



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

ICADE

CIHS

FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS Y
SOCIALES

**Revisión Sistemática de la Eficacia Clínica de la
Estimulación Magnética Transcraneal (EMT) en el
Tratamiento de las Adicciones: un Enfoque desde la
Psicología Clínica.**

Autor/a: Mencía Victoria Sánchez Lou

Director/a: Luis Torres Cardona

Madrid

2025/2026

Resumen

En este trabajo se analiza la eficacia clínica de la Estimulación Magnética Transcraneal repetitiva en el alivio sintomático de personas adultas con trastorno por uso de sustancias, haciendo énfasis en el consumo de cocaína y alcohol. Para ello, se lleva a cabo una revisión sistemática basada en la declaración PRISMA donde se buscan, analizan y seleccionan 10 ensayos clínicos aleatorizados por medio de las herramientas *Rob 2.0* y el *Sistema GRADE*. Los resultados indican que la EMTr excitatoria en la CPFdl tiene un elevado potencial de efectividad como técnica complementaria al tratamiento habitual para la disminución de *craving* y consumo de estas adicciones. Demuestra ser segura y tolerable y resulta ser beneficiosa en la regulación emocional de síntomas de impulsividad y ansiedad con diferencias según la sustancia adictiva. No se encuentran resultados concluyentes con respecto a su eficacia a largo plazo. Estos hallazgos resaltan la importancia de futuras líneas de investigación con estudios multicéntricos que incluyan parámetros y protocolos estandarizados con tamaños muestrales más amplios y en combinación con técnicas psicoterapéuticas concretas.

Palabras clave: EMTr, estimulación magnética transcraneal, psicología clínica, cocaína, alcohol, adicciones, craving.

Abstract

This study analyzes the clinical efficacy of repetitive Transcranial Magnetic Stimulation in providing symptomatic relief for adults with substance use disorder, focusing on cocaine and alcohol use. To this end, a systematic review based on the PRISMA statement was conducted, selecting and analyzing 10 randomized controlled trials using *Rob 2.0* tool and *GRADE system*. The results indicate that excitatory rTMS on the dlPFC has high potential for effectiveness as a complementary technique to standard treatment for reducing craving and consumption in these addictions. It proves to be safe and well-tolerated and appears to be beneficial for emotional regulation of impulsivity, and anxiety symptoms with differences regarding the addictive substance. No conclusive results were found regarding its long-term efficacy. These findings highlight the importance of future research lines with multicentered studies that include standardized parameters and protocols in large sample sizes in conjunction with psychotherapeutic techniques.

Keywords: rTMS, transcranial magnetic stimulation, clinical psychology, cocaine, alcohol, addiction, craving.

Tabla de Contenidos

1. Estado de la Cuestión.....	4
2. Marco Teórico.....	6
2.1. Neurobiología de las Adicciones	6
2.2. Fundamento y Aplicación Clínica	8
2.2.1 Estimulación Magnética Transcranial.....	9
3. Justificación y objetivos.....	13
4. Metodología	14
4.1. Tipo de estudio.....	14
4.2 Criterios de elegibilidad y estrategia de selección.....	15
4.2.1 Criterios de inclusión	15
4.2.2 Criterios de exclusión	15
4.3. Estrategia de búsqueda.....	15
4.4. Proceso de selección de los estudios.....	15
4.5. Proceso de extracción de datos	16
4.6. Evaluación del riesgo de sesgo	16
5. Resultados	18
5.1. Selección de los estudios	18
5.2. Características de los estudios	19
5.3. Riesgo de sesgo y calidad de evidencia	20
5.5. Resultados de los estudios	21
6. Discusiones	24
7. Conclusión	27
8. Referencias.....	29
9. Anexos	37
Anexo A.	37
Anexo B.	38
Anexo C.	39

1. Estado de la Cuestión

Los trastornos por consumo de sustancias constituyen una de las problemáticas más complejas en el ámbito de la salud mental, tanto por su elevada prevalencia como por su carácter crónico y recurrente. Desde una perspectiva clínica, se definen como patrones persistentes de consumo que generan un deterioro significativo en el funcionamiento personal, social y laboral, y que se mantienen a pesar de las consecuencias negativas asociadas. El Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales en su quinta edición revisada (DSM-5-TR) describe estos trastornos a partir de un conjunto de síntomas que incluyen, entre otros; el craving, la pérdida de control sobre el consumo, la tolerancia y la aparición de síntomas de abstinencia (American Psychiatric Association, 2023).

El problema alcanza dimensión mundial: el World Drug Report 2024 estima una cifra de 296 millones de consumidores de drogas, con un aumento sostenido del consumo de cocaína (Organización de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito, 2024a, 2024b). En Europa, el European Drug Report 2024 destaca el predominio del cannabis y el auge de los estimulantes sintéticos (European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction & European Union Drugs Agency, 2024a, 2024b). En España, los informes del Plan Nacional Sobre Drogas confirman que el alcohol y el tabaco son las sustancias de mayor consumo y de inicio más precoz, seguidas por el cannabis (Observatorio Español de las Drogas y las Adicciones, 2024, 2025). Además, Proyecto Hombre (2024, 2025) advierte que más del 70 % de las personas atendidas presenta comorbilidad con depresión o ansiedad, subrayando la necesidad de intervenciones integradas.

Las adicciones se pueden entender como trastorno, pero también como síntoma de otros subyacentes. La Organización Mundial de la Salud (OMS) las considera como enfermedades que afectan al cerebro de forma crónica y recurrente (United Nations Office on Drugs and Crime, 2025). Su desarrollo es progresivo, dando lugar a consecuencias fatales en la estructura cerebral y en el circuito de recompensa. En ellas, predomina la búsqueda y la compulsión por el consumo sobre las consecuencias negativas del mismo. Desde esta perspectiva, se concibe como un trastorno multifactorial. No se reduce únicamente a conductas voluntarias, ni a problemas morales, ya que en él interactúan factores biológicos, psicológicos y sociales. Por ello, las adicciones son la consecuencia de un proceso progresivo de desregulación en el que se ven afectados mecanismos implicados tanto en la toma de decisiones, como en el control de impulsos.

Para comprender las adicciones en su totalidad, se debe prestar atención al concepto de *craving*. Se entiende como un deseo tan intenso y persistente de consumo, que se considera incontenible e irrefrenable. Es un elemento fundamental, ya que es uno de los desencadenantes principales de la recaída que anula la capacidad de tomar decisiones y controlar impulsos. Además, potencia el mantenimiento del trastorno adictivo (American Psychiatric Association, 2023). Neurobiológicamente expresa de forma subjetiva la desregulación del circuito de recompensa y el desequilibrio del control cognitivo. Por tanto, el *craving* empeora el control inhibitorio eficaz, lo que intensifica la resistencia al cambio terapéutico (Volkow et al., 2019a).

Por otro lado, desde una perspectiva psicológica, las adicciones presentan comorbilidad con otros trastornos mentales. Entre ellos, destacan los trastornos del estado de ánimo y los trastornos de ansiedad. La coexistencia de estos trastornos con los trastornos adictivos, complejizan el tratamiento clínico y la adherencia terapéutica. Asimismo, la patología dual, se relaciona con pronósticos más desfavorables y con incremento en las tasas de recaída. La presencia simultánea de síntomas depresivos o ansiosos puede intensificar el *craving*, y reducir la capacidad de la persona para utilizar estrategias de afrontamiento adaptativas, reforzando así el ciclo de consumo (Volkow et al., 2019b).

En la práctica clínica, el tratamiento de los trastornos por consumo de sustancias se basa principalmente en intervenciones psicológicas. Entre ellas destacan; la terapia cognitivo-conductual, la entrevista motivacional y los programas de prevención de recaídas, así como en abordajes farmacológicos específicos según la sustancia implicada. A pesar de que se ha demostrado su efectividad en aspectos como la reducción de consumo y la mejora del funcionamiento psicosocial, siguen sin ser suficientes. Los tratamientos tienen limitaciones relacionadas con la adherencia terapéutica en la mayoría de los pacientes, lo que se demuestra en que las tasas de recaída continúan siendo elevadas (Minozzi et al., 2016). Aunque en España ha habido avances en cuanto a la reinserción laboral y a la estabilización, siguen persistiendo retos como la desmotivación en el tratamiento por su duración y la patología dual (Proyecto Hombre, 2024). Por ello, este escenario reafirma la cantidad de obstáculos que se presentan en la intervención para actuar sobre los mecanismos subyacentes de las adicciones.

Como consecuencia de las limitaciones de las intervenciones convencionales, ha crecido el interés por desarrollar tratamientos desde enfoques complementarios. La finalidad

de estas técnicas consiste en mejorar los resultados de las intervenciones. Asimismo, Volkow et al. (2019b) señalaron la necesidad de que los tratamientos se aborden desde un enfoque integral. Ellos sostuvieron que el enfoque debe tener en cuenta aspectos cognitivo-conductuales y neurobiológicos del consumo. Por un lado, cognitivo-conductuales tales como los pensamientos, creencias y expectativas reforzantes del consumo. Por otro lado, los aspectos neurobiológicos relacionados con la toma de decisiones, craving y con el control de impulsos. Como resultado de la búsqueda de estrategias integradoras, surgen nuevas líneas de investigación en psicología clínica. Por este motivo, en el presente trabajo, se profundizará sobre la emergencia de la técnica de neuromodulación de la Estimulación Magnética Transcraneal (EMT).

2. Marco Teórico

2.1. Neurobiología de las Adicciones

Desde una perspectiva neurobiológica, los trastornos por consumo de sustancias se entienden como un desequilibrio progresivo y crónico de los diferentes circuitos cerebrales, que, al persistir, afectan en la recaída de la conducta adictiva (Koob & Volkow, 2016). El desequilibrio afecta promoviendo una hiperactivación de los sistemas motivacionales y de recompensa, mientras que deteriora los relacionados con el control cognitivo y conductual. Las alteraciones no solo dan lugar a consecuencias negativas tales como el incremento del craving y de la impulsividad, sino que también, dificultan la inhibición conductual del consumo y favorecen estados de afectividad negativa. Esta desinhibición se da sorprendentemente aun siendo consciente de las consecuencias asociadas al mismo, fallando en los intentos de resistir al consumo (Volkow et al. 2019a). Por este motivo, es importante considerar el papel del circuito de recompensa que repercute en el comienzo y en la persistencia de la adicción. Entre las áreas cerebrales sobre las que actúan las sustancias psicoactivas, destaca la vía mesolímbica dopaminérgica. La vía favorece a la producción y a la posterior liberación rápida del neurotransmisor dopamina en el núcleo accumbens. Como resultado del proceso, se obtiene un efecto reforzador que intensifica y facilita la conducta adictiva. Según Volkow et al. (2019b), el riesgo de consumir se potencia, incluso más, en presencia de señales ambientales que se asocian a la sustancia.

