



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE SALUD Y BIENESTAR

CARRERA DE PSICOLOGÍA CLÍNICA

**ESTIMULACIÓN MAGNÉTICA TRANSCRANEAL COMO
TRATAMIENTO DE LAS FUNCIONES COGNITIVAS, CONDUCTUALES
Y SOCIALES EN NIÑOS Y ADOLESCENTES EN EL TRASTORNO DEL
ESPECTRO AUTISTA: UNA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE LICENCIADO EN PSICOLOGÍA CLÍNICA**

AUTOR: ARIAS QUEVEDO RUBEN ANTHONY

DIRECTOR: DANIEL FELIPE ALVAREZ SAQUINAULA

CUENCA - ECUADOR

2025

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE SALUD Y BIENESTAR

CARRERA DE PSICOLOGÍA CLÍNICA

**ESTIMULACIÓN MAGNÉTICA TRANSCRANEAL COMO
TRATAMIENTO DE LAS FUNCIONES COGNITIVAS, CONDUCTUALES
Y SOCIALES EN NIÑOS Y ADOLESCENTES EN EL TRASTORNO DEL
ESPECTRO AUTISTA: UNA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE LICENCIADO EN PSICOLOGÍA CLÍNICA**

AUTOR: RUBEN ANTHONY ARIAS QUEVEDO

DIRECTOR: DANIEL FELIPE ALVAREZ SAQUINAULA

CUENCA - ECUADOR

2025

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

Ruben Anthony Arias Quevedo portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **0705254852**. Declaro ser el autor de la obra: **“Estimulación magnética transcraneal como tratamiento de las funciones cognitivas, conductuales y sociales en niños y adolescentes en el trastorno del espectro autista: Una revisión bibliográfica”**, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, **23 de octubre del 2025**

F: 

Ruben Anthony Arias Quevedo

C.I. 0705254852

Cuenca, 23 de octubre del 2025

CERTIFICACIÓN

Yo **Daniel Felipe Alvarez Saquinaula**, con cédula de identidad N° **0104075429** en calidad de Director del Trabajo de Titulación con el tema: **“Estimulación magnética transcraneal como tratamiento de las funciones cognitivas, conductuales y sociales en niños y adolescentes en el trastorno del espectro autista: Una revisión bibliográfica”**, certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Ruben Anthony Arias Quevedo, bajo mi supervisión.

Atentamente;

DANIEL FELIPE
ALVAREZ
SAQUINAULA

Firmado digitalmente
por DANIEL FELIPE
ALVAREZ SAQUINAULA
Fecha: 2025.10.23
16:26:57 -05'00'

Ps. Cl. Daniel Felipe Alvarez Saquinaula

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN
DOCENTE DE LA CARRERA DE PSICOLOGÍA CLÍNICA

Agradecimientos

En primer lugar, deseo expresar mi más profundo agradecimiento a Dios, por concederme la fortaleza, la sabiduría y la perseverancia necesarias para culminar esta etapa tan importante de mi vida. Su guía constante me ha permitido avanzar con esperanza y determinación a lo largo de este proceso.

De manera muy especial, extiendo mi más sincero agradecimiento a mi madre, quien ha sido mi mayor inspiración, mi apoyo incondicional y mi ejemplo de esfuerzo y dedicación. Su amor, paciencia y sacrificio han sido el pilar fundamental que me sostuvo en cada desafío y la razón principal por la que hoy logro alcanzar esta meta. Cada palabra de aliento, cada gesto y cada sacrificio suyo han sido la fuerza que me impulsó a seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles.

Asimismo, deseo expresar mi gratitud al psicólogo clínico Daniel Felipe Alvarez Saquinaula, por su valiosa orientación y acompañamiento como tutor de este trabajo de investigación. Su compromiso, conocimiento y guía fueron esenciales para el desarrollo de esta tesis y para mi crecimiento académico y profesional.

Finalmente, agradezco a todas las personas que, de una u otra manera, formaron parte de este proceso. Su apoyo y confianza me recordaron que las metas se alcanzan con esfuerzo, constancia y fe en uno mismo.

Dedicatoria

Dedico este logro con todo mi amor y gratitud a mi madre, Sandra Quevedo, quien ha sido mi fuente inagotable de fuerza, inspiración y apoyo. Su ejemplo de perseverancia, dedicación y amor incondicional me ha guiado a lo largo de este camino académico y personal.

Cada esfuerzo realizado y cada meta alcanzada llevan impreso el reflejo de su sacrificio y de su fe en mí. Gracias por enseñarme a nunca rendirme, por acompañarme en los momentos más difíciles y por creer en mis capacidades incluso cuando yo dudaba.

Este triunfo no solo me pertenece, sino que también es suyo, porque sin su apoyo constante y su amor infinito, este sueño no habría sido posible.

Con profundo cariño y eterna gratitud.

Ruben Arias.

Resumen

Introducción: El trastorno del espectro autista (TEA) es una condición del neurodesarrollo caracterizada por alteraciones en la función social, flexibilidad cognitiva y la autorregulación conductual y emocional. Su prevalencia en niños y adolescentes ha impulsado la búsqueda de intervenciones que complementen los abordajes tradicionales, los cuales presentan eficacia limitada. En este contexto, la estimulación magnética transcraneal repetitiva (EMTr) ha sido propuesta como una técnica de neuromodulación no invasiva con potencial terapéutico. **Objetivo:** El presente estudio es sintetizar la evidencia científica disponible sobre la aplicación de la EMTr en el tratamiento de las funciones cognitivas, conductuales y sociales en niños y adolescentes con diagnóstico de TEA. **Metodología:** Revisión bibliográfica con enfoque cualitativo, realizada en bases de datos científicas (PubMed, Scopus y Taylor & Francis). Se aplicaron criterios de inclusión y exclusión que permitieron seleccionar estudios publicados entre 2012 y 2024, centrados en niños y adolescentes con diagnóstico de TEA sometidos a protocolos de EMTr. **Resultados:** Los resultados muestran que los protocolos más frecuentes corresponden a EMTr de baja frecuencia (1Hz) aplicada sobre la corteza prefrontal dorsolateral. La evidencia reporta mejoras en atención sostenida, flexibilidad cognitiva, reducción de conductas estereotipadas, irritabilidad, y progresos en reciprocidad emocional e interacción social. **Conclusión:** La EMTr constituye una intervención prometedora en niños y adolescentes con TEA al modular la plasticidad cortical y potenciar la adaptación funcional, aunque persiste la necesidad de estandarizar protocolos y ampliar estudios longitudinales para consolidar su efectividad clínica.

Palabras claves: Trastorno del espectro autista, neurodesarrollo, estimulación magnética transcraneal, niños, adolescentes.

Abstract

Introduction: Autism Spectrum Disorder (ASD) is a neurodevelopmental condition characterized by impairments in social functioning, cognitive flexibility, and behavioral and emotional self-regulation. Its prevalence in children and adolescents has driven the search for interventions that complement traditional approaches, which often show limited efficacy. In this context, Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation (rTMS) has been proposed as a non-invasive neuromodulation technique with therapeutic potential. **Objective:** This study aims to summarize the available scientific evidence on the use of rTMS for the treatment of cognitive, behavioral, and social functions in children and adolescents diagnosed with ASD. **Methodology:** A qualitative literature review was conducted using scientific databases (PubMed, Scopus, and Taylor & Francis). Inclusion and exclusion criteria were applied, allowing the selection of studies published between 2012 and 2024, focused on children and adolescents with ASD who underwent rTMS protocols. **Results:** The results indicate that the most frequent protocols involve low-frequency rTMS (1 Hz) applied to the dorsolateral prefrontal cortex. Evidence reports improvements in sustained attention, cognitive flexibility, reduction of stereotyped behaviors and irritability, and progress in emotional reciprocity and social interaction. **Conclusion:** rTMS represents a promising intervention for children and adolescents with ASD by modulating cortical plasticity and enhancing functional adaptation. However, there remains a need to standardize protocols and expand longitudinal studies to consolidate its clinical effectiveness.

Keywords: Autism spectrum disorder, neurodevelopment, transcranial magnetic stimulation, children, adolescents.

Contenido

Introducción	10
Presentación del problema	11
Pregunta guía de investigación:	13
Justificación	13
Objetivo General:	13
Objetivos Específicos:	14
Materiales y métodos	14
Diseño	14
Estrategias de búsqueda	14
Criterios de selección	14
Extracción de datos	15
Tabla 1.	15
Análisis de datos	16
Cronograma	17
Desarrollo	17
Protocolos de estimulación magnética transcraneal en niños y adolescentes con trastorno del espectro autista.	17
Figura 1	18
Figura 2	18
Estimulación magnética transcraneal como tratamiento.	25
Funciones Cognitivas	25
Funciones Conductuales	29
Funciones Sociales	34
Conclusiones	37
Referencias	40

Introducción

El neurodesarrollo es un proceso dinámico que abarca la formación, maduración y especialización del sistema nervioso central, lo que permite la regulación de funciones cognitivas, motoras y emocionales. Desde la etapa gestacional, este proceso evoluciona a lo largo de la infancia y la adolescencia, estando influenciado tanto por factores genéticos como ambientales. En este contexto, cualquier alteración en su desarrollo puede aumentar la predisposición a diversas condiciones neuropsiquiátricas, entre ellas el Trastorno del Espectro Autista (TEA) (Otálora et al., 2023).

En el estudio de los trastornos del neurodesarrollo se destaca que la niñez y la adolescencia constituyen un periodo crucial en el desarrollo del individuo. Por ello, diversas investigaciones actuales han relacionado al trastorno del espectro autista (TEA) y al sistema nervioso, con manifestaciones atípicas en las facultades ejecutivas. Por lo tanto, un estudio señala que varios casos de pacientes autistas coinciden en ciertas características con individuos que presentan una lesión en la corteza prefrontal que posiblemente subyacen a un trastorno del neurodesarrollo (Martínez et al., 2018).

El trastorno del espectro autista es una condición neuropsiquiátrica del desarrollo que afecta a una proporción significativa de la población infantil y adolescencia, presentando desafíos considerables en cuanto al diagnóstico y tratamiento (Ribeiro et al., 2023). Además, se ha identificado que los individuos con TEA presentan dificultades en áreas como la comunicación, comportamientos restringidos, estereotipados, carencia de imaginación, etc. Esto sugiere que, es posible que exista una alteración en la corteza prefrontal durante los primeros años de la infancia, lo que afectaría el desarrollo funcional (Herreras et al., 2019).

Considerando lo expuesto, en la población con diagnóstico de trastorno del espectro autista (TEA), se evidencian variaciones significativas en las funciones cognitivas, especialmente en los procesos ejecutivos como la flexibilidad mental, planificación y en los mecanismos de inhibición conductual. Estas alteraciones comprometen la autorregulación conductual, generando respuestas impulsivas, comportamientos estereotipados y dificultades para adaptarse en contextos sociales. Asimismo, afectan el desempeño a nivel interpersonal, limitando la reciprocidad emocional y la comunicación, lo que evidencia un perfil funcional complejo con alto requerimiento de intervención especializada (Gentil et al., 2022).

Con el avance de la investigación, se ha considerado la estimulación magnética transcraneal (EMT) ha sido utilizada como intervención de alto potencial para tratar diversos

trastornos neurológicos y psiquiátricos, como el TEA. A pesar de los resultados preliminares que sugieren mejoras en áreas como las habilidades sociales, la comunicación y la regulación emocional, la evidencia científica sobre su efectividad en niños y adolescentes con TEA sigue siendo limitada y requiere una investigación más rigurosa (Jannati et al., 2023).

