en los estudios que informan este dato se observa un claro predominio masculino, con proporciones de hasta tres varones por cada mujer, coherente con la prevalencia descrita en la literatura sobre el TDAH.

En cuanto a **la medicación**, varios estudios optaron por incluir pacientes sin medicación para evitar interferencias, sin embargo, otros incluyeron tanto pacientes medicados como no medicados, lo que puede generar una mayor heterogeneidad en los resultados.

5.4. TÉCNICA UTILIZADA Y PROTOCOLO

De los 20 estudios revisados, uno de ellos es excluido del conteo principal en esta categoría, debido a que no aplica una intervención específica, por lo que se considera un artículo general.

En cuanto a los 19 artículos restantes, se observa que la técnica más utilizada fue la **estimulación transcraneal por corriente directa (tDCS)**, presente en 11 estudios (58%), ya sea en formato anódico, con distintas intensidades (entre 1 y 2 mA), número de sesiones (de 1 a 28), y frecuentemente combinada con tareas cognitivas durante la estimulación. La **estimulación magnética transcraneal (TMS/rTMS/dTMS)**, empleada de forma exclusiva en 7 estudios (37%), con protocolos que incluyen diferentes frecuencias (baja, alta, theta-burst), número de sesiones (hasta 20) y, en algunos casos, combinaciones con tratamientos farmacológicos. Solo 1 estudio (**5%**) combina ambas técnicas (**tDCS y rTMS**) dentro del mismo protocolo experimental.

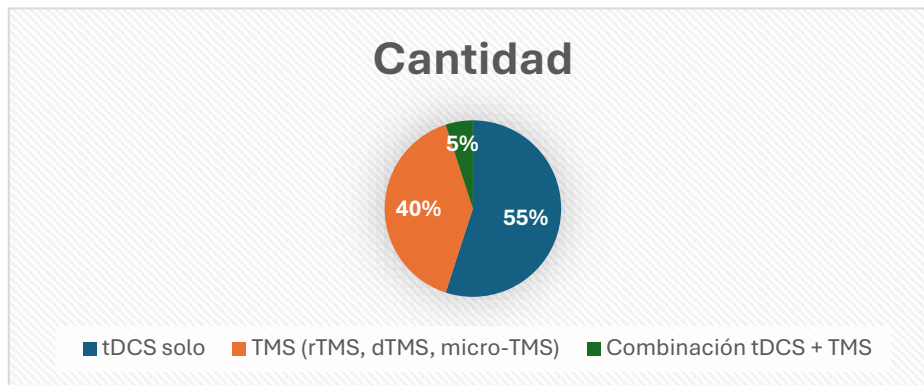


Figura 8. Técnicas utilizadas

Respecto a las **zonas cerebrales estimuladas**, se observa un patrón consistente:

- En los estudios que aplican **tDCS**, la zona más comúnmente estimulada es la corteza prefrontal dorsolateral izquierda (DLPFC izquierda), utilizada como punto de aplicación del ánodo en al menos nueve investigaciones, ya sea de forma aislada o combinada con otras áreas como la corteza orbitofrontal (OFC), la corteza prefrontal inferior derecha (rIFC) o la corteza prefrontal ventromedial (CPFvm).
- En cambio, en los estudios que aplican **TMS o rTMS**, la estimulación se concentra principalmente en la corteza prefrontal dorsolateral derecha (DLPFC derecha), que aparece mencionada explícitamente en cinco investigaciones. También se observan otras localizaciones, como la DLPFC izquierda, estimulación bilateral o zonas más específicas, según el protocolo utilizado.

Esta distribución de áreas puede observarse de forma más detallada en el apartado siguiente (**5.6 Área estimulada**), donde se analiza de manera específica y cuantificada la localización de la estimulación en todos los estudios.

5.5. FUNCIONES Y PRUEBAS EVALUADAS

Tras la revisión de los 20 estudios analizados, se observan una gran suma de funciones, se observa que la **atención** es, con diferencia, la función más explorada apareciendo en, en un 70 % (n=14) de los estudios, seguida de la

impulsividad y el control inhibitorio 55% cada una. (n=11). La **hiperactividad y la memoria de trabajo** aparecen en la mitad de los estudios aproximadamente (50%). Las funciones cognitivas más complejas, como las funciones ejecutivas, la velocidad de procesamiento y la flexibilidad cognitiva, son evaluadas menos frecuentemente (entre un 10-15%), y apenas se observa atención a la regulación emocional y a funciones lingüísticas, lo que indica un posible vacío o área a explorar en futuras investigaciones.

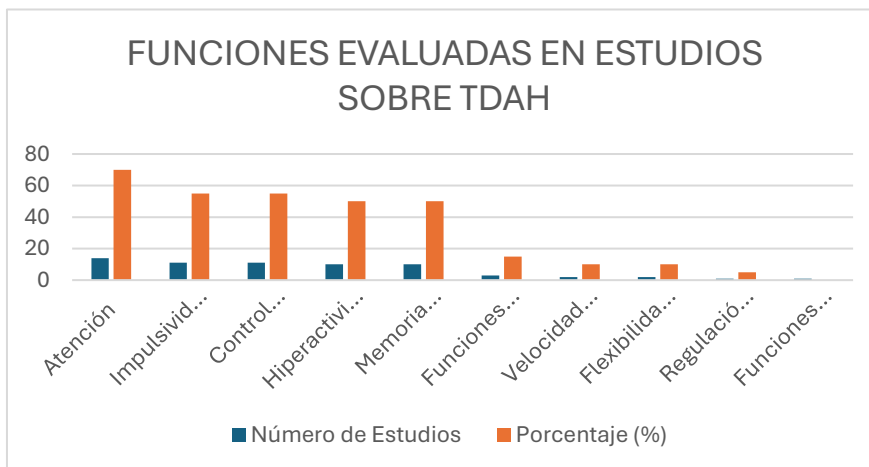


Figura 9. Funciones y pruebas evaluadas

Los estudios revisados utilizan principalmente escalas clínicas estandarizadas (DSM, Conners, SNAP) para valorar síntomas de TDAH como atención, hiperactividad e impulsividad. También aplican pruebas neuropsicológicas más frecuentes como Go/No-Go (control inhibitorio), N-back (memoria de trabajo), Stroop y CPT (atención). Algunas investigaciones, estas evaluaciones se complementan con técnicas neurofisiológicas como el EEG o la fNIRS, que permiten observar la actividad cerebral durante las tareas cognitivas.

5.6. ÁREA ESTIMULADA

La mayoría de los estudios se enfocan en la **corteza dorsolateral (DLPFC)**, destacando tanto el hemisferio derecho (11 estudios) como el izquierdo (12 estudios). La elección del hemisferio u otro refleja el papel central de esta región en las funciones cognitivas afectadas en las personas con TDAH, como atención y control ejecutivo, relevantes para la logopedia.

Algunos estudios (3) aplicaron estimulación bilateral de la DLPFC, buscando potenciar efectos terapéuticos. Otras regiones prefrontales, como la corteza orbitofrontal (OFC), el giro frontal inferior (rIFG) y la corteza prefrontal medial derecha (vmPFC), se estimulaban con menor frecuencia.

En conjunto, la DLPFC es la zona principal de estimulación, consolidándose como un área clave para las funciones.