Por otra parte, la repetición de las conductas adictivas provoca cambios neuroadaptativos. Entre ellos, sensibiliza el circuito de recompensa, haciendo que aumente desproporcionalmente el valor motivacional de consumir en presencia de los estímulos

condicionados a la droga. Esto sucede porque aumenta la reactividad de la dopamina en los contextos condicionados al consumo. Al mismo tiempo que el valor reforzante de los ya mencionados se incrementa drásticamente, el valor de los reforzadores naturales pierde intensidad gradualmente (Leyton & Vezina 2014). El funcionamiento de esta dinámica es esencial porque explica la transición de una fase inicial con consumo controlado, al consumo compulsivo con propensión al craving y a las recaídas (Koob & Volkow, 2016). El consumo prolongado afecta al funcionamiento y a la activación de regiones implicadas en la capacidad de actuar voluntariamente. Entre ellas, cabe destacar el papel de la corteza prefrontal dorsolateral. Su rol reside sobre las funciones ejecutivas, subrayando la planificación, el control inhibitorio, la toma de decisiones y la capacidad de regulación emocional. Esta última, actúa sobre la capacidad de evitar conductas de riesgo, de utilizar mecanismos adaptativos para resistir a las tentaciones del consumo, así como retrasar la gratificación. (Volkow et al., 2019b). Así, la desregulación emocional aumenta la vulnerabilidad y predisposición de que la persona desarrolle o mantenga la adicción. Además, Zhai et al., (2023) recalcan que las alteraciones cerebrales producidas por los trastornos por consumo de sustancias no suceden en zonas aisladas. Por lo que, se debe tener en cuenta que, en el consumo, la corteza prefrontal se ve afectada junto con otras redes con las que interactúa dinámicamente. Para información detallada sobre las redes ver **Anexo A**. Las interferencias en la comunicación entre las redes afectan al control conductual del consumo, al craving y favorecen las respuestas impulsivas (Zilverstand et al., 2020). Estas respuestas se convierten en las habituales ante la exposición a situaciones estresantes o a claves ambientales relacionadas con la sustancia, favoreciendo el consumo.

Por otro lado, el circuito del estrés también se ve afectado en la adicción. Este sistema se hiperactiva en la abstinencia, haciéndose notorio con los síntomas de búsqueda compulsiva y craving. En él, el eje hipotálamo-hipófisis-adrenal se activa junto a la amígdala extendida (Volkow et al., 2019b). La activación de las áreas implicadas en este circuito favorece estados de afectividad negativa, donde frecuentemente la ansiedad y la irritabilidad se ponen de manifiesto. El consumo se mantiene por reforzamiento negativo. En otras palabras, consumir se considera una herramienta para aliviar el malestar provocado por el circuito del estrés. Sin embargo, el uso repetido de la herramienta participa en la consolidación de estos mecanismos como los habituales, enredándose en el bucle de la adicción (Koob et al., 2016).

En resumen, en los trastornos por consumo de sustancias, el craving aparece por la regulación a la baja de la corteza prefrontal y por la sobreactivación biológica del circuito de recompensa. Esta combinación, fomenta que aparezcan los deseos con mayor frecuencia, a pesar de los periodos largos de abstinencia. Además, los síntomas de la adicción se explican mejor como consecuencia funcional del desequilibrio cerebral, que reduciéndose a los rasgos de la personalidad. De esta forma, el resultado de la alteración, con conductas impulsivas, baja autorregulación y control inhibitorio, facilita la comprensión de la vulnerabilidad de la persona para perpetuarse en el ciclo de consumo.

2.2. Fundamento y Aplicación Clínica

Las adicciones se entienden no solo como una alteración neurobiológica, sino también como una disfunción de procesos cognitivos. Esto implica que algunas variables psicológicas como el estrés, el procesamiento emocional, el autocontrol y la toma de decisiones se vean afectadas (Perrotta et al., 2022). Como se mencionó anteriormente, los circuitos de recompensa, de control ejecutivo, de conductas y de regulación emocional se dañan con el consumo (Lomas, 2026). En este sentido la corteza prefrontal es la responsable de regular los procesos cognitivos implicados en las funciones ejecutivas. Entre los mecanismos neurobiológicos a los que afecta la adicción destacan; el desequilibrio en la hiperactivación de la amígdala y la hipoactivación de la CPFdl, la neuroplasticidad y la desregulación del circuito dopaminérgico (Lomas, 2026). Así pues, Ekhtiari et al. (2019) evidencian que comprender el cerebro y las acciones de la droga en los circuitos neurales determinan la eficacia.

En cuanto al tratamiento psicológico de las adicciones, predominan las terapias cognitivo-conductuales (TCC). Estas son muy efectivas para restablecer el control prefrontal, disminuyendo las conductas impulsivas (Lomas, 2026). Asimismo, estas intervenciones están caracterizadas por su corta duración, su foco en solucionar el problema y su implicación sobre los procesos de aprendizaje. Del mismo modo, el aprendizaje y la plasticidad cerebral determinan la respuesta adictiva ante las claves ambientales. Igualmente, Xu et al. (2023) reafirman la relevancia de estas terapias y del entrenamiento cognitivo como facilitadoras de la neuroplasticidad. Así, las TCC ayudan a modular las interpretaciones de las señales del entorno. Es decir, trabajan las disfunciones en las creencias, emociones y pensamientos del paciente (Perrotta et al., 2022). No solo ayudan a identificar y modificar las disfunciones, sino que permiten aprender y entrenar herramientas de autocontrol. A pesar de que las terapias cognitivas suelen ser efectivas a corto plazo, las tasas de recaída son altas, especialmente

después de un año de tratamiento (Hu et al., 2022). Esto demuestra la necesidad de encontrar otras técnicas para favorecer la abstinencia a largo plazo. Otra terapia que se ha utilizado en el tratamiento de las adicciones es la Terapia de Aceptación y Compromiso (TAC) que se ha empleado para ayudar a equilibrar la fragmentación del yo adicto. Además, parece favorecer la regulación emocional y la reducción de consumo (Lomas, 2026).

Por otro lado, el mecanismo de acción de las adicciones funciona a través de *bottom-up*, donde el procesamiento de la emoción se antepone al de la razón. Esta forma de procesar la información es automática, rápida y con gran carga emocional por su origen en circuitos subcorticales como la amígdala y la red estriada. De esta forma, limita el correcto funcionamiento de la red ejecutiva encargada de la toma de decisiones (Perrotta et al., 2022). A causa de la hipoactivación ejecutiva, las TCC son de especial interés porque están basadas en el mecanismo opuesto, *top-down*, de la mente a los sentidos, que permite contrarrestarla. Por tanto, la intervención con terapia cognitivo-conductual fortalece el pensamiento racional, favorece la reestructuración cognitiva y mejora la metacognición (Perrotta et al., 2022). Sin embargo, los resultados de la aplicación exclusiva de terapias cognitivo-conductuales en adicciones son variados y en ocasiones insuficientes.

2.2.1 Estimulación Magnética Transcraneal

La investigación de las técnicas de neuromodulación no invasiva avanza rápidamente debido a las limitaciones farmacológicas y psicológicas de los tratamientos actuales de los trastornos por uso de sustancias (Mehta et al., 2023). Una de ellas es la Estimulación Magnética Transcraneal (EMT), que modifica e influye la actividad cerebral a nivel cortical afectando a la plasticidad sináptica. Según Cardoner (2015) lo consigue enviando un impulso eléctrico que se desplaza por la bobina del estimulador, transformándose en campo magnético. Este, a su vez, por el principio de mutua inducción de Faraday se torna en energía eléctrica. Así, los pulsos electromagnéticos son los encargados de modificar la polarización de la membrana (Peterchev et al., 2012). Por lo tanto, la estimulación controlada sobre regiones cerebrales concretas permite que se generen cambios en la excitabilidad o en la inhibición neuronal. Además, la modulación ocurre por medio de la modificación de la frecuencia de la descarga neuronal y de la regulación de los neurotransmisores implicados tales como el glutamato y la dopamina (Gay et al., 2022). Como consecuencia, también influye generando cambios en la organización funcional de los circuitos cerebrales encargados del procesamiento cognitivo, conductual y emocional (Artieda & Iriarte, 2023). En comparación con otras técnicas de

intervención psiquiátrica, la EMT es indolora, no necesita ni de la ingesta ni de la administración de otros fármacos, ni tampoco someterse a cirugía. Por tanto, a nivel general, su alta tolerabilidad y seguridad la acerca a convertirse en una buena herramienta complementaria en el tratamiento de diferentes enfermedades biológicas y trastornos psicológicos, que no responden a las intervenciones actuales. No obstante, la eficacia del tratamiento con esta técnica dependerá de su adecuada modalidad y parámetros (Zorzo et al. 2019).

En cuanto a las aplicaciones clínicas neurofisiológicas de la EMT, las más investigadas han consistido en la detección y cuantificación de las lesiones cerebrales en la vía piramidal (Artieda & Iriarte, 2023). Sin embargo, la creciente investigación está dando lugar al desarrollo de nuevas aplicaciones en psicología y psiquiatría.

Existen varias modalidades de EMT; estimulación focal, profunda, de dobles estímulos/bilateral y la más utilizada, la Estimulación Magnética Transcranial repetitiva (EMTr). La EMTr ejerce los cambios en el potencial de las neuronas por medio de secuencias de pulsos magnéticos (Zorzo et al. 2019). Estos trenes de pulsos se dan durante un tiempo prolongado y en diferentes días. Pueden ser de alta o de baja frecuencia y sus efectos varían con respecto a la excitabilidad o la inhibición a nivel de corteza (Ziemann, 2015).

La EMTr es la modalidad más investigada y la única indicada por la Food and Drug Administration (FDA) para tratar la depresión aguda en adultos y adolescentes, trastornos obsesivo-compulsivos y la adicción al tabaco (Malavera et al., 2014; Artieda & Iriarte, 2023; Ramírez-López & Verdugo-Díaz, 2023). Este dato demuestra que las aplicaciones clínicas de la totalidad de las modalidades y protocolos de EMT no están siendo lo suficientemente investigadas. Del mismo modo, Zorzo et al. (2019) y Malavera et al. (2014) confirman su utilidad con resultados positivos en trastornos depresivos y de ansiedad. Pero, también resaltan su eficacia en esquizofrenia, trastornos del neurodesarrollo, dolor neuropático, daño cerebral y trastornos adictivos sin protocolos concluyentes. Por otro lado, Ramírez-López y Verdugo-Díaz (2023), plantean la efectividad potencial de la EMTr de alta frecuencia aplicada en la CPFdL, junto con las terapias de extinción cognitivo-conductuales en el tratamiento de la ansiedad y estrés postraumático.

En beneficio de la aplicación de EMTr, aunque la estimulación se limita a un área específica, los efectos se expanden más allá de la región activada. Esto se debe a la interconexión de las redes cerebrales funcionales ya referidas. De esta forma, se favorece el cumplimiento del propósito y que perduren los cambios neuronales a largo plazo para fines terapéuticos, como cambios conductuales y mejoras en la autorregulación. Según Huang et al., (2005) los efectos duraderos de plasticidad sináptica de EMTr se pueden conseguir con el uso del protocolo adecuado de theta-burst (TBS), ya sea intermitente (iTBS) o continua (cTBS). En el **Anexo B** aparece una descripción detalla de cada una de las modalidades y protocolos. Estos efectos siguen fenómenos más cortos, pero mucho más complejos de potenciación y depresión neuronal a largo plazo, donde intervienen receptores y neurotransmisores específicos (Ziemann, 2015). Por ello, en los tratamientos clínicos, se debe tener en cuenta las variaciones de los parámetros en base al tipo de patrón, área de estimulación, intensidad y frecuencia (Artieda & Iriarte, 2023).

Se considera importante destacar que tanto las terapias cognitivo-conductuales como la estimulación abarcan mecanismos relacionados con el control cognitivo (Lomas, 2026). Es decir, permiten que predomine el mecanismo *top-down*. Su combinación puede potenciar procesos cognitivos necesarios para mantener la abstinencia (Perrotta et al., 2022). Además, la EMT puede producir un aumento del procesamiento cognitivo en la terapia cognitiva (Xu et al., 2023). Aunque hay muy poca evidencia disponible sobre técnicas de neuromodulación y psicoterapia en adicciones, su eficacia sí que ha sido probada en otros trastornos psiquiátricos como la depresión (Perrotta et al., 2022). Concretamente, las terapias cognitivo-conductuales y EMTr han mostrado su efectividad en el tratamiento de la depresión mayor (Donse et al., 2017). La integración de las técnicas ha sido probada junto a mindfulness, entrenamiento en técnicas de regulación emocional y en reestructuración cognitiva (Perrota et al., 2022). Por ende, la incorporación de psicoterapia con nuevas técnicas de neuromodulación como la EMT, permite comprender tanto la parte psicológica como la parte biológica del trastorno adictivo (Lomas, 2026).