La estimulación magnética transcraneal (EMT), se usa como tratamiento en condiciones neurológicas y psicológicas, esta técnica busca generar actividad neuronal a fin de regular el funcionamiento cerebral siendo capaz de producir cambios a nivel comportamental, en la plasticidad cerebral y en las fibras nerviosas (Ruiz et al., 2022). Por tal motivo, se denomina una excitación energética por estímulo electromagnético, por el cual se ha utilizado la estimulación magnética transcraneal para regularizar otras alteraciones neurológicas, como la ansiedad o la depresión (Conde et al., 2023).

Este tratamiento es generado desde un acumulador de energía que viaja por medio de un cable de cobre, y se coloca encima de la cabeza del paciente, formando un campo magnético de forma perpendicular que genera corriente por la bobina hacia la corteza cerebral, (Khaleghi et al., 2020). La corriente eléctrica actúa sobre las neuronas estimulando sus efectos de neurotransmisión, mientras el efecto dependerá del tipo de bobina y de su ubicación, así como de la potencia del campo magnético y el intervalo de los pulsos magnéticos (León et al., 2022).

La estimulación magnética transcraneal repetitiva (EMTr) crea un tren de pulsos de baja frecuencia (≤ 1 Hz, con un rango de 0,5-1 Hz) o alta frecuencia (≥ 5 Hz, con un rango de 5-20 Hz), en periodos mínimos, proporcionando la capacidad de generar cambios en la excitabilidad corticoespinal, ocasionando efectos reguladores neuronales que perduran más allá del tiempo que abarca la propia sesión de EMTr. Este tipo de terapia puede ser utilizado para diferentes condiciones, como una alternativa no invasiva, (Enticott et al., 2021).

Presentación del problema

La Organización Mundial de la Salud estima que el trastorno del espectro autista (TEA) afecta al 0,76 % en niños a nivel global, con una mayor incidencia en países desarrollados (Alwin et al., 2025). Diversas investigaciones han evidenciado un incremento sostenido en la prevalencia del trastorno del espectro autista (TEA), alcanzando valores del 1,70 % y 1,85 % en niños estadounidenses de 4 y 8 años, respectivamente, y oscilando entre el 0,38 % y el 1,55 % en población infantil europea. Además, se reporta una marcada heterogeneidad en las tasas de comorbilidades asociadas, como TDAH, ansiedad y depresión entre otras. Estas variaciones

responden a diferencias metodológicas entre estudios, así como a factores moduladores como la edad y el sexo (Bougeard et al., 2024). En esta línea Pak et al., (2024) menciona que la prevalencia del autismo cada vez aumenta de manera significativa a nivel mundial. En Estados Unidos, se estima que uno de cada 46 niños presenta esta condición, sin distinción de etnia. En el caso de los niños hispanos, la prevalencia es aún mayor, afectando a uno de cada 34, quienes además suelen presentar dificultades en su desarrollo cognitivo y motor.

Por otro lado, Saavedra (2023) menciona a Latinoamérica con un bajo porcentaje de estudios realizados en niños y adolescentes con TEA, debido a la poca información y al estigma, por lo que no se tiene datos concluyentes acerca de la prevalencia. Además, el estudio menciona complicaciones asociadas que pueden desencadenar síntomas conductuales e ideaciones suicidas, debido a su falta de interacción social, y a las dificultades propias de la condición. Desde esta perspectiva, el estudio realizado por Zahorodny (2023) en población adolescente de 16 años, residentes en el área metropolitana de Nueva York y Nueva Jersey, reportó una prevalencia del trastorno del espectro autista de 17,7 casos por cada 1.000 individuos, aproximadamente a uno por cada 56 adolescentes. Esta prevalencia, clínicamente significativa, evidencia una continuidad en la incidencia del TEA desde etapas infantiles hasta la adolescencia. Así mismo, (Chenxi Li & Wen-Qiang He, 2024) realizaron un estudio en Estados Unidos, donde la prevalencia del TEA ha mostrado un incremento sostenido en los últimos años, especialmente en adolescentes, según datos de la Encuesta Nacional de Salud Infantil (NSCH, 2016–2022), la tasa de diagnóstico del TEA en niños y adolescentes de 3 a 17 años aumentó del 2,5 % en 2016 al 3,6 % en 2022.

Por tal motivo, se propone la estimulación magnética transcraneal (EMT) debido a que ha sido utilizada en varios trastornos neurológicos como técnica de neuromodulación no invasiva. Considerando que otros tratamientos han demostrado eficacia limitada en la reducción de los síntomas característicos del TEA. De este modo, se plantea a la EMT como una intervención con potencial terapéutico. Asimismo, la evidencia científica sugiere que la EMT aplicada sobre la corteza prefrontal dorsolateral en niños autistas puede potenciar al funcionamiento de las funciones ejecutivas, y contribuir a la disminución de la ansiedad propia de esta condición (Jiménez et al., 2024). A partir de lo señalado, la EMT produce efectos duraderos sobre la excitabilidad cortical, que pueden mantenerse durante semanas o meses, estos efectos dependen del protocolo a emplear, ya sea en niños o en adolescentes. La EMTr de baja frecuencia (≤ 1 Hz)

genera un efecto inhibitor, mientras que la de alta frecuencia (≥ 5 Hz) produce una respuesta excitatoria (Anca & Narpinder, 2022).

Pregunta guía de investigación:

¿Qué resultados se han reportado en la literatura científica sobre el uso de la estimulación magnética transcraneal como intervención para el tratamiento de las funciones cognitivas, conductuales y sociales en niños y adolescentes con trastorno del espectro autista?

Justificación

El presente estudio adquiere relevancia social al abordar el trastorno del espectro autista (TEA), siendo una condición del neurodesarrollo cuya prevalencia ha evidenciado un aumento tanto en la niñez y en la adolescencia a nivel mundial. Esta predisposición, demanda la necesidad de identificar intervenciones eficaces que promuevan la calidad de vida y disminuir su estigmatización. Con base a lo anterior, se explora a la estimulación magnética transcraneal como técnica neuromoduladora no invasiva, en función de alternativa potencialmente eficaz que podrían ser integrada en contextos educativos, familiares y comunitarios.

Desde una perspectiva teórica, el estudio permite consolidar y actualizar mediante evidencia científica sobre el uso de la estimulación magnética transcraneal en niños y adolescentes con TEA. Permitiendo una mejor comprensión de los fundamentos neurobiológicos y el funcionamiento de la EMT en el campo de las neurociencias clínicas. Además, el estudio ofrece la eficacia de la EMT para regular síntomas característicos del autismo, donde los resultados nos demuestra mejoras en las funciones ejecutivas, disminución de conductas estereotipadas y sintomatología ansiosa. Esta información, es relevante para la toma de decisiones clínicas y estrategias de intervención integrales.

Por lo tanto, este estudio se sustenta en un enfoque cualitativo de revisión bibliográfica, el cual permite integrar hallazgos provenientes de diversas bases científicas, incluyendo ensayos clínicos, metaanálisis, estudios transversales y de caso controles. Así mismo, contribuye al desarrollo de futuras investigaciones experimentales. De este modo, este estudio se dirige a una población con alta vulnerabilidad clínica y social; niños y adolescentes con diagnóstico de TEA, promoviendo prácticas orientadas a favorecer en el ámbito de la salud mental.

Objetivo General:

Sintetizar los resultados reportados sobre la aplicación de la estimulación magnética transcraneal como intervención en niños y adolescentes con trastorno del espectro autista.

Objetivos Específicos:

- Describir los protocolos de estimulación magnética transcraneal en niños y adolescentes con trastorno del espectro autista.
- Describir los resultados encontrados en la literatura científica mediante el tratamiento de estimulación magnética transcraneal en las funciones cognitivas, conductuales y sociales en niños y adolescentes con trastorno del espectro autista.

Materiales y métodos

Diseño

Revisión bibliográfica con enfoque cualitativo.

Estrategias de búsqueda

Durante la búsqueda, se emplearán palabras claves tales como “Neurodesarrollo, trastorno del espectro autista, estimulación magnética transcraneal, niños, adolescentes.” Mismas que serán traducidas al idioma inglés “*Neurodevelopment*” “*autism spectrum disorder*” “*transcranial magnetic stimulation*” “*children*” “*adolescents*”. Asimismo, se utilizarán los operadores booleanos (AND, OR, “ ”) en conjunto con las palabras claves; esto se realizará mediante las bases de datos académicas PubMed, Taylor & Francis y Scopus.

Criterios de selección

Dentro de los criterios de inclusión que se tomarán para la selección de los estudios, se seleccionarán artículos de los últimos 12 años (2012-2024), en idioma español e inglés, que correspondan a diseños metodológicos como: estudios de casos, metaanálisis, estudios transversales, casos y controles, de cohorte. Además, se incluirán aquellos que contengan información sobre población niños y adolescentes diagnosticados con trastorno del espectro autista, según el Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales (DSM-V) y que se encuentren en tratamiento con estimulación magnética transcraneal.

Del mismo modo, se establecerán como criterios de exclusión aquellos artículos por relevancia temática, no por un conteo de palabras claves definidas, cuya población estudiada no correspondan a la antes mencionada, que presenten información incompleta o irrelevante para la investigación, que hayan sido publicados en bases de datos no correspondientes a las seleccionadas, que no cuenten con revisión por pares, así como considerados como literatura gris.

Extracción de datos

Se llevarán a cabo búsquedas bibliográficas manualmente en las tres bases de datos científicas previamente mencionadas, en conjunto con las palabras claves tales como: “neurodesarrollo” “estimulación magnética transcranial” “trastorno del espectro autista” “niños” “adolescentes”, y se extraerá información relacionada con la metodología y resultados de cada estudio que contribuyan a los objetivos específicos establecidos.

Tabla 1.

Base de Datos	Fórmula de Búsqueda.
PubMed	<p>Search: "transcranial magnetic stimulation"AND autism AND children AND adolescents Filters: Child: birth-18 years</p> <p>("transcranial magnetic stimulation"[All Fields] AND ("autism s"[All Fields] OR "autisms"[All Fields] OR "autistic disorder"[MeSH Terms] OR ("autistic"[All Fields] AND "disorder"[All Fields]) OR "autistic disorder"[All Fields] OR "autism"[All Fields]) AND ("child"[MeSH Terms] OR "child"[All Fields] OR "children"[All Fields] OR "child s"[All Fields] OR "children s"[All Fields] OR "childrens"[All Fields] OR "childs"[All Fields]) AND ("adolescences"[All Fields] OR "adolescence"[All Fields] OR "adolescent"[MeSH Terms] OR "adolescent"[All Fields] OR "adolescence"[All Fields] OR "adolescents"[All Fields] OR "adolescent s"[All Fields])) AND (allchild[Filter])</p>

Taylor & Francis	[All: "transcranial magnetic stimulation"] AND [All: autism] AND [All: child] AND [All: adolescents] AND [All Subjects: Behavioral Sciences] AND [Article Type: Article] AND [Publication Date: (01/01/2014 TO 12/31/2024)]
Scopus	TITLE ("transcranial magnetic stimulation" AND autism) AND PUBYEAR > 2014 AND PUBYEAR < 2024 AND PUBYEAR > 2014 AND PUBYEAR < 2024

Análisis de datos

Para el desarrollo de la revisión, se incluirán estudios de tipos reporte de caso, estudios de caso, transversales, metaanálisis y ensayos clínicos. El análisis de la información se realizará bajo un enfoque cualitativo, enfocado en la comparación crítica de las metodologías empleadas y en la identificación de las variables relevantes consideradas en cada estudio. Se considerarán cómo ejes de análisis las variables relacionadas al neurodesarrollo, trastorno del espectro autista, estimulación magnética transcraneal, niños y adolescentes antes mencionadas. De manera complementaria, se llevará a cabo un análisis cronológico de los estudios incluidos, considerando su distribución temporal a lo largo de los últimos 12 años. Este abordaje cualitativo permitirá una comprensión más precisa y contextualizada sobre el impacto de la estimulación magnética transcraneal como técnica de intervención en el trastorno del espectro autista, particularmente en los efectos reportados que genera en niños y adolescentes.