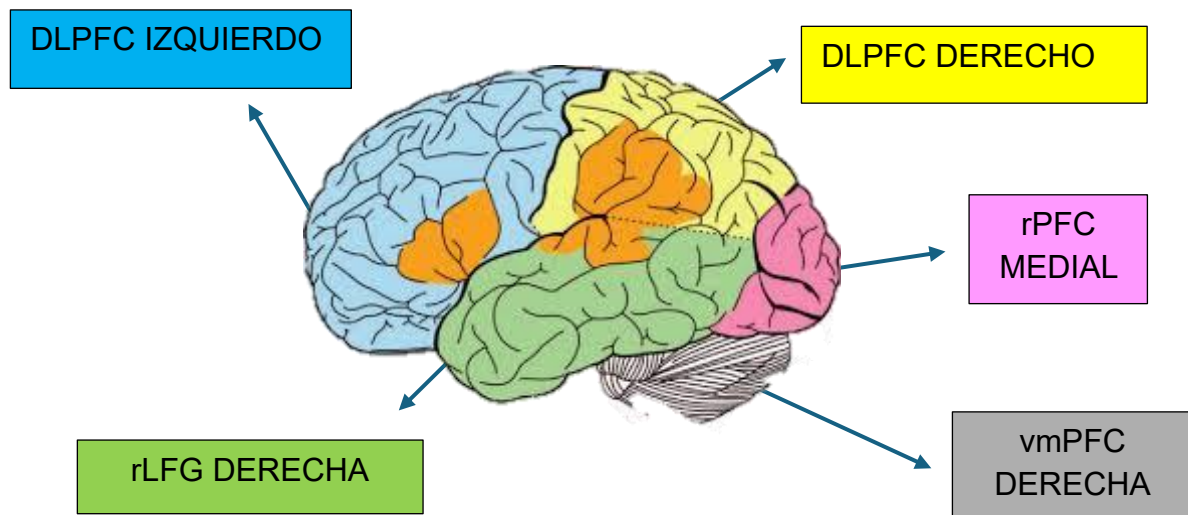


Figura 10. Áreas cerebrales.

Adaptado de *Studies on the situation of deaf students in Spain*, por FIAPAS, 2021 (<https://bibliotecafiapas.es/pdf/Monograph-Studies-on-the-situation-of-deaf-students-in-Spain-EN-2021.pdf>).

5.7. RESULTADOS PRINCIPALES

El análisis de los 20 estudios revela una tendencia hacia fomentar una mejora en los diversos síntomas y funciones cognitivas de las personas con TDAH mediante el uso de técnicas de neuromodulación no invasiva, como la estimulación magnética transcraneal (EMT/rTMS/dTMS) y la estimulación transcraneal por corriente directa (tDCS). Sin embargo, los hallazgos difieren en función del tipo de función evaluada, los parámetros de estimulación y las características de los participantes.

También se han documentado efectos positivos en otras funciones, como la memoria de trabajo, la velocidad de procesamiento y la fluidez verbal, aunque

estos resultados son más variables o limitados a indicadores específicos. Por el contrario, los beneficios sobre la impulsividad y la inatención clínica tienden a ser menos consistentes entre estudios.

La eficacia observada depende en gran medida del tipo de función evaluada, los parámetros de estimulación empleados y las características individuales de los participantes. En algunos casos, los efectos obtenidos fueron transitorios, y no siempre se hallaron diferencias estadísticamente significativas respecto al grupo placebo. Además, la combinación de la estimulación con tareas cognitivas o tratamientos farmacológicos, como la atomoxetina, parece influir en los resultados. Las limitaciones metodológicas, la falta de protocolos personalizados o el uso de sesiones únicas podrían explicar la ausencia de efectos en ciertos trabajos.

Efectos de la EMT y la tDCS en funciones cognitivas y lingüísticas en pacientes con TDAH

❖ ATENCIÓN:

La atención es una de las funciones cognitivas más estudiadas en los tratamientos con estimulación magnética transcraneal (EMT) y estimulación transcraneal por corriente directa (tDCS) en pacientes con TDAH, dado que constituye uno de los síntomas nucleares del trastorno. De los 20 estudios analizados, 14 evaluaron específicamente esta función, de los cuales 11 reportaron mejorías significativas en los niveles de inatención.

Entre los hallazgos más destacados, **Soff et al. (2017)** reportaron mejoras en la inatención tras cinco sesiones de tDCS anódica (1 mA, 20 minutos) aplicada sobre la corteza prefrontal dorsolateral izquierda (DLPFC). De forma similar, **Leffa et al. (2022)** observaron una reducción significativa en síntomas de inatención luego de 28 sesiones de tDCS (2 mA, 30 minutos diarios) sobre la DLPFC derecha. Por su parte, **Fu et al. (2025)** en un metaanálisis, informó que estas mejoras se mantenían tanto a corto como a largo plazo en pacientes tratados con rTMS, principalmente en la DLPFC derecha, y **Chen et al. (2023)** detectó un aumento en la atención sostenida a través del test de Stroop. De

manera complementaria, **Rubio et al. (2015)** y **Cosmo et al. (2020)** encontraron progresos en el rendimiento de tareas como Go/No-Go y CPT. Asimismo, **Nagy et al. (2022)** evidenció una disminución en los síntomas atencionales cuando se combinó la estimulación con tratamiento farmacológico (atomoxetina).

Por otro lado, dos estudios no reportaron mejoras significativas en atención. **Westwood et al. (2021)** no observaron diferencias significativas en atención tras la aplicación de tDCS, aunque el rTMS mostró resultados mixtos. **Chen et al. (2024)** encontraron que la estimulación rTMS no mejoró significativamente los síntomas globales de TDAH; solo mostró mejoría cuando se aplicó en la corteza prefrontal derecha (rPFC).

❖ MEMORIA

De los 20 estudios incluidos, 10 evaluaron funciones relacionadas con la memoria, principalmente memoria de trabajo y memoria emocional.

Entre ellos, tres estudios mostraron mejorías significativas en memoria tras la aplicación de EMT o tDCS. **Estaji et al. (2024)** observaron mejoras en la memoria de trabajo emocional con tDCS anódica en DLPFC izquierda y catódica en vmPFC derecha. Por su parte, **Salehinejad et al. (2019)** describió una ligera mejora en la velocidad de respuesta en tareas de memoria de trabajo tras tDCS en DLPFC izquierda o bilateral. Además, **Rubio et al. (2015)**, en su revisión sistemática, señaló progresos en memoria y funciones ejecutivas asociadas a la estimulación magnética.

En contraste, varios estudios no evidenciaron mejorías significativas. **Allenby et al. (2018)** no observaron cambios en memoria de trabajo tras tDCS en DLPFC izquierda y **Chen et al. (2023)**, en un metaanálisis, indicó que rTMS no produjo efectos significativos en memoria de trabajo ni funciones ejecutivas. De la misma manera, **D'Aiello et al. (2023)** reportó que tDCS no mejoró la memoria visoespacial en comparación con placebo, tras una sesión única.

❖ CONTROL INHIBITORIO E IMPULSIVIDAD

El control inhibitorio y la impulsividad son dos dimensiones interrelacionadas que adquieren especial relevancia en el TDAH, dado que la dificultad para frenar respuestas impulsivas es una manifestación clínica habitual. Por ello, en la

literatura científica y en la práctica clínica suelen evaluarse de manera conjunta, ya que el control inhibitorio actúa como un regulador de la impulsividad.

El control inhibitorio fue evaluado en 12 de los 20 estudios analizados, mientras que la impulsividad fue medida en 11 investigaciones. En relación con el control inhibitorio, la mayoría de ellos informaron mejoras significativas tras la aplicación de técnicas de estimulación, sobre todo con tDCS anódica dirigida a la DLPFC izquierda. En esta línea, **Salehinejad et al. (2019)** encontraron un aumento en la precisión en tareas de inhibición, y **Cosmo et al. (2020)**, así como **Salehinejad et al. (2020)**, reportaron buenos resultados en tareas como Go/No-Go y Stroop. **Estaji et al. (2024)**, además, observaron mejoras específicas en la inhibición emocional.

En cuanto a la impulsividad, varios estudios indicaron una reducción significativa en síntomas y conductas impulsivas. Por ejemplo, **Soff et al. (2017)** mostró mejoras en impulsividad después de realizar cinco sesiones de tDCS sobre DLPFC izquierdo, y **Allenby et al. (2018)** informaron de una disminución en errores relacionados con impulsividad en tareas cognitivas tras tDCS anódica. **Leffa et al. (2022)** y **Nagy et al. (2022)** también evidenciaron efectos positivos sobre la impulsividad en sus protocolos.