En cuanto a la evidencia empírica sobre EMT y psicoterapia en adicciones se recoge en primer lugar, con el estudio de Hu et al. (2022). Ellos realizaron un ensayo clínico aleatorizado de la combinación de EMT con terapias cognitivo-conductuales en 263 personas con adicción al alcohol. Debido a que los trastornos adictivos son comórbidos con ansiedad y depresión donde predomina la afectividad negativa, se basaron en la evidencia previa de su efectividad

en el trastorno depresivo mayor (Donse et al., 2017). Por este motivo, utilizaron medidas psicométricas como la escala PHQ-9 para síntomas depresivos. Ellos concluyeron que la combinación de TCC y EMT puede posibilitar la adherencia al tratamiento con mayor fijación y potenciando el efecto a largo plazo (Hu et al., 2022). Por otro lado, Xu et al. (2023) realizaron una revisión sistemática y metaanálisis sobre la eficacia de EMTr con intervenciones psicológicas en población sana y clínica. Analizaron 27 estudios y encontraron que el grupo activo de EMTr y psicoterapia mejoró significativamente los síntomas clínicos. También, encontraron que 10 sesiones de EMTr y de psicoterapia cognitivo-conductual pueden mejorar los síntomas clínicos.

Al mismo tiempo, otras revisiones se han enfocado en comprobar la eficacia de EMTr sin integrarla con psicoterapia. Pero, con el conocimiento sobre los procesos emocionales y el impacto del craving, se pueden llegar a conclusiones psicológicas. Antonelli et al. (2021) realizaron una revisión sobre el impacto de la EMT en el tratamiento de la adicción al alcohol, a la cocaína y al tabaco. Ellos indicaron limitaciones en relación con la dificultad de medir el craving por su subjetividad en la heterogeneidad de medidas psicométricas. Por otro lado, la revisión de Gay et al. (2022) analizó a la EMTr como un tratamiento prometedor en la reducción del craving en trastornos por consumo de drogas estimulantes sobre el efecto en los grupos de sustancias depresivas y adicciones comportamentales. No obstante, también recalcaron la necesidad de investigar parámetros óptimos y su aplicación clínica en futuras investigaciones. Además, Harmelech et al. (2023) en su revisión, colocaron la eficacia terapéutica en la reducción del craving y el consumo y en sus modificaciones en los circuitos ejecutivos. Así pues, vieron que, en el tratamiento de las adicciones, no solo destacan el papel de la CPFdl sino también el de la ventromedial y el de la ínsula. Por tanto, como los demás, hacen referencia a la importancia de utilizar protocolos estandarizados para evaluar los resultados de la EMTr a largo plazo. Finalmente, en la revisión sistemática y metaanálisis de Mehta et al. (2023) sobre la EMT, encontraron que la EMTr redujo el consumo y craving en el trastorno por consumo de alcohol y tabaco. No obstante, también avisaron de la necesidad de encontrar cuáles son los mecanismos neurobiológicos subyacentes, al igual que dieron importancia a reportar los resultados del tratamiento a largo plazo.

Por todo ello, se considera que la EMTr y la psicoterapia pueden tener implicaciones claras en la psicología clínica. En primer lugar, para establecer un puente entre biología y psicología (Lomas, 2026). En segundo lugar, por su capacidad de facilitar la psicoterapia al

influir sobre la reducción del craving, de estados afectivos negativos y del control de impulsos (Mehta et al., 2023; Harmelech et al., 2023). Por último, la psicología clínica puede favorecer y estandarizar medidas psicométricas para medir procesos psicológicos más allá del consumo y de la recaída. Como consecuencia, esta rama de la psicología se implicaría en el diseño de protocolos estandarizados para producir cambios duraderos en los procesos cognitivos y emocionales.

3. Justificación y Objetivos

La contextualización anterior pone de manifiesto la gravedad de los trastornos por consumo de sustancias en la sociedad y las limitaciones de los tratamientos convencionales en reducir el craving y en mantener la abstinencia. El conocimiento sobre la neurobiología de las adicciones permite entender este trastorno como un desequilibrio a nivel de corteza entre redes cerebrales y sus procesos cognitivos relacionados con la motivación y recompensa producidas por el consumo. En consecuencia, aparece la sintomatología que retroalimenta el bucle de la adicción. Teniendo en cuenta que las adicciones son un fenómeno complejo y crónico en donde se ven alterados circuitos cerebrales, no sorprende que la psicoterapia y los tratamientos farmacológicos por sí solos no siempre consigan la adherencia terapéutica esperada. Por ello, surge la necesidad de explorar vías complementarias en la intervención integral que colaboren en el alivio sintomático para lograr la abstinencia.

A partir de la siguiente problemática, se evaluará el potencial de la Estimulación Magnética Transcraneal (EMT) como herramienta terapéutica eficaz. Esta técnica se propone por ser no invasiva, indolora y con alta seguridad y tolerabilidad en el tratamiento de otros trastornos de salud mental. Además, actúa sobre el eje central de la disfunción neuronal, ya que tiene la capacidad de regular la excitabilidad cortical con la inducción de pulsos electromagnéticos. Esto significa que puede actuar inhibiendo o excitando las regiones alteradas por el consumo encargadas del control inhibitorio y la autorregulación emocional. También, es de interés por su capacidad de mejorar la plasticidad sináptica, favoreciendo la flexibilidad cognitiva y la consolidación de aprendizajes. En este sentido, parece poder ayudar a potenciar el trabajo psicoterapéutico y a aprender nuevas estrategias para afrontar el malestar. Sin embargo, la infinidad de posibilidades de parámetros de estimulación y protocolos junto a la escasez de investigaciones, dificultan llegar a conclusiones fiables.

Como consecuencia de la investigación previa, el presente trabajo surge motivado por el deseo de explorar nuevas herramientas terapéuticas que faciliten la mejora sintomática de las adicciones.

El objetivo principal del trabajo se centra en revisar la literatura actual que valora la eficacia de la estimulación magnética transcraneal en el tratamiento por uso de sustancias. Por otra parte, los objetivos secundarios están centrados en:

- a) Evidenciar las variables más investigadas y su método de medición.
- b) Evaluar los resultados obtenidos en cada una de las variables.
- c) Analizar la tolerabilidad y seguridad de los estudios.

Antes de retomar con el siguiente apartado, cabe destacar que los estudios utilizados se centrarán en el trastorno por consumo de alcohol y cocaína.

4. Metodología

4.1. Tipo de Estudio

Se ha optado por realizar una revisión sistemática basada en la declaración PRISMA (Page et al., 2021). Para establecer la pregunta de investigación se implementó el modelo PICO (Población, Intervención, Comparativa, Outcome). De esta forma se llegó a la cuestión ¿es la estimulación magnética transcraneal repetitiva eficaz para aliviar y reducir los síntomas del trastorno por uso de sustancias en población adulta? (Véase **Figura 1**)

La pregunta PICO quedó estructurada de la siguiente manera:

Figura 1

Pregunta de investigación.

P	<ul style="list-style-type: none"> • Población adulta con trastorno por consumo de sustancias
I	<ul style="list-style-type: none"> • EMTr
C	<ul style="list-style-type: none"> • Placebo o tratamiento estándar
O	<ul style="list-style-type: none"> • Eficacia en el alivio y reducción de síntomas

4.2 Criterios de Elegibilidad y Estrategia de Selección

Para la realización de un análisis riguroso, se seleccionaron estudios que cumplieren con los siguientes criterios de inclusión y de exclusión.

4.2.1 Criterios de inclusión

En primer lugar, se eligieron estudios que abarcasen personas con trastorno por consumo de sustancias en población adulta. Además, se limitó el tratamiento de la adicción con la modalidad de EMT; EMTp/EMTr o al protocolo iTBS estimulando la corteza prefrontal. Otro criterio, fue escoger estudios que midiesen al menos una de las siguientes variables: consumo, craving, sintomatología emocional, tolerabilidad y seguridad. Asimismo, se valoraron aquellos estudios realizados a partir de 2015 en los idiomas inglés o español.

4.2.2 Criterios de exclusión

En cuanto a los criterios de exclusión, se apartaron otras revisiones, estudios duplicados, estudios sin carácter empírico y estudios que no están publicados en bases de datos científicas.

4.3. Estrategia de Búsqueda

Con respecto a la estrategia de selección, las siguientes bases de datos fueron consultadas entre octubre de 2025 y febrero de 2026, filtrando el intervalo temporal de 10 años, desde 2015 hasta 2025: “Cochrane”, “PsycInfo”, “Pubmed”, “ScienceDirect” y “Scopus”. Así pues, la búsqueda documental se realizó introduciendo términos como: “EMT”/ “EMTr”/ “Estimulación Magnética Transcraneal”/“TMS”/“rTMS”/“iTBS”/“Repetitive Transcraneal Magnetic Stimulation”/ “Cocaine”/ “Cocaina”/ “Stimulants”/ “Addiction”/ “Adicción”/ “Dependance”/ “Drug abuse”/ “Alcohol”/ “AUD”/ “Cocaine Use Disorder”/ “CUD”/ “Consumption”/ “Prefrontal Cortex”, que, a su vez, se ajustaron con los operadores booleanos AND y OR.

4.4. Proceso de Selección de los Estudios

El proceso de selección de los estudios comprendió el seguimiento de los parámetros de la declaración PRISMA. El proceso de extracción de datos se llevó a cabo en Endnote 20.0, un gestor de referencias bibliográficas que permitió la clasificación, organización y eliminación de citas.

En este sentido, es importante destacar que inicialmente se identificaron los registros de mayor relevancia a través de la búsqueda sistemática en las bases de datos seleccionadas. Todos los registros recuperados se exportaron a un gestor bibliográfico donde se eliminaron los duplicados. Inmediatamente después, se realizó un proceso de cribado dividido en dos fases. En la primera, una única revisora independiente se encargó de evaluar los títulos y resúmenes de los estudios identificados con el fin de establecer su grado de elegibilidad, teniendo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión. Posteriormente, se procedió a la lectura a texto completo de los artículos seleccionados, con el propósito de confirmar que los artículos tuvieran la información necesaria para responder de forma adecuada a los objetivos de la revisión. Una vez se ejecutaron estos pasos, todos los criterios de inclusión fueron incorporados en la síntesis cualitativa. El proceso completo de identificación, cribado, elegibilidad e inclusión de los estudios se presenta en el diagrama de flujo PRISMA (véase **Figura 2**).

4.5. Proceso de Extracción de Datos

El proceso de extracción de datos comprendió la exposición de elementos de interés en una matriz de datos según los aspectos mencionados a continuación:

- Características del estudio: autor, año, país y tipo de estudio.
- Características de los participantes: adultos con adicción.
- Características de la intervención: Protocolo EMT, frecuencia e intensidad, región cerebral, N° sesiones y duración de la aplicación, variables clínicas *craving* y consumo, otras psicológicas.
- Características de los resultados: Resultados primarios y seguridad.

4.6. Evaluación del Riesgo de Sesgo

Para evaluar la calidad de los estudios se procedió a utilizar la herramienta RoB 2 (*Risk of Bias 2*) desarrollada por Cochrane para evaluar el riesgo de sesgo en ensayos clínicos aleatorizados (ECA). Su objetivo principal es analizar la calidad metodológica de cada estudio y determinar la confianza que se puede tener en sus resultados. El riesgo de sesgo de los ECA se llevó a cabo por medio de esta herramienta en la cual se posibilita abordar los siguientes aspectos (Sterne et al., 2019):

- a) El proceso de aleatorización (D1).

