

UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CUENCA

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE SALUD Y BIENESTAR**

**CARRERA DE PSICOLOGÍA CLÍNICA**

**EFICACIA DE LA ESTIMULACIÓN MAGNÉTICA  
TRANSCRANEAL EN PACIENTES  
LATINOAMERICANOS CON TRASTORNO DEPRESIVO.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE LICENCIADA EN PSICOLOGÍA CLÍNICA**

**AUTORA: MARÍA FERNANDA SAMANIEGO FERNÁNDEZ**

**DIRECTOR: LAURO ESTEBAN CAÑIZARES ABRIL, MSC.**

**CUENCA - ECUADOR**

**2023**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA SALUD Y BIENESTAR**

**CARRERA DE PSICOLOGÍA CLÍNICA**

**EFICACIA DE LA ESTIMULACIÓN MAGNÉTICA  
TRANSCRANEAL EN PACIENTES LATINOAMERICANOS CON  
TRASTORNO DEPRESIVO.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE LICENCIADA EN PSICOLOGÍA CLÍNICA**

**AUTORA: MARÍA FERNANDA SAMANIEGO FERNÁNDEZ**

**DIRECTOR: LAURO ESTEBAN CAÑIZARES ABRIL, MSC.**

**CUENCA - ECUADOR**

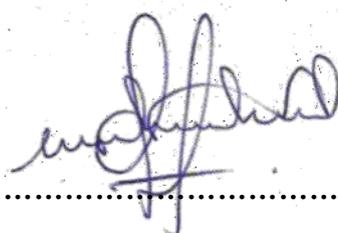
**2023**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**

**Declaratoria de Autoría y Responsabilidad**

**Yo, María Fernanda Samaniego Fernández** portadora de la cédula de ciudadanía N° **0704831197**. Declaro ser el autor de la obra: **“Eficacia de la estimulación magnética transcraneal en pacientes latinoamericanos con trastorno depresivo.”**, 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, **8 de mayo de 2023**.



F:.....

**María Fernanda Samaniego Fernández**

**C.I. 0704831197**

## CERTIFICACIÓN

Yo, MSc. Lauro Esteban Cañizares Abril, con cédula de identidad N° 010461048-0, en calidad de Director del Trabajo de Titulación bajo el título: **“Eficacia de la Estimulación Magnética Transcraneal en Pacientes Latinoamericanos con Trastorno Depresivo.”**, certifico que el mismo fue desarrollado por MARÍA FERNANDA SAMANIEGO FERNÁNDEZ, bajo mi supervisión.

Firmado  
digitalmente por  
LAURO ESTEBAN CAÑIZARES ABRIL  
LAURO ESTEBAN CAÑIZARES ABRIL  
Fecha: 2023.05.08  
11:36:18 -05'00'

Dr. Lauro Esteban Cañizares Abril, Mgs.

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

## **Agradecimiento**

En primer lugar a Dios, por darme la sabiduría necesaria para llegar a este punto de mi carrera; a mis padres por su entrega total permitiéndome ser profesional y por enseñarme que, para obtener algo, lo que importa realmente es cuantas piedras supere en el camino; a mi hermana, por demostrarme día a día que luchar y esforzarse siempre es la respuesta; a mi familia en general por su apoyo; a mis amigos por darme la mano para que pueda levantarme con más fuerza; a mis docentes quienes no dudaron en compartir sus conocimientos para que nuestra formación sea de calidad; a mi Universidad Católica de Cuenca por abrirnos las puertas y por ser nuestro segundo hogar. A mi tutor, el Dr. Esteban Cañizares Abril, por su tiempo para la revisión de mi trabajo y por no dudar en apoyarme en la elaboración de este. Finalmente, a todos quienes estuvieron presentes y lo siguen estando. Muchas gracias de corazón.

**María Fernanda Samaniego Fernández**

## **Dedicatoria**

Especialmente a mis padres Fabiola y Carlos, quienes, con amor, dedicación y mucho esfuerzo supieron darme todo su apoyo y amor durante este camino para cumplir mi más grande sueño; a mi hermana Cristina, quien siempre tuvo una palabra de aliento y un abrazo cuando más lo necesitaba. Finalmente, a todos quienes durante este increíble proceso supieron aportar de manera positiva para permitirme crecer personal y profesionalmente.

**María Fernanda Samaniego Fernández**

## ÍNDICE

1. Introducción .....	11
1.1. Problemática .....	11
1.2. Justificación .....	13
1.3. Objetivos .....	14
1.3.1 Objetivo General.....	14
1.3.2 Objetivos Específicos .....	14
2. Metodología .....	14
2.1. Método .....	14
2.2. Diseño .....	14
2.3. Estrategia de búsqueda.....	15
2.4. Criterios de selección .....	15
2.5. Criterios de exclusión .....	15
2.6. Procedimiento para el análisis de información .....	15
3. Desarrollo .....	16
3.1. Capítulo I .....	16
3.1.1 Depresión: Una aproximación teórico-conceptual .....	16
3.1.2 Criterios sintomatológicos principales .....	17
3.1.3 Tratamientos y costes .....	20
3.1.4 Efectos colaterales de los tratamientos para el Trastorno Depresivo.....	23
3.1.5 Principales modelos causales de los Trastornos Depresivos .....	24
3.2. Capítulo II: Principios de funcionamiento de la Estimulación Magnética Transcranial.....	26
3.2.1 Procedimiento de aplicación de la EMT.....	27
3.2.2 Teoría de principios de Michael Faraday .....	28
3.2.3 La EMT como perfeccionamiento de técnicas relacionadas: Terapia electroconvulsiva (TEC) .....	29
3.2.4 Ondas Cerebrales .....	30
3.2.5 Umbral Motor .....	32
3.2.6 Parámetros básicos de un protocolo de aplicación de la EMT .....	32
3.2.7 Pulso simple o único, pareado y repetitivo .....	33
3.2.8 ¿Qué es un tren de pulsaciones? .....	34
3.2.9 ¿Qué es un intervalo entre trenes de pulsaciones?.....	35

3.2.10	Parámetros generales de protocolos validados de neuromodulación no invasiva con EMT para la depresión .....	35
3.3.	Capítulo III: Antecedentes sobre la aplicación de la EMT .....	36
3.4.	Capítulo IV: Inferencias y recomendaciones sobre la aplicación de la EMT ..	49
3.4.1	Discusión .....	49
3.4.2	Recomendaciones .....	55
4.	Conclusiones .....	56
5.	Referencias bibliográficas .....	58

## **Eficacia de la Estimulación Magnética Transcraneal en pacientes Latinoamericanos con Trastorno Depresivo.**

### **Resumen**

**Antecedentes:** El trastorno depresivo se caracteriza por presentar una serie de sintomatología emocional o del estado de ánimo que afecta el desenvolvimiento de la persona en diferentes ámbitos de la vida, tanto a nivel laboral, personal, social como académico. La estimulación magnética transcraneal es un tratamiento que muestran resultados positivos y seguros para los pacientes con depresión. **Objetivo:** Evaluar la eficacia terapéutica de la EMT en jóvenes con trastorno depresivo mediante una revisión sistemática de literatura científica. **Metodología:** Esta constó de una revisión bibliográfica basada en revistas de alto impacto como Redalyc, Scielo y Pub Med, accediendo a motores de búsqueda desde Google Académico. **Resultados:** Son pocos los ensayos clínicos desarrollados en América Latina, pese a ello, estos han demostrado resultados favorables sobre la depresión. Los protocolos de estimulación excitatorios e inhibitorios a diferentes frecuencias evidencian tasas de respuesta y remisión considerables en cuanto a los síntomas del trastorno; sin embargo, los protocolos inhibitorios a baja frecuencia son los de mayor eficacia, debido a sus efectos sobre la regulación neurofisiológica, sintomatología y actividad cortical. Los efectos de la EMT varían de acuerdo al protocolo, estos pueden ser leves y transitorios como dolor de cabeza, molestias de cuello y aturdimiento. **Conclusiones:** La estimulación magnética brindan resultados altamente eficaces, capaces de remitir o atenuar los trastornos psiquiátricos como la depresión sin causar efectos secundarios importantes. Además, los ensayos clínicos sobre EMT en la depresión en jóvenes adultos, hasta la actualidad han demostrado mejor eficacia al lograr importantes avances en la sintomatología depresiva. **Palabras clave:** trastorno depresivo, estimulación magnética transcraneal, protocolos de estimulación, adolescentes, jóvenes y ensayos clínicos aleatorizados.

## **Efficacy of Transcranial Magnetic Stimulation in Latin American patients with Depressive Disorder.**

### **Abstract**

**Background:** Depressive disorder is characterized by a series of emotional or mood symptoms that affect the person's performance in different areas of life, at work, personal, social, and academic levels. Transcranial magnetic stimulation (TMS) is a treatment that shows positive and safe results for patients with depression. **Objective:** To evaluate the therapeutic efficacy of TMS in young people with depressive disorder using a systematic review of scientific literature. **Methodology:** It consisted of a literature review based on high-impact journals such as Redalyc, SciELO, and PubMed, accessing search engines from Google Scholar. **Results:** Few clinical trials have been developed in Latin America; however, they have shown favorable results on depression. Excitatory and inhibitory stimulation protocols at different frequencies show considerable response and remission rates in terms of symptoms of the disorder; however, inhibitory protocols at low frequencies are the most effective due to their effects on neurophysiological regulation, symptomatology, and cortical activity. The TMS effects vary according to the protocol; these can be mild and transient such as headache, neck discomfort, and grogginess. **Conclusions:** Magnetic stimulation provides highly effective results, capable of remitting or attenuating psychiatric disorders such as depression without causing significant side effects. In addition, clinical trials on TMS in depression in young adults have so far shown improved efficacy in achieving significant improvements in depressive symptomatology.

**Key words:** depressive disorder, transcranial magnetic stimulation, stimulation protocols, adolescents, young adults, and randomized clinical trials.

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Problemática

La depresión constituye uno de los problemas más significativos de salud pública a nivel mundial, acarreado a la población afectada a experimentar síntomas como la ideación suicida, comportamientos autolesivos, baja autoestima, desmotivación y tristeza desmedida, entre otros (American Psychiatric Association, 2014).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) (2021) indica que la depresión es un problema de salud mental comunitario y estima que, a nivel mundial el 5% de los jóvenes padecería de algún tipo de trastorno depresivo, lo que significa un aproximado de 300 millones de habitantes. En esta línea, un 3.04% de la población estadounidense padece trastorno depresivo, representando cerca de 10 millones de residentes (Community Health Network, 2019). Asimismo, en China se reporta un 2.1 % de habitantes afectados; es decir; alrededor de 54 millones de personas (Diario Xinhua Español, 2020). En complemento, el 5% de la población española (2.1 millones de individuos), ha sido diagnosticada con depresión, según datos de Radiotelevisión Española (RTVE) (2021). Cabe mencionar que, el trastorno puede afectar a cualquier persona en algún momento de su vida, inhabilitando su capacidad de adaptabilidad biopsicosocial y su calidad de vida.

En tanto, en América Latina y el Caribe, de 630 millones de habitantes, un 5% de estos sufren de trastorno depresivo, traduciéndose en 31.5 millones de individuos (Organización Panamericana de Salud-OPS, 2012); siendo Brasil el país más afectado, con 5.8% de habitantes diagnosticados, cifra equivalente a 12.3 millones de personas. Mientras en Colombia un 4.7% (2.4 millones) de la población sufre de depresión (Pontificia Universidad Javeriana, 2021). Por otra parte, en México 15 de cada 100 habitantes han sido diagnosticados; es decir; un 4.8% de su población, lo que constituye en un aproximado de 6.14 millones de residentes mexicanos (Wagner et al., 2012).

En Ecuador, un aproximado de 756 mil habitantes (4.2% de la población) reporta un diagnóstico de depresión., es ello que, resulta importante recalcar que en el país dicho trastorno afecta mayoritariamente a las mujeres, triplicando la suma de personas que han requerido ayuda. En tanto, el 50% de los trastornos relacionados con la salud mental aparecen a partir de los 14 años, por lo cual, es fundamental establecer políticas de prevención pertinentes (Muñoz et al., 2021). En este sentido, el Gobierno del Ecuador incrementó una línea telefónica gratuita para asistir a personas con depresión, identificando usuarios mayormente afectados por ataques de ansiedad relacionados a su trastorno depresivo (Ministerio de Salud Pública, 2017).

Complementariamente, en Ecuador durante el 2015, cerca de 51 mil personas con un diagnóstico definitivo necesitaron tratamiento farmacológico en nuestro país; sin embargo, dicha cifra ha ido aumentando con el pasar de los años, tanto así, que un aproximado de 3500 personas han requerido de hospitalización por autolesiones e intento de suicidio (Ministerio de Salud Pública, 2017).

Adicionalmente, a nivel mundial se registra un 2.8% casos de depresión en la población adolescente; mientras que un 5.7% de adultos jóvenes están igualmente diagnosticados con trastorno depresivo, lo que afectaría a uno de cada siete jóvenes en el mundo, convirtiendo a la depresión en uno de los problemas de salud pública que requiere de mayor atención por entes gubernamentales (OMS, 2021). En el mismo sentido, las cifras en Latinoamérica y el Caribe resultan alarmantes, con un 15% de la población joven diagnosticada; particularmente inquietante es el hecho de que aproximadamente más de 10 adolescentes de la región se quiten la vida a diario (León, 2021). En Ecuador, el grupo adolescente de entre 14 y 18 años es el que más prevalencia de trastorno depresivo presenta (26%), lo que resulta alarmante (Muñoz et al., 2021).

Como se ha expuesto, la depresión alrededor del mundo desestabiliza al individuo en todos los ámbitos de su funcionamiento a causa de los síntomas que genera como tristeza permanente, falta de interés y pérdida de placer en las actividades cotidianas, son características fundamentales del trastorno depresivo, así mismo, las alteraciones de sueño, apetito y concentración, los cuales repercuten en consecuencias que perjudican notablemente la capacidad de una persona para desenvolverse en su día a día ante las demandas del entorno (OMS, 2021). Por lo tanto, se hace meritorio un acercamiento profesional, científico, teórico y práctico que proporcione las soluciones necesarias a la problemática, particularmente cuando los tratamientos estandarizados aún presentan vacíos procedimentales, costos o efectos secundarios no deseados.

## **1.2. Justificación**

Una vez expuestos los principales aspectos de la problemática, como la distribución epidemiológica de la depresión, la afección sintomática que inhabilita al paciente y su entorno en un sentido integral, así como las limitaciones de los abordajes terapéuticos estandarizados. Es necesario considerar los hallazgos identificados hasta la actualidad y nuevas alternativas de tratamiento avaladas desde el empirismo científico. Tal es el caso de la Estimulación Magnética Transcraneal (EMT), cuyos beneficios parecen promisorios en buena medida, particularmente en el abordaje de la depresión.