No obstante, algunos estudios como **Westwood et al. (2021)** no encontraron efectos significativos en el control inhibitorio o la impulsividad, lo que podría deberse a diferencias en protocolos, muestras o duración del tratamiento. De manera similar, **D'Aiello et al. (2023)** no observaron mejoras significativas en control inhibitorio con tDCS, aunque sí con metilfenidato.

❖ **FUNCIONES EJECUTIVAS**

Cinco estudios evaluaron funciones ejecutivas, incluyendo la flexibilidad cognitiva en pacientes con TDAH tratados con EMT o tDCS. De ellos, solo **Salehinejad et al. (2020)** mostraron mejoras significativas en flexibilidad cognitiva tras la aplicación de tDCS anódica en la DLPFC izquierda. Sin embargo, **Westwood et al. (2021)**, **Leffa et al. (2022)** y **Chen et al. (2023)** no encontraron efectos significativos en este dominio tras la aplicación de

estimulación. **Rubio et al. (2015)** evaluó funciones ejecutivas sin observar cambios relevantes.

❖ HABILIDADES LINGÜÍSTICAS

Aunque la mayoría de los estudios revisados se han centrado principalmente en las funciones ejecutivas, también se han identificado investigaciones que reportan mejoras significativas en habilidades lingüísticas específicas tras la aplicación de estimulación cerebral no invasiva.

Uno de los hallazgos más relevante es el estudio de **Nejati et al. (2023)**, donde se observó tanto la fluidez verbal fonémica como semántica en niños con TDAH (6 y 12 años), tras la **aplicación de tDCS** anódica sobre el dIPFC izquierdo, dIPCF derecho e IFG derecho, las cuales son zonas que están relacionadas con el procesamiento y la producción del lenguaje. La investigación demuestra que la estimulación anódica dirigida a distintas áreas del lóbulo frontal (dIPFC izquierdo y derecho, e IFG derecho) mejora el acceso al léxico, la producción verbal organizada y el control ejecutivo del lenguaje.

Además, el estudio distingue cómo cada región cerebral influye en una función verbal específica: **dIPFC derecho** y el **IFG derecho** mejoran la fluidez semántica al facilitar procesos como la inhibición de distractores y la categorización conceptual, mientras que el **dIPFC izquierdo** se relaciona con la fluidez fonémica, al implicar memoria de trabajo verbal, **dIPFC derecho** y el **IFG derecho** mejoran la fluidez semántica al facilitar procesos como la inhibición de distractores y la categorización conceptual. Este hallazgo apoya la hipótesis de que la tDCS puede **modular selectivamente funciones lingüísticas** relevantes para la intervención logopedia, ofreciendo una vía complementaria no farmacológica especialmente útil en población.

5.8 SEGURIDAD Y VIABILIDAD

Tras la revisión de los estudios, se observa que ambas técnicas se consideran seguras y bien toleradas. Bien es cierto que presentan algún efecto adverso leve

y transitorio como cefaleas, picazón o molestias en la zona del electrodo. No se reportan efectos adversos ni convulsiones. La tDCS se destaca por ser más accesible y económica que la EMT, lo que favorece su aplicación clínica.

5.9 LIMITACIONES

Los estudios revisados presentan diversas limitaciones importantes. Entre ellas, destaca el escaso tamaño muestral y la inclusión de subgrupos muy específicos, lo que limita la posibilidad de generalizar los resultados a una población más amplia. Además, la ausencia de seguimientos a largo plazo dificulta evaluar la durabilidad de los efectos observados. También existe una considerable heterogeneidad en los diseños metodológicos, protocolos y criterios utilizados, especialmente en estudios pediátricos, lo que complica la comparación entre investigaciones y la realización de metaanálisis.

Desde el punto de vista técnico, la baja resolución espacial de la tDCS puede provocar la estimulación de áreas cerebrales no deseadas. Asimismo, en varios estudios no se combinaron las técnicas con tareas cognitivas activas, y problemas como electrodos secos o interferencias pueden haber afectado la calidad de los datos obtenidos.

Por otro lado, algunos trabajos carecen de procedimientos rigurosos como el doble ciego, la presencia de grupos control o la aleatorización, lo que puede generar sesgos en los resultados, siendo poco fiables. La evaluación de funciones clave suele ser incompleta y en muchos casos se recurre a autoinformes subjetivos. Además, no siempre se consideran los distintos subtipos de TDAH ni las comorbilidades, lo que limita la personalización de los tratamientos. En definitiva, estos aspectos evidencian la necesidad de realizar investigaciones con muestras más amplias, diseños longitudinales y metodologías más rigurosas que permitan obtener conclusiones más sólidas y aplicables.

6. DISCUSIÓN

Los hallazgos sugieren que tanto la estimulación magnética transcraneal (EMT) como la estimulación transcraneal por corriente directa (tDCS) tienen un gran potencial en la mejora de las funciones cognitivas y del lenguaje afectadas en pacientes con TDAH. Coincidiendo con el objetivo principal de este trabajo, que es analizar la eficacia de estas técnicas como complementos no farmacológicos en la intervención logopédica.

En cuanto a la **atención**, se evidencia en sus diferentes dimensiones (sostenida, selectiva y ejecutiva), tras la aplicación de EMT y tDCS, especialmente cuando se focaliza la estimulación en la corteza prefrontal dorsolateral (DLPFC). Cabe destacar la importancia de la lateralidad cerebral: la estimulación en la DLPFC derecha ha mostrado mayor consistencia en la mejora de la atención como señalan como señalan, Leffa et al. (2022) y Fu et al. (2025), mientras que la DLPFC izquierda está más relacionada con mejoras en el control inhibitorio y la memoria de trabajo, según reportan Soff et al. (2017) y otros autores.

La mejora en esta función es crucial en el ámbito logopédico, ya que ayuda a los pacientes a mantener centrados, comprender órdenes e instrucciones. Sin embargo, los estudios muestran una gran variedad en los protocolos, lo que hace complicado establecer un estándar para su uso en clínica.

En cuanto a la **memoria de trabajo**, la estimulación anódica sobre la DLPFC izquierda parece facilitar tanto el procesamiento como la retención de información verbal y espacial, aspectos fundamentales para el desarrollo lingüístico (Estaji et al., 2024; Salehinejad et al., 2019). Esto destaca el potencial de la EMT y la tDCS como herramientas complementarias a la intervención logopédica convencional, especialmente en pacientes que presentan dificultades relacionadas con la sintaxis o la organización del discurso (Rubio et al., 2015).

Respecto al **control inhibitorio y la impulsividad**, ambas funciones presentan mejora significativa tras la estimulación de estas técnicas, pero particularmente con tDCS anódica en la DLPFC izquierda, como señala Salehinejad et al. (2019). La capacidad para inhibir respuestas inapropiadas es fundamental en la dinámica de la interacción comunicativa, lo que subraya la importancia de incorporar la estimulación cerebral dentro de programas terapéuticos integrales para el TDAH.

En lo que se refiere a las habilidades lingüísticas, aunque se ha podido observar que son menos estudiadas, destacan hallazgos como los de Nejati et al. (2023), quienes muestran mejoras en la fluidez verbal semántica y fonémica en niños con TDAH, tras la estimulación de tDCS en la región vinculada al procesamiento y producción del lenguaje, como el DIPFC y el IFG derecho. Este estudio sugiere que esta técnica puede servir para complementar la terapia logopédica actuando directamente sobre procesos lingüísticos específicos.

Ambas técnicas demuestran eficacia y seguridad, observando efectos secundarios leves y transitorios. (Rubio et al., 2015; Cosmo et al., 2020). Sin embargo, la tDCS es más accesible y económica, favoreciendo su aplicación clínica. La EMT requiere protocolos más específicos y mayor complejidad técnica. Aun así, es necesario estandarizar y personalizar ambos métodos para maximizar sus beneficios según las necesidades individuales.