- b) Las desviaciones de las intervenciones previstas (D2).
- c) Los datos de resultados faltantes (D3).
- d) La medición del resultado (D4).
- e) La selección de los resultados informados (D5).

Asimismo, es importante destacar que a través de esta herramienta el riesgo de sesgo se clasificó de la siguiente manera:

- ✓ Bajo riesgo de sesgo, se confía en el efecto de la intervención.
- ✓ Riesgo incierto sesgo, se duda sobre la estimación de la intervención.
- ✓ Alto riesgo de sesgo, donde existe una elevada probabilidad de desviación.

Por otra parte, para otorgar una mayor validez en la investigación, se utilizó el sistema GRADE (*Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation*) a fin de establecer el nivel de certeza global de toda la revisión. En concreto, esta herramienta permite evaluar la calidad de la evidencia para cada resultado. Además, se enfoca en el rigor metodológico individual de los estudios en función del impacto y confianza en el resultado de la intervención.

Se seleccionó el sistema GRADE para valorar la validez y fiabilidad de los ensayos clínicos aleatorizados (ECA). Aunque generalmente los ECA son de alta calidad, existen riesgos relacionados con el rigor metodológico de los estudios.

El análisis del sistema GRADE sirve para evaluar el rigor metodológico y así proceder con la selección de estudios. Este se llevó a cabo atendiendo a cinco dominios que permiten reflejar la calidad de la evidencia. Estos dominios son:

- Dominio clave 1. Riesgo de sesgo (Sesgo de aleatorización, sesgo de desviación, datos faltantes, sesgo de medición, sesgo de resultados seleccionados).
- Dominio 2-5. Elementos que afectan la confianza (Inconsistencia, imprecisión, evidencia indirecta, sesgo de publicación).
- Proceso de selección. Se determina el grado de rigor metodológico, en base a una calidad alta, moderada, baja o muy baja.

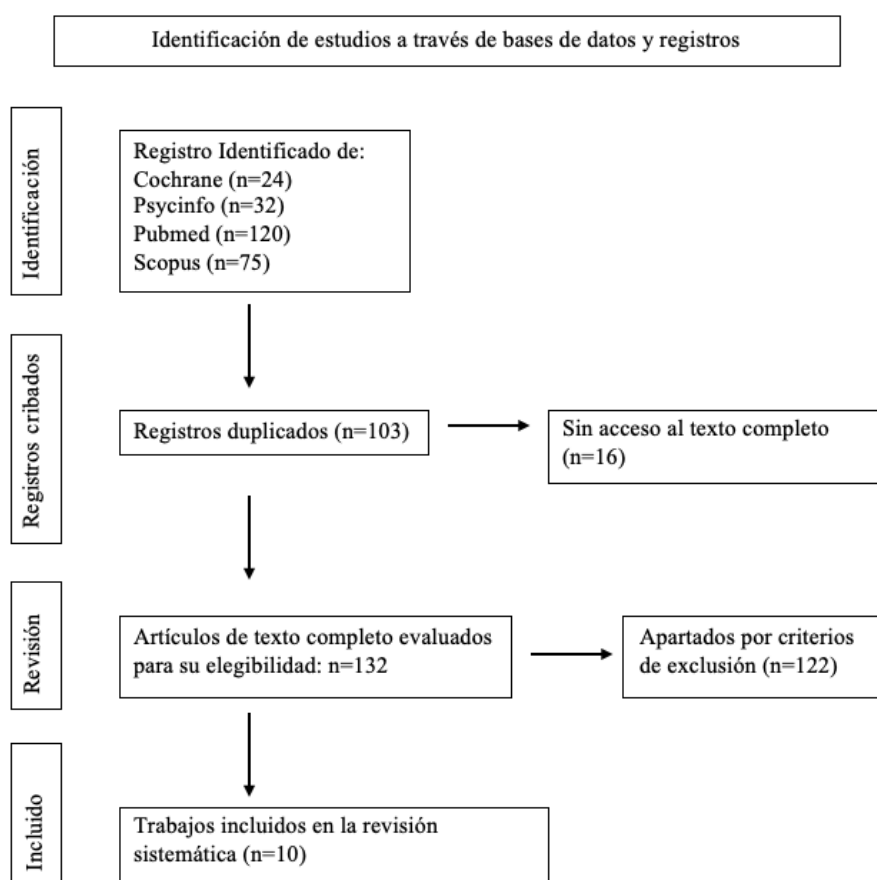
5. Resultados

5.1. Selección de los Estudios

Debido a la dificultad encontrada para buscar estudios empíricos en español, la revisión se basó en estudios en inglés. El diagrama de flujo PRISMA muestra el proceso por el cual se han seleccionado los estudios definitivos. Inicialmente se identificaron 251 artículos que coincidían con las palabras referidas en el título en las bases de datos. Tras la eliminación de 103 estudios duplicados y la exclusión de 16 artículos por falta de acceso a texto completo de forma gratuita, se procedió a la evaluación de la elegibilidad de 132 estudios. Finalmente, la aplicación de los criterios de exclusión permitió suprimir 120 artículos, permitiendo la inclusión de 10 artículos en la revisión sistemática sobre alcohol y cocaína. El Diagrama de flujo PRISMA en la **Figura 2** refleja el proceso realizado.

Figura 2.

Diagrama Flujo Prisma.



5.2. Características de los estudios

En cuanto a las características de los estudios seleccionados, se distribuyen de manera heterogénea a lo largo del tiempo. El estudio más antiguo se realizó en el año 2016, mientras que el más actual, en el año 2023.

La evidencia analizada se ha respaldado en los estudios experimentales. Los ECA cuentan con un diseño prospectivo, aleatorizado y controlado. Este tipo de diseño con EMT permite aislar el efecto biológico de la estimulación de las expectativas psicológicas de los pacientes. De esta forma se consigue una garantía mayor sobre el rigor científico de los resultados alcanzados. Asimismo, en lo que refiere a la población, predominan sujetos adultos, en su mayoría varones que han sido diagnosticados con algún trastorno por uso de sustancias (TUS), destacando cocaína y alcohol.

Por otra parte, en cuanto a los parámetros de la intervención, los estudios incluidos se han centrado en la corteza prefrontal dorsolateral (CPFdl) derecha, izquierda o bilateral y en la corteza prefrontal ventromedial (CPFvm). Esto se debe a que la estimulación en la región juega un papel importante en el control inhibitorio y en la regulación de los circuitos de recompensa. Desde esta línea, se encontró que las medidas de estimulación fueron principalmente de alta frecuencia desde los 10 Hz o los 15 Hz por su potencial excitatorio, con una intensidad establecida al 100% del umbral motor en reposo. Estos métodos fueron aplicados en un número de sesiones variadas entre los estudios, en donde, el mínimo identificado fue de 5 y el máximo fue de 20. Las variaciones en frecuencia, intensidad y duración afectan de manera diferente sobre la plasticidad cerebral.

Por último, con relación a las variables de resultados y su eficacia clínica en los estudios se midió el craving, el consumo y variables psicológicas como la ansiedad, depresión e impulsividad, los cuales fueron analizados por medio de distintas escalas y cuestionarios. Con respecto a los hallazgos, se encontró que el uso de la EMTr es superior al placebo en algunos casos, siendo capaz de disminuir la urgencia de consumo y mejorando las funciones ejecutivas de los pacientes. Esta técnica se caracteriza por su seguridad, siendo generalmente bien tolerada. Solo se reportaron efectos secundarios de leve gravedad y transitorios, en donde no se vio comprometida la integridad neurológica de los pacientes.

También, se ha diseñado una matriz de datos que expone datos característicos sumamente específicos de los artículos seleccionados, los cuales se encuentran en el **Anexo C**.

5.3. Riesgo de sesgo y calidad de evidencia

La evaluación del riesgo de sesgo individual de los estudios se llevó a cabo a través del Rob 2.0, reflejado en la **Tabla 1**:

Tabla 1.

Evaluación del riesgo de sesgo: Rob 2.0

Artículo	D1a	D1b	D2	D3	D4	D5	Overall
Terraneo et al. (2016)	!	+	+	+	!	+	!
Bolloni et al. (2016)	+	+	+	+	+	+	+
Addolorato et al. (2017)	+	+	+	+	+	+	+
Raikwar et al. (2020)	+	+	+	+	+	+	+
Lolli (2021)	+	+	+	+	+	+	+
Garza-Villarreal et al. (2021)	+	+	+	+	+	+	+
Martinotti et al. (2022)	+	+	+	+	+	+	+
Harel et al. (2022)	+	+	+	+	+	+	+
Zhang et al. (2022)	+	+	+	+	+	+	+
Hoven et al.(2023)	+	+	+	+	+	+	+

Nota. El símbolo (+) en verde indica bajo riesgo de sesgo, (!) en amarillo, indica algunas preocupaciones y (-) en rojo, indica alto riesgo de sesgo. De este modo, la tabla anterior evidencia que la mayoría de los estudios presentan bajo riesgo de sesgo con un diseño robusto. Sin embargo, la investigación de Terraneo et al. (2016) es la única con riesgo incierto tanto en la aleatorización de la muestra, como en el uso de medidas imprecisas para la evaluación de los resultados. Por este motivo, sus conclusiones se interpretarán con especial cautela.

Tabla 2.

Evaluación de la calidad de evidencia metodología de los estudios: Sistema GRADE.

Calidad de la Evidencia	Riesgo de Sesgo	Inconsistencia	Evidencia Indirecta	Imprecisión	Sesgo de Publicación	Certeza Global
Craving (Ansia/deseo de consumo)	0	0	0	0	No detectado	ALTA
Consumo / Recaída	-1	0	0	-1	No detectado	MODERADA
Seguridad (Efectos Adversos)	0	0	0	0	No detectado	ALTA

Nota. Los resultados de la tabla anterior demuestran que la calidad metodológica de los estudios es “alta” al determinar que el efecto de la EMTr sobre el craving se aproxima al efecto de otros estudios. Asimismo, se ha establecido en un nivel de “moderada” en cuanto a la calidad de la evidencia sobre la variable consumo, porque existe la posibilidad de que el efecto sea distinto.

5.5. Resultados de los Estudios

El análisis de los estudios incluidos ha permitido entender distintos elementos claves de la eficacia de la EMTr y sus efectos. Sin embargo, casi no han comparado su eficacia con respecto a la de intervenciones psicológicas, sino asociada al tratamiento farmacológico o a la simulación de la estimulación con placebo. De los diez estudios, cinco analizaron el impacto de la EMTr en la corteza prefrontal en la adicción a la cocaína, y cinco en la adicción al alcohol.

Empezando por los resultados de la dependencia a la cocaína, en el estudio de Terraneo et al. (2016), los resultados obtenidos desde la psicología clínica han destacado la importancia de fortalecer el control inhibitorio de los pacientes. Encontraron, que la estimulación de la CPFdl facilita la disminución del consumo de cocaína. Del mismo modo, concluyeron que la neuroestimulación tiene un papel fundamental en los cambios biológicos del paciente que se relacionan con los procesos de control de impulsos sobre la adicción. En la fase 1 de su estudio se observó una cantidad mayor de análisis de orina toxicológicos negativos en el grupo de intervención en comparación con el grupo control farmacológico ($p= 0,004$), encontrando que

el deseo de consumir cocaína también fue menor en este grupo ($p= 0,038$). No obstante, no encontraron diferencias significativas en la mejora de síntomas depresivos (SCL-90) entre grupos. Así pues, los resultados positivos con EMTr no se debieron a la mejora de sintomatología depresiva.