Mediante el escrito, se busca sistematizar las principales características de la técnica, sus principios de funcionamiento, su aplicabilidad terapéutica y los principales protocolos de aplicación en poblaciones jóvenes y adolescentes afectadas por trastornos depresivos. Además, el presente trabajo servirá como guía para futuras investigaciones, permitiendo comparar o combinar la técnica con diferentes tratamientos para asistir la depresión, ampliando con ello, el campo de conocimiento sobre las neurociencias aplicadas a la salud mental alrededor del mundo.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

- Evaluar la eficacia terapéutica de la EMT en jóvenes diagnosticados con trastorno depresivo mediante una revisión sistemática de literatura científica actualizada.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Sistematizar las principales características de los trastornos depresivos desde un marco teórico conceptual.
- Describir los principios de funcionamiento y aplicación clínica de la EMT como técnica de tratamiento clínico para psicopatologías como la depresión.
- Presentar los principales resultados proporcionados por la literatura científica en relación con la aplicación de la EMT en pacientes depresivos adolescentes y jóvenes mediante una recopilación de ensayos clínicos aleatorizados publicados durante la última década.
- Establecer las principales inferencias y recomendaciones respecto del modelo neuromodulatorio como técnica de tratamiento.

## **2. METODOLOGÍA**

### **2.1. Método**

La presente revisión de literatura se desarrolló mediante la recolección de hallazgos actualizados en relación a las variables de estudio, sobre la base de fuentes bibliográficas indexadas y académicas publicadas en la última década. Además, se desarrolla una evaluación de estudios cuantitativos con enfoque longitudinal e investigaciones cualitativas sobre la EMT en pacientes jóvenes con depresión.

### **2.2. Diseño**

Investigación bibliográfica.

### **2.3. Estrategia de búsqueda**

Se ejecutó una búsqueda de artículos científicos seleccionados desde revistas indexadas de alto impacto como Redalyc, Scielo y Pub Med, Taylor & Francis, Web of Science, Pro Quest y Jane. Los términos de búsqueda fueron: estimulación magnética transcraneal, depresión, EMT, TMS y estimulación magnética transcraneal repetitiva (EMTr, Depressive disorder, protocolos de estimulación, adolescentes, ensayos clínicos aleatorizados).

### **2.4. Criterios de selección**

Como criterios de selección se consideran artículos científicos de alto impacto a nivel de Latinoamérica, Europa y Asia. Además, se establece como un factor de selección ensayos clínicos aleatorizados con población joven y adolescente donde se hayan aplicado protocolos de estimulación magnética transcraneal para el tratamiento de la depresión. Otro de los criterios de selección son investigaciones cuantitativas y cualitativas en inglés y en español que no superen los 10 años.

### **2.5. Criterios de exclusión**

Mientras que los criterios de exclusión de la presente investigación fueron: literatura gris, tesinas, estudios de caso, artículos con más de 10 años de publicación, ensayos clínicos aleatorizados que no traten la depresión en personas jóvenes, e investigaciones con protocolos de estimulación magnética transcraneal en personas adultas.

### **2.6. Procedimiento para el análisis de información**

Para el análisis de información de los artículos seleccionados se organizaron según: autores, país/año, muestra, variables, objetivos, metodología, resultados, conclusiones/ recomendaciones y discusión presente en cada uno de los artículos científicos recopilados, además del acompañamiento de la argumentación crítica y objetiva en lo que concierne al proceder metodológico de los mismos.

### 3. DESARROLLO

#### 3.1. Capítulo I

##### 3.1.1 Depresión: Una aproximación teórico-conceptual

La depresión se puede explicar bajo tres fundamentos característicos: según la perspectiva de Beck (1967), el primero está conformado por la triada cognitiva que se constituye por la auto-visión negativa, la inclinación a interpretar las experiencias de vida de forma negativa constantemente y la perspectiva negativa acerca del futuro y de las situaciones que se aproximan, mientras el segundo fundamento se centra en los esquemas cognitivos, mismos que se representan a través del impacto generado por los sucesos inusuales que resultan estresantes y que no se pueden solucionar debido a la carencia de habilidades y técnicas de afrontamiento.

Por consiguiente, Dahab et al., (2022) indica que el tercer fundamento se basa en los errores existentes en el procesamiento de información, estos son aquellos que mantienen vigentes los esquemas cognitivos y a su vez conservan al paciente en un estado de enfermedad por depresión, los errores pueden ser: catastrofización, generalización excesiva, inferencia arbitraria, pensamiento dicotómico o absolutista, abstracción selectiva, entre otros.

La depresión es también conocida como tristeza patológica, para Benavides (2017) es importante delimitar clínicamente que esta tristeza relacionada a la afección del estado de ánimo, mismo que se enlaza con la personalidad de cada individuo. La depresión se puede manifestar a través de un único síntoma o como un síndrome donde la tristeza puede estar presente por un período de tiempo o permanentemente, a su vez, puede exteriorizarse como una enfermedad, que al igual que cualquier otra, tiene un curso, evolución, tratamiento y/o cura.

El concepto de depresión abarca diversos factores: ambientales, culturales, biológicos, neurológicos, entre otros. Cabe destacar que, Richard Blackmore en el año 1725 fue el primero en mencionar el término “depresión” y sus posibles factores desencadenantes. La tristeza y los sentimientos de abatimiento son los síntomas más presentes en este trastorno y se pueden desarrollar a raíz de un factor ambiental o incluso hereditario. Asimismo, la depresión es una enfermedad que genera cambios a nivel neurobiológico, por medio de mecanismos patogénicos que provocan malestar físico y riesgo a desarrollar indisposición corporal, motivo por el cual, los pacientes no solo se sienten tristes, sino también enfermos (Benavides , 2017).

Por todo lo mencionado, es la importancia de reconocer que la depresión ya no solo tiene un núcleo de manifestación, sino que en la actualidad los síntomas suelen ser más que los signos. Según Benavides (2017) el trastorno del hacer se ve igual de afectado que el trastorno del estado de ánimo, viéndose perjudicada la rutina diaria de los pacientes, perdiendo el interés y voluntad por hacer las cosas que cotidianamente realizaban.

### **3.1.2 Criterios sintomatológicos principales**

La sintomatología del trastorno depresivo comprende una serie de afecciones clínicas que resultan significativas para los pacientes, una de ellas es el deterioro de las funciones cognitivas, aspecto que dificulta la realización de tareas. En base a lo descrito, Goodale (2007) indica que los seres humanos mantienen procesos que se llevan a cabo de manera controlada o automática, aquellos procesos automáticos no necesitan atención voluntaria, no obstante, los controlados requieren atención y procesamiento de la información, y son los que se ven afectados por el trastorno. Además, la falta de atención es la que genera inconvenientes en los procesos anteriormente mencionados, pues, la

tristeza, melancolía y una variedad de pensamientos son las que predominan ante esta función cognitiva tan importante para la funcionalidad del ser humano.

Simultáneamente, las dificultades de memoria son característica de la depresión, al igual que, el impedimento para aprender a través de material verbal o visual; la pérdida de interés en lo que se vive cotidianamente genera el olvido inmediato y posterior. Por ello, Goodale (2007) indica que los pacientes con depresión presentan problemas con la memoria visoespacial, por lo cual recordar es difícil para ellos.

Las funciones ejecutivas son la fracción de la cognición que colabora en el proceso de toma de decisiones y transcurso del pensamiento más refinado, esto incluye: iniciar, planificar, ejecutar y anticipar un trabajo próximo a realizarse. Cuando un paciente tiene trastorno depresivo, estas funciones se ven afectadas debido al déficit en la fluidez verbal, planificación, estrategia que puede utilizar y memoria de trabajo, de la misma forma Peña et al., (2019) refieren que los pacientes depresivos tienden a sufrir un daño en la flexibilidad cognitiva, motivo por el cual, se ven afectadas las funciones cognitivas y la funcionalidad de las personas disminuye.

En el trastorno depresivo se pueden ver afectadas diferentes áreas de la vida como la laboral, personal, social, académica u otras como se muestra en la tabla 1. Según la American Psychiatric Association (2019) el DSM-5 menciona que los síntomas de la depresión son: estado de ánimo deprimido la mayor parte del tiempo; es decir, casi todos los días y a toda hora durante un mínimo de dos semanas, también sentimientos de tristeza, vacío y de desesperanza; de la misma forma, insomnio o hipersomnia, pérdida importante de apetito que genera bajo de peso o aumento del mismo sin una dieta o motivo alguno.

Además otros síntomas del trastorno depresivo son: sentimientos de intranquilidad, retraso psicomotor, agitación, reflujo y disminución de la energía todo el tiempo; asimismo, sensaciones de culpa excesiva, inutilidad y de autorreproche; de igual manera, disminución de las funciones cognitivas (atención, memoria y función ejecutiva), dificultad para pensar y tomar decisiones importantes; y finalmente, pensamientos o ideas de muerte recurrente y suicidio sin llevar a cabo el plan (American Psychiatric Association, 2019).

La sintomatología conductual afecta la funcionalidad de los pacientes, algunos de estos síntomas son: disminución del interés y disfrute de las actividades que solían realizarse, llanto desmedido y frecuente, aislamiento de la persona hacia sus familiares, amigos y conocidos; así como pérdida de la motivación para llevar a cabo la rutina diaria, problemas en el área sexual, disminución del deseo sexual; finalmente, disminución del deseo de compartir con un círculo social y de realizar actividades diarias que sean satisfactorias para sí mismo (American Psychiatric Association, 2019).

**Tabla 1**

*Síndrome sintomatológico de la Depresión*

Sintomatología cognitiva	Sintomatología emocional	Sintomatología conductual
- <b>Falta de atención</b>	- Desmotivación	- Llanto desmedido
- <b>Falta de memoria</b>	- Tristeza constante	- Pérdida de interés
- <b>Dificultad para concentrarse</b>	- Desesperanza	- Distanciamiento del grupo social
- <b>Dificultad para tomar decisiones</b>	- Irritabilidad	- Disminución en la libido
	- Auto desvalorización	
	- Culpabilidad	
	- Ideas suicidas	

Fuente: Goodale (2007) y (American Psychiatric Association, 2019)

Elaboración propia (2023).

### 3.1.3 Tratamientos y costes

El tratamiento adecuado para la depresión depende de las particularidades explícitas del subtipo de trastorno depresivo que tenga cada paciente, por tal motivo, cada plan de intervención es individualizado, de modo que, es primordial una apropiada relación entre el especialista y el paciente. Esencialmente hay 3 tipos de tratamientos para este trastorno, cada uno tiene diversos costes y tiempo de aplicación, en consecuencia, los resultados esperados de cada uno de ellos tienden a variar (Vidal, 2014).

El primero: la psicoterapia que ofrece al paciente comprensión, apoyo y acompañamiento emocional, este busca comprender pensamientos distorsionados, el carácter y temperamento, desdramatizar situaciones y enseñar como prever recaídas. Por otra parte, se encuentra el tratamiento farmacológico, en el cual se utilizan antidepresivos, ansiolíticos y otros coadyuvantes. Por último, los tratamientos no invasivos a través de procesos neuromodulatorios, en este caso, mediante la estimulación magnética transcraneal que es una técnica indolora y segura que modifica la actividad cerebral para estimular las áreas afectadas por el trastorno depresivo (Vidal, 2014).

**Tabla 2**

*Dosis y costos de los antidepresivos que generalmente se usan como tratamiento en adolescentes y jóvenes*

Nombre genérico	Nombre de marca	Dosis al día	Costo para 1 mes de tratamiento	
			Genérico	Marca
<b>Bupropión</b>	Wellbutrin	75mg tres veces	\$65	\$160
		150mg tres veces	\$175	\$210
		150 mg una vez	\$60	\$85
	Wellbutrin SR	150 mg dos veces	\$115	\$175
		200 mg dos veces	\$230	\$320
	Wellbutrin XL	150mg una vez		\$125
		300 mg una vez	No existe genérico	\$165
		450mg una vez		\$290
<b>Citalopram</b>	Celexa	10mg una vez	\$75	\$90

		20mg una vez	\$75	\$95
		40mg una vez	\$80	\$100
		60mg una vez	\$155	\$195
<b>Duloxetina</b>	Cymbalta	20mg dos veces		\$215
		30mg dos veces	No existe genérico	\$240
		60mg dos veces		\$240
<b>Escitalopram</b>	Lexapro	10mg una vez		\$80
		20mg una vez	No existe genérico	\$85
<b>Fluoxetina</b>	Prozac	10mg una vez	\$80	\$145
		20mg una vez	\$80	\$150
		40mg una vez	\$160	\$295
<b>Fluoxetina</b>	Prozac Weekly	40 mg dos veces	\$320	\$595
		90mg una vez por semana	No existe genérico	\$110
<b>Fluvoxamina</b>	No existe	50mg una vez	\$75	
		100mg una vez	\$80	No existe
		150mg una vez	\$160	
<b>Mirtazapina</b>	Remeron	15mg una vez	\$80	\$105
		30mg una vez	\$85	\$110
		45mg una vez	\$85	\$110
<b>Nefazodona</b>	No existe	50mg dos veces	\$90	
		100mg dos veces	\$90	No existe
		300mg dos veces	\$200	
<b>Paroxetina</b>	Paxil	10mg una vez	\$80	\$95
		20mg una vez	\$80	\$100
		40mg una vez	\$85	\$110
		60mg una vez	\$165	\$210
		50mg una vez	\$85	\$90
<b>Sertalina</b>	Zoloft	100mg una vez	\$85	\$90
		200mg una vez	\$170	\$180
		50mg una vez	\$15	\$70
<b>Trazodona</b>	Desyrel	100mg tres veces	\$65	\$355
		150mg tres veces	\$130	\$305
		37.5mg dos veces		\$135
<b>Venlafaxina</b>	Effexor	50mg dos veces	No existe genérico	\$140
		75mg tres veces		\$220
	Effexor XR	75mg una vez		\$110
		150mg una vez	No existe genérico	\$120
		225mg una vez		\$230

Fuente: Eisenberg Center at Oregon Health & Science University (2009).

Elaboración propia (2023).