Por otro lado, las limitaciones metodológicas y técnicas presentes en los estudios revisados son notables. La heterogeneidad en el tamaño muestral, diseño experimental, duración y frecuencia de las sesiones, así como la falta de doble ciego y grupos control en algunos casos, dificultan la generalización y comparación de resultados. Técnicamente, la baja resolución espacial de la tDCS puede afectar áreas cerebrales no deseadas, y existen desafíos técnicos como electrodos secos o ruido que afectan la calidad de los datos. Asimismo, la mayoría de los estudios no combinan la estimulación con tareas cognitivas activas durante la sesión, lo que podría potenciar la plasticidad neuronal.

Finalmente, el papel del logopeda en la aplicación de estas técnicas no invasivas es fundamental para la supervisión, personalización y seguimiento del tratamiento, integrando los beneficios de la neuromodulación en planes terapéuticos multidisciplinarios y personalizados que mejoren la calidad de vida de los pacientes con TDAH. Este hecho representa un cambio de paradigma en la terapia logopédica, integrando la neuromodulación como complemento no farmacológico que amplía las posibilidades terapéuticas y promueve un abordaje más integral y multidisciplinar del TDAH.

7. CONCLUSIONES

El objetivo principal de este trabajo consiste en realizar una revisión exhaustiva y sistemática la efectividad de la Estimulación Magnética Transcraneal (EMT) y de la Estimulación Transcraneal por Corriente Directa (tDCS) como complementos no farmacológicos en el tratamiento de funciones cognitivas y lingüísticas en pacientes con TDAH desde una perspectiva logopédica.

Las conclusiones extraídas de este trabajo se han elaborado de los resultados obtenidos, siguiendo los diferentes objetivos planteados y son:

1. Los estudios analizados evidencian las técnicas de estimulación transcraneal ayudan a favorecer la mejora de las funciones cognitivas esenciales en personas con TDAH, como la atención en todas sus dimensiones: sostenida, selectiva y ejecutiva, la memoria de trabajo, el control inhibitorio, relacionado con la impulsividad. Estos avances no solo benefician el rendimiento cognitivo general, sino que también tienen un impacto directo en el aprendizaje y la comunicación.
2. Aunque la investigación sobre las funciones lingüísticas es aún limitada, los primeros resultados con tDCS apuntan a mejoras en la fluidez verbal, la expresión oral y la organización del discurso. En el caso de la EMT, todavía faltan estudios centrados en el lenguaje, aunque se reconoce un potencial relevante que merece ser explorado en futuras investigaciones.
3. El uso de EMT y tDCS supone un cambio de paradigma terapéutico hacia alternativas no farmacológicas, accesibles y seguras, lo que las convierte en herramientas prometedoras para integrarse dentro de un enfoque multidisciplinar. Además, permiten adaptar los protocolos a las necesidades de cada paciente, lo cual es especialmente útil en el ámbito de la logopedia.
4. La aplicación de estas técnicas de estimulación influye de manera positiva en la calidad de vida de los pacientes con TDAH, al potenciar las funciones cognitivas y lingüísticas que son esenciales para la comunicación y el rendimiento académico y social. No obstante, resulta fundamental establecer

protocolos estandarizados y llevar a cabo un seguimiento prologado para asegurar la eficacia y durabilidad de estos efectos.

5. El papel del logopeda en la aplicación de técnicas como la EMT y la tDCS dentro de programas terapéuticos integrales no recibe el reconocimiento que se merece. Su participación activa en la planificación, ejecución y seguimiento de estas intervenciones es fundamental para garantizar tratamientos personalizados y efectivos, que integren de forma equilibrada la neuromodulación con la terapia logopédica tradicional. Es imprescindible que el logopeda lidere la integración de estas herramientas, fortaleciendo así un abordaje innovador y multidisciplinar del TDAH.

Por último, a pesar de los avances evidenciados en los distintos estudios, sigue sin existir un consenso claro sobre cuáles son las áreas cerebrales más adecuadas para ser estimuladas mediante EMT y tDCS en pacientes con TDAH. Esto subraya la necesidad de continuar la investigación con metodologías rigurosas y un enfoque más estandarizado para consolidar y optimizar el uso clínico de la EMT y la tDCS en el tratamiento del TDAH.

En definitiva, la EMT y tDCS no sustituyen la labor logopédica, sino que la refuerzan. Su combinación con la intervención tradicional puede suponer un paso adelante en el tratamiento del TDAH, contribuyendo a mejorar la calidad de vida de los pacientes y ampliando el abanico de posibilidades terapéuticas más allá del uso exclusivo de medicamentos.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allenby, C., Falcone, M., Bernardo, L., Wileyto, E. P., Rostain, A., Ramsay, J., Lerman, C., & Loughhead, J. (2018). Transcranial direct current brain stimulation decreases impulsivity in ADHD. *Brain Stimulation*, 11(5), 974-981. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2018.04.016>
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5th ed.). American Psychiatric Publishing.
- Barker, A. T., Jalinous, R., & Freeston, I. L. (1985). **Non-invasive magnetic stimulation of human motor cortex**. *The Lancet*, 325(8437), 1106–1107. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(85\)92413-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(85)92413-4)
- Cachoeira, C. T., Leffa, D. T., Mittelstadt, S. D., Mendes, L. S. T., Brunoni, A. R., Pinto, J. V., ... & Schestatsky, P. (2017). Positive effects of transcranial direct current stimulation in adult patients with attention-deficit/hyperactivity disorder A pilot randomized controlled study. *Psychiatry Research*, 247, 28-32.
- Chen, Y.-H., Liang, S.-C., Sun, C.-K., Cheng, Y.-S., Tzang, R., Chiu, H., Wang, M.-Y., Cheng, Y.-C., & Hung, K.-C. (2023). A meta-analysis on the therapeutic efficacy of repetitive transcranial magnetic stimulation for cognitive functions in attention-deficit/hyperactivity disorders. *BMC Psychiatry*, 23, 756. <https://doi.org/10.1186/s12888-023-05261-2>
- Chen, C., Liang, S., Sun, C., Cheng, Y., & Hung, K. (2024). A meta-analysis of randomized sham-controlled trials of repetitive transcranial magnetic stimulation for attention-deficit/hyperactivity disorder. *Brazilian Journal Of Psychiatry*. <https://doi.org/10.47626/1516-4446-2023-3428>
- Cosmo, C., DiBiasi, M., Lima, V., Grecco, L. C., Muszkat, M., Philip, N. S., & De Sena, E. P. (2020). A systematic review of transcranial direct current stimulation effects in attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal Of Affective Disorders*, 276, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2020.06.05>
- D'Aiello, B., Lazzaro, G., Battisti, A. J., Pani, P., Silvia Di Vara, Pietro De Rossi, Italo Pretelli, Costanzo, F., Vicari, S., & Menghini, D. (2023).



- Methylphenidate is more effective to improve inhibitory control and working memory compared to tDCS in children and adolescents with attention deficit/hyperactivity disorder: a proof-of-concept study. *Frontiers in Neuroscience*, 17. <https://doi.org/10.3389/fnins.2023.1170090>
- Estaji, R., Hosseinzadeh, M., Arabgol, F., & Nejati, V. (2024). Transcranial direct current stimulation (tDCS) improves emotion regulation in children with attention-deficit hyperactivity disorder (ADHD). *Scientific Reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-64886-9>
- Faraone, S. V., Perlis, R. H., Doyle, A. E., Smoller, J. W., Goralnick, J. J., Holmgren, M. A., & Sklar, P. (2005). Molecular Genetics of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Biological Psychiatry*, 57(11), 1313-1323. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2004.11.024>
- FIAPAS. (2021). Studies on the situation of deaf students in Spain (Monographic). Federación Española de Familias de Personas Sordas. <https://bibliotecafiapas.es/pdf/Monograph-Studies-on-the-situation-of-deaf-students-in-Spain-EN-2021.pdf>
- Fu, B., Zhou, X., Zhou, X., Li, X., Chen, Z., Zhang, Y., & Du, Q. (2025). Efficacy and Safety of Transcranial Magnetic Stimulation for Attention-Deficit Hyperactivity Disorder: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Brain and Behavior*, 15(1). <https://doi.org/10.1002/brb3.70246>
- Instituto INCIA. (s.f.). *Unidad neurocognitiva – TDAH* [Imagen]. Instituto INCIA. <https://institutoincia.es/nuestras-areas/unidad-neurocognitiva/tdah/>
- L, R. M., JA, L. V., M, G. R., AM, S. M., MT, M. R., & F, R. S. (s. f.-b). *Estudio psicométrico-clínico de prevalencia y comorbilidad del trastorno por déficit de atención con hiperactividad en Castilla y León (España)*. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1139-76322009000200006
- Leffa, D. T., Grevet, E. H., Bau, C. H. D., Schneider, M., Ferrazza, C. P., Da Silva, R. F., Miranda, M. S., Picon, F., Teche, S. P., Sanches, P., Pereira, D.,

