

Terapia de estimulación Transcraneal como coadyuvante terapéutico en niños con trastornos del espectro autista

Transcranial stimulation therapy as a therapeutic adjuvant in children with autism spectrum disorders

Autores

Jessica Carolina Díaz Romero¹ (jdiaz6463@uta.edu.ec) (<https://orcid.org/0009-0000-0892-1064>)

Angela Priscila Campos Moposita² (ap.campos@uta.edu.ec) (<https://orcid.org/0000-0001-6826-8319>)

Resumen

El trastorno del espectro autista (TEA), es una afección que causa problemas de comunicación e interacción social debido a un mal desarrollo cerebral, la fisioterapia con técnicas de actividades asistidas puede mejorar el funcionamiento neurológico abordando áreas claves para la independencia e inclusión social. Una de las técnicas más conocidas es la estimulación magnética transcraneal que utiliza pulsos magnéticos para modular la actividad cerebral mejorando habilidades de autocontrol conductual. Se realizó una revisión bibliográfica en bases de datos como: Pubmed y Elsevier, empleando el modelo PRISMA para la selección y análisis de 15 estudios publicados desde 2020. La calidad metodológica se evaluó mediante la escala PEDro, obteniendo una puntuación promedio de 8.8. Los resultados sugieren que el uso de la estimulación magnética transcraneal tanto continua como repetitiva mejora los síntomas centrales y la conectividad cerebral mediante la potenciación de conexiones fronto-parietales consolidándose como una terapia complementaria prometedora y no invasiva.

Abstract

Autism spectrum disorder (ASD) is a condition that causes communication and social interaction problems due to poor brain development. Physiotherapy with assisted activity techniques can improve neurological functioning by addressing key areas for

¹ Universidad Técnica de Ambato, Ecuador

² Universidad Técnica de Ambato, Ecuador

independence and social inclusion. One of the best-known techniques is transcranial magnetic stimulation, which uses magnetic pulses to modulate brain activity, improving behavioral self-control skills. A bibliographic review was carried out in databases such as Pubmed and Elsevier, using the PRISMA model for the selection and analysis of 15 studies published since 2020. Methodological quality was assessed using the PEDro scale, obtaining an average score of 8.8. The results suggest that the use of both continuous and repetitive transcranial magnetic stimulation improves central symptoms and brain connectivity by enhancing fronto-parietal connections, consolidating itself as a promising and non-invasive complementary therapy.

Palabras clave: estimulación magnética transcraneal, trastorno del espectro autista, estimulación transcraneal de corriente directa, neuromodulación.

Keywords: transcranial magnetic stimulation, autism spectrum disorder, transcranial direct current stimulation, neuromodulation.

Introducción

El trastorno del espectro autista (TEA), abarca un conjunto de discapacidades relacionadas con el desarrollo neurológico que repercute sobre esferas conductuales y emocionales se ve reflejado por presentar patrones de conductas repetitivas, trastornos sensoriales, dificultades comunicativas y limitaciones cognitivas (Hodges et al., 2020; Lord et al., 2020). Los niños diagnosticados con TEA, muestran dificultades persistentes en áreas como socialización, comunicación y flexibilidad cognitiva. El TEA se manifiesta debido a alteraciones tempranas en el desarrollo y reorganización neuronal (Lord et al., 2018), influenciado por una combinación de factores genéticos y ambientales (Hodges et al., 2020), aunque no existen biomarcadores confiables para el diagnóstico, este se basa en la observación de comportamientos característicos (Huang et al., 2020).

A menudo estos niños tienen niveles bajos de actividad física, lo cual puede afectar su comportamiento y llevar a problemas como la obesidad. Sin embargo, la actividad física ha demostrado ser beneficiosa, mejorando los síntomas centrales, como los déficits en comunicación social, comportamientos repetitivos y restricciones en intereses, así como la salud física y mental en general (Doruk Camsari et al., 2018; Zeidan et al., 2022).

Los síntomas del TEA pueden variar significativamente entre los niños, según los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC), a los 9 meses de edad, los niños con TEA pueden evitar el contacto visual y no responder a su nombre. A los 12 meses, es común que muestren gestos limitados, como decir hola o adiós. A los 15 meses, pueden no mostrar interés en sus juguetes favoritos, y a los 18 meses, es frecuente que carezcan de gestos de señalización para objetos o lugares de interés. A los 24 meses, muchos niños con TEA pueden no demostrar empatía hacia el malestar o dolor de otros. A los 36 meses, pueden carecer de iniciativa para unirse a juegos grupales, y a los 48 meses, es menos probable que participen en juegos de roles, como hacerse pasar por superhéroes. Finalmente, a los 60 meses, estos niños suelen tener intereses específicos, como ordenar objetos de manera particular, y pueden alterarse si ese orden es perturbado (Okoye et al., 2023)

La Organización Mundial de la Salud (OMS) establece que 1 de cada 160 niños en el mundo tiene algún TEA, los estudios epidemiológicos muestran una prevalencia entre el 1% y el 1.5% de la población, en Latinoamérica, México, tiene una prevalencia del 0.87%, mientras que en Brasil se estima que 25 de cada 10,000 habitantes presentan algún TEA (Adamary et al., s/f). Asimismo, en Ecuador, según los datos proporcionados por la Dirección Nacional de Discapacidades del Ministerio de Salud Pública en su informe técnico del año 2016, se registró la existencia de 1.266 personas diagnosticadas con autismo (Trastornos del Espectro Autista en niños y adolescentes: detección, diagnóstico, tratamiento, rehabilitación y seguimiento, 2017), afecta en mayor proporción a hombres que mujeres, con proporciones de 2:1 a 5:1, y una estimación de 4:1 en el estudio Global Burden of Disease de 2010 (Lord et al., 2020)

Dada la etiología multifactorial con marcados componentes subjetivos se plantea como un reto el oportuno diagnóstico en busca de sustentar esto, se tiene a la mano baterías e instrumentos clínicos para facilitar el diagnóstico. Del mismo modo el abordaje es una tarea ardua para todo personal de salud, donde la fisioterapia juega un papel crucial a través de técnicas y actividades específicas mejora el funcionamiento neuronal, cognitivo, afectivo y motor. La fisioterapia aborda aspectos esenciales como la coordinación motora, el equilibrio, la fuerza muscular y la integración sensorial, estas intervenciones son fundamentales para aumentar la independencia del niño y facilitar su

inclusión en las actividades diarias (Cazorla González et al., 2014). Una de las herramientas disponibles es la estimulación magnética transcraneal (EMT), una técnica cada vez más utilizada que implica el uso de corrientes eléctricas o campos magnéticos sobre la corteza cerebral modulando la actividad neuronal, emplea una bobina electromagnética sobre el cuero cabelludo del paciente generando pulsos magnéticos transitorios y de alta intensidad que penetran sin dificultades hasta alcanzar la corteza cerebral, estos pulsos magnéticos cambiantes inducen corrientes eléctricas débiles pero significativas en las neuronas cercanas, provocando la activación o modulación de la actividad neuronal en la región (Marder et al., 2022). La EMT mejora las habilidades de función ejecutiva relacionadas con el autocontrol conductual y la capacidad de aplicar acciones correctivas es parte de un enfoque combinado como la terapia ocupacional centrada en la mejora de la coordinación motora fina y gruesa, las intervenciones psicológicas, como la terapia de análisis conductual aplicado (ACA) o la terapia cognitivo-conductual (TCC) (Marder et al., 2022).