Por otra parte, el estudio de Bolloni et al. (2016) investigó el efecto de la EMTr bilateral en la CPF. Ellos confirmaron la hipótesis planteada sobre la implicación de la estimulación en la regulación y el equilibrio de los circuitos de recompensa. Desde una perspectiva clínica, supondría que el deseo de la persona de consumir disminuiría ante claves ambientales relacionadas con la sustancia al percibir los riesgos. Esto facilitaría la reestructuración cognitiva, al conseguir desvincular la asociación entre los estímulos y la compulsión. A nivel estadístico no se encontró un efecto significativo entre el tiempo y el efecto del tratamiento ($F 4,32 = 0,35$; $p = 0,87$), aunque, por otra parte, se visualizó una tendencia descendente en el consumo de cocaína en el grupo de intervención activa ($F 3,23 = 3,42$; $p = 0,04$) versus simulada ($F 3,15 = 1,88$; $p = 0,20$). Asimismo, las diferencias en la tasa de abandono entre grupo control y experimental sugieren que la EMTr fortalece la adherencia terapéutica.

Otro aspecto de interés encontrado en el estudio de Martinotti et al. (2022), fue que la EMT consigue la reducción del craving y favorece la plasticidad cerebral. La plasticidad se vincula con la flexibilidad cognitiva, por lo que podría consolidar favorablemente nuevos aprendizajes y herramientas psicoterapéuticas. En este caso no se visualizaron diferencias significativas en el número de días en abstinencia a la cocaína al final del tratamiento (T2: Activo, $60,1 \pm 30,6$; Simulado, $52,9 \pm 31,8$) ni en el seguimiento (T3: Activo, $73,3 \pm 52,2$; Simulado, $55,2 \pm 42,8$) aunque sí se observó una tendencia a favor del grupo activo ($p= 0,09$). También demostró que la EMTr tuvo resultados positivos sobre la sintomatología depresiva severa comórbida con el trastorno por consumo de cocaína tras 20 sesiones de estimulación que se mantuvieron hasta la fase de seguimiento. Además, en este subgrupo se encontró una reducción de la cantidad de días de consumo. El estudio encontró correlación positiva entre mayor número de sesiones de EMTr y mejora de la sintomatología depresiva.

En el caso de Lolli et al. (2021) el uso de una frecuencia de 15 Hz permitió a los investigadores observar una mejora potencialmente significativa en los pacientes a nivel de la toma de decisiones en la subescala de afectividad negativa de la impulsividad (UPPS-P). Este aspecto, desde la psicología clínica, implica que el sujeto logra recuperar de forma gradual la

capacidad de evaluar las consecuencias de sus acciones de consumo a largo plazo. La gravedad del craving inducido por señales asociadas a la cocaína (VAS Peak) disminuyó significativamente en el grupo de EMTr tras el tratamiento ($p < 0,03$). Por otro lado, la mejora en los síntomas depresivos (SDQ) no tuvo diferencias significativas entre grupos, aunque sí una tendencia ascendente en el grupo placebo.

Otra investigación descubrió que la EMTr junto al tratamiento estándar disminuyó significativamente el deseo de consumo ($3,9 \pm 3,6$; 2 semanas: $1,5 \pm 2,4$, $p = ,013$, $d = 0,77$) y la impulsividad ($64,8 \pm 16,8$; 2 semanas: $53,1 \pm 17,4$, $p = ,011$, $d = 0,79$). Por otra parte, los síntomas de ansiedad y depresión mejoraron en ambos grupos, sin concluir que los efectos fueran específicos de la aplicación de la EMT (Garza-Villarreal et al., 2021).

Por otro lado, en cuanto a los resultados de los estudios de dependencia al alcohol, Addolorato et al. (2017), encontraron un aumento significativo en los días de abstinencia en el grupo sometido a EMTr en comparación con el grupo control (real: $p = 0,03$; simulado: $p = 0,22$, prueba t pareada). En sus conclusiones, ambos estudios demostraron que la EMTr sirvió para mitigar el déficit neuroquímico, permitiendo lograr una reconexión en las áreas del cerebro que contribuyen a que los adictos desarrollen mayor autocontrol emocional y conductual. En cuanto a los niveles de ansiedad, encontraron diferencias significativas en la reducción de la sintomatología (STAI-Y1). Sin embargo, no mostró efectividad para síntomas depresivos ni en el grupo placebo ni en el experimental.

En cambio, el estudio de Harel et al. (2022) demostró que el deseo de consumir alcohol tras el tratamiento y el porcentaje de días de consumo excesivo durante el seguimiento fueron significativamente menores en el grupo de tratamiento activo en comparación con el grupo de control ($2,9 \pm 0,8$ % frente a $10,6 \pm 1,9$ %, $p = 0,037$). Además, encontraron que la EMTr en la CPFvm se relacionó con una menor conectividad funcional en estado de reposo, asociando los beneficios directamente a la actividad de la red cerebral.

El estudio de Raikwar et al. (2020) y el de Hoven et al. (2023) también investigaron los efectos de la elevada frecuencia de estimulación en la disminución del deseo de consumo de pacientes hospitalizados. Se basaron en la hipótesis de que la frecuencia excitatoria ayuda a que se prolonguen los efectos de las intervenciones psicológicas cognitivo-conductuales. Sin embargo, Raikwar et al. (2020) no encontraron diferencias significativas en las puntuaciones

del deseo entre el grupo experimental y control a lo largo del estudio. Aunque, inicialmente los síntomas de craving se redujeron levemente en el grupo EMT, no fue significativo y el efecto no perduró en el tiempo. En el caso de Hoven et al. (2022) la EMTr no mostró efectos beneficiosos significativos con respecto al número de días en abstinencia de los pacientes a corto plazo, ni en los 6 meses de seguimiento ($124 \pm 65,9$ días, activo = $115 \pm 69,8$ días, diferencia: 9 días, intervalo de confianza del 95 % IC). Tampoco encontraron diferencias significativas en las escalas de craving Obsessive Compulsive Drinking Scale, ni en Alcohol Urgency Scale.

Por último, Zhang et al. (2022) revelaron mediante el uso de biomarcadores específicos, que la EMTr tiene la capacidad de proporcionar un efecto neuroprotector en pacientes dependientes de alcohol. Además, mostró ser eficaz para la reducción de craving y consumo, con efectos reguladores en variables psicológicas relacionadas con el funcionamiento social y mental. Por este motivo, refuerzan la idea de que este tipo de intervención no solo permite que se controlen los síntomas, sino que, a su vez, se transforma en un instrumento que favorece la recuperación biológica de la salud mental.

6. Discusiones

La presente revisión sistemática se ha realizado con el objetivo general de revisar la literatura actual que valora la eficacia de la estimulación magnética transcraneal en el tratamiento por uso de sustancias. A la luz de los resultados obtenidos la evidencia ha reflejado que la EMTr ha surgido como un instrumento terapéutico con un potencial significativo para incidir en los mecanismos neurobiológicos que perpetúan la adicción a la cocaína y al alcohol. A pesar de ello, se ha encontrado que los efectos de su aplicación y su transcurso difieren de acuerdo con múltiples variables tales como los parámetros de estimulación, región estimulada y tipo de sustancia consumida por los participantes.

En cuanto al hallazgo principal, los estudios sobre el impacto de la EMT en ambos trastornos adictivos encuentran efectividad en la reducción del deseo de consumo con diferencias en la zona cerebral estimulada. Por un lado, los que investigaron a la EMT en la adicción a la cocaína evidencian el papel de la CPFdl izquierda y su efecto en la disminución del craving (Terraneo et al., 2016; Garza-Villarreal et al., 2021; Lolli et al., 2021). Estos resultados aceptan la hipótesis de que la estimulación de la corteza prefrontal dorsolateral (CPFdl) puede restaurar el equilibrio en los circuitos de recompensa. En concordancia con lo

expuesto por Perrotta et al. (2022), la estimulación de esta región favorece la puesta en marcha del mecanismo top-down implicado en el control de impulsos emocionales y automáticos desde las habilidades cognitivas superiores. Por otra parte, en el trastorno por uso de alcohol, aunque la estimulación de la CPFdl resultó beneficiosa, también se observaron efectos positivos al aplicarla sobre la CPFvm (Harel et al. 2022). Este resultado reafirma la necesidad de continuar investigando esta área relacionada con la regulación emocional, reducción de estrés y su impacto indirecto sobre el consumo (Harmelech et al., 2023).

En segundo lugar, se han localizado resultados heterogéneos con respecto a las variables psicológicas entre sustancias. Los estudios de Garza-Villarreal et al. (2021) y de Lolli et al. (2021) destacan principalmente la mejora de la estimulación en la impulsividad en el consumo de cocaína, mientras que Addolorato et al. (2017), muestran su beneficio en la reducción de síntomas de ansiedad. Las diferencias en la eficacia de las variables psicológicas ponen de manifiesto el correcto funcionamiento de la EMTr sobre distintos circuitos prefrontales sobre las alteraciones neurológicas y procesos cognitivos producidos por las sustancias estimulantes y depresivas. Por el contrario, pese a que no se encontraron resultados concluyentes que evidenciaran la mejora de la sintomatología depresiva en la adicción, se demostró su potencial en un subgrupo con comorbilidad depresiva (Martinotti et al., 2022). Este dato refleja que los mecanismos neurológicos implicados en la depresión primaria difieren de los de la sintomatología depresiva causada por las adicciones, impidiendo la generalización de los protocolos de su tratamiento.

En los estudios se ha evidenciado la efectividad de la EMT en la reducción del consumo de cocaína y alcohol. Sin embargo, se encontraron matices en la eficacia a largo plazo en algunas investigaciones, como en el caso de Bolloni et al. (2016). En este estudio los autores no encontraron diferencias significativas entre los grupos durante el seguimiento prolongado, aunque sí registraron mejoras en el grupo activo durante el tratamiento. Dicha discrepancia sugiere que, aunque la EMT es eficaz para disminuir la reducción del consumo de sustancias, su capacidad para mantener la abstinencia puede limitarse si no se incorpora dentro de un proceso de intervención multidisciplinar.

Por otro lado, en la investigación también se logró abordar la sinergia entre la neuromodulación y la psicoterapia clínica, en donde, se ha determinado que las adicciones no solo representan un fenómeno biológico, sino, a su vez, una disfunción de procesos cognitivos

y emocionales. Esto se refleja en el caso de Hu et al. (2022) donde la evidencia proporcionada demostró que la combinación de EMTr y la terapia cognitivo-conductual (TCC) potencia la adherencia al tratamiento, favoreciendo los resultados a largo plazo. En cambio, los resultados obtenidos por Hoven et al. (2023) no evidenciaron lo anterior, pudiendo explicarse por la coexistencia de TCC con tratamiento farmacológico anticraving. El tratamiento farmacológico pudo bloquear la sensación de deseo, por lo que se sugiere realizar otros estudios que analicen el efecto de EMT y TCC sin la intervención de psicofármacos.

Asimismo, aunque la literatura en cuestión ha demostrado resultados alentadores, se ha puesto de manifiesto la existencia de un reto potencial con la ausencia de estandarización en los protocolos de estimulación. Por tanto, algunos estudios reflejaron variaciones significativas en la frecuencia, intensidad, cantidad de sesiones y la lateralidad de la estimulación, siendo limitante generalizar los resultados. De igual manera, la medición del craving presenta complejidades con respecto a su naturaleza subjetiva, en donde, la heterogeneidad de las escalas psicométricas usadas en diferentes estudios puede incorporar sesgos sobre la interpretación de la mejoría clínica. Así pues, la psicología clínica tiene la responsabilidad de liderar el desarrollo y la estandarización de medidas de evaluación que permitan capturar de manera precisa y objetiva las transformaciones que se desarrollan en los procesos cognitivos y emocionales de pacientes tratados con EMT.