Cronograma

ACTIVIDADES	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6
- Asistencia a módulos	X	X	X	X		
- Elaboración y aprobación del esquema para la aprobación del tema para el artículo académico						
-Inicio del proceso investigativo			X	X		
-Sesiones de Tutorías			X	X		
-Evaluación de avances			X	X		
Redacción y socialización del artículo académico				X	X	
Investidura						X

Desarrollo

Protocolos de estimulación magnética transcraneal en niños y adolescentes con trastorno del espectro autista.

La aplicación de protocolos de estimulación magnética transcraneal (EMT) en niños y adolescentes con trastorno del espectro autista (TEA) ha tomado diversas configuraciones técnicas adaptadas a la neuroplasticidad del cerebro en desarrollo. Una de las aproximaciones más utilizadas ha sido la estimulación de baja frecuencia (1 Hz) sobre la CPFDL, región asociada a funciones cognitivas, regulación conductual y procesamiento socioemocional.

En este contexto, Casanova et al. (2014) y complementado por Sokhadze et al. (2014), establecieron un protocolo de estimulación magnética transcraneal repetitiva (EMTr) de baja frecuencia (1 Hz) sobre la CPFDL en una muestra pediátrica con diagnóstico de trastorno del espectro autista (TEA).

La intervención consistió en 18 sesiones, distribuidas equitativamente en tres modalidades de estimulación: hemisferio izquierdo, derecho y de manera bilateral, con una intensidad del 90 % del umbral motor en reposo (rMT). Cada sesión incluyó 180 pulsos, guiados mediante el sistema internacional 10–20, lo que permitió localizar con precisión las regiones corticales. Además, mediante el software Neuro.Ms, se registraron los bloques de estimulación activos, conformados por 9 trenes de 20 pulsos a 1 Hz, separados por intervalos entre trenes de 20 segundos, lo que resultó en un tiempo total de estimulación por sesión de 5 minutos y 31 segundos.

Este protocolo fue diseñado con un enfoque inhibitorio, orientado a modular la hiperconectividad funcional observada en subgrupos clínicos dentro del espectro autista, tal como se observa en la figura 1 y 2.

Figura 1

Parámetros de estimulación

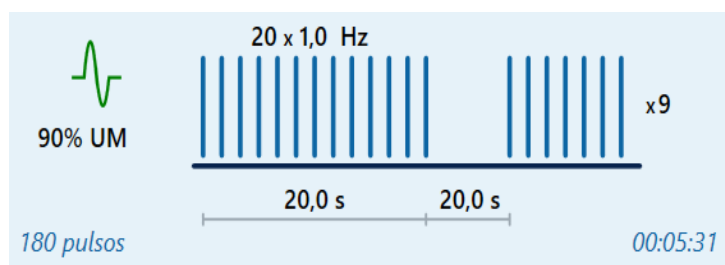
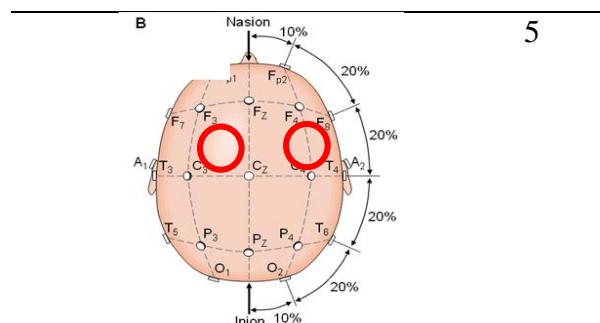


Figura 2

Localización del área de estimulación



Nota: Sistema Internacional 10 – 20

En la investigación experimental desarrollada por Sokhadze et al. (2012), se aplicó un protocolo de estimulación magnética transcraneal repetitiva (EMTr) de baja frecuencia (1 Hz) con el propósito de modular la actividad cortical asociada al procesamiento de estímulos atencionales en niños con trastorno del espectro autista de alto funcionamiento. La estimulación se dirigió de forma unilateral hacia la CPFDL izquierda, y la intensidad fue fijada al 90 % del umbral motor. Cada sesión consistió en la administración de 180 pulsos, organizados en 9 trenes de 20 estímulos, con intervalos de descanso de 30 segundos entre cada tren. El tratamiento tuvo

una duración de 18 sesiones, con una frecuencia de una sesión por semana. La localización del punto de estimulación se determinó con base en el método anatómico tradicional de ubicar la CPFDL a 5 cm por delante del área motora primaria.

Por otra parte, en el estudio experimental desarrollado por Gao et al. (2023), donde se aplicó un protocolo de estimulación magnética transcraneal repetitiva con orientación bilateral sobre la corteza prefrontal dorsolateral, dirigido a intervenir en alteraciones atencionales visuales en población infantil con TEA. La modalidad consistió en estimulación de baja frecuencia (1 Hz) en el hemisferio derecho, con períodos de aplicación de 32 segundos distribuidos en 28 repeticiones, y estimulación de alta frecuencia (10 Hz) en el hemisferio izquierdo, mediante trenes de 3,2 segundos repetidos 45 veces. En ambos casos, la intensidad fue calibrada al 25 % del umbral motor en reposo. La intervención se extendió por ocho semanas, con cinco sesiones semanales, dando un total de 40 sesiones.

En la misma línea, Gómez et al. (2017) implementaron un protocolo de estimulación magnética transcraneal repetitiva de baja frecuencia (1 Hz), específicamente en la corteza prefrontal dorsolateral izquierda (CPFDL-I), con el objetivo de modular alteraciones neuroconductuales en niños diagnosticados con TEA. El estudio incluyó 20 sesiones de intervención diaria, administradas sobre la región F3 según el sistema internacional 10–20. En cada sesión se aplicaron 1.500 pulsos distribuidos en cuatro bloques de estimulación consecutivos, con una intensidad ajustada al 90 % del umbral motor en reposo.

Complementariamente, Sokhadze et al. (2018) propusieron una intervención de EMTr unilateral aplicada al CPFDL izquierda, con una muestra de 112 participantes entre niños y adolescentes con una edad promedio de \bar{x} = 13.1 con TEA, los cuales fueron distribuidos en tres subgrupos de manera aleatoria para tres condiciones experimentales de 6, 12 y 18 sesiones, a razón de una sesión semanal. La intensidad también fue fijada en el 90 % del umbral motor, con 180 pulsos por sesión, organizados en 9 trenes de 20 estímulos, con un intervalo de 30 segundos entre trenes. La localización cortical se definió como un punto situado 5cm anterior al área motora del primer interóseo dorsal, lo cual coincide con estándares de estimulación prefrontal en neuropsiquiatría infantil.

Desde una aproximación progresiva en la secuencia de estimulación, Casanova et al. (2020) describen un protocolo clínico de estimulación magnética transcraneal repetitiva (EMTr) aplicado en niños y adolescentes de entre 7 y 18 años con diagnóstico de trastorno del espectro autista (TEA). La intervención se basó en el uso de EMTr de baja frecuencia (0,5 Hz) dirigida a

la CPFDL. En cuanto a la estructura del tratamiento, este se organizó en 18 sesiones divididas en tres fases secuenciales: seis sesiones aplicadas sobre el hemisferio izquierdo, seis sobre el derecho y seis de forma bilateral. Este diseño secuencial buscó modular simétricamente la actividad cortical prefrontal, evitando sobreestimulación unilateral. Respecto a los parámetros técnicos, la estimulación se administró a una intensidad del 90 % del umbral motor en reposo (rMT), con un total de 150 pulsos por sesión, organizados en trenes de 15 estímulos cada uno, separados por intervalos controlados para mantener la tolerabilidad clínica. Finalmente, en relación con la localización anatómica, la colocación de la bobina fue guiada conforme al sistema internacional 10–20, focalizándose en las regiones F3 y F4 correspondientes a la CPFDL.

Como parte de una intervención dirigida a modular disfunciones corticales en el TEA, Casanova et al. (2021) implementaron un protocolo clínico de estimulación magnética transcraneal repetitiva de baja frecuencia en una muestra de niños y adolescentes de entre 9 y 18 años, todos con diagnóstico confirmado de TEA. El tratamiento consistió en la aplicación secuencial de 18 sesiones, divididas equitativamente en tres fases: seis sesiones sobre el hemisferio izquierdo, seis sobre el derecho y seis con estimulación bilateral. Se utilizó una frecuencia de estimulación de 1 Hz, aplicada a una intensidad del 90 % del umbral motor en reposo, determinada individualmente. Cada sesión incluyó 150 pulsos totales, distribuidos en trenes de 15 estímulos, separados por intervalos estandarizados. La región estimulada fue la CPFDL, localizada según el sistema internacional 10–20 (F3 ; F4). El protocolo fue aplicado por personal clínico capacitado y fue bien tolerado.

En su revisión narrativa, según Bejenaru y Malhi (2022) sistematizaron protocolos de EMTr aplicados en niños y adolescentes entre 5 y 18 años con diagnóstico de TEA. Los estudios analizados, entre ellos emplearon predominantemente frecuencias inhibitorias de 1 Hz dirigidas a la corteza prefrontal dorsolateral izquierda, con el objetivo de reducir la hiperexcitabilidad cortical vinculada a conductas disfuncionales. La intensidad de estimulación osciló entre el 80 % y el 110 % del umbral motor en reposo, ajustada individualmente. La duración de las sesiones varió entre 15 y 30 minutos, con una variación de sesiones de 6 a 30, distribuidas en un rango de 2 a 5 sesiones por semana. Todos los estudios enfatizaron la buena tolerancia clínica del procedimiento en este grupo etario y su viabilidad como técnica complementaria en el abordaje de los síntomas característicos del TEA.

Por su parte, Camsari et al. (2018), a través de una revisión sistemática, identificaron que los protocolos más comunes en población entre 7 y 17 años con condiciones del neurodesarrollo incluyendo TEA, fueron aquellos de EMTr a (1 Hz), aplicados en la CPFDL de forma bilateral. Las intensidades oscilaron entre el 80 % y 120 % del umbral motor, y los tratamientos incluyeron entre 10 y 30 sesiones, con una duración de 10 a 37 minutos por sesión.

En un ensayo clínico más reciente realizado por Yan et al. (2024), se evaluó la eficacia de la EMTr sobre parámetros de sueño en una muestra de 48 pacientes con diagnóstico de trastorno del espectro autista, con edades comprendidas entre 8 y 15 años. El protocolo consistió en la aplicación bilateral de EMTr de baja frecuencia (1 Hz) dirigida a la corteza prefrontal dorsolateral, con el objetivo de modular la hiperexcitabilidad cortical vinculada a alteraciones del sueño y problemas conductuales. La intervención se desarrolló en un total de 30 sesiones consecutivas, aplicadas diariamente durante seis semanas. Cada sesión tuvo una duración aproximada de 20 minutos, con una entrega total de 3000 pulsos de forma bilateral. La intensidad del estímulo se ajustó al 80 % del umbral motor en reposo, determinado individualmente para cada participante. La estimulación se realizó mediante una bobina en forma de ocho, posicionada sobre las regiones F3 y F4 del sistema internacional 10–20, correspondientes a la CPFDL izquierda y derecha respectivamente. El protocolo fue bien tolerado, sin eventos adversos clínicamente relevantes, lo que respalda su uso en niños y adolescentes con TEA.