Dentro de las técnicas de EMT, dos son objeto de investigación muy activa: la estimulación magnética transcraneal repetitiva (rTMS), donde se inducen corrientes eléctricas intracraneales en la corteza cerebral mediante un campo magnético fluctuante aplicado desde fuera del cráneo y la estimulación transcraneal de corriente directa (tDCS) (Casanova, Sokhadze, et al., 2020) en la cual se hacen circular corrientes eléctricas constantes al cerebro a través de electrodos colocados en el cuero cabelludo (Marder et al., 2022)

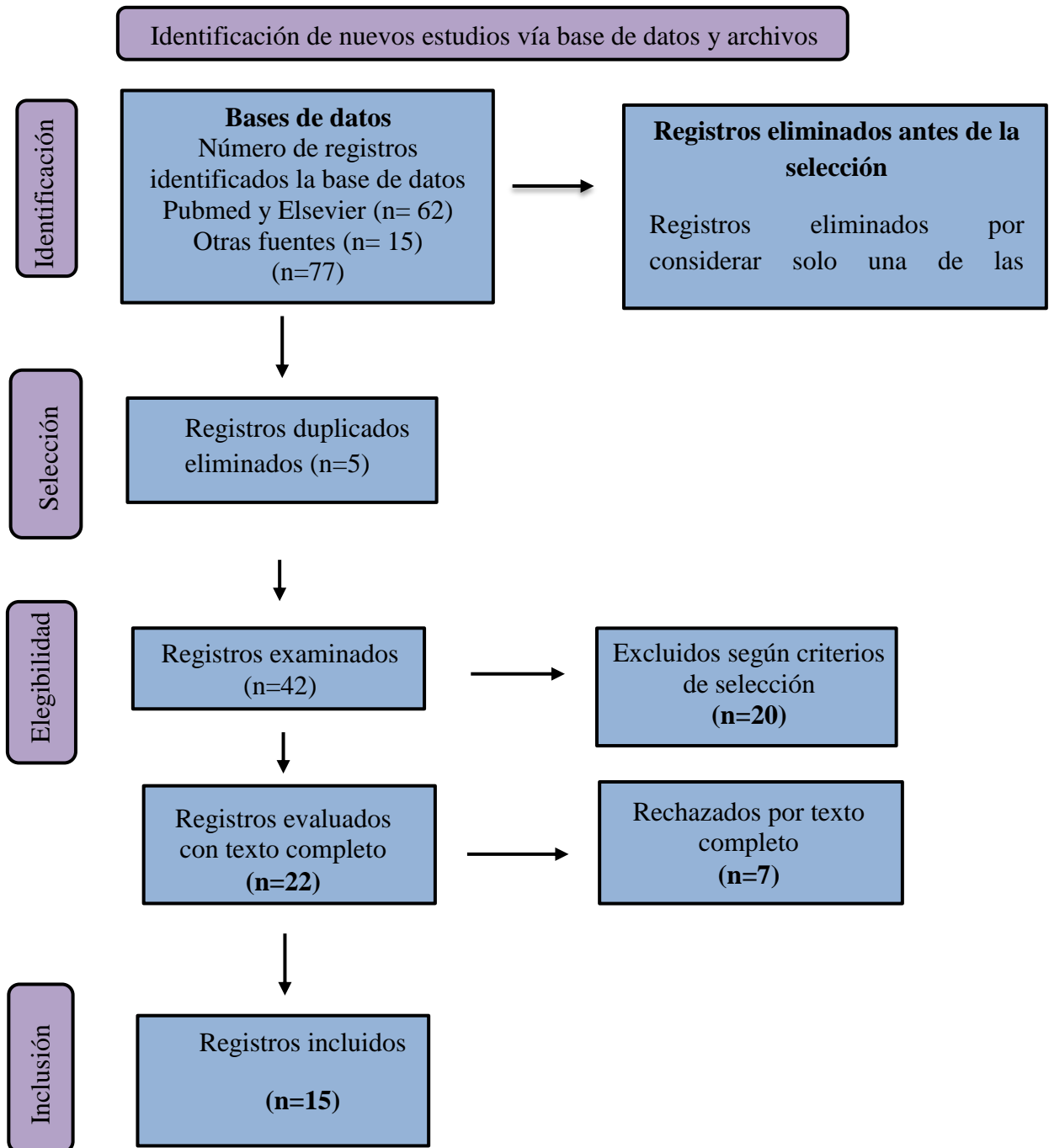
El objetivo de esta revisión sistemática fue identificar los efectos que tiene la terapia de estimulación transcraneal en la actividad cerebral de los niños con trastornos del espectro autista, mediante una búsqueda exhaustiva en diferentes bases de datos científicas que faciliten el desarrollo de la presente investigación.

Materiales y métodos

Este es un estudio de tipo bibliográfico documental debido a que se realizó una revisión sistemática sobre el tema "Terapia de estimulación transcraneal como coadyuvante terapéutico en niños con trastornos del espectro autista", la búsqueda y recopilación de información se realizó a través de bases de datos científicas como PubMed y Elsevier.

El desarrollo del documento se apegó a las pautas estipuladas por el modelo Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA), (Figura 1), (Page et al., 2021) el cual tiene como objetivo ayudar a los autores a plasmar sus ideas de manera transparente.

Figura 1. Flujoograma PRISMA



Tipo de Investigación

La presente investigación fue de tipo bibliográfica. Se redactó la pregunta PICO (Población, Intervención, Comparación y Resultados). La misma, permite identificar: la población (P), grupo de estudio; intervención (I), tipo de investigación a desarrollarse; comparación (C), diferentes opciones de comparación dentro del estudio; y resultados (R), resultados que se esperan obtener (Gatzinsky et al., 2021).

Los componentes de la pregunta PICO: ¿Cuáles son los efectos de la terapia de estimulación transcraneal en la mejora de los síntomas en niños con trastornos de espectro autista? P (población): Población pediátrica; I (intervención): aplicación de estimulación transcraneal ya sea de corriente directa o continua; C (comparación): Intervenciones simuladas o placebo; R (resultados): mejora de los síntomas centrales del TEA y la conectividad cerebral (Gatzinsky et al., 2021)

Criterios de Inclusión

- Estudios realizados en niños con diagnóstico de Trastorno del Espectro Autista (TEA).
- Estudios que evalúen el uso de la Estimulación Magnética Transcraneal (EMT), ya sea continua o repetitiva, en cualquiera de sus modalidades (rTMS o tDCS).
- Ensayos clínicos controlados, estudios experimentales publicados desde 2020.
- Artículos en idioma inglés o español.
- Artículos con texto completo disponible.

Criterios de Exclusión

- Estudios preliminares o sin datos concluyentes.
- Estudios que incluyan poblaciones mixtas sin especificación clara de diagnóstico de TEA.
- Estudios sin acceso al texto completo o con muestras pequeñas (menos de 10 participantes).

- Estudios que no incluyan resultados relevantes o evaluaciones detalladas de los efectos terapéuticos.

Utilizando la estrategia de búsqueda previamente definida, se recopilaron todos los artículos relevantes de las bases de datos seleccionadas. Primero, se eliminaron los artículos duplicados, posteriormente, se realizó un cribado de los artículos restantes mediante la revisión de los títulos y palabras clave, excluyendo aquellos que no concuerden con los criterios de búsqueda establecidos. Luego se evaluaron los resúmenes de los artículos preseleccionados, aplicando los criterios de inclusión y exclusión. Aquellos artículos que cumplieron con los criterios de inclusión después de la revisión fueron seleccionados para su evaluación a texto completo.

Procedimiento de recuperación de la información y fuentes documentales

Para la búsqueda y recopilación de información, se procedió a utilizar términos extraídos de MeSH/DeCS más la combinación de operadores booleanos en las distintas bases de datos, tales como: “Transcranial Magnetic Stimulation” AND “Autism spectrum disorders”, “Transcranial stimulation therapy” AND “children”, “Autism spectrum disorders” AND “tDCS”, “Transcranial Magnetic Stimulation” OR “tDCS” AND “Autism spectrum disorders” AND “child”, “Transcranial Direct Current Stimulation” OR “tDCS”.

Valoración de la calidad metodológica

Se utilizaron dos escalas para evaluar la calidad metodológica de los ensayos clínicos primero la Escala PEDRo (Physiotherapy Evidence Database), compuesta por 11 ítems para evaluar la calidad metodológica de ensayos clínicos aleatorios (Escala PEDro-Español, s/f). Los 15 artículos revisados obtuvieron una puntuación promedio de 8,8, desglosados de la siguiente manera; 8 artículos obtuvieron una calificación de 9-10 (excelente) y 7 obtuvieron una calificación de 8 (buena).