- Rubia, K., Brunoni, A. R., Camprodon, J. A., Caumo, W., & Rohde, L. A. (2022). Transcranial Direct Current Stimulation vs Sham for the Treatment of Inattention in Adults With Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *JAMA Psychiatry*, 79(9), 847. <https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2022.2055>
- León Ruiz, M., Sospedra, M., Arce Arce, S., Tejeiro-Martínez, J., & Benito-León, J. (2018). Evidencias actuales sobre las potenciales aplicaciones terapéuticas de la estimulación magnética transcraneal en la esclerosis múltiple: Revisión sistemática de la literatura. *Neurología*. <https://doi.org/10.1016/j.nrl.2018.03.023>
- Mahjoubnavaz, F., Khosrowabadi, E., Latifi, S., Daroughe Kazem, Y., Gholizadeh Soltani, J., Khalilpour, H., & Soleymani, F. (2024). Effect of Low-intensity Transcranial Magnetic Stimulation on Response Inhibition of Adults With Attention-deficit/Hyperactivity Disorder. *Basic and Clinical Neuroscience Journal*, 15(4), 531–540. <https://doi.org/10.32598/bcn.2022.4707.1>
- Malavera M, Silva F, García R, Rueda L, Carrillo S. Fundamentos y aplicaciones clínicas de la estimulación magnética transcraneal en neuropsiquiatría. *Revista Colombiana Psiquiatría*. 2014;43(1): 32-39.
- Maldonado, A., Benito, A., & Gálvez, J. E. (2013). *Uso de la estimulación cerebral no invasiva: bases neurofisiológicas y aplicaciones clínicas* [PDF]. Recuperado de [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/31335983/Uso de la estimulacion cerebral no invasiva-libre.pdf](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/31335983/Uso_de_la_estimulacion_cerebral_no_invasiva-libre.pdf)
- Martínez-Pérez, R., Bermejo, P., & García, A. (2019). Uso de la estimulación cerebral no invasiva en el trastorno por déficit de atención e hiperactividad. *Revista de Neurología*, 68(4), 141-150. [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/31335983/Uso de la estimulacion cerebral no invasiva-libre.pdf](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/31335983/Uso_de_la_estimulacion_cerebral_no_invasiva-libre.pdf)
- Memon, A. M. (2021b, enero 1). *Transcranial Magnetic Stimulation in Treatment of Adolescent Attention Deficit/Hyperactivity Disorder: A Narrative Review of Literature*. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8195561/>



- Nagy, N. A. S., Amin, G. R., Khalil, S. A., Mahmoud, D. A. M., Elkholy, H., & Shohdy, M. (2022). The therapeutic role of repetitive transcranial magnetic stimulation in children with attention deficit/hyperactivity disorder in Egypt a randomized sham controlled clinical trial. *Middle East Current Psychiatry*, 29(1). <https://doi.org/10.1186/s43045-022-00210-3>
- Nejati, V., Estaji, R., & Helisaz, Z. (2023). Transcranial Direct-Current Stimulation Improves Verbal Fluency in Children with Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD). *Brain Sciences*, 13(9), 1257. <https://doi.org/10.3390/brainsci13091257>
- Nitsche, M. A., & Paulus, W. (2000). Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation. *The Journal of Physiology*, 527(3), 633–639. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2000.t01-1-00633.x>
- Nogrady, B. (2023). *Una terapia magnética para la depresión logra más precisión.* Knowable Magazine. <https://www.knowablemagazine.org/article/mind/2023/magnetic-therapy-depression-precision>
- Pascual-Leone, A., Walsh, V., & Rothwell, J. (2005). Transcranial magnetic stimulation in cognitive neuroscience — virtual lesion, chronometry, and functional connectivity. *Current Opinion in Neurobiology*, 15(2), 232–237. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2005.03.004>
- Quintero, J., & Castaño de la Mota, C. (2014). Introducción y etiopatogenia del trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH). *Pediatría Integral*, (9), 655–660.
- Rossi, S., Hallett, M., Rossini, P. M., & Pascual-Leone, A. (2009). Safety, ethical considerations, and application guidelines for the use of transcranial magnetic stimulation in clinical practice and research. *Clinical Neurophysiology*, 120(12), 2008–2039. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2009.08.019>
- Rubio, B., Boes, A. D., Laganieri, S., Rotenberg, A., Jeurissen, D., & Pascual-Leone, A. (2015). Noninvasive Brain Stimulation in Pediatric Attention-

- Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD). *Journal Of Child Neurology*, 31(6), 784-796. <https://doi.org/10.1177/0883073815615672>
- Salehinejad, M. A., Nejati, V., Mosayebi-Samani, M., Mohammadi, A., Wischnewski, M., Kuo, M., Avenanti, A., Vicario, C. M., & Nitsche, M. A. (2020). Transcranial Direct Current Stimulation in ADHD: A Systematic Review of Efficacy, Safety, and Protocol-induced Electrical Field Modeling Results. *Neuroscience Bulletin*, 36(10), 1191-1212. <https://doi.org/10.1007/s12264-020-00501-x>
- Salehinejad, M. A., Wischnewski, M., Nejati, V., Vicario, C. M., & Nitsche, M. A. (2019). Transcranial direct current stimulation in attention-deficit hyperactivity disorder: A meta-analysis of neuropsychological deficits. *PLOS ONE*, 14(4), e0215095. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215095>
- Steen-García, L., Franco-Jiménez, R., & Ibáñez-Alfonso, J. A. (2024). *Transcranial direct current stimulation (tDCS) in adults with attention deficit hyperactivity disorder: A systematic review*. *Revista de Neurología*, 79(9), 239–246. <https://doi.org/10.33588/rn.7909.2024294>
- Soff, C., Sotnikova, A., Christiansen, H., Becker, K., & Siniatchkin, M. (2016). Transcranial direct current stimulation improves clinical symptoms in adolescents with attention deficit hyperactivity disorder. *Journal of Neural Transmission*, 124(1), 133–144. <https://doi.org/10.1007/s00702-016-1646-y>
- Wang, J., Zou, Z., Huang, H., Zhang, Y., He, X., Su, H., Wang, W., Chen, Y., & Liu, Y. (2024). Effects of repetitive transcranial magnetic stimulation on prefrontal cortical activation in children with attention deficit hyperactivity disorder: a functional near-infrared spectroscopy study. *Frontiers In Neurology*, 15. <https://doi.org/10.3389/fneur.2024.1503975>
- Westwood, S. J., Bozhilova, N., Criaud, M., Lam, S., Lukito, S., Wallace-Hanlon, S., Kowalczyk, O. S., Kostara, A., Mathew, J., Wexler, B. E., Kadosh, R. C., Asherson, P., & Rubia, K. (2021). The effect of transcranial direct current stimulation (tDCS) combined with cognitive training on EEG



spectral power in adolescent boys with ADHD: A double-blind, randomized, sham-controlled trial. *IBRO Neuroscience Reports*, 12, 55-64. <https://doi.org/10.1016/j.ibneur.2021.12.005>