A través de un modelo de estimulación bilateral, otros estudios han comenzado a implementar protocolos combinados. Tal es el caso de Gao et al. (2022), quienes aplicaron un esquema con alta frecuencia (10 Hz) sobre el hemisferio izquierdo y baja frecuencia (1 Hz) sobre el derecho. El tratamiento se desarrolló en un total de 8 semanas, donde se administraron cinco sesiones cada semana, las sesiones incorporaron 45 trenes de estimulación, cada uno de 3,2 segundos, con un intervalo entre trenes de 10 segundos, con 32 estímulos por tren en cada hemisferio a una intensidad del 25 % del umbral motor, inferior al estándar, por motivos de seguridad en una muestra de adolescentes.

En el estudio clínico desarrollado por Tian et al. (2023), se aplicó un protocolo bilateral diferenciado de EMTr con el propósito de modular la actividad prefrontal en niños y adolescentes con diagnóstico de trastorno del espectro autista. La muestra estuvo compuesta por 45 participantes, con edades comprendidas entre 2 y 18 años. El diseño experimental incluyó la aplicación de alta frecuencia (10 Hz) sobre la corteza prefrontal dorsolateral izquierda y baja

frecuencia (1 Hz) en la derecha, con una intensidad ajustada al 25 % del umbral motor en reposo, lo que garantizó condiciones de seguridad en esta población. El protocolo se estructuró en ciclos de cuatro semanas, con una frecuencia de cinco sesiones semanales, lo que permitió completar un esquema de tratamiento intensivo. Para la estimulación izquierda, se utilizaron trenes de 3,2 segundos con 32 estímulos, repetidos 45 veces por sesión, mientras que en el hemisferio derecho los trenes fueron de 32 segundos con 28 repeticiones y breves intervalos entre trenes.

Como parte de la evidencia recopilada por Barahona-Corrêa et al. (2018), se identificaron múltiples estudios clínicos que aplicaron EMTr en niños y adolescentes con diagnóstico de TEA. Los parámetros técnicos descritos a continuación corresponden a una síntesis de los protocolos más frecuentemente utilizados en estos ensayos, lo que permite establecer un marco de referencia sobre las prácticas clínicas actuales dirigidas a esta población.

En el estudio realizado por Barahona-Corrêa et al. (2018) en niños y adolescentes con edades comprendidas entre 8 y 17 años, donde emplearon protocolos de EMTr a 1 (Hz), orientados a reducir la hiperexcitabilidad cortical, y en menor medida frecuencias entre 5 y 20 Hz, destinadas a promover la excitación neuronal en áreas con hipoactivación funcional. La intensidad de estimulación se fijó entre el 90% y el 100% del umbral motor en reposo. La zona de estimulación más frecuentemente seleccionada fue la CPFDL-I localizada anatómicamente utilizando el sistema 10–20 del EEG. Los ciclos terapéuticos incluyeron un total de 12 a 18 sesiones, distribuidas en un período de 3 a 5 semanas y cada sesión tuvo una duración estimada entre 20 y 30 minutos, donde se administraba entre 1.200 y 1.800 pulsos, organizados en bloques de estimulación con pausas intermitentes.

De manera complementaria, Hameed et al. (2017), a través de estudios que aplicaron EMTr en niños y adolescentes de 9 a 18 años diagnosticados con trastorno del espectro autista, con el propósito de modular circuitos neuronales disfuncionales relacionados con la conducta, la cognición y la interacción social. El protocolo más ampliamente utilizado consistió en estimulación a una frecuencia baja de 1 Hz, orientada a reducir la hiperexcitabilidad cortical. La estimulación fue dirigida principalmente a la CPFDL-I, mediante una bobina en forma de ocho posicionada sobre la región F3 del sistema internacional 10–20. La intensidad se ajustó individualmente en función del 80% al 90% del umbral motor en reposo de cada participante, determinado a través de respuesta muscular evocada. Las sesiones duraron entre 20 y 30 minutos, con una entrega de 1.200 a 1.800 pulsos por sesión, administradas de forma intermitente para asegurar tolerabilidad. El tratamiento se aplicó en 12 a 18 sesiones, con una

frecuencia de 3 a 5 sesiones semanales durante un período de 2 a 4 semanas. Este protocolo fue bien tolerado clínicamente, sin efectos adversos, y ha sido considerado seguro.

En un estudio que incorporó neuronavegación individualizada, en su ensayo clínico aleatorizado, doble ciego y controlado con placebo, Ameis et al. (2020) aplicaron un protocolo de EMTr en una submuestra de adolescentes entre 16 y 18 años diagnosticados con trastorno del espectro autista (TEA), sin discapacidad intelectual severa y con un nivel funcional medio. El protocolo consistió en la aplicación bilateral de EMTr de alta frecuencia (20 Hz) sobre la corteza prefrontal dorsolateral, con el objetivo de modular la actividad funcional de las redes ejecutivas frontales. El tratamiento comprendió 20 sesiones distribuidas durante cuatro semanas, se aplicaron cinco sesiones por cada semana, con una intensidad equivalente al 90 % del umbral motor en reposo. Cada sesión incluyó 25 trenes de 30 pulsos por hemisferio, con intervalos de 30 segundos entre trenes, lo que totalizó 1500 pulsos por sesión, es decir 750 por cada hemisferio. La localización del sitio de estimulación se definió de manera individual, mediante neuronavegación asistida por imágenes de resonancia magnética estructural.

Bajo esta línea de análisis, en la revisión de Van der Meersche et al. (2017), se describe un protocolo de EMTr de baja frecuencia (1 Hz) aplicado sobre la corteza prefrontal dorsolateral izquierda en niños y adolescente con TEA, entre los 10 y 18 años, algunos con comorbilidades psiquiátricas. La intensidad del estímulo se ajustó entre el 80 % y 100 % del umbral motor en reposo (rMT), determinado individualmente. El tratamiento consistió de 10 a 20 sesiones, con una frecuencia de 3 a 5 veces por semana durante un período de 2 a 6 semanas. Cada sesión tuvo una duración estimada de 20 a 30 minutos, administrando entre 1200 y 1800 pulsos, mediante una bobina en forma de ocho posicionada sobre la región F3 del sistema 10–20.

Adicionalmente, Oberman et al. (2015) establecieron un protocolo de EMTr dirigido a niños y adolescentes con TEA, con edades comprendidas entre los 6 y 18 años. El protocolo aplicado consistió en la administración de EMTr de baja frecuencia (0,5–1 Hz) sobre la CPFDL. La estimulación se aplicó de forma bilateral secuencial, utilizando una intensidad del 90 % del umbral motor en reposo, determinada individualmente para cada participante mediante activación de la corteza motora. Cada hemisferio recibió 6 sesiones, acumulando un total de 12 sesiones con una duración de 20 minutos. Este protocolo fue diseñado bajo principios de neuromodulación inhibitoria, con el fin de reducir la hiperexcitabilidad cortical, característica en varios subgrupos clínicos dentro del TEA. Además, se reportó que la intervención fue bien

tolerada en todos los casos, sin presencia de efectos adversos clínicamente relevantes, lo que respalda su seguridad y viabilidad en el contexto del neurodesarrollo.

A diferencia de los protocolos previos, en el caso de Abujadi et al. (2018), se implementó un protocolo de iTBS guiada con marcadores craneales estandarizados, aplicado en la CPFDL derecha en una muestra de 10 adolescentes varones de entre 9 y 17 años con TEA. El tratamiento se llevó a cabo durante 3 semanas consecutivas, con un total de 15 sesiones al 100 % del umbral motor. Cada sesión incluyó 600 pulsos, con trenes de tres estímulos a una frecuencia de 50 Hz, repetidos cada 200 milisegundos, con el propósito de optimizar las funciones ejecutivas.

En complemento a lo antes mencionado, en una intervención con parámetros intensivos Oberman et al. (2015) exploraron la modalidad de theta burst continua (cTBS) sobre la corteza motora primaria (M1) en una muestra de 19 adolescentes varones con TEA de alto funcionamiento, cuyas edades oscilaban entre 9 y 18 años. Se aplicó un único tren de 40 segundos, diseñado para inducir plasticidad sináptica inhibitoria (LTD-like). Aunque no se especificó la intensidad, se siguieron los parámetros estandarizados de cTBS, es decir, ráfagas de tres pulsos a 50 Hz repetidas cada 200 milisegundos, con un total de 600 pulsos en 40 segundos. Tras la intervención, se evaluó la modulación de la excitabilidad corticoespinal mediante potenciales evocados motores, observándose que la duración de los efectos inhibitorios fue más prolongada en los adolescentes de mayor edad. El estudio examinó la respuesta corticoespinal post-estimulación, observando una modulación más estable en los sujetos con mayor edad, lo que sugiere mayor sensibilidad del protocolo a factores madurativos.

Finalmente, en el marco de un ensayo clínico doble ciego y controlado con placebo, Enticott et al. (2021) aplicaron un protocolo de EMTr basado en ráfagas theta burst intermitentes en una submuestra de adolescentes con diagnóstico confirmado de trastorno del espectro autista (TEA), con edades comprendidas entre los 14 y 17 años. La intervención fue dirigida a la unión temporoparietal derecha una región implicada en la cognición social y en la teoría de la mente, funciones que comúnmente presentan disfunción en el TEA. El protocolo incluyó 20 sesiones diarias consecutivas, administradas de lunes a viernes durante cuatro semanas. Cada sesión consistió en la aplicación de 600 pulsos totales, distribuidos en ráfagas de tres pulsos a 50 Hz, repetidas cada 200 milisegundos (5 Hz), durante un período activo de 2 segundos, seguido por un intervalo intertrenes de 8 segundos. La estimulación se aplicó a una intensidad del 70 % del umbral motor en reposo (rMT), determinado mediante inspección visual. La localización

anatómica fue guiada individualmente mediante neuronavegación basada en imágenes de resonancia magnética estructural.

Estimulación magnética transcraneal como tratamiento.

Funciones Cognitivas

Desde una perspectiva neurocognitiva, Sokhadze et al. (2012) evaluaron los efectos de la estimulación magnética transcraneal repetitiva (EMTr) de baja frecuencia sobre la atención selectiva en niños con autismo de alto funcionamiento. Mediante un protocolo de 18 sesiones aplicadas sobre la corteza prefrontal dorsolateral izquierda, los autores registraron potenciales relacionados con eventos (ERP) durante la ejecución de tareas visuales que exigían discriminación entre estímulos relevantes y distractores. Posterior a la intervención, se evidenció una reducción significativa en la latencia del componente P300, lo que sugiere un procesamiento más eficiente de la información visual y una mayor rapidez para identificar estímulos significativos.

En relación con la dimensión cognitiva, Finisguerra et al. (2019) identificaron que mediante la intervención con EMTr se han generado efectos positivos en atención selectiva: específicamente, se observó una reducción en la latencia del componente P300 de los potenciales relacionados con eventos (ERP), lo que indica una mayor eficiencia en la discriminación de estímulos relevantes frente a distractores. Este hallazgo indica un procesamiento atencional más eficiente, caracterizado por una detección más rápida de estímulos significativos y una mejor inhibición de distractores, estos resultados señalan una posible modificación funcional de las áreas prefrontales asociadas con el procesamiento cognitivo.