Además, se empleó la Escala RoB2 (Cochrane Risk of Bias Tool), herramienta estandarizada para evaluar sistemáticamente el riesgo de sesgo en ensayos aleatorios (Nejadghaderi et al., 2024). La escala RoB2 específicamente analizó los siguientes dominios de sesgo: Proceso de aleatorización, desviaciones de las intervenciones

prevista, datos de resultados faltantes, medición del resultado, selección del resultado informado y sesgo general (Nejadghaderi et al., 2024). La valoración de la calidad metodológica fue realizada de manera exhaustiva por los autores, permitiendo garantizar la confiabilidad y validez metodológica del documento.

Tabla 1. Evaluación de la calidad metodológica. Escala PEDro.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	TOTAL
Qui et al. 2021	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	9
Jiao et al. 2022	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	9
Auvivha yap et al. 2022	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Chan et al. 2023	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Han et al. 2022	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Kang et al. 2024	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	8
Chen et al. 2024	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	9
Sun et al. 2022	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	8
Ameis et al. 2021	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	9
Zhou et al. 2020	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	8
Li et al. 2023	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	8
Prillinger et al. 2021	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10
Casanova et al. 2020	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	8
Gao et al.	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	8

Recepción:18-08-2024 / Revisión:25-08-2024 / Aprobación:12-11-2024 / Publicación: 27-11-2024

2021												
Yang et al. 2024	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	8

El ítem 1 evalúa la calidad externa del artículo, por lo tanto, no se utiliza para calcular la puntuación PEDro.

Tabla 2. Evaluación del Riesgo de Sesgo de los Estudios Incluidos según la Herramienta RoB 2 de Cochrane

Autores	D1 Proceso de aleatorización	D2 Desviaciones de las intervenciones previstas	D3 Datos de resultados faltantes	D4 Medición del resultado	D5 Selección del resultado informado.	Sesgo general
Kang et al. 2024	+	+	!	+	+	!
Sun et al. 2022	+	+	!	+	+	!
Zhou et al 2020	+	+	!	+	+	!
Li et al 2023	+	+	!	+	+	!
Casanova et al. 2020	+	+	!	+	+	!
Gao et al. 2021	+	+	!	+	+	!
Yang et al. 2024	+	+	!	+	+	!
Qui et al. 2021	+	+	+	+	+	+
Jiao et al. 2022	+	+	+	+	+	+
Chen et al. 2024	+	+	+	+	+	+
Ameis et al. 2021	+	+	+	+	+	+
Auvivhayap et al. 2022	+	+	+	+	+	+

Chan et al. 2023	+	+	+	+	+	+
Han et al. 2022	+	+	+	+	+	+
Prillinger et al. 2021	+	+	+	+	+	+
<p>Índice de Riesgo</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Rojo: Alto. ● Amarillo: Algunas preocupaciones. ● Verde: Bajo. ● Azul: Sin información. 						

RESULTADOS

Tabla 2. Principales características de los estudios seleccionados.

AUTOR/AÑO	TÍTULO	TIPO	MUESTRA	INTERVENCIÓN	RESULTADOS
Qui J, et al. (2021)	Estimulación transcraneal con corriente directa (tDCS) sobre la corteza prefrontal lateral dorsal izquierda en niños con trastorno del espectro autista (TEA)	Ensayo controlado aleatorio.	Dos grupos, real o simulada, 47 niños de entre 2 y 6 años.	tDCS real: El electrodo anódico se colocó sobre F3 y el electrodo catódico se colocó en el hombro derecho contralateral al ánodo. tDCS simulada: Una vez colocados los electrodos, se encendió el dispositivo durante 15 segundos, luego fue apagado.	tDCS real, se observó una reducción significativa en las puntuaciones de la Lista de Comportamiento Aberrante (ABC) ($p = 0,04$) y la Escala (CARS) ($p = 0,05$). En contraste, la tDCS simulada mostró una disminución significativa en las puntuaciones de ABC ($p < 0,001$) y la Escala de Comportamiento Repetitivo Revisada (RBS-R) ($p = 0,01$). Los resultados secundarios, mostraron una reducción significativa del comportamiento estereotipado ($p = 0,04$), hiperactividad ($p = 0,01$) y sueño (CSHQ) ($p = 0,02$) según la ABC. Por otro lado, la tDCS simulada redujo significativamente la irritabilidad ($p = 0,01$) y el retraimiento social ($p = 0,003$) en ABC.
Li T, et al. (2022)	Estimulación magnética transcraneal repetitiva	Ensayo controlado aleatorizado, doble	30 niños de entre 3 y 13 años,	Se aplicó rTMS de 1Hz	Se utilizaron registros polisomnográficos domiciliarios

	para el insomnio en pacientes con trastorno del espectro autista.	ciego.	fueron asignados en dos grupos rTMS real y simulada, 20 sesiones sobre la corteza prefrontal dorsolateral derecha (CPDL) durante 4 semanas.	al 50% RTM (50 trenes de 30 pulsos, con un intervalo de 3 segundos entre cada uno, dando como resultado 1500 pulsos).	(PSG) durante dos noches consecutivas para evaluar los cambios en el patrón de sueño, los resultados preliminares indicaron mejoras significativas en la calidad del sueño y la estructura del mismo en el grupo tratado con rTMS activa en comparación con el grupo de placebo además de mejoras medidas a través de CSHQ, CARS, ABC, SRS, RBS-R y el análisis metabólico.
Auvivhayap P, et al. (2022)	Efectos a largo plazo de la estimulación transcraneal de corriente continua en el tratamiento del trastorno del espectro autista.	Ensayo controlado aleatorizado, doble ciego.	36 niños de entre 3 y 15 años asignados a 3 grupos: un grupo control que recibió 20 sesiones de tDCS simulada, un grupo que recibió 5 sesiones de tDCS activa seguidas de 15 sesiones de tDCS simulada, y un grupo que completó 20 sesiones de tDCS	Todos los participantes recibieron 20 sesiones consecutivas de tDCS activa o simulada. En todos los grupos se colocó el ánodo sobre el DLPF izquierdo, para tDCS activa el cátodo se colocó en el hombro derecho, la corriente alcanzó 1 mA, se mantuvo en ese nivel durante la mayor parte del tiempo y luego se redujo, tDCS simulada, los electrodos fueron colocados del mismo	Los resultados principales, evaluados en el día 5 y mes 12, mostraron que el tratamiento con 5 sesiones de estimulación transcraneal de corriente directa (5-tDCS) produjo mejoras significativas en la Escala de (CARS), con una reducción media de -4,6 en el día 5 ($p = 0,026$) y -5,7 al mes 12 ($p < 0,001$) en comparación con el grupo control. Además, se observaron mejoras en el ATEC-salud al mes 12, con reducciones medias de -8,6 en 5-tDCS ($p < 0,001$) y -14,9 en 20-tDCS ($p < 0,001$). En el ATEC-lenguaje y social, el grupo de 5-tDCS mostró mejoras en el mes 6 y 12, con reducciones medias de -6,6 y -4,8,

			activa.	modo, pero la corriente eléctrica pasó a través del cuero cabelludo durante los primeros 20 segundos.	respectivamente ($p < 0,001$).
Chan M, et al. (2023)	Efectos de la estimulación transcraneal con corriente directa catódica multisesión con entrenamiento cognitivo sobre el funcionamiento sociocognitivo y la dinámica cerebral en el autismo.	Ensayo controlado aleatorizado doble ciego.	60 niños, divididos en 2 grupos, tDCS activa o simulada.	El protocolo de entrenamiento de rehabilitación cognitiva fue el mismo para ambos grupos, durante 20 minutos ellos experimentaron 1 minuto de aumento/disminución gradual de estimulación a 1,5 mA de tDCS constante.	La tDCS activa mejoró el funcionamiento social general con $[F(1, 58) = 6,79, p = 0,012]$ y la eficiencia del procesamiento de la información con $[F(1, 58) = 10,07, p = 0,002]$. Además, redujo la relación E/I en la banda theta cortical $[F(1, 58) = 4,65, p = 0,035]$ y esta reducción predijo la mejora en el procesamiento de información ($p = 0,041$).
Han Y, et al. (2022)	Efectos neurofisiológicos y conductuales de la estimulación transcraneal con corriente directa (tDCS) prefrontal multisesión y el entrenamiento simultáneo de rehabilitación cognitiva en pacientes con trastornos del espectro	Ensayo controlado aleatorio, doble ciego.	41 niños, asignados aleatoriamente en dos grupos tDCS activa o simulada	Los participantes recibieron (tDCS) prefrontal durante 20 minutos al día durante 2 semanas consecutivas. La tDCS se aplicó con una intensidad de 1,5 mA, colocando el cátodo en la corteza prefrontal dorsolateral izquierda (F3) y el ánodo en la región supra	La tDCS prefrontal activa mejoró significativamente el funcionamiento social en comparación con la simulada ($p = 0,035$). Esta mejora se relacionó con un mayor reconocimiento de emociones ($p = 0,0068$) y una mejor flexibilidad cognitiva ($p = 0,033$). Además, el protocolo optimizó la eficiencia del procesamiento de información ($p = 0,042$) con una tendencia a estar asociado con una mejor conectividad funcional en la