**Tabla 3***Costes de la psicoterapia en diferentes regiones del mundo*

<b>País/Región</b>	<b>Coste por sesión</b>	<b>Coste mensual y anual</b>
<b>En Estados Unidos</b>	Entre \$110 y \$200 por sesiones	Al mes puede ser un valor entre \$440 y \$800. Anualmente el coste sería entre \$5280 y \$9600.
<b>En España</b>	Entre los 25€ y 40€ por sesión	Al mes puede ser un gasto entre 100€ y 160€. Anualmente representaría un gasto de 1200€ y 1920€.
<b>En México</b>	Entre 500 hasta 2000 pesos mexicanos	Al mes puede ser un valor entre 1000 y 8000 pesos mexicanos. Anualmente el coste sería entre 12000 y 96000 pesos mexicanos.
<b>En Ecuador</b>	Entre \$15 y \$60 una sesión psicoterapéutica	Mensualmente sería un gasto de entre \$60 y \$240. Anualmente, el valor sería de \$720 y \$2880.

Fuente: Hernández (2012), Peón et al., (2018), Galindo (2022) y Montaña (2020).

Elaboración propia (2023).

**Tabla 4***Costes de los tratamientos neuromodulatorios en Ecuador***Coste de la Estimulación Magnética Transcraneal En Ecuador**

La Estimulación Magnética Transcraneal (EMT) es un procedimiento no invasivo que usa campos magnéticos para estimular las células nerviosas en el cerebro con el objetivo de reducir la sintomatología del trastorno depresivo.

Según la información propuesta por Rosero (2021) en la actualidad este tratamiento supone tener un precio de \$70 por sesión, y dependerá de cada paciente para establecer el número adecuado de sesiones, también de los protocolos utilizados y del especialista.

Fuente: Rosero (2021). Elaboración propia (2023).

**3.1.4 Efectos colaterales de los tratamientos para el Trastorno Depresivo**

En la actualidad la preocupación de los profesionales sanitarios aumenta debido a los efectos colaterales de los psicofármacos en los pacientes que los consumen; de aquí surge una mayor preocupación frente al riesgo de tratar una enfermedad con psicofármacos que tendrán efectos secundarios severos. A causa de lo antes mencionado Pacheco et al., (2010) indican que estos medicamentos provocan una serie de posibles efectos adversos a nivel biológico y comportamental como diabetes, riesgo de suicidio, disfunción sexual, síndrome de discontinuación y metabólico, cardiotoxicidad, discrasias sanguíneas, eutimizantes, síndrome de dependencia, afectación renal y respiratoria, alteraciones dermatológicas, hipertensión, obesidad, pancreatitis y sedación excesiva.

Asimismo, la psicoterapia tiene efectos colaterales, esto es una realidad que la psicología afronta; sin embargo, para Moriana y Gálvez (2020) es importante destacar que algunas técnicas los pueden generar, como las terapias de reparación para recuerdos reprimidos, la debriefing, psicoterapia para el duelo, las intervenciones grupales, la relajación en pacientes proclives al pánico, entre otros. Los efectos adversos de la psicoterapia pueden ser: preocupación, aumento de síntomas, recaídas, mejora ententecida, exacerbación de problemas de conducta, aumento de emociones dolorosas,

riesgo a producir síntomas postraumáticos, ataques de pánico, finalmente, uno de los efectos más contraproducentes es el riesgo a desarrollar dependencia excesiva hacia el terapeuta y sentir estabilidad únicamente en las sesiones terapéuticas.

Finalmente, Ibiricu y Morales (2009) recopilan los efectos adversos de la estimulación magnética transcraneal, tomando en cuenta que el procedimiento no causa dolor y logra estimular las células nerviosas del cerebro que controlan el estado de ánimo y la depresión. Consecuentemente analizan los efectos colaterales de la técnica y concluyen que los más frecuentes son: dolor de cabeza, aturdimiento, incomodidad en la zona de estimulación, sensación de hormigueo y movimientos involuntarios de los músculos faciales; por consiguiente, sintetizan efectos poco frecuentes como: manía en personas diagnosticadas con trastorno bipolar, pérdida de la audición en caso de no usar la protección necesaria, por último, el efecto potencialmente más adverso la epilepsia.

### **3.1.5 Principales modelos causales de los Trastornos Depresivos**

#### **a) Modelo causal genético**

El trastorno depresivo tiene una combinación de factores que influyen para el desarrollo y transcurso de este, uno de ellos es el causal genético, mismo que con el pasar del tiempo ha incrementado el riesgo de morbilidad en familiares de primer grado, progenitores, hijos o hermanos. Según Guadarrama et al., (2006) sintetizan que los cromosomas X, 4, 5, 11, 18 y 21 son los marcadores genéticos más viables para la transferencia de los trastornos depresivos como causa genética, motivo por el cual, los seres humanos poseen la tendencia a heredar rasgos de la personalidad de cualquiera de los progenitores, y por consiguiente, esta vulnerabilidad altera los mecanismos que definen la respuesta ante situaciones de estrés o acontecimientos no comunes.

### **b) Modelo causal neurológico**

A nivel neurológico, los seres humanos poseen un mecanismo que produce los neurotransmisores necesarios para el mantenimiento del estado de ánimo, por lo tanto, el déficit de producción de los mismos conllevan al desarrollo de trastornos depresivos; es por ello que, Guadarrama et al., (2006) mencionan que la serotonina, es la encargada de la conducta, vida sexual y sensación del dolor, de las secreciones endócrinas, del apetito, trabajo cardíaco y ciclo del sueño-vigilia. Mientras, la dopamina es el neurotransmisor catecolaminérgico más importante del Sistema Nervioso Central (SNC), pues se encarga de participar en la regulación de la conducta motora, emotividad, afectividad y comunicación neuroendócrina, esto ocurre porque transmite señales entre neuronas que se conectan para controlar las respuestas motoras, mentales y emocionales.

Finalmente, la norepinefrina es la encargada de estimular la motivación, el estado de alerta y nivel de conciencia, la percepción de los impulsos y neuromodulación de aquellos mecanismos de recompensa, aprendizaje y memoria; estos tres son los neurotransmisores aminérgicos encargados de actuar en las neuronas del SNC, y en caso de existir un déficit funcional de producción de estos, se desarrolla el trastorno depresivo (Guadarrama et al., 2006).

### **c) Modelo causal ambiental**

El trastorno depresivo se caracteriza por las diversas causas que provocan el desarrollo del mismo. El ser humano se encuentra expuesto debido a la vulnerabilidad ante situaciones ambientales a las cuales no tiene las estrategias de afrontamiento necesarias, es por ello que Londoño et al., (2010) enlistan una serie de problemas que influyen en el desencadenamiento de la depresión, estos pueden ser: dificultades relacionadas al grupo primario de convivencia (la familia), ambiente social (amistades o compañeros), ámbito educativo (problemas de aprendizaje y no entendimiento);

asimismo, dificultades laborales y económicos, problemas ambientales y psicosociales como pérdida de un ser querido, rupturas sentimentales, enfermedades que aquejen la vida del paciente o de su familiares, entre otros problemas.

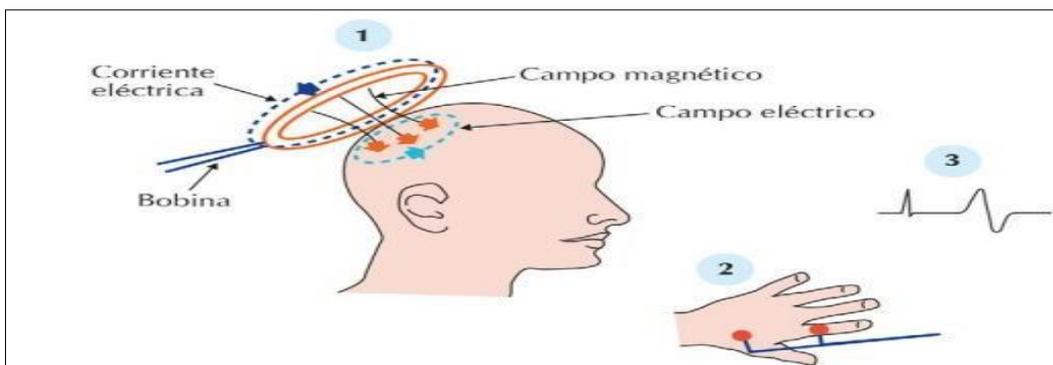
### 3.2. Capítulo II: Principios de funcionamiento de la Estimulación Magnética Transcraneal

Según Tuñez y Pascual-Leone (2014), la EMT es una técnica neurofisiológica que no produce dolor y es no invasiva, la cual sigue los principios fundamentales de inducción electromagnética, donde una corriente eléctrica en la bobina de estimulación genera un campo magnético. En este sentido, la corriente eléctrica en la bobina de estimulación provoca un campo magnético que, a su vez, induce en la corteza cerebral una corriente eléctrica paralela y de sentido inverso con la capacidad de inducir la polarización de la membrana neuronal y su consecuente regulación sináptica.

Previo a dicho proceso, la bobina se sitúa sobre la corteza motora (ver figura 1), activando y registrando una respuesta motora o potencial motor evocado a través de un sistema de electromiografía estándar.

#### Figura 1

*Principios para registro miográfico para identificación de umbrales motores con EMT*



Nota. La figura representa los principios de estimulación magnética transcraneal. Adaptado de Estimulación magnética transcraneal y neuromodulación (p.137), por Tuñez y Pascual, 2014, Elsevier.

Para León y Granadillo (2018) el principio básico en el cual se basa la EMT es el de inducción electromagnética, que fue descubierto por Michel Faraday en 1831, este principio consiste en generar un campo magnético de dos Teslas de intensidad aproximadamente, con 100 microsegundos de duración, el mismo que es generado por una corriente eléctrica que recorre dentro de una bobina, las cuales poseen diferentes formas según el objetivo propuesto. Por otro lado, Gamboa y Varela (2014) mencionan que el principio de inductancia de la estimulación magnética transcraneal permite el traspaso de energía eléctrica a través del cráneo sin ocasionar molestias, pudiendo estimular neuronas localizadas a 2-3 cm de profundidad intra cortical, e incluso alcanzar regiones más profundas por el “efecto cascada”.

### **3.2.1 Procedimiento de aplicación de la EMT**

De acuerdo con León et al., (2018) la EMT puede ser aplicada de la siguiente manera:

- Se procede a colocar una bobina electromagnética sobre el cuero cabelludo. El electroimán emite pulsos magnéticos sobre el cerebro del paciente.
  - Una vez colocada la bobina electromagnética, esta emitirá pulsos intermitentes según el protocolo establecido.
  - En el momento en el que pulso de corriente es conducido por la bobina, se establece un campo magnético que pasa a través del cuero cabelludo y la calota craneal.
  - Dependiendo del tratamiento del paciente se aplica EMT simple o EMT repetitiva.
- (p. 463) (ver figura 2)

**Figura 2***Representación gráfica de la aplicación de EMT*

Nota: Aplicación de EMT en una paciente con una bobina en forma de 8. Adaptado de “Evidencias actuales sobre la estimulación magnética transcraneal y su utilidad potencial en la neurorehabilitación” (p.463), por M, León et al.,2018, Neurología 33(7)

**3.2.2 Teoría de principios de Michael Faraday:**

La teoría electromagnética de Faraday fue desarrollada en 1845, cuando el físico Michael Faraday descubrió que un campo magnético influye sobre un haz de luz polarizada, fenómeno llamado efecto magneto-óptico. A través de aquello consiguió producir una corriente eléctrica a partir de una acción magnética, proceso conocido como inducción electromagnética, que es el método mediante el cual se puede inducir una corriente por medio de un cambio en el campo magnético (Del Mar, 2022).

La Ley de Faraday se basa en los siguientes principios físicos: la generación de una fuerza magnética a partir de una corriente eléctrica y la producción de corriente eléctrica mediante el movimiento de imanes. Faraday demostró que cuando se hacía pasar una corriente eléctrica por una bobina, se generaba otra corriente de muy corta duración en otra bobina cercana. La EMT se basa en este principio ya que, en el proceso, se aplica

una corriente eléctrica a una bobina de estimulación ubicada sobre el cuero cabelludo, lo cual genera campos magnéticos que penetran hasta el cerebro (Riofrío et al., 2015).

### **3.2.3 La EMT como perfeccionamiento de técnicas relacionadas: Terapia electroconvulsiva (TEC)**

Es una terapia de estimulación cerebral que se realiza con anestesia general, en la cual la respuesta terapéutica se logra a través de la generación de un estímulo eléctrico con una intensidad suficiente para producir una crisis convulsiva encefálica controlada, logrando una respuesta neuroquímica positiva que ayuda a reducir los síntomas de trastornos mentales, por lo que se considera una modalidad terapéutica útil para el tratamiento de padecimientos psiquiátricos, tales como depresión, manía, esquizofrenia y otros (Lamas et al., 2020).

Lamas et al., (2020) mencionan que en sus inicios la terapia fue utilizada para el tratamiento de trastornos mentales que no mostraban una buena respuesta a tratamientos farmacológicos o cuando se requería una mejoría rápida de los síntomas. Sin embargo, la aplicación de la técnica reportó significativos efectos secundarios como: taquicardia, pérdida de memoria, cefaleas continuas, dolores musculares, presión alta e incluso la muerte, ya que se administraba en dosis altas de electricidad; además, no permitía tener un control sobre la potencia del estímulo generado, por lo que determinados expertos consideraron que no era una buena opción de tratamiento y su aplicación en algunos países fue prohibida. Los efectos secundarios descritos se convierten en los principales motivos para prohibir el uso la terapia electroconvulsiva.

En respuesta a estos eventos, la EMT representa una versión mejorada de la TEC, en tanto es de carácter no invasivo, práctico, indoloro y seguro, porque no produce efectos adversos de importancia. El único efecto observado son cefaleas leves o moderadas durante las primeras sesiones. Su aplicación reduce de gran manera los síntomas de

determinados tratarnos como: depresión, ansiedad, entre otros, y en la actualidad, su uso es muy recomendado por especialistas ya que es una herramienta terapéutica que puede contribuir a la reorganización funcional cerebral y la recuperación clínica de pacientes con trastornos del sistema nervioso debido a su capacidad de armonizar la excitabilidad del tejido cerebral (Moreno, 2018). En esta línea, una aproximación descriptiva de los siguientes conceptos, permitirán un entendimiento básico de la EMT.

### 3.2.4 Ondas Cerebrales

Una onda cerebral es un impulso eléctrico de bajo voltaje, registrable y cuantificable, que se produce en el cerebro a nivel neuro-sináptico; es decir, cuando las neuronas se comunican entre sí. Éstas poseen diversos tipos de frecuencia, unas pueden ser más rápidas mientras otras lentas y pueden ser detectadas por medio de un electroencefalograma. Las ondas cerebrales son el reflejo directo de la función del sistema nervioso central de los seres humanos, por esta razón, cuando existe un desequilibrio se alteran produciendo malestar e incluso patologías que afectan la calidad de vida (Morales, 2020). Existen varios subtipos que se describen a continuación en la tabla 5.