Casanova et al. (2021) reportaron mejoras específicas en el procesamiento atencional y la discriminación perceptiva tras la aplicación de EMTr en adolescentes con TEA. Estas mejoras se evidenciaron mediante tareas tipo *oddball visual*, basadas en figuras de Kanizsa, donde los participantes debían diferenciar estímulos relevantes de distractores. Luego del protocolo, se observó una reducción en la tasa de errores por omisión y comisión, así como una mayor eficiencia en la respuesta ante estímulos visuales relevantes. Estos cambios fueron interpretados como una modulación positiva del control atencional sostenido y de la inhibición de respuestas automáticas, funciones comúnmente alteradas en el TEA. Además, a nivel neurofisiológico, se evidenció una disminución de la actividad gamma excesiva en corteza prefrontal, medida por

EEG, lo cual se asocia con una mejor organización cortical y un procesamiento más eficiente de la información sensorial.

Complementariamente, en el estudio de Oberman et al. (2015) reportaron mejoras significativas en la atención visual sostenida en un subgrupo de adolescentes con TEA, particularmente cuando el protocolo de EMTr fue combinado con entrenamiento en neurofeedback (NFB). Esta técnica complementaria de neuroterapia permite al paciente autorregular su actividad cerebral en tiempo real mediante retroalimentación visual o auditiva. Las mejoras atencionales se evaluaron a través de la prueba Oddball visual con figuras de Kanizsa, para medir la capacidad de detectar estímulos infrecuentes y relevantes entre una secuencia de estímulos distractores. Además, los registros de EEG posteriores a la estimulación revelaron un aumento en la potencia de la onda gamma, una frecuencia cerebral asociada a procesos de atención y memoria de trabajo. Estos cambios comenzaron a evidenciarse durante la fase final del protocolo de estimulación.

Por otro lado, Gao et al. (2023) llevaron a cabo un estudio clínico controlado con 45 niños diagnosticados con TEA entre edades comprendidas desde 2 y 18 años con el objetivo de evaluar los efectos de un protocolo bilateral de EMTr sobre la atención visual dirigida a estímulos sociales. Para ello, se emplearon medidas de seguimiento ocular mediante tecnología de rastreo de mirada (*eye-tracking*), las cuales permitieron cuantificar de manera objetiva los cambios en la fijación visual antes y después del tratamiento. Los resultados evidenciaron un aumento significativo en el tiempo de fijación ocular sobre rostros, en comparación con la condición pretratamiento, lo que sugiere una mejora en la focalización atencional y en la capacidad de procesamiento visual guiado por relevancia social. Esta ganancia funcional fue interpretada como resultado de una reorganización en las redes prefrontales implicadas en el control atencional y la percepción visual jerarquizada, altamente comprometidas en niños dentro del espectro autista.

En el estudio clínico conducido por Tian et al. (2023), se reportaron efectos positivos en la función cognitiva en niños y adolescentes con TEA tras la aplicación de un protocolo bilateral de EMTr. En este plano, se observó una mejora significativa en la atención visual focalizada, evidenciada a través de un incremento en la capacidad de fijación ocular sobre estímulos sociales, medida mediante registros oculomotores. Estos resultados reflejan una mayor eficiencia en la inhibición de respuestas distractoras y en el mantenimiento del foco atencional, procesos críticos para el procesamiento de información social y la interacción adaptativa.

Por otro lado, Casanova et al. (2020) documentaron cambios neurofisiológicos consistentes con una posible mejora en el control cognitivo, particularmente en la inhibición de respuestas impulsivas y la discriminación de estímulos relevantes. Estos efectos fueron evaluados mediante electroencefalografía cuantitativa (EEG-q) antes y después del tratamiento, centrada en el análisis de la banda gamma (>30 Hz). En los participantes con TEA, se observó una reducción de la actividad gamma desorganizada en regiones frontales, lo que fue interpretado como un signo de reorganización cortical funcional. Este patrón ha sido asociado en la literatura científica con un mejor procesamiento sensorial y una menor sobrecarga atencional.

En el estudio realizado por Van der Meersche et al. (2017) reportaron mejoras funcionales en atención sostenida, inhibición de respuestas y control del rendimiento, componentes fundamentales de la función ejecutiva. Estos cambios se evaluaron mediante paradigmas experimentales como la prueba Oddball con figuras de Kanizsa, en la que los adolescentes mostraron mayor precisión en la identificación de estímulos relevantes, menor tasa de error post-estímulo y reducción en la latencia de respuesta. Estos resultados sugieren una modulación efectiva de los circuitos frontales encargados del monitoreo atencional y la regulación de impulsos, aspectos clave en el perfil neurocognitivo del TEA.

Asimismo, en el plano cognitivo, Abujadi et al. (2018) evidenciaron mejoras en procesos de inhibición de respuesta y control atencional, reflejadas en una mayor validez en la ejecución de la prueba Stroop. Estos hallazgos confirman el potencial de la iTBS como intervención neuromoduladora para modular circuitos frontales relacionados con la autorregulación conductual y la flexibilidad cognitiva, funciones frecuentemente alteradas en los cuadros clínicos del TEA.

Con respecto a la función cognitiva, el mismo estudio realizado por Smith et al. (2023), donde se identificó efectos positivos moderados en funciones ejecutivas superiores. El estudio reportó avances en la flexibilidad cognitiva y en el manejo de la memoria operativa, competencias esenciales para la adaptación funcional y el desempeño académico. Estas mejoras fueron más evidentes en subgrupos con mayores dificultades clínicas.

Por otra parte, en la revisión sistemática realizada por Masuda et al. (2019) evidenció que la EMTr, aplicada sobre la CPFDL-I, genera efectos favorables en dominios cognitivos comprometidos en niños y adolescentes con TEA. Entre los beneficios más reportados se encuentra la mejora en la atención sostenida, reflejada en un mayor rendimiento en tareas de vigilancia y en la capacidad para mantener el foco ante estímulos relevantes. Asimismo, varios

estudios documentaron avances en la flexibilidad cognitiva, observados a través de pruebas ejecutivas que evaluaban la capacidad para cambiar de estrategia frente a demandas cambiantes.

Desde otra perspectiva, según Gao et al. (2022) identificaron mejoras relevantes en la integración sensorial posterior a la aplicación de EMTr bilateral en niños con TEA.

Específicamente, se observó una disminución en la hipersensibilidad a estímulos táctiles y auditivos, evaluada mediante el Perfil Sensorial Corto (SSP). Este cambio sugiere una mayor eficiencia en los procesos de filtro sensorial y atención dirigida, componentes fundamentales para la adaptación al entorno y el procesamiento eficiente de estímulos relevantes.

En el análisis presentado por Bejenaru y Malhi (2022), revisaron múltiples investigaciones clínicas centradas en la aplicación de EMTr en población infantojuvenil con TEA, específicamente en rangos etarios comprendidos entre los 7 y 17 años. Los estudios incluidos en la revisión utilizaron protocolos predominantemente de baja frecuencia (1 Hz) dirigidos a la CPFDL-I, con intensidades próximas al 90 % del umbral motor en reposo. Aunque el artículo no detalla un protocolo original, recopila hallazgos funcionales relevantes obtenidos mediante evaluaciones neuropsicológicas y escalas clínicas. En el ámbito cognitivo, se reportaron mejoras significativas en la atención selectiva y el control inhibitorio, respaldadas por cambios en los componentes N200 y P300 de los potenciales evocados, lo que sugiere una mayor eficiencia para discriminar estímulos relevantes frente a distractores y una modulación adaptativa de los mecanismos atencionales.

En el mismo estudio de Sokhadze et al. (2018), se observaron mejoras en la función cognitiva, evidenciadas al identificar y procesar estímulos relevantes durante pruebas de discriminación visual, así como cambios en las señales eléctricas del cerebro. Estos hallazgos respaldan la eficacia de la EMTr como una técnica neuromoduladora capaz de intervenir en procesos cognitivos básicos en niños y adolescentes con TEA.

Los estudios que utilizaron EMTr reportaron mejoras consistentes en funciones cognitivas, especialmente en tareas de atención sostenida, control inhibitorio y planificación. Estas mejoras fueron evaluadas mediante pruebas como el Test de Rendimiento Continuo (CPT) y el Test de Stroop, en los que los participantes demostraron una disminución en los errores de omisión y comisión, así como un tiempo de reacción más eficiente. Además, observaron avances en memoria de trabajo verbal y visual, lo que sugiere una modulación positiva en redes frontoparietales implicadas en el procesamiento cognitivo. De este modo, los hallazgos permiten

dar cumplimiento al objetivo específico respectivamente en la función cognitiva, al evidenciar que la EMTr genera cambios en los procesos de atención sostenida, atención selectiva, flexibilidad y control ejecutivo.

Funciones Conductuales

El estudio experimental llevado a cabo por Casanova et al. (2014) demostró una mejora significativa en la dimensión conductual de niños con trastorno del espectro autista tras la aplicación de EMTr de baja frecuencia sobre la CPFDL-I. Los resultados indicaron reducciones estadísticamente relevantes en comportamientos repetitivos, ritualistas, irritabilidad e hiperactividad, los cuales fueron cuantificados mediante instrumentos clínicos estandarizados como la Escala de Comportamientos Aberrantes (ABC) y la Escala Revisada de Conductas Repetitivas (RBS-R). Estos hallazgos respaldan la efectividad del protocolo en la modulación de conductas disfuncionales características del TEA.

Por otro lado, Sokhadze et al. (2018), mediante la estimulación magnética transcraneal repetitiva (EMTr) de baja frecuencia aplicada sobre la corteza prefrontal dorsolateral izquierda evidenció efectos terapéuticos consistentes en dos dominios funcionales clave del TEA. En el plano conductual, se documentaron reducciones significativas en estereotipias, conductas ritualistas e irritabilidad, según reportes parentales y escalas clínicas como la Escala de Comportamiento Repetitivo Revisada) RBS-R y la Lista de Verificación de Comportamiento Aberrante (ABC).

Adicionalmente, el estudio de Sokhadze et al. (2012) demostró una mejora en los mecanismos de inhibición de respuestas impulsivas. Este efecto fue observado a través del aumento en la amplitud del componente N200, indicador neurofisiológico relacionado con el control inhibitorio en tareas que implican conflicto o necesidad de supresión de respuestas automáticas.

En la misma línea, Camsari et al. (2018) destacaron el uso de estimulación magnética transcraneal repetitiva de baja frecuencia como una intervención eficaz para reducir manifestaciones conductuales disfuncionales en niños y adolescentes entre 7 y 17 años con trastorno del espectro autista. En particular, los estudios analizados mostraron que la aplicación del protocolo sobre regiones prefrontales bilaterales se asociaba con una disminución progresiva de la impulsividad, la irritabilidad y las conductas estereotipadas, con mayor efectividad en tratamientos prolongados.

Complementariamente, en el dominio conductual, los hallazgos fueron más directos y clínicamente relevantes, según Casanova et al. (2020) reportaron disminuciones significativas en hiperactividad, impulsividad, irritabilidad y estereotipias motoras tras la implementación secuencial del protocolo EMTr bilateral. Estos cambios fueron determinados mediante una combinación de informes estructurados de cuidadores, observaciones clínicas sistematizadas y parámetros psicofisiológicos objetivos, como la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) y la conductancia de la piel. El incremento en la VFC y la estabilización de la conductancia cutánea indicaron una mejor regulación del sistema nervioso autónomo, frecuentemente alterado en niños con TEA. Este patrón se interpretó como evidencia de una mejor autorregulación emocional y reducción en la reactividad conductual, fortaleciendo el valor del protocolo como herramienta terapéutica.

