TESIS DOCTORAL

UCAM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE MURCIA

ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO

Programa de Doctorado en Ciencias de la Salud

Estructura intelectual de la estimulación cerebral no invasiva y sus principales técnicas. Un estudio bibliométrico.

Autora:

Inmaculada Ruiz López

Director:

Dr. D. Juan Martínez Fuentes

Murcia, 30 de septiembre de 2025

TESIS DOCTORAL

UCAM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE MURCIA

ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO

Programa de Doctorado en Ciencias de la Salud

Estructura intelectual de la estimulación cerebral no invasiva y sus principales técnicas. Un estudio bibliométrico.

Autora:

Inmaculada Ruiz López

Director:

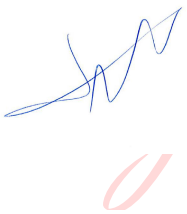
Dr. D. Juan Martínez Fuentes

Murcia, 30 de septiembre de 2025

AUTORIZACIÓN DEL DIRECTOR DE LA TESIS
PARA SU PRESENTACIÓN

El Dr. D. Juan Martínez Fuentes como Director de la Tesis Doctoral titulada "Estructura intelectual de la estimulación cerebral no invasiva y sus principales técnicas. Un estudio bibliométrico" realizada por Dña. Inmaculada Ruiz López en el Programa de Doctorado de Ciencias de la Salud, **autoriza su presentación a trámite** dado que reúne las condiciones necesarias para su defensa.

Lo que firmo, para dar cumplimiento al Real Decreto 99/2011 de 28 de enero, en Murcia a 30 de septiembre de 2025.



Firmado digitalmente por MARTINEZ FUENTES JUAN - 23008124M
Nombre de reconocimiento (DN): c=ES, serialNumber=IDCES-23008124M, givenName=JUAN, sn=MARTINEZ FUENTES, cn=MARTINEZ FUENTES JUAN - 23008124M
Fecha: 2025.11.24 10:18:29 +01'00'

(1) Si la Tesis está dirigida por más de un Director tienen que constar y firmar ambos.

RESUMEN

INTRODUCCIÓN: La estimulación cerebral no invasiva (ECNI) comprende un conjunto de técnicas, entre ellas la estimulación magnética transcraneal (EMT) y la estimulación transcraneal por corriente directa (tDCS), que han transformado la investigación y la práctica clínica en neurología y psiquiatría. Su creciente aplicación ha generado un volumen sustancial de literatura, lo que plantea la necesidad de identificar su estructura intelectual mediante métodos bibliométricos que permitan analizar la evolución del campo, sus núcleos de conocimiento y su proyección futura. **OBJETIVOS:** El objetivo general fue identificar la estructura intelectual de la ECNI, EMT y tDCS. Los objetivos específicos incluyeron: analizar la evolución de la producción científica mediante indicadores de productividad; examinar los indicadores estructurales y los clústeres generados; y explorar la influencia de los fenómenos temporales en la configuración del campo. **MÉTODO:** Se desarrolló un estudio bibliométrico centrado en la base de datos Web of Science, incluyendo documentos publicados hasta 2023. Se realizaron estrategias de búsqueda sensibles con el uso de términos vinculados a las técnicas. El análisis se desarrolló con el software CiteSpace, evaluando indicadores de producción (publicaciones, autores, instituciones, países, revistas), estructurales (coautoría, colaboración institucional e internacional, cocitación de documentos, número de nodos y enlaces, centralidad, densidad y proporción de nodos de la red), y temporales (*Bursts* y Sigma) y clúster (modularidad, silueta y etiquetado LSI, LLR y MI). Se diferenciaron los resultados globales de la ECNI y los específicos de EMT y tDCS. **RESULTADOS:** Se identificaron más de 30.000 documentos sobre ECNI, con un crecimiento exponencial a partir del 2000. En producción, lideran *Harvard University, National Institutes of Health* y *University of Göttingen* como instituciones de referencia y autores clave como Pascual-Leone, Rothwell, Nitsche y Fregni. Los indicadores estructurales muestran una red madura y cohesionada, donde los consensos acumulan citación, los estudios experimentales aportan centralidad y la densidad y proporción de nodos reflejan estabilidad. Temporalmente, bursts y sigma señalan la transición desde fases exploratorias hacia la consolidación clínica, y los clústeres confirman comunidades robustas en torno a aspectos metodológicos, fisiológicos y clínicos. En la tDCS, la producción se acelera tras 2015 con liderazgo

de *Universidade de São Paulo* y *University of Göttingen* y autores como Fregni, Nitsche y Bikson; los indicadores estructurales reflejan una red fragmentada con citación concentrada en trabajos pioneros y centralidad en consensos recientes, lo que unido a su menor densidad confirma un campo en consolidación; los fenómenos temporales marcan un recorrido desde aplicaciones iniciales en ictus hasta consensos internacionales, y los clústeres agrupan guías de seguridad, plasticidad y rehabilitación. En la EMT, la producción tiene su máximo tras 2011 destacando *Harvard University* y *University College London* y autores como Pascual-Leone y Rothwell; los indicadores estructurales revelan una red densa y amplia, donde documentos mecanicistas y guías combinan citación y centralidad confirmando su madurez; los fenómenos temporales reproducen un patrón tripartito con innovaciones como la estimulación theta-burst que también alcanzan alta relevancia en sigma, y los clústeres muestran comunidades consolidadas en seguridad, depresión y excitabilidad. **CONCLUSIONES:** La ECNI constituye un campo científico consolidado y en continua expansión, donde la EMT representa una técnica madura y estandarizada y la tDCS un ámbito emergente en proceso de consolidación. La identificación de la estructura intelectual mediante análisis de cocitación permite comprender la dinámica entre producción, estructura y fenómenos temporales, y aporta una visión integrada del estado actual y de las perspectivas futuras de la neuromodulación no invasiva.

PALABRAS CLAVE: Neurociencias, Neurología, Rehabilitación Médica, Rehabilitación Psicológica.

ABSTRACT

INTRODUCTION: *Non-invasive brain stimulation (NBIS) comprises a set of techniques, including transcranial magnetic stimulation (TMS) and transcranial direct current stimulation (tDCS), which have transformed research and clinical practice in neurology and psychiatry. Their growing application has generated a substantial volume of literature, raising the need to identify their intellectual structure using bibliometric methods that allow for analysis of the field's evolution, its cores of knowledge, and its future prospects.* ***OBJECTIVES:*** *The overall objective was to identify the intellectual structure of ECNI, EMT, and tDCS. Specific objectives included: analyzing the evolution of scientific output using productivity indicators; examining structural indicators and the clusters generated; and exploring the influence of temporal phenomena on the configuration of the field.* ***METHOD:*** *A bibliometric study was conducted focusing on the Web of Science database, including documents published up to 2023. Sensitive search strategies were carried out using terms related to the techniques. The analysis was performed using CiteSpace software, evaluating production indicators (publications, authors, institutions, countries, journals), structural indicators (co-authorship, institutional and international collaboration, document co-citation, number of nodes and links, centrality, density, and proportion of network nodes), and temporal (bursts and sigma) and cluster (modularity, silhouette, and LSI, LLR, and MI labeling) indicators. The overall results of ECNI and the specific results of EMT and tDCS were differentiated.* ***RESULTS:*** *More than 30000 documents on ECNI were identified, with exponential growth since 2000. In terms of production, Harvard University, the National Institutes of Health, and the University of Göttingen lead as reference institutions, and Pascual-Leone, Rothwell, Nitsche, and Fregni are key authors. Structural indicators show a mature and cohesive network, where consensus accumulates citations, experimental studies contribute centrality, and node density and proportion reflect stability. Temporally, bursts and sigma indicate the transition from exploratory phases to clinical consolidation, and clusters confirm robust communities around methodological, physiological, and clinical aspects. In tDCS, production accelerated after 2015, led by the University of São Paulo and the University of Göttingen and authors such as Fregni, Nitsche, and Bikson. Structural indicators reflect a fragmented network with citations concentrated in pioneering works and centrality in recent consensus, which, together with its lower density, confirms a field in consolidation. Temporal phenomena mark a journey from initial applications in stroke to international*

consensus, and clusters group together guidelines on safety, plasticity, and rehabilitation. In the EMT, production peaked after 2011, with Harvard University and University College London and authors such as Pascual-Leone and Rothwell standing out; structural indicators reveal a dense and extensive network, where mechanistic documents and guidelines combine citation and centrality, confirming their maturity; temporal phenomena reproduce a tripartite pattern with innovations such as theta-burst stimulation, which also achieve high relevance in sigma, and clusters show consolidated communities in safety, depression, and excitability. ***CONCLUSIONS:*** *ECNI is a consolidated and continuously expanding scientific field, where EMT represents a mature and standardized technique and tDCS an emerging field in the process of consolidation. The identification of intellectual structure through co-citation analysis allows us to understand the dynamics between production, structure, and temporal phenomena, and provides an integrated view of the current state and future prospects of non-invasive neuromodulation.*

KEYWORDS: *Neuroscience, Neurology, Medical Rehabilitation, Psychological Rehabilitation.*

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis no es solo el fruto de años de estudio, esfuerzo y constancia, sino también el reflejo de todas las personas que me han acompañado, sostenido y esperado pacientemente en este camino, incluso en aquellos momentos en que mis ausencias se hicieron inevitables.

Quiero agradecer a mis compañeros de trabajo y a mis alumnos, porque en cada día compartido encontré una oportunidad para crecer, no solo como profesional, sino también como persona. Ellos han sido inspiración, motor y espejo de aprendizaje continuo.

A mi familia y amigas, con especial gratitud hacia mis padres, por estar siempre presentes a pesar de la distancia, acompañándome en cada paso con su amor incondicional y su apoyo silencioso, pero firme.

Un agradecimiento profundo y sincero a mi director de tesis, cuya guía, paciencia y sabiduría han marcado el rumbo de este trabajo, iluminando con su experiencia cada una de mis decisiones académicas.

Guardo también en mi corazón a todas aquellas personas que me acompañaron en vida y que hoy me miran desde el cielo. Esta tesis es un homenaje a quienes no tuvieron la oportunidad de estudiar, pero me transmitieron con su ejemplo los valores más grandes: el esfuerzo, la constancia y la humildad. Algunos renunciaron a su propio futuro académico y profesional para sostener a su familia, y gracias a esos sacrificios hoy yo he podido alcanzar este logro. A ellos les dedico especialmente estas páginas.

A Nieves, María y Claudia por creer en mí sin condiciones y convertirse en parte de mi familia, regalándome confianza y apoyo en los momentos más necesarios.

A Rubén, por estar a mi lado con paciencia cada vez que lo necesité, y al doctor Chaomei Chen, por su generosidad y ayuda para que pudiera manejar CiteSpace con precisión, herramienta esencial en esta investigación.

A todos, a los que están y a los que ya partieron, a los que me han acompañado de cerca y a los que lo hicieron desde la distancia, a quienes me

enseñaron a creer, a resistir y a seguir… a todos ustedes, mi más profundo y eterno agradecimiento.

"El hombre está dotado de capacidades que le permiten realizar los más increíbles proyectos, de forma que no debemos considerar la utopía como algo irrealizable, sino como un reto posible, cuando existe voluntad de alcanzarlo".

Daniel Cremades Cerdán (1932-2023).

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN **7**

I - INTRODUCCIÓN **35**

1.1. Definición e Historia de la Estimulación Cerebral No Invasiva **35**

1.2. Aplicaciones de la Estimulación Cerebral No Invasiva **37**

1.2.1. La estimulación cerebral no invasiva como herramienta terapéutica. ... 38

1.2.2. La estimulación cerebral no invasiva como herramienta diagnóstica. .. 41

1.3. Tipos de Estimulación Cerebral No Invasiva **42**

1.4. Estimulación Magnética Transcraneal. **55**

1.4.1. Definición y efectos de la estimulación magnética transcraneal. 55

1.4.2. Aplicación de la estimulación magnética transcraneal. 59

1.4.3. Efectos secundarios y contraindicaciones de la estimulación magnética transcraneal. 62

1.5. Estimulación Transcraneal con Corriente Directa. **62**

1.5.1. Definición y efectos de la estimulación transcraneal con corriente directa….. 62

1.5.2. Aplicación de la estimulación transcraneal con corriente directa. 64

1.5.3. Efectos secundarios y contraindicaciones de la estimulación transcraneal con corriente directa. 66

1.6. Sistemas de Localización de los Puntos de Estimulación. **67**

1.7. Cienciometría y Bibliometría **71**

1.7.1. Fundamentos Conceptuales de la Bibliometría y la Cienciometría 71

1.7.2. Leyes Fundamentales de la Bibliometría 75

1.7.3. Enfoques Cualitativos y Cuantitativos en el Análisis de la Ciencia 78

1.7.4. Bibliometría y Cienciometría en la Evaluación de la Actividad Científica ……...79
1.7.5. Herramientas y Técnicas.... 80
1.7.6. Aplicación en Neurociencia.... 83
II - JUSTIFICACIÓN.... 87
III - OBJETIVOS.... 91
IV - MATERIAL Y MÉTODO.... 95
4.1. Diseño del estudio.... 95
4.2. Fases del Estudio.... 96
4.3. Fase de Selección.... 96
4.3.1. Dominio de análisis.... 96
4.3.2. Criterios de selección y Unidad de estudio.... 96
4.3.3. Fuente de datos.... 97
4.4. Fase de Procesado.... 98
4.4.1. Herramienta de Análisis.... 98
4.4.2. Extracción y Procesado de Datos.... 100
4.4.3. Normalizado y podado de datos.... 104
4.5. Fase de Análisis.... 105
4.5.1. Visualización red fusionada.... 105
4.5.1.1. Elementos visuales del grafo.... 106
4.5.2. Indicadores Analizados.... 111
4.5.3. Indicadores cuantitativos.... 111
4.5.4. Indicadores estructurales.... 111
4.5.4.1. Medidas de frecuencia (ocurrencia o citación).... 112
4.5.4.2. Centralidad.... 112
4.5.4.3. Densidad de la red de cocitación.... 112
4.5.4.4. Proporción de nodos de la red de cocitación.... 113

4.5.5. Indicadores temporales. 114
4.5.5.1. Explosión de citación de un documento (Burst) 114
4.5.5.2. Capacidad de innovación o Sigma (∑) 115
4.5.6. Análisis de los clústeres temáticos. 115
4.5.7. Evaluación intrínseca de clústeres 116
4.5.7.1. Modularidad Q 116
4.5.7.2. Silueta de los clústeres 117
4.5.8. Evaluación extrínseca de los clústeres 117
4.5.8.1. Etiquetado automático de los clústeres (minería de textos) 118
V - RESULTADOS 123
5.1. Resultados de los Indicadores Cuantitativos en Estimulación Cerebral no Invasiva 123
5.1.1. Evaluación de la producción científica en estimulación cerebral no invasiva 123
5.1.2. Revista más productiva en estimulación cerebral no invasiva 124
5.1.3. Autor más productivo en estimulación cerebral no invasiva 125
5.1.4. Institución y país más productivo en estimulación cerebral no invasiva 126
5.2. Resultados de Indicadores Estructurales en Estimulación Cerebral no Invasiva 128
5.2.1. Análisis de coautoría 128
5.2.2. Análisis de colaboración institucional 131
5.2.3. Análisis de colaboración internacional 133
5.2.4. Análisis de cocitación de documentos 136
5.3. Resultados de los Indicadores Temporales en Estimulación Cerebral no Invasiva 142
5.3.1. Análisis *Burst* de los documentos citados 142

5.3.2. Análisis de la capacidad de innovación o Sigma (∑) de los documentos citados…. 143

5.4. Resultados del Análisis Clúster de Documentos Citados en Estimulación Cerebral no Invasiva 147

5.5. Resultados de los Indicadores Cuantitativos en Estimulación Transcraneal con Corriente Directa 163

5.5.1. Evaluación de la producción científica en estimulación transcraneal con corriente directa 163

5.5.2. Revista más productiva en estimulación transcraneal con corriente directa ……163

5.5.3. Autor más productivo en estimulación transcraneal con corriente directa ……165

5.5.4. Institución y país más productivo en estimulación transcraneal con corriente directa 166

5.6. Resultados de los Indicadores Estructurales en Estimulación Transcraneal con Corriente Directa 169

5.6.1. Análisis de coautoría 169

5.6.2. Análisis de colaboración institucional 172

5.6.3. Análisis de colaboración internacional 174

5.6.4. Análisis de cocitación de documentos 178

5.7. Resultados de los Indicadores Temporales en Estimulación Transcraneal con Corriente Directa 184

5.7.1. Análisis *Burst* de los documentos citados 184

5.7.2. Análisis de la capacidad de innovación o Sigma (∑) de los documentos citados. ……186

5.8. Resultados del Análisis Clúster de Documentos Citados en Estimulación Transcraneal con Corriente Directa 190

5.9. Resultados de los Indicadores Cuantitativos en Estimulación Magnética Transcraneal 197

5.9.1. Evaluación de la producción científica en estimulación magnética transcraneal 197

5.9.2. Revista más productiva en estimulación magnética transcraneal 198

5.9.3. Autor más productivo en estimulación magnética transcraneal 199

5.9.4. Institución y país más productivo en estimulación magnética transcraneal 200

5.10. Resultados de los Indicadores Estructurales en Estimulación Magnética Transcraneal. 203

5.10.1. Análisis de coautoría 203

5.10.2. Análisis de colaboración institucional 206

5.10.3. Análisis de colaboración internacional 209

5.10.4. Análisis de cocitación de documentos 210

5.11. Resultados de los Indicadores Temporales en Estimulación Magnética Transcraneal 218

5.11.1. Análisis *Burst* de los documentos citados 218

5.11.2. Análisis de la capacidad de innovación o Sigma (∑) de los documentos citados…..... ……..220

5.12. Resultados del Clúster de Documentos Citados en la EMT 223

VI - DISCUSIÓN 241

6.1. Análisis de la Estructura Intelectual de la Estimulación Cerebral no Invasiva.. 241

6.2. Análisis de la Estructura Intelectual de la Estimulación Transcraneal con Corriente Directa 251

6.3. Análisis de la Estructura Intelectual de la Estimulación Magnética Transcraneal 259

VII - CONCLUSIONES 273

VIII - LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN 279

8.1. Limitaciones del Estudio 279

8.2. Futuras Líneas de Investigación 280

IX - REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 285

X - ANEXOS 325

SIGLAS Y ABREVIATURAS

ECNI, Estimulación cerebral no invasiva

EMT, Estimulación magnética transcraneal

tDCS, Estimulación transcraneal con corriente directa

EMTr, Estimulación magnética transcraneal repetitiva

FDA, Agencia Food and Drug Administration de Estados Unidos

tACS, Estimulación transcraneal con corriente alterna

tRNS, Estimulación transcraneal con ruido aleatorio

fMRI, Resonancia magnética funcional

ACV, Accidente cerebrovascular

TBS, Estimulación Theta Burst

iTBS, Estimulación Theta Burst intermitente

cTBS, Estimulación Theta Burst continua

imTBS, Estimulación Theta Burst intermedia

PAS, Estimulación asociativa emparejada

PAS-10, Estimulación asociativa emparejada con intervalos de 10 mseg.

PAS-25, Estimulación asociativa emparejada con intervalos de 25 mseg.

a-tDCS, Estimulación transcraneal con corriente directa anódica

c-tDCS, Estimulación transcraneal con corriente directa catódica

tPCS, Estimulación transcraneal con corriente pulsada

tFUS, Estimulación transcraneal con ultrasonido focalizado

TPS, Estimulación transcraneal por pulsos

tPBM, Fotobiomodulación transcraneal

ECG, Electroencefalografía

PET, Tomografía de emisión de positrones

SPECT, Tomografía computarizada por emisión monofotónica

MEP, Potencial motor evocado

EMG, Electromiografía

Glu, Glutamato

NMDA-R, N-metil-D-aspartato

AMPA-R, Amino-hidroxi-metilo-isoxazolpropiónico

Ca^{2+}, Calcio

Mg^{2+}, Magnesio

CaMKII, proteína quinasa II dependiente del calcio/calmodulina

PKC, proteína quinasa C

ERK, proteína quinasa regulada por señales extracelulares

CaM, Calmodulina

HO-1, hemo oxigenasa- 1

NQO1, quinona oxidorreductasa 1

GST, glutatión S-transferasa

UGT, uridinadifosfato glucuroniltransferasa

TRXr, Tiorredoxinas

BDNF, factor neurotrófico derivado del cerebro

GDNF, factor neurotrófico derivado de la glía

TF, Factor de transcripción

I, Factor de inhibición

ADN, Ácido desoxirribonucleico

NaCl, Cloruro de sodio

EEG, Electroencefalograma

M1, Área motora primaria

NICS, Estimulación cerebelosa no invasiva

SCIE, Science Citation Index Expanded

WOS, Web of Science

EnP, Enlaces posibles

LSI, Latent Semantic Indexing

LLR, Log-Likelihood Ratio

MI, Mutual Information

NIH, *National Institute of Health*

NINDS, *National Institute of Neurological Disorders Stroke*

UCL , *University College London*

INSERM , *Institut National de la Sante et de la Recherche Medicale*

CNRS , *Centre National de la Recherche Scientifique*

ÍNDICE DE FIGURAS, DE TABLAS Y DE ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de estimulación Theta Burst. 46
Figura 2. Tipos de onda de la estimulación eléctrica transcraneal. 48
Figura 3. Tipos de ECNI con fines diagnósticos y terapéuticos. Adaptado de Kesikburun S (2022) (16) 52
Figura 4.Efectos de la ECNI en la excitabilidad cortical. Adaptado de Kesikburun S (2022) (16) 53
Figura 5. Comparación entre la EMT y la tDCS. Modificado de Kesikburun S (2022) y Wagner et al. (2007) (16,18) 54
Figura 6. Mecanismo de acción de la EMT en la corteza motora. Modificado de Fernández-del-Olmo et al. (2004) (58) 56
Figura 7. Efectos neuroprotectores de la EMT. Extraído de Túnez-Fiñana et al. (2014) (17) 58
Figura 8. Campo magnético y corriente inducida por la bobina. Extraído de León-Ruiz et al. (2018) (61) 60
Figura 9. Tipos de bobinas y focalización del efecto. Adaptado de Deng et al. (2013), Malavera et al. (2014) y Gersner et al. (2016) (60,69,70) 61
Figura 10. Tipos de estimulación transcraneal con corriente directa. Extraído de Schlaug et al. (2008) (73) 65
Figura 11. Modos de aplicación de la tDCS. Adaptado de Sunwoo et al. (2013) (75) 66
Figura 12.Puntos clave del sistema 10/20. Extraído de Dasilva et al. (2011) (89) ... 68
Figura 13. Principales puntos de referencia del sistema 10/20. Modificado de Dasilva et al. (2011) (89) 68
Figura 14. Puntos adicionales del sistema 10/20. Modificado de Fernández-Fraga et al. (2017) y Jasper (1958) (91,92) 69

Figura 15.Principales áreas de la corteza cerebral. Extraído de Guerri (2023) (93) 70
Figura 16. Organización topográfica del área motora primaria. Extraída de Guerri (2023) (93) 71
Figura 17. Fases metodológicas del estudio. 95
Figura 18. Interfaz de Citespace 6.2.R.1. 99
Figura 19. Interfaz para exportar registros de la Web of Science. 101
Figura 20. Parámetros de análisis fijados en la herramienta CiteSpace. 102
Figura 21. Ejemplo de visualización de un grafo. 108
Figura 22. Anillos que forman los nodos. 109
Figura 23. Nodos con centralidad de intermediación. 109
Figura 24. Indicadores Analizados. 110
Figura 25. Número de publicaciones sobre ECNI entre 1988 y 2023. 123
Figura 26. Red de coautorías en la ECNI. 129
Figura 27. Red de colaboración institucional en la ECNI. 131
Figura 28. Red de colaboración internacional en ECNI. 134
Figura 29. Red de documentos cocitados en la estimulación cerebral no invasiva. 137
Figura 30. Clústeres de documentos citados en ECNI. 162
Figura 31. Número de publicaciones sobre tDCS entre 2000 y 2023. 164
Figura 32. Red de coautoría en la tDCS. 170
Figura 33. Red de colaboración institucional en tDCS. 172
Figura 34.Red de colaboración internacional en tDCS. 175
Figura 35. Red de documentos cocitados en tDCS. 178
Figura 36. Clústeres de documentos citados en tDCS. 196
Figura 37. Número de publicaciones sobre EMT entre 1988 y 2023. 198
Figura 38. Red de coautoría en EMT. 204
Figura 39. Red de colaboración institucional en EMT. 207
Figura 40. Red de colaboración internacional en EMT. 209
Figura 41. Red de cocitación de documentos en EMT. 213

Figura 42. Clústeres de documentos citados en estimulación magnética transcraneal. 235

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Indicaciones terapéuticas de la ECNI. Adaptado de Kesikburun S (2022) (16) 39
Tabla 2. Tipos de Estimulación cerebral no invasiva (ECNI) 42
Tabla 3.Tamaño de la muestra analizada en cada dominio de análisis 102
Tabla 4. Top 10 revistas más productivas en estimulación cerebral no invasiva. 125
Tabla 5. Top 10 autores más productivos en estimulación cerebral no invasiva. 126
Tabla 6. Institución y país más productivo en ECNI. 127
Tabla 7. Top 10 Autores con mayor frecuencia de autorías y centralidad en ECNI. 130
Tabla 8. Top 10 Instituciones con mayor frecuencia de publicaciones firmadas y centralidad en ECNI. 132
Tabla 9. Top 10 Países con mayor frecuencia de publicaciones firmadas y centralidad en ECNI. 135
Tabla 10. Top 10 Documentos con mayor frecuencia de citación en ECNI. 138
Tabla 11. Top 10 Documentos con mayor centralidad en ECNI 140
Tabla 12. Top 10 Burst de documentos con explosión de citaciones en ECNI. 144
Tabla 13. Top 10 de los documentos citados con mayor Sigma en ECNI. 145
Tabla 14. Etiquetado automático de los clústeres más relevantes de cocitación de documentos en ECNI. 150
Tabla 15. Top 10 revistas más productivas en tDCS. 165
Tabla 16. Top 10 autores más productivos en tDCS. 166
Tabla 17. Institución y país más productivo en tDCS. 168
Tabla 18.Top 10 Autores con mayor frecuencia de autorías y centralidad en tDCS. 171
Tabla 19. Top 10 Instituciones con mayor frecuencia de firma de documentos y centralidad en tDCS. 173

Tabla 20. Top 10 Países con mayor frecuencia de publicaciones firmadas y centralidad en tDCS. 177
Tabla 21. Top 10 Documentos con mayor frecuencia de citación en tDCS. 180
Tabla 22. Top 10 Documentos con mayor centralidad en tDCS. 182
Tabla 23. Top 10 Burst de documentos con explosión de citaciones en tDCS. 185
Tabla 24. Top 10 de los documentos citados con mayor Sigma en tDCS. 188
Tabla 25. Etiquetado automático de los clústeres más relevantes de cocitación de documentos en tDCS. 191
Tabla 26. Top 10 revistas más productivas en EMT. 199
Tabla 27. Top 10 autores más productivos en EMT. 199
Tabla 28. Institución y país más productivo en EMT. 202
Tabla 29. Top 10 Autores con mayor frecuencia de firma de documentos y centralidad en EMT. 205
Tabla 30. Top 10 Instituciones con mayor frecuencia de firma de documentos y centralidad en EMT. 208
Tabla 31. Top 10 Países con mayor frecuencia de firmas de documentos y centralidad en EMT. 211
Tabla 32. Top 10 Documentos con mayor frecuencia de citación en EMT. 214
Tabla 33. Top 10 Documentos con mayor centralidad en EMT. 216
Tabla 34. Top 10 Burst de documentos con explosión de citaciones en EMT. 219
Tabla 35. Top 10 de los documentos con mayor Sigma en EMT. 221
Tabla 36. Etiquetado automático de los clústeres más relevantes de cocitación de documentos en EMT. 226

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Descriptivo de nodos y enlaces por grafo generado en ECNI 319
ANEXO 2. Descriptivo de nodos y enlaces por grafo generado en tDCS 319
ANEXO 3. Descriptivo de nodos y enlaces por grafo generado en EMT 320
ANEXO 4. Descripción de los clústeres localizados en ECNI 321
ANEXO 5. Descripción de los clústeres localizados en tDCS 377
ANEXO 6. Descripción de los clústeres localizados en EMT 410

I – INTRODUCCIÓN

I - INTRODUCCIÓN

1.1. DEFINICIÓN E HISTORIA DE LA ESTIMULACIÓN CEREBRAL NO INVASIVA

La estimulación cerebral no invasiva (ECNI) abarca un conjunto de técnicas diseñadas para modular la actividad cerebral a través de la aplicación de estímulos eléctricos o magnéticos sin necesidad de una intervención quirúrgica (1). Estas técnicas han revolucionado tanto la investigación neurocientífica, permitiendo un entendimiento más profundo de la función cerebral y la plasticidad neural, como la práctica clínica debido a su potencial terapéutico en diversas patologías neurológicas y psiquiátricas (1–3).