**Tabla 5**

*Subtipos de ondas cerebral y sus rangos de frecuencia*

Onda cerebral	Definición	Rango de frecuencia	Gráfica EEG
<b>Delta</b>	Son aquellas frecuencias muy lentas, pero que tienen mayor amplitud, predominan durante el sueño y suelen observarse en estados de meditación	1-4 Hz	
<b>Theta</b>	Son las que adquieren presencia cuando los sentidos están procesando información interna, se relacionan con las capacidades imaginativas del individuo, reflexión y sueño.	4-8Hz	

<b>Beta</b>	Son las que guardan relación con los estados de alerta y atención consciente. Al contrario de las thetas estas se producen cuando la persona se encuentra realizando actividades cognitivas externas.	12-35 Hz	
<b>Gamma</b>	Son ondas rápidas y que pueden observarse cuando el cerebro está en estado de alta resolución; es decir tareas que requieren de alto procesamiento cognitivo.	30-100 Hz	

Nota. La tabla muestra cada uno de los subtipos de las ondas cerebrales con su correspondiente rango de frecuencia. Fuente. Morales (2020)

De acuerdo con González (2019) una onda electromagnética es la forma mediante la cual se desliza la radiación electromagnética a través del espacio y se caracterizan por tener dos campos: uno eléctrico y otro magnético. Estas poseen varias características de las cuales se pueden mencionar las siguientes.

- **Frecuencia:** Repetición de una onda en una unidad de tiempo, es el número de veces que se repite la onda por unidad temporal, esta se mide en Hertzios (Hz), que representa la unidad de frecuencia de todo movimiento vibratorio o sea número de veces que se repite la onda por cada segundo.
- **Longitud:** Es la distancia entre dos puntos idénticos de la onda en dos ciclos distintos, la cual puede ir desde miles de kilómetros hasta distancias inferiores al del diámetro del núcleo de un átomo. El rango completo de longitudes de onda es llamado espectro electromagnético. Las unidades para la medición varían desde angstroms, nanómetros hasta metros, dependiendo del tipo de radiación.
- **Amplitud:** Es la distancia vertical entre dos puntos idénticos de la onda, es la propiedad asociada con el brillo o intensidad de la onda. (González, 2019, p. 2)

### 3.2.5 Umbral Motor

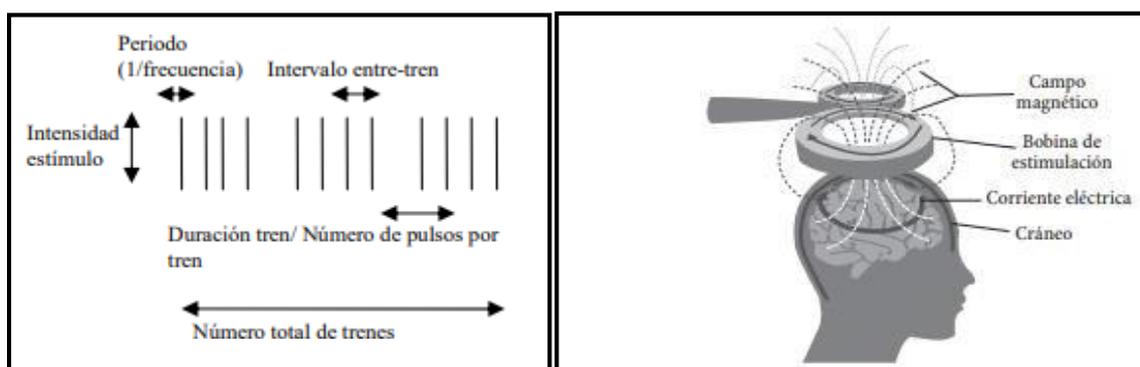
Para Fernández y Cudeiro (2004), el término *Umbral Motor*, se refiere a un método de valoración de la excitabilidad cortical. Es la menor intensidad de la EMT que permite obtener un potencial evocado motor (PME) de un tamaño mínimo (50-100 microvoltios en reposo o 100-200 microvoltios durante la contracción muscular) en por lo menos, 5 veces de 10 consecutivos intentos separados por 5 segundos.

### 3.2.6 Parámetros básicos de un protocolo de aplicación de la EMT

Los parámetros básicos de un protocolo de aplicación de la EMT son: selección de intensidad de cada estímulo, frecuencia de la estimulación, longitud del tren o número de estímulos e intervalo entre trenes sucesivos (Hallett et al. 2000). Igualmente, Hevia et al., (2020) habla sobre la localización de la bobina, intensidad, frecuencia y duración del protocolo determinado. A continuación, la figura 3 presenta una representación gráfica de los parámetros básicos.

**Figura 3**

*Representación gráfica de los parámetros básicos en la aplicación de la EMT*



Nota. Parámetros que posee un proceso de estimulación magnética transcraneal. Adaptado de “Efectos cognitivos y conductuales de la EMT en pacientes psiquiátricos” (p.177), por J. Hevia et al., 2020, Aplicaciones multidisciplinares sobre la cognición y el comportamiento, 1(1).

En relación con los protocolos de estimulación utilizados en la práctica clínica y experimental, Malavera et al., (2004) mencionan al protocolo convencional, que hace alusión a la administración de pulsos únicos que se repiten regularmente a una frecuencia

alta ( $> 1\text{Hz}$ ) o baja ( $<1\text{ Hz}$ ). Mientras que el segundo es la estimulación *Theta Burst*, el mismo que se encuentra conformado por una serie de impulsos de alta frecuencia (tres pulsos a  $50\text{ Hz}$ ), los cuales se repiten en intervalos de  $200\text{ms}$  ( $5\text{ Hz}$  en el ritmo theta del electroencefalograma), que puede ser ejecutado en trenes continuos (pulsos Theta Burst de manera ininterrumpida en corto tiempo) o intermitentes (trenes de  $2\text{s}$  de Theta Burst repetidos durante  $10\text{s}$ ).

### **3.2.7 Pulso simple o único, pareado y repetitivo**

La EMT de pulso único genera un campo magnético inducido que produce a su vez una corriente eléctrica sobre una o varias áreas en la corteza cerebral, lo cual ocasiona una despolarización que activa dicha área cortical. Además, se utiliza para evaluar el umbral neural, que es la cantidad mínima de estimulación que se requiere para dar una respuesta neural; dicho umbral se obtiene a nivel de cualquier región de la corteza cerebral y es modulado por canales de sodio dependientes de voltaje (Jiménez, 2017).

El pulso pareado consiste en aplicar dos estímulos magnéticos de forma consecutiva de igual o de distinta intensidad sobre un área o diferentes áreas corticales procedente de la misma bobina y separados por un intervalo interestímulo (IIE) de tiempo variable. El primer estímulo se conoce como condicionante (sub-umbral) y el segundo es el condicionado (supraumbral). El estímulo condicionante actúa sobre las redes interneuronales excitatorias e inhibitoras y a su vez en las neuronas piramidales. La técnica permite valorar la excitabilidad intra y corticocortical, además de la integridad de la conectividad interhemisférica y el tiempo de conducción transcalloso (Jiménez, 2017).

La estimulación repetitiva o EMTr, implica activar varios pulsos en una sucesión rápida; es decir, trenes de estímulos considerando determinadas características como: modulación total de estímulos, número de estímulos por trenes, frecuencia de

estimulación, intensidad e intervalo entre trenes. La EMTr puede ser aplicada a baja (<1Hz) o alta frecuencia (>1Hz) durante tiempos cortos, generando cambios en la excitabilidad de la corteza cerebral más duraderos en el tiempo (Jiménez, 2017).

Finalmente, el ya mencionado, protocolo Theta Burst (TBS) consiste en estimular el cerebro a partir de trenes de pulsos repetitivos de alta o baja frecuencia. La estimulación permite inducir cambios plásticos con protocolos de duración más rápido en comparación con la EMTr. El elemento básico del protocolo son 3 pulsos de estimulación a 50 Hz cada 200 ms. Es preciso indicar que dentro Theta Burst existen dos patrones, el primero es el TBS intermitente (iTBS), este se repite en un tren de 2s de estimulación en ráfagas cada 10 s hasta un total de 190s (600 pulsos), mientras que el paradigma de estimulación TBS continua (cTBS), se da un tren de 40s de TBS ininterrumpida (600 pulsos) (Tuñez y Pascual, 2014).

El protocolo Theta Burst tiene algunas ventajas prácticas para su aplicación, debido a su duración más corta y mejor tolerancia; sin embargo, dada la mayor frecuencia de estimulación existe la posibilidad de que se presenten potenciales crisis convulsivas (Tuñez y Pascual, 2014). Es importante mencionar que, se han identificado en animales y en humanos, cambios neuronales de larga duración inducidos por la estimulación bajo protocolo TBS. Este tipo de estimulación puede llegar a ser más eficaz que las formas más antiguas de estimulación en el tratamiento de trastornos neurológicos y psiquiátricos (Jiménez, 2017).

### **3.2.8 ¿Qué es un tren de pulsaciones?**

Para Garzón (2013) el tren de pulsaciones consiste en una serie delimitada de pulsos consecutivos, que se repite por intervalos de tiempos fijos y se encuentra caracterizado por su amplitud y el periodo o duración del mismo. En este sentido, un tren de pulsos aplicado a una determinada zona del cerebro puede variar de 1 a 20 pulsaciones

por segundo, se le conoce como estimulación magnética transcraneal repetitiva (EMTr) y representa el tipo de protocolo mayormente utilizado en la práctica clínica y experimental por sus efectos terapéuticos a largo plazo.

### **3.2.9 ¿Qué es un intervalo entre trenes de pulsaciones?**

Un intervalo entre trenes de pulsaciones es considerado como el tiempo que separa un tren de pulsos de otro, que normalmente son conocidos como tiempo interestímulo (ISI en sus siglas en inglés), normalmente suelen durar entre 20 a 30 segundos. Además, el intervalo entre trenes es uno de los parámetros básicos a tener en cuenta en la EMT, tanto por sus efectos en la corteza, como por aspectos de seguridad (Ortíz et al., 2021).

### **3.2.10 Parámetros generales de protocolos validados de neuromodulación no invasiva con EMT para la depresión**

Aunque los parámetros para establecer un protocolo farmacológico de acción para el tratamiento de la depresión considera situaciones clínicas concretas, efectos secundarios, interacciones, comorbilidades, contraindicaciones, tiempo esperado de respuesta, beneficios del fármaco; sin embargo en la actualidad, la evidencia sobre la eficacia de un fármaco sobre otro permanece escasa, todo depende de la respuesta del paciente; por tal razón se sugieren los inhibidores de la recaptación de serotonina-norepinefrina (ISRN), que son fármacos de primera línea aprobados por la Federación para la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) (Álvarez et al., 2018).

El protocolo estándar de la EMT aprobado por la FDA contiene los siguientes parámetros: cada sesión dura aproximadamente 30 minutos, con un número total de sesiones de 20 a 30 (de acuerdo a la evolución clínica); los trenes de pulsaciones aproximados sugeridos para problemas de depresión son 75 con 40 pulsos, los cuales se aplican cada 4 segundos y con un periodo de descanso o intervalo de 26 segundos; es decir, 3000 pulsos por sesión. Mientras que la frecuencia de cada pulso es de 10 Hertz.

La región donde se ubica la bobina es la corteza prefrontal dorsolateral izquierda a una intensidad de 120% umbral motor; además, el tipo de bobina utilizado es la de tipo mariposa o *figura 8* (Álvarez et al., 2018). A continuación, en la figura 4 se muestra una gráfica:

**Figura 4**

*Placebo bobina tipo mariposa*



Nota. La figura muestra la representación gráfica de una bobina tipo Mariposa. Adaptado de *Placebo bobina mariposa*, por Equipos Médicos AB, 2022, A y B Medica <https://aybmedica.com/producto/mcf-p-b65-placebo-bobina-mariposa/>

Es necesario resaltar que el protocolo aprobado por la FDA se basa en un estudio realizado por O'Reardon et al., (2007) quien en su investigación aplicó el protocolo descrito a 155 pacientes que padecían de depresión mayor que no habían experimentado resultados positivos por medio de tratamientos farmacológicos. Los resultados obtenidos evidenciaron mejorías significativas después de la EMTr.

### **3.3. Capítulo III: Antecedentes sobre la aplicación de la EMT.**

Mediante la revisión de diferentes ensayos clínicos aleatorizados que han puesto a prueba la estimulación magnética transcranial como tratamiento alternativo en

pacientes depresivos, se pretende demostrar los beneficios y las limitaciones del tratamiento. Se seleccionaron 10 ensayos, de los cuales 8 tienen resultados favorables ante el tratamiento de EMT, mismos que se mencionan a continuación.

González et al., (2013) realizó estudios en la Unidad de Investigación del INPRF de la Universidad Nacional Autónoma de México, con una muestra de 18 pacientes con depresión mayor de entre 19-35 años, los cuales no debían tener registros de crisis convulsivas, marcapaso metálico/magnético o enfermedad cerebral. Los pacientes fueron asignados a dos grupos de tratamiento, 9 en cada uno: el grupo A recibió ETMr + escitalopram de 10 mg, y el grupo B, recibió EMTr + placebo. A los dos grupos se aplicó EMTr a 5Hz en una sesión diaria por 15 días, a 100% de intensidad del umbral motor sobre la corteza prefrontal dorsolateral izquierda. Se emplearon 30 trenes de 10 segundos cada uno, con intervalos intertrenes de 10 segundos.