En otro estudio realizado por Casanova et al. (2021) documentaron reducciones significativas en síntomas externalizantes y repetitivos, características clínicas centrales del TEA. Las mejoras fueron evaluadas mediante la Lista de Verificación de Conductas Aberrantes (ABC) y la Escala de Comportamiento Repetitivo Revisada (RBS-R), aplicadas a cuidadores primarios antes y después del tratamiento. Las subescalas que mostraron mayor disminución incluyeron hiperactividad, irritabilidad, estereotipias motoras y conductas compulsivas, lo que indica una mayor capacidad de autorregulación conductual postintervención. Estos resultados se atribuyen a la modulación de los circuitos frontoestriatales inducida por el protocolo de estimulación, que permitió una inhibición más eficiente de conductas repetitivas y una reducción de la reactividad emocional. El patrón de mejoría fue más consistente en adolescentes con niveles funcionales medios, sin eventos adversos que comprometieran la adherencia.

Desde el ámbito conductual, Finisguerra et al. (2019) recopilieron evidencia empírica sobre la aplicación de estimulación magnética transcraneal repetitiva (EMTr) en niños y adolescentes con trastornos del neurodesarrollo, entre ellos el TEA. Los estudios analizados reportan mejorías en la autorregulación emocional y en la disminución de conductas disruptivas, tales como la impulsividad, la irritabilidad y las respuestas motoras inadecuadas. Estas mejoras se interpretan como resultado de la modulación funcional de la corteza prefrontal, área implicada en el control de impulsos y en la inhibición de estereotipias, frecuentemente alteradas en el perfil clínico del autismo.

Así mismo, Van der Meersche et al. (2017), mediante la aplicación de EMTr de baja frecuencia (1 Hz) sobre la corteza prefrontal dorsolateral izquierda produjo reducciones

clínicamente significativas en síntomas conductuales, particularmente en impulsividad, hiperactividad y desregulación emocional, en adolescentes con TEA. Estas manifestaciones conductuales fueron valoradas mediante escalas estandarizadas como la Lista de control de conductas aberrantes (ABC) y la Escala de conductas repetitivas-revisada (RBS-R), donde se evidenció reducciones clínicas sostenidas en las subescalas de irritabilidad y estereotipias motoras. Las mejoras fueron más evidentes a partir de la segunda semana de intervención y se intensificaron en participantes que completaron al menos 15 sesiones del protocolo.

En la dimensión conductual, Tian et al. (2023) reportaron una reducción progresiva de la impulsividad motora y de las conductas automáticas frente a estímulos irrelevantes, lo que indica una mejoría en el control conductual y en la capacidad de respuesta flexible. Estas modificaciones fueron registradas a través de observaciones clínicas y escalas comportamentales, y se interpretan como resultado de una reorganización funcional de los circuitos prefrontales implicados en la autorregulación emocional y motora.

De igual forma, según Barahona-Corrêa et al. (2018) mediante la aplicación de EMTr a (1Hz) resultó en disminuciones significativas de conductas estereotipadas, así como una reducción de la hiperactividad y la irritabilidad. Estas mejoras se midieron a través de escalas como la Lista de verificación del comportamiento del autismo (ABC) y la Lista de control de conductas aberrantes. En algunos casos, los efectos terapéuticos se mantuvieron estables durante un seguimiento de hasta seis semanas.

En cuanto a los aspectos conductuales, Masuda et al. (2019) reportaron una reducción clínica significativa en conductas repetitivas, rigidez motora e irritabilidad, hallazgos consistentes en múltiples estudios controlados incluidos en la revisión. Estas mejorías fueron evaluadas mediante instrumentos estandarizados con las escalas de RBS-R y ABC. Estos resultados indican un fortalecimiento en los mecanismos de inhibición motora y regulación emocional, atribuidos a la modulación funcional de las áreas prefrontales responsables del control de impulsos y la adaptabilidad conductual.

En una revisión focalizada en la aplicación de estimulación magnética transcraneal repetitiva en niños y adolescentes con TEA, Oberman et al. (2016) reportaron efectos favorables sobre la función conductual, específicamente en la mitigación de comportamientos restringidos y estereotipados. Estas manifestaciones clínicas, comúnmente asociadas con disfunciones en el control inhibitorio, se vieron atenuadas tras la aplicación de protocolos de baja frecuencia

dirigidos a la corteza prefrontal dorsolateral, región implicada en la regulación de impulsos y la planificación motoras.

Los resultados más consistentes en el estudio de Oberman et al. (2015) se observaron en el área conductual, donde reportaron reducciones significativas en manifestaciones repetitivas, irritabilidad, hiperactividad y rigidez comportamental, especialmente en los participantes con sintomatología moderada. Estas mejoras se midieron a través de instrumentos clínicos validados como RBS-R y la ABC, donde se evidenciaron a partir de la segunda semana de tratamiento, y se mantuvieron durante los días posteriores a la última sesión. En particular, se observaron descensos sostenidos en las subescalas de estereotipias motoras, letargo e impulsividad, lo que sugiere una regulación funcional del circuito frontoestriatal área implicada en la autorregulación conductual del TEA.

En cuanto al ámbito conductual, Gao et al. (2022) evidenciaron una mejoría significativa en la autorregulación y flexibilidad conductual de niños con TEA tratados con estimulación magnética transcraneal repetitiva. Las evaluaciones clínicas revelaron una disminución progresiva en la presencia de comportamientos repetitivos y estereotipados, tales como rigidez motora, insistencia en la rutina y resistencia al cambio, los cuales fueron cuantificados mediante la *Escala de Conductas Repetitivas Revisada* (RBS-R). De forma complementaria, la Escala de evaluación del autismo infantil (CARS) mostró reducciones en la puntuación del ítem “Adaptación al cambio”, lo que indica mayor flexibilidad conductual.

En paralelo, Gao et al. (2023) observaron una disminución relevante en la puntuación total de la CARS, particularmente en los ítems vinculados con la adaptación al cambio y la interacción social espontánea. Aunque el enfoque principal del estudio fue la atención visual, el análisis estadístico mostró que la mejora en la sensibilidad sensorial, evaluada mediante un modelo de mediación, actuó como variable interviniente en los cambios conductuales observados. Esta relación sugiere que la EMTr no solo moduló redes atencionales, sino que también favoreció una mayor flexibilidad conductual al reducir la hiperreactividad sensorial, permitiendo una mejor regulación de la conducta frente a estímulos ambientales cambiantes.

Por otro parte, el estudio clínico realizado por Yan et al. (2024), documentó mejoras conductuales secundarias en una muestra de 48 niños y adolescentes con diagnóstico de TEA, con edades entre 8 y 15 años, tras la aplicación de un protocolo bilateral de EMTr de baja frecuencia (1 Hz) dirigido a la CPFDL. Aunque el objetivo principal del estudio fue evaluar los efectos del EMTr sobre el sueño, los investigadores también observaron cambios favorables en la

autorregulación emocional y el control del comportamiento, reportados a través de entrevistas clínicas estructuradas y reportes de cuidadores. Entre los hallazgos más relevantes se identificó una reducción gradual en la irritabilidad, impulsividad, la labilidad emocional, y mayor tolerancia ante situaciones frustrantes. Estos efectos comenzaron a ser clínicamente evidentes a partir de la tercera semana de intervención y se consolidaron hacia el final del protocolo, tras la trigésima sesión de estimulación.

Por otra parte, el estudio de Abujadi et al. (2018) empleó un protocolo de estimulación theta-burst intermitente (iTBS) dirigido a la corteza prefrontal dorsolateral derecha, demostrando eficacia clínica en adolescentes con TEA. En términos conductuales, se registraron disminuciones relevantes en comportamientos repetitivos, compulsiones y patrones restringidos, según la puntuación en la RBS-R y en la escala obsesivo-compulsiva de Yale-Brown.

En el estudio realizado por Gómez et al. (2017) evaluaron los efectos de la estimulación magnética transcraneal repetitiva (EMTr) de baja frecuencia sobre la corteza prefrontal dorsolateral izquierda en una muestra de niños varones con diagnóstico de trastorno del espectro autista, con edades comprendidas entre 10 y 14 años, los cuales presentaban escasa respuesta a terapias convencionales. El protocolo se aplicó en 20 sesiones diarias, con una intensidad del 90 % del umbral motor en reposo, y se monitorearon los efectos a través de las escalas clínicas Escala de Comportamiento del Autismo (ABC) y Lista de Verificación para la Evaluación del Tratamiento del Autismo (ATEC). Los resultados mostraron una reducción significativa en conductas estereotipadas, impulsividad motora y déficits atencionales, con mejoras progresivas observadas a partir de la octava semana de tratamiento.

Desde una perspectiva conductual, Smith et al. (2023) realizaron un metaanálisis clínico que evidenció mejoras relevantes en adolescentes menores de 18 años con diagnóstico de TEA tras la aplicación de EMTr de baja frecuencia sobre la corteza prefrontal dorsolateral. Los efectos terapéuticos se manifestaron principalmente en la disminución de conductas disruptivas y en una mayor capacidad de autorregulación, siendo estos resultados más marcados en aquellos con puntuaciones reducidas en habilidades adaptativas según la Escala de Comportamiento Adaptativo de Vineland (VABS-II). Este patrón de respuesta sugiere una influencia moduladora de la EMTr sobre los circuitos frontales involucrados en el control del comportamiento y la estabilidad emocional en contextos cotidianos.

Adicionalmente, el protocolo más descrito en la revisión de Bejenaru y Malhi (2022) reporta que la EMTr ha mostrado efectos clínicos favorables y consistentes, particularmente en

adolescentes varones con niveles funcionales medios a altos. Debido a las reducciones significativas en síntomas como hiperactividad, impulsividad, irritabilidad y conductas estereotipadas, principalmente al emplearse protocolos inhibitorios de 1 Hz. Estas mejoras comenzaron a manifestarse a partir de la sexta sesión de estimulación, con un efecto acumulativo más notorio hacia la segunda mitad del protocolo. La evaluación clínica se realizó mediante instrumentos estandarizados, como la Escala de Comportamiento Repetitivo Revisada (RBS-R) y la Lista de Verificación del Comportamiento Aberrante (ABC), así como a través de informes estructurados de cuidadores y tareas cognitivas específicas como la prueba visual con figuras de Kanizsa.

En síntesis, los estudios analizados evidencian disminuciones significativas de manifestaciones clínicas del autismo, tales como estereotipias, impulsibilidad, irritabilidad y autorregulación, cumpliendo con el objetivo específico específicamente en la función conductual.

Funciones Sociales

En el ámbito de las habilidades sociales, según Oberman et al. (2015) los resultados reportados tras la aplicación del protocolo de EMTr de baja frecuencia también reflejaron cambios funcionales clínicamente relevantes, particularmente en adolescentes con TEA que presentaban habilidades comunicativas emergentes. Los estudios incluidos en la revisión documentaron una disminución progresiva en las puntuaciones de la subescala de aislamiento social mediante la ABC, lo que sugiere una mayor apertura hacia la interacción con el entorno, así como una disposición más activa a responder ante estímulos sociales básicos, tales como el contacto ocular, la reciprocidad verbal y la participación en actividades compartidas. Estas observaciones fueron más evidentes en la fase final del protocolo de estimulación con EMTr.

En cuanto al dominio social, el análisis de Smith et al. (2023) evidenciaron progresos en habilidades sociales básicas. Observando un incremento en la conciencia interpersonal y en la sensibilidad hacia estímulos sociales, medidos a través de la escala de respuesta social (SRS-2). Estos avances sugieren que la EMTr puede incidir positivamente en la cognición social, especialmente en la interpretación de señales emocionales y la reciprocidad social, aspectos comúnmente afectados en el espectro autista.