A lo largo del tiempo, las preguntas que los científicos se hacen sobre el funcionamiento del cerebro humano han evolucionado gracias a los avances en las técnicas disponibles. El empleo de nuevas herramientas ha permitido a los investigadores de las funciones cerebrales ir más allá, para abordar cuestiones no solo sobre la localización ("dónde"), sino también sobre la naturaleza ("qué"), los mecanismos ("cómo") y la dinámica temporal ("cuándo") de los procesos cerebrales (4).

En las últimas décadas, se han desarrollado nuevas técnicas de ECNI como la estimulación magnética transcraneal (EMT) y la estimulación transcraneal con corriente directa (tDCS) entre otras modalidades que han surgido recientemente, cada una con mecanismos de acción y aplicaciones clínicas específicas (5,6).

El origen de la ECNI se remonta a tiempos antiguos, donde métodos rudimentarios de estimulación eléctrica ya eran utilizados con fines terapéuticos. En la antigua Grecia, se empleaba *el pez torpedo del Atlántico* para tratar dolores de cabeza, utilizando descargas eléctricas naturales que producían estos peces. Este enfoque primitivo es uno de los primeros ejemplos documentados de estimulación eléctrica aplicada a fines médicos. A lo largo de los siglos, se han desarrollado técnicas más refinadas, como los experimentos de Luigi Galvani en el siglo XVIII, que demostraron la capacidad de la electricidad para activar músculos a través de sus famosos experimentos con las patas de ranas, lo que abrió el camino para la comprensión de la electricidad en la biología y la neurofisiología (7).

El desarrollo de la ECNI tiene sus raíces en los principios de la inducción electromagnética descritos por Michael Faraday en 1831. Sin embargo, no fue hasta el siglo XX que estos principios comenzaron a traducirse en aplicaciones clínicas más concretas en el campo de la neuroestimulación. Uno de los hitos más significativos fue la invención de la estimulación magnética transcraneal por Anthony Barker en 1985, que utilizó esta técnica tal y como la conocemos ahora, para evaluar la integridad de las vías motoras centrales a través de la activación del córtex motor. Este avance permitió la estimulación directa y no invasiva de la corteza cerebral mediante la generación de campos magnéticos, marcando un hito en la neurofisiología y proporcionando una nueva herramienta para estudiar y modular la actividad cerebral (1,2,4,5,8,9).

Desde su introducción en 1985, la EMT ha sido ampliamente utilizada en la investigación para mapear funciones cerebrales y explorar la conectividad cortical. A nivel clínico, la EMT ha ganado aceptación como una herramienta terapéutica, especialmente en el tratamiento de trastornos psiquiátricos y neurológicos. Durante los años 90, la EMT comenzó a ser explorada como un tratamiento para la depresión mayor resistente a los tratamientos convencionales, lo que culminó en la aprobación de la estimulación magnética transcraneal repetitiva (EMTr) por la agencia *Food and Drug Administration* (FDA) en 2008 para el tratamiento de esta condición. Este reconocimiento marcó un punto de inflexión, consolidando la ECNI como una opción terapéutica válida en la práctica clínica (3,8,10,11).

Paralelamente, la estimulación transcraneal con corriente directa (tDCS) ha emergido como otra modalidad importante de ECNI. La tDCS utiliza una corriente eléctrica de baja intensidad aplicada a través de electrodos colocados en el cuero cabelludo para modular la excitabilidad cortical. Esta técnica, a diferencia de la EMT, que emplea campos magnéticos, modula directamente la actividad eléctrica del cerebro. La tDCS ha sido ampliamente utilizada en estudio de plasticidad cerebral y rehabilitación cognitiva, debido a su bajo costo y facilidad de uso en diferentes entornos, incluidos los estudios domiciliarios (3,9,12).

La evolución de las técnicas de ECNI ha sido rápida y continua. En la década de los 2000, la ECNI experimentó una rápida expansión en términos de investigación y aplicaciones clínicas desarrollándose nuevas formas de estimulación, como la estimulación transcraneal de corriente alterna (tACS) y la estimulación transcraneal con ruido aleatorio (tRNS) que han sido diseñadas para

modular la actividad cerebral en frecuencia y en tiempo, respectivamente. Estas técnicas han permitido un mayor control sobre la plasticidad sináptica y la excitabilidad cortical, lo que ha permitido aplicaciones más precisas y específicas en el tratamiento de enfermedades como el Parkinson, la epilepsia, el dolor neuropático, y los trastornos del espectro autista. Además, la integración de la ECNI con técnicas avanzadas de neuroimagen, como la resonancia magnética funcional (fMRI), ha sido fundamental en la investigación sobre la neuroplasticidad, ayudando a los científicos a entender mejor cómo el cerebro se adapta y reconfigura en respuesta a las intervenciones (4,6,13).

El uso de la ECNI no se limita al ámbito clínico, sino que también ha sido fundamental en el avance de la neurociencia cognitiva. La EMT, por ejemplo, ha sido utilizada para crear lesiones temporales en áreas cerebrales específicas, lo que permite a los investigadores estudiar la función de estas regiones sin necesidad de procedimientos invasivos. Del mismo modo, la tDCS ha facilitado la exploración de los mecanismos de plasticidad cerebral y cómo estas modificaciones pueden influir en funciones cognitivas como la memoria y el aprendizaje (13,14).

A pesar de sus numerosas aplicaciones y beneficios, a medida que la ECNI continúa evolucionando, se enfrenta a varios desafíos. Uno de los principales es la variabilidad en la respuesta a la estimulación entre diferentes individuos, lo que subraya la necesidad de personalizar los protocolos de tratamiento. Además, la precisión en la focalización de las áreas cerebrales a estimular sigue siendo un área de investigación activa, lo que ha llevado a la integración de la ECNI con técnicas de neuroimagen para mejorar la exactitud de la aplicación y minimizar los efectos secundarios. Este enfoque promete mejorar la eficacia de las intervenciones y expandir las aplicaciones terapéuticas de la ECNI (13,15,16).

1.2. APLICACIONES DE LA ESTIMULACIÓN CEREBRAL NO INVASIVA

La estimulación cerebral no invasiva ha demostrado ser una herramienta valiosa en combinación con otros métodos neurocientíficos, permitiendo un enfoque multimodal en el estudio de las vías motoras centrales, la excitabilidad cortical y el mapeo de las funciones cerebrales (3,6,8,17). Estas técnicas permiten una exploración detallada de la función neuronal y ofrecen una perspectiva más completa cuando se utilizan junto con otras herramientas como la neuroimagen

funcional. En este contexto, la ECNI se destaca no solo por su capacidad diagnóstica sino también por su aplicación terapéutica en diversas patologías neurológicas y psiquiátricas tanto en niños como en adultos (1,18). Además, la ECNI se utiliza para planificar intervenciones neuroquirúrgicas y para estudiar la respuesta cortical a distintas intervenciones neurofarmacológicas, demostrando su versatilidad y potencial clínico (1,6,8).

Cada función y cada comportamiento del ser humano se corresponde con un patrón específico de actividad neuronal. Esta relación estrecha sugiere que muchas enfermedades neuropsiquiátricas, como la enfermedad de Parkinson y la depresión, pueden conceptualizarse como alteraciones de circuitos neurales específicos (1,19–21). Identificar la red neural alterada en cada paciente y entender su relación con la patología subyacente representa una oportunidad directa para desarrollar dianas terapéuticas efectivas. De este modo, la ECNI permite no solo mapear estas redes neurales alteradas, sino también influir en ellas de manera controlada para promover la recuperación funcional (1,19–21).

En este sentido, el diagnóstico preciso de la red neural responsable de la sintomatología en cada paciente, y la capacidad de modular dicha disfunción de manera controlada, abre nuevas posibilidades terapéuticas en un gran número de enfermedades neurológicas y psiquiátricas (1,19–21). A través de la ECNI, se puede actuar directamente sobre los circuitos neurales disfuncionales, ofreciendo no solo un alivio sintomático, sino también una mejora en la calidad de vida de los pacientes afectados por estas patologías.

1.2.1. La estimulación cerebral no invasiva como herramienta terapéutica.

La estimulación cerebral no invasiva ha demostrado ser una herramienta terapéutica efectiva para una amplia gama de patologías psiquiátricas y neurológicas (**Tabla 1**). Una de las aplicaciones más investigadas es el abordaje de la depresión mayor resistente a los tratamientos convencionales. La estimulación magnética transcraneal repetitiva (EMTr) ha demostrado en numerosos estudios su eficacia en la reducción de los síntomas depresivos al modular la actividad en la corteza prefrontal dorsolateral, una región clave involucrada en la regulación del estado de ánimo (22,23). Además, la tDCS ha sido utilizada en el tratamiento de la

depresión, influenciando la plasticidad sináptica y la excitabilidad cortical, lo que lleva a mejoras significativas en los síntomas en algunos pacientes (3,6).

Tabla 1. Indicaciones terapéuticas de la ECNI. Adaptado de Kesikburun S (2022) (16)

Categoría	**Patología**
Enfermedades Psiquiátricas	Depresión
	Ansiedad
	Trastorno obsesivo-compulsivo
	Trastorno de estrés postraumático
	Alteraciones del sueño
	Adicciones
	Obesidad
Enfermedades Neurológicas	Migrañas
	Parkinson
	Alzheimer
	Epilepsia
Dolor crónico	Síndrome de dolor regional complejo
	Fibromialgia
	Síndrome miembro fantasma
Neurorehabilitación (ictus, traumatismo cerebral, lesión medular, esclerosis múltiple)	Recuperación motora
	Afasia
	Síndrome de negligencia
	Disfagia
	Alteraciones cognitivas
	Espasticidad
	Síndrome sensibilización central

ECNI. Estimulación cerebral no invasiva

En el tratamiento de la epilepsia, la ECNI también ha demostrado resultados prometedores, especialmente en pacientes con epilepsia focal resistente a los medicamentos. La EMTr ha sido utilizada para reducir la frecuencia de las crisis epilépticas mediante la modulación de la excitabilidad cortical en la región epileptogénica, contribuyendo a una mejoría en la calidad de vida de los pacientes (24,25). Adicionalmente, la tDCS ha sido explorada como una técnica no invasiva para reducir la actividad epiléptica, proporcionando una alternativa valiosa para los pacientes que no responden a los tratamientos farmacológicos (18).

En el ámbito de la rehabilitación neurológica, la ECNI ha sido aplicada para mejorar la recuperación funcional después de un accidente cerebrovascular (ACV). Tanto la tDCS como la EMT se utilizan para potenciar la plasticidad cerebral y mejorar la función motora en pacientes después de un ACV. La tDCS, por ejemplo, se ha demostrado efectiva para facilitar la reorganización sináptica en el cerebro dañado, lo que se traduce en mejoras significativas en la movilidad y en la funcionalidad de los pacientes (6,26–30). La EMT, por su parte, se ha utilizado para estimular las áreas corticales perilesionales, promoviendo la recuperación motora y acelerando los procesos de rehabilitación (1).

Otra patología donde la ECNI ha encontrado aplicación es en el manejo del dolor neuropático, una condición difícil de tratar y que afecta a un gran número de pacientes. La EMT ha demostrado ser eficaz en la reducción del dolor neuropático mediante la modulación de las redes neuronales asociadas con la percepción del dolor, lo que ofrece una opción terapéutica adicional para los pacientes que no responden adecuadamente a los analgésicos convencionales. De igual modo, la ECNI ha sido explorada en el tratamiento de la migraña, con estudios que indican que la EMT puede reducir tanto la frecuencia como la intensidad de los episodios de migraña, especialmente en aquellos pacientes que experimentan migraña con aura (8,31,32).

Además de las aplicaciones mencionadas, la ECNI también ha sido utilizada en el tratamiento de trastornos del movimiento, como la enfermedad de Parkinson. La EMT ha mostrado potencial para mejorar los síntomas motores al modular la actividad en las áreas corticales motoras, lo que podría complementar las terapias farmacológicas y quirúrgicas disponibles en estos pacientes (1). Asimismo, se ha investigado el uso de la tDCS para mejorar los síntomas motores y no motores en

pacientes con Parkinson, con algunos estudios preliminares que sugieren beneficios significativos (6).

1.2.2. La estimulación cerebral no invasiva como herramienta diagnóstica.

Además de su creciente papel en el tratamiento de patologías, la ECNI se ha establecido como una herramienta diagnóstica esencial en la evaluación de la plasticidad cerebral y la función cortical. La EMT se ha utilizado extensamente para mapear la excitabilidad cortical y estudiar la conectividad funcional entre diferentes regiones del cerebro. Este enfoque ha sido particularmente útil en la investigación de las redes neuronales subyacentes a diversas patologías, como el accidente cerebrovascular y los trastornos del movimiento, proporcionando información valiosa sobre la reorganización cerebral post-lesión y la eficiencia de las intervenciones terapéuticas (18,33).

La tDCS también ha sido explorada como una herramienta para evaluar la plasticidad sináptica en el cerebro humano. Al aplicar corrientes eléctricas débiles, la tDCS puede inducir cambios en la excitabilidad cortical que pueden ser medidos para evaluar la capacidad del cerebro para reorganizarse en respuesta a estímulos o lesiones. Estos estudios han proporcionado información crítica sobre la neuroplasticidad, permitiendo el desarrollo de estrategias más efectivas para una variedad de trastornos neurológicos (6,13).

Además, la ECNI ha sido utilizada para estudiar la cronometría de los procesos cognitivos y la interacción entre diferentes áreas cerebrales durante tareas cognitivas específicas. Por ejemplo, la EMT ha permitido a los investigadores inducir lesiones temporales en áreas específicas del cerebro para investigar sus roles funcionales en tareas cognitivas complejas. Esto ha proporcionado una comprensión más profunda de cómo las diferentes regiones del cerebro colaboran para producir comportamientos complejos y ha sido crucial para avanzar en el conocimiento de las bases neuronales de la cognición (1,4,13,14,17).

En resumen, la ECNI se ha convertido en una herramienta fundamental tanto en el tratamiento de una amplia gama de patologías como en la investigación diagnóstica. Sus aplicaciones continúan expandiéndose, ofreciendo nuevas oportunidades para mejorar la salud neurológica y para comprender mejor los

mecanismos subyacentes de las enfermedades del cerebro, así como la organización funcional de las redes neuronales.

1.3. TIPOS DE ESTIMULACIÓN CEREBRAL NO INVASIVA

La estimulación cerebral no invasiva consiste en la neuroestimulación de una zona del cerebro. Esta se lleva a cabo mediante la aplicación de diferentes agentes físicos, como pueden ser la corriente eléctrica que puede aplicarse directamente o creando un campo eléctrico con inducción magnética en el cuero cabelludo, el ultrasonido y el láser entre otros vectores (16).

Tabla 2. Tipos de Estimulación cerebral no invasiva (ECNI).

Fuente Estimulación	Tipo Estimulación
Impulso magnético	**Estimulación magnética transcraneal (EMT)** ➢ Estimulación magnética transcraneal de pulso único (EMT pulso único) ➢ Estimulación magnética transcraneal de pulso emparejado (EMT pulso emparejado) **Estimulación magnética transcraneal repetitiva (EMTr)** **Estimulación Theta Burst (TBS)** ➢ Estimulación Theta Burst intermitente (iTBS) ➢ Estimulación Theta Burst continua (cTBS) ➢ Estimulación Theta Burst intermedia (imTBS) **Estimulación asociativa emparejada (PAS)** ➢ Estimulación asociativa emparejada con intervalos de 10 mseg. (PAS-10) ➢ Estimulación asociativa emparejada con intervalos de 25 mseg. (PAS-25)

Tabla 2. Tipos de Estimulación cerebral no invasiva (ECNI). (Continuación)

Fuente Estimulación	Tipo Estimulación
Impulso eléctrico	**Estimulación transcraneal con corriente directa (tDCS)** ➢ Estimulación transcraneal con corriente directa anódica (a-tDCS) ➢ Estimulación transcraneal con corriente directa catódica (c-tDCS) **Estimulación transcraneal con corriente alterna (tACS)** **Estimulación transcraneal con ruido aleatorio (tRNS)** **Estimulación transcraneal con corriente pulsada (tPCS)**
Impulso mecánico	**Estimulación transcraneal con ultrasonido focalizado (tFUS)** **Estimulación transcraneal por pulsos (TPS)**
Láser	**Fotobiomodulación transcraneal (tPBM)**

Como muestra la **Tabla 2**, existen diferentes tipos de estimulación cerebral no invasiva dependiendo de cuál sea el agente físico a partir del cual genere los efectos cada técnica.

Estimulación Magnética Transcraneal (EMT)

La estimulación magnética transcraneal se basa en los principios de inducción electromagnética. Cuando una corriente eléctrica pasa a través de una bobina de estimulación, se genera un campo magnético orientado perpendicularmente a la bobina. Al colocar la bobina sobre el cuero cabelludo del paciente, el campo magnético induce corrientes eléctricas en el córtex cerebral, que pueden activar o inhibir la actividad neuronal dependiendo de la frecuencia e intensidad de la estimulación (2,34–36). La eficacia de la EMT radica en que el campo magnético generado puede atravesar el cráneo, una estructura de alta resistencia, pero como el campo magnético se atenúa rápidamente al aumentar la distancia con la bobina, los efectos de la EMT se centran en las capas superficiales (2,36).

Dentro de la EMT podemos distinguir la estimulación magnética transcraneal de pulso único (EMT pulso único) y la estimulación magnética transcraneal de pulso emparejado (EMT pulso emparejado). La **EMT pulso único** se aplica para desencadenar potenciales de acción en las neuronas motoras, al aplicar un solo pulso, los investigadores pueden medir la respuesta inmediata del cerebro, como la activación de músculos específicos, lo que proporciona información sobre la conectividad funcional y la integridad de las vías neuronales (36,37).

Por otro lado, la **EMT pulso emparejado** utiliza dos pulsos magnéticos consecutivos con un intervalo de tiempo específico entre ellos. Estos dos pulsos se denominan pulso condicionado y pulso de prueba. Este método permite investigar la interacción entre diferentes poblaciones neuronales en la corteza cerebral. Por ejemplo, cuando se aplica un pulso condicionado seguido de un pulso de prueba, se pueden estudiar fenómenos como la inhibición intracortical o la facilitación intracortical, lo que proporciona una visión más detallada de la dinámica de la excitabilidad cortical (36–38).

El primer pulso que se aplica se denomina condicionado, ya que su propósito es preparar o "condicionar" la respuesta neuronal de la corteza cerebral. Dependiendo de la intensidad y el momento de aplicación, este pulso puede afectar la respuesta neuronal al segundo pulso que se aplica. Este segundo pulso se denomina pulso de prueba, cuyo objetivo es medir la respuesta de las neuronas corticales tras haber sido "condicionadas" por el primer pulso (38).

Si el pulso condicionado inhibe la respuesta del pulso de prueba, significa que la excitabilidad cortical ha disminuido, lo que indica la presencia de mecanismos de inhibición intracortical. Por el contrario, si el pulso condicionado aumenta la respuesta al pulso de prueba, significa que la excitabilidad cortical ha aumentado, lo que indica la activación de mecanismos de facilitación intracortical (38).

Estimulación magnética transcraneal repetitiva (EMTr)

La estimulación magnética transcraneal repetitiva implica la aplicación de múltiples impulsos a una frecuencia específica, que puede tener efectos excitatorios o inhibitorios sobre la actividad cortical. A diferencia de la EMT pulso único y la

EMT pulso emparejado, la EMTr aplica múltiples pulsos en ráfagas, lo que permite modificar la excitabilidad cortical de manera más duradera (18,39).

Los diferentes parámetros de frecuencia y patrón del estímulo (intensidad y duración) provocan cambios en la excitabilidad cortical. Se define como **EMTr de baja frecuencia** aquella que aplica un pulso por segundo o menos (≤ 1Hz), este tipo de estimulación tiene un efecto inhibitorio sobre la actividad cortical, disminuyendo la excitabilidad de las neuronas. En cambio, la **EMTr de alta frecuencia** (≥ 5Hz) tiene un efecto excitatorio ya que aumenta excitabilidad cortical (16,18,39).

Estimulación Theta Burst (TBS)

La estimulación Theta Burst es una modalidad avanzada de EMTr que se caracteriza por aplicar ráfagas rápidas de pulsos magnéticos a una frecuencia alta (50 Hz), con intervalos de tiempo a la frecuencia theta (5 Hz). La TBS es especialmente efectiva para inducir cambios plásticos en la corteza cerebral de forma rápida y con menor tiempo de aplicación en comparación con la EMT convencional (15,40,41).

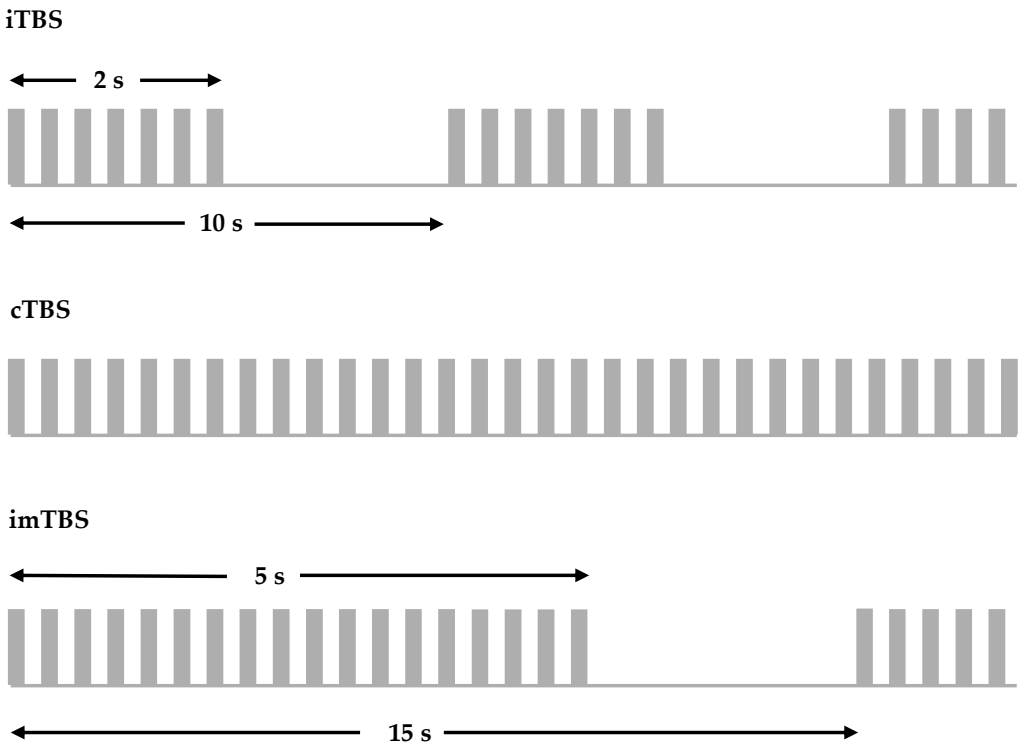
La estimulación Theta Burst incluye diferentes protocolos (**Figura 1**) como la estimulación Theta Burst intermitente (iTBS), la estimulación Theta Burst continua (cTBS) y la estimulación Theta Burst intermedia (imTBS) (15).

La **estimulación Theta Burst intermitente** consiste en la aplicación de ráfagas de pulsos con intervalos de descanso entre cada ráfaga. Generalmente, una ráfaga de 3 pulsos a 50Hz se repite cada 200 mseg durante 2 segundos, seguida de un intervalo de descanso de 8 segundos, este ciclo de 10 segundos se repite durante varios minutos. La iTBS tiene un efecto predominantemente excitatorio sobre la corteza cerebral, aumentando la excitabilidad cortical y potenciando la actividad neuronal en la región estimulada (15,39).

A diferencia de la iTBS, la **estimulación Theta Burst continua** implica la aplicación de ráfagas de pulsos sin intervalos de descanso entre las ráfagas. En este protocolo, se aplican ráfagas de 3 pulsos a 50 Hz, repetidos cada 200 mseg, durante 40 segundos continuos. La cTBS tiene un efecto inhibitorio sobre la corteza cerebral, reduciendo la excitabilidad neuronal en la región estimulada (15,42).

La **estimulación Theta Burst intermedia** es un protocolo que combina características de la iTBS y la cTBS. Aún no tiene un protocolo estándar ampliamente aceptado, pero en general se aplica con intervalos intermedios entre las ráfagas y descansos como, por ejemplo: ráfagas de 3 pulsos a 50Hz, repetidos cada 200 mseg durante 5 segundos, seguidos de un intervalo de descanso de 10 segundos, este ciclo de 15 segundos se repite durante varios minutos. La imTBS tiene efectos que pueden variar dependiendo de los parámetros específicos utilizados (15).

Figura 1. Tipos de estimulación Theta Burst.



iTBS. Estimulación Theta Burst intermitente; cTBS. Estimulación Theta Burst continua; imTBS. Estimulación Theta Burst intermedia.

Estimulación asociativa emparejada (PAS)

La estimulación asociativa emparejada es un tipo de estimulación cerebral no invasiva que combina pares de estímulos periféricos y centrales repetidos. Se

produce la estimulación eléctrica de un nervio periférico seguida de la estimulación magnética transcraneal de la corteza motora contralateral después de un tiempo determinado. El tiempo transcurrido entre ambos estímulos determina la modulación (16,37,43).

Esta técnica fue introducida por Stefan et al. en el año 2000 y se basa en los principios de plasticidad sináptica propuestos por Hebb en 1949. Según estos principios, la plasticidad sináptica está condicionada por la coincidencia temporal de la estimulación pre y postsináptica. Según Hebb, cuando una neurona presináptica activa repetidamente a una neurona postsináptica, se fortalecen las conexiones sinápticas entre ellas lo que permite la manipulación dirigida de la plasticidad cortical (37,43,44).

Existen dos tipos de estimulación asociativa emparejada, la **estimulación asociativa emparejada con intervalos de 10 mseg** (PAS-10) y la **estimulación asociativa emparejada con intervalos de 25 mseg** (PAS-25). La PAS-10 emplea un intervalo de 10 mseg entre el estímulo eléctrico del nervio periférico y el pulso de EMT en la corteza motora. En este caso, la estimulación del pulso de EMT precede la llegada del potencial de acción desde la periferia, lo que reduce la excitabilidad cortical. En cambio, la PAS-25 aplica el estímulo eléctrico en el nervio periférico y 25 mseg después aplica un pulso de EMT en la corteza motora. Este intervalo permite que la llegada del potencial de acción desde la periferia a la corteza coincida con el pulso de EMT lo que generalmente induce un aumento en la excitabilidad cortical (16,37,43).

Estimulación transcraneal con corriente directa (tDCS)

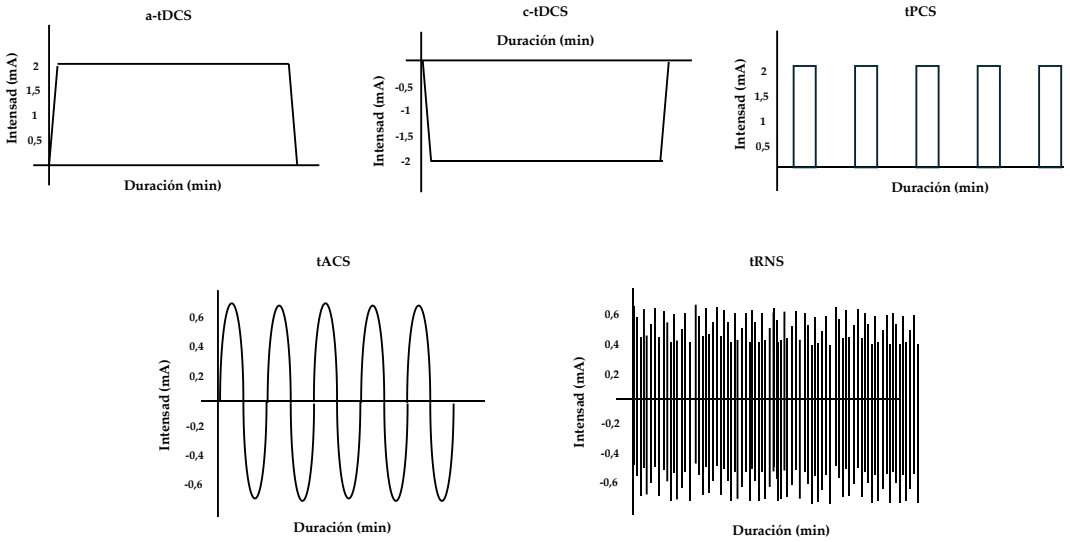
La estimulación transcraneal con corriente directa (**Figura 2**) aplica una corriente eléctrica continua de baja intensidad a través del cuero cabelludo para modificar la excitabilidad neuronal en áreas específicas del cerebro. Esta corriente se administra mediante dos electrodos, un ánodo (polo positivo) y un cátodo (polo negativo) y el electrodo que se coloque en el área que se pretende estimular se denominará electrodo activo (45,46).