	autista (TEA).			orbital derecha (Fp2). Cada sesión de tDCS incluyó un aumento y disminución gradual de 30 segundos al inicio y al final, y se combinó con un programa de rehabilitación cognitiva computarizada, también de 20 minutos.	corteza prefrontal medial derecha ($\rho = 0,339$).
Kang J, et al. (2024)	Efectos de la estimulación transcraneal con corriente continua sobre la actividad cerebral y la conectividad funcional cortical en niños con trastornos del espectro autista.	Ensayo controlado aleatorio.	26 niños, asignados aleatoriamente a un grupo de estimulación activa o simulada	El grupo activo recibió tDCS a 1 mA en la corteza prefrontal dorsolateral izquierda durante 10 días. La estimulación comenzó con un aumento gradual de 30 segundos a 1 mA, se mantuvo a esa intensidad durante 20 minutos y luego se redujo a cero en 30 segundos. El ánodo se colocó en el DLPFC izquierdo y el cátodo en el área supra orbital derecha, tDCS simulada, se mantuvo la misma colocación, pero	Comparado con el grupo de estimulación simulada, el grupo con TEA mostró una reducción significativa en la densidad de la fuente de corriente en las bandas delta (5418), theta (3603), alfa (3854) y beta (5425 vóxeles), con disminuciones destacadas en regiones como el giro occipital medio, el lóbulo temporal medio y el giro frontal medio. Después de la estimulación tDCS, el grupo TEA experimentó un aumento significativo en la densidad de corriente en estas bandas, con el mayor incremento en la banda theta (6039 vóxeles). También se observaron mejoras en la conectividad funcional dentro de redes cerebrales clave, incluyendo DMN, SMN y

				la corriente solo fluyó durante los primeros 20 segundos. Las diferencias en la actividad cerebral fueron evaluadas mediante tomografía electromagnética.	DAN, con aumentos significativos en la banda beta ($p < 0.036$).
Chen L, et al. (2024)	El efecto de la tDCS sobre el control inhibitorio y su efecto de transferencia sobre la atención sostenida en niños con trastornos del espectro autista.	Ensayo controlado aleatorio.	28 niños, asignados en dos grupos de estimulación transcraneal con corriente directa real y simulada.	El grupo experimental recibió estimulación transcraneal con corriente directa bifrontal a 1,5 mA, durante 15 minutos diarios por 8 días consecutivos. La duración de la estimulación simulada fue la misma que la real, la tDCS fue administrada durante una tarea de entrenamiento computarizada Go/No-go, evaluando el desempeño conductual en términos de control inhibitorio, atención sostenida, actividad	La aplicación de tDCS en combinación con entrenamiento cognitivo mostró mejoras significativas en el control inhibitorio y la atención sostenida. En la tarea perro/mono, se observó una interacción significativa Tiempo \times Grupo ($p < 0.001$), con mejoras en precisión y tiempo de reacción, en la tarea Stroop Día/Noche, la diferencia de RT y la precisión mejoraron significativamente en el grupo con tDCS ($p < 0.001$). Además, en la Prueba de Rendimiento Continuo, el RT se redujo notablemente en la versión computarizada ($p < 0.001$). Estos resultados demuestran la eficacia de la tDCS en la mejora del control cognitivo.

				neuronal de la corteza prefrontal (CPF).	
Sun C, et al. (2022)	Efecto de la estimulación transcraneal con corriente directa sobre las características de negatividad de desajuste de los estímulos desviados en niños con trastorno del espectro autista	Ensayo controlado aleatorio.	40 niños de entre 4 y 12 años, sin embargo 3 participantes abandonaron la prueba por razones personales, por lo que el estudio contó con 37 participantes asignados al grupo de estimulación tDCS anódica (atDCS) o estimulación simulada (stDCS),	19 participantes recibieron tDCS anódica y 18 recibieron tDCS simulada. Para el tDCS anódico, la corriente comenzó con una rampa descendente de 8 segundos a 0 mA, por otro lado, en la estimulación simulada la corriente aumentó al mismo ritmo, ambos grupos tuvieron la misma duración (21 minutos).	Las evaluaciones de comportamiento pre y post-tDCS mostraron que antes del tratamiento no había diferencias significativas entre los grupos atDCS y stDCS ($p > 0,05$). Después del tratamiento, ambos grupos mejoraron notablemente ($p < 0,05$), con el grupo atDCS obteniendo una mejora superior al del grupo stDCS. En relación con las características de negatividad de desajuste (MMN), el grupo atDCS mostró aumentos más significativos en la amplitud y reducciones en la latencia tras 4 semanas, en comparación con el grupo stDCS.
Ameis S, et al. (2021)	Tratamiento de los déficits de la función ejecutiva en el trastorno del espectro autista con estimulación magnética transcraneal repetitiva.	Ensayo controlado aleatorio ciego, paralelo.	28 niños y 12 niñas, asignados aleatoriamente en el grupo rTMS activa y simulada.	Durante 4 semanas, se administró tratamiento activo utilizando una bobina en forma de ocho, cinco días a la semana. Se aplicó una intensidad del 90% del RMT, a 20 Hz, con 25	Dentro de los resultados no se encontró diferencias significativas entre ambos grupos en relación a la mejora en la memoria de trabajo espacial o la función ejecutiva, sin embargo, se pudo observar una mejora en el rendimiento general de ambos grupos, además, se pudo evidenciar

				<p>trenes de 30 estímulos y un intervalo de 30 segundos entre trenes. Se comenzó con el DLPFC izquierdo o derecho, según la secuencia aleatoria, seguido de estimulación en el hemisferio opuesto, manteniendo la misma secuencia en todas las sesiones. El grupo control recibió una estimulación simulada que replicaba las sensaciones táctiles y auditivas de la estimulación real.</p>	<p>que los efectos adversos tales como dolores de cabeza, náuseas o dolor localizado entre ambos grupos fueron leves o moderados. Por lo que este estudio, en general mostró una alta viabilidad y aceptabilidad, con mejoras preliminares.</p>
Zhou T, et al. (2020)	La estimulación transcraneal con corriente directa modula la conectividad funcional cerebral en el autismo.	Ensayo controlado aleatorio.	36 niños, en dos grupos de tDCS y grupo control.	Cada participante registró 5 minutos de EEG en reposo antes (pre-tDCS) y después (post-tDCS) de la estimulación en una sesión de aproximadamente 20 minutos. La estimulación se realizó utilizando un	No se reportaron eventos adversos graves, y la tolerabilidad entre tDCS activa y simulada fue comparable ($p > 0.9$). Los efectos secundarios como hormigueo y sensación de ardor fueron muy raros (0% y 5% en el grupo simulado, respectivamente). El análisis ANOVA mostró que la tDCS incrementó significativamente la flexibilidad ($p < 0,0017$) y la cantidad de módulos ($p < 0,014$) en la red