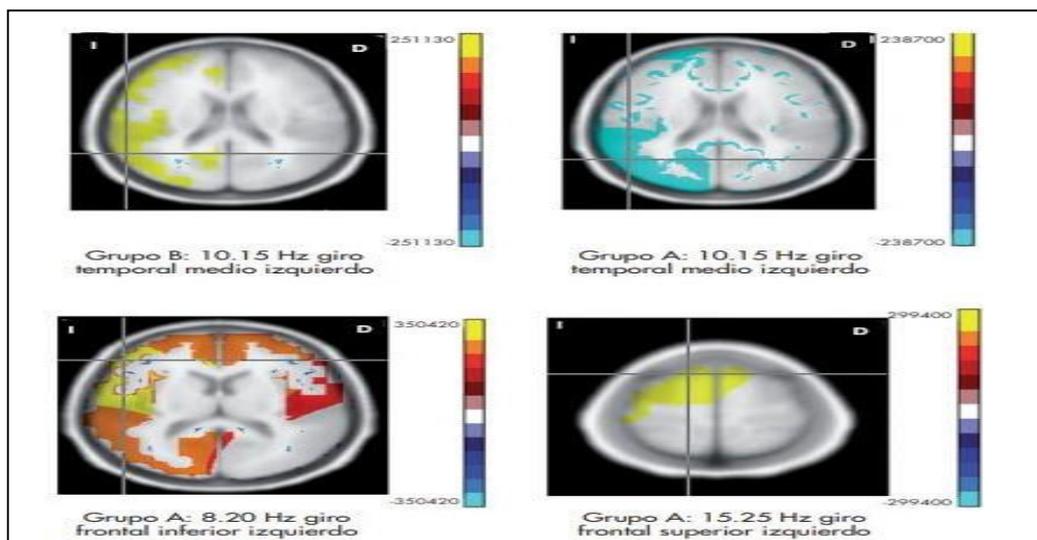
Además, González et al., (2013) en su estudio también emplearon dos electroencefalogramas (EEG) pre y post tratamiento mediante un análisis de banda estrecha y evaluaciones clinimétricas con la escala de Depresión de Hamilton-HDRS e Inventario de Beck. Los resultados indicaron que todo el grupo A y ocho integrantes del grupo B respondieron significativamente a la EMTr, misma que redujo más del 50% de la sintomatología según el HDRS. En el registro de EEG inicial, se determinaron diferencias significativas entre los grupos en frecuencias particulares en cada una de las cuatro bandas clásicas; sin embargo, hubo un conjunto de frecuencias consecutivas en cada una, en las que no se encontraron diferencias relevantes en ambos grupos (5.86 a 10.16, 13.6Hz a 10Hz, 14.86Hz a 16Hz y de 18.8Hz a 19.14Hz).

En el registro EEG de post tratamiento, se identificó un efecto en el grupo B (ver figura 1) donde existió un aumento en la PA (potencia absoluta) de 9.30 a 10.16 Hz, en

regiones temporales y giro poscentral izquierdo, mientras que en el grupo A hubo una disminución en dichas regiones. Se concluye que el incremento en la banda alfa es característico de la EMTr a 5Hz, que puede verse reducido por efecto del escitalopram. El grupo A tuvo incrementos en fuentes del EEG de la banda beta como posible efecto del fármaco antidepresivo (González et al., 2013).

### Figura 5

*Imágenes de los cambios observados en las fuentes del EEG pre-post tratamiento*



**Nota.** Resultados obtenidos de los exámenes de Electroencefalograma. Tomado de “Análisis de fuentes del EEG en pacientes tratados con ETM a 5 Hz como tratamiento antidepresivo” (p.239), J, González et al., 2013, Salud Mental,36(3).

Por su parte, Fitzgerald et al., (2018) en su investigación realizada en la Escuela Clínica Central de la Universidad Alfred and Monash de Australia, trabajó con una muestra de 119 pacientes con diagnóstico de depresión mayor entre 18 y 60 años. Para evaluar la efectividad del tratamiento se utilizó la Escala de depresión de Montgomery-Asberg (MADRS) al inicio y final de las semanas 1,2,3,4 y 8 respectivamente. Los pacientes mantuvieron el consumo de medicinas durante el tratamiento. La estimulación consistió en dos tratamientos: ETMr acelerado (60 personas) que consiste en tres sesiones por semana donde se suministró 83, 83 y 84 trenes respectivamente de 10 Hz a la corteza dorsolateral prefrontal (DLPFC) izquierda.

Además, los autores aplicaron trenes de 4,2 segundos al 120 % del umbral motor en reposo con un intervalo entre trenes de 15 s (10 500 pulsos por día, 63 000 pulsos en total). Y el protocolo estándar (59 personas) de 20 sesiones; 1 diaria/5 días a la semana, durante 4 semanas. Cada tratamiento constó de 75 trenes a 10 Hz sobre la DLPFC izquierda. Se emplearon trenes de 4.2 s al 120% del umbral motor en reposo con un intervalo entre trenes de 25 s (3150 pulsos por día, 63,000 pulsos en total) (Fitzgerald et al., 2018).

Los resultados revelan que no existieron diferencias significativas en las tasas de remisión o respuesta en ninguno de los grupos; hubo reducciones importantes en las puntuaciones de MADRS en el grupo de aceleración desde el inicio hasta la semana 1 ( $p < 0,001$ ), semana 1 a semana 2 ( $p < 0,05$ ), pero no en los otros puntos temporales. Para el grupo estándar, las reducciones entre evaluaciones fueron significativamente diferentes desde el inicio hasta la semana 1 ( $p < 0,001$ ) y en las semanas 3-4 ( $p < 0,01$ ) (Fitzgerald et al., 2018).

También se definió que no existió deterioro en el rendimiento cognitivo en ninguna prueba de los grupos; y pocos pacientes presentaron efectos secundarios temporales durante las primeras sesiones como dolor de cabeza y molestias. Los autores concluyen que, el tratamiento acelerado presenta una mayor tasa de molestias, aunque tiene efectos antidepresivos significativos en pacientes ambulatorios con una reducción  $> 50\%$  en las puntuaciones de la escala de calificación de depresión de Hamilton (HDRS) y (MADRS) (Fitzgerald et al.,2018).

En complemento, Ullrich et al., (2013) realizaron un estudio en el Instituto Central de Salud Mental de la University Heidelberg; la muestra para el ensayo clínico fue de 43 pacientes con diagnóstico de depresión con 20 puntos mínimos en la escala de HDRS, sus

edades fueron 18 -75 años. El tratamiento se basó en dos grupos (n=26 y n=17), el grupo UHF (frecuencia ultra alta) activo recibió rEMT a 30 Hz sobre la corteza prefrontal dorsolateral izquierda, en 20 trenes de 3 segundos con intervalo entre trenes de 57 segundos; lo que resulta en 1.800 pulsos por sesión.

Mientras que el grupo LF (low frequency o baja frecuencia) recibió EMTr a 1 Hz del lado izquierdo en 11 trenes de 90 segundos con intervalos de 30 segundos, que significa 990 pulsos por sesión. El tratamiento fue aplicado durante 3 semanas. Cabe destacar que, durante el estudio, los pacientes recibieron un tratamiento antidepresivo estándar con venlafaxina o mirtazapina., y adicional al tratamiento, se permitió litio a las 4 semanas antes de la inclusión de lorazepam hasta 1,5 mg/día. También se realizaron evaluaciones pre y post tratamiento para conocer la puntuación de depresión según la escala de Hamilton (HDRS), inventario de Beck (BDI) y el rendimiento cognitivo (Ullrich et al.,2013).

Los resultados mostraron una puntuación de la Escala de depresión de Hamilton (HDRS) de 30.4 en el grupo UHF (ultra high frequency o frecuencia ultra alta) y la calificación de 32, 0 en el BDI al inicio del estudio, mientras que, en el grupo LF, la nota del HDRS fue de 28,2, mientras la del Inventario de depresión de Beck (BDI) fue de 29,0. En el grupo UHF activo, la calificación de HRDS disminuyó alrededor de 7,2, mientras que en el otro grupo mostró una reducción menor con 3,9. Otro dato a resaltar es que la administración de litio en un grupo fue responsable de la diferencia de resultados y el grupo UHF no se vio influenciado por la ingesta de litio durante el tratamiento (Ullrich et al.,2013).

Los autores concluyeron que, la EMTr prefrontal izquierda a 30 Hz en pacientes deprimidos parece segura y sin efectos adversos; sin embargo, no se logró demostrar

efectos antidepressivos favorables de la estimulación UHF versus EMTr simulada debido al efecto del litio, aunque se identificó una mejora en el rendimiento de la velocidad de procesamiento en el grupo UHF (Ullrich et al.,2013).

Así también, García (2013) en su estudio realizado en la División de Servicios Clínicos del Instituto Nacional de Psiquiatría de México, trabajó con una muestra de 20 pacientes diagnosticados con depresión mayor según los criterios del DSM-IV, cuyas edades oscilaban entre 19 y 26 años. Para la aplicación del procedimiento los sujetos fueron asignados de la siguiente manera: grupo 1 (10 personas) recibió EMTr sobre CPFDL izquierda a 5Hz (30 trenes de 10 segundos de duración; 22500 pulsos por sesión) y grupo 2 (10 pacientes) a 1 HZ sobre la corteza contralateral (1 tren de 15 min de duración, 900 pulsos por sesión) se empleó al 100% del umbral motor.

Se administró una sesión diaria de lunes a viernes hasta lograr 15 sesiones. También se realizaron estudios de electroencefalograma (basal y final) pre y postratamiento. Además, emplearon evaluaciones clinimétricas en base a la escala de Hamilton de Depresión y Ansiedad, escala de Depresión de Montgomery-Asberg y el Inventario de Beck. Los resultados del ensayo pusieron de manifiesto que, los pacientes de los dos grupos tuvieron una respuesta significativa a la EMT, disminuyendo en más del 50% la sintomatología según las evaluaciones por clinimetría, reportando un leve dolor de cabeza y adormecimiento facial en las primeras sesiones (García, 2013).

En cuanto al registro de EEG previo a la EMTr, se comprobó diferencias considerables en los dos grupos en frecuencias particulares de cada banda clásica; mientras que en el EEG postratamiento, en el grupo de estimulación derecha a 1 Hz, existió una disminución en los valores Z de banda estrecha alfa y beta, específicamente en regiones fronto-centro-temporales; aunque en menor proporción (García, 2013).

En el grupo de estimulación izquierda a 5 Hz, se identificaron incrementos significativos post EMTr, predominantemente en las bandas beta y alfa en las regiones mencionadas. El autor concluye que la administración de 15 sesiones de EMTr en los dos tratamientos puede lograr resultados positivos contra la depresión y uno de los efectos duraderos de la EMTr es la reorganización de los circuitos neuronales de la depresión (García, 2013).

Del mismo modo, Fitzgerald et al., (2013) en su investigación realizada en el Comité de Ética e Investigación Humana del Hospital Alfred en Australia a 50 pacientes que obtuvieron más de 20 puntos según la escala de Montgomery. El tratamiento fue de 6 semanas, dos grupos participaron: el grupo activo; compuesto por EMTr de baja frecuencia sobre la corteza prefrontal derecha a 1 Hz, recibió tres trenes de 140 segundos de duración con un intervalo de 30 segundos entre trenes acompañado de un umbral motor en reposo de 110%; y la EMTr de alta frecuencia del lado izquierdo a 10 Hz tuvo 15 trenes de 5 segundos con un intervalo entre trenes de 25 segundo junto con 100% de umbral motor.

Dentro del ensayo se efectuaron evaluaciones mediante la Escala Montgomery-Asberg-MADRS, Escala de Hamilton (HAMD) e Inventario de Depresión de Beck (BDI). Los resultados demostraron que, en las primeras 2 semanas hubo una mejora media en la MADRS de 7,7 (DE=7,1) en el grupo activo y de 3,2 (DE=7,7) en el grupo simulado ( $F=25,5$ ,  $df=1, 25$ ,  $p<0,001$ ). Existió una respuesta mayor a la estimulación activa que a la simulada a las 2 semanas y durante todo el estudio (Fitzgerald et al., 2013).

Una proporción relevante de pacientes del grupo activo cumplió con los criterios de respuesta (11 de 25 [44 %]) o remisión (9 de 25 [36 %]) al final del estudio en comparación con el grupo de simulación (2 de 25 [8 %] y ninguno de 25 respectivamente).

Las puntuaciones de HAM-D desde el inicio hasta el final del estudio, indican que hubo una mejora significativa mayor en el grupo activo (media = 45,2 %, SD = 40,1 %) frente al grupo simulado (media = 5,4 %, SD = 23,1 %) ( $t = 4,3$ ,  $df = 38,4$ ,  $p < 0,001$ ). Trece pacientes (52 %) en el grupo activo y dos pacientes (8 %) en el grupo simulado experimentaron una reducción  $>50$  % en las puntuaciones de HAM-D ( $\chi^2 = 11,5$ ,  $df=1$ ,  $p=0,001$ ). Diez pacientes (40 %) del grupo activo cumplieron los criterios de remisión de la HAM-D ( $<8$ ) al final del estudio (Fitzgerald et al., 2013).

Los autores concluyeron que, la aplicación secuencial de EMTr de alta frecuencia y baja frecuencia en la corteza prefrontal derecha e izquierda tiene una eficacia importante en el tratamiento de pacientes con depresión. La respuesta al tratamiento es significativa durante 4 a 6 semanas de estimulación activa. Por su parte, la investigación Zhang et al., (2021) efectuada en el Laboratorio de Salud Mental de la Universidad de Pekín, analizó a 221 pacientes con edades de 18-65 años y 20 puntos de la Escala de Hamilton.

Las personas fueron asignadas a cuatro grupos de tratamiento, el grupo 1 (55 personas): 10 Hz en la corteza prefrontal dorsolateral izquierda (DLPFC) con bobina en forma de ocho; grupo 2 (n=53): 5 Hz en la DLPFC izquierda con bobina con forma de ocho; grupo 3 (n=57) 10 Hz en DLPFC bilateral con bobina redondo; y grupo 4 (n=56): 5 Hz en DLPFC bilateral con bobina redonda (Zhang et al., 2021).

El tratamiento fue administrado a una intensidad de 100% del umbral motor en reposo; con intervalos de estímulos de 5 segundos cada uno y aplicado diariamente durante 6 a 12 semanas. La sesión duró 30 min y cada minuto incluyó 4 s de estimulación activa y 56 s de descanso. Además, se realizaron evaluaciones al inicio del estudio y cada semana después del tratamiento mediante la escala de Hamilton-HDRS y Escala de Impresiones Clínicas Globales (CGI) (Zhang et al., 2021).

Los resultados del estudio manifestaron, las puntuaciones HDRS disminuyeron significativamente desde el inicio del tratamiento hasta el final del mismo. La totalidad de participantes lograron una disminución en la puntuación HDRS a las 6 y 12 semanas con un 56,5 y 59,7 %, respectivamente, en comparación con el valor inicial. Las puntuaciones CGI también disminuyeron en comparación con la línea de base, ya que, de los 221 participantes, la puntuación CGI a las 6 y 12 semanas se redujo en un 48,3 % y 49,8 %, respectivamente, en comparación con el valor inicial (Zhang et al., 2021).

La rEMT fue bien tolerada y con efectos secundarios leves y pasajeros (dolor corporal, de cabeza, muelas, mareos y entumecimiento en el cuero cabelludo). Los autores concluyeron que no existieron diferencias estadísticas en la eficacia de la rEMT entre DLPFC unilateral izquierdo y bilateral entre 5 y 10 Hz para el tratamiento de depresión mayor (Zhang et al., 2021).

Del mismo modo, Levkovitz et al., (2015) en el Centro de Salud Mental Shalvata de la Universidad de Tel Aviv, Israel, trabajó con una muestra de 212 pacientes ambulatorios con diagnóstico de depresión mayor, 22 años y que no tuvieron éxito en ensayos con antidepresivos. Los pacientes fueron asignados a dos grupos de tratamiento: EMTr activa o simulada, a los cuales se aplicaron veinte sesiones de estimulación a 18Hz sobre la corteza prefrontal durante 4 semanas de forma aguda y después cada dos semanas/12 semanas.