La tDCS actúa modulando el potencial de membrana de las neuronas subyacentes a los electrodos y dependiendo de la polaridad del electrodo activo podemos diferenciar dos tipos de tDCS (45–47).

Estimulación transcraneal con corriente directa anódica (a-tDCS), en este tipo de tDCS el electrodo activo es el ánodo, que busca aumentar la excitabilidad neuronal al inducir una despolarización de las membranas neuronales. Esto facilita la activación neuronal y, por lo tanto, se utiliza comúnmente en aplicaciones que pretenden potenciar la actividad neuronal (45–47).

Estimulación transcraneal con corriente directa catódica (c-tDCS), por otro lado, la estimulación catódica disminuye la excitabilidad neuronal al inducir una hiperpolarización de las neuronas. Esto reduce la posibilidad de que las neuronas se activen, y se utiliza en patologías donde es necesario inhibir la actividad neuronal excesiva (45–47).

Figura 2. Tipos de onda de la estimulación eléctrica transcraneal.



a-tDCS. Estimulación transcraneal con corriente directa anódica; c-tDCS. Estimulación transcraneal con corriente directa catódica; tPCS. Estimulación transcraneal con corriente pulsada; tACS. Estimulación transcraneal con corriente alterna; tRNS. Estimulación transcraneal con ruido aleatorio.

Estimulación transcraneal con corriente alterna (tACS)

La estimulación transcraneal con corriente alterna, a diferencia de las tDCS aplica corrientes eléctricas alternas que oscilan a frecuencias específicas para influir en la actividad eléctrica del cerebro (**Figura 2**). La tACS es interesante porque permite la sincronización o desincronización de las oscilaciones neuronales en

áreas corticales específicas. Durante la aplicación se colocan dos o más electrodos en el cuero cabelludo por los que pasa una corriente de baja intensidad que cambiará de dirección según la frecuencia establecida (10 Hz, 20 Hz,…). Esta corriente alterna induce cambios en el potencial de membrana de las neuronas subyacentes. Dichos cambios pueden permitir que las neuronas se sincronicen con la frecuencia de la corriente aplicada (45,48,49).

Esto es útil en investigaciones que exploran el papel de las oscilaciones cerebrales en funciones cognitivas como la memoria, la atención y la percepción, así como en el tratamiento de trastornos asociados con alteraciones en las oscilaciones cerebrales como la epilepsia y el insomnio (45,48).

Cada frecuencia aplicada puede tener efectos específicos en diferentes tipos de oscilaciones neuronales (48).

Frecuencias bajas (1-4 Hz) están asociadas a ondas delta, a menudo relacionadas con el sueño profundo.

Frecuencias medias (4-8 Hz) se relacionan con ondas theta, vinculadas con la memoria y la navegación espacial.

Frecuencias altas (8-12 Hz) se corresponden con ondas alfa, relacionadas con la relajación y la inhibición cortical.

Frecuencias muy altas (13-30 Hz o superiores) se asocian a ondas beta y gamma, que están relacionadas con la atención, el procesamiento sensorial y las funciones ejecutivas.

Estimulación transcraneal con ruido aleatorio (tRNS)

La estimulación transcraneal con ruido aleatorio es una técnica de neuromodulación que utiliza corrientes que oscilan aleatoriamente dentro de un rango de frecuencias, lo que genera una modulación continua de la actividad neuronal. Durante la tRNS, la corriente se administra mediante electrodos colocados en el cuero cabelludo, similar a otras técnicas de estimulación transcraneal, a través de los que se aplica una corriente de baja intensidad (1-2 mA) que varía su frecuencia entre 0,1 Hz y 640 Hz (45,48,50).

La tRNS actúa induciendo fluctuaciones rápidas en el potencial de membrana de las neuronas, lo que evita que las células se adapten fácilmente al estímulo (**Figura 2**). Según Potok et al. (2022) la tRNS tiene la capacidad de aumentar la

excitabilidad neuronal de manera más eficaz en comparación con otras formas de estimulación debido a esa falta de adaptación neuronal a la señal aleatoria, lo que sugiere un potencial terapéutico significativo en diversas condiciones clínicas (45,50).

Estimulación transcraneal con corriente pulsada (tPCS)

La estimulación transcraneal con corriente pulsada es una técnica emergente que utiliza pulsos de corriente para influir en la actividad neuronal en áreas específicas del cerebro (**Figura 2**). A diferencia de la estimulación con corriente continua (tDCS), donde la corriente fluye de manera constante, la tPCS se administra en pulsos intermitentes que se pueden modificar en duración, frecuencia e intensidad para obtener la despolarización o hiperpolarización de las membranas neuronales según cómo se configuren los parámetros de estimulación (45,51).

Estimulación transcraneal con ultrasonido focalizado (tFUS)

En la estimulación transcraneal con ultrasonido focalizado se utilizan ondas de ultrasonido de baja intensidad para influir en la actividad neuronal de manera precisa y focalizada. A diferencia de otras formas de estimulación cerebral, la tFUS ofrece una resolución espacial y temporal superior, lo que permite dirigir la estimulación a regiones específicas del cerebro, incluyendo áreas profundas, sin necesidad de procedimientos invasivos (52,53).

La tFUS utiliza un transductor que emite ondas ultrasónicas dirigidas a través del cráneo hacia áreas específicas del cerebro. Estas ondas sonoras de alta frecuencia pueden atravesar el tejido óseo y alcanzar el cerebro sin causar daño. Las ondas de ultrasonido inducen vibraciones mecánicas en las membranas neuronales, lo que puede resultar en la despolarización de las neuronas y modular así la excitabilidad cortical. Esta modulación puede alterar temporalmente la actividad de las neuronas, permitiendo tanto la estimulación como la inhibición de funciones cerebrales específicas. Además, la tFUS puede influir en la conectividad entre diferentes regiones cerebrales, afectando patrones de actividad neural a nivel de redes, como se ha observado en estudios sobre atención visual y procesamiento del movimiento (53).

Estimulación transcraneal por pulsos (TPS)

La estimulación transcraneal por pulsos utiliza pulsos de energía mecánica para estimular el cerebro de manera precisa. Esta técnica, que emplea ondas de ultrasonido de alta intensidad pero de corta duración, es especialmente útil para llegar a estructuras cerebrales profundas que son difíciles de alcanzar con otros métodos de estimulación no invasiva (54,55).

La TPS utiliza un dispositivo que genera pulsos ultracortos de ultrasonido, normalmente de 3 microsegundos de duración, con una frecuencia de repetición entre 4 y 5 Hz. Estos pulsos penetran en el cráneo y pueden alcanzar profundidades de hasta 8 cm, lo que permite la modulación de estructuras como el tálamo y otras áreas subcorticales (54).

Los pulsos de ultrasonido inducen cambios mecánicos en las membranas celulares de las neuronas sin generar calor significativo ni causar daño tisular, lo que distingue a la TPS de otras formas de estimulación cerebral profunda. La modulación resultante puede mejorar la conectividad funcional del cerebro, lo que ha sido demostrado en estudios de resonancia magnética funcional en enfermedades neurodegenerativas como la enfermedad de Alzheimer (54,55).

Fotobiomodulación transcraneal (tPBM)

La Fotobiomodulación transcraneal es una técnica no invasiva que utiliza luz láser o LEDs para modular la actividad cerebral a través del cráneo. Esta técnica se basa en la entrega de fotones de luz en longitudes de onda específicos, generalmente en el especto rojo o cercano al infrarrojo, que son capaces de penetrar el tejido craneal y alcanzar las células neuronales subyacentes (56,57).

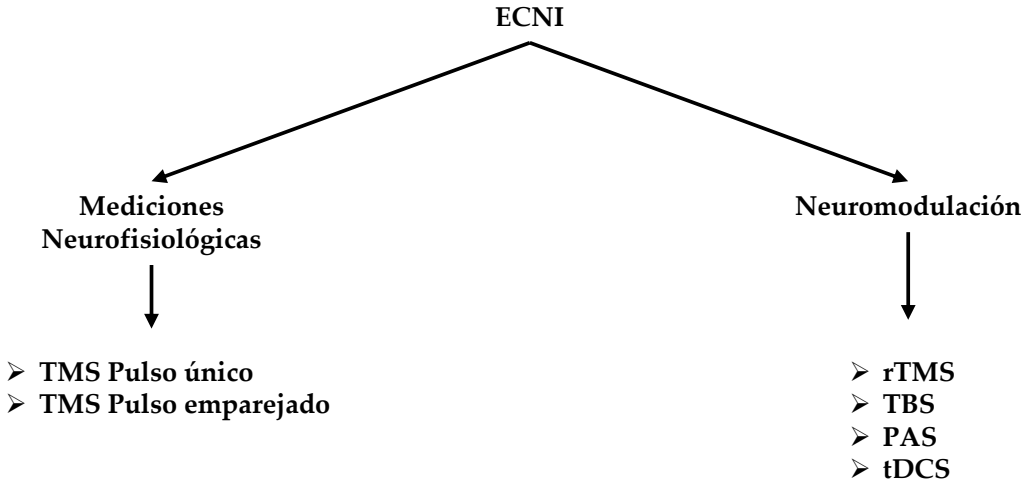
Cuando la luz penetra el cráneo, los fotones son absorbidos por los cromóforos dentro de las células, siendo el más destacado el citocromo c oxidasa en las mitocondrias. Esta absorción provoca una serie de reacciones bioquímicas que resultan en un aumento de la producción de ATP, la reducción del estrés oxidativo y la activación de factores de transcripción que pueden llevar a efectos neuroprotectores y de reparación neuronal (56).

La tPBM tiene la capacidad de modular la actividad neuronal, afectando tanto la excitabilidad cortical como la plasticidad sináptica. Según los parámetros de la luz, como la longitud de onda y el modo de emisión (continua o pulsada), la

tPBM puede tener efectos estimulantes o inhibitorios sobre la actividad cerebral. Esta modulación es clave en la mejora de funciones cognitivas y la recuperación de la función neurológica tras lesiones cerebrales (57).

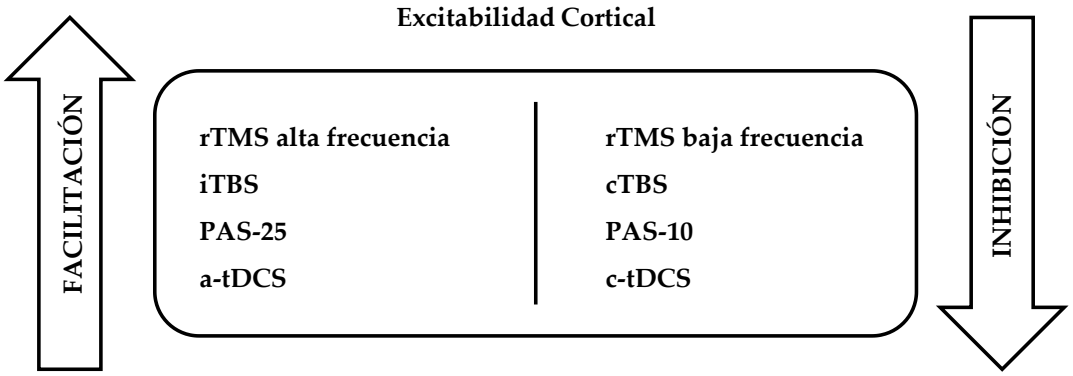
Como mencionamos anteriormente, todas estas técnicas de ECNI pueden utilizarse con fines diagnósticos y terapéuticos (**Figura 3**). Por un lado, la estimulación magnética transcraneal de pulso único y pulso emparejado se utilizan para hacer algunas mediciones neurofisiológicas que permiten estimar el pronóstico de evolución de un daño cerebral y monitorizar la respuesta a las intervenciones terapéuticas. Con la EMT de pulso único se puede conocer la excitabilidad cortical, el umbral motor, la transmisión de la vía piramidal, mapear la corteza motora y la plasticidad cortical. Asimismo, con la EMT de pulso emparejado se puede examinar la inhibición y facilitación intracortical (16). Por otro lado, cuando la ECNI se utiliza con fines terapéuticos, el objetivo es crear neuromodulación inhibiendo o activando la actividad neuronal, para ello se utilizan técnicas como la estimulación magnética transcraneal repetitiva (EMTr), la estimulación transcraneal con corriente directa (tDCS), la estimulación Theta Burst (TBS) y la estimulación asociativa emparejada (PAS) (16).

Figura 3. Tipos de ECNI con fines diagnósticos y terapéuticos. Adaptado de Kesikburun S (2022) (16)



ECNI. Estimulación cerebral no invasiva; TMS. Estimulación magnética transcraneal; rTMS. Estimulación magnética transcraneal repetitiva; TBS. Estimulación Theta Burst; PAS. Estimulación asociativa emparejada; tDCS. Estimulación transcraneal con corriente directa.

Figura 4.Efectos de la ECNI en la excitabilidad cortical. Adaptado de Kesikburun S (2022) (16)



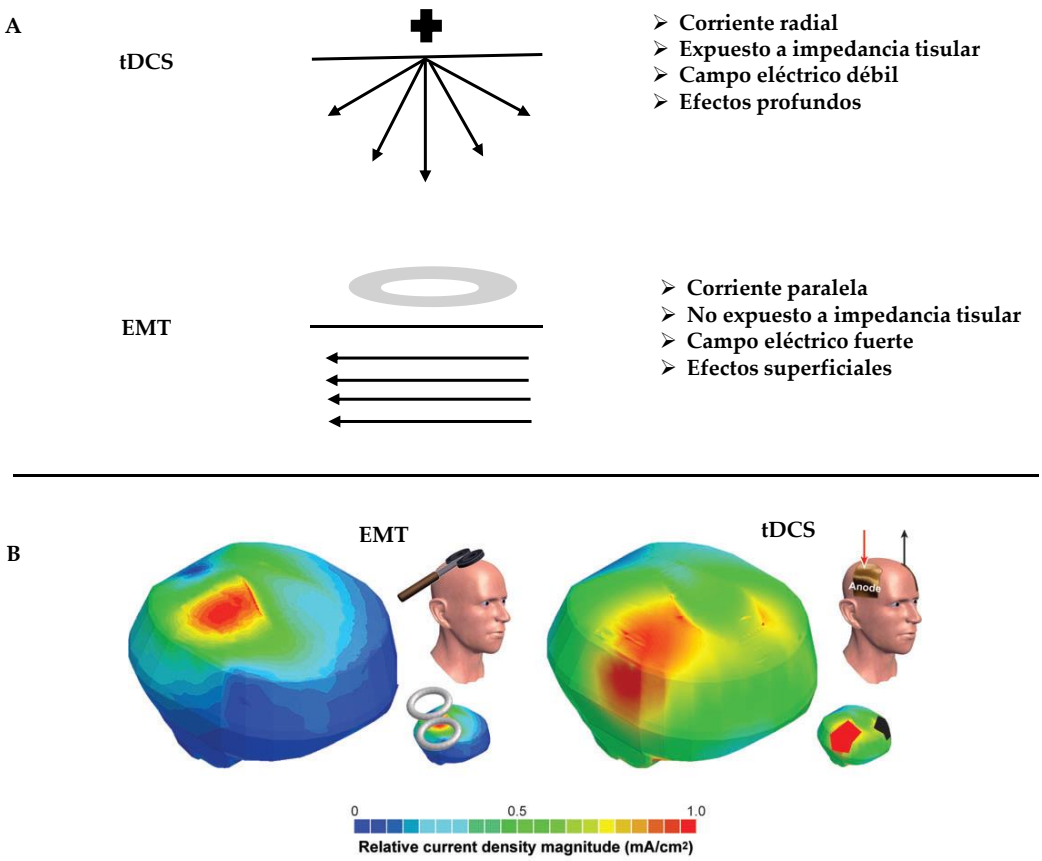
ECNI. Estimulación cerebral no invasiva; rTMS. Estimulación magnética transcraneal repetitiva; iTBS. Estimulación Theta Burst intermitente; PAS-25. Estimulación asociativa emparejada con intervalos de 25 mseg.; a-tDCS. Estimulación transcraneal con corriente directa anódica; cTBS. Estimulación Theta Burst continua; PAS-10. Estimulación asociativa emparejada con intervalos de 10 mseg.; c-tDCS. Estimulación transcraneal con corriente directa catódica.

Como podemos observar en la **Figura 4**, dentro de las técnicas de ECNI que se utilizan para crear neuromodulación podemos distinguir entre las que facilitan la excitabilidad cortical como pueden ser la estimulación magnética transcraneal repetitiva de alta frecuencia, la estimulación Theta Burst intermitente (iTBS), la estimulación asociativa emparejada con intervalos de 25 mseg. (PAS-25) y la estimulación transcraneal con corriente directa anódica (a-tDCS). Por otro lado, se encuentran aquellas técnicas que inhiben la excitabilidad cortical como pueden ser la estimulación magnética transcraneal repetitiva de baja frecuencia, la estimulación Theta Burst continua (cTBS), la estimulación asociativa emparejada con intervalos de 10 mseg. (PAS-10) y la estimulación transcraneal con corriente directa catódica (c-tDCS) (16).

A pesar de los diferentes tipos de ECNI que existen, la EMT y la tDCS son las modalidades más estudiadas y analizadas. En la **Figura 5A**, se presenta una comparación entre la estimulación eléctrica y magnética. Tanto en la EMT como en la tDCS, la corriente avanza hacia la membrana celular que puede estimularse y modificar el potencial transmembrana. Esto provoca la despolarización de la

membrana y el inicio del potencial axónico que progresa a lo largo de la vía neural con los mecanismos normales de transmisión nerviosa (16).

Figura 5. Comparación entre la EMT y la tDCS. Modificado de Kesikburun S (2022) y Wagner et al. (2007) (16,18)



EMT. Estimulación magnética transcraneal; TDCS. Estimulación transcraneal con corriente directa. A) Muestra las diferencias en el flujo de corriente y localización de los efectos de la EMT y la tDCS. B) Diagramas de las magnitudes de intensidad de corriente en la superficie cortical con la EMT (izquierda) y la tDCS (derecha), la ubicación de la fuente de estimulación se representa a la derecha de cada diagrama y la bobina (gris) representa la aplicación de EMT y el ánodo (rojo) y cátodo (negro) representa la aplicación de tDCS.

La **Figura 5B** compara la densidad de energía que se trasmite a las áreas cerebrales con la EMT y la tDCS. En última instancia, los efectos de las estimulación pueden observarse en los cambios que se reflejan en diferentes pruebas, como el

aumento de la actividad neural en la electroencefalografía (ECG), el cambio en el flujo sanguíneo y el metabolismo en la tomografía de emisión de positrones (PET), la resonancia magnética funcional, la tomografía computarizada por emisión monofotónica (SPECT) y como contracción muscular o potencial motores evocados (MEP) en la electromiografía (16).

1.4. ESTIMULACIÓN MAGNÉTICA TRANSCRANEAL.

1.4.1. Definición y efectos de la estimulación magnética transcraneal.

La EMT es una técnica neurofisiológica que estimula áreas de la corteza cerebral de manera no invasiva e indolora, siguiendo los principios de inducción electromagnética descritos en 1838 por Faraday (17,58,59).

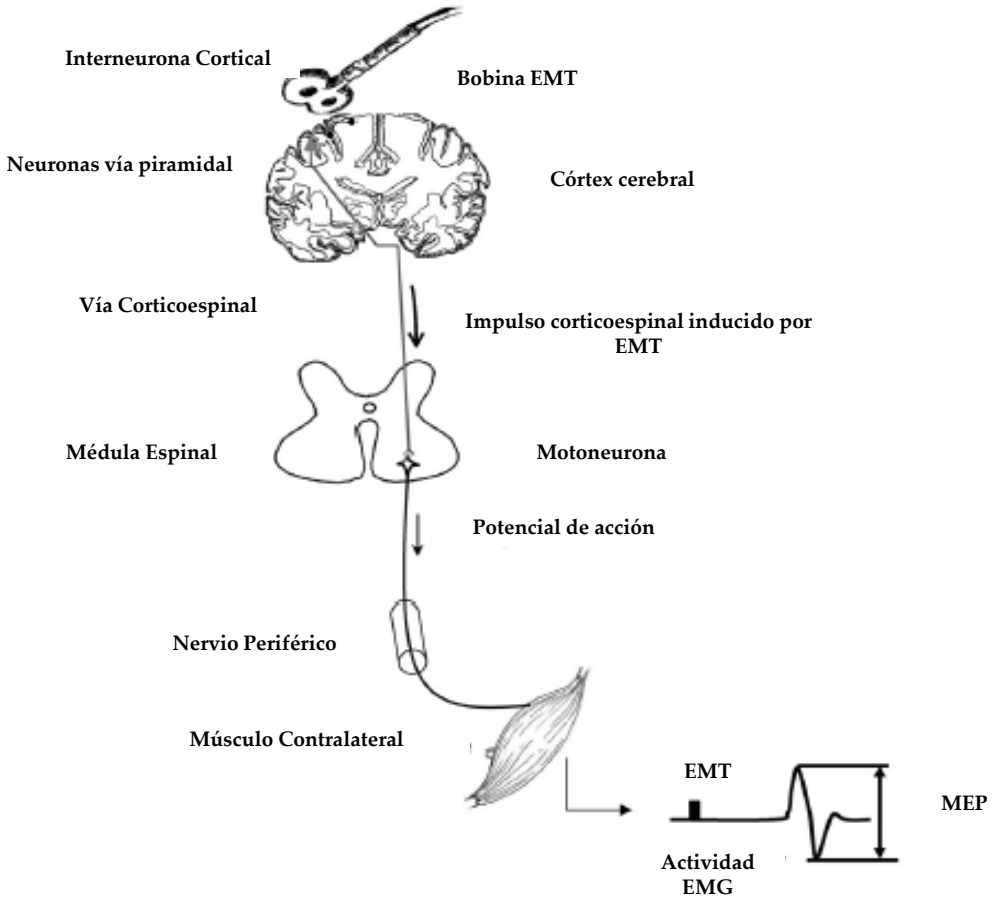
La EMT fue descrita por primera vez en 1985 por Anthony Barker y desde entonces ha ganado relevancia en campos como la neurología, psiquiatría, neurofisiología clínica, psicología y neurociencia (1,60). Esta técnica permite la estimulación del tejido nervioso que incluye la corteza cerebral, médula espinal, vías motoras centrales y nervios periféricos, además de regular de manera controlada la actividad cerebral (61).

Como describimos en apartados anteriores, puede aplicarse EMT mediante pulsos aislados (EMT pulso único), pares de impulsos a intervalos de tiempo (EMT pulsos emparejados), o mediante trenes de estímulos a frecuencias variables (EMTr) (4,15,59). En función de los parámetros de la EMT que se apliquen, se puede lograr la inhibición o excitación de la corteza cerebral. Estos parámetros incluyen la intensidad (superior o inferior al umbral motor), la frecuencia de estimulación, la duración de los trenes, el número de estímulos por tren, el intervalo entre trenes y el número total de trenes (58).

La calidad de las investigaciones neurofisiológicas sobre la corteza cerebral humana, en especial la corteza motora, ha mejorado notablemente gracias a la introducción de la EMT. Además, se puede emplear junto con la rehabilitación física y otras terapias, como la estimulación transcraneal con corriente directa (tDCS), lo que la convierte en una herramienta ideal para la práctica clínica, particularmente en Neurorrehabilitación (45,60).

Actualmente, se utiliza principalmente para evaluar la integridad del tracto corticoespinal, pero además, el desarrollo de la EMT ha permitido expandir su uso en diagnóstico, localización y supervisión del sistema motor, así como en la investigación cognitiva, neurociencia y en tratamientos terapéuticos para enfermedades neurológicas y psiquiátricas, debido a su capacidad para inducir cambios a largo plazo en la excitabilidad y conectividad de las redes cerebrales estimuladas (60).

Figura 6. Mecanismo de acción de la EMT en la corteza motora. Modificado de Fernández-del-Olmo et al. (2004) (58)



EMT. Estimulación magnética transcraneal; EMG. Electromiografía; MEP. Potencial motor evocado.

Cuando se aplica sobre la corteza motora, la EMT induce descargas descendentes en el tracto piramidal que activan las motoneuronas en la columna

vertebral, conocidas como vías corticoespinales. Esta activación provoca un potencial motor evocado (MEP), que se registra mediante electromiografía utilizando electrodos de superficie colocados sobre el músculo contralateral al hemisferio estimulado (**Figura 6**). La amplitud de los MEP depende de la intensidad de la EMT, la orientación de la bobina, el ángulo entre la bobina y el surco central y otros factores que afectan la excitabilidad cortical (58,62).

Por otro lado, la EMT produce varios efectos, entre los que se incluyen efectos bioquímicos, moleculares, neurotransmisores, genéticos y celulares así como los efectos electrofisiológicos sobre los potenciales de membrana que acabamos de mencionar (61).

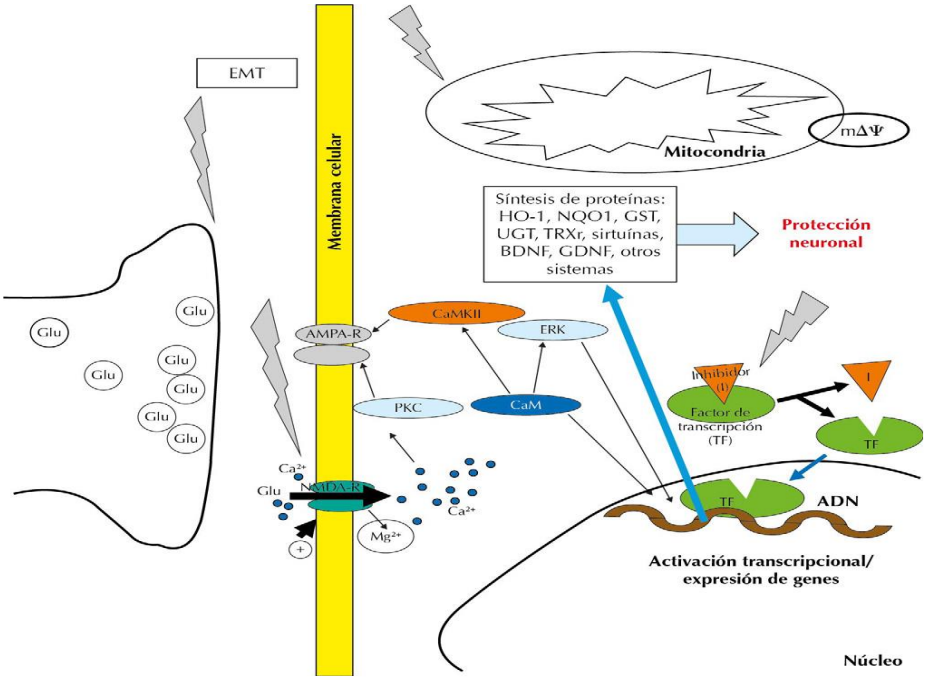
Cuando los campos magnéticos generados por la EMT atraviesan el cerebro con una atenuación mínima, provocan una despolarización en el tejido neural, cuyos efectos varían según la forma y tamaño de la bobina, la intensidad del campo magnético, y la frecuencia y duración de los pulsos magnéticos (59,62). La configuración de los parámetros de estimulación desencadenan una secuencia de eventos con efectos excitatorios o inhibitorios: la baja frecuencia tiende a inducir un efecto inhibidor, mientras que la alta frecuencia produce un efecto excitador (63).

Además, se ha descubierto que la EMT tiene efectos neuroprotectores y ofrece beneficios temporales en personas con enfermedades neurológicas degenerativas como el Alzheimer, la esclerosis múltiple y la enfermedad de Parkinson. Estos efectos neuroprotectores son especialmente valiosos en la modulación de la plasticidad neuronal, que es la capacidad de las neuronas para renovar o reconectar conexiones, lo que nos permite aprender nuevas habilidades y preservar las funciones (17,60).