				<p>estimulador portátil de corriente constante con esponjas empapadas en solución salina: el ánodo, con una densidad de corriente de 0,3 mA/cm², se colocó sobre la corteza prefrontal dorsolateral y el cátodo sobre la ceja derecha. Durante la estimulación activa, se aplicó una corriente constante de 1 mA por 20 minutos. En la estimulación simulada, los electrodos se colocaron en las mismas posiciones, pero la corriente solo se aplicó brevemente al inicio para simular un leve hormigueo, y luego el dispositivo se apagó.</p>	<p>cerebral. Además, la tDCS moduló patrones de conectividad, especialmente aumentando la frecuencia pico en patrones interhemisféricos (frecuencia media de 10 Hz) y disminuyendo la potencia en bandas gamma ($p < 0,03$). Por ende, los resultados generales demostraron que la tDCS tuvo un efecto muy fuerte e inmediato dentro de la regulación de la red cerebral.</p>
Tian L, et al. (2023)	La estimulación magnética transcraneal repetitiva puede mejorar la fijación de los ojos en lugar de la	Ensayo controlado aleatorio.	45 niños de entre 2 y 18 años.	Se aplicó un protocolo de rTMS en la corteza prefrontal dorsolateral (CPDL) bilateral, estimulando el DLPFC	Se observaron mejoras significativas en la frecuencia de fijación (FC) y duración total de fijación (TFD). Tras la intervención con rTMS, la puntuación de CARS mejoró

	preferencia de fijación en niños con trastorno del espectro autista.			izquierdo con alta frecuencia (10 Hz) y el DLPFC derecho con baja frecuencia (1 Hz). La estimulación del DLPFC derecho se realizó a 1 Hz durante 32 segundos, con 28 repeticiones y un 25% de intensidad RMT. Para el DLPFC izquierdo, se usó 10 Hz durante 3,2 segundos, con 45 repeticiones y un 23% de intensidad RMT. La rTMS se aplicó 5 veces por semana. La evaluación visual incluyó 48 imágenes emocionales y neutrales, cada una con dos fotografías en blanco y negro de la misma persona mostrando diferentes emociones.	significativamente de 36,95 a 29,76. La fijación ocular mejoró en términos de duración total (TFD) pero no en porcentaje de fijación (FC). La mejora en TFD se mostró significativa entre la línea base y después de dos sesiones de rTMS ($p < 0,001$), mientras que el efecto de rTMS en la fijación ocular se mantuvo sin cambios estadísticamente significativos ($p = 0,571$ para FC y $p = 0,978$ para TFD).
Prillinger K, et al. (2021)	Sesiones repetidas de estimulación transcraneal con	Ensayo controlado aleatorio.	20 niños, se dividieron en tres subgrupos según	La estimulación anódica transcraneal (tDCS) se llevó a cabo utilizando	Se evaluaron los efectos en tres niveles: Psicológicos, para detectar cambios en los síntomas;

	corriente directa en adolescentes con trastorno del espectro autista		sus comorbilidades, luego fueron asignados aleatoriamente a dos condiciones: activa o simulada.	un dispositivo Eldith-DC con una corriente de 2mA durante 20 minutos, incluyendo una fase de entrada y salida gradual de 30 segundos al inicio y al final de la estimulación. En el caso de la estimulación simulada, se aplicó una fase de entrada gradual de 30 segundos, seguida de 40 segundos de estimulación a 2 mA y luego una fase de salida gradual de 30 segundos.	neurofisiológicos, para observar alteraciones en las respuestas cerebrales a estímulos emocionales; y conductuales, para medir cambios en las respuestas y en la duración de la fijación ocular. Los resultados principales indicaron una reducción significativa de los síntomas en el grupo experimental en comparación con el grupo control. Además, se observaron mejoras secundarias en la cognición social, el reconocimiento de emociones, la duración de la fijación ocular, empatía y la regulación emocional.
Casanova, et al. (2020)	Efectos de la terapia de estimulación magnética transcraneal sobre las oscilaciones gamma provocadas e inducidas en niños con trastornos del espectro autista.	Ensayo controlado aleatorio.	19 niños con TEA y 19 niños neurotípicos (grupo control)	La rTMS fue administrada semanalmente cumpliendo los siguientes parámetros: Frecuencia, 1Hz, 90% del RMT, 180 pulsos por sesión, 9 series de 20 pulsos cada una e intervalos de 20 a 30 segundos entre series. Las 6 sesiones semanales iniciales	No se encontraron diferencias en el Tiempo de reacción (TR) entre niños con TEA y neurotípicos. Sin embargo, el grupo TEA cometió más errores de comisión (11,22 ± 15,48%) y omisión (2,12 ± 2,72%) en comparación con el grupo control (1,55 ± 3,48% y 0,55 ± 1,18%, respectivamente). Tras la intervención, el porcentaje total de errores disminuyó de 13,35 ± 16,84% a 3,16 ± 3,09%, y los errores de comisión bajaron de 11,22 ± 15,48% a 2,23 ± 2,51%. Además, se redujo

				<p>fueron administradas sobre la corteza prefrontal dorsolateral izquierda (CPDL) y las siguientes 6 sobre la CPDL derecha, mientras que los 6 tratamientos adicionales se realizaron de forma bilateral.</p>	<p>significativamente las puntuaciones de comportamiento estereotipado y compulsivo, y mejoró la irritabilidad e hiperactividad.</p>
<p>Gao L, et al. (2021)</p>	<p>La anomalía sensorial media parcialmente la eficacia de la estimulación magnética transcraneal repetitiva en el tratamiento del trastorno comórbido del sueño en niños con trastornos del espectro autista.</p>	<p>Ensayo controlado aleatorio.</p>	<p>39 niños, todos los participantes completaron el estudio con protocolo de estimulación de alta y baja frecuencia. Todos fueron evaluados 3 veces (antes, 4 y 8 semanas después) mediante el CSHQ, SDQ.</p>	<p>Se aplicó rTMS para estimular el DLPFC izquierdo, frecuencia alta de 10 Hz y el DLPFC derecho, frecuencia baja de 1 Hz. Los parámetros utilizados para el DLPFC derecho incluyeron frecuencia de 1 Hz, duración de 32 segundos, 32 estímulos por sesión, intervalo de 1 segundo, 28 repeticiones y una intensidad del 25% de MT. Para el DLPFC izquierdo, se utilizó una frecuencia de 10 Hz, duración 3,2 segundos</p>	<p>La intervención con rTMS mostró efectos significativos en varios aspectos del sueño y la percepción sensorial. Para CSHQ, la puntuación total disminuyó de $53,23 \pm 6,14$ a $46,97 \pm 6,18$, con mejoras significativas en la duración del sueño y la resistencia a la hora de acostarse ($p < 0,001$). El SSP mostró una reducción en sensibilidad táctil y filtrado auditivo, con una puntuación total disminuyendo de $4,88 \pm 2,31$ a $6,52 \pm 2,31$; ($p < 0,05$). El SDQ también mejoró significativamente en la puntuación total ($p < 0,001$), pero no en todas las subescalas.</p>

				por estimulación, 32 estímulos por sesión, intervalo de 10 segundos, 45 repeticiones y una intensidad del 25% de RMT. La intervención se realizó 5 veces por semana.	
Yang Y, et al. (2024)	Evaluación del impacto de la estimulación magnética transcraneal repetitiva en la conectividad efectiva en el trastorno del espectro autista: Una exploración inicial mediante análisis TMS-EEG.	Exploratorio-observacional	12 niños de entre 4 y 13 años.	Se realizaron mediciones antes (pre-rTMS) y después (post-rTMS) de la intervención, se utilizó simultáneamente estimulación magnética transcraneal y electroencefalografía (TMS-EEG) dirigido al lóbulo parietal izquierdo. Todos los participantes recibieron el tratamiento, se utilizó una bobina de 70 mm. El tratamiento consistió en 1 serie de 5 trenes de 5 segundos, frecuencia de 15Hz, fuerza del 50%	La eficacia se evaluó utilizando la Escala SRS, la Escala RBS-R y la Lista ATEC, que incluye subescalas de habla y comunicación, sociabilidad, conciencia sensorial y cognitiva, y capacidades físicas y conducta. La puntuación total de ATEC disminuyó de $60,92 \pm 11,74$ a $46,17 \pm 13,64$ ($p < 0,05$), con reducciones significativas en las subescalas de lenguaje, interacción social y conciencia sensocognitiva. La escala de salud y comportamiento disminuyó de $17,67 \pm 5,82$ a $15,92 \pm 4,46$. La puntuación SRS bajó de $100,67 \pm 20,89$ a $85,58 \pm 21,07$, RBS-R disminuyó de $23,17 \pm 11,26$ a $17,08 \pm 11,52$ ($p < 0,05$). Se observó un aumento entre regiones frontales y parietales, mientras que las conexiones en regiones cerebrales