Westwood, S. J., Radua, J., & Rubia, K. (2020). Noninvasive brain stimulation in children and adults with attention-deficit/hyperactivity disorder: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Psychiatry & Neuroscience*, 46(1), E14–E33. <https://doi.org/10.1503/jpn.190179>

ANEXOS

ANEXO I: Tabla 2. RESULTADOS

Tabla 2. Resultados

AUTOR Y AÑO	DISEÑO	MUESTRA	TÉCNICA Y PROTOCOLO	FUNCIONES Y PRUEBAS EVALUADAS	ÁREA	RESULTADOS	SEGURIDAD Y VIABILIDAD	LIMITACIONES
Rubio et al. (2015)	Revisión sistemática	Niños y adolescentes con TDAH (<18 años)	TMS (pulso único, pareado, theta-burst), rTMS, tDCS. Se mencionan tACS y tRNS como técnicas emergentes.	Atención, hiperactividad, impulsividad, control inhibitorio, memoria de trabajo y funciones ejecutivas.	DLPFC	- TMS útil como herramienta diagnóstica para medir inhibición cortical alterada en TDAH (SICI). - rTMS y tDCS con potencial terapéutico para modular corteza prefrontal. - Estudios preliminares muestran mejoras en atención y control inhibitorio.	-Efectos adversos leves y poco frecuentes como cefaleas y molestias en el cuero cabelludo. -La tDCS más accesible, económica y mejor tolerada que rTMS. -Necesidad de protocolos claros y supervisión.	-Escasez de ensayos grandes. -Protocolos no estandarizados. -Heterogeneidad metodológica. -Falta de seguimiento a largo plazo.
Soff et al. (2017)	Estudio aleatorizado, doble ciego, cruzado y controlado con placebo	15 adolescentes con TDAH. (12-16 años) Sin medicación durante el estudio. 12 varones y 3 mujeres.	tDCS anódica y simulada (5 sesiones, 20 min/día, 1 mA). Tarea cognitiva durante la estimulación.	Atención, hiperactividad, impulsividad y variabilidad del tiempo de reacción. Mediante escalas estandarizadas y pruebas neuropsicológicas como Qb-Test.	DLPFC Izquierdo	Mejoras significativas en inatención e hiperactividad tras el tratamiento. No hubo cambios en impulsividad. Menor variabilidad del tiempo de reacción. Efectos mantenidos a los 7 días	Bien tolerada. El efecto adverso más común: hormigueo o picazón leve	Número limitado de sesiones, falta de seguimiento a largo plazo, no se evaluaron efectos combinados con tareas cognitivas activas

Abreviaturas: 1. TMS: Estimulación Magnética Transcraneal. 2. rTMS: Estimulación Magnética Transcraneal repetitiva. 3. tACS: Estimulación Transcraneal por Corriente Alterna. 4. tRNS: Estimulación Transcraneal con Ruido Aleatorio. 5. DLPFC: Corteza prefrontal dorsolateral. 6. tDCS: Estimulación Transcraneal de Corriente Directa.

Tabla 2. Resultados (continuación).

Cachoeira et al. (2017)	Ensayo clínico aleatorizado, doble ciego y controlado con placebo	17 pacientes (18- 45 años) con TDAH. Sin tratamiento farmacológico reciente.	tDCS (de 2 mA durante 20 min/d durante 5 días. Sin tareas cognitivas. Grupo placebo con simulación.	Síntomas de TDAH (ASRS), discapacidad funcional (SDS)	<u>Ánodo:</u> DLPFC derecho <u>Cátodo:</u> DLPFC izquierdo	Mejoras en inatención y discapacidad funcional. No mejora significativa en impulsividad/ hiperactividad. Tendencia positiva general	Un efecto adverso leve reportado (cambio de humor transitorio en el grupo activo).	Muestra reducida, uso de autoinformes, y baja resolución espacial de la tDCS, que puede afectar áreas cerebrales cercanas no intencionadas.
Allenby et al. (2018)	Ensayo clínico, cruzado, doble ciego, contrabalanceado	37 adultos con TDAH (18-65 años), con y sin medicación estimulante, subtipos inatento y combinado	tDCS (anódica, 2 mA) 3 sesiones, 20 min, durante tareas cognitivas.	Impulsividad (CPT), inhibición de la respuesta (SST), y memoria de trabajo (N-back)	DLPFC izquierda	Reducción significativa de errores por falsos positivos en CPT (mejora impulsividad), efecto transitorio. No mejora en significativas en el control inhibitorio (SST) ni en la memoria de trabajo (N-back).	Bien tolerada. Presentan efectos secundarios leves: (hormigueo, picor)	Efecto beneficioso transitorio; no mejora otras funciones clave; tamaño muestral pequeño; posible sesgo por conocimiento del grupo.
Salehinejad et al. (2019)	Metaanálisis	10 estudios (11 experimentos), grupo control placebo, doble ciego en la mayoría. Pacientes 3-65 años, diversos subtipos, medicados y no.	tDCS	Control inhibitorio y la memoria de trabajo. Pruebas neuropsicológicas variadas.	DLPFC izquierdo, bilateral. rIFG derecho	La tDCS anódica sobre dIPFC izquierdo o bilateral mejora la precisión en el control inhibitorio ; no mejora significativamente la función en rIFG. No se observan mejoras globales en memoria de trabajo, salvo ligera mejora en velocidad de respuesta en memoria de trabajo.	Bien tolerada, sin efectos secundarios adversos.	Pocos estudios con protocolos heterogéneos; falta personalización según subtipo TDAH; resultados limitados a corto plazo; no evalúa otras funciones cognitivas

Abreviaturas:1. tDCS: Estimulación Transcraneal de Corriente Directa. 2. ASRS: Escala de autoinforme del TDAH en adultos. 3. SDS: Escala de discapacidad de Sheehan 4. DLPFC: Corteza prefrontal dorsolateral. 5. CPT: Conners Continuous Performance Task. 6. SST: Stop Signal Task. 7. N-BACK: Tarea N- back. 8.rIFG: Giro frontal inferior derecho.

Tabla 2. Resultados (continuación).

Cosmo et al. (2020)	Revisión sistemática.	11 estudios Niños, adolescentes y adultos con TDAH	tDCS anódica (1–2 mA), de 1 a 15 sesiones, 20–30 min. DLPFC izquierda y OFC, catódica en otras áreas. Un estudio con estimulación bilateral.	Atención, control inhibitorio, memoria de trabajo y parámetros neurofisiológicos (Tarea Go/No-Go, CPT, Tarea N-back, Stroop, EEG, fNIRS, entre otras).	DLPFC izquierdo, OFC derecho y rIFG; en 1 estudio estimulación bilateral	Mejora del control inhibitorio tras tDCS anódica en DLPFC izquierda y OFC. Atención mejora con protocolos multisesión (efecto transitorio). Memoria de trabajo con resultados mixtos (mayor velocidad, no precisión).	Bien tolerada. Algunos de los efectos adversos leves son: picor, hormigueo, ardor, eritema local; cefalea, fatiga, insomnio (todos leves y reversibles)	Alta heterogeneidad en protocolos, medidas y poblaciones. Pocos estudios en niños; ausencia de metaanálisis; limitaciones estadísticas y de replicabilidad
Salehin ejad et al. (2020)	Revisión sistemática	14 estudios. 278 pacientes con TDAH (niños, adolescentes y adultos jóvenes).	tDCS (1-2 mA)	Síntomas clínicos (DSM, escalas). Déficits neuropsicológicos y cognitivos: atención, control inhibitorio, memoria de trabajo, flexibilidad cognitiva (Tarea Go/No-Go, Stroop, Tarea N-back, Digit Span, Wisconsin Card Sorting, entre otras.)	dIPFC izquierdo > derecho; OFC; r-IFG	Estimulación anódica en DLPFC izq.: mejora notable en inatención; media en hiperactividad e impulsividad. Mejora en inhibición de respuesta, atención, memoria y flexibilidad. Estimulación en rIFG: efectos nulos (posible montaje subóptimo).	Efectos secundarios leves y transitorios (hormigueo, picor, fatiga); buena tolerancia incluso en pediatría; sin efectos adversos graves reportados.	Variabilidad en protocolos; falta de estudios por subtipo de TDAH; escasa investigación con tDCS catódica y regiones no prefrontales.