La **Figura 7** ilustra los mecanismos celulares y moleculares involucrados en la protección neuronal mediada por la EMT. El proceso descrito comienza con la activación de receptores en la membrana celular, específicamente por el glutamato (Glu), un neurotransmisor excitador. El Glu se une a receptores como N-metil-D-aspartato (NMDA-R) y (Amino-hidroxi-metilo-isoxazolpropiónico) AMPA-R en la membrana celular, lo que permite la entrada de calcio (Ca^{2+}) a través de los receptores NMDA-R cuando estos están activados. Esta entrada de calcio inicia una cascada de señalización intracelular que activa diversas proteínas como la proteína quinasa II dependiente del calcio/calmodulina (CaMKII), proteína quinasa C

(PKC), proteína quinasa regulada por señales extracelulares (ERK) y calmodulina (CaM), que a su vez activan factores de transcripción en el núcleo celular (17,64,65).

Figura 7. Efectos neuroprotectores de la EMT. Extraído de Túnez-Fiñana et al. (2014) (17)



EMT. Estimulación magnética transcranela; Glu. Glutamato; NMDA-R. N-metil-D-aspartato; AMPA-R. Amino-hidroxi-metilo-isoxazolpropiónico; Ca2+. Calcio; Mg2+. Magnesio; CaMKII. proteína quinasa II dependiente del calcio/calmodulina; PKC. proteína quinasa C; ERK. proteína quinasa regulada por señales extracelulares; CaM. Calmodulina; HO-1. hemo oxigenasa- 1; NQO1. quinona oxidorreductasa 1; GST. glutatión S-transferasa; UGT. uridinadifosfato glucuroniltransferasa; TRXr. Tiorredoxinas; BDNF. factor neurotrófico derivado del cerebro; GDNF. factor neurotrófico derivado de la glía; TF. Factor de transcripción; I. Factor de inhibición; ADN. Ácido desoxirribonucleico.

La mitocondria, representada en el proceso, juega un papel crucial en la protección neuronal al mantener el potencial de membrana mitocondrial y en la síntesis de proteínas protectoras. La señalización intracelular culmina en la síntesis de diversas proteínas neuroprotectoras unidas a encimas como hemo oxigenasa- 1 (HO-1), quinona oxidorreductasa 1 (NQO1), glutatión S-transferasa (GST), uridinadifosfato glucuroniltransferasa (UGT), tiorredoxinas (TRXr), sirtuínas,

factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF) y factor neurotrófico derivado de la glía (GDNF), que protegen contra el estrés oxidativo, la neuroinflamación y la muerte celular (17,64,65).

Estos procesos que se resumen bajo el término de protección neuronal muestran cómo la estimulación magnética transcraneal desencadena una serie de eventos moleculares que fortalecen las defensas neuronales y contribuyen a la neuroprotección, culminando en la activación de genes protectores en el núcleo, regulada por factores de transcripción y sus inhibidores.

1.4.2. Aplicación de la estimulación magnética transcraneal.

El estimulador magnético utilizado en la EMT consta de una bobina conectada a uno o más capacitadores que almacenan una gran cantidad de energía eléctrica, la cual puede descargarse en un breve periodo de tiempo dependiendo de la intensidad y amplitud del estímulo requerido. Según la ley de Faraday, este rápido cambio que se produce en la intensidad del campo eléctrico induce un campo magnético (60,66).

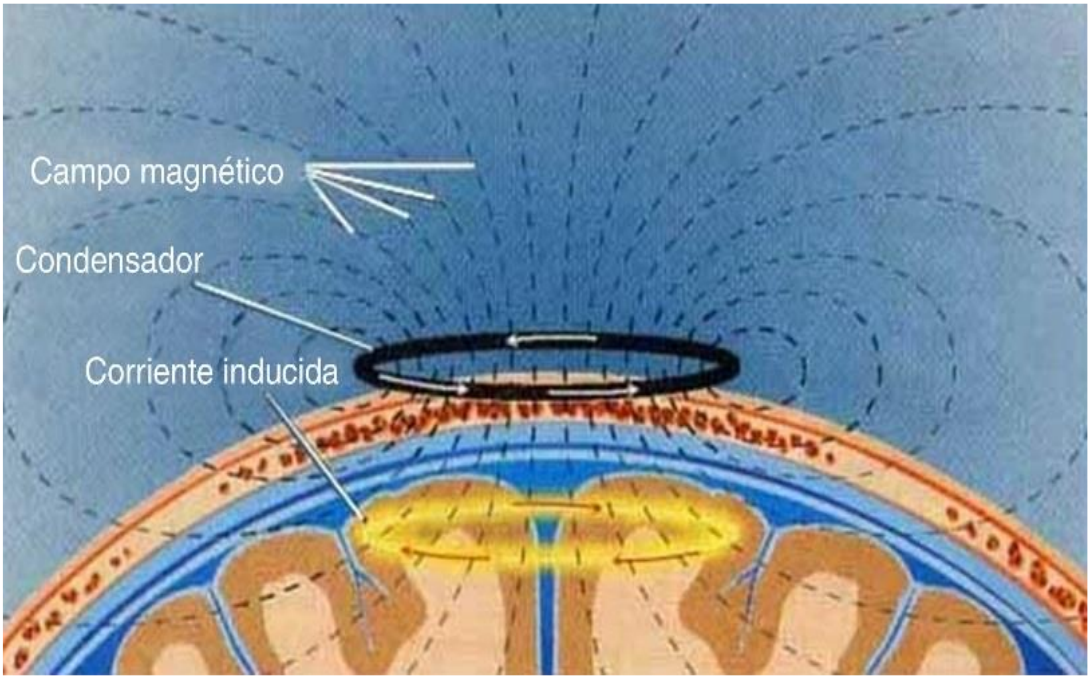
Cuando un pulso eléctrico proveniente del condensador atraviesa la bobina, compuesta por un hilo de cobre y recubierta de plástico, se genera un campo magnético perpendicular a la bobina que penetra en la corteza cerebral a través del cuero cabelludo y el cráneo sin atenuarse (61).

La EMT proporciona una vía de estimulación cortical sin necesidad de electrodos, donde el campo magnético inducido en la bobina actúa como un puente entre la corriente primaria generada en los condensadores y la corriente secundaria creada en el tejido estimulado (**Figura 8**). El campo magnético generado en el cuero cabelludo induce una corriente eléctrica que afecta a un área relativamente restringida del cerebro. La densidad y focalización de esta corriente secundaria están determinadas por la amplitud y forma del campo magnético generado, que a su vez depende del voltaje de la corriente primaria y la geometría de la bobina de estimulación (66,67).

La bobina de estimulación, fabricada con material de cobre completamente aislado y recubierta de plástico, puede variar en tamaño y forma. Como muestra la **figura 9** existen cuatro tipos principales de bobinas: bobina en forma de 8 o

mariposa, bobina circular, bobina de doble cono y bobina de cono o "H", aunque las más utilizadas son las dos primeras (1,60).

Figura 8. Campo magnético y corriente inducida por la bobina. Extraído de León-Ruiz et al. (2018) (61)



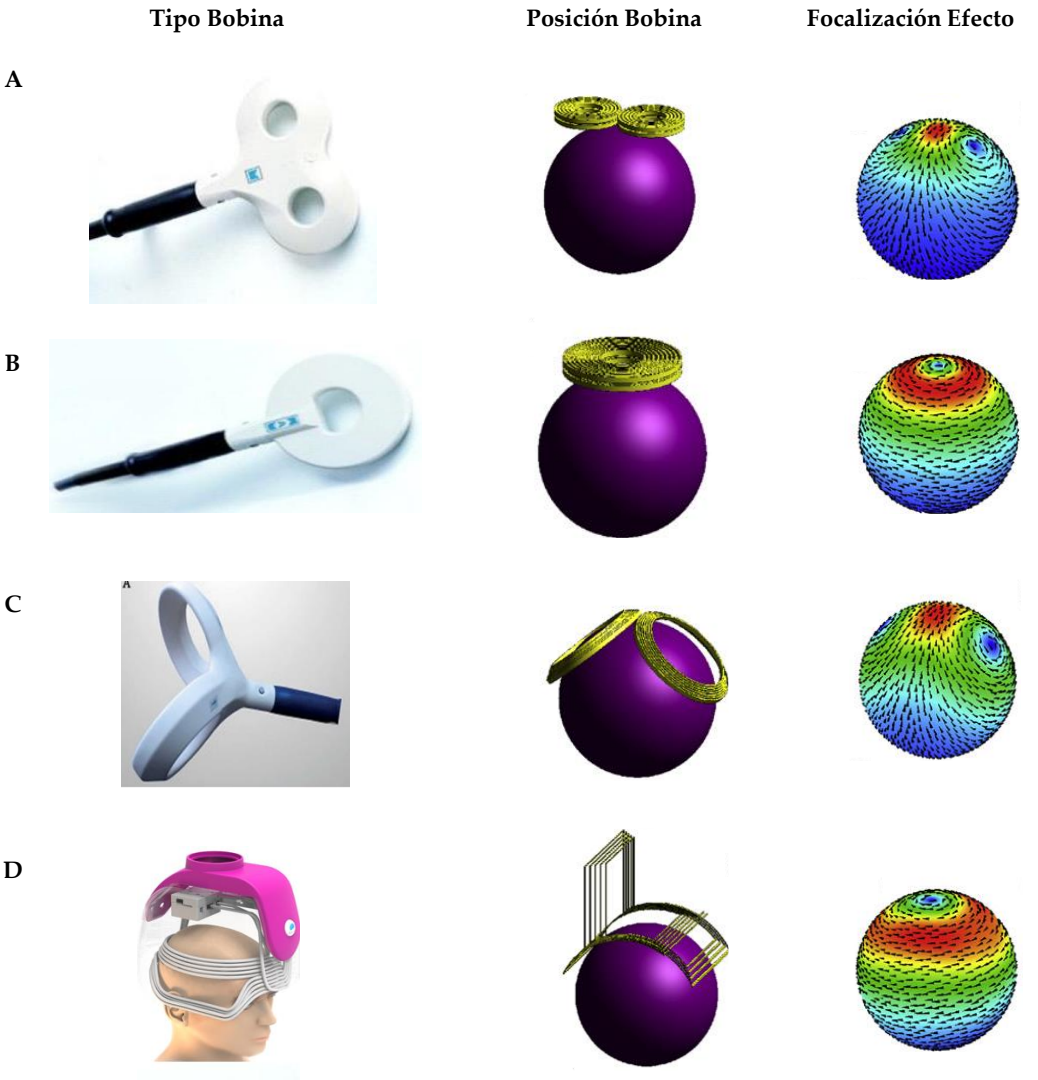
La bobina en forma de 8, compuesta por dos bobinas circulares con corrientes en direcciones opuestas, produce una suma del campo eléctrico en el punto de unión, lo que permite una estimulación más focal y superficial (1,60,68). Este tipo de bobina genera un campo magnético de hasta dos Teslas, que penetra en el cerebro y puede influir en el funcionamiento electro bioquímico de las neuronas circundantes mediante el proceso de inducción de Faraday. Aunque la estimulación es superficial y localizada, debido a la interconexión del cerebro a través del Sistema Límbico, es posible que la estimulación alcance niveles más profundos del sistema nervioso central (58).

Por otro lado, la bobina circular provoca una estimulación menos focal pero más profunda, permitiendo al operador estimular ambos hemisferios cerebrales simultáneamente (60,68).

La bobina de doble cono induce un campo eléctrico más fuerte pero menos focal, logrando una estimulación directa de regiones cerebrales profundas (60).

Finalmente, la bobina en forma de cono o "H" permite una estimulación neuronal más focal y profunda, reduciendo el campo eléctrico en la superficie cortical, alcanzando un área cortical de aproximadamente 3 cm^2 y una profundidad entre 2 y 4 cm (60,68).

Figura 9. Tipos de bobinas y focalización del efecto. Adaptado de Deng et al. (2013), Malavera et al. (2014) y Gersner et al. (2016) (60,69,70)



A. bobina en 8 o mariposa; B. bobina circular; C. bobina de doble cono; D. bobina de cono o "H".

1.4.3. Efectos secundarios y contraindicaciones de la estimulación magnética transcraneal.

La estimulación magnética transcraneal (EMT) es un tratamiento generalmente seguro, aunque algunos pacientes pueden experimentar efectos adversos leves y pasajeros como cefaleas o dolor en el cuello. Estos síntomas suelen ser de corta duración y se alivian fácilmente con analgésicos (61,67,68).

Un efecto secundario que ha generado cierta preocupación es el riesgo de epilepsia, aunque los casos reportados han sido raros y se han producido únicamente con frecuencias de estimulación muy altas, es esencial tener precaución en personas con antecedentes personales o familiares de epilepsia, debido al riesgo potencial de generar convulsiones (67).

Por otro lado, se ha señalado que algunas estructuras metálicas implantadas en el cráneo, como clips de aneurismas, podrían moverse debido a la fuerza de la corriente eléctrica inducida por el campo magnético (71). Además, es importante tener precaución con los implantes cocleares, ya que los ruidos producidos por la bobina del estimulador magnético pueden causar pérdida auditiva. Por ello, se recomienda el uso de tapones, especialmente en niños pequeños, donde la distancia entre la bobina y el oído es mínima (61).

En cuanto a las contraindicaciones, se consideran relativas en casos como antecedentes de efectos secundarios a la EMT, trombosis cerebral, cefaleas intensas, embarazo y menores de 2 años. En cambio, las contraindicaciones absolutas incluyen pacientes con epilepsia no controlada, la presencia de marcapasos cardíacos, elementos metálicos intracraneales y auditivos (exceptuando prótesis dentales) y la hipertensión endocraneana (67).

1.5. ESTIMULACIÓN TRANSCRANEAL CON CORRIENTE DIRECTA.

1.5.1. Definición y efectos de la estimulación transcraneal con corriente directa.

La tDCS es una técnica no invasiva de estimulación cerebral que utiliza corrientes continuas de baja amplitud (1-2 mA) aplicadas a través de electrodos en el cuero cabelludo para modular la excitabilidad cortical (72–76).

La idea de utilizar "electricidad terapéutica" tiene raíces antiguas, si consideramos los intentos de tratar trastornos neurológicos aplicando la electricidad de determinados peces sobre la cabeza. En 1867, Eduard Kitzig fue pionero en probar un estimulador de corriente constante en pacientes con depresión, y accidentalmente que la corriente enviada a través del cráneo producía movimientos oculares involuntarios. Posteriormente, en 1870 Eduard Kitzig y el anatomista Gustav Fritsch estudiaron los efectos de la estimulación galvánica en varias regiones de la corteza de un perro para determinar si estos efectos eran de origen central o periférico. Encontraron que la estimulación de diferentes áreas de la corteza cerebral producía respuestas distintas en la extremidad contralateral (72,74).

En las últimas décadas, la polarización del cerebro con corriente continua se ha introducido como una técnica no invasiva para modificar la actividad cortical en humanos. Además, la tDCS ha demostrado inducir efectos beneficiosos en cerebros dañados, ya que mejora la plasticidad neuronal y reduce los efectos de la conexiones inhibitorias, lo que devuelve al cerebro a un estado más susceptible a la rehabilitación (73,74,77–79).

Esta técnica ofrece varias ventajas en comparación con otras técnicas de estimulación cerebral no invasiva, como la estimulación magnética transcraneal. Entre las ventajas se incluyen su tamaño compacto, lo que permite un uso portátil, el bajo costo y la facilidad de aplicación, su efecto modulador más duradero, y el hecho de que, al ser una técnica neuromoduladora, tiene menos efectos secundarios. Además, existen datos que indican que la tDCS es una técnica segura, no dolorosa y bien tolerada por los pacientes (73,74,77,79–81).

La tDCS puede aplicarse simultáneamente con la rehabilitación física y otras terapias, lo que la convierte en una herramienta ideal en la práctica clínica, especialmente en el contexto de la Neurorehabilitación (77). Además, ha demostrado ser una terapia complementaria prometedora en la rehabilitación de ictus y una amplia gama de condiciones neurológicas y psiquiátricas, como el dolor, la epilepsia y la depresión, ya que se han reportado efectos positivos de la tDCS en diversas áreas como la función motora, somatosensorial, atencional, vestibular y cognitivo-emocional (10,75,76,82).

Las combinaciones emergentes de nuevos métodos, como la estimulación simultánea de tDCS y EMT, o el entrenamiento con biorretroalimentación

integrando la tDCS con interfaces cerebro-ordenador, pantallas de realidad virtual u otros paradigmas de retroalimentación diseñados para ayudar a las personas a controlar su propia actividad cerebral, también pueden contribuir significativamente a la neurorrehabilitación (10).

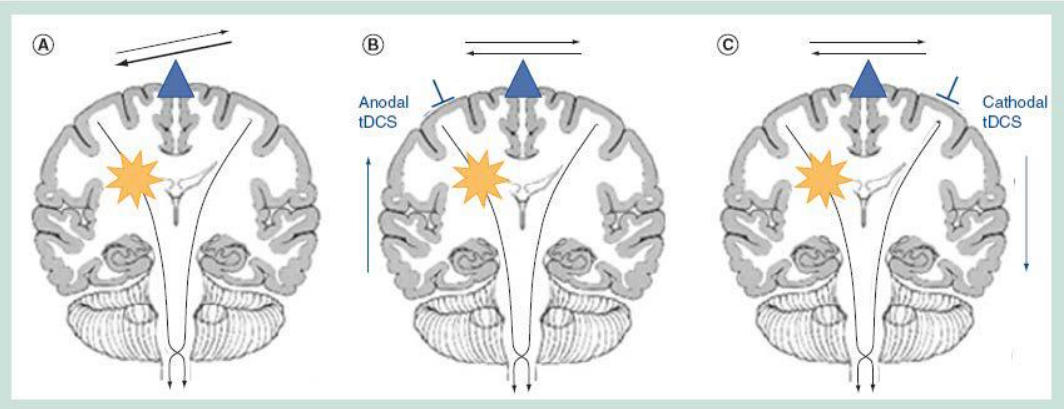
1.5.2. Aplicación de la estimulación transcraneal con corriente directa.

Para aplicar la tDCS se utiliza un generador de corriente directa que se conecta a dos electrodos de esponja que se colocan sobre el cuero cabelludo a través de los cuales pasará la corriente hasta la corteza cerebral. Algunos estudios han demostrado que aproximadamente el 50% de la corriente aplicada atraviesa el cráneo (10,75,78,83).

En la tDCS, los electrodos de esponja que se colocan sobre el cuero cabelludo se humedecen con agua o soluciones salinas para asegurar una buena conductividad y minimizar la resistencia eléctrica entre la piel y el electrodo. Las soluciones salinas suelen estar compuestas de cloruro de sodio (NaCl) disuelto en agua, y su concentración generalmente se ajusta para imitar la salinidad natural del cuerpo, similar a la de los fluidos corporales (0,9% de NaCl). Esto no solo ayuda a mejorar la transmisión de la corriente eléctrica a través de la piel y el cráneo, sino que también reduce el riesgo de irritación o daño cutáneo, garantizando un contacto más cómodo y efectivo durante la estimulación. El uso adecuado de soluciones salinas también asegura que la corriente se distribuya de manera uniforme a través de la superficie del electrodo, lo que es crucial para la eficacia y seguridad del tratamiento (10,78).

Después de una lesión cerebral, el equilibrio de la excitabilidad cortical interhemisférica se ve alterado, lo que justifica la realización de diferentes aplicaciones de tDCS. Esta técnica se clasifica en anódica o catódica, según el tipo de electrodo aplicado sobre el área a tratar (**Figura 10**). La tDCS anódica (a-tDCS) incrementa la excitabilidad cortical en la zona cerebral subyacente al despolarizar las membranas celulares, mientras que la TDCS catódica (c-tDCS) disminuye la excitabilidad cortical mediante hiperpolarización (10,73–75,77,80,83).

Figura 10. Tipos de estimulación transcraneal con corriente directa. Extraído de Schlaug et al. (2008) (73)



A) *Después de una lesión el equilibrio interhemisférico se ve alterado.* ***B)*** *La estimulación transcraneal con corriente directa anódica aumenta la excitabilidad.* ***C)*** *La estimulación transcraneal con corriente directa catódica disminuye la excitabilidad.*

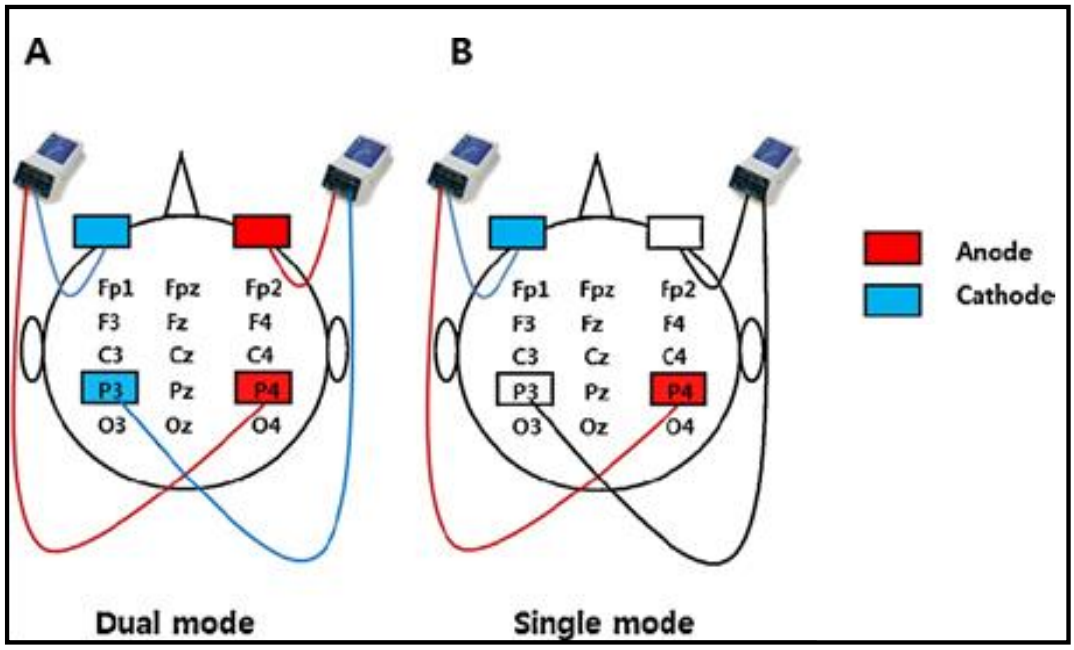
Por otro lado, como muestra la **Figura 11**, existen dos tipos de aplicación de tDCS: la estimulación simple, que utiliza un solo canal, y la estimulación doble que emplea dos canales (75).

En la estimulación simple, se utiliza un único par de electrodos (uno anódico y otro catódico). Este método es el más común y se enfoca en un área específica del cerebro. Por ejemplo, si se desea aumentar la excitabilidad cortical en una región, se coloca el electrodo anódico sobre esa área, mientras que el electrodo catódico se coloca en una región neutra o en otra área del cerebro, según cuál sea el objetivo terapéutico. Este tipo de estimulación es efectivo para tratamientos focalizados, donde se necesita estimular o inhibir una región cerebral específica (74,75).

Sin embargo, la estimulación doble utiliza dos pares de electrodos, lo que permite tratar dos áreas del cerebro simultáneamente. Cada par de electrodos funciona de forma independiente, lo que permite combinaciones más complejas de a- tDCS y c-tDCS. Esta modalidad es útil cuando se requiere modulación en dos áreas cerebrales diferentes al mismo tiempo, lo cual puede ser especialmente beneficioso en tratamientos donde se busca restaurar el equilibrio entre dos hemisferios cerebrales o cuando se quiere influir en múltiples circuitos neuronales simultáneamente. La estimulación doble ofrece una mayor flexibilidad en los

tratamientos, aunque también requiere un control más preciso de los parámetros de estimulación para evitar interferencias entre los dos canales (74,75).

Figura 11. Modos de aplicación de la tDCS. Adaptado de Sunwoo et al. (2013) (75)



tDCS. Estimulación transcraneal con corriente directa; A. Montaje tDCS doble canal; B. Montaje tDCS canal simple.

1.5.3. Efectos secundarios y contraindicaciones de la estimulación transcraneal con corriente directa.

La tDCS es una técnica no invasiva utilizada para modular la actividad cortical mediante la aplicación de corrientes eléctricas de baja intensidad a través del cuero cabelludo. Aunque es generalmente segura y bien tolerada, la tDCS puede tener algunos efectos secundarios y contraindicaciones que deben considerarse antes de su aplicación (72–74,84).

Entre los efectos secundarios más comunes se incluyen dolor de cabeza, mareos, náuseas y una sensación de picor o irritación en la piel bajo los electrodos. Estos efectos suelen ser leves y temporales, pero es importante monitorizarlos durante el tratamiento (10,78,84).

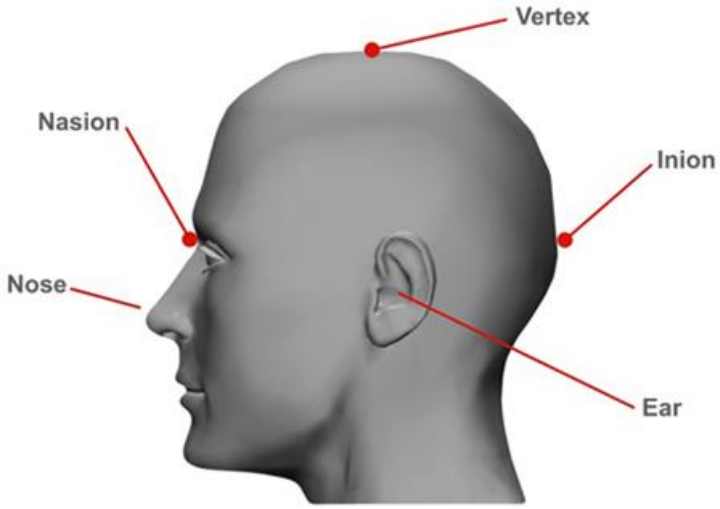
En cuanto a las contraindicaciones, existen ciertos criterios de exclusión que deben tenerse en cuenta. Los pacientes con enfermedades agudas, crisis agudas de epilepsia, alteraciones de la piel en la zona de aplicación del electrodo, o aquellos implantes metálicos cercanos a los electrodos como los marcapasos, no son candidatos adecuados para recibir tDCS (78). Por esta razón, es esencial que los profesionales evalúen el perfil del paciente y sigan las guías clínicas para minimizar los riesgos asociados con esta técnica.

1.6. SISTEMAS DE LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE ESTIMULACIÓN.

Para el posicionamiento adecuado de la bobina o los electrodos superficiales en técnicas de estimulación cerebral no invasiva (ECNI), se pueden emplear diversas técnicas de mapeo cerebral, como la resonancia magnética funcional (fMRI) o la tomografía por emisión de positrones (PET). Además, existen varios sistemas de localización, como los desarrollados en Illinois, Montreal, Aird, Cohn, Lennox, Merlis, Oastaut, Schwab y Marshall entre otros. La mayoría de estos sistemas se basan en la interpretación de los potenciales evocados del electroencefalograma (EEG) para identificar el área de interés para la estimulación. Sin embargo, debido al mayor costo y tiempo requerido por estos métodos, el sistema internacional 10/20 se ha convertido en el más utilizado actualmente (85,86).

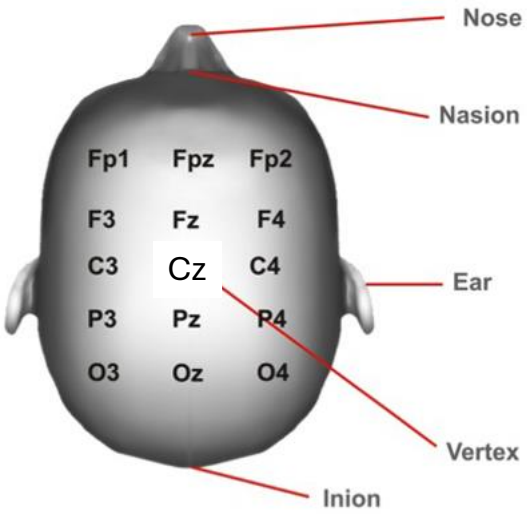
El sistema 10/20 recibe su nombre de la colocación de los electrodos del EEG, que se sitúan entre el 10% y el 20% de la distancia total entre puntos clave del cráneo, como la escotadura entre frente y nariz (nasión), la protuberancia occipital (inión), y los puntos preauriculares derecho e izquierdo (**Figura 12**) (85,87–89).