Finalmente, en relación con la seguridad y tolerabilidad, los hallazgos presentados a lo largo de la revisión permitieron demostrar que la EMT es una técnica segura debido a la ocasional aparición de síntomas leves y transitorios. Los efectos secundarios mayormente reportados fueron cefaleas leves o cansancio temporal, los cuales no comprometieron la integridad física y/o emocional de los pacientes. De hecho, el estudio de Terraneo et al. (2016) encontró que el grupo en tratamiento con EMTr tuvo mejores resultados que el grupo al que se administraron fármacos ansiolíticos, antidepresivos y somníferos. Sin embargo, no atendieron a los efectos secundarios producidos por los psicofármacos de los que se conoce su común aparición. Por último, cabe destacar que el pequeño tamaño de la muestra y el periodo de aplicación de los estudios pudo haber afectado positivamente a su manifestación. Se conoce que la estimulación puede producir crisis epilépticas en aproximadamente 1 de cada 1000 personas, pero todavía no se ha investigado su seguridad en trastornos psiquiátricos, ni en combinación con medicamentos concretos (Artieda & Iriarte, 2023; Taylor et al., 2021).

7. Conclusión

El estudio exhaustivo de la literatura científica actual me permitió llegar a una serie de conclusiones que mencionaré a continuación:

1. La EMTr de alta frecuencia es un instrumento potencialmente eficaz para disminuir el craving y el consumo en pacientes con trastornos por el consumo de alcohol y cocaína. Asimismo, es una técnica capaz de modular la excitabilidad cortical, fortaleciendo mecanismos de control inhibitorio y reduciendo considerablemente la necesidad del consumo.
2. A largo plazo, la eficacia de la EMT ha demostrado resultados heterogéneos, sugiriendo la posibilidad de incorporarlo como herramienta terapéutica combinada con otras intervenciones.
3. Desde la psicología clínica, la EMT no se considera como tratamiento aislado, sino que se caracteriza por ser un elemento facilitador de la psicoterapia con potencial en la regulación emocional de síntomas depresivos y de ansiedad. Mejora la función ejecutiva y disminuye los impulsos, en donde, por ejemplo, la EMT+TCC podría ser un modelo robusto para el abordaje de la adicción.
4. Los resultados encontrados reflejan que la EMT es una técnica segura, no invasiva y con efectos secundarios mínimos y transitorios. Esto evidencia una tolerabilidad elevada que puede favorecer significativamente la adherencia al tratamiento, siendo más eficaz y fiable que las intervenciones farmacológicas por sí solas.
5. Por último, cabe destacar que existe variabilidad sobre los protocolos de aplicación que determinan la eficacia, donde la estimulación excitatoria de la CPFdl ha mostrado resultados satisfactorios.

No obstante, si bien se han encontrado resultados prometedores, el desarrollo del estudio se ha asociado con una serie de limitaciones que han condicionado la interpretación de los resultados y su respectiva generalización debido a que:

- Se observó una falta de uniformidad en los protocolos de estimulación, dificultando la comparación directa entre las investigaciones. Además, se encontraron estudios con participantes en distintas etapas del proceso de cambio de la adicción, en donde no se midió la motivación. Por ello, se cuestiona la fiabilidad y validez objetiva de las técnicas de evaluación, especialmente, de los autorregistros en las fases de seguimiento.

- La mayoría de las investigaciones se han desarrollado con un tamaño muestral pequeño, disminuyendo la potencia estadística para reconocer diferencias. Además, la proporción de hombres es superior al de mujeres en todos ellos.
- Escasos estudios midieron la efectividad de la EMT aplicada en conjunto con técnicas concretas de psicoterapia, lo que dificulta valorar su eficacia clínica de manera objetiva.

Por último, en base a las limitaciones encontradas se proponen las siguientes futuras líneas de investigación:

- Se recomienda realizar estudios multicéntricos con muestras amplias que compartan distintos parámetros de estimulación de acuerdo con el tipo de sustancia, la gravedad de la adicción y el perfil neurocognitivo del paciente.
- Es necesario realizar nuevos estudios científicos que evidencien la duración óptima del tratamiento con uniformidad en el seguimiento, donde se determine adecuadamente la estabilidad de los efectos.
- Por otro lado, se sugiere la realización de estudios que comparen los resultados de craving basal, con los de craving inducido por señales en el contexto controlado del ingreso hospitalario y en el contexto normativo.
- Además, se invita a realizar estudios que diferencien el impacto de su aplicación en hombres y mujeres para tener una visión más individualizada de su eficacia y seguridad.
- Especialmente, este trabajo quiere fomentar la investigación de la EMT en conjunto con terapias cognitivo-conductuales, debido a los resultados encontrados en la reducción sintomática de craving, consumo y variables psicológicas.

En definitiva, la literatura revisada expone la complejidad de tratar los trastornos por consumo de sustancias y la necesidad de buscar alternativas eficaces. Los resultados obtenidos tras la aplicación de EMTr en el tratamiento de la adicción al alcohol y a la cocaína, la sitúan como herramienta complementaria con un elevado potencial clínico en la reducción de los síntomas conductuales y emocionales. No obstante, no se deben dejar de lado las limitaciones mencionadas que obstaculizan conocer su eficacia clínica real. Por ello, este trabajo quiere fomentar la investigación de las intervenciones neurobiológicas confiando en el funcionamiento del tratamiento de estos trastornos desde un enfoque multidisciplinario.

8. Referencias

- Addolorato, G., Antonelli, M., Cocciolillo, F., Vassallo, G. A., Tarli, C., Sestito, L., Mirijello, A., Ferrulli, A., Pizzuto, D. A., Camardese, G., Miceli, A., Diana, M., Giordano, A., Gasbarrini, A., & Di Giuda, D. (2017). Deep Transcranial Magnetic Stimulation of the Dorsolateral Prefrontal Cortex in Alcohol Use Disorder Patients: Effects on Dopamine Transporter Availability and Alcohol Intake. *European neuropsychopharmacology : the journal of the European College of Neuropsychopharmacology*, 27(5), 450–461. <https://doi.org/10.1016/j.euroneuro.2017.03.008>
- American Psychiatric Association. (2023). Trastornos relacionados con sustancias y trastornos adictivos. *Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales (DSM-5-TR)* (5.^a ed., pp. 543-644). Editorial Médica Panamericana.
- Antonelli, M., Fattore, L., Sestito, L., Di Giuda, D., Diana, M., & Addolorato, G. (2021). *Transcranial magnetic stimulation: A review about its efficacy in the treatment of alcohol, tobacco and cocaine addiction*. *Addictive Behaviors*, 114, 106760. <https://doi.org/10.1016/j.addbeh.2020.106760>
- Artieda González-Granda J. & Iriarte Franco, J., (Eds.). (2023). *Estimulación magnética transcraneal* (pp.287-303). En *Manual de neurofisiología clínica*. Médica Panamericana.
- Bolloni, C., Panella, R., Pedetti, M., Frascella, A. G., Gambelunghe, C., Piccoli, T., Maniaci, G., Brancato, A., Cannizzaro, C., & Diana, M. (2016). Bilateral Transcranial Magnetic Stimulation of the Prefrontal Cortex Reduces Cocaine Intake: A Pilot Study. *Frontiers in psychiatry*, 7, 133. <https://doi.org/10.3389/fpsyt.2016.00133>
- Cardoner, N. (2015). Otros tratamientos biológicos en psiquiatría. En J. Vallejo Rubola (Ed.), *Introducción a la psiquiatría y psicopatología* (8.^a ed., pp. 1341-1342). Elsevier Masson.
- Donse, L., Padberg, F., Sack, A. T., Rush, A. J., & Arns, M. (2018). Simultaneous rTMS and psychotherapy in major depressive disorder: Clinical outcomes and predictors from a

large naturalistic study. *Brain stimulation*, 11(2), 337–345.

<https://doi.org/10.1016/j.brs.2017.11.004>

Ekhtiari, H., Tavakoli, H., Addolorato, G., Baeken, C., Bonci, A., Campanella, S., Borckardt, J. J., David, S. P., De Ridder, D., den Uyl, T. E., Diana, M., Dinur-Klein, L., Fecteau, S., Fitzgerald, P. B., Grall-Bronnec, M., Herremans, S. C., Klauss, J., Langguth, B., Leite, J., ... Zangen, A. (2019). Transcranial electrical and magnetic stimulation (tES and TMS) for addiction medicine: A consensus paper on the present state of the science and the road ahead. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 104, 118–140. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2019.06.007>

European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction & European Union Drugs Agency. (2024a). *European Drug Report 2024: Trends and Developments*. <https://www.emcdda.europa.eu>

European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction & European Union Drugs Agency. (2024b). *Cannabis: The current situation in Europe*. https://www.euda.europa.eu/publications/european-drug-report/2025/cannabis_enFeil

Garza-Villareal, E. A., Alcalá-Lozano, R., Fernández-Lozano, S., Morelos-Santana, E., Dávalos, A., Villacaña, V., Alcauter, S., Castellanos, F. X., & González-Olvera, J. J. (2021). Clinical and functional connectivity outcomes of 5-Hz repetitive transcranial magnetic stimulation as an add-on treatment in cocaine use disorder: A double-blind randomized controlled trial. *Biological Psychiatry: Cognitive Neuroscience and Neuroimaging*, 6 (7), 745-757. <https://doi.org/10.1016/j.bpsc.2021.01.003>

Gay, A., Cabe, J., De Chazeron, I., Lambert, C., Defour, M., Bhoowabul, V., Charpeaud, T., Tremey, A., Llorca, P. M., Pereira, B., & Brousse, G. (2022). Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation (rTMS) as a Promising Treatment for Craving in Stimulant Drugs

- and Behavioral Addiction: A Meta-Analysis. *Journal of clinical medicine*, 11(3), 624. <https://doi.org/10.3390/jcm11030624>
- Harel, M., Perini, I., Kämpe, R., Alyagon, U., Shalev, H., Besser, I., Sommer, W. H., Heilig, M., & Zangen, A. (2022). Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation in Alcohol Dependence: A Randomized, Double-Blind, Sham-Controlled Proof-of-Concept Trial Targeting the Medial Prefrontal and Anterior Cingulate Cortices. *Biological psychiatry*, 91(12), 1061–1069. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2021.11.020>
- Harmelech, T., Hanlon, C. A., & Tendler, A. (2023). Transcranial Magnetic Stimulation as a Tool to Promote Smoking Cessation and Decrease Drug and Alcohol Use. *Brain sciences*, 13(7), 1072. <https://doi.org/10.3390/brainsci13071072>
- Hoven, M., Schluter, R. S., Schellekens, A. F., van Holst, R. J., & Goudriaan, A. E. (2023). Effects of 10 add-on HF-rTMS treatment sessions on alcohol use and craving among detoxified inpatients with alcohol use disorder: a randomized sham-controlled clinical trial. *Addiction (Abingdon, England)*, 118(1), 71–85. <https://doi.org/10.1111/add.16025>
- Hu, X., Zhang, T., Ma, H., Zhou, X., Wang, H., Wang, X., Cheng, C., Li, Y., Duan, R., Zhang, B., Wang, H., Lu, J., Kang, C., Zhao, N., Zhang, Y., Tian, L., Liu, J., Shi, J., Wang, Z., . . . Liu, L. (2022). Repetitive transcranial magnetic stimulation combined with cognitive behavioral therapy treatment in alcohol-dependent patients: A randomized, double-blind sham-controlled multicenter clinical trial. *Frontiers in Psychiatry*, 13, Article 935491. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2022.935491>
- Huang, Y. Z., Edwards, M. J., Rounis, E., Bhatia, K. P., & Rothwell, J. C. (2005). Theta burst stimulation of the human motor cortex. *Neuron*, 45(2), 201–206. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2004.12.033>
- Koob, G. F., & Volkow, N. D. (2016). Neurobiology of addiction: A neurocircuitry analysis. *The Lancet Psychiatry*, 3(8), 760–773. [https://doi.org/10.1016/S2215-0366\(16\)00104-8](https://doi.org/10.1016/S2215-0366(16)00104-8)