Abreviaturas: 1. tDCS: Estimulación Transcraneal de Corriente Directa. 2. DLPFC: Corteza prefrontal dorsolateral. 3. OFC: Corteza orbitofrontal. 4. CPT: Continuous Performance Test. 5. EEG: Electroencefalografía. 6. fNIRS: Espectroscopía funcional por infrarrojo cercano. 7. rIFG: Giro frontal inferior derecho. 8. DIGIT SPAN: Prueba de amplitud de dígitos.

Tabla 2. Resultados (continuación)

Weestwood et al. (2020)	Revisión sistemática y metaanálisis	18 estudios en total (niños y adultos con TDAH). desde 9 a 60 participantes	tDCS (1-5 sesiones; ánodo sobre dIPFC izquierdo), rTMS (1-10 sesiones; 1-20 Hz) dIPFC bilateral/derecho/izquierdo	Control inhibitorio, velocidad de procesamiento, atención, memoria de trabajo. Tareas neuropsicológicas estandarizadas	Principalmente dIPCF izquierdo, también derecho y bilateral	rTMS: resultados mixtos, algunas mejoras en inatención, pero poco concluyentes. tDCS: pequeñas mejoras en inhibición y velocidad, no mejora significativa en atención; efectos más evidentes en niños y con sesiones únicas.	Bien toleradas. Efectos leves (cosquilleo, picazón). Un caso de hipobulia con tDCS. rTMS más precisa, pero costosa y exige personal experto.	Alta heterogeneidad metodológica, bajo tamaño muestral, pocos estudios con doble ciego, sesgo de publicación, estimulación poco focalizada
Memon (2021)	Revisión sistemática de 5 estudios clínicos	Adolescentes (13-17 años) con TDAH	EMT y rTMS	Escalas clínicas CGI-I y TDAH-IV (en Weaver et al.), revisión general sobre eficacia, tolerabilidad, y cambios en inatención, hiperactividad e impulsividad.	CPFDL derecha	Mejora en escalas clínicas en fase activa (EMTr), aunque sin diferencia significativa frente al placebo; resultados prometedores, pero no concluyentes por escasa evidencia.	Alta tolerabilidad, efectos secundarios leves; riesgo convulsiones muy raro.	Solo un estudio experimental; falta de ensayos clínicos robustos; revisión hecha por una sola autora (posible sesgo); escasa evidencia centrada en adolescentes con TDAH.
Westwood et al. (2021) 10.	Ensayo clínico aleatorizado, doble ciego, controlado con placebo	50 adolescentes varones con TDAH. (EEG postratamiento en 29)	tDCS anódica (1 mA) sobre rIFC, 20 min/sesión, 15 sesiones consecutivas; combinado con entrenamiento de funciones ejecutivas	EEG en reposo y durante tarea Go/No-Go; inhibición, memoria de trabajo, atención, flexibilidad cognitiva; síntomas y deterioro funciones ejecutivas	rIFC derecha	No diferencias significativas en potencia espectral del EEG ni en rendimiento cognitivo entre tDCS real y placebo; ambos grupos mejoraron posiblemente por entrenamiento o placebo; no efectos clínicos claros.	Mejoras leves no atribuibles a tDCS; no se observaron efectos secundarios graves; alta tasa de abandono.	Muestras pequeñas, alta tasa de abandono, electrodos secos generando mucho ruido, afectando a la calidad de los datos y además falta de análisis tiempo-frecuencia.

Abreviaturas: 1. tDCS: Estimulación Transcraneal de Corriente Directa. 2. DLPFC: Corteza prefrontal dorsolateral. 3. rTMS: Estimulación Magnética

Transcraneal Repetitiva. 4. EMT: Estimulación Magnética Transcraneal. 5. CGI-I: Clinical Global Impression – Improvement. 6. TDAH-IV: Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad - Criterios DSM-IV. 7. CPFDL: Corteza Prefrontal Dorsolateral Derecha 8. EEG: Electroencefalografía. 9. rIFC: Corteza Frontal Inferior Derecha.

Tabla 1. Resultados (continuación)

Leffa et al. (2022)	Ensayo clínico aleatorizado, doble ciego, controlado con placebo (tDCS simulada)	64 adultos con TDAH (18–60 años). (subtipos combinado e inatento). No medicados	tDCS anódica 2 mA, 30 min/día, 28 sesiones (administrada en casa durante 4 semanas)	Atención (CASRS-I), hiperactividad, impulsividad, depresión, ansiedad, función ejecutiva	dIPFC derecha	Mejora significativa en síntomas de inatención tras 4 semanas. No mejoró hiperactividad ni impulsividad.	Los efectos secundarios fueron leves y transitorios, confirmando la seguridad y tolerabilidad del tratamiento.	Exclusión de pacientes con ansiedad o depresión graves limita generalización; pacientes podían intuir su grupo si respondían bien; no mejoras en impulsividad ni funciones ejecutivas.
Nagy et al. (2022)	Estudio doble ciego, aleatorizado y controlado con placebo	60 niños con TDAH, de 6 a 12 años.	rTMS 10 Hz, 15 sesiones (2000 pulsos/sesión, 5 días por semana) combinado con atomoxetina; grupo control rTMS simulada + atomoxetina	Síntomas de TDAH: atención, hiperactividad, impulsividad. Pruebas Escala de Conners para padres (CPRS-RL), Escala de Evaluación Global para niños (CGAS), Escala de Impresión Clínica Global (CGI)	CPFDL derecha	rTMS + atomoxetina mejoró significativamente déficit de atención y síntomas globales vs placebo + atomoxetina. Mejoría mayor en atención, reducción de síntomas y mejor funcionamiento global. Efecto disminuye a un mes sin mantenimiento	Técnica segura, bien tolerada, sin efectos secundarios graves. Procedimiento viable en niños.	Tamaño pequeño de muestra. Seguimiento corto (1 mes). No evaluación específica de funciones ejecutivas. Muestra sin comorbilidades.

Abreviaturas: 1. tDCS: Estimulación Transcraneal de Corriente Directa. 2. CASRS-I: Conners' Adult ADHD Rating Scale - Inattentive subscale. 3. DLPFC: Corteza prefrontal dorsolateral. 4. rTMS: Estimulación Magnética Transcraneal Repetitiva. 5. CPFDL: Corteza Prefrontal Dorsolateral Derecha.

Tabla 2. Resultados (continuación)

Chen et al. (2023)	Metaanálisis de estudios controlados aleatorizados (RCTs)	5 estudios, 189 participantes, edad media: 32,78 años (adultos) y 8,53 años (niños/adolescentes)	rTMS 20 sesiones, seguimiento 3-6 semanas. Control placebo o tratamiento habitual. Algunos sin medicación, uno con atomoxetina + rTMS.	Atención sostenida (Test de Stroop), memoria de trabajo (Digit Span), velocidad de procesamiento funciones ejecutivas (Trail Making Test).	DLPFC (No específica derecha o izquierda)	Mejora significativa en atención sostenida y velocidad de procesamiento ; sin mejoras en memoria ni función ejecutiva	Efecto moderado, estadísticamente significativo para atención y velocidad. Calidad de evidencia baja para atención y velocidad, muy baja para memoria y función ejecutiva.	Número reducido de estudios y participantes; mayoría adultos; solo un estudio en niños/adolescentes; limitada generalización geográfica; falta info hemisférica.
D'Aiello et al. (2023)	Ensayo aleatorizado simple ciego, intrasujetos, controlado con placebo	26 niños y adolescentes con TDAH (8-13 años; mayoría varones; sin medicación.	tDCS anódica DLPFC izquierdo (1 mA, 20 min) durante la tarea; comparado con tDCS simulada y 1 dosis metilfenidato	Control inhibitorio (Stop Signal Task: SSRT, RT, VRT, precisión) y memoria de trabajo visoespacial (N-Back)	DLPFC izquierdo	El MPH mejoró significativamente el control inhibitorio y la memoria de trabajo visoespacial en comparación con tDCS y la condición simulada; la tDCS no mostró mejoras significativas respecto al placebo.	La tDCS fue segura y bien tolerada. Solo efectos leves: picor y enrojecimiento local. Alta tolerancia.	- Sesión única de tDCS (poca duración). - No se estimuló más de una región - Posible subóptima focalización del campo eléctrico - Pequeño tamaño muestral - No se evaluó efecto a largo plazo

Abreviaturas: 1. rTMS: Estimulación Magnética Transcraneal Repetitiva. 2. DLPFC: Corteza prefrontal dorsolateral. 3. tDCS: Estimulación Transcraneal de Corriente Directa. 4. SSRT: Stop-Signal Reaction Time. 5. RT: Reaction Time. 6. VRT: Variability of Reaction Time. 7. MPH: Metilfenidato.