Figura 12.Puntos clave del sistema 10/20. Extraído de Dasilva et al. (2011) (89)



A cada posición craneal se le asigna una letra para identificar el lóbulo o la zona central, y un número para indicar el hemisferio (**Figura 13**). Las letras F, T, C, P y O corresponden a frontal, temporal, central, parietal y occipital respectivamente. Los números pares se refieren al hemisferio derecho, mientras que los impares corresponden al hemisferio izquierdo. Los puntos en la línea media se designan con el símbolo "z". Además, cuanto menos es el número, más cerca se encuentra de la línea media (85,88–90).

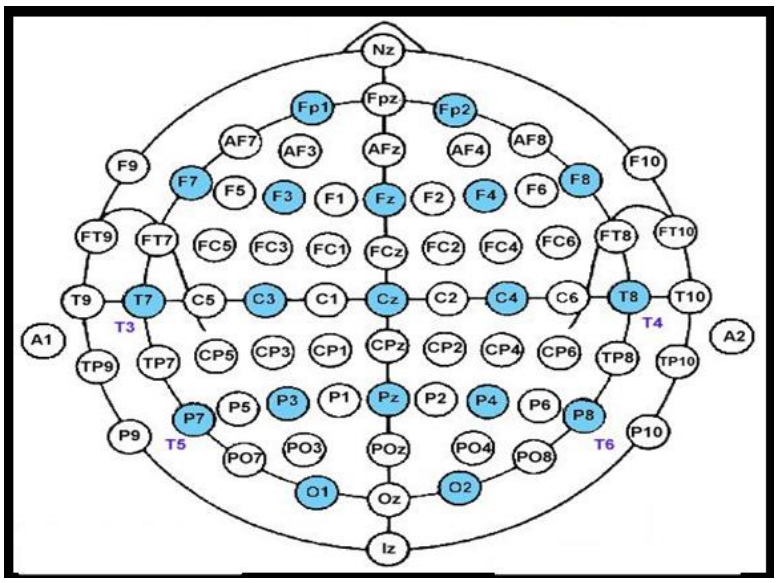
Figura 13. Principales puntos de referencia del sistema 10/20. Modificado de Dasilva et al. (2011) (89)



Aunque el sistema 10/20 cubre adecuadamente las principales áreas del cráneo, para aplicaciones más precisas a menudo es necesario utilizar electrodos adicionales colocados a medio camino entre los puntos del sistema 10/20, esta modificación se denominó sistema 10/10 y fue descrito por primera vez por Jasper en 1958 (**Figura 14**) (85,88,91,92).

Todas las áreas del cerebro que son accesibles mediante ECNI se encuentran en la corteza cerebral y fueron definidas por primera vez en 1909 por el neurólogo alemán Korbinian Brodmann, conocidas como "áreas de Brodmann" (**Figura 15**) (93).

Figura 14. Puntos adicionales del sistema 10/20. Modificado de Fernández-Fraga et al. (2017) y Jasper (1958) (91,92)

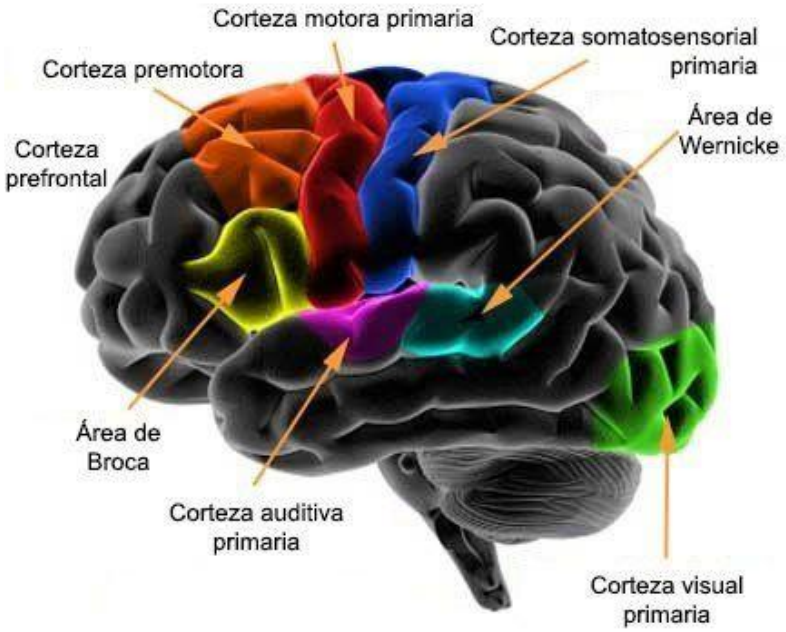


Los círculos de color azul corresponden al Sistema Internacional 10/20, y en blanco a las posiciones introducidas en el sistema 10/10.

La corteza motora, situada en la parte posterior del lóbulo frontal, es la principal fuente de fibras motoras del tracto piramidal. Establece sinapsis directas con las neuronas motoras en el tronco encefálico y la médula espinal, permitiendo movimientos motores finos. Dentro de esta región, el área motora primaria (M1), localizada en el surco central (área 4 de Brodmann), es responsable de enviar las órdenes para la ejecución de movimientos voluntarios. Esta área posee una

organización topográfica contralateral e invertida, donde las partes del cuerpo que requieren mayor precisión motora ocupan una mayor superficie cortical (**Figura 16**). La ECNI en esta área se utiliza para tratar disfunciones motoras como por ejemplo, el "*freezing*" de la marcha congelada en la enfermedad de Parkinson o el temblor de manos (93–95).

Figura 15.Principales áreas de la corteza cerebral. Extraído de Guerri (2023) (93)



Las áreas premotoras, que controlan la corteza motora primaria, no provocan movimientos directamente, sino que planifican las secuencias de movimientos necesarios para acciones voluntarias coordinadas. Lesiones en estas áreas pueden resultar en apraxia, que es la dificultad para ejecutar habilidades motoras aprendidas (93).

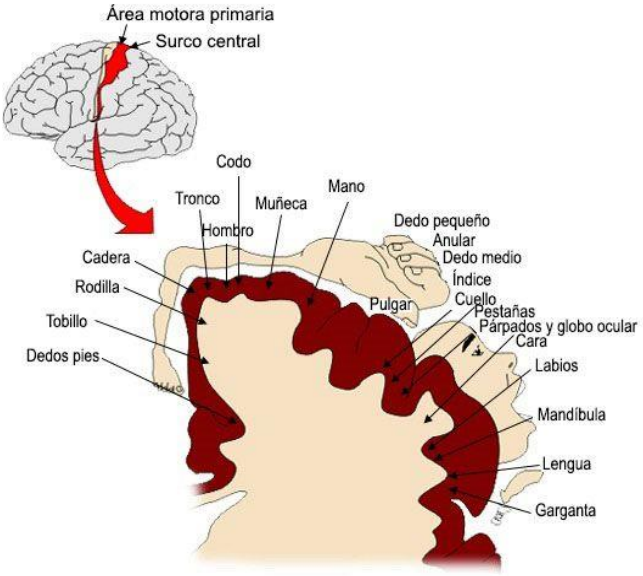
La corteza parieto-occipito-temporal está relacionada con funciones sensoriales superiores y es esencial para el aprendizaje y el lenguaje. La ECNI aplicada en esta área se utiliza para el tratamiento de patologías como agnosias, apraxias, dificultades de aprendizaje, afasias y negligencias hemisféricas (63,86,93).

La corteza prefrontal, junto con la corteza de asociación parieto-occipito-temporal, participa tanto en el razonamiento abstracto y el razonamiento crítico como en la iniciativa, concentración y atención (63).

Por su parte, la corteza límbica es crucial para la memoria a largo plazo y la respuesta emocional. La ECNI aplicada en esta región se ha utilizado para tratar el Alzheimer y la depresión (96).

Finalmente, las áreas de Broca y Wernicke, localizadas frecuentemente en el hemisferio izquierdo, controlan la expresión y comprensión del lenguaje. En la mayoría de los diestros y en aproximadamente el 85% de los zurdos, estas áreas se encuentran en el hemisferio izquierdo. Por último, se denomina hemisferio dominante, al hemisferio donde se localicen las áreas del lenguaje (96).

Figura 16. Organización topográfica del área motora primaria. Extraída de Guerri (2023) (93)



1.7. CIENCIOMETRÍA Y BIBLIOMETRÍA

1.7.1. Fundamentos Conceptuales de la Bibliometría y la Cienciometría

Al igual que ocurre en el resto de las disciplinas científicas, el progreso en el ámbito de la estimulación cerebral no invasiva se enfrenta al reto de gestionar un

volumen creciente de información, lo que obliga a los investigadores a revisar extensas cantidades de literatura científica con un considerable consumo de tiempo y una notable complejidad metodológica (97,98). En este escenario, propio de una sociedad orientada hacia la información y el conocimiento, resulta fundamental disponer de indicadores cuantitativos y de herramientas capaces de objetivar las diferencias entre publicaciones y facilitar la identificación de patrones (97,99). Durante el siglo XXI, la comunicación científica se ha orientado hacia la búsqueda de alternativas que permitan representar de forma más clara los procesos comunicativos, al tiempo que se desarrollan instrumentos de evaluación destinados a impulsar el crecimiento de la producción científica. En este marco cobran especial relevancia los estudios bibliométricos y cienciométricos, ya que posibilitan el análisis de las disciplinas a través de los productos derivados de la propia actividad investigadora (97).

El crecimiento exponencial de la literatura científica ha impulsado la consolidación de disciplinas como la bibliometría y la cienciometría, orientadas al análisis cuantitativo y a la evaluación de la ciencia. Ambas permiten comprender cómo se organiza el conocimiento, cuáles son sus dinámicas de colaboración y qué autores, fuentes y temáticas resultan más influyentes en un campo de investigación (100,101). Estas aproximaciones han evolucionado desde la propuesta de la cocitación como medida de relación intelectual entre documentos hasta el desarrollo de avanzadas herramientas de visualización y análisis de redes, entre las que destacan CiteSpace y VOSviewer entre otras (102–105). De este modo, el uso combinado de indicadores bibliométricos y representaciones gráficas proporciona una base metodológica sólida para identificar tendencias, cartografiar estructuras temáticas y explorar la evolución histórica de la investigación científica.

La relevancia de la bibliometría y la cienciometría no se limita a su papel actual en la representación y evaluación de la ciencia, sino que se sustenta en un recorrido histórico que explica su consolidación como campos de estudio. Desde mediados del siglo XX, diversos investigadores comenzaron a explorar cómo las referencias y las citas podían convertirse en indicadores objetivos del conocimiento científico, sentando las bases para el análisis sistemático de la producción académica y para la identificación de patrones de organización intelectual que aún hoy resultan esenciales (97,106–109).

Tras destacar la relevancia de la bibliometría y la cienciometría como instrumentos de análisis y evaluación de la ciencia, resulta necesario detenerse en la definición y evolución de estas disciplinas, así como en las particularidades que diferencian sus enfoques y niveles de aplicación.

La bibliometría tiene su origen en la estadística bibliográfica y se ocupa del estudio del tamaño, el crecimiento y la distribución de los documentos científicos, así como del análisis de la estructura y la dinámica de los grupos que producen y consumen conocimiento (110–119). Aunque los primeros estudios de este tipo datan de comienzos del siglo XX, con aproximaciones que se describieron como análisis estadísticos de la literatura o bibliografía estadística, fue Pritchard (1969) quien acuñó el término "bibliometría", definiéndolo como la aplicación de métodos matemáticos y estadísticos a libros y otros medios de comunicación con el fin de caracterizar los procesos de comunicación escrita, la naturaleza y el desarrollo de las disciplinas científicas (120–125).

La cienciometría, por su parte, aporta una perspectiva más amplia que la bibliometría, pues no se restringe al estudio de la literatura publicada, sino que se centra en el análisis cuantitativo de la ciencia como disciplina y como actividad económica (99,111,126–128). Su desarrollo se vincula estrechamente a los estudios bibliométricos clásicos, ya que en la práctica la mayor parte de las investigaciones cienciométricas se llevan a cabo mediante técnicas bibliométricas (126,127,129). Los estudios cienciométricos analizan el crecimiento de la ciencia, la estructura de las disciplinas y subdisciplinas, la relación entre ciencia y tecnología, la caducidad de los paradigmas, las formas de comunicación entre científicos, las tendencias emergentes de investigación, la productividad y creatividad de los investigadores, así como los vínculos entre el desarrollo científico y el económico (111,128,130). Este tipo de estudios puede realizarse a distintos niveles: micro (individuos, grupos de investigación, revistas), meso (instituciones o grupos temáticos) y macro (países, regiones o disciplinas completas), siendo los indicadores más eficaces en los niveles de agregación superiores (99).

El impulso de estas disciplinas estuvo fuertemente condicionado por trabajos teóricos que demostraron que el análisis de referencias bibliográficas podía revelar patrones temáticos (106,115,127,129,131,132). El artículo *Networks of scientific papers* de Price se considera uno de los hitos fundacionales no solo de la cienciometría, sino también del análisis de redes sociales en ciencia (129,133,134).

En síntesis, tanto la bibliometría como la cienciometría han evolucionado desde sus raíces en la estadística bibliográfica hasta consolidarse como disciplinas capaces de analizar y evaluar la actividad científica en distintos niveles. Sus fundamentos teóricos, han permitido establecer marcos metodológicos que siguen vigentes en la investigación actual. Sobre esta base se formularon también una serie de leyes bibliométricas que, al describir patrones regulares en la productividad de autores, la dispersión de la literatura o la frecuencia de los términos, constituyen herramientas esenciales para comprender los mecanismos de generación y comunicación del conocimiento científico y, por tanto, merecen una atención específica como veremos en el siguiente apartado.

Al igual que ocurre en el resto de las disciplinas científicas, el progreso en el ámbito de la estimulación cerebral no invasiva se enfrenta al reto de gestionar un volumen creciente de información, lo que obliga a los investigadores a revisar extensas cantidades de literatura científica con un considerable consumo de tiempo y una notable complejidad metodológica (97,98). En este escenario, propio de una sociedad orientada hacia la información y el conocimiento, resulta fundamental disponer de indicadores cuantitativos y de herramientas capaces de objetivar las diferencias entre publicaciones y facilitar la identificación de patrones (97,99). Durante el siglo XXI, la comunicación científica se ha orientado hacia la búsqueda de alternativas que permitan representar de forma más clara los procesos comunicativos, al tiempo que se desarrollan instrumentos de evaluación destinados a impulsar el crecimiento de la producción científica. En este marco cobran especial relevancia los estudios bibliométricos y cienciométricos, ya que posibilitan el análisis de las disciplinas a través de los productos derivados de la propia actividad investigadora (97).

Desde hace varias décadas, se han diseñado modelos metodológicos que permiten evaluar el desarrollo de la actividad científica. Entre ellos, los estudios bibliométricos ofrecen un examen cuantitativo y estadístico de la literatura publicada, proporcionando una visión de su impacto en áreas concretas de investigación (106,107,135–137). Los primeros trabajos en este campo fueron realizados por Garfield (1955), Kessler (1963) y Price (1965), quienes mostraron que el análisis de referencias bibliográficas y de las citas podía revelar patrones de asociación temática entre los documentos científicos (106–109). De este modo, las referencias permiten vincular en redes a artículos, autores y revistas que comparten

elementos comunes en sus registros, de manera que, a partir de la frecuencia de tales coincidencias, es posible reconstruir la historia y la evolución de las áreas de investigación (138).

A partir de estos fundamentos, Small (1973) y Marshakova (1973) introdujeron el análisis de cocitación que destaca entre las aproximaciones más empleadas en bibliometría ya que permiten aproximarse a la estructura intelectual de un campo científico a través de las referencias compartidas (106). Junto a este análisis encontramos los análisis de **coocurrencia**, orientados a identificar vínculos temáticos o colaborativos a partir de la aparición conjunta de palabras clave, autores o instituciones en un mismo registro. A ello se suman las **redes de coautoría**, que permiten analizar de manera explícita la organización social de la investigación y la dinámica de colaboración entre científicos. Estas técnicas, complementarias entre sí, constituyen la base metodológica sobre la que se apoyan los estudios de mapeo científico y se desarrollarán con mayor detalle en el apartado siguiente dedicado a herramientas y técnicas (104).

1.7.2. Leyes Fundamentales de la Bibliometría

El desarrollo de la bibliometría y la cienciometría no se entiende únicamente desde una perspectiva conceptual, sino también a partir de la formulación de leyes empíricas que permitieron describir con precisión los patrones de comunicación y producción científica. Estas leyes, surgidas a lo largo del siglo XX, ofrecen un marco matemático y estadístico que ha consolidado a ambas disciplinas como herramientas capaces de explicar tanto las regularidades estructurales de la literatura científica como sus dinámicas de crecimiento y envejecimiento (127).

Podemos diferencias dos grandes categorías, por un lado las leyes que describen distribuciones estructurales como las de Bradford, Lotka y Zipf, y por otro las leyes dinámicas vinculadas al tamaño y evolución de la ciencia, entre las que destacan la ley de crecimiento exponencial de Price y las propuestas sobre obsolescencia y vida media de la literatura desarrolladas por Burton, Kleber y posteriormente Brookes (126,139). La formulación de estas regularidades permitió demostrar que la producción científica se comporta de acuerdo con patrones estadísticos consistentes y dio lugar a marcos conceptuales en los que se incorporaron nociones provenientes de la matemática fractal, la teoría del caos o

los sistemas complejos, junto con principios como la ventaja acumulativa o la ventaja del mediocre (119,140).

Las leyes bibliométricas clásicas Bradford, Lotka y Zipf, se consideran pilares fundacionales de la bibliometría y la cienciometría (141).

La **ley de Bradford** (1934), también conocida como ley de dispersión, describe cómo los artículos sobre un mismo tema se concentran en un núcleo reducido de revistas, mientras que un número creciente de publicaciones periféricas contienen cantidades progresivamente menores de esos artículos. Este principio permite identificar las fuentes principales de un área de conocimiento y ha sido confirmado en múltiples disciplinas (113,114,119,142–144).

Por su parte, la **ley de Lotka** (1926) describe la productividad científica de los autores, mostrando que la mayoría publica un número reducido de trabajos, mientras que una minoría concentra un volumen desproporcionado de la producción (113,114,124,141,143–145). Posteriormente, Price (1961) amplió este modelo al señalar la fuerte asimetría de la productividad científica, en la que unos pocos autores concentran gran parte de la producción de un campo (146).

La **ley de Zipf-Mandelbrot** (1966) se vincula al análisis de palabras y de la frecuencia de aparición de términos en textos científicos. Según esta ley, si se ordenan los términos en función de su frecuencia, el vocabulario se distribuye en tres zonas: una primera que agrupa los descriptores principales, una segunda que recoge los términos temáticos y una tercera donde se concentran los descriptores extra-temáticos (141,144). Esta regularidad evidencia la relación entre la frecuencia de uso de los términos y la riqueza del vocabulario empleado: cuanto menor es la diversidad léxica, mayor es la concentración de descriptores dominantes (147,148).

Entre las leyes dinámicas, la **ley del crecimiento exponencial de la ciencia** formulada por Price (1963) mostró que la literatura científica tiende a duplicarse aproximadamente cada 10 a 15 años (116,139,149). Se calcula que en promedio el volumen de publicaciones crece alrededor de un 6 % anual (150).

Por otro lado, este crecimiento acelerado se acompaña de fenómenos de **obsolescencia**: los documentos antiguos tienden a recibir menos citas con el tiempo (123). Para medir este envejecimiento, Burton y Kleber (1960) introdujeron el concepto de vida media de citación, observando que las disciplinas difieren en su grado de dependencia de la literatura clásica o de literatura efímera (112,151).

Más tarde, Brookes (1970) formuló un modelo matemático según el cual la utilidad de un documento disminuye de manera exponencial decreciente con el paso del tiempo (151).

A pesar de que las leyes de Lotka y Bradford fueron publicadas décadas antes, fue la ley de Price la que marcó el inicio de la expansión de los estudios bibliométricos en la década de 1960, hasta el punto de considerar a Price como el padre de la cienciometría (119,121).

En conjunto, las leyes formuladas por Bradford, Lotka, Zipf y Price, junto con los modelos de obsolescencia de la literatura, constituyen la base teórica sobre la que se ha edificado la bibliometría y la cienciometría modernas. Estos principios han demostrado que la ciencia no progresa de manera aleatoria, sino que sigue patrones regulares de productividad, dispersión, crecimiento y envejecimiento que pueden ser expresados matemáticamente. Sin embargo, la comprensión integral de la actividad científica exige complementar esta dimensión cuantitativa con aproximaciones de carácter cualitativo, capaces de aportar contexto, interpretación y significado a los datos numéricos. De ahí la necesidad de abordar a continuación los enfoques cualitativos y cuantitativos en el análisis de la ciencia, cuya integración resulta esencial para obtener una visión más completa y equilibrada de los procesos de generación y comunicación del conocimiento.

Investigaciones posteriores han confirmado y modelado esta dinámica de crecimiento y citación mediante enfoques más sofisticados, destacando el trabajo de Eom y Fortunato (2011), quienes caracterizaron la evolución de las citas como un proceso dependiente del tiempo y la visibilidad de los artículos (149).

Más recientemente, Fortunato et al. (2018) han sintetizado estas regularidades en una revisión de la llamada *ciencia de la ciencia*, consolidando las leyes clásicas junto con nuevos indicadores para explicar el comportamiento colectivo de la actividad científica (152). Entre los indicadores contemporáneos actualizados por Fortunato et al. (2018), se encuentran métricas de colaboración científica que analizan no solo el número de autores por publicación, sino también la diversidad geográfica y disciplinaria de los equipos, como se evidencia en estudios recientes sobre movilidad de científicos entre ciudades y países (152,153).

En este contexto, conviene señalar que las dinámicas de colaboración no solo pueden medirse a través de indicadores numéricos, sino también representarse

mediante redes bibliométricas. Las **redes de coocurrencia** permiten analizar la presencia conjunta de autores, instituciones o países en una misma publicación, lo que refleja vínculos de cooperación científica y patrones de internacionalización. Por su parte, las **redes de coautoría** son una forma específica de coocurrencia que ponen de relieve la estructura social de la investigación, mostrando cómo se configuran las comunidades académicas y cómo determinadas figuras actúan como nodos puente entre grupos. Estas aproximaciones complementan la cocitación: mientras esta última revela la estructura intelectual de un campo, la coocurrencia y la coautoría muestran su estructura social y colaborativa, ofreciendo una visión más completa de la organización y la dinámica de la ciencia (104,154).

Otro conjunto de indicadores lo constituyen los modelos de citación temporal**,** que capturan no solo la acumulación total de citas sino su distribución a lo largo del tiempo; estos modelos han servido para caracterizar dinámicas como las de envejecimiento de la literatura y persistencia de trabajos clave (155).

En tercer lugar, se han incorporado métricas alternativas (*altmetrics*), que evalúan el impacto social o mediático de los trabajos a partir de menciones en redes sociales, blogs o lectores en plataformas como Mendeley. Estudios como el realizado por Akella et al. (2021) muestran que algunos de estos *alt indicators* predicen con cierta potencia qué artículos serán altamente citados (156,157).

Además, los indicadores de movilidad científica permiten rastrear la migración institucional o geográfica de los investigadores, distinguiendo entre autores que mantienen afiliaciones múltiples y aquellos que emigran permanentemente, y mostrando que estos fenómenos tienen correlaciones con productividad e impacto (158).

Finalmente, los enfoques basados en big data y aprendizaje automático han facilitado el análisis de grandes bases de datos multicampo para detectar tendencias emergentes con mayor rapidez, permitiendo también probar cuantitativamente hipótesis clásicas como la ley de potencia en las distribuciones de productividad o citas (155).

1.7.3. Enfoques Cualitativos y Cuantitativos en el Análisis de la Ciencia

El análisis de la ciencia se ha sustentado tradicionalmente en un enfoque cuantitativo, basado en la utilización de indicadores de producción, citación y

redes. Estos abarcan desde el recuento de publicaciones y citas hasta los estudios de co-citación, acoplamiento bibliográfico, centralidad o colaboración, lo que permite procesar grandes volúmenes de datos bajo criterios de objetividad y replicabilidad (159,160). En los últimos años este enfoque se ha enriquecido con los desarrollos de la llamada *ciencia de la ciencia*, que ha incorporado modelos temporales de citación, análisis de equipos de investigación y métricas alternativas como las altmetrics para captar dimensiones de impacto que trascienden el ámbito estrictamente académico (152,161,162). Asimismo, se han planteado marcos multidimensionales para el estudio de la citación, que consideran aspectos como el nivel, la profundidad, la amplitud o la dependencia e independencia de las referencias, ampliando la capacidad interpretativa de los indicadores clásicos (163).

Junto a esta dimensión cuantitativa, los enfoques cualitativos aportan un valor imprescindible al permitir la interpretación de los datos numéricos desde la perspectiva del contenido, el contexto y el significado de la producción científica. El análisis de contenido, la revisión crítica de corpus bibliográficos, los estudios históricos y de caso o la evaluación de comunidades y agendas de investigación permiten comprender mejor la relevancia de los hallazgos y matizar los patrones estadísticos. En la literatura metodológica reciente se insiste en la necesidad de diseñar aproximaciones mixtas que combinen la solidez de los indicadores cuantitativos con la capacidad interpretativa del análisis cualitativo, fortaleciendo la validez de los resultados (159,164). Esta complementariedad se encuentra en consonancia con los principios de la evaluación responsable de la investigación, que subrayan la conveniencia de contextualizar las métricas y acompañarlas de juicios cualitativos fundamentados, evitando así interpretaciones sesgadas o un uso reduccionista de los indicadores (165).

1.7.4. Bibliometría y Cienciometría en la Evaluación de la Actividad Científica

La bibliometría y la cienciometría se han consolidado como herramientas centrales para la evaluación de la investigación, al permitir medir la producción, el impacto y las dinámicas de colaboración de autores, revistas, instituciones y países. Indicadores como el número de publicaciones, el factor de impacto, el índice h o las redes de coautoría han sido ampliamente utilizados en procesos de acreditación, asignación de recursos y diseño de políticas científicas (166,167).

No obstante, la dependencia exclusiva de métricas cuantitativas presenta limitaciones, como la cobertura desigual de las bases de datos, el sesgo idiomático o la concentración de la producción en ciertas revistas. Estas críticas han dado lugar a iniciativas como la Declaración de San Francisco (DORA) y el Leiden Manifesto, que promueven un uso más responsable de los indicadores y recomiendan complementarlos con juicios cualitativos y contextuales (165).

La evaluación se ha enriquecido además con métricas alternativas (*altmetrics*), que captan la visibilidad en redes sociales, gestores de referencias como Mendeley o medios de comunicación, ofreciendo una perspectiva temprana del interés que despierta una investigación, aunque con limitaciones de validez y estandarización (161,162). Igualmente, los indicadores de movilidad y colaboración internacional permiten evaluar la integración global de los sistemas científicos y la circulación de talento, constituyendo un elemento clave de la competitividad investigadora (158).

En conjunto, la bibliometría y la cienciometría proporcionan un marco robusto para la evaluación de la ciencia, siempre que se utilicen de forma crítica y complementaria, integrando indicadores cuantitativos y cualitativos que reflejen no solo la productividad académica, sino también la relevancia social y la capacidad de cooperación de la investigación.

1.7.5. Herramientas y Técnicas

El valor de la bibliometría y la cienciometría en la evaluación de la ciencia no se limita a la formulación de indicadores, sino que se materializa en el uso de herramientas informáticas capaces de representar de forma visual y dinámica la estructura de la producción científica. La evolución de estos programas ha permitido avanzar desde métricas descriptivas hacia análisis más complejos basados en redes, lo que facilita identificar patrones de citación, relaciones temáticas y la organización intelectual de los campos de investigación.

En la actualidad, los análisis bibliométricos se apoyan en un conjunto diverso de programas que permiten procesar grandes volúmenes de datos y generar mapas de conocimiento.

Entre ellos, **VOSviewer** ofrece representaciones visuales intuitivas de redes de citación, coautoría y coocurrencia de términos (104). Junto a VOSviewer también han cobrado relevancia **Bibliometrix**, un paquete en R que integra técnicas

estadísticas y de visualización avanzadas, y **BibExcel,** una de las primeras herramientas ampliamente utilizadas para generar matrices de co-citación y coocurrencia exportables a programas de redes (105,168). Otras alternativas consolidadas son **SciMAT**, desarrollado en España y orientado al análisis estratégico de especialidades científicas mediante la evolución temática, así como programas de análisis de redes de propósito general como Gephi o Pajek, empleados para representar estructuras complejas y dinámicas en bibliometría (169–171).