				<p>en intervalos de 10 minutos entre cada tren. Dicho tratamiento se aplicó durante 3 semanas todos los días, para un total de 15 sesiones.</p>	<p>posteriores se redujeron significativamente ($p < 0,05$).</p>
--	--	--	--	---	--

EMT: Estimulación magnética transcraneal; tDCS: Estimulación transcraneal con corriente continua; CPDL: Corteza prefrontal dorsal lateral; DLPFC: Corteza dorsolateral prefrontal; EEG: Electroencefalograma; F3: Ubicación en la región de la corteza prefrontal lateral dorsal izquierda del sistema EEG; FC1 Y FC2: Áreas prefrontal y motora derecha e izquierda del sistema; EEGCARS: Escala de Calificación del Autismo Infantil; ABC: Lista de Verificación de Conducta Aberrante; RBS-R: Escala de Conducta Repetitiva Revisada; CSHQ: Cuestionario de Hábitos de Sueño de los Niños; rTMS: Estimulación magnética transcraneal repetitiva; TCC-I: Terapia cognitivo conductual para el insomnio; CPDL: Estimulación de la corteza prefrontal latera dorsal; SRS: Escala de respuesta social; ATEC: Lista de verificación para la evaluación del autismo; SDQ: Cuestionario de fortalezas y dificultades; SSP: Perfil sensorial corto; RMT: Umbral motor en reposo; DMN: Red neuronal por defecto; SMN: Red sensoriomotora; DAN: Red de atención dorsal.

Los resultados encontrados ahondan sobre los beneficios como los protocolos más empleados de la EMT por ejemplo, (Qiu et al., 2021) utilizaron la escala de verificación de conducta aberrante (ABC) y la escala de calificación del autismo infantil disminuyeron sus resultados significativamente, ($p = 0,04$) y ($p = 0,05$) respectivamente, así como la irritabilidad ($p = 0,01$), mientras que en el estudio de (Auvichayapat et al., 2023a) se evidenció una reducción en la gravedad del autismo ($p < 0,001$). (Li et al., s/f) utilizaron rTMS sobre la corteza prefrontal dorsolateral derecha a una intensidad de 1Hz al 50% del umbral motor en reposo (RTM), los resultados mostraron mejoras significativas en el patrón del sueño.

Otros estudios realizados por (Chan et al., 2023), (Han et al., 2022) y (Chen et al., 2024) utilizaron estimulación transcraneal con corriente continua (tDCS) a una intensidad de 1,5mA combinado con rehabilitación cognitiva en línea y entrenamiento combinado Go/No-go respectivamente, ambos autores coinciden en que el uso de tDCS combinada con dichos entrenamientos son capaces de mejorar el funcionamiento social ($p = 0,012$), así como el reconocimiento de emociones ($p = 0,0068$) y flexibilidad cognitiva ($p = 0,033$), la eficiencia del procesamiento de la información durante las tareas cognitivas y la atención sostenida.

(Kang et al., 2024), (Sun et al., 2022), (Zhou et al., 2020), y (Yang et al., 2024) en sus estudios concluyeron que usar tDCS y estimulación transcraneal con corriente repetitiva (rTMS) sobre la corteza prefrontal dorsolateral derecha e izquierda (CPDL) puede mostrar cambios significativos dentro de la actividad cerebral y la conectividad funcional ($p < 0,036$), así como en áreas de atención, funciones cognitivas, lenguaje e interacciones sociales ($p < 0,05$).

En los estudios realizados por (Ameis et al., 2020) y (Casanova, Shaban, et al., 2020) utilizaron rTMS a una intensidad de 20 y 1Hz con una frecuencia del 90% del umbral motor en reposo (RMT) sobre la CPDL derecha e izquierda mostraron una mejora en la memoria espacial o función ejecutiva. (Tian et al., 2023) y (Gao et al., 2022) se basaron en protocolos de alta y baja frecuencia sobre la CPDL izquierda y derecha, combinada con estímulos visuales, mostrando una mejora significativa en la frecuencia de fijación de los ojos ($p < 0,001$), así como mejoras en los

hábitos y duración del sueño ($p < 0,001$), finalmente, (Prillinger et al., 2021) mencionan que usar tDCS a una frecuencia de 2mA reduce los síntomas del TEA.

Discusión

Los estudios analizados demuestran que la EMT, en sus diversas modalidades como la rTMS y la tDCS se enmarcan como prometedoras para abordar a los pacientes con TEA, mejorando aspectos como la funcionalidad neuronal y ejecutiva, comportamiento social y mejoras en esferas psicológicas; aumentando la independencia del niño en acciones diarias. Estudios realizados por (Yan et al., 2024); (Yuan et al., 2024); (Huashuang et al., 2022); y (P. Liu et al., 2020); demostraron que la EMT, mediante la aplicación de campos magnéticos, modula la actividad cerebral de manera efectiva, contribuyendo a mejorar diversos síntomas centrales del TEA, particularmente en las áreas de comunicación social, habilidades cognitivas y regulación emocional.

La EMT se puede aplicar mediante diferentes tipos de pulsos ya sean individuales, pares o trenes repetidos dirigidos a diversas regiones cerebrales. Por ejemplo, la EMT aplicada en la corteza prefrontal dorsolateral puede ayudar a reducir la irritabilidad; en las cortezas motoras suplementarias y primarias, mejora el comportamiento motor; en la corteza prefrontal medial, favorece la mentalización; y en la corteza premotora, contribuye a la coordinación y el habla. Esta versatilidad permite una personalización del tratamiento y una respuesta terapéutica rápida (Oberman et al., 2016); (Khaleghi et al., 2020); (Barahona-Corrêa et al., 2018)).

La rTMS, una de sus variantes, trabaja sobre la excitabilidad cortical a altas y bajas frecuencias (≥ 5 Hz y ≤ 1 Hz) respectivamente. La alta frecuencia aumenta la excitabilidad cortical por mecanismos de potenciación, mientras que; la baja frecuencia la disminuye debido a mecanismos asociados con la depresión. Dichos efectos se asocian a una variabilidad interindividual por lo cual una modalidad alternativa de rTMS es la estimulación theta (TBS) que administra pulsos magnéticos de 50Hz a modo de intervalos en un área cerebral seleccionada (Khaleghi et al.,

2020); (Barahona-Corrêa et al., 2018); (A. Liu et al., 2023); (Baruth et al., 2010); (Abujadi et al., 2018)).

Aunque se requieren más investigaciones para optimizar su uso, la EMT se perfila como una estrategia terapéutica valiosa para el TEA, destacando por su potencial para inducir cambios en la excitabilidad cortical y la plasticidad neuronal, así como por su perfil de seguridad y tolerancia (Yuan et al., 2024); (Huashuang et al., 2022) ; (A. Liu et al., 2023)).

La estimulación transcraneal con corriente directa (tDCS) tiene un impacto positivo en la mejora de la calidad de vida de los niños con trastorno del espectro autista (TEA), particularmente en áreas clave como la comunicación, la cognición y la sociabilidad. Aunque no se observaron mejoras significativas en el aprendizaje global, los niños que recibieron tDCS activo mostraron una tendencia hacia una mayor precisión en las tareas motoras, lo que podría facilitar su independencia en actividades cotidianas. Además, se detectaron mejoras sustanciales en la gravedad del autismo, reflejadas en puntuaciones más altas en la Escala de Calificación del Autismo Infantil (CARS) y en áreas como el lenguaje y la salud según la Lista de Verificación para la Evaluación del Tratamiento del Autismo (ATEC). Estos hallazgos sugieren que la tDCS puede ser una herramienta terapéutica eficaz, con implicaciones clínicas significativas para el tratamiento del TEA, al promover la plasticidad cerebral y mejorar aspectos cruciales del desarrollo social y comunicativo de los niños (Auvichayapat et al., 2023); (Akremi et al., 2022); (Kariminezhad et al., 2024)).