Tabla 2. Resultados (continuación)

Nejati et al. (2023)	Ensayo cruzado, controlado, simple ciego, con condición sham	37 niños con TDAH (6 y 12 años)	tDCS: 2 mA, 15 minutos, 3 sesiones con 48 h de separación.	Fluidez verbal fonémica y semántica (tareas de 60 segundos)	Experimento 1: ánodo dIPFC izquierdo, cátodo prefrontal medial derecho. Experimento 2: ánodo dIPFC derecho + IFG derecho, cátodo brazo derecho.	Mejora significativa en fluidez fonémica tras estimulación en dIPFC izquierdo (EXP 1) y fluidez semántica tras estimulación dIPFC derecho, IFG derecho (EXP 2)	tDCS fue bien tolerada. No se informaron efectos adversos graves. Solo molestias leves transitorias (picor, calor, hormigueo). Buena adhesión al protocolo.	Muestra pequeña; una sesión por condición; sin seguimiento longitudinal; sin grupo control sano; posible sesgo del investigador.
Chen et al. (2024)	Metaanálisis	6 estudios aleatorizados y 169 niños y adolescentes. (14 -65 años) sin uso de psicoestimulantes.	rTMS sesiones duraban entre 14 y 26 min, con frecuencia de 5 días/semana.	Síntomas generales del TDAH: (inatención, hiperactividad, impulsividad)	rPFC y IPFC	No se observó mejoría significativa en síntomas globales del TDAH tras rTMS. Sin embargo, la estimulación dirigida al rPFC mostró una mejora significativa en los síntomas de inatención. No se detectaron mejoras en hiperactividad ni impulsividad.	Perfil seguro y bien tolerado	Pocos estudios y muestras pequeñas, falta de seguimiento a largo plazo en muchos estudios y poca homogeneidad en los protocolos.

Abreviaturas: 1. tDCS: Estimulación Transcraneal de Corriente Directa. 2. dIPFC: Corteza prefrontal dorsolateral 3. IFG: Giro Frontal Inferior. 4. rTMS: Estimulación Magnética Transcraneal Repetitiva. 5. rPFC: Corteza Prefrontal Derecha. 6. IPFC: Corteza Prefrontal Izquierda.

Tabla 2. Resultados (continuación)

Estaji et al. (2024)	Ensayo controlado, doble ciego, con enmascaramiento; comparación tDCS real y simulado.	24 niños (6-12 años)	tDCS anódica sobre CPFdl izquierda + catódica sobre CPFvm derecha y viceversa; varias sesiones	Regulación emocional, control inhibitorio prepotente, memoria de trabajo emocional Pruebas: Tarea Go/No-Go y Tarea 1-Back emocional	dIPFC izquierda, vmPFC derecha	Mejora significativa en inhibición emocional y memoria de trabajo emocional con tDCS real; sin cambios en tiempo reacción ni precisión en tareas no emocionales	Tolerancia buena; efectos secundarios leves y transitorios (cosquilleo); bien cegado	Tamaño de muestra reducido; posible variabilidad por medicación suspendida solo 12h; no evaluación a largo plazo
Mahjoub navaz et al. (2024)	Diseño experimental controlado, intra-sujeto y doble ciego.	11 hombres adultos con TDAH (18- 36 años)	Micro-TMS (baja intensidad, 17 Hz, 140 μ T)	Inhibición respuesta (SCWT), actividad EEG	dIPFC derecha	↓ Errores y tiempos en palabras congruentes con micro-TMS. Simulado mejoró palabras incongruentes. Aumento de banda delta y ↓ de beta/gamma en áreas frontales.	Sin efectos adversos	Tamaño muestral reducido; solo hombres; posible efecto placebo; se necesita replicación

Abreviaturas: 1. tDCS: Estimulación Transcraneal de Corriente Directa. 2. CPFdl: Corteza Prefrontal Dorsolateral. 3.CPFvm: Corteza Prefrontal Ventromedial. 4. Micro-TMS: micro-Estimulación Magnética Transcraneal. 5. SCWT: Stroop Color and Word Test. 6. EGG: Electroencefalografía.

**Tabla 2.** Resultados (continuación) **Abreviaturas:** 1.H: Hombres. 2.M: Mujeres. 3.rTMS: Estimulación Magnética Transcraneal repetitiva. 4.

Wang et al. (2024)	Ensayo controlado, aleatorizado, doble ciego.	35 niños (Grupo experimental: 17 niños [12 H;5 M] Grupo control: 18 niños [11 H; 7M] (6-12 años). No medicados	rTMS baja frecuencia (1 Hz), 1200 pulsos, 20 min, 3 sesiones/semana durante 3 ciclos de 4 semanas; control sin rTMS con terapias no farmacológicas	Síntomas clínicos (atención, hiperactividad, impulsividad) se mide con la escala SNAP-IV inhibición conductual (tarea Go/No-go), conectividad y activación (fNIRS)	Cortezas prefrontal dorsolateral y medial (izquierda y derecha)	- Mejora significativa en síntomas de TDAH en grupo con rTMS. - Mejor precisión en tarea de inhibición (Go/No-go). - Mayor conectividad funcional en reposo en cortezas prefrontales dorsolaterales y mediales (izq. y dcha.). - Aumento de oxigenación cerebral (HbO2) en cortezas prefrontales durante tarea.	Sin efectos adversos graves.	Tamaño pequeño; estudio transversal; sin evaluación a largo plazo; se requieren estudios longitudinales
Fu et al. (2025)	Revisión sistemática y metaanálisis de 8 ECA	150 pacientes con TDAH (niños, adolescentes y adultos)	rTMS (6 estudios) y dTMS (2 estudios) de alta frecuencia (> 1 Hz). Sesiones durante 3-6 semanas. Algunos con medicación concomitante	Escalas clínicas: DSM-IV, CAARS, SNAP-IV midieron Atención, hiperactividad/impulsividad, síntomas totales	DLPFC mayoritariamente hemisferio derecho	<u>Síntomas de inatención:</u> Mejoras significativa de forma inmediata y a largo plazo con EMT <u>Síntomas hiperactividad/impulsividad:</u> Mejora inmediata significativa, pero no hubo cambios significativos a largo plazo <u>Síntomas totales del TDAH:</u> Mejora a largo plazo significativa, pero no en el corto plazo.	Alta seguridad: no se registraron efectos graves. Efectos secundarios leves y transitorios (cefalea, molestias locales). Bien tolerada y con alta viabilidad clínica.	Alta heterogeneidad entre estudios; muestras pequeñas en los estudios individuales; pocos seguimientos a largo plazo; combinación con medicación en algunos casos

SNAP-IV: Swanson, Nolan, and Pelham Questionnaire-IV. 5.fNIRS: Espectroscopía funcional por infrarrojo cercano 6. dTMS: Estimulación magnética transcraneal profunda 7. CAARS: Conners' Adult ADHD Rating Scale 8. DLPFC: Corteza prefrontal dorsolateral.