En el mismo estudio realizado por Gómez et al. (2017) reportaron avances clínicamente relevantes en la iniciativa comunicativa espontánea y en la capacidad de respuesta frente a

estímulos interactivos, lo cual refleja una mejora en habilidades básicas de interacción interpersonal en niños con TEA. Estas mejoras fueron evaluadas mediante la subescala de sociabilidad de la (ATEC) que permite registrar el grado de participación social, iniciativa afectiva y reciprocidad emocional. Además, se observaron cambios en los ítems relacionados con el aislamiento social de la escala (ABC) específicamente dentro del factor de letargo, que evalúa la apatía social y la desconexión con el entorno. La convergencia de ambos instrumentos clínicos, aplicados por padres y profesionales durante el seguimiento, permitió identificar una progresiva reorganización funcional de los sistemas prefrontales implicados en la motivación social, la percepción interpersonal y la respuesta emocional contingente, funciones frecuentemente comprometidas en el espectro autista.

En cuanto al área social, los resultados fueron positivos, los estudios reportaron mejoras observables en la reciprocidad interpersonal, la respuesta a interacciones verbales y el contacto ocular sostenido. Estas conductas fueron evaluadas mediante escalas como la Escala de respuesta social (SRS) y procedimientos de observación estructurada. Asimismo, se identificó una mayor disposición a iniciar actividades compartidas y participar en juegos cooperativos, especialmente en adolescentes con habilidades comunicativas emergentes Barahona-Corrêa et al. (2018).

En cuanto al dominio social, Casanova et al. (2020) reportaron cambios cualitativos favorables, aunque preliminares, en ciertos indicadores de interacción interpersonal, mediante observaciones clínicas y reportes estructurados de cuidadores que evidenciaron una mayor disposición al contacto interpersonal, particularmente en adolescentes con habilidades comunicativas emergentes. Entre los cambios más frecuentes se describieron una mejor tolerancia al contacto físico, aumento en la atención conjunta y mayor reciprocidad básica durante interacciones verbales espontáneas. Estos efectos fueron interpretados como manifestaciones indirectas de una mejor autorregulación emocional y reducción de la impulsividad, lo que facilita la apertura social en contextos controlados. No obstante, los autores señalan que la falta de instrumentos psicométricos validados limita la cuantificación objetiva de estos avances, recomendando para futuros estudios la inclusión de escalas específicas de sensibilidad social y seguimiento longitudinal de estos resultados.

Adicionalmente, en el mismo estudio de Van der Meersche et al. (2017) reportaron efectos positivos en la predisposición a la interacción social en algunos adolescentes con TEA, especialmente en aquellos que presentaban intentos iniciales de comunicación, como contacto visual, respuesta verbal o participación gestual. En estos casos, se observó una disminución en

las conductas de evitación social y una mayor tolerancia al contacto interpersonal, en comparación con las evaluaciones iniciales. Estos cambios fueron interpretados como consecuencias indirectas de la mejora en la autorregulación emocional y en la flexibilidad conductual, ya que al mostrar mayor capacidad para manejar sus emociones y adaptarse a situaciones nuevas, los participantes respondieron de forma más receptiva ante estímulos sociales. Estas mejoras fueron identificadas mediante observaciones clínicas estructuradas y se consideran indicativas de una progresiva modulación de habilidades sociales básicas.

Respecto a la dimensión social, Casanova et al. (2021) identificaron cambios clínicamente relevantes, aunque indirectos, en síntomas asociados al retraimiento y la evitación interpersonal. A través de la subescala de retraimiento social de la ABC y los reportes de cuidadores, se observó una mayor disposición al contacto interpersonal, una reducción del letargo social y una leve mejora en la participación espontánea durante interacciones estructuradas. Estos efectos fueron más notorios en adolescentes con capacidades comunicativas emergentes y se interpretan como el resultado indirecto de una mejora global en la regulación emocional y conductual. Sin embargo, señalan la necesidad de estudios con instrumentos específicos para medir habilidades sociales, los hallazgos sugieren que la EMTr podría facilitar la apertura social en adolescentes con TEA, especialmente si se combina con intervenciones psicoeducativas.

En un abordaje clínico individual, Bejenaru y Malhi (2022) intervinieron con un adolescente de 15 años con diagnóstico dual de TEA y sintomatología depresiva, mediante un protocolo de EMTr de baja frecuencia (1 Hz). El procedimiento se aplicó inicialmente sobre la corteza prefrontal dorsolateral derecha, orientado a atenuar los síntomas afectivos, y posteriormente sobre la región izquierda de la misma área con el propósito de abordar los rasgos nucleares del TEA. Tras la intervención, se evidenciaron cambios funcionales relevantes, manifestados en un aumento de la interacción interpersonal, mejoras en el contacto ocular, mayor iniciativa comunicativa y una producción verbal más fluida. Estas observaciones indican un progreso en la disposición hacia el intercambio social.

En una submuestra de adolescentes entre 14 y 17 años con diagnóstico confirmado de TEA, Enticott et al. (2021) aplicaron un protocolo de iTBS dirigido a la unión temporoparietal derecha (rTPJ), región asociada a la cognición social. Para evaluar los efectos sobre esta función, se utilizaron instrumentos validados como la Escala de Respuesta Social, segunda edición (SRS-2), completada por cuidadores, que cuantifica dificultades en reciprocidad social, comunicación

emocional y comportamiento interpersonal. Tras las 20 sesiones de intervención, los participantes en la condición activa mostraron mejoras estadísticamente significativas en la Prueba de lectura de la mente en los ojos (RMET) y reducciones en los puntajes totales de la SRS-2, lo que indica una mejoría en la capacidad para interpretar estados mentales y establecer vínculos sociales básicos. Estos cambios fueron más pronunciados en adolescentes con bajo rendimiento en cognición social, y se mantuvieron parcialmente durante el seguimiento de uno a tres meses, lo que respalda el valor terapéutico del protocolo en este dominio social.

Con base a los resultados presentados, en la función social se han evidenciado cambios en reciprocidad afectiva, interacción y mayor predisposición hacia el contacto visual y participación, De este modo, se cumple con el desarrollo del objetivo específico planteado, al demostrar que la EMTr potencia las funciones cognitivas, conductuales y sociales, en niños y adolescentes con TEA.

Conclusiones

La presente revisión bibliográfica permitió identificar una variedad de protocolos de estimulación magnética transcraneal repetitiva aplicados en niños y adolescentes con trastorno del espectro autista. Debido a que, el protocolo más utilizado en análisis de los estudios resalta con mayor potencial el de baja frecuencia (1Hz) sobre la corteza prefrontal dorsolateral bilateral. La intensidad generalmente osciló entre el 80 % y el 90 % del umbral motor en reposo, con sesiones que variaron entre 10 y 30 aplicaciones, distribuidas de manera diaria o intermitente durante períodos de 2 a 6 semanas. En los estudios se implementaron protocolos bilaterales, y en otros se utilizaron modalidades theta burst intermitente (iTBS) y theta burst continua (cTBS), particularmente en adolescentes con mayor maduración cortical. Aunque los estudios comparten una base metodológica fundamental, la heterogeneidad en los parámetros técnicos, frecuencia de aplicación, duración total del tratamiento y las regiones estimuladas, esto evidencia la necesidad de establecer protocolos clínicos estandarizados para la aplicación de EMTr en niños y adolescentes, con el fin de garantizar mayor consistencia metodológica, replicabilidad de resultados y seguridad terapéutica.

En términos de eficacia, los estudios revisados mostraron efectos diferenciados según el dominio funcional evaluado. A nivel cognitivo, la EMTr favoreció procesos como la atención sostenida, la inhibición de respuestas, la regulación del rendimiento y, en algunos casos, la integración perceptual, respaldados por hallazgos neurofisiológicos tales como el incremento en

potencia gamma o la modulación del componente N200 del potencial relacionado con evento.

En el dominio conductual, los estudios revisados evidencian que la EMTr, aplicada principalmente a una frecuencia de 1 Hz sobre la corteza prefrontal dorsolateral, induce mejoras clínicas consistentes en la autorregulación emocional y el control de impulsos en niños y adolescentes con TEA. De manera complementaria, varios estudios también reportaron una disminución significativa en conductas estereotipadas. Asimismo, se ha observado que estos beneficios tienden a intensificarse a medida que avanza el tratamiento, consolidándose al completar ciclos de 18 a 30 sesiones. Pese a que la magnitud del efecto varía según la intensidad del estímulo y la duración del protocolo, los hallazgos actuales respaldan el uso de la EMTr, al facilitar la regulación de circuitos frontales disfuncionales implicados en procesos de autorregulación conductual, emocional y cognitiva, promoviendo patrones de respuesta más adaptativos tanto en contextos clínicos como familiares.

En el ámbito social, si bien los efectos fueron más discretos, donde cabe precisar que no todos los estudios utilizaron escalas estandarizadas, y en varios casos los efectos fueron registrados a partir de investigaciones cualitativas basándose en observaciones clínicas y reportes de cuidadores. Sin embargo, los resultados preliminares sugieren que la EMTr ejerce un efecto indirecto beneficioso sobre la disposición social, mediado por la mejora en la autorregulación emocional y la flexibilidad conductual.

A pesar de los resultados prometedores, esta revisión también identifica limitaciones relevantes en la evidencia disponible. En primer lugar, existe un escaso número de estudios longitudinales con seguimiento post-tratamiento que permitan evaluar la sostenibilidad de los efectos generados mediante la EMTr. En segundo lugar, se observa una alta heterogeneidad en los protocolos de estimulación, tanto en frecuencia y duración, como en regiones corticales seleccionadas.

En cuanto a los hallazgos de esta revisión, respaldan el uso de la EMTr, especialmente útil en el tratamiento de funciones cognitivas, conductuales y sociales en el trastorno del espectro autista. Su buena tolerancia clínica y bajo perfil de efectos adversos la posicionan como una opción terapéutica viable en escenarios multidisciplinarios. Se recomienda su implementación en contextos clínicos que cuenten con supervisión neurológica y protocolos individualizados, así como el uso de herramientas de monitoreo como electroencefalografía (EEG) o escalas clínicas estructuradas para evaluar respuesta terapéutica y seguridad del procedimiento.

A partir de esta revisión, se plantea la necesidad de ensayos clínicos aleatorizados con

mayor tamaño muestral, control de variables intervinientes y seguimiento longitudinal. También se recomienda explorar protocolos combinados, como la EMTr junto con neurofeedback (NFB) o terapias con mayor evidencia empírica, lo que podría potenciar los efectos en funciones sociales o emocionales complejas. Finalmente, es fundamental promover investigaciones que incluyan a niños con TEA en niveles de mayor severidad o con ausencia de lenguaje verbal, ya que estos subgrupos suelen estar excluidos de los estudios actuales, limitando la aplicabilidad general de la intervención.