Es importante señalar las limitaciones de los estudios actuales, la heterogeneidad en los métodos de estimulación, las áreas cerebrales objetivo y las medidas de resultado dificultan la generalización de estos hallazgos. Además, la mayoría de los estudios se centraron en efectos a corto plazo, dejando preguntas abiertas sobre la durabilidad de los beneficios observados y la seguridad a largo plazo.

Conclusión

La evidencia actual sugiere que la terapia de estimulación transcraneal tiene un potencial significativo como intervención coadyuvante en el tratamiento de niños con trastornos del espectro autista. Los estudios revisados indican mejoras en áreas críticas como la comunicación social, la cognición y el reconocimiento de emociones, así como en patrones de sueño y comportamientos repetitivos.

A pesar de estos desafíos, la EMT emerge como una prometedora herramienta terapéutica que podría complementar las intervenciones existentes para el TEA, su capacidad para modular la actividad cerebral de manera no invasiva ofrece una nueva avenida para abordar los déficits asociados con el trastorno. A medida que avanza la investigación, es posible que la EMT se convierta en un componente valioso dentro de un enfoque de tratamiento multimodal para el TEA, mejorando la calidad de vida de los niños afectados.

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no existen.

Declaración de contribución

Todos los autores han contribuido de manera significativa al diseño y ejecución de esta investigación. Cada uno de los autores han leído y aprobado la versión final del manuscrito para su publicación.

Referencias

- Abujadi, C., Croarkin, P. E., Bellini, B., Brentani, H., & Marcolin, M. (2018). Intermittent theta-burst transcranial magnetic stimulation for autism spectrum disorder: An open-label pilot study. *Revista Brasileira de Psiquiatria*, 40(3), 309–311. <https://doi.org/10.1590/1516-4446-2017-2279>
- Adamary, K., Fajardo, M., Estefanía, D., Álvarez, S., Paola, M. V., & Zambrano, P. (s/f). *Epidemiological profile of autism spectrum disorder in Latin America*.

- Akremiti, H., Hamel, R., Dumas, A., Camden, C., Corriveau, H., & Lepage, J. F. (2022). Cerebellar Transcranial Direct Current Stimulation in Children with Developmental Coordination Disorder: A Randomized, Double-Blind, Sham-Controlled Pilot Study. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 52(7), 3202–3213. <https://doi.org/10.1007/s10803-021-05202-6>
- Ameis, S. H., Blumberger, D. M., Croarkin, P. E., Mabbott, D. J., Lai, M. C., Desarkar, P., Szatmari, P., & Daskalakis, Z. J. (2020). Treatment of Executive Function Deficits in autism spectrum disorder with repetitive transcranial magnetic stimulation: A double-blind, sham-controlled, pilot trial. *Brain Stimulation*, 13(3), 539–547. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2020.01.007>
- Auvichayapat, P., Intayot, K., Udomchat, C., Suphakunpinyo, C., Patjanasontorn, N., Keeratitanont, K., Tunkamnerdthai, O., Jensen, M. P., Humbert, A. T., & Auvichayapat, N. (2023a). Long-term effects of transcranial direct current stimulation in the treatment of autism spectrum disorder: A randomized controlled trial. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 65(6), 811–820. <https://doi.org/10.1111/dmcn.15457>
- Auvichayapat, P., Intayot, K., Udomchat, C., Suphakunpinyo, C., Patjanasontorn, N., Keeratitanont, K., Tunkamnerdthai, O., Jensen, M. P., Humbert, A. T., & Auvichayapat, N. (2023b). Long-term effects of transcranial direct current stimulation in the treatment of autism spectrum disorder: A randomized controlled trial. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 65(6), 811–820. <https://doi.org/10.1111/dmcn.15457>
- Barahona-Corrêa, J. B., Velosa, A., Chainho, A., Lopes, R., & Oliveira-Maia, A. J. (2018). Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation for Treatment of Autism Spectrum Disorder: A Systematic Review and Meta-Analysis. En *Frontiers in Integrative Neuroscience* (Vol. 12). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fnint.2018.00027>
- Baruth, J. M., Casanova, M. F., El-Baz, A., Horrell, T., Mathai, G., Sears, L., & Sokhadze, E. (2010). Low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation modulates evoked-gamma frequency

Recepción: / Revisión: / Aprobación: / Publicación:

oscillations in autism spectrum disorder. *Journal of Neurotherapy*, 14(3), 179–194.
<https://doi.org/10.1080/10874208.2010.501500>

Casanova, M. F., Shaban, M., Ghazal, M., El-Baz, A. S., Casanova, E. L., Opris, I., & Sokhadze, E. M. (2020). Effects of transcranial magnetic stimulation therapy on evoked and induced gamma oscillations in children with autism spectrum disorder. *Brain Sciences*, 10(7), 1–19.
<https://doi.org/10.3390/brainsci10070423>

Casanova, M. F., Sokhadze, E. M., Casanova, E. L., & Li, X. (2020). Transcranial Magnetic Stimulation in Autism Spectrum Disorders: Neuropathological Underpinnings and Clinical Correlations. En *Seminars in Pediatric Neurology* (Vol. 35). W.B. Saunders.
<https://doi.org/10.1016/j.spen.2020.100832>

Cazorla González, J. J., Cornellà I Canals, J., & Cazorla González, J. J. (2014). Colaboración especial Las posibilidades de la fisioterapia en el tratamiento multidisciplinar del autismo. *Rev Pediatr Aten Primaria*, 16, 85–122.

Chan, M. M. Y., Choi, C. X. T., Tsoi, T. C. W., Shea, C. K. S., Yiu, K. W. K., & Han, Y. M. Y. (2023). Effects of multisession cathodal transcranial direct current stimulation with cognitive training on sociocognitive functioning and brain dynamics in autism: A double-blind, sham-controlled, randomized EEG study. *Brain Stimulation*, 16(6), 1604–1616.
<https://doi.org/10.1016/j.brs.2023.10.012>

Chen, L., Du, B., Li, K., Li, K., Hou, T. T., Jia, F., & Li, L. (2024). The effect of tDCS on inhibitory control and its transfer effect on sustained attention in children with autism spectrum disorder: An fNIRS study. *Brain Stimulation*, 17(3), 594–606. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2024.04.019>

Doruk Camsari, D., Kirkovski, M., & Croarkin, P. E. (2018). Therapeutic Applications of Noninvasive Neuromodulation in Children and Adolescents. En *Psychiatric Clinics of North America* (Vol. 41, Número 3, pp. 465–477). W.B. Saunders. <https://doi.org/10.1016/j.psc.2018.05.003>

Escala PEDro-Español. (s/f).

Gao, L., Wang, C., Song, X. R., Tian, L., Qu, Z. Y., Han, Y., & Zhang, X. (2022). The Sensory Abnormality Mediated Partially the Efficacy of Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation on Treating Comorbid Sleep Disorder in Autism Spectrum Disorder Children. *Frontiers in Psychiatry*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsyt.2021.820598>

Gatzinsky, K., Bergh, C., Liljegren, A., Silander, H., Samuelsson, J., Svanberg, T., & Samuelsson, O. (2021). Repetitive transcranial magnetic stimulation of the primary motor cortex in management of chronic neuropathic pain: A systematic review. En *Scandinavian Journal of Pain* (Vol. 21, Número 1, pp. 8–21). De Gruyter Open Ltd. <https://doi.org/10.1515/sjpain-2020-0054>

Han, Y. M. Y., Chan, M. M. Y., Shea, C. K. S., Lai, O. L. hin, Krishnamurthy, K., Cheung, M. chun, & Chan, A. S. (2022). Neurophysiological and behavioral effects of multisession prefrontal tDCS and concurrent cognitive remediation training in patients with autism spectrum disorder (ASD): A double-blind, randomized controlled fNIRS study. *Brain Stimulation*, 15(2), 414–425. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2022.02.004>

Hodges, H., Fealko, C., & Soares, N. (2020). Autism spectrum disorder: Definition, epidemiology, causes, and clinical evaluation. En *Translational Pediatrics* (Vol. 9, pp. S55–S65). AME Publishing Company. <https://doi.org/10.21037/tp.2019.09.09>