- Leyton, M., & Vezina, P. (2014). Dopamine ups and downs in vulnerability to addictions: A neurodevelopmental model. *Trends in Pharmacological Sciences*, 35 (6), 268-276. <https://doi.org/10.1016/j.tips.2014.04.002>
- Lolli, F., Salimova, M., Scarpino, M., Lanzo, G., Cossu, C., Bastianelli, M., Occupati, B., Gori, F., Del Vecchio, A., Ercolini, A., Pascolo, S., Cimino, V., Meneghin, N., Fierini, F., D'Anna, G., Innocenti, M., Ballerini, A., Pallanti, S., Grippo, A., & Mannaioni, G. (2021). A randomised, double-blind, sham-controlled study of left prefrontal cortex 15 Hz repetitive transcranial magnetic stimulation in cocaine consumption and craving. *PloS one*, 16(11), e0259860. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0259860>
- Lomas C. (2026). Neurobiology, psychotherapeutic interventions, and emerging therapies in addiction: a systematic review. *Journal of addictive diseases*, 44(1), 14–32. <https://doi.org/10.1080/10550887.2024.2440184>
- Malavera, M., Silva, F., García, R., Rueda, L., & Carrillo, S. (2014). Fundamentos y aplicaciones clínicas de la estimulación magnética transcraneal en neuropsiquiatría. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 43 (1), 32-39. <https://doi.org/10.1016/j.rcp.2013.11.003>
- Martinotti, G., Pettorruso, M., Montemitto, C., Spagnolo, P. A., Acuti Martellucci, C., Di Carlo, F., Fanella, F., di Giannantonio, M., & Brainswitch Study Group (2022). Repetitive transcranial magnetic stimulation in treatment-seeking subjects with cocaine use disorder: A randomized, double-blind, sham-controlled trial. *Progress in neuro-psychopharmacology & biological psychiatry*, 116, 110513. <https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2022.110513>
- Mehta, D. D., Praecht, A., Ward, H. B., Sanches, M., Sorkhou, M., Tang, V. M., Steele, V. R., Hanlon, C. A., & George, T. P. (2023). A systematic review and meta-analysis of neuromodulation therapies for substance use disorders. *Neuropsychopharmacology*:

official publication of the American College of Neuropsychopharmacology, 49(4), 649–680. <https://doi.org/10.1038/s41386-023-01776-0>

Minozzi, S., Amato, L., Vecchi, S., Davoli, M., Kirchmayer, U., & Verster, A. (2016). Dopamine agonists for the treatment of cocaine dependence. *Cochrane Database of Systematic Reviews* (5), CD003352. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003352.pub4>

Observatorio Español de las Drogas y las Adicciones. (2024). Plan Nacional Sobre Drogas. *Informe 2024: Alcohol, tabaco y drogas ilegales en España*. Ministerio de Sanidad.

https://pnsd.sanidad.gob.es/profesionales/sistemasInformacion/informesEstadisticas/pdf/2024_OEDA-Informe.pdf

Observatorio Español de las Drogas y las Adicciones. (2025). Plan Nacional Sobre Drogas. *Estadísticas 2024: Alcohol, tabaco y drogas ilegales en España*. Ministerio de Sanidad.

https://pnsd.sanidad.gob.es/en/profesionales/sistemasInformacion/informesEstadisticas/pdf/2024OEDA_ESTADISTICAS.pdf

Organización de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito. (2024a). *World Drug Report 2024 Overview*. United Nations Office on Drugs and Crime. https://www.unodc.org/unodc/es/press/releases/2024/June/unodc-world-drug-report-2024_-harms-of-world-drug-problem-continue-to-mount-amid-expansions-in-drug-use-and-markets.html

Organización de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito. (2024b). *World Drug Report 2024 Key findings and conclusions*. United Nations Office on Drugs and Crime. https://www.unodc.org/documents/data-andanalysis/WDR_2024/WDR24_Key_findings_and_conclusions.pdf

- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372(n71). <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Perrotta, D., & Perri, R. L. Mini-review: When neurostimulation joins cognitive-behavioral therapy. On the need of combining evidence-based treatments for addiction disorders. *Neuroscience Letters*. (2022). <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2022.136588>
- Peterchev, A. V., Wagner, T. A., Miranda, P. C., Nitsche, M. A., Paulus, W., Lisanby, S. H., Pascual-Leone, A., & Bikson, M. (2012). Fundamentals of transcranial electric and magnetic stimulation dose: Definition, selection, and reporting practices. *Brain Stimulation*, 5(4), 435–453. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2011.10.001>
- Proyecto Hombre Madrid. (2025). *Informe Observatorio Proyecto Hombre Madrid 2024*. <https://www.proyectohombremadrid.org>
- Proyecto Hombre. (2024). *Informe del Observatorio Proyecto Hombre 2024*. Asociación Proyecto Hombre. <https://proyectohombre.es/informes/informe-2024/>
- Raikwar, S., Divinakumar, K. J., Prakash, J., Khan, S. A., GuruPrakash, K. V., & Batham, S. (2020). A sham-controlled trial of repetitive transcranial magnetic stimulation over left dorsolateral prefrontal cortex and its effects on craving in patients with alcohol dependence. *Industrial psychiatry journal*, 29(2), 245–250. https://doi.org/10.4103/ipj.ipj_53_19
- Ramírez-López, A., & Verdugo-Díaz, L. (2023). Terapia de extinción y estimulación magnética transcraneal para el tratamiento de trastornos de ansiedad. *Horizonte Sanitario*, 22(2), 435-443. <https://doi.org/10.19136/hs.a22n2.4977>
- Sterne, J. A., Savović, J., Page, M. J., Elbers, R. G., Blencowe, N. S., Boutron, I., ... & Higgins, J. P. (2019). RoB 2: a revised tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ*, 366(14898). <https://doi.org/10.1136/bmj.14898>

- Taylor, J. J., Newberger, N. G., Stern, A. P., Phillips, A., Feifel, D., Betensky, R. A., & Press, D. Z. (2021). Seizure risk with repetitive TMS: Survey results from over a half-million treatment sessions. *Brain Stimulation*, 14(4), 965-973. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2021.05.012>
- Terraneo, A., Leggio, L., Saldini, M., Ermani, M., Bonci, A., & Gallimberti, L. (2016). Transcranial magnetic stimulation of dorsolateral prefrontal cortex reduces cocaine use: A pilot study. *European Neuropsychopharmacology*, 26 (1), 37-44. <https://doi.org/10.1016/j.euroneuro.2015.11.011>
- United Nations Office on Drugs and Crime. (2025). World Drug report 2025: *Key findings*. https://www.unodc.org/documents/data-and-analysis/WDR_2025/WDR25_B1_Key_findings.pdf
- Volkow, N. D., Koob, G. F., & McLellan, A. T. (2019a). Neurobiologic advances from the brain disease model of addiction. *The New England Journal of Medicine*, 374(4), 363–371. <https://doi.org/10.1056/NEJMr1511480>
- Volkow, N. D., Michaelides, M., & Baler, R. (2019b). The neuroscience of drug reward and addiction. *Physiological Reviews*, 99(4), 2115–2140. <https://doi.org/10.1152/physrev.00014.2018>
- Xu, X., Xu, M., Su, Y., Cao, T. V., Nikolin, S., Moffa, A., Loo, C., & Martin, D. (2023). Efficacy of Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation (rTMS) Combined with Psychological Interventions: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Brain sciences*, 13(12), 1665. <https://doi.org/10.3390/brainsci13121665>
- Zhai, T., Gu, H., Salmeron, B. J., Stein, E. A., & Yang, Y. (2023). Disrupted dynamic interactions between large-scale brain networks in cocaine users are associated with dependence severity. *Biological Psychiatry: Cognitive Neuroscience and Neuroimaging*, 8(3), 324–334. <https://doi.org/10.1016/j.bpsc.2022.08.010>

- Zhang, T., Song, B., Li, Y., Duan, R., Gong, Z., Jing, L., Wang, K., Ma, B., & Jia, Y. (2022). Neurofilament Light Chain as a Biomarker for Monitoring the Efficacy of Transcranial Magnetic Stimulation on Alcohol Use Disorder. *Frontiers in behavioral neuroscience*, *16*, 831901. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2022.831901>
- Ziemann, U., Reis, J., Schwenkreis, P., Rosanova, M., Strafella, A., Badawy, R., & Müller-Dahlhaus, F. (2015). TMS and drugs revisited 2014. *Clinical neurophysiology : official journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, *126*(10), 1847–1868. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2014.08.028>
- Zilverstand, A., Huang, A. S., Alia-Klein, N., & Goldstein, R. Z. (2020). Neuroimaging impaired response inhibition and salience attribution in drug addiction. *Biological Psychiatry*, *87*(12), 109–118. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2019.06.017>
- Zorzo, C., Banqueri, M., Higarza, S. G., Pernía, A. M., & Arias, J. L. (2019). Estado actual de la estimulación magnética transcraneal y sus aplicaciones en psiquiatría. *Actas Españolas de Psiquiatría*, *47*(3), 110-120.

9. Anexos

Anexo A. 6 redes cerebrales de Zilverstand et al. (2020)

Clasificación de red	Áreas cerebrales implicadas	Funciones en la adicción
1. Ejecutiva	Corteza prefrontal ventrolateral y dorsolateral.	Relacionada con el mantenimiento de los objetivos y la motivación. Afecta en la elección de respuestas. En el consumo, dificulta el control inhibitorio y la autorregulación.
2. De recompensa	Núcleo accumbens, estriado ventral, cíngulo anterior subgenual, cíngulo anterior rostral, corteza prefrontal anterior y corteza orbitofrontal.	Relacionada con el aprendizaje por reforzamiento. Sostiene el valor subjetivo del consumo con las expectativas de los incentivos y refuerzos motivacionales. Activa el craving ante señales asociadas a la sustancia.
3. De hábitos/estriada	Dorsal caudado y putamen.	Relacionada con las conductas automáticas y la transición del control a la búsqueda compulsiva de la sustancia.
4. De saliencia	Ínsula, corteza cingulada anterior dorsal, lóbulo parietal inferior.	Relacionada con las respuestas a estímulos relevantes y la integración de información interoceptiva. La activación de esta red lleva al craving y a la búsqueda compulsiva por el foco atencional.
5. Autodirigida/por defecto	Corteza prefrontal dorsomedial, precúneo, corteza cingulada posterior.	Relacionada con la autorregulación y la conciencia. Su activación dificulta la realización de tareas cognitivas exigentes dirigidas por otros, percepción errónea de lo relevante y deterioro de la autoconciencia.
6. De memoria	Hipocampo, parahipocampo, rhinal y corteza retrosplenial.	Relacionada con la memoria y el aprendizaje. Interfiere en la flexibilidad cognitiva y el pensamiento reflexivo. Está correlacionada con la red de hábitos.