Referencias

- Abujadi, C., Croarkin, P. E., Bellini, B. B., Brentani, H., & Marcolin, M. A. (2018). Estimulación magnética transcraneal intermitente de ráfagas theta para el trastorno del espectro autista: un estudio piloto abierto. *Revista brasileira de psiquiatria (Sao Paulo, Brazil : 1999)*, 40(3), 309–311. doi.org/10.1590/1516-4446-2017-2279
- Alwin, I., Halemani, K., Shetty, A., Thimmappa, L., Vijay, V. R., Koni, K., Mishra, P., & Kapoor, V. (2025). La prevalencia global del trastorno del espectro autista en niños: una revisión sistemática y metaanálisis. *Perspectivas de salud pública e investigación de Osong*, 16(1), 3–27. doi.org/10.24171/j.phrp.2024.0286
- Anca, M. B., & NARPINDER, K. M. (2022). Uso de estimulación magnética transcraneal repetitiva en psiquiatría infantil. *Innov Clin Neurosci*, 19, 11-22. Obtenido de <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9341313/>
- Barahona-Corrêa, J. B., Velosa, A., Chainho, A., Lopes, R., & Oliveira-Maia, A. J. (2018). Estimulación magnética transcraneal repetitiva para el tratamiento del trastorno del espectro autista: una revisión sistemática y un metaanálisis. *Frente. Integrar. Neurociencia*, 12, 27. doi.org/10.3389/fnint.2018.00027
- Bausela Herreras, E., Tirapu Ustárroz, J., & Cordero Andrés, P. (2019). Déficit ejecutivo y trastornos del neurodesarrollo en la infancia y en la adolescencia. *Revista de Neurología*, 69(11), 461. doi.org/10.33588/rn.6911.2019133
- Bougeard, C., Picarel-Blanchot, F., Schmid, R., Campbell, R., & Buitelaar, J. (2024). Prevalencia del trastorno del espectro autista y comorbilidades en niños y adolescentes: una revisión sistemática de la literatura. *Focus (American Psychiatric Publishing)*, 22, 212-228. doi:10.1176/appi.focus.24022005
- Carballal Mariño, M., Gago Ageitos, A., Ares Alvarez, J., del Rio Garma, M., García Cendón, C., Goicoechea Castaño, A., & Pena Nieto, J. (2018). Prevalencia de trastornos del neurodesarrollo, comportamiento y aprendizaje en Atención Primaria. *analesdepediatria*, 89, 153-161. doi: 10.1016/j.anpedi.2017.10.007
- Casanova, MF, Hensley, MK, Sokhadze, EM, El-Baz, AS, Wang, Y., Li, X. y Sears, L. (2014). Efectos de la estimulación magnética transcraneal repetitiva (EMTr) semanal de baja

- frecuencia sobre las medidas autonómicas en niños con trastorno del espectro autista. *Fronteras en la neurociencia humana*, 8, Artículo 851. doi:10.3389/fnhum.2014.00851
- Conde Antón, Á., Hernando Garijo, I., Jiménez del Barrio, S., Mingo Gómez, M. T., Medrano de la Fuente, R., & Ceballos Laita, L. (2023). Efectos de la estimulación transcraneal por corriente directa y de la estimulación magnética transcraneal en pacientes con fibromialgia. Revisión sistemática. *Neurología*, 38, 427-439. doi.org/10.1016/j.nrl.2020.07.024
- Doruk Camsari, D., Kirkovski, M., & Croarkin, P. E. (2018). Aplicaciones terapéuticas de la neuromodulación no invasiva en niños y adolescentes. *Clínica psiquiátrica North Am*, 41(3), 465–477. doi.org/10.1016/j.psc.2018.05.003
- Enticott, P. G., Barlow, K., Guastella, A. J., Licari, M. K., Rogasch, N. C., Middeldorp, C. M., Clark, S. R., Vallence, A.-M., Boulton, K. A., Hickie, I. B., Whitehouse, A. J. O., Galletly, C., Alvares, G. A., Fujiyama, H., Heussler, H., Craig, J. M., Kirkovski, M., Mills, N. T., Rinehart, N. J., ... Fitzgerald, P. B. (2021). Estimulación magnética transcraneal repetitiva (EMTr) en el trastorno del espectro autista: Protocolo para un ensayo clínico controlado aleatorizado multicéntrico. *BMJ Abierto*, 11(7), e046830. doi.org/10.1136/bmjopen-2020-046830
- Finisguerra, A., Borgatti, R., & Urgesi, C. (2019). Estimulación cerebral no invasiva para la rehabilitación de niños y adolescentes con trastornos del neurodesarrollo: una revisión sistemática; Una revisión Sistemática. *Psicólogo frontal*, 10, 135. doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00135
- Gao, L., Wang, C., Song, X., Tian, L., Qu, Z., Han, Y., & Zhang, X. (2022). La anomalía sensorial mediada parcialmente la eficacia de la estimulación magnética transcraneal repetitiva en el tratamiento del trastorno del sueño comórbido en niños con trastorno del espectro autista. *Fronteras en Psiquiatría*, 12, 820598. doi.org/10.3389/fpsyg.2021.820598
- Gentil-Gutiérrez, A., Santamaría-Peláez, M., Mínguez-Mínguez, L. A., González-Santos, J., Fernández-Solana, J., & González-Bernal, J. J. (2022). Executive Functions in Children and Adolescents with Autism Spectrum Disorder, Grade 1 and 2, vs. Neurotypical Development: A School View. *International journal of environmental research and public health*, 19(13), 7987. doi.org/10.3390/ijerph19137987
- Jannati, A., Oberman, L. M., Rotenberg, A., & Pascual Leone, Á. (2023). Evaluación de los mecanismos de plasticidad cerebral mediante estimulación magnética transcraneal. *Neuropsicofarmacología*, 191-208. doi.org/10.1038/s41386-022-01453-8

- Jiménez Ponce, F., Gómez Cotero, A. G., Nicolini Sánchez, H., Alday López, I. A., & Martínez Salgado, K. (2024). Revisión sistemática sobre el efecto clínico de la estimulación magnética transcraneal en trastorno del espectro autista. *Acta Médica Grupo Ángeles*, 22(2), 145–151. doi.org/10.35366/115289
- Khaleghi, A., Zarafshan, H., Vand, S. R., & Mohammadi, M. R. (2020). Efectos de la neuroestimulación no invasiva en el trastorno del espectro autista: Una Revisión sistemática. *Psicofarmacología clínica y neurociencia : la revista científica oficial del Colegio Coreano de Neuropsicofarmacología*, 18(4), 527–552. doi.org/10.9758/cpn.2020.18.4.527
- León Ruiz, M., Sospedra, M., Arce Arce, S., Tejeiro-Martínez, J., & Benito-León, J. (2022). Evidencias actuales sobre las potenciales aplicaciones terapéuticas de la estimulación magnética transcraneal en la esclerosis múltiple: Revisión sistemática de la literatura. *Neurología*, 37(3), 199–215. doi.org/10.1016/j.nrl.2018.03.023
- Li, C., & He, W. Q. (2024). Prevalence and treatment of autism spectrum disorder in the United States, 2016-2022. *Autism research : official journal of the International Society for Autism Research*, 17(9), 1916–1927. doi.org/10.1002/aur.3228
- Martinez Morga , M., Quesada Rico, M. P., Bueno, C., & Martinez, S. (2018). Bases neurobiológicas del trastorno del espectro autista y del trastorno por deficit de atencion/hiperactividad: diferenciacion neural y sinaptogenesis. *Revista de neurologia*, 66, S97-S102. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29516460
- Masuda, F., Nakajima, S., Miyazaki, T., Tarumi, R., Ogyu, K., Wada, M., Tsugawa, S., Croarkin, P. E., Mimura, M., & Noda, Y. (2019). Efectividad clínica del tratamiento con estimulación magnética transcraneal repetitiva en niños y adolescentes con trastornos del neurodesarrollo: una revisión sistemática, 23(7), 1614–1629. doi.org/10.1177/1362361318822502
- Oberman, L. M., Rotenberg, A., & Pascual-Leone, A. (2015). Uso de estimulación magnética transcraneal en trastornos del espectro autista, 45(2), 524–536. doi.org/10.1007/s10803-013-1960-2
- Oberman, L. M., Enticott, P. G., Casanova, M. F., Rotenberg, A., Pascual-Leone, A., McCracken, J. T., & TMS in ASD Consensus Group (2016). Estimulación magnética transcraneal en el trastorno del espectro autista: desafíos, promesas y hoja de ruta para futuras

- investigaciones. *Investigación sobre el autismo : Revista oficial de la Sociedad Internacional para la Investigación del Autismo*, 9(2), 184–203. doi.org/10.1002/aur.1567
- Otálora Pineda, J. D., Polanco Barreto, Á. M., & Patiño, F. (2023). Impacto de las enfermedades infecciosas sobre el neurodesarrollo. Revisión sistemática. *Revista de Investigación (de la Universidad Norbert Wiener)*., 12, 1-13. doi.org/10.37768/unw.rinv.12.01.r0006
- Pak, N. S., Peredo, T. N., Madero Uceró, A. P., & Kaiser, A. P. (2024). EMT en Español Para Autismo: Un enfoque de intervención comunicativa colaborativa y un estudio piloto de diseño de caso único. *Revista de Autismo y Trastornos del Desarrollo*. doi.org/10.1007/s10803-024-06322-5
- Ribeiro L. A., Cardoso B. P., Oliveira L. M. de M., FuentesA. LO da S., Nascimento N. S. de, & SiqueiraE. C. de. (2023). Aproximación general al Trastorno del Espectro Autista. *Revista Electrónica de Colección Médica* , 23 (4), e12807. doi.org/10.25248/reamed.e12807.2023
- Saavedra, C. S. F. (2023). Interacciones sociales, bullying y conducta suicida en niños y adolescentes con trastorno del espectro autista. *Revista Cubana de Pediatría.*, 1–18. scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75312023000100044
- Sokhadze EM, Lamina EV, Casanova EL, Kelly DP, Opris I, Tasman A y Casanova MF (2018) Estudio exploratorio de los efectos de la neuromodulación mediante rTMS en las medidas funcionales electrocorticales del desempeño en una prueba Oddball y síntomas conductuales en el autismo. *Front. Syst. Neurosci.* 12:20. doi: 10.3389/fnsys.2018.00020
- Smith, J. R., DiSalvo, M., Green, A., Ceranoglu, T. A., Anteraper, S. A., Croarkin, P., & Joshi, G. (2023). Respuesta al tratamiento de estimulación magnética transcraneal en jóvenes y adultos jóvenes con capacidad intelectual y trastorno del espectro autista: una revisión sistemática y un metanálisisA. *Revisión de neuropsicología*, 33(4), 834–855. doi.org/10.1007/s11065-022-09564-1
- Tian, L., Ma, S., Li, Y., Zhao, M. F., Xu, C., Wang, C., Zhang, X., & Gao, L. (2023). La estimulación magnética transcraneal repetitiva puede mejorar la fijación de los ojos en lugar de la preferencia de fijación en niños con trastorno del espectro autista. *Frontiers in neuroscience*, 17, 1188648. doi.org/10.3389/fnins.2023.1188648
- Van der Meersche, S., Lemmens, G., Matton, C., & Baeken, C. (2017). Neuroestimulación no invasiva como tratamiento en psiquiatría infantil y juvenil [Neuroestimulación no invasiva

en el tratamiento de la psiquiatría infantojuvenil]. *Revista de psiquiatría*, 59(10), 650–654.
pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29077142

Yan, J., Zhang, Y., Wang, J., Zhu, G., & Fang, K. (2024). Efectos de la estimulación magnética transcraneal sobre la estructura y la calidad del sueño en niños con autismo. *Fronteras en psiquiatría*, 15, 1413961. doi.org/10.3389/fpsy.2024.1413961

Zahorodny, W., Shenouda, J., Sidwell, K., Verile, M. G., Alvarez, C. C., Fusco, A., Mars, A., Waale, M., Gleeson, T., Burack, G., & Zumoff, P. (2025). Prevalence and Characteristics of Adolescents with Autism Spectrum Disorder in the New York-New Jersey Metropolitan Area. *Journal of autism and developmental disorders*, 55(6), 2043–2049. doi.org/10.1007/s10803-023-06058-8

Ruben Anthony Arias Quevedo portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **0705254852**. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“Estimulación magnética transcraneal como tratamiento de las funciones cognitivas, conductuales y sociales en niños y adolescentes en el trastorno del espectro autista: Una revisión bibliográfica”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos y no comerciales. Autorizo además a la Universidad Católica de Cuenca, para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, **23 de Octubre de 2025**

F: 

Ruben Anthony Arias Quevedo

C.I. 0705254852