El tratamiento fue aplicado a dos grupos: la EMTr recibió 18 Hz a una potencia de 120 % del umbral motor. Cada repetición consistió en trenes de pulsos de 2 segundos separados por intervalos entre trenes de 20 segundos. Los pacientes obtuvieron 55 trenes en cada sesión, para un total de 1980 pulsos por sesión. Cada sesión duró unos 30 minutos. Mientras al grupo simulado aplicaron los mismos parámetros. Las sesiones fueron

aplicadas sobre la corteza prefrontal dorsolateral (DLPFC) izquierda (Levkovitz et al., 2015).

La eficacia de los tratamientos fue valorada mediante la escala Hamilton (HDRS-21) y las tasas de respuesta/remisión en la semana 5. La EMTr activa tuvo una mejora de 6,39 puntos en la escala de HDRS-21, mientras que en el grupo simulado 3,28 puntos ( $p=0,008$ ). Las tasas de respuesta y remisión fueron mayores en el grupo activo frente al simulado (respuesta: 38,4 frente a 21,4 %,  $p=0,013$ ; remisión: 32,6 frente a 14,6 %,  $p=0,005$ ). Las diferencias entre el tratamiento activo y simulado se mantuvieron durante las 12 semanas. En conclusión, la EMTr se encuentra asociada con un número mínimo de efectos secundarios, siendo una intervención novedosa en la depresión mayor que tiene resultados significativos (Levkovitz et al., 2015).

El estudio de Fitzgerald et al., (2013) por su parte puso a prueba la eficacia de la EMT de lado izquierdo de alta frecuencia o high frequency left side (HFL-EMT) y la del lado derecho de baja frecuencia o low frequency right side (LFR-EMT) de personas jóvenes con depresión resistente a fármacos y compararlas con un grupo de control simulado. La muestra fue 60 personas, divididos en tres grupos de 20, según los tratamientos activos (HFL-EMT y LFR-EMT) y el grupo simulado.

Los pacientes fueron reclutados de los departamentos ambulatorios Alfred Psychiatry, Melbourne y Dandenong Area Mental Health Service, Dandenong, Australia. Las evaluaciones utilizadas fueron la Escala de Valoración de Depresión de Montgomery-Åsberg (MADRS) (puntuación media  $\pm$  SD,  $36,5 \pm 7,9$ ), donde todos los pacientes presentaron una puntuación elevada a 20. Las intervenciones fueron: 20 trenes de HFL-EMT de 5 segundos a 10 Hz y 5 trenes LFR-EMT de 60 segundos a 1 Hz. Mientras que el grupo de simulación se desarrolló con la espiral a un Angulo de  $45^\circ$ , iniciando desde el

cuero cabelludo y descansando en el costado de un ala de la espiral (Fitzgerald et al., 2013).

Se efectuaron 10 sesiones a los pacientes en los primeros 5 días, se evaluó nuevamente la escala de valoración MADRS y se determinó que 11 pacientes del grupo simulado no presentaron avances, por lo cual fueron asignados al azar a grupos de tratamiento activo por 10 sesiones en la siguiente semana. Después de las evaluaciones realizadas se determinó que existen diferencias significativas entre los 3 grupos (Fitzgerald et al., 2013).

Los grupos de tratamiento HFL- EMT y LFR- EMT presentaron diferencias significativas para el grupo simulado con un valor  $p < 0.005$  para ambos, pero no entre ellos; por lo tanto, la conclusión de los investigadores es, que tanto HFL- EMT y LFR- EMT poseen eficacia al tratamiento de depresión resistente a la medicación. De igual manera, recomiendan que con una base de 4 semanas en las intervenciones establecidas se obtienen mejores resultados (Fitzgerald et al., 2013).

Una vez referenciado los ensayos clínicos aleatorizados que reflejaron valores positivos en la aplicación de la estimulación magnética transcraneal como técnica alternativa al tratamiento de personas con depresión resistentes a fármacos, se citan aquellos estudios cuyos resultados revelan poca eficiencia en la aplicación de EMT a pacientes con problemas depresivos.

Höppner et al., (2013) por ejemplo, realizó en el Departamento de Psiquiatría y Psicoterapia de la Universidad de Rostock, Alemania, un estudio con 30 pacientes depresivos, los cuales tenían edades de 18 años en adelante. Se excluyeron los pacientes con otras enfermedades médicas importantes. Todos recibieron un medicamento

antidepresivo en una dosis constante durante dos semanas antes y durante el período de estimulación. Para la aplicación del tratamiento se dividieron los pacientes en tres grupos:

- rEMT de alta frecuencia sobre la corteza prefrontal dorsolateral izquierda (LDLPFC recibieron 20 trenes de 20 Hz de 2 segundos con un intervalo entre trenes de 60 segundos acompañado de 90% de umbral motor (ST).
- rEMT de baja frecuencia sobre la corteza prefrontal dorsolateral derecha (RDLPFC) tuvo dos trenes de 1 Hz de 60 segundos con un intervalo entre trenes de 3 minutos sobre la corteza en conjunto de un umbral motor de 110%.
- Estimulación simulada, donde se aplicaron las mismas condiciones que la rEMT de 20 Hz, excepto que la bobina fue colocada a un ángulo de 90° en relación con la cabeza y el borde exterior permaneció en contacto con el cuero cabelludo. Cabe mencionar que 10 pacientes pertenecen a cada grupo, el tratamiento dura de 10 de 12 días (2 semanas con cinco sesiones cada semana) y la estimulación simulada es un procedimiento adicional a los 10 días.

Dentro del ensayo se realizaron estudios mediante la Escala de Hamilton – HDRS, Inventario de depresión de Beck – BDI, Escala de Agitación y Retraso Motor y Prueba de Atención d2. Los resultados fueron que, solo una paciente del grupo EMTr de 20 Hz abandonó el procedimiento al séptimo día por dolor de cabeza y poca eficacia. Se identificaron reducciones importantes de la puntuación BDI inicial versus la postratamiento en los tres grupos de estimulación: grupo a 20 Hz en día cinco ( $t = 3,38$ ;  $p = 0,008$ ) y final del tratamiento ( $t = 3,22$ ;  $p = 0,011$ ); grupo de 1 Hz en día cinco ( $t=2,41$ ;  $p = 0,039$ ) y final del tratamiento ( $t=2,59$ ;  $p=0,029$ ), mientras que en el grupo simulado solo al final del tratamiento ( $t= 3,67$ ;  $p=0,005$ ) (Höppner et al., 2013).

Los autores concluyeron que, el tratamiento demostró una mejora  $\geq 50\%$  entre las puntuaciones iniciales (HDRS, BDI) y posteriores; no se evidenciaron diferencias entre los procedimientos de rEMT con respecto a la sintomatología; las anomalías motoras mejoraron significativamente luego de los procedimientos de estimulación real. Los pacientes con déficits menos severos en velocidad psicomotora y concentración tuvieron mejor respuesta que los con déficits severos (Höppner et al., 2013).

El estudio de McGirr et al., (2021) en dos centros académicos de la Universidad de Columbia Británica y Calgary, evaluó a 37 pacientes de 20 años, diagnosticados con depresión bipolar, dividiendo la muestra en dos grupos, 19 para la estimulación magnética transcraneal intermitente Theta Burst simulada (iTBS) y 18 para la iTBS activa dirigida a la corteza prefrontal dorsolateral izquierda. Los grupos fueron sometidos a un tratamiento, cuyo protocolo de aplicación fue de: 600 pulsos por sesión, aplicados en tres trenes a 50 Hz repetidos en 5 Hz, donde 2 segundos estaba encendido y 8 pagados, con un 120% del umbral motor, durante 4 semanas.

Los instrumentos de medición antes del tratamiento fueron Escala Montgomery-Asberg (MADRS), de Hamilton y Young Mania Rating Scale (YMRS), cuyos resultados son: 32.97 (4.19), 22.10 (3.84) y 2.29 (1.79) respectivamente. Los participantes seguían un régimen farmacológico de un estabilizador de ánimo (litio  $>0,6$  mEq/L) y antipsicótico atípico. Los resultados del ensayo culminaron por futilidad, no se obtuvieron diferencias significativas con respecto a la escala de MADRS, donde se obtuvo 32.57 (4.00) para grupo simulado y 33.38 (4.46) a favor del activo. Mientras que la escala de Hamilton fue 21.63 (4.11) simulado y 22.61 (3.58) activo e YMRS fueron 2.11 (1.41) simulado y 2.05 (1.68) (McGirr et al., 2021).

Los resultados de las evaluaciones demuestran que no hay diferencias significativas. La tasa de respuesta clínica ante la estimulación intermitente theta-burst (iTBS) fue baja en la fase doble ciego, donde 3 de 19 participantes del grupo simulado presentaron resultados favorables; de igual manera sucede con grupo de iTBS activo. Además, un participante presentó hipomanía y cambio de estado de ánimo. Por lo tanto, se concluye que el tratamiento de la iTBS dirigido a la corteza prefrontal dorsolateral izquierda, no es eficaz en pacientes con depresión bipolar aguda, que ingieren estabilizadores de ánimo (McGirr et al., 2021).

### **3.4. Capítulo IV: Inferencias y recomendaciones sobre la aplicación de la EMT**

#### **3.4.1 Discusión**

A continuación, en la tabla 6 se muestra de manera sintetizada, la estructura y parámetros de los protocolos de EMT más utilizados en el tratamiento para la depresión.

**Tabla 6***Protocolos de EMT como tratamiento para la depresión*

<b>Estudio</b>	<b>Muestra</b>	<b>Parámetros de estimulación</b>	<b>Reactivos de evaluación</b>	<b>Resultados</b>
Chen et al., (2022)  <b>Realizado en:</b> Hospital Popular de Nantong en China	N= 136 EMTr bilateral (n=68) Estimulación (n=68)	<b>EMTr combinada con psicofármacos</b> <b>Numero de sesiones:</b> 15 sesiones <b>Área de estimulación:</b> DLPFC bilateral <b>Frecuencia:</b> 10 Hz (Excitatorio) <b>MT:</b> 90% <b>Trenes de pulso:</b> 10 pulsos por cada tren <b>Intervalo entre trenes:</b> 5 segundos <b>Pulsos totales por sesión:</b> Sin total	Escala de depresión de Hamilton  Prueba de hormona adrenocorticotrópica (ACTH) Prueba de cortisol sérico (COR)	HAMD Hubo una diferencia significativa en la puntuación total en los dos grupos al final de las 4 semanas posteriores al tratamiento ( $p < 0,05$ ). ACTH y COR Hubo una disminución de los niveles sanguíneos desde el inicio hasta después de la intervención a las 4 semanas, es decir, mejoro el sueño.
Avey et al., (2013)  <b>Realizado en:</b> Universidad de Washington	N=40 ETMr activa (n=40) Grupo simulado (n=40)	<b>Numero de sesiones:</b> 15 sesiones <b>Área de estimulación:</b> DLPFC izquierda <b>Frecuencia:</b> 10 Hz (Excitatorio) <b>MT:</b> 110% <b>Trenes de pulso:</b> 25 pulsos por tren (32 total) <b>Intervalo entre trenes:</b> 5 segundos <b>Pulsos totales por sesión:</b> Sin total	Escala de depresión de Hamilton Inventario de depresión Beck	HDRS y BDI Las puntuaciones HDRS mostraron una disminución significativamente mayor ( $p < 0,002$ ) con el tiempo en el grupo de EMT en comparación con el grupo simulado.

<p>Martínez et al., (2021)</p> <p><b>Realizado en:</b> República Dominicana</p>	<p>N= 1 paciente mujer con diagnosticó de depresión</p>	<p><b>EMTr mas Fluoxetina 20 mg/día</b> <b>Numero de sesiones:</b> 30 sesiones <b>Área de estimulación:</b> DLPFC derecho <b>Frecuencia:</b> 1 Hz (Inhibitorio) <b>MT:</b> 120% <b>Trenes de pulso:</b> 3000 pulso un solo tren <b>Intervalo entre trenes:</b> Sin intervalo <b>Pulsos totales por sesión:</b> 3000 pulsos</p>	<p>Escala de depresión Hamilton</p>	<p><b>HAMD-17</b> La paciente tuvo una puntuación en la escala de 7, lo que significa que se encuentra eutímica; es decir en un estado normal, ya que tuvo una remisión completa de la depresión</p>
<p>González et al., (2013)</p> <p><b>Realizado en:</b> Universidad Nacional Autónoma de México</p>	<p>N=18 Grupo A ETMr + escitalopram 10 mg) (n=9) Grupo B EMTr + placebo</p>	<p><b>ETMr</b> <b>Numero de sesiones:</b> 15 días <b>Área de estimulación:</b> DLPFC derecho <b>Frecuencia:</b> 5 Hz (Inhibitorio) <b>MT:</b> 100% <b>Trenes de pulso:</b> 10 pulso por cada tren (30 en total) <b>Intervalo entre trenes:</b> 10 segundos <b>Pulsos totales por sesión:</b> sin total pulso</p>	<p>Escala de depresión de Hamilton</p> <p><b>Actividad electrocortical</b> Electroencefalogramas (EEG)</p>	<p><b>HDRS</b> En 17 pacientes se redujo más del 50% de la sintomatología En el registro de EEG inicial, se determinó diferencias significativas entre los grupos en frecuencias particulares en cada una de las cuatro bandas clásicas En el registro EEG post tratamiento hubo un efecto en el grupo B donde existió un aumento en la PA (potencia absoluta) de 9.30 a 10.16 Hz, en regiones temporales y giro poscentral izquierdo, mientras que en el grupo A hubo una disminución en dichas regiones</p>
<p>Höppner et al., (2013)</p>	<p>N= 30 Cada grupo tiene 10 pacientes</p>	<p><b>EMTr</b> <b>Numero de sesiones:</b> 12 días <b>Área de estimulación:</b> - DLPFC Izquierda - DLPFC derecha</p>	<p>Escala de Hamilton</p> <p>Inventario de depresión de Beck</p>	<p><b>HDRS y BDI</b> Reducciones importantes de la puntuación inicial versus la postratamiento en los tres grupos</p>

**Realizado en:**  
Universidad de Rostock,  
Alemania

- Estimulación simulada  
**Frecuencia:**  
20 Hz, 1Hz y 20 Hz  
**MT:** 90, 110 y 90%  
**Trenes de pulso:**  
2 segundo cada tren (20 trenes  
en total)  
60 segundos cada tren (dos  
trenes en total)  
2 segundo cada tren (20 trenes  
en total)  
**Intervalo entre trenes:**  
60 segundos, 3 minutos y 60  
segundos  
**Pulsos totales por sesión:** sin  
totales

Escala de Agitación y Retraso  
Motor

Prueba de Atención d2

Las dos últimas pruebas  
evidenciaron que las anomalías  
motoras mejoraron  
significativamente con estimulación  
real.