Anexo B. Modalidades y protocolos de la Estimulación Magnética Transcraneal

Técnica/protocolo	Tipo de modulación cortical	Función terapéutica psicológica principal	Procesos psicológicos implicados	Aplicación clínica en adicciones
EMTr/ alta frecuencia (≥ 5 Hz)	Excitatoria	Potenciar funciones ejecutivas	Mejora el control inhibitorio, regulación del craving, actúa sobre la capacidad de planificación	Reducción del craving y prevención de recaídas mediante el fortalecimiento y del control top-down.
EMTr/ baja frecuencia (≤ 1 Hz)	Inhibitoria	Disminuir hiperactividad cortical	Disminución de impulsividad y reactividad a claves	Inhibición de circuitos asociados a respuestas compulsivas
iTBS (Estimulación Theta-Burst Intermitente)	Excitatoria	Facilitar plasticidad adaptativa	Potenciación rápida del control cognitivo y flexibilidad	Alternativa breve a rTMS alta frecuencia para modular craving y control ejecutivo
cTBS (Estimulación Theta-Burst Continua)	Inhibitoria	Inhibir circuitos disfuncionales	Reducción de reactividad automática y saliencia de claves	Disminución de la respuesta automática ante estímulos asociados a la sustancia
EMTp (EMT profunda)	Excitatoria o mixta (bilateral y profunda)	Modular redes frontoestriadas profundas	Regulación de craving, control de impulsos, motivación	Intervención sobre circuitos de recompensa y control implicados en adicciones resistentes

Anexo C. Características de los estudios

Autor y año	Tipo de estudio	Muestra	Protocolo EMT	Frecuencia e Intensidad	Región cerebral	N° sesiones y duración de la aplicación	Variables clínicas craving y consumo	Otras	Resultados	Seguridad
Cocaína										
Bolloni et al. (2016)	ECA controlado	N= 10 6 EMTr 4 control (placebo)	EMTr Bilateral Bobina H1	10 Hz alta frecuencia 100% intensidad UMR 50 pulsos por tren en un total de 20 trenes/sesión. Intervalo entre trenes 15 segundos.	CPFdl bilateral profunda que alcanza: núcleo accumbens, estriado ventral, circuito mesolímbico	12 sesiones totales de 10 minutos. Variables por semana a lo largo de 28 días.	Craving no: se menciona sin registro. Consumo sí: toxicología capilar antes durante y post-tratamiento.	Tiempo de tratamiento. T0-T3	Consumo a largo plazo entre grupos sin diferencias significativas. Entre EMTr en el tiempo con leve mejora en T3.	Aunque no utilizan registros, mencionan 1 caso leve de cefalea, sin reportes de riesgo.
Terraneo et al. (2016)	Ensayo clínico aleatorizado (ECA) controlado	N=32 16 EMTr 16 control (farmacológico)	EMTr	15Hz alta frecuencia (excitatoria) 100% de intensidad umbral motor en reposo (UMR) 60 pulsos por tren. Intervalo entre trenes 15 segundos.	CPFdl izquierda	8 sesiones totales de 13 minutos a lo largo de 29 días.	Craving sí: Visual Analog Scale (VAS) en cada sesión. Consumo sí: análisis urinario.	Sintomatología depresiva: subescala SCL-90	Craving: mejora en EMTr sobre control Consumo: mejora de la abstinencia tras noveno día. Síntomas depresivos: mejora en ambos.	Evaluada en cada estimulación. Sin registros de riesgo.
Garza-Villareal et al. (2021)	ECA doble ciego controlado	N=44 24 EMTr 20 control (placebo)	EMTr	5Hz alta frecuencia 100% del umbral motor 2000 pulsos por sesión. 5000 al día.	CPFdl izquierda	2 semanas de fase aguda con 2 sesiones al día por 10 días. Fase de mantenimiento con 2 sesiones a la semana durante 6 meses.	Craving sí: VAS y CCQ. Consumo sí: análisis urinario y TLFB en la fase de mantenimiento.	Impulsividad: Barratt impulsiveness Scale (BIS-11) Ansiedad: Escala de Hamilton de Ansiedad (HARS) Depresión: Escala de Hamilton de Depresión (HDRS) Sueño: índice de la calidad de sueño (PSQI) Conectividad funcional con	En la fase aguda: Craving: reducción en EMTr frente a control en VAS. CCQ no significativo. Consumo: sin reducción de analíticas positivas significativas. Impulsividad: reducción significativa en grupo EMTr. Ansiedad, depresión y sueño: mejora significativa sin	No fue cuantificada, pero se monitorizó y se registraron los efectos adversos. No se reportaron eventos graves.

								FMRI. Entre CPFdl y CPFvm, y entre CPFvm y giro angular derecho.	diferencias entre EMTr y control. En la fase de mantenimiento sin el grupo control: Craving: la reducción se sostiene hasta tres meses. Consumo: sin cambios. Impulsividad: se mantiene la mejora 3 meses.	
Lolli et al. (2021)	ECA doble ciego controlado	N=62 32 EMTr 30 control	EMTr	15Hz alta frecuencia 100% UMR 2400 pulsos por sesión	CPFdl izquierda	15 sesiones totales en 4 semanas, y seguimiento posterior de otras 8 semanas. 3 fases: T0, T1, T2	Craving sí: VAS base-VAS peak y CCQ. Consumo sí: análisis urinario y autoinforme de consumo.	Depresión: cuestionario de síntomas depresivos (SDQ). Anhedonia: Escala de Placer de Hamilton (SHAPS). Impulsividad: escala de la conducta impulsiva UPPS-Pn.	Craving: reducción significativa a lo largo del tiempo, sin diferencias entre grupos. En craving inducido por señales solo reducción significativa de T0 a T1 en EMTr. En cuanto a CCQ, solo reducción significativa en el grupo control de T0 a T1. Consumo: sin reducción significativa de negativos en los análisis de orina. Los reportes de autoinforme fueron mejores en grupo EMTr. Depresión: En ambos grupos hay mejora sintomática de T0 a T1. En el grupo control empeora la sintomatología de T1 a T2.	Monitorizaron clínicamente los eventos adversos. Solo 1 paciente tuvo síntomas transitorios de parestesia. Sin reportes de eventos graves en ninguno de los grupos.

									Anhedonia: solo mejora síntomas el grupo control de T0 a T1	
									Impulsividad: solo mejoría significativa en EMTr entre T0 y T2.	
Martinotti et al. 2022	ECA controlado y pre-post. Inducción al craving los 2 primeros minutos con 240 imágenes de cocaína.	N= 69 Analizados: 36 EMTr 33 control (placebo)	EMTr	10Hz alta frecuencia 110% intensidad UMR 3000 pulsos por sesión	CPFdl izquierda	15 sesiones totales 1 sesión diaria. Duración de 3 semanas.	Craving sí: CCQ-Brief a lo largo de T0-T3 Consumo sí: análisis urinario y TLFB	Depresión:Montgomery Asberg Depression Rating Scale (MADRS).	Craving: reducción en ambos grupos, sin diferencias significativas entre ellos. Consumo: reducción significativa en días de consumo/semana en ambos grupos. La proporción de análisis de orina positivos se redujo en ambos grupos EMTr fue de 12.8% y en Control 23.5% con respecto a basal. Síntomas depresivos: mejora significativamente mayor en grupo EMTr tras 20 sesiones.	No se reportaron eventos adversos graves en ninguno de los grupos.
Alcohol										
Addolorato et al. (2017)	ECA doble ciego controlado longitudinal	N= 11 5 EMTr 6 control (placebo)	EMTr profunda	10Hz alta frecuencia. 100% intensidad UMR 2000 pulsos por sesión	CPFdl bilateral	12 sesiones a lo largo de 3 semanas.	Craving sí: La escala del consumo obsesivo compulsivo (OCDS) se administró al inicio y un mes después. Consumo sí: con TLFB para nº de días de consumo, de abstinencia, nº de bebidas al día. Al inicio se usó la escala de	Niveles de ansiedad: se midieron al inicio (STAI Y1) y después del tratamiento (STAI Y2) con el inventario de ansiedad estado-rasgo (STAI)	Craving: sin cambios significativos en craving pre-post, ni entre grupos. Consumo: incremento significativo de los días de abstinencia en EMTr (p=0.030). También hubo una reducción significativa	No se reportaron efectos adversos.

							la dependencia al alcohol (ADS) para la intensidad del consumo.	Depresión: Escala de autoevaluación para la depresión de Zung.	del nº de días de consumo y del nº de bebidas al día. El nº de días de consumo intenso disminuyó en los dos grupos, solo siendo significativo en EMTr.	
									Ansiedad: reducción significativa en EMTr (STAI Y1).	
									Depresión: sin cambios significativos en los grupos.	
Raikwar et al. (2020)	ECA controlado longitudinal	N=60 30 EMTr 30 control (placebo)	EMTr	10Hz alta frecuencia 120% intensidad UMR 800 pulsos al día.	CPFdl izquierda	10 sesiones totales a lo largo de 10 días.	Craving sí: Cuestionario de craving al alcohol (ACQ-NOW) en las tres fases.	No	Craving: sin reducción significativa (p=0.226)	No se menciona la seguridad y tolerabilidad
Harel et al. (2022)	ECA doble ciego con placebo	N= 51 pacientes EMTr activa versus simulada	EMTr	Alta Frecuencia de 10 Hz	CPFvm y cingulada anterior	15 sesiones de EMTr. 5 sesiones por semana durante un periodo de 3 semanas.	Consumo sí: Porcentaje de Días de Consumo Intenso (PHDD) y niveles de etilglucurónico (EtG) en orina. Craving sí: Escalas de autoinforme de deseo de consumo	Prueba de Identificación de Trastornos por Consumo de Alcohol Escala de Dependencia del alcohol	El grupo de EMTr activo mostró una reducción significativamente mayor en el porcentaje de días de consumo intenso en comparación con el grupo placebo (p = 0.013) al final de las 18 semanas.	El tratamiento fue bien tolerado. No se reportaron efectos adversos.

Zhang et al. (2022)	ECA controlado	N=45 31 EMTr 15 control (placebo) Casi todos fueron hombres.	EMTr	20Hz alta frecuencia 80-110% intensidad UMR	CPFdl izquierda	10 sesiones diarias 5 días a la semana de 10 minutos a lo largo de 2 semanas.	Craving sí: VAS. Consumo sí: autorregistros de consumo, tipo de bebida consumida, nº de bebidas consumidas a la semana, nº de días.	Salud mental: versión China de Medical Outcomes Study SF-36: 4 subescalas funcionamiento social, vitalidad, salud mental y rol emocional.	Craving: VAS indicó reducción significativa del craving en grupo EMTr (p<0.01) Consumo: reducción del nº de días de consumo intenso a la semana en ambos grupos, siendo más efectivo en el grupo EMTr (p<0.01). Salud Mental: el grupo EMTr mejoró significativamente más que el grupo control, especialmente en funcionamiento social y en salud mental. Sin diferencias significativas en vitalidad ni en rol emocional en ninguno de los grupos. Correlación positiva entre reducción del VAS y reducción de días de consumo intenso	Realizaron el Safety Screening Questionnaire y examen médico con precaución de las contraindicaciones previas al tratamiento. Solo 2 personas reportaron cefaleas leves y transitorias.
Hoven et al. (2023)	ECA paralelo controlado con cegamiento simple	N=80 40 EMTr +TCC/TAC 40 control (placebo) Abstinentes/d etoxicación hospitalizados Seguimiento tras 3, 6 y 12 meses del tratamiento.	EMTr	10Hz alta frecuencia. 110% intensidad UMR	CPFdl derecha	10 sesiones en 10 días hábiles	Craving sí: OCDS y con el cuestionario de urgencia al alcohol (AUQ) y TLFB Consumo sí: miden el nº de días de abstinencia hasta la primera recaída y gramos del alcohol a lo largo de 6 meses post-tratamiento.	No	Craving: sin reducción significativa en ninguno de los grupos (p=0.122). Consumo: Nº de días abstinentes: sin diferencias significativas en los grupos tras 6 meses. Tampoco se encontraron diferencias en los gramos de alcohol.	Monitorizaron los efectos secundarios en una lista: con cefalea, pitido en el oído y cansancio en el grupo activo, con los mismos reportados menos el pitido de oído en el grupo control.