Entre todas ellas, destaca especialmente **CiteSpace**, diseñado para detectar tendencias emergentes y estructuras de cocitación mediante algoritmos de poda y técnicas avanzadas de detección de clústeres, lo que lo convierte en la herramienta central de esta tesis. Creado por Chaomei Chen en 2004 como software de acceso libre, este programa combina el análisis de cocitación con algoritmos de detección de clústeres y métricas estructurales, lo que permite identificar tanto los núcleos consolidados de conocimiento como las tendencias emergentes. Su potencial no radica solo en representar gráficamente las relaciones bibliográficas, sino en ofrecer una lectura dinámica del conocimiento, capaz de mostrar cómo se configuran los núcleos temáticos y cómo evolucionan a lo largo del tiempo, lo que lo convierte en un instrumento idóneo para el estudio de un ámbito complejo y en rápida expansión (98,102).

En cuanto a las técnicas, las **redes de cocitación** se basan en la frecuencia con la que dos documentos, autores o revistas son citados conjuntamente en un tercer trabajo, lo que permite inferir la existencia de una relación intelectual o temática entre ellos (103). En cambio, las **redes de coocurrencia** se basan en la aparición simultánea de determinados elementos en un mismo registro bibliográfico, pueden referirse a palabras clave y términos, pero también a autores, instituciones o países, y ofrecen una aproximación más directa a las relaciones de colaboración o afinidad temática (104,172). Ambas aproximaciones se complementan mediante el **análisis de clúster**, que agrupa nodos en comunidades o especialidades científicas con alta cohesión interna y baja conexión externa, revelando la organización temática y la dinámica evolutiva de los campos de investigación (172).

La **cocitación** se define como la aparición simultánea de dos artículos en la lista de referencias de un tercero, y su frecuencia expresa el grado de asociación entre esos trabajos. Se trata de una medida dinámica, que puede aumentar con el

paso del tiempo a medida que los artículos adquieren mayor reconocimiento (97,108,138). La premisa subyacente es que cuando dos o más documentos son citados conjuntamente existe una afinidad temática, y cuanto mayor sea la frecuencia de cocitación, mayor será el grado de relación intelectual entre ellos (106). La utilidad de este enfoque radica en que permite identificar los autores o trabajos más relevantes de una disciplina a partir del consenso empírico derivado de centenares de citantes, superando la subjetividad propia de la valoración de un único investigador (97,108,138). Bajo esta lógica, si se considera que los documentos más citados encarnan los conceptos, métodos o experimentos fundamentales de un campo, los patrones de cocitación constituyen una técnica valiosa para desentrañar la estructura intelectual de las disciplinas científicas (106,173).

En paralelo al análisis de cocitación, el estudio de la **coocurrencia** ofrece otra vía esencial para explorar la organización del conocimiento científico. A diferencia de la cocitación, que se fundamenta en la relación indirecta entre documentos citados conjuntamente, la coocurrencia se basa en la presencia simultánea de determinados elementos dentro de un mismo registro bibliográfico. Estos elementos pueden ser palabras clave, descriptores temáticos, autores, instituciones o países, lo que permite analizar tanto la estructura conceptual de un campo como los patrones de colaboración científica. La lógica subyacente es que la aparición conjunta de dos términos o entidades refleja una afinidad temática o una relación de cooperación que contribuye a delimitar frentes de investigación y comunidades académicas. De este modo, mientras la cocitación ayuda a reconstruir la estructura intelectual histórica de un área, la coocurrencia aporta información más inmediata sobre sus dinámicas de colaboración y orientación temática actual (104,172).

Conviene finalmente, distinguir entre el papel de los **documentos citantes** y los **documentos citados** en estas técnicas. En la **coautoría**, así como en los análisis de colaboración institucional o internacional, el foco está en los documentos citantes, es decir, en los artículos presentes en la base de datos que contienen a los autores o instituciones que colaboran directamente en el momento de la publicación. En la **coocurrencia** también se trabaja con información de los documentos citantes, ya que se analizan los términos, descriptores o entidades que aparecen conjuntamente en sus registros. En cambio, en la cocitación la unidad de análisis son los documentos citados, considerados como "antepasados" del trabajo actual: la frecuencia con la que dos artículos aparecen juntos en la lista de

referencias de un tercer documento refleja afinidad temática y estructura intelectual acumulada a lo largo del tiempo (103,104,172,174).

1.7.6. Aplicación en Neurociencia

En los últimos años, la bibliometría se ha consolidado como una herramienta clave en el ámbito de las neurociencias, permitiendo identificar las dinámicas de crecimiento, los actores más influyentes y las temáticas emergentes en áreas de alta complejidad. Su aplicación en la ECNI ha cobrado una relevancia particular, ya que estas técnicas han experimentado una rápida expansión tanto en el plano experimental como clínico. Estudios recientes han empleado herramientas como CiteSpace y VOSviewer para mapear estas tendencias, demostrando la utilidad de la cocitación y la coocurrencia para visibilizar estructuras intelectuales y frentes de investigación en desarrollo (175,176).

Dentro de la tDCS, la bibliometría ha sido utilizada para describir la evolución del campo en su conjunto, destacando áreas como la excitabilidad cortical, la estimulación prefrontal y su convergencia con otras modalidades como la EMT (177). De manera más aplicada, estudios específicos han analizado la literatura sobre tDCS en ictus, subrayando el papel de esta técnica en la rehabilitación motora y cognitiva, así como la concentración de la producción científica en países y grupos de investigación líderes (178).

En el caso de la EMT, se han desarrollado revisiones bibliométricas enfocadas en patologías concretas. En la enfermedad de Parkinson, se han identificado clústeres temáticos relacionados con síntomas motores y no motores, además de un patrón de internacionalización en la colaboración científica (179). De forma paralela, otro análisis aplicado al dolor neuropático confirmó tanto la consolidación de núcleos de productividad como la expansión de líneas emergentes en tratamientos de dolor crónico (180).

Además de los trabajos centrados en patologías neurológicas específicas, también se han publicado estudios bibliométricos que amplían la aplicación de la ECNI a otros dominios, como la oftalmología y el lenguaje, donde se ha explorado su papel en la producción fluida del habla y más recientemente, ha aparecido un trabajo que aplica el método bibliométrico al campo de Alzheimer, que analiza tendencias de publicación, redes de colaboración institucional y autores clave, así

como *burst* de palabras clave emergentes, y resalta la necesidad de focalizar los mecanismos terapéuticos, los blancos cerebrales y la colaboración global (175,176,181).

Otras modalidades y patologías también han recibido atención creciente. La estimulación cerebelosa no invasiva (NICS) ha sido objeto de análisis que destacan su papel en el desarrollo de aproximaciones diagnósticas y terapéuticas, con un aumento progresivo de publicaciones en la última década (182). Por su parte, la tACS ha comenzado a configurarse como un campo específico de estudio, con trabajos que identifican sus "*hotspots*" mecanísticos y clínicos y que dibujan una agenda de investigación futura (183).

A pesar del creciente número de estudios bibliométricos aplicados a técnicas específicas de estimulación cerebral no invasiva, el campo sigue presentando importantes limitaciones. La mayoría de estos trabajos se centran en una sola modalidad o en una patología concreta, lo que dificulta obtener una visión integrada de la evolución global del área. Además, los resultados de este tipo de análisis dependen en gran medida de las bases de datos seleccionadas, de los periodos temporales analizados y de los indicadores aplicados, lo que genera heterogeneidad y dificulta la comparación entre estudios. Estas lagunas ponen de relieve la necesidad de investigaciones que ofrezcan un enfoque más amplio y transversal, capaz de integrar las distintas técnicas y de analizar su estructura intelectual de manera comparativa. Precisamente, este vacío constituye el punto de partida que justifica el presente trabajo, orientada a aportar una perspectiva integradora que supere las fragmentaciones existentes y permita comprender mejor la dinámica epistemológica y aplicada de la estimulación cerebral no invasiva.

II – JUSTIFICACIÓN

II - JUSTIFICACIÓN

El rápido desarrollo de la estimulación cerebral no invasiva ha generado un cuerpo de literatura científica amplio y heterogéneo, con líneas de investigación que abarcan desde los fundamentos neurofisiológicos hasta sus aplicaciones clínicas y terapéuticas. Este crecimiento ha consolidado a la ECNI como un campo emergente dentro de las neurociencias, pero también ha dado lugar a una fragmentación del conocimiento, con abundancia de revisiones narrativas y metaanálisis centrados en patologías o técnicas específicas, y escasez de estudios que exploren de manera sistemática su estructura intelectual.

En este contexto, el análisis bibliométrico constituye una herramienta idónea, ya que permite representar y comprender la organización del conocimiento científico mediante la detección de patrones de citación o coocurrencia, la identificación de clústeres temáticos y el seguimiento de frentes de investigación. El uso de CiteSpace se justifica por su capacidad para generar mapas de cocitación y coocurrencia dinámicos, detectar *burst* de citación y ofrecer indicadores estructurales robustos que hacen posible caracterizar con rigor la evolución y consolidación del campo.

La elección de abordar no solo la ECNI en su conjunto, sino también de analizar por separado las principales técnicas como son la EMT y la tDCS responde a la necesidad de diferenciar dinámicas. Aunque ambas forman parte de la misma familia de técnicas no invasivas, difieren en su fundamento neurofisiológico, en su grado de consolidación metodológica y en su aplicabilidad clínica. Estudiarlas de manera independiente permite identificar sus trayectorias propias, sus redes de autores y sus núcleos de conocimiento específicos, a la vez que el análisis conjunto de la ECNI ofrece una visión global e integradora del campo. Esta doble aproximación garantiza un equilibrio entre la amplitud panorámica y la profundidad analítica.

La delimitación temática y temporal de esta tesis se ha definido en función de dos criterios: por un lado, incluir exclusivamente publicaciones indexadas en *Web of Science*, garantizando la calidad y comparabilidad de las fuentes, y por otro lado, acotar el análisis al período comprendido entre finales de la década de 1980 y

el año 2023, lo que abarca desde los primeros desarrollos significativos de la ECNI hasta su consolidación actual como un área de investigación interdisciplinar en expansión. Esta decisión metodológica permite capturar tanto los hitos fundacionales como la diversificación contemporánea de las aplicaciones clínicas y experimentales.

Desde una perspectiva epistemológica, esta tesis aspira a aportar una comprensión más profunda de la dinámica del conocimiento en la ECNI. No se trata únicamente de describir tendencias cuantitativas, sino de interpretar cómo se han configurado las comunidades científicas, cuáles han sido los consensos metodológicos que han guiado la estandarización de las técnicas, qué debates han generado la diversificación de aplicaciones y de qué manera los frentes emergentes marcan la transición hacia nuevas direcciones de investigación. Al analizar la estructura intelectual del campo, se busca contribuir a una visión crítica y contextualizada que ilumine no solo la evolución de la ECNI, sino también las condiciones que han posibilitado su consolidación como área de conocimiento en el cruce entre la neurociencia básica, la fisiología aplicada y la práctica clínica.

Finalmente, en un entorno científico cada vez más interdisciplinario, donde la integración de conocimientos de diferentes campos es clave para la innovación, este tipo de análisis resulta fundamental. Por ello, el presente estudio no solo se enfoca en profundizar en los fundamentos teóricos de la ECNI, sino también en utilizar el análisis bibliométrico para comprender mejor la evolución e impacto de este campo, respondiendo así a preguntas críticas sobre las fuentes más relevantes, documentos fundacionales y frentes de investigación emergentes.

III – OBJETIVOS

III - OBJETIVOS

Objetivo general:

Identificar la estructura intelectual de la estimulación cerebral no invasiva en su conjunto, así como de sus principales técnicas, la estimulación magnética transcraneal y la estimulación transcraneal con corriente directa de forma diferenciada.

Objetivos específicos:

- Analizar la evolución de la producción científica en la estimulación cerebral no invasiva en su conjunto, y de forma diferenciada en estimulación transcraneal con corriente directa y estimulación magnética transcraneal, a través de indicadores cuantitativos (número de publicaciones por año, revistas, autores, instituciones y países más productivos).
- Examinar los indicadores estructurales tanto en el ámbito global de la estimulación cerebral no invasiva como en estimulación transcraneal con corriente directa y estimulación magnética transcraneal por separado.
- Explorar la influencia de los fenómenos temporales en la configuración de la estructura intelectual de la estimulación cerebral no invasiva, considerando asimismo su expresión específica en estimulación transcraneal con corriente directa y estimulación magnética transcraneal.
- Examinar los clústeres generados durante el periodo analizado, tanto en el ámbito global de la estimulación cerebral no invasiva como en estimulación transcraneal con corriente directa y estimulación magnética transcraneal por separado.

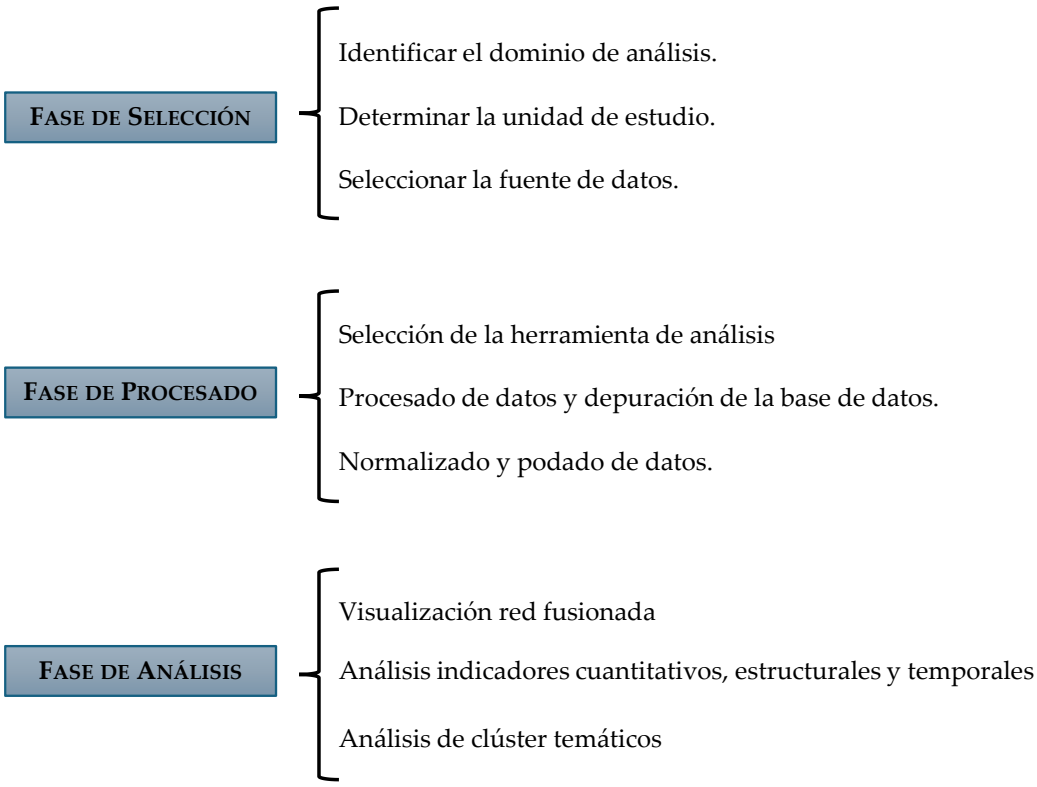
IV - MATERIAL Y MÉTODO

IV -MATERIAL Y MÉTODO

4.1. DISEÑO DEL ESTUDIO

El diseño del estudio global fue de tipo observacional, descriptivo, longitudinal y retrospectivo. Este estudio, de carácter bibliométrico, combinó el análisis de cocitación de documentos con el análisis de colaboración científica entre autores, instituciones y países, con el fin de caracterizar tanto la estructura intelectual como los patrones de interacción en el campo.

Figura 17. Fases metodológicas del estudio.



4.2. FASES DEL ESTUDIO

Para nuestro estudio se adaptó la metodología utilizada en estudios de dominios de conocimiento basados en los análisis de cocitación (97,98,116,129,172,184). Las fases metodológicas se pueden observar en la **Figura 17**. El diseño metodológico exigió reproducir cada fase en tres partes diferenciadas. En primer lugar se abordó el conjunto de la estimulación cerebral no invasiva y, posteriormente, se aplicó el mismo procedimiento a tDCS y EMT. El estudio se desarrolló entre los años 2018 y 2024.

4.3. FASE DE SELECCIÓN

4.3.1. Dominio de análisis.

Para cumplir con los objetivos propuestos se determinaron 3 dominios de análisis:

Dominio 1. Estructura intelectual de la estimulación cerebral no invasiva.

Dominio 2. Estructura intelectual de la estimulación transcraneal con corriente directa.

Dominio 3. Estructura intelectual de la estimulación magnética transcraneal.

4.3.2. Criterios de selección y Unidad de estudio.

Se seleccionaron artículos originales y artículos de revisión de revistas científicas publicados en el período comprendido entre 1900 y febrero de 2023 en la colección principal de la *Web of Science* recuperados a través de una búsqueda temática (título, resumen y palabras clave del autor) con las siguientes estrategias de búsqueda:

Búsqueda 1: *"non-invasive brain stimulation" OR "non-invasive electrical brain stimulation" OR "non-invasive magnetic brain stimulation" OR "transcranial direct current stimulation" OR "transcranial magnetic stimulation"*.

Búsqueda 2: *"transcranial direct current stimulation"*

Búsqueda 3: *"transcranial magnetic stimulation"*

El diseño de las estrategias de búsqueda se orientó hacia la sensibilidad, en línea con las recomendaciones metodológicas habituales en estudios bibliométricos y de mapeo científico, donde el propósito es capturar la mayor cantidad posible de literatura relevante dentro del dominio de investigación. Este planteamiento permite disponer de una representación amplia y diversa del campo analizado, aunque puede implicar la recuperación de documentos tangenciales o de menor pertinencia. Dicho riesgo se considera aceptable, puesto que los análisis bibliométricos priorizan de forma natural las relaciones más consistentes entre publicaciones, autores e instituciones, lo que minimiza la influencia de artículos periféricos en los resultados.

La unidad de estudio estuvo constituida por los registros bibliográficos recuperados en la búsqueda. A partir de ellos se establecieron cuatro entidades de análisis: autores, instituciones, países, y documentos citados. Para su correcta interpretación, se diferenció entre documento citante y documento citado. Se consideró documento citante a cada uno de los artículos recuperados en la búsqueda y registrados en la base de datos, del cual se extrajo la información relativa a autores, instituciones y países, empleada para los análisis de coautoría o colaboración. Por su parte, los documentos citados correspondieron a las referencias bibliográficas incluidas en esos mismos artículos, que fueron utilizadas para el análisis de cocitación.

4.3.3. Fuente de datos.

La fuente de datos utilizados para los análisis fue la base de datos *Science Citation Index Expanded* (SCIE), que está disponible en la plataforma *Web of Science* (WOS), propiedad de *Clarivate Analytics*.

La plataforma *Web of Science* es una herramienta esencial para la investigación académica y científica debido a su condición como el mayor índice de citación a nivel mundial en formato electrónico (185–188). Su acceso a las principales bases de datos científicas permite a los investigadores explorar un amplio espectro de información relevante y actualizada en diversas áreas del conocimiento. Al incluir las revistas más prestigiosas y relevantes de cada especialidad, asegura que las referencias y citas provengan de fuentes fiables con gran prestigio y alto impacto (130,189). Además, la plataforma ofrece la capacidad de descargar datos

bibliográficos en texto plano de forma precisa, lo que es crucial para realizar análisis rigurosos como el que nos ocupa en este estudio (190).

4.4. FASE DE PROCESADO

4.4.1. Herramienta de Análisis.

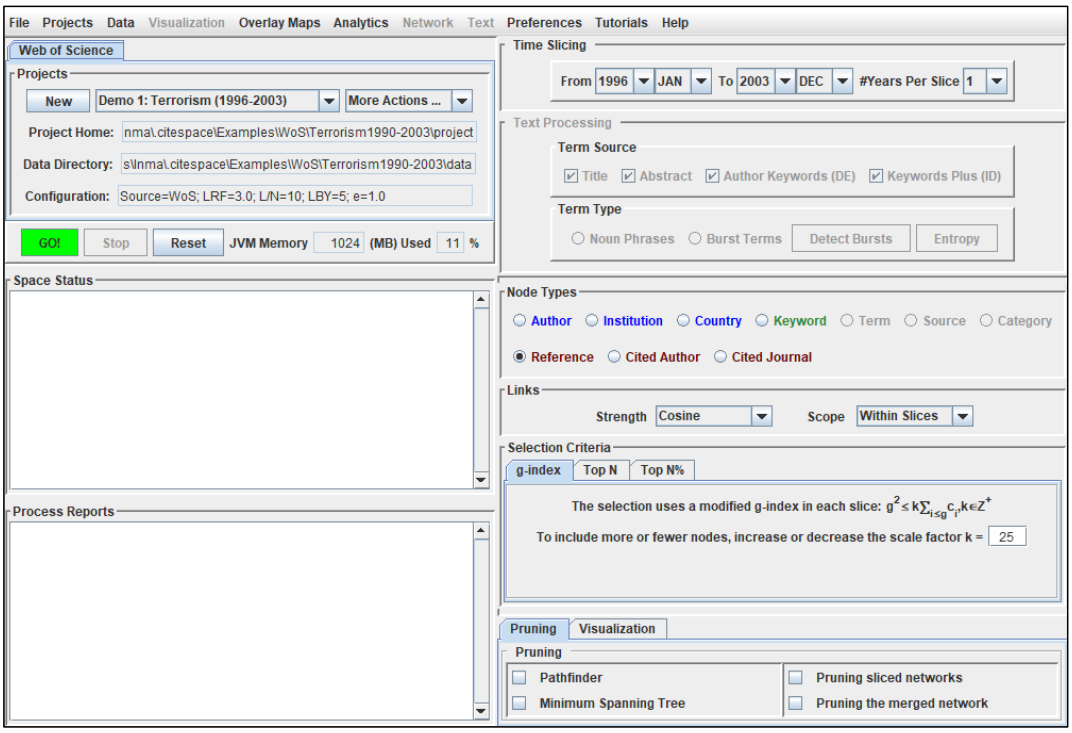
En este proyecto se utilizó la herramienta de análisis CiteSpace 6.2.R.1. (**Figura 18**). Desarrollada sobre la base de teorías cienciométricas y conceptos del campo de la visualización de dominios de conocimiento, CiteSpace es una herramienta diseñada para capturar y analizar la evolución y el crecimiento de la ciencia a lo largo del tiempo (102,191).

Creada en 2004 por Chaomei Chen, profesor de Ciencias de la Información en la Universidad de Drexel, este software de Java, de acceso gratuito, se ha consolidado como una herramienta esencial para realizar análisis bibliométricos complejos (136,192).

CiteSpace se basa en los principios del análisis de redes y el mapeo científico, integrando técnicas de visualización de información, cálculo de indicadores bibliométricos y algoritmos de minería de datos. Su finalidad es detectar patrones subyacentes en las citaciones, las co-ocurrencias y las colaboraciones, permitiendo caracterizar la estructura intelectual y la dinámica de un campo de investigación (102,187). El motivo por el cual se seleccionó esta herramienta es que una de las características más destacadas de CiteSpace es su capacidad para analizar y visualizar mapas de red que incluyen autores, palabras clave, instituciones, países o categorías temáticas, así como redes de cocitación de referencias citadas, autores citados y revistas citadas (97,102,136,172,193–196).

Estas funcionalidades permiten a los usuarios identificar clústeres temáticos, observar la evolución temporal de conceptos y resaltar puntos críticos en la literatura científica, como artículos altamente citados o conceptos emergentes (102). Además, el programa es especialmente útil para identificar los orígenes intelectuales y los desarrollos dentro de campos específicos, como la estimulación cerebral no invasiva, proporcionando a los investigadores una visión completa del desarrollo intelectual y ayudando a identificar brechas y nuevas fronteras de investigación (193).

Figura 18. Interfaz de Citespace 6.2.R.1.



Por otro lado, CiteSpace está preparado para analizar los datos extraídos de la SCIE y además, su eficacia en estudios bibliométricos ha sido demostrada en diversos estudios comparativos que la destacan por su capacidad para identificar patrones y tendencias emergentes en la investigación científica (172,187).

Debemos destacar la gran versatilidad de CiteSpace para configurar diferentes estudios bibliométricos y la facilidad de interacción del usuario con la interfaz del programa una vez obtenido el grafo (172).

Los grafos generados por CiteSpace son el resultado de la fusión de redes individuales correspondientes a cada año analizado dentro de un periodo determinado. Estos grafos se componen de nodos y enlaces: cada nodo representa elementos como citas, instituciones, autores o países, mientras que los enlaces entre nodos representan las relaciones establecidas entre las entidades analizadas: en el caso de documentos, corresponden a cocitación; y en el caso de autores, instituciones y países, a vínculos de coautoría o de colaboración científica. El tamaño de los nodos refleja la relevancia relativa de la entidad analizada. En los

documentos citados, este tamaño corresponde a la frecuencia de citación, mientras que en autores, instituciones y países se relaciona con su volumen de producción o de colaboración. Por su parte, el grosor de los enlaces expresa la intensidad de la relación. En documentos, la fuerza de la cocitación, y en autores, instituciones y países, la magnitud de la coautoría o de la colaboración científica. Los colores de los nodos y los enlaces permiten distinguir diferentes años de publicación, proporcionando una representación visual clara y dinámica de la evolución del conocimiento en el tiempo (97,136,195).

Por último, se utilizó Microsoft Excel para crear la base de datos y realizar el análisis descriptivo y de frecuencias.

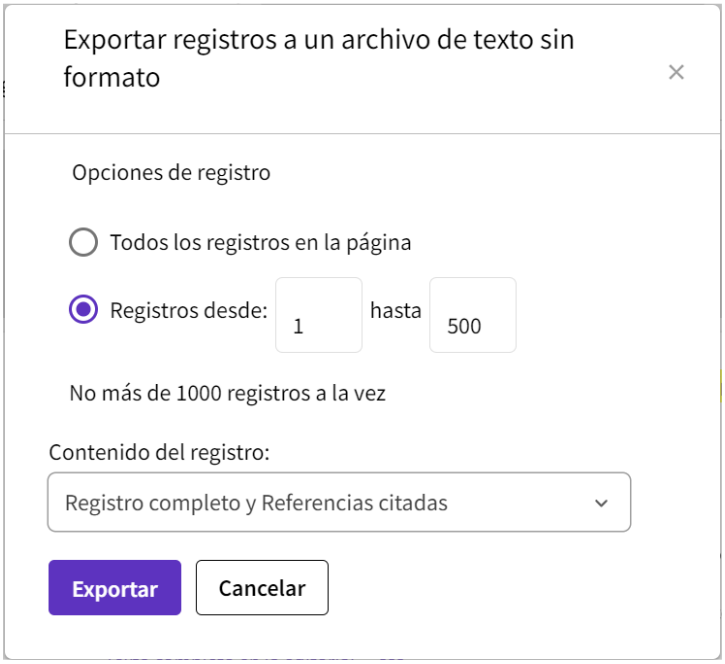
4.4.2. Extracción y Procesado de Datos.

Tras realizar las tres búsquedas temáticas en el período comprendido entre 1900 y 2023 en la colección principal de la *Web of Science*, la muestra final obtenida de los registros de la SCIE constó de archivos desde 1988 para la ECNI y la EMT y desde el año 2000 para la tDCS.

Cada registro corresponde a un documento que incluye los campos de autores, títulos, resumen y las citaciones realizadas en su bibliografía (102,190). Desde el campo de referencias citadas en la bibliografía de cada documento se realiza el recuento del número de veces que cada documento recibe citas (185). Cada registro recuperado se consideró un documento citante, mientras que cada referencia incluida en su bibliografía se denominó documento citado (102).

Para extraer cada registro, se siguió la siguiente ruta desde la página de resultados de la *Web of Science*: exportar, texto plano o texto sin formato, después se seleccionó el número de registros que queríamos exportar en bloques de 500 hasta extraer el último registro, ya que las características de la plataforma no permiten extraer más registros de una vez como se muestra en **Figura 19**, por último, se seleccionó extraer el contenido del registro completo y referencias citadas. Para cada bloque se generó un archivo de texto plano con la extensión .txt. Para el análisis en la herramienta CiteSpace se tuvieron que renombrar empezando con la palabra "*download*" seguida de guión bajo, la numeración del bloque exportado y manteniendo la extensión .txt. (ejemplo; *download*_1_500.txt).