Los pacientes con déficits menos  
severos en velocidad psicomotora y  
concentración tuvieron mejor  
respuesta que los con déficits  
severos.

Zhang et al.,  
(2021)

**Realizado en:**  
Universidad de Pekín

N= 221  
Grupo 1=55  
Grupo 2=53  
Grupo 3=57  
Grupo 4=56

**EMTr**  
**Numero de sesiones:** 6-12  
semanas  
**Área de estimulación:**  
DLPFC izquierda de alta  
frecuencia  
DLPFC izquierda de baja  
frecuencia  
DLPFC bilateral alta frecuencia  
DLPFC bilateral baja  
frecuencia  
**Frecuencia:** 10 Hz, 5Hz, 10 Hz  
y 5Hz  
**MT:** 100%  
**Trenes de pulso:** 4 segundos  
por cada tren  
**tervalo entre trenes:** 5 segundos

Escala de depresión de  
Hamilton

Escala de Impresiones Clínicas  
Globales (CGI).

**HDRS**  
Las puntuaciones HDRS  
disminuyeron significativamente  
desde el inicio del tratamiento  
hasta el final del mismo en  
comparación con el valor inicial,  
pero aún falta mayor efectividad  
**CGI**

Las puntuaciones disminuyeron a  
las 6 y 12 semanas en un 48,3 % y  
49,8 %, respectivamente, en  
comparación con el valor inicial.

Nota. Protocolos de EMT sobre corteza prefrontal dorsolateral (DLPFC) izquierda, derecha y bilateral.

Como se puede observar en la tabla 6, existen varios de protocolos que han demostrado viabilidad, aceptación y eficacia terapéutica a favor de la EMT en el tratamiento de la depresión. Así lo demuestra el estudio de Chen et al., (2022) quienes aplicaron parámetros de estimulación sobre la DLPFC bilateral a una frecuencia de 10 Hz, evidenciando una eficacia significativa debido a que los síntomas depresivos subjetivos disminuyeron considerablemente según HAMD-17 y HAMD-SLD, los cuales fueron: latencia de inicio del sueño, despertar medio y temprano.

Sin embargo, dicha investigación se contrapone con Zhang et al., (2021) debido a que sus resultados no fueron del todo favorables a pesar de emplear los mismos parámetros de estimulación en pacientes con depresión; es decir, demostró una disminución de síntomas considerablemente según las puntuaciones HDRS durante la mitad del tratamiento en comparación con el valor inicial; sin embargo, en el transcurso del resto de las sesiones mantuvo un porcentaje similar, reflejando una estabilización en la tasa de respuesta.

Por otra parte, se menciona que los protocolos con mejor beneficio terapéutico en la depresión parecen ser aquellos basados en parámetros de estimulación inhibitoria, como en el estudio Martínez (2021) quien al aplicar la estimulación de baja frecuencia 1 Hz sobre DLPFC derecha combinado con el medicamento Fluoxetina 20 mg/día, evidenció una remisión de la depresión según la puntuación de la escala de HAMD-17 de 7; además, evita efectos secundarios graves en los pacientes; sin embargo, estos participantes debieron tolerar ciertas consecuencias transitorias durante el tratamiento; como molestias en el cuero cabelludo a causa de la bobina. Adicionalmente, el estudio indica que el fármaco proporcionado durante la terapia tuvo el resultado esperado sin alterar la actividad cortical.

De igual manera, el ensayo de González et al., (2013) comparte resultados favorables a pesar de reflejar un nivel de eficacia medio; el estudio demostró una reducción de los síntomas en más del 50% en la totalidad de pacientes y que existieron efectos secundarios leves que pudieron ser manejados por los pacientes y profesionales durante el tratamiento. Además, cabe mencionar que la ETMr con escitalopram 10 mg a 5 Hz tiene efectos positivos en la depresión, pero también altera la corteza cerebral de manera transitoria. Por lo tanto, mediante el uso de electroencefalograma se identificaron variaciones en la actividad cortical como: un incremento de la actividad alfa en el rango bajo en el hemisferio izquierdo y en las regiones frontales en la banda beta.

En otra línea, los protocolos con estimulación excitatoria son eficientes, pero dependen de algunos aspectos. Por ejemplo, en el estudio de Avery et al., (2013) se aplicó una frecuencia de 10 Hz sobre la DLPFC izquierda que evidenció una disminución mayor de los síntomas depresivos en el grupo de EMTr activa en comparación con el simulado. Así mismo, las tasas de respuestas y remisión son más favorables con la estimulación real. De manera complementaria, en la ETMr activa no se evidencian efectos secundarios sobre el funcionamiento neuropsicológico a diferencia de la estimulación simulada.

Por su parte, la investigación de Hopper et al., (2013) comparte información importante sobre la ETM de alta frecuencia, donde el grupo activo y simulado lograron reducir la sintomatología depresiva; sin embargo, las puntuaciones indican superioridad de la ETMr activa sobre la simulada; las anomalías motoras mejoran considerablemente con estimulación real. Además, los pacientes con problemas psicomotores y de atención menos graves tienen mayor respuesta con ETMr activa. Finalmente, se menciona que independientemente del área de intervención se producen efectos secundario leves que pueden durar horas o días, que van desde dolor de cabeza hasta estreñimiento.

### **3.4.2 Recomendaciones**

La evidencia bibliográfica sobre la estimulación magnética transcraneal en la depresión muestra una eficacia significativa y efectos terapéuticos estables, pero también limitaciones, vacíos o sugerencias que deben ser abordados de diferentes maneras para obtener mayor confiabilidad en los resultados. Por lo tanto, es necesario que la Federación de Drogas y Alimentos (FDA) u otros organismos importantes que estudien la salud mental, establezcan un protocolo oficial depurado sobre la ETM en la depresión, ya que de momento solo existen protocolos parcialmente aceptados. Este debe contener una estructura procedimental determinada que permita la aplicación de la ETM en un entorno clínico específico; de tal manera, que se fortalezca la evidencia mediante el desarrollo de más ensayos clínicos aleatorizados que combinen psicoterapia y farmacología con neuromodulación no invasiva.

En la misma línea, los ensayos clínicos actuales presentan ciertas limitaciones debido que las muestras son pequeñas y en determinados casos, irrelevantes en el tratamiento de la depresión, es por ello que, resulta necesario que se realicen estudios con muestras más amplias con el fin de mostrar mayor consistencia en los cambios observados y mejores tasas de respuesta a largo plazo.

Además, otra limitación en los ensayos clínicos es que ciertos grupos de estimulación mostraron una heterogeneidad importante al inicio de tratamiento; por lo cual, se hace necesario evaluar las frecuencias en las que los grupos tenían valores similares para conocer el porqué de los cambios. Así mismo, es recomendable que los profesionales en este campo de la salud utilicen en sus estudios la prueba de hormona adrenocorticotrópica (ACTH) como predictor biológico del efecto de la estimulación de la rEMT sobre la depresión, especialmente en pacientes varones.

Por consiguiente, se sugiere que los profesionales en la salud mental desarrollen estudios con estimulación combinada con antidepresivos mediante diferentes frecuencias de pulsación, para identificar su eficacia y los posibles efectos secundarios que pueden darse. Además, es necesario que se establezcan parámetros de evaluación a través de pruebas de neuroimagen, resonancia magnética y registro de electroencefalogramas, para visualizar de mejor manera los cambios en la actividad cortical luego de la aplicación de la ETM. Finalmente, es indispensable gestionar políticas de investigación que faciliten el desarrollo de casos clínicos aleatorizados en nuestro país, con la finalidad de que se realice eficientemente y en periodos razonables, ya que generalmente estos procesos pueden demorar años en ser aceptados por los comités encargados de los aspectos de bioética para investigación con seres humanos.

#### **4. CONCLUSIONES**

La neuromodulación no invasiva mediante la estimulación magnética transcraneal se ha convertido en un desafío para los profesionales de la salud, manteniéndose en constante investigación y experimentación para establecer diferentes protocolos que puedan dar resultados altamente eficaces, capaces de remitir o atenuar los trastornos psiquiátricos como la depresión sin causar efectos secundarios. De igual manera, el número de estudios realizados sobre el tratamiento en la depresión en América Latina son escasos y en nuestro país, casi nulos, lo cual se convierte en una limitante, pero a su vez en un campo abierto para el fortalecimiento de la neurociencia aplicada a la salud mental en el Ecuador.

Asimismo, los ensayos clínicos sobre EMT en la depresión en jóvenes adultos, hasta la actualidad han demostrado mejor eficacia al lograr importantes avances en la sintomatología depresiva y producir efectos secundarios leves durante el tratamiento. Específicamente, los protocolos inhibitorios con frecuencias bajas de 1 a 5 Hz sobre

DLPFC. La evidencia bibliográfica actual presenta limitaciones investigativas que deben ser consideradas para obtener mayor rango de respuestas al tratamiento, como carecer de muestras amplias que permitan potencializar las ventajas clínicas demostradas.

Por otra parte, los estudios analizados de ETM con protocolos excitatorios e inhibitorios en su mayoría tuvieron resultados eficaces debido a que alcanzaron la disminución de síntomas y tuvieron pocos efectos secundarios leves y transitorios como dolor de cabeza, espasmos faciales, dolor de cuello, aturdimiento, epilepsia, entre otros; a excepción de algunos que no lograron la tasa de respuesta esperada por las consecuencias del tratamiento y poca eficacia, provocando su abandono. De igual manera, la estimulación combinada con medicamentos y a baja frecuencia demostraron una eficacia alta al lograr reducir o remitir la depresión y generar pocos efectos secundarios.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, M., Pereira, V., & Ortuño, F. (2018). Tratamiento de la depresión. *Medicine*, *XII*(42), 2731-2742.
- American Psychiatric Association. (2014). *Manual Diagnóstico y Estadístico de Trastornos Mentales*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- American Psychiatric Association. (24 de Octubre de 2019). *Guía de consulta de los criterios diagnósticos del DSM-5*. Obtenido de Asociación Americana de Psiquiatría: <https://www.eafit.edu.co/ninos/reddelaspreguntas/Documents/dsm-v-guia-consulta-manual-diagnostico-estadistico-trastornos-mentales.pdf>
- Avey, H., Holtzheimer, P., Fawaz, W., Ruso, J., & Nuemair, J. (2013). Un estudio controlado de la estimulación magnética transcraneal repetitiva en la depresión mayor resistente a los medicamentos. *Psiquiatría biológica*, *15*(2), 187-194. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0006322305008498>
- Benavides, P. (2017). La depresión, evolución del concepto desde la melancolía hasta la depresión como enfermedad física |. *Revista PUCE*(105), 171-188. Obtenido de <https://www.revistapuce.edu.ec/index.php/revpuce/article/view/119/149>
- Chen, X., Jiang, F., Yang, Q., & Zhang, P. (2022). Bilateral repetitive transcranial magnetic stimulation ameliorated sleep disorder and hypothalamic–pituitary–adrenal axis dysfunction in subjects with major depression. *Frontiers in Psychiatry*, *13*(1), 1-12. Obtenido de <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsy.2022.951595/full>
- Community Health Network. (2019). *Los 3 trastornos de salud mental más comunes en los Estados Unidos*. Obtenido de <https://www.achn.net/es/acerca-de-access/que-hay-de-nuevo/recursos-para-la-salud/los-3-trastornos-de-salud-mental-mas-comunes-en-los-estados-unidos/>
- Cruz, D., López de León, F., Pascual, L., & Battaglia, M. (2010). *Guía Técnica de producción de hongos comestibles de la especie de Hongos Ostra*.
- Dahab, J., Rivadeneira, C., & Minici, A. (2022). La Depresión desde la perspectiva Cognitivo Conductual. *Revista de Terapia Cognitivo-Conductual*, 1-5. Obtenido de <http://cetecic.com.ar/revista/pdf/la-depresion-desde-la-perspectiva-cognitivo-conductual.pdf>
- Del Mar, M. (3 de Noviembre de 2022). *Ley de Faraday. Inducción Electromagnética*. Obtenido de Espacio de la Ciencia: <https://espaciociencia.com/ley-de-faraday-induccion-electromagnetica/>
- Fernández, M., & Cudeiro, J. (2020). Estimulación Magnética Transcraneal: principios básicos y aplicaciones en la actividad física y el deporte. *European Journal of Human Movement*, 1-20.
- Fernández, & Cudeiro. (2004). Estimulación Magnética Transcraneal: principios básicos y aplicaciones en la actividad física y el deporte. *European Journal of Human Movement*, *12*, 1-20. Obtenido de <file:///C:/Users/Dell/Downloads/Dialnet-EstimulacionMagneticaTranscraneal-2278534.pdf>