Huang, J., Du, C., Liu, J., & Tan, G. (2020). Meta-Analysis on Intervention Effects of Physical Activities on Children and Adolescents with Autism. En *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 17, Número 6). MDPI. <https://doi.org/10.3390/IJERPH17061950>

Huashuang, Z., Yang, L., Chensheng, H., Jing, X., Bo, C., Dongming, Z., Kangfu, L., & Shi-Bin, W. (2022). Prevalence of Adverse Effects Associated With Transcranial Magnetic Stimulation for

Recepción: / Revisión: / Aprobación: / Publicación:

Autism Spectrum Disorder: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Psychiatry*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2022.875591>

Kang, J., Li, Y., Lv, S., Hao, P., & Li, X. (2024). Effects of transcranial direct current stimulation on brain activity and cortical functional connectivity in children with autism spectrum disorders. *Frontiers in Psychiatry*, 15. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2024.1407267>

Kariminezhad, S., Zomorodi, R., Zrenner, C., Blumberger, D. M., Ameis, S. H., Lin, H. Y., Lai, M. C., Rajji, T. K., Lunskey, Y., Sanches, M., & Desarkar, P. (2024). Assessing plasticity in the primary sensory cortex and its relation with atypical tactile reactivity in autism: A TMS-EEG protocol. *PLoS ONE*, 19(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0305013>

Khaleghi, A., Zarafshan, H., Vand, S. R., & Mohammadi, M. R. (2020). Effects of Non-invasive Neurostimulation on Autism Spectrum Disorder: A Systematic Review. En *Clinical Psychopharmacology and Neuroscience* (Vol. 18, Número 4, pp. 527–552). Korean College of Neuropsychopharmacology. <https://doi.org/10.9758/CPN.2020.18.4.527>

Li, T., Sokhadze, E. M., Chao Loh, W., Zhou, X., Tang, X., Jiao, J., Tan, L., Zhang, Y., & Li, T. (s/f). *OPEN ACCESS EDITED BY Repetitive transcranial magnetic stimulation for insomnia in patients with autism spectrum disorder: Study protocol for a randomized, double-blind, and sham-controlled clinical trial.*

Liu, A., Gong, C., Wang, B., Sun, J., & Jiang, Z. (2023). Non-invasive brain stimulation for patient with autism: a systematic review and meta-analysis. En *Frontiers in Psychiatry* (Vol. 14). Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2023.1147327>

Liu, P., Xiao, G., He, K., Zhang, L., Wu, X., Li, D., Zhu, C., Tian, Y., Hu, P., Qiu, B., Ji, G. J., & Wang, K. (2020). Increased Accuracy of Emotion Recognition in Individuals with Autism-Like Traits after Five Days of Magnetic Stimulations. *Neural Plasticity*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/9857987>

Lord, C., Brugha, T. S., Charman, T., Cusack, J., Dumas, G., Frazier, T., Jones, E. J. H., Jones, R. M., Pickles, A., State, M. W., Taylor, J. L., & Veenstra-VanderWeele, J. (2020). Autism spectrum disorder. *Nature Reviews Disease Primers*, 6(1). <https://doi.org/10.1038/s41572-019-0138-4>

Lord, C., Elsabbagh, M., Baird, G., & Veenstra-Vanderweele, J. (2018). Autism spectrum disorder. En *The Lancet* (Vol. 392, Número 10146, pp. 508–520). Lancet Publishing Group. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31129-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31129-2)

Marder, K. G., Barbour, T., Ferber, S., Idowu, O., & Itzkoff, A. (2022). Psychiatric Applications of Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation. *FOCUS*, 20(1), 8–18. <https://doi.org/10.1176/appi.focus.20210021>

Nejadghaderi, S. A., Balibegloo, M., & Rezaei, N. (2024). The Cochrane risk of bias assessment tool 2 (RoB 2) versus the original RoB: A perspective on the pros and cons. *Health Science Reports*, 7(6). <https://doi.org/10.1002/hsr2.2165>

Oberman, L. M., Enticott, P. G., Casanova, M. F., Rotenberg, A., Pascual-Leone, A., Mccracken, J. T., Ameis, S., Brock, D., Demitrack, M., Croarkin, P., Dawson, G., Wu, W., Gilbert, D., Hollander, E., Iacoboni, M., Lim, K., Mostofsky, S., Pedapati, E., Swedo, S., ... Wall, C. (2016). Transcranial magnetic stimulation in autism spectrum disorder: Challenges, promise, and roadmap for future research. En *Autism Research* (Vol. 9, Número 2, pp. 184–203). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1002/aur.1567>

Okoye, C., Obialo-Ibeawuchi, C. M., Obajeun, O. A., Sarwar, S., Tawfik, C., Waleed, M. S., Wasim, A. U., Mohamoud, I., Afolayan, A. Y., & Mbaezue, R. N. (2023). Early Diagnosis of Autism Spectrum Disorder: A Review and Analysis of the Risks and Benefits. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.43226>

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M.,

Recepción: / Revisión: / Aprobación: / Publicación:

Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. En *The BMJ* (Vol. 372). BMJ Publishing Group. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>

Prillinger, K., Radev, S. T., Amador de Lara, G., Klöbl, M., Lanzenberger, R., Plener, P. L., Poustka, L., & Konicar, L. (2021). Repeated Sessions of Transcranial Direct Current Stimulation on Adolescents With Autism Spectrum Disorder: Study Protocol for a Randomized, Double-Blind, and Sham-Controlled Clinical Trial. *Frontiers in Psychiatry*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsyt.2021.680525>

Qiu, J., Kong, X., Li, J., Yang, J., Huang, Y., Huang, M., Sun, B., Su, J., Chen, H., Wan, G., & Kong, J. (2021). Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) over the Left Dorsal Lateral Prefrontal Cortex in Children with Autism Spectrum Disorder (ASD). *Neural Plasticity*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/6627507>

Sun, C., Zhao, Z., Cheng, L., Tian, R., Zhao, W., Du, J., Zhang, Y., & Wang, C. (2022). Effect of Transcranial Direct Current Stimulation on the Mismatch Negativity Features of Deviated Stimuli in Children With Autism Spectrum Disorder. *Frontiers in Neuroscience*, 16. <https://doi.org/10.3389/fnins.2022.721987>

Tian, L., Ma, S., Li, Y., Zhao, M. F., Xu, C., Wang, C., Zhang, X., & Gao, L. (2023). Repetitive transcranial magnetic stimulation can improve the fixation of eyes rather than the fixation preference in children with autism spectrum disorder. *Frontiers in Neuroscience*, 17. <https://doi.org/10.3389/fnins.2023.1188648>

Trastornos del Espectro Autista en niños y adolescentes: detección, diagnóstico, tratamiento, rehabilitación y seguimiento. (2017). <http://salud.gob.ec>

- Yan, J., Zhang, Y., Wang, J., Zhu, G., & Fang, K. (2024). Effects of transcranial magnetic stimulation on sleep structure and quality in children with autism. *Frontiers in Psychiatry*, 15. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2024.1413961>
- Yang, Y., Song, P., & Wang, Y. (2024). Assessing the impact of repetitive transcranial magnetic stimulation on effective connectivity in autism spectrum disorder: An initial exploration using TMS-EEG analysis. *Heliyon*, 10(11). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31746>
- Yuan, L. X., Wang, X. K., Yang, C., Zhang, Q. R., Ma, S. Z., Zang, Y. F., & Dong, W. Q. (2024). A systematic review of transcranial magnetic stimulation treatment for autism spectrum disorder. En *Heliyon* (Vol. 10, Número 11). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e32251>
- Zeidan, J., Fombonne, E., Scora, J., Ibrahim, A., Durkin, M. S., Saxena, S., Yusuf, A., Shih, A., & Elsabbagh, M. (2022). Global prevalence of autism: A systematic review update. En *Autism Research* (Vol. 15, Número 5, pp. 778–790). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1002/aur.2696>
- Zhou, T., Kang, J., Li, Z., Chen, H., & Li, X. (2020). Transcranial direct current stimulation modulates brain functional connectivity in autism. *NeuroImage: Clinical*, 28. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2020.102500>