Figura 19. Interfaz para exportar registros de la Web of Science.



Como podemos observar en la **Tabla 3**, el tamaño de la muestra final fue de 55114 documentos citantes que cumplieron los criterios de inclusión, de los cuales 25993 fueron de ECNI, 5794 correspondieron a la tDCS y 23327 trataron sobre EMT. Tras depurar los registros extraídos y convertirlos al formato requerido en la herramienta de análisis, de los 55114 documentos citantes se extrajo un total de 2194468 citaciones válidas en sus listados de referencias.

Para poder analizar y visualizar de una forma interpretable la cantidad de información obtenida fue necesario establecer un rango de estudio, para lo que se establecieron una serie de parámetros de análisis en la herramienta CiteSpace basados en estudios previos de dominios de conocimiento (**Figura 20**) (97,98,116,129,172,184).

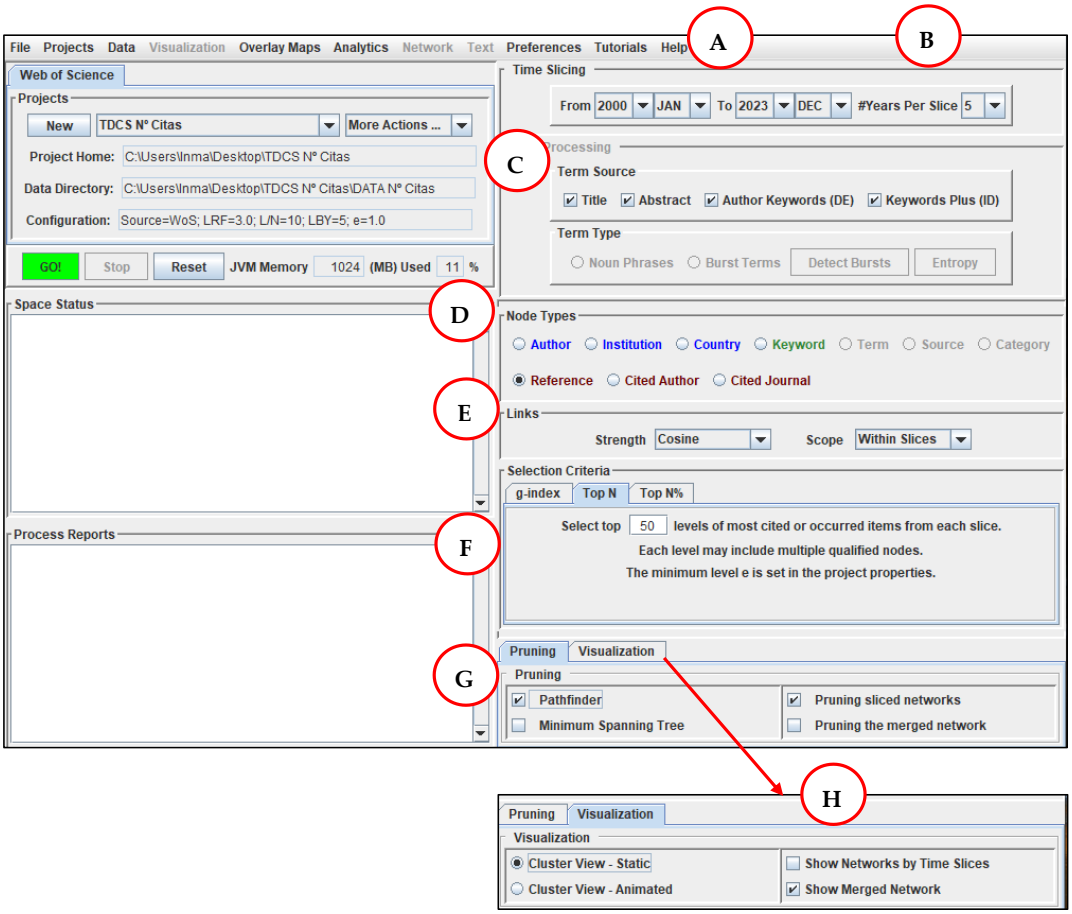
Para cada dominio analizado se introdujo en la herramienta el periodo determinado por los registros de la propia base de datos, que abarcó desde 1988 a 2023 para ECNI y EMT y desde el año 2000 a 2023 para la tDCS (**Figura 20-A**).

Tabla 3.Tamaño de la muestra analizada en cada dominio de análisis.

Dominio Análisis	Registros WOS	Registros válidos	Citaciones
ECNI	30854	25993	1615692
tDCS	6913	5794	124782
EMT	27226	23327	453994
Total analizado	**64993**	**55114**	**2194468**

WOS. Web of Science; ECNI. Estimulación cerebral no invasiva; TDCS. Estimulación transcraneal con corriente directa; EMT. Estimulación magnética transcraneal.

Figura 20. Parámetros de análisis fijados en la herramienta CiteSpace.



A su vez cada periodo se dividió en segmentos de 5 años con el objetivo de identificar los cambios producidos en cada intervalo (**Figura 20-B**) (130). Además, para identificar tendencias y nichos de investigación significativos, es esencial establecer un umbral de frecuencia de citación que permita filtrar el ruido generado por documentos irrelevantes (172). Por ello, para todos los análisis se aplicó un criterio de selección basado en *Top N*, de modo que en cada intervalo temporal solo se representaban las entidades más relevantes. En el caso de los documentos citados, el criterio se aplicó sobre la frecuencia de citación, mientas que en autores, instituciones y países se utilizó sobre los registros recuperados, con el objetivo de reducir el ruido y destacar los elementos más influyentes en cada red. Este enfoque es común en estudios bibliométricos, bajo la premisa de que los documentos con pocas citas suelen ser menos relevantes (197). En nuestro caso, el criterio se concretó en la selección de los 50 elementos más relevantes en cada intervalo temporal de cinco años, según recomendaciones de otros autores (**Figura 20-F**) (198).

Por otro lado, se determinó seleccionar todas las fuentes de términos disponibles en CiteSpace, entre los que se encuentran los títulos, resúmenes, palabras clave asignadas por el autor y palabras clave de los descriptores (*Keywords Plus*) (**Figura 20-C**). Esto nos permitió realizar un análisis más exhaustivo y detallado, ya que todas las fuentes de términos ofrecen un espectro más amplio de conceptos que se utilizarán en la construcción de las redes de coocurrencia o en la identificación de temas emergentes dentro del dominio analizado. Al integrar todas estas fuentes, aseguramos que el análisis refleja de manera más precisa las tendencias y patrones emergentes, además de proporcionar una visión más completa de la estructura intelectual y las dinámicas de investigación presentes en la literatura científica analizada.

En relación al tipo de nodo analizado, se realizaron varios análisis diferentes en los que se selección un tipo de nodo en cada ocasión. Según el tipo de nodo considerado, se realizaron distintos análisis, seleccionando en cada caso un único nivel de estudio. Los nodos analizados fueron autores, instituciones, países y documentos citados (**Figura 20-D**).

El nodo autor sirve para analizar la colaboración entre investigadores, identificar autores influyentes y ver cómo se distribuye la autoría dentro de un campo de estudio. El nodo institución, permite evaluar el impacto y la contribución de diferentes instituciones al campo de estudio, además de identificar centros de

excelencia y posibles colaboraciones. Del mismo modo, el nodo país, ayuda a analizar la distribución geográfica de la investigación, identificar países líderes en un campo y explorar las colaboraciones internacionales. Finalmente, el nodo de referencias o documentos citados sirve para entender la estructura del conocimiento de un campo, mostrando qué trabajos son más citados y, por lo tanto, más influyentes en la construcción de la estructura intelectual del dominio analizado. Este nodo abarca los documentos que han sido citados en la bibliografía de los artículos analizados, permitiendo mapear las conexiones bibliográficas y entender cuáles son las obras más influyentes dentro de un campo de estudio (98,102,199).

4.4.3. Normalizado y podado de datos.

Para construir la red de relaciones entre las unidades de análisis, se realiza una transformación de los datos para obtener sus similitudes y normalizarlos (129). Este proceso de normalización se suele aplicar a las relaciones entre los nodos o vértices mediante el uso de medidas de similitud (172).

La similitud entre las unidades de análisis se midió en función de su presencia conjunta. En el caso de los documentos citados, se consideró el número de veces en que dos referencias fueron citadas en común por distintos artículos, mientras que en autores, instituciones y países, la similitud se basó en su coocurrencia dentro de un mismo registro bibliográfico (200).

Ecuación 1. Coseno de Salton

$$Sij = \sum cij \,/\, (\sqrt{\sum ci^2} \cdot \sqrt{\sum cj^2})$$

Ci corresponde al total de citas recibidas por el documento i, Cj con el total de citas recibidas por el documento j, y Cij corresponde al número de coocurrencias de las citaciones de i y j.

En este estudio, hemos seleccionado el **Coseno de Salton** como algoritmo de similitud, uno de los más utilizados en los análisis de redes (**Figura 20-E**) (98,197,201). Si el coseno es igual a 0, significa que los dos documentos no están relacionados, si el coseno es igual a 1, los dos objetos están perfectamente alineados

y su similitud es máxima, en cambio si el coseno es -1 indica que son directamente opuestos (202).

Por otro lado, ya que el volumen de datos manejados conlleva a menudo un red muy densa y compleja, la herramienta CiteSpace ofrece técnicas de podado como *Pathfinder* y *Minimum Spanning Tree* para simplificar y clarificar las redes de citas generadas a partir de los documentos citados, así como las redes de coocurrencia obtenidas en los análisis de autores, instituciones y países (199).

Según la recomendación de Chen, utilizamos para nuestro estudio el podado **Pathfinder** que, a pesar de tener un costo mayor de trabajo computacional, este podado logra conservar los enlaces más relevantes (**Figura 20-G**) (199).

Este tipo de podado es un método diseñado para reducir la cantidad de enlaces de una red sin perder la estructura esencial de la misma. Este proceso elimina las conexiones redundantes entre nodos para destacar las rutas más significativas de la red. Esto permite reducir la complejidad visual y analítica de la red para que los investigadores puedan identificar las estructuras más importantes, como grupos de documentos o áreas de investigación altamente conectadas (102,199).

Además del procedimiento de normalización y poda aplicado de manera automática por el software, fue necesario realizar un proceso de depuración manual posterior sobre las tablas extraídas en excel. Esta fase adicional tuvo como finalidad unificar las variantes en la denominación de autores, países e instituciones que aparecían citados de forma diferente en las bases de datos. La homogeneización manual permitió corregir duplicidades y garantizar la consistencia de los resultados, asegurando que las métricas bibliométricas reflejaran de manera precisa la verdadera contribución de cada entidad

4.5. FASE DE ANÁLISIS

4.5.1. Visualización red fusionada.

La estructura de una red puede cambiar drásticamente con el tiempo debido a la adición o desaparición de nodos y enlaces. Para capturar estos cambios, CiteSpace permite fusionar redes generadas en cada segmento analizado en un grafo completo de todo el periodo (128).

Por esta razón, se optó por **fusionar las redes** de cada segmento de 5 años en una única visualización para el periodo analizado, para ello se seleccionaron los parámetros *"Show Merged Network"* y *"Cluster View-Static"* (**Figura 20-H**). De este modo, la secuencia de redes de cada segmento temporal se sintetiza en una red unificada que incorpora la totalidad de los nodos presentes en cualquiera de las redes parciales. Esta fusión se realiza siguiendo la regla del primer establecimiento de modo que se conservan las primeras relaciones detectadas entre los nodos analizados.

4.5.1.1. Elementos visuales del grafo

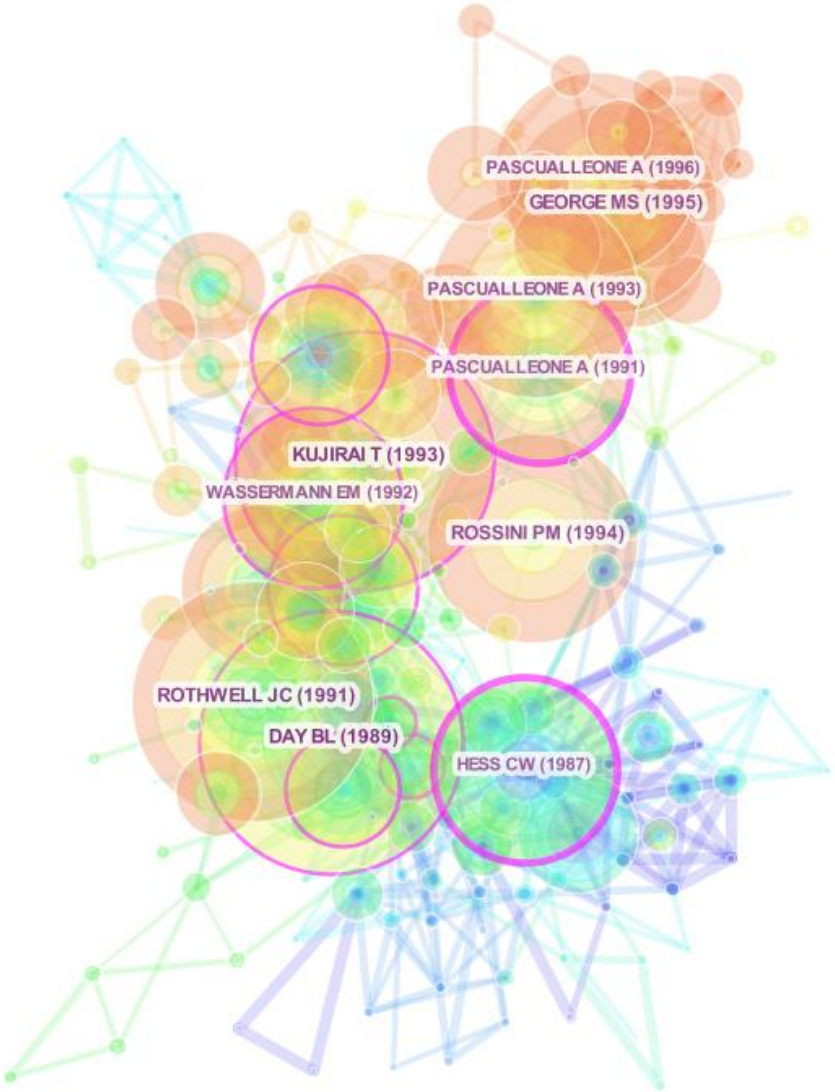
Los elementos visuales de un grafo generado por CiteSpace proporcionan una comprensión detallada de las relaciones y dinámicas dentro de la red, lo que permite identificar patrones clave, nodos centrales y tendencias emergentes en la producción científica (97,136,195).

En un grafo, la red está formada por dos elementos esenciales: nodos o vértices y enlaces o aristas (**Figura 21**). Su significado varía según el tipo de análisis. En la cocitación de documentos, cada nodo representa un trabajo citado y los enlaces corresponden a las cocitaciones entre ellos, evidenciando sus vínculos intelectuales. En los análisis de coocurrencia, los nodos representan autores, instituciones o países, y los enlaces reflejan la coautoría o la colaboración derivada de los registros bibliográficos recuperados.

En las redes bibliométricas generadas, el **tamaño de los nodos** expresa la importancia relativa de cada entidad en el dominio de estudio. Para los documentos citados, este tamaño se calculó en función del número de citaciones recibidas (cocitación). En cambio, en autores, instituciones y países, la medida se basó en su frecuencia de aparición en los registros bibliográficos recuperados (coocurrencia), de modo que un mayor volumen de publicaciones firmadas por un autor, una institución o asociadas a un país se representa mediante nodos de mayor tamaño. Visualmente, los nodos también presentan una estructura similar a los anillos de crecimiento de un árbol, donde los diferentes **colores de los anillos** indican los años en que el documento ha sido citado. El **grosor de cada anillo** es proporcional al número de citas recibidas (documento) o de artículos firmados (autor, institución o país) en ese intervalo específico, lo que permite ver de un vistazo cuándo una entidad analizada recibió mayor atención (**Figura 22**).

En las redes generadas, los enlaces representan la relación entre las entidades analizadas. Su grosor indica la intensidad de dicha relación y su longitud la proximidad entre los nodos. En el caso de documentos y autores, un enlace más grueso y corto refleja una mayor frecuencia de cocitación, mientras que en instituciones y países expresa una colaboración más estrecha en la producción científica. El **color de los enlaces** también codifica información temporal, indicando el intervalo en que se produjo por primera vez la cocitación entre los documentos.

Figura 21. Ejemplo de visualización de un grafo.



Los **colores** de los anillos que forman el nodo al igual que en los enlaces reflejan por tanto intervalos concretos dentro del periodo analizado. De este modo, los colores más fríos como el azul indican cocitaciones en los primeros años del periodo analizado, mientras que los colores cálidos como amarillo y naranja representan cocitaciones más recientes.

La **disposición espacial** de los nodos en el grafo constituye otro elemento interpretativo de importancia. La proximidad entre nodos se asocia a una relación más estrecha: en los documentos citados, refleja vínculos conceptuales derivados de la cocitación; en los autores, instituciones y países, indica una mayor intensidad de coocurrencia, expresada en patrones de coautoría o colaboración científica. Este aspecto facilita la identificación de clústeres temáticos o áreas de investigación altamente interrelacionadas (102,136,195).

Figura 22. Anillos que forman los nodos.

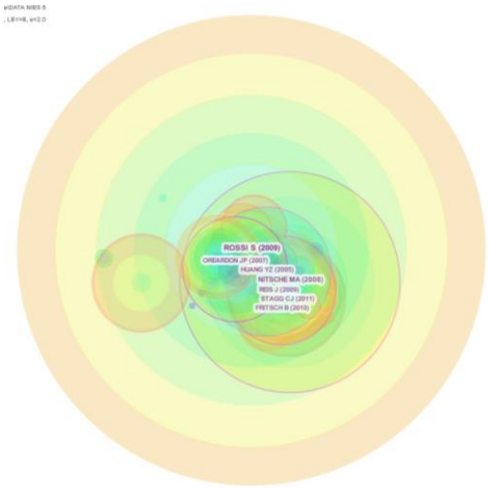
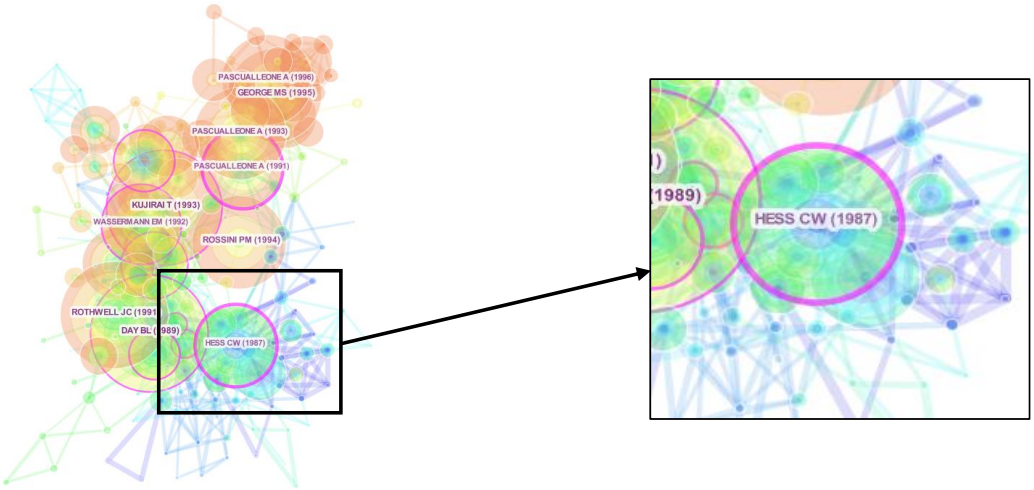


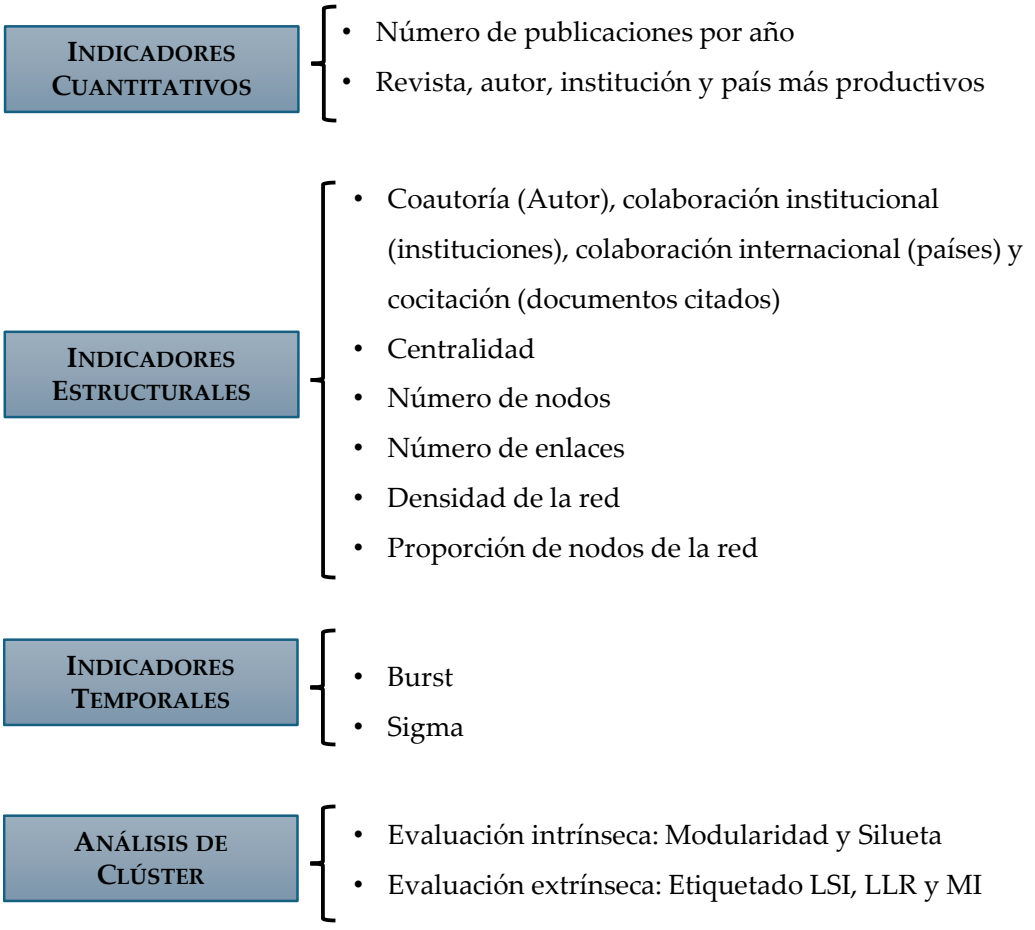
Figura 23. Nodos con centralidad de intermediación.



Algunos nodos están rodeados por un **anillo púrpura** en su parte externa, lo que indica una alta **centralidad de intermediación** (**Figura 23**). Este anillo púrpura aparece en los nodos que superan un valor de centralidad de 0,1 y su grosor es proporcional al grafo de centralidad del nodo, destacando a estos nodos como puentes críticos que conectan diferentes partes de la red.

Además, ciertos nodos pueden mostrar un **anillo rojo**, lo que indica un *Burst* o explosión de citación en un periodo específico. Estos anillos rojos marcan los años en que el documento experimentó un aumento significativo en su número de citas, lo que sugiere su relevancia en esos momentos específicos.

Figura 24. Indicadores Analizados.



LSI. Latent semantic indexing; LLR. Log-likelihood ratio; MI. Mutual information

4.5.2. Indicadores Analizados

Como muestra la **Figura 24**, para este estudio se analizaron diferentes indicadores estructurales y temporales clásicos de los estudios cienciométricos ((128,186). Además, en base a los análisis realizados en estudios previos de autores como Liu *et al.* (2019) y Martínez-Fuentes *et al.* (2014) se realizó un análisis cuantitativo de la producción científica en cada año del periodo analizado y la productividad de cada uno de los nodos que serían analizados, así como el análisis de la proporción de nodos de la redes de cocitación, coautoría o colaboración (97,198).

4.5.3. Indicadores cuantitativos.

A través de los resultados obtenidos en la *Web of Science* para cada dominio analizado y tras depurar la base de datos de los resultados obtenidos al introducir los registros en la herramienta de análisis CiteSpace, se realizó un análisis cuantitativo del reparto de la **producción científica en cada año** del periodo analizado. Así mismo, se realizó el análisis de la **revista, autor, institución y país más productivos** para identificar las principales fuentes de producción científica en el área estudiada y reconocer las instituciones y autores que lideran el desarrollo del conocimiento en este campo.

4.5.4. Indicadores estructurales.

Los indicadores estructurales constituyen un conjunto de métricas destinadas a describir la configuración interna de una red bibliométrica. Estos parámetros permiten valorar la importancia relativa de los nodos, la intensidad de las relaciones entre ellos y el grado de cohesión de la red en su conjunto. En el contexto de CiteSpace, los indicadores estructurales incluyen tanto medidas de frecuencia, como métricas de posición y conectividad, así como descriptores globales de la red, entre los que destacan la densidad y la proporción de nodos. En conjunto, estos indicadores facilitan la interpretación de las redes generadas y la identificación de las entidades más influyentes dentro del dominio analizado.

4.5.4.1. Medidas de frecuencia (ocurrencia o citación)

Para cada nodo (autor, institución, país y documento citado) se calcularon los indicadores específicos a lo largo del periodo de estudio. En los documentos citados se contabilizaron las citaciones recibidas, mientras que en autores, instituciones y países se consideró su frecuencia de aparición en los registros bibliográficos, reflejada en patrones de producción y colaboración. De manera complementaria, se analizó de forma individual la configuración de los grafos y el contenido temático de los diez documentos con mayor número de citaciones.

4.5.4.2. Centralidad

La centralidad es un concepto de la teoría de grafos que se comenzó a utilizar en los años 70 para entender la posición de un individuo dentro de una red social (102,195). Es un indicador importante en los análisis de redes porque ayuda a comprender cómo se organizan las relaciones entre los diferentes nodos (195).

Uno de los indicadores de centralidad más utilizados es el de intermediación, descrito por Freeman en 1977. Este indicador refleja la importancia de la posición de un nodo de la red y la influencia que ejerce en la conexión entre otros nodos (130,201,203).

Para calcular la centralidad de intermediación, CiteSpace utiliza el algoritmo desarrollado por Brandes en 2001. La centralidad se calculó para los cuatro tipos de nodos analizados (documentos, autores, instituciones y países). No obstante, solo se consideraron relevantes aquellos que alcanzaron un valor igual o superior a 0,1. Dentro de este grupo, se examinaron con mayor detalle las características y temáticas de los diez documentos con mayor centralidad (98,199).

4.5.4.3. Densidad de la red de cocitación

La densidad de una red (δ) es un indicador que refleja el nivel de conectividad de un grafo. Se define como la proporción entre el número de enlaces presentes y el número total de enlaces posibles (186). Se obtuvo el número total de enlaces presentes del grafo generado por CiteSpace para cada tipo de nodo analizado y se calculó su densidad para cada grafo obtenido a través de la siguiente ecuación.

Ecuación 2. Densidad de la red de cocitación.

$$\delta = \frac{enlaces\ presentes}{enlaces\ posibles}\ x\ 100$$

Antes de calcular la densidad, se determinaron los enlaces posibles (EnP) a través de una fórmula específica, para la que fue necesaria obtener el número de nodos presentes del grafo generado por CiteSpace para cada tipo de nodo analizado.

Ecuación 3. Cálculo enlaces posibles de la red

$$EnP = \frac{[Nº\ nodos\ (Nº\ nodos - 1)]}{2}$$

4.5.4.4. ***Proporción de nodos de la red de cocitación***

Se analizó un indicador de la proporción de nodos de la red, que según definieron Martínez-Fuentes *et al.* (2014) (97) se calcula como la relación entre el número de nodos identificados en el grafo obtenido y el número total de nodos posibles según la ecuación:

Ecuación 4. Proporción de nodos de la red.

$$\%Nodos = \frac{nodos\ presentes}{nodos\ posibles}\ x\ 100$$

Según los parámetros fijados en CiteSpace para procesar los datos, los nodos posibles serán como máximo 50 nodos por cada segmento de 5 años del periodo analizado. Por ejemplo, si el periodo va desde 1988 hasta 2023, en 35 años tendremos un total de 7 segmentos de 5 años, por lo que el número total de nodos posibles será igual a 7 segmentos multiplicado por 50 nodos que puede tener como máximo cada segmento, de modo que obtenemos un total de 350 nodos. Este indicador se calculó para el periodo analizado en cada grafo obtenido.

4.5.5. Indicadores temporales.

Los indicadores temporales permiten examinar la dinámica de cambio en la relevancia de los nodos a lo largo del tiempo, aportando información sobre su evolución más allá de las métricas estructurales estáticas. Entre ellos destacan el *burst* y sigma, definidos por Chen como indicados para el análisis de cocitación, dado que se fundamentan en la frecuencia de citación y en sus variaciones temporales. En este estudio se aplicaron exclusivamente en los documentos citados, con el objetivo de identificar aquellas publicaciones que adquirieron un protagonismo singular en determinados momentos de la evolución del campo (199).

4.5.5.1. ***Explosión de citación de un documento (Burst)***

La explosión de citación o *Burst* se refiere a un fenómeno en el que un documento experimenta un aumento repentino y significativo en el número de citas en un corto período de tiempo. Este aumento indica que el documento ha captado la atención de la comunidad científica, señalando su relevancia o impacto en el campo (204,205). Aunque CiteSpace permite calcular *burst* en distintos tipos de nodos, este indicador se emplea de manera más robusta en el análisis de cocitación de documentos, donde su interpretación es directa y refleja la dinámica de recepción de citaciones. Por ese motivo, en el presente estudio el *burst* se aplicó únicamente a los documentos citados en el análisis de cocitación.

La detección de explosiones de citación se basa en un conjunto de algoritmos que identifican cambios significativos en una variable a lo largo del tiempo (205). En este contexto, se utiliza el modelo propuesto por Kleinberg, según el cual este indicador solo aparece cuando la frecuencia de citación de un nodo presenta fluctuaciones estadísticamente significativas en un intervalo corto dentro de un periodo más amplio de estudio (199,206).

A pesar de que no existe un valor de referencia estándar ya que el *burst* puede variar considerablemente según el contexto de la investigación, este indicador posee dos puntos clave para el análisis: la intensidad de la explosión de citación y la duración de esta explosión si se comparan con otros documentos (204). Estos dos parámetros permiten evaluar no solo la intensidad del impacto de un documento, sino también cuánto tiempo ha perdurado su relevancia en el campo de estudio.

4.5.5.2. ***Capacidad de innovación o Sigma (∑)***

Sigma es un indicador que se utiliza para evaluar la importancia y el impacto de un nodo (generalmente de un documento o autor) dentro de una red de cocitación. Este indicador fue introducido por Chen et al. (2009) como una medida de la innovación científica ya que permite identificar publicaciones con ideas potencialmente novedosas y con capacidad para transformar la estructura científica de un dominio (205). El indicador sigma se aplicó exclusivamente en el análisis de cocitación de documentos, dado que fue diseñado específicamente para este tipo de redes.

Sigma se calcula a través de dos indicadores clave ya mencionados: la centralidad de intermediación y el *Burst*. Su valor siempre es mayor o igual a 1 para cada nodo. Un valor alto de Sigma sugiere que el nodo no solo es central en la red, sino que también ha tenido un impacto significativo en un corto período, lo que lo convierte en un indicador clave para identificar trabajos influyentes que han servido como puntos de inflexión en el campo de estudio (102,192,204).

Ecuación 6. Capacidad de innovación o Sigma.

$$\Sigma = (Centralidad + 1)^{Burst}$$

4.5.6. Análisis de los clústeres temáticos.

El análisis de clúster es una técnica utilizada para agrupar un conjunto de elementos (documentos, autores o términos) en grupos o clúster basados en sus similitudes. En el contexto de la investigación, se utiliza para identificar patrones, temas comunes y estructuras ocultas dentro de grandes conjuntos de datos. Cada clúster representa un grupo de elementos que están más relacionados entre sí que con los elementos de otros clústeres (207–210). El análisis de clúster se aplicó exclusivamente en el ámbito de la cocitación de documentos. En este contexto, los clústeres permiten identificar comunidades temáticas y estructuras conceptuales dentro de la literatura científica, aportando una visión de los núcleos intelectuales del dominio. En cambio, en los análisis de coocurrencia de autores, instituciones y países, los clústeres no aportan información sustantiva sobre la estructura intelectual, por lo que no fueron considerados en este estudio.

La evaluación de los clústeres se puede realizar de dos formas: intrínseca y extrínseca.

La evaluación intrínseca examina la calidad del clúster desde dentro, evaluando aspectos como la cohesión interna del clúster (qué tan similares son los elementos dentro de un clúster) y su separación de otros clústeres. Este tipo de evaluación se enfoca en la consistencia y homogeneidad dentro del clúster.

Por su parte, la evaluación extrínseca analiza la calidad del clúster en función de criterios externos. Evalúa la naturaleza temática y conceptual de los clústeres con pruebas automáticas o computarizadas o con la confrontación del contenido de los clústeres con el mundo real (210).

Finalmente, para el proceso de definición de los nombres de los clústeres se llevó a cabo un procedimiento *ad hoc* que combinó la información generada automáticamente por el software con un análisis manual. Concretamente, se realizó una lectura detallada de los títulos y resúmenes de los artículos incluidos en cada clúster, lo que permitió identificar con mayor precisión el tema central que agrupaba a las publicaciones. Esta estrategia facilitó la asignación de etiquetas más representativas y coherentes con el contenido real de los documentos, reduciendo el sesgo que presentan los algoritmos de etiquetado automático.

4.5.7. Evaluación intrínseca de clústeres

Ya que la cantidad y el tamaño de los clústeres dependen de la estructura inherente de la red analizada, es importante contar con indicadores que evalúen la calidad de la partición resultante. En este estudio, se analizaron la modularidad Q y la silueta de los clústeres, que proporcionan información útil para interpretar los clústeres.

4.5.7.1. ***Modularidad Q***

La modularidad es un indicador que evalúa si una red puede ser dividida en bloques independientes. Esta medida cuantifica el grado en que los nodos dentro de un mismo clúster están más densamente conectados entre sí que con los nodos de otros clústeres (116,190,211).

Su valor puede oscilar entre 0 y 1, pero generalmente podemos decir que: una modularidad cercana a 0 indica que no hay una estructura clara de clústeres en la

red, y los nodos están casi uniformemente repartidos entre los clústeres. Un valor entre 0,3 y 0,7 sugiere que la red tiene una organización clara, con clúster bien definidos. En cambio, una modularidad superior a 0,7 indica una estructura de clúster muy fuerte, donde los nodos dentro de los clústeres están muy conectados entre sí y tienen pocas conexiones con nodos de otros clústeres. Esto generalmente sugiere que las comunidades dentro de la red están bien delineadas y son bastantes distintas entre sí, sin embargo, una modularidad excesivamente alta puede significar que la red está demasiado dividida con clúster muy pequeños o fragmentados. Por lo que la interpretación de la modularidad debe hacerse en el contexto del análisis general de la red (116,190,211).

4.5.7.2. ***Silueta de los clústeres***

La silueta evalúa la cohesión interna de cada clúster y la separación entre clúster de una red. Este indicador ayuda a determinar si los clústeres están bien definidos y proporciona una medida de cómo de similares son los nodos dentro de un clúster en comparación con los nodos de otros clústeres (98,212).

Este es un indicador que se calcula para cada uno de los clúster que se generan en una red pero se puede estimar el conjunto de los clúster calculando la media de las siluetas (98,128,212).

Los valores oscilan entre -1 y 1: si la silueta es cercana a 1 indica que los clústeres están bien definidos, sus nodos dentro del clúster son muy similares entre sí y están bien separados de los nodos de otros clústeres. Valores cercanos a 0 sugieren que los nodos se encuentran en el borde entre dos clústeres, es decir, no hay una separación clara entre los clústeres y los nodos podrían pertenecer a varios clústeres. Sin embargo, una silueta negativa cercana a -1 indica que los nodos probablemente están mal asignados, ya que están más relacionados con los nodos de otros clústeres que con los del propio clúster. Esto puede indicar la necesidad de revisar la estructura de los clústeres (212).

4.5.8. Evaluación extrínseca de los clústeres

El análisis extrínseco de los clústeres se refiere a la evaluación de la naturaleza y el contenido temático de cada clúster. Esta evaluación puede abordarse a través

de pruebas automáticas incorporadas en la herramientas de análisis, que suelen estar vinculadas a la minería de textos (210).

*4.5.8.1. **Etiquetado automático de los clústeres (minería de textos)***

Cuando se identifican clústeres de documentos citados o grupos de documentos que han sido citados juntos, es necesaria su interpretación para entender de qué tratan esos grupos. Para hacerlo, se les da una etiqueta que refleje su contenido o tema principal. Este proceso de etiquetado puede ser difícil, especialmente si no se tiene conocimiento profundo del área analizada.

Para facilitar este trabajo, los algoritmos pueden ayudar a identificar los términos candidatos y seleccionar automáticamente palabras o términos que puedan servir como etiquetas para estos grupos, lo que es muy importante para que los investigadores puedan entender mejor el contenido de los grupos de documentos cocitados.

CiteSpace es una herramienta que permite analizar la relación entre los temas de investigación y la base intelectual que los sustenta. Para ello, agrupa en clústeres documentos que han sido citados juntos (documentos citados) y luego les asigna automáticamente una etiqueta extraída de términos de los documentos que los citan (documentos citantes) (199,213).

El proceso de etiquetado de los clústeres se basa en la idea de que las palabras de los artículos citantes reflejan la naturaleza de los documentos de un clúster, ya que estos artículos han contribuido a darle forma. Los términos que se utilizan para etiquetar un clúster pueden extraerse del título, resumen o palabras clave de los artículos citantes (199).

Sin embargo, cuando un autor elige un título significativo y lo acompaña con un resumen claro, identificar la temática del estudio se vuelve más sencillo (214). De este modo, los títulos de los artículos citantes son especialmente útiles para etiquetar los clústeres, ya que captan la esencia del tema que los autores desean transmitir y son lo primero que percibe el lector. Esto hace que los títulos sean uno de los elementos más significativos para representar un clúster, y por esta razón, todos los clústeres fueron etiquetados con términos o frases tomadas de los títulos de los documentos citantes (128,130,215,216).

Finalmente, de todos los algoritmos de etiquetado automático, se utilizaron varios algoritmos para identificar y analizar patrones en las redes de cocitación como fueron *Latent Semantic Indexing* (LSI), *Log-Likelihood Ratio* (LLR) y *Mutual Information* (MI), ya que estudios previos indicaron que eran la mejor opción para este objetivo (98,199,213).

El algoritmo **LSI** aplica técnicas de reducción dimensional para descubrir relaciones ocultas entre términos de grandes conjuntos de datos textuales. LSI ayuda a identificar temas subyacentes en los clústeres al analizar las co-ocurrencias de términos, lo que permite un análisis semántico más profundo de la información (199,213).

LLR es un algoritmo que mide la probabilidad de que una distribución observada de términos ocurra en un clúster específico en comparación con una distribución aleatoria. Esto es útil para identificar términos distintivos que son significativos dentro de un clúster, lo que proporciona una forma de resaltar las características representativas de cada grupo (199,213).

Finalmente, el algoritmo **MI** calcula la dependencia mutua entre dos variables aleatorias, en este caso, entre términos o conceptos. MI se utiliza para identificar relaciones significativas entre términos que aparecen juntos con mayor frecuencia de lo que se puede esperar por azar, lo que ayuda a descubrir conexiones clave dentro de los clústeres (199,213).

V – RESULTADOS

V - RESULTADOS

5.1. RESULTADOS DE LOS INDICADORES CUANTITATIVOS EN ESTIMULACIÓN CEREBRAL NO INVASIVA

5.1.1. Evaluación de la producción científica en estimulación cerebral no invasiva

La búsqueda realizada en la *Web of Science* para el dominio de análisis de la ECNI obtuvo 30854 registros de los cuales cumplieron los criterios de inclusión 25993 documentos, estos registros presentaron un total de 1615692 citaciones válidas en sus listados de referencias.

Figura 25. Número de publicaciones sobre ECNI entre 1988 y 2023.



*ECNI. Estimulación cerebral no invasiva; * Los datos de 2023 reflejan solo los dos primeros meses del año.*

Como muestra la **Figura 25**, el número total de publicaciones aumentó desde 1988 hasta 2022. El periodo examinado puede clasificarse en tres etapas según la velocidad de crecimiento en publicaciones. La etapa inicial abarca de 1988 a 1995 y se caracteriza por el rápido crecimiento del número de publicaciones, este número pasó de 3 publicaciones en 1988 a 94 publicaciones en 1995. La segunda etapa

comprende los años de 1996 a 2010 donde se observa un desarrollo progresivo. Finalmente, la tercera etapa se extiende de 2011 a 2023 donde se muestra un crecimiento explosivo ya que el número total de publicaciones (18636) es superior al de los dos periodos anteriores juntos (7357).

En general, podemos observar un crecimiento constante en el número de publicaciones a lo largo del tiempo, con un crecimiento significativo desde el año 2000 y alcanzando su punto más alto en 2022 con un total de 2366 publicaciones.

5.1.2. Revista más productiva en estimulación cerebral no invasiva

En la **Tabla 4** se presentan las diez revistas con mayor volumen de investigaciones publicadas sobre la ECNI y su factor de impacto, lo que constituye un valioso punto de referencia para los nuevos investigadores. Los artículos sobre la ECNI se distribuyen en un total de 2310 revistas, aunque debemos destacar como revista más productiva *Clinical Neurophysiology* con 928 artículos publicados seguida de *Brain Stimulation* con 854 artículos. Las demás revistas tienen un número de publicaciones que varía entre 402 y 567 artículos.

Respecto al factor de impacto de las diez revistas más productivas, podemos señalar que el valor más alto lo presenta *Brain Stimulation* con un valor de 9,2, lo que sugiere que los artículos publicados en esta revista son altamente citados. Otras revistas con factor de impacto notable son *Neuroimage* (7,4) y *Journal of Neuroscience* (6,7), mientras que la revista *Experimental Brain Research* tiene el factor de impacto más bajo con un valor de 2,1.

Como podemos ver, la **Tabla 4** muestra tanto la cantidad de publicaciones como la calidad percibida de las mismas a través del factor de impacto, sin embargo, se podría pensar que si una revista publica muchos artículos, debería tener un alto factor de impacto ya que tiene más contenido que podría ser citado, en cambio podemos observar que no hay una correlación directa entre la productividad y el factor de impacto ya que por ejemplo la revista *Brain Stimulation*, presenta el factor de impacto más alto a pesar de tener el segundo mayor número de publicaciones. De igual modo, la revista *Neuroimage*, aunque tiene menos publicaciones (510), tiene el factor de impacto más alto (7,4), lo que sugiere que sus publicaciones son influyentes. Comprender esta relación es importante para los

investigadores, ya que no siempre más publicaciones significan mayor influencia y esto puede ayudar a decidir dónde publicar sus trabajos.

Tabla 4. Top 10 revistas más productivas en estimulación cerebral no invasiva.

Revista	Número de publicaciones	Factor Impacto
Clinical Neurophysiology	928	4,9
Brain Stimulation	854	9,2
Experimental Brain Research	745	2,1
Frontiers in Human Neuroscience	567	3,5
Neuroimage	510	7,4
Plos One	488	3,8
Neuroscience Letters	450	3,2
Journal of Neurophysiology	435	3,0
Journal of Neuroscience	426	6,7
Neuropsychologia	402	3,1

5.1.3. Autor más productivo en estimulación cerebral no invasiva

La **Tabla 5** muestra los 10 autores más destacados que han publicado artículos relacionados con la ECNI. El autor más productivo es Álvaro Pascual-Leone con 478 artículos. Tras él, el segundo autor más productivo es John Rothwell con 390 publicaciones, seguido de Felipe Fregni con 375. Además, debemos destacar que hay una diferencia notable de casi 100 publicaciones entre el primer y segundo autor más productivo.

A partir del cuarto autor, se observa un descenso gradual en el número de publicaciones, lo que muestra una menor productividad en comparación con los tres autores más prolíficos, y aunque todos son autores muy productivos hay una diferencia de más de 250 publicaciones entre el autor más productivo y el que tiene menor número de publicaciones. A pesar de esto, su alta productividad sugiere que todos son investigadores clave con un elevado nivel de influencia en el campo de la ECNI.

Tabla 5. Top 10 autores más productivos en estimulación cerebral no invasiva.

Autor	Número de publicaciones
Pascual-leone A	478
Rothwell JC	390
Fregni F	375
Daskalakis ZJ	304
Fitzgerald PB	288
Paulus W	283
Nitsche MA	278
Hallett M	248
Ziemann U	239
Cohen LG	219

5.1.4. Institución y país más productivo en estimulación cerebral no invasiva

Respecto a la institución y país más productivo en el campo de la ECNI, la **Tabla 6** permite comprender mejor la dinámica global de la investigación. Como podemos ver en esta tabla, Estados Unidos es el líder mundial en este campo con 7497 publicaciones. Su dominio se refleja al contar con 6 de las 10 instituciones más productivas dentro del campo de la ECNI, entre las que destaca la *University of Harvard* en la segunda posición con 1423 publicaciones, además del *National Institute of Health* (NIH) con 775 publicaciones, *Beth Israel Deaconess Medical Center* con 738 publicaciones, la *University of California System* con 702 publicaciones y el *National Institute of Neurological Disorders Stroke* (NINDS) con 561 publicaciones. Estas instituciones confirman que el dominio de Estados Unidos no solo proviene de una gran cantidad de publicaciones, sino también de la existencia de instituciones de prestigio que están a la vanguardia de la investigación.

Alemania en segundo lugar con 4012 publicaciones e Italia en tercera posición con 3424 publicaciones no tienen representación en el top 10 de instituciones, esto sugiere que, aunque tienen una alta productividad nacional, es probable que sus publicaciones estén más dispersas entre varias instituciones.

Tabla 6. Institución y país más productivo en ECNI.

Posición	Institución	Número de publicaciones	Posición	País	Número de publicaciones
1	*University of London*	1434	1	Estados Unidos	7497
2	*Harvard University*	1423	2	Alemania	4012
3	*University College London*	1157	3	Italia	3424
4	*University of Toronto*	801	4	Inglaterra	3004
5	*National Institutes of Health NIH*	775	5	Canadá	2242
6	*Beth Israel Deaconess Medical Center*	738	6	Australia	2104
7	*University of California System*	702	7	China	1565
8	*Institut National de la Sante et de la Recherche Medicale INSERM*	632	8	Japón	1546
9	*National Institute of Neurological Disorders Stroke NINDS*	561	9	Francia	1404
10	*Centre National de la Recherche Scientifique CNRS*	526	10	Países Bajos	984

Inglaterra con 3004 publicaciones se apoya en las instituciones más productivas del país como el *University College London* (UCL) que ocupa el tercer lugar con 1157 publicaciones y la *University of London*, que lidera el ranking de instituciones con 1434 publicaciones.

Canadá en el quinto puesto con 2242 publicaciones, destaca por la productividad de la *University of Toronto* que ocupa el cuarto lugar en las instituciones más productivas con 801 publicaciones.

Por otro lado, aunque Australia no tiene instituciones en el top 10, destaca por su sexta posición con 2104 publicaciones a pesar de su tamaño, al igual que ocurre con Países bajos que aparece en décimo lugar con 984 publicaciones. Lo que refleja que a pesar de ser países pequeños tienen una alta eficiencia en investigación científica.

De igual modo, China con 1565 publicaciones y Japón con 1546 publicaciones representan el crecimiento de la investigación científica en Asia y aunque se sitúan por detrás de países occidentales y no presentan instituciones en el top 10, su presencia en esta lista es un indicador de su rápida evolución en este campo.

Por último, Francia en noveno lugar con 1404 publicaciones se apoya en dos instituciones que aparecen en la lista de instituciones más productivas como son el *Institut National de la Sante et de la Recherche Medicale* (INSERM) y el *Centre National de la Recherche Scientifique* (CNRS).

Estos resultados muestran una fuerte relación entre los países con sistemas de investigación bien financiados y una red de instituciones colaborativas con una infraestructura científica sólida.

5.2. RESULTADOS DE INDICADORES ESTRUCTURALES EN ESTIMULACIÓN CEREBRAL NO INVASIVA

5.2.1. Análisis de coautoría

La red de colaboración entre autores que muestra la **Figura 26**, contiene 248 nodos únicos y 558 enlaces. La proporción de nodos es del 70,86%, sin embargo, la densidad de la red es tan solo del 1,82% (**ANEXO 1**) ya que muchos nodos están dispersos a pesar de que podemos observar tres agrupaciones, una en la parte

superior de color más oscuro debido a que presentan autorías más recientes, y dos en la parte inferior de colores amarillos que han firmado autorías en los primeros años del periodo analizado.

El grafo de coautorías en la ECNI muestra una estructura definida, donde se pueden identificar agrupaciones correspondientes a diversas líneas de investigación, aunque se observa una tendencia a dispersarse hacia los bordes, lo que refleja una separación entre las áreas investigadas.

Cada agrupación presenta nodos específicos que destacan por estar rodeados de un anillo púrpura, lo que indica que estos autores tienen un papel central en la red actuando como puntos de conexión clave entre distintas agrupaciones. La **Tabla 7**, muestra la frecuencia de autorías y cuáles han sido los que mayor centralidad han tenido. Destacan con más publicaciones firmadas Álvaro Pascual-Leone con un total de 992 autorías, seguido de John Rothwell (835 firmas) y Felipe Fregni (720 firmas). En cambio, el autor con mayor centralidad es Leonardo Cohen con 0,16 de centralidad con su primera firma de publicación en 1991 seguido de Ulf Ziemann con 0,12 y Zafaris Daskalakis con 0,11.

Figura 26. Red de coautorías en la ECNI.

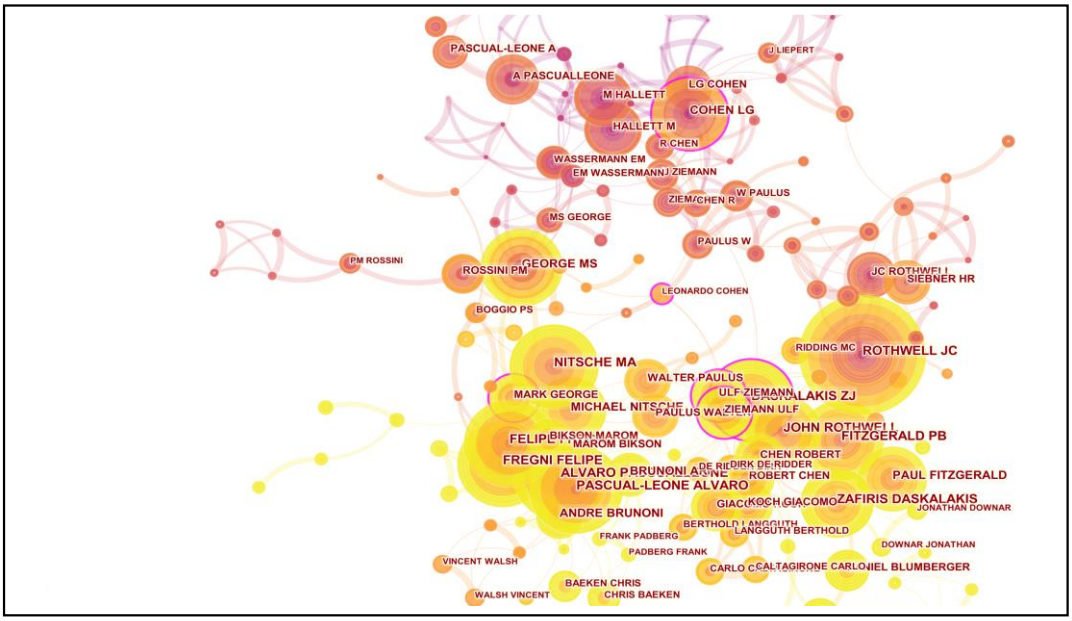


Tabla 7. Top 10 Autores con mayor frecuencia de autorías y centralidad en ECNI.

Frecuencia de Citación	Autor	Centralidad	Autor	Año
992	Alvaro Pascual-Leone	0,16	Leonardo Cohen	1991
835	John Rothwell	0,12	Ulf Ziemann	2008
720	Felipe Fregni	0,11	Zafiris Daskalakis	2003
554	Zafiris Daskalakis	0,11	Mark George	2008
523	Paul Fitzgerald	0,09	Eric Wassermann	1991
518	Michael Nitsche	0,08	John Rothwell	1991
449	Walter Paulus	0,08	Mark Hallett	1991
382	Mark George	0,08	Robert Chen	1997
352	Mark Hallett	0,07	Álvaro Pascual-Leone	2006
340	Leonardo Cohen	0,06	Michael Ridding	1994

5.2.2. Análisis de colaboración institucional

La **Figura 27** presenta la red de colaboración entre instituciones en el ámbito de la estimulación cerebral no invasiva. El grafo está conformado por 224 nodos y 275 enlaces, lo que da lugar a una proporción de nodos del 64% y una densidad de 1,1% (**ANEXO 1**), lo que refleja una red extensa, pero con un nivel de conexión global reducido. Aun así, se identifican grupos centrales compactos, situados en la zona media del grafo, que concentran la mayor parte de interacciones, rodeadas por instituciones periféricas con vínculos más limitados.

En cuanto a la distribución cromática, los tonos amarillos predominan en las zonas centrales, asociados a instituciones con mayor actividad en los primeros años del periodo analizado, mientras que los tonos anaranjados y rojizos aparecen hacia los bordes y representan colaboraciones más recientes. Entre las instituciones más visibles, varias presentan un anillo púrpura que señala una centralidad elevada, lo que indica su papel relevante como nodos intermediarios que facilitan la conexión entre diferentes comunidades de investigación.

Figura 27. Red de colaboración institucional en la ECNI.

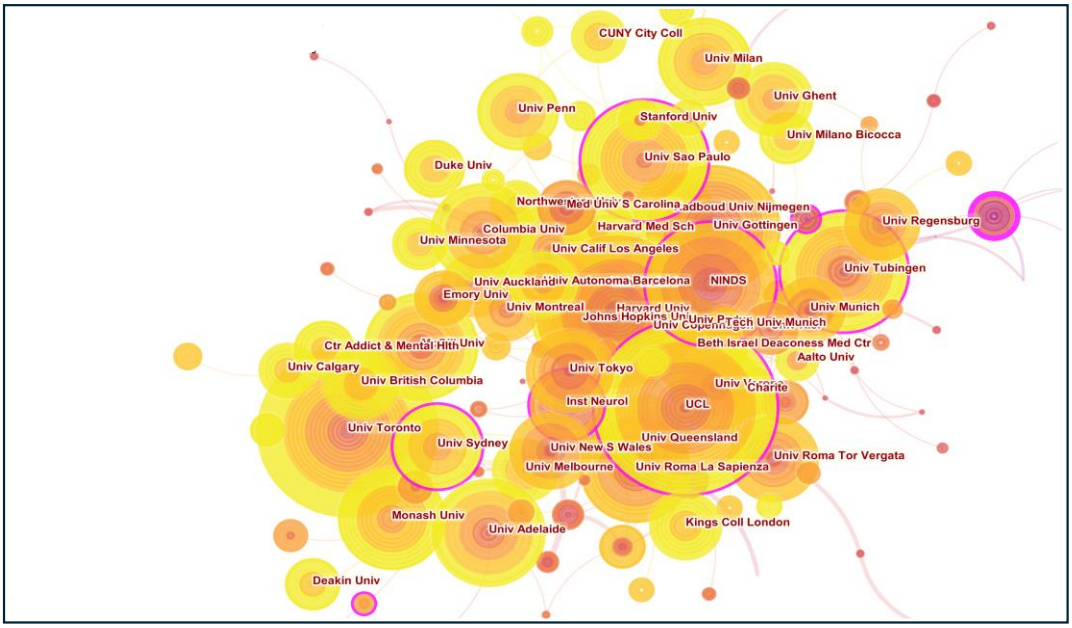


Tabla 8. Top 10 Instituciones con mayor frecuencia de publicaciones firmadas y centralidad en ECNI.

Frecuencia de publicación	Institución	Centralidad	Institución*	Año
815	*University College London*	0,21	National Institute of Neurological Disorders and Stroke	1991
725	*Harvard University*	0,18	University of Sydney	2008
695	*University of Toronto*	0,17	University College London	1999
537	*Harvard Medical School*	0,15	University of Valencia	1994
452	*Columbia University*	0,15	University of Tubingen	1999
431	*Monash University*	0,14	National Institute of Neurological Disorders and Stroke	1998
408	*University of Sao Paulo*	0,14	University of Paris	2008
407	*University of Oxford*	0,14	University of Sao Paulo	2003
356	*University of Göttingen*	0,13	Centre National de la Recherche Scientifique	1