- Fitzgerald, P., Benitez, J., R de Castella, A., & Daskalakis, Z. (2013). A Randomized, Controlled Trial of Sequential Bilateral Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation for Treatment-Resistant Depression. *American Journal of Psychiatry*, 163(1), 88-94. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/7380312\\_A\\_Randomized\\_Controlled\\_Trial\\_of\\_Sequential\\_Bilateral\\_Repetitive\\_Transcranial\\_Magnetic\\_Stimulation\\_for\\_Treatment-Resistant\\_Depression](https://www.researchgate.net/publication/7380312_A_Randomized_Controlled_Trial_of_Sequential_Bilateral_Repetitive_Transcranial_Magnetic_Stimulation_for_Treatment-Resistant_Depression)
- Fitzgerald, P., Brown, T., & Marston, N. (2013). Estimulación Magnética Transcraneal en el Tratamiento de la Depresión: Un ensayo doble ciego controlado con placebo. *Psiquiatría Arch Gen*, LX(10), 1002-1008.
- Fitzgerald, P., Elliot, D., Wambeek, L., & Daskalakis, Z. (2018). Accelerated repetitive transcranial magnetic stimulation in the treatment of depression. *Neuropsicofarmacología*, 43(1), 1565–1572. Obtenido de <https://www.nature.com/articles/s41386-018-0009-9>
- Galindo, J. (23 de Febrero de 2022). *El costo de la salud mental, ¿Cuánto cuesta ir al psicólogo?* Obtenido de El economista: <https://www.economista.com.mx/finanzaspersonales/El-costode-la-salud-mental-Cuanto-cuesta-ir-al-psicologo-20220222-0084.html>
- Gamboa, N., & Varela, F. (2014). Estimulación Magnética Transcraneal e Ictus: Revisión de tema y experiencia en Costa Rica. *Revista Clínica de la Escuela de Medicina UCR*, 4(2), 25-31. Obtenido de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/clinica/article/view/14272/13554>
- García, M. (2013). Efecto clínico y electrofisiológico de la estimulación magnética transcraneal repetitiva derecha e izquierda en pacientes con trastorno depresivo mayor. *Salud mental*, 34(4), 291-299. Obtenido de <https://eds-s-ebsohost-com.vpn.ucacue.edu.ec/eds/results?vid=0&sid=242e2ec5-54a7-4058-b461-cce24d82d2d5%40redis&bquery=Eficacia%2Bde%2Bla%2Bestimulaci%25c3%25b3n%2BMagn%25c3%25a9tica%2BTranscraneal%2BBy%2BTrastorno%2BDepresivo&bdata=JmNsaTA9RIQxJmNsdjA9WS>
- Garzón, S. (20 de Mayo de 2013). *Tren de Impulsos*. Obtenido de Google Sites : <https://sites.google.com/site/telecouco/laboritorio-caracteristicas>
- Gimeno, A., Barrio, A., & Álvarez, M. (2018). Psicoterapia: marca registrada. *Revista Asociación de Especialistas en Neuropsiquiatría*, 38, 131-144. Obtenido de <https://scielo.isciii.es/pdf/neuropsiq/v38n133/0211-5735-raen-38-133-0131.pdf>
- González, J. (2019). Determinación del efecto de la exposición de la radiación electromagnética no ionizante en el cerebro de *Rattus norvegicus*. (*Tesis de pregrado*). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/10432/BIgomejd.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- González, J., Garcell, J., García, M., Miranda, E., Reyes, E., & Armas, G. (2013). Análisis de fuentes del EEG en pacientes tratados con estimulación magnética transcraneal a 5 Hz como tratamiento antidepresivo. *Salud Mental*, 36(3), 235-240. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/sm/v36n3/v36n3a9.pdf>

- Goodale, E. (2007). Síntomas cognitivos de la depresión. *Revista de Toxicomanías*(50), 13-15. Obtenido de [https://www.cat-barcelona.com/uploads/rets/Ret50\\_2.pdf](https://www.cat-barcelona.com/uploads/rets/Ret50_2.pdf)
- Guadarrama, L., Escobar, A., & Zhang, L. (2006). Bases neuroquímicas y neuranatómicas de la depresión. *Revista Facultad de Medicina, UNAM.*, 49(2), 66-72. Obtenido de <https://www.medigraphic.com/pdfs/facmed/un-2006/un062h.pdf>
- Hernández, M. (2012). Hacerse psicólogo Clínico en los Estados Unidos de América. *Behavioral Psychology / Psicología Conductual*, 20(2), 437-447. Obtenido de [https://www.behavioralpsycho.com/wp-content/uploads/2019/08/11.Hernandez\\_20-2oa-1.pdf](https://www.behavioralpsycho.com/wp-content/uploads/2019/08/11.Hernandez_20-2oa-1.pdf)
- Hevia , J., Barbosa, M., & Armas , G. (2020). Efectos cognitivos y conductuales de la estimulación magnética transcraneal en pacientes psiquiátricos y participantes sanos. *Aplicaciones multidisciplinarias sobre la cognición y el comportamiento.*, 175-212. doi:DOI: <https://doi.org/10.47377/LCMB8359.8>
- Höppner, J., Schulz, M., Mau, R., & Irmisch, G. (2013). Eficacia antidepressiva de dos procedimientos diferentes de rTMS. Alta frecuencia sobre la corteza prefrontal izquierda versus baja frecuencia sobre la corteza prefrontal derecha en comparación con estimulación simulada. *Neurociencia Clínica*, 253(2), 103-109. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/7011043\\_Antidepressant\\_efficacy\\_of\\_two\\_different\\_rTMS\\_procedures\\_High\\_frequency\\_over\\_left\\_versus\\_low\\_frequency\\_over\\_right\\_prefrontal\\_cortex\\_compared\\_with\\_sham\\_stimulation](https://www.researchgate.net/publication/7011043_Antidepressant_efficacy_of_two_different_rTMS_procedures_High_frequency_over_left_versus_low_frequency_over_right_prefrontal_cortex_compared_with_sham_stimulation)
- Ibirucu, M., & Morales, G. (2009). Estimulación magnética transcraneal. *Suplemento*, 32(3), 105-113. Obtenido de <https://scielo.isciii.es/pdf/asisna/v32s3/original9.pdf>
- Jiménez, S. (2017). Estimulación Eléctrica y modulación de circuitos espinales en la organización del movimiento. (*Tesis de postgrado*). Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares. Obtenido de <https://ebuah.uah.es/dspace/bitstream/handle/10017/41149/Tesis%20Samuel%20Jim%C3%A9nez%20Jim%C3%A9nez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lamas, R., Colin , R., & González, A. (2020). Panorama general de la terapia electroconvulsiva: indicaciones y funcionamiento. *Revista de la Facultad de Medicina de la UNAM*, 63(6), 20-30. Obtenido de <https://www.medigraphic.com/pdfs/facmed/un-2020/un206c.pdf>
- León , F., & Granadillo , E. (2018). Presente y futuro de la estimulación magnética transcraneal. *Invest Clin*, LIV(1), 74-89.
- León , M., Rodríguez , M., Rodríguez, L., León, B., Albea, E., & Arce, S. (2018). Evidencias actuales sobre la estimulación magnética transcraneal y su utilidad potencial en la neurorehabilitación post ictus: Ampliando horizontes en el tratamiento de la enfermedad cerebrovascular. *Neurología*, 33(7), 459-472. Obtenido de <https://www.elsevier.es/es-revista-neurologia-295-pdf-S0213485316300305>
- León, A. (5 de Octubre de 2021). *Los trastornos mentales afectan a millones de adolescentes en Latinoamérica*. Obtenido de [https://www.swissinfo.ch/spa/latinoam%C3%A9rica-salud-mental\\_los-](https://www.swissinfo.ch/spa/latinoam%C3%A9rica-salud-mental_los-)

trastornos-mentales-afectas-a-millones-de-adolescentes-en-latinoam%C3%A9rica/47005344

- Levkovitz, Y., Isserles, M., & Padberg, F. (2015). Eficacia y seguridad de la estimulación magnética transcraneal profunda para la depresión mayor: un ensayo prospectivo, multicéntrico, aleatorizado y controlado. *World Psychiatry*, *14*(1), 64-73. Obtenido de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/wps.20199>
- Malavera, M., Silva, F., García, R., Rueda, L., & Carrillo, S. (2004). Fundamentos y aplicaciones clínicas de la estimulación magnética transcraneal en neuropsiquiatría. *Rev Colomb Psiquiat.*, *XLIII*(1), 32-39.
- Martínez, I., Jurado, R., Sárich, L., Rubio, G., & Prieto, J. (2021). Efecto antidepresivo de la EMTr en un caso de Depresión Mayor Resistente al Tratamiento Farmacológico. *Actas españolas de psiquiatría*, *49*(6), 282-285. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8118338>
- McGirr, A., Villa, F., Cole, J., Torres, I., Sundar, S., Keramatian, K., . . . Yatham, L. (2021). Efficacy of Active vs Sham Intermittent Theta Burst Transcranial Magnetic Stimulation for Patients With Bipolar Depression. *Abierto de la Red JAMA*, *IV*(3), e210963.
- Ministerio de Salud Pública. (10 de Abril de 2017). *Este 7 de abril se celebra el Día Mundial de la Salud, con el tema "Depresión: Hablemos"*. Obtenido de MSP: <https://www.salud.gob.ec/este-7-de-abril-se-celebra-el-dia-mundial-de-la-salud-con-el-tema-depresion-hablemos/>
- Morales, D. (2020). Oscilopatología en Trastornos del Espectro Autista: Las ondas cerebrales. *Areté*, 9-17. Obtenido de <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2022/02/1354770/oscilopatologia-en-trastornos-del-espectro-autista.pdf>
- Moreno, M. (2018). Estimulación Magnética Transcraneal. (*Tesis de postgrado*). Universidad Pontificia ICAI ICADE Madrid, Madrid. Obtenido de <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/22358/TFG%20Marta%20Moreno%20Blasco.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Moriana, J., & Gálvez, M. (2020). Psicoterapias y Pseudoterapias en al búsqueda de la evidencia científica. La ciencia y la práctica profesional en psicología clínica. *Papeles de Psicólogo*, *41*(3), 201-205. Obtenido de <https://www.papelesdelpsicologo.es/pii?pii=2946>
- Muñoz, V., Arévalo, C., Tipán, J., & Morocho, M. (2021). Prevalencia de depresión y factores asociados en adolescentes. *Revista Ecuatoriana de Pediatría*, *22*(1), 1-8. Obtenido de <https://rev-sep.ec/index.php/johs/article/view/8/60>
- O'Reardon, J., Solvason, H., Janicak, P., Sampson, S., Isenberg, K., Nahas, Z., & Demitrack, M. (2007). Efficacy and safety of transcranial magnetic stimulation in the acute treatment of major depression: a multisite randomized controlled trial. *Biological psychiatry*, *62*(11), 1208-1216.

- OMS. (17 de Noviembre de 2021). *Salud mental del adolescente*. Obtenido de Organización Mundial de Salud: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/adolescent-mental-health>
- OPS. (9 de Octubre de 2012). *Día Mundial de la Salud Mental: la depresión es el trastorno mental más frecuente*. Obtenido de Organización Panamericana de Salud: [https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=7305:2012-dia-mundial-salud-mental-depresion-trastorno-mental-mas-frecuente&Itemid=0&lang=es#gsc.tab=0](https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=7305:2012-dia-mundial-salud-mental-depresion-trastorno-mental-mas-frecuente&Itemid=0&lang=es#gsc.tab=0)
- Organización Mundial de Salud. (13 de Septiembre de 2021). *Depresión*. Obtenido de OMS: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/depression>
- Ortíz, E., Vera, A., García, R., Ayala, F., & Bernal, J. (2021). Estimulación Magnética Transcraneal como estrategia de intervención en niños y adolescentes con Trastorno del Espectro Autista: una revisión sistemática. *Revista Neuropsicología Latinoamericana*, 13(1), 1-19.
- Pacheco, L., Medrano, J., Zardoya, M., Conget, T., Arroite, A., Pérez, L., . . . Aragués, E. (2010). ¿Son tan malos los psicofármacos?.. *Revista Norte de Salud Mental*, 8(37), 31-46. Obtenido de <file:///C:/Users/Dell/Downloads/Dialnet-SonTanMalosLosPsicofarmacos-4830367.pdf>
- Peña, E., Mejía, K., Ángel, R., Mónsivais, R., & Alvarez, C. (2019). Escala de síntomas cognitivos en depresión (EsADFUN). *Archivos de Neurociencia*, 24(4), 15-22. Obtenido de <https://www.medigraphic.com/pdfs/arcneu/ane-2019/ane194b.pdf>
- Pontificia Universidad Javeriana. (30 de Julio de 2021). *Depresión en Colombia es más alta que el promedio en el mundo*. Obtenido de Programa de Intervenciones en Salud Mental: <https://www.javeriana.edu.co/mentalpuntodeapoyo/?p=281>
- Riofrío, I., Guerra, H., Pino, A., Velastegui, G., Chalaco, A., & Torres, C. (2015). Estudio de Estimulación Electromagnética Transcraneal en pacientes con depresión y trastornos de sueño. *Revista Médica Cambios*, 14(25), 20-22. Obtenido de <https://revistahcam.iess.gob.ec/index.php/cambios/article/view/231/96>
- Rosero, M. (8 de Agosto de 2021). *Una terapia contra la depresión, sin pastillas*. Obtenido de El comercio: <https://www.elcomercio.com/tendencias/sociedad/terapia-depresion-pastillas-tratamiento-tecnologia.html>
- Tuñez, I., & Pascual, A. (2014). *Estimulación magnética transcraneal y neuromodulación. Presente y futuro en neurociencias*. Barcelona: Elsevier España, S.L. Obtenido de [file:///C:/Users/Dell/Downloads/2ESTIM\\_1.PDF](file:///C:/Users/Dell/Downloads/2ESTIM_1.PDF)
- Tuñez, I., & Pascual-Leone, A. (2014). *Estimulación magnética transcraneal y neuromodulación. Presente y futuro en neurociencias*. Barcelona: Elsevier España, S.L. Obtenido de [file:///C:/Users/Dell/Downloads/2ESTIM\\_1.PDF](file:///C:/Users/Dell/Downloads/2ESTIM_1.PDF)
- Ullrich, H., Kranaster, L., Sigges, E., Andrich, J., & Sartorius, A. (2013). Ultra-High-Frequency Left Prefrontal Transcranial Magnetic Stimulation as Augmentation in Severely Ill Patients with Depression: A Naturalistic Sham-Controlled, Double-

Blind, Randomized Trial. *Neuropsychobiology*, 66(1), 141-148. Obtenido de <https://www.karger.com/Article/PDF/339561>

Vidal, J. (30 de Mayo de 2014). *Depresión "Cuando la depresión se reconoce pronto y se trata adecuadamente, generalmente responde bien al tratamiento"*. Obtenido de Clínica Universidad de Navarra: <https://www.cun.es/enfermedades-tratamientos/enfermedades/depresion>

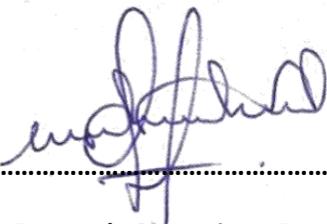
Wagner, F., Gonzalez, C., Sanchez, S., Garcia, C., & Gallo, J. (2012). Enfocando la depresión como problema. *Salud Mental*, 35(3), 3-11. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/sm/v35n1/v35n1a2.pdf>

Xinhua Español. (24 de Diciembre de 2020). *Tasa de prevalencia de depresión en China es de 2,1 %*. Obtenido de [http://spanish.xinhuanet.com/2020-12/24/c\\_139614258.htm](http://spanish.xinhuanet.com/2020-12/24/c_139614258.htm)

Zhang, T., Huang, Y., Jin, Y., & Ma, X. (2021). Treatment for Major Depressive Disorder by Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation in Different Parameters: A Randomized Double-Blinded Controlled Trial. *Frontiers Psychiatry*, 12(1), 1-10. Obtenido de <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsy.2021.623765/full>

**Yo, María Fernanda Samaniego Fernández** portadora de la cédula de ciudadanía N° **0704831197**. En calidad de autora y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“Eficacia de la estimulación magnética transcraneal en pacientes latinoamericanos con trastorno depresivo.”** 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, **8 de mayo de 2023**.

F: 

**María Fernanda Samaniego Fernández**

**C.I. 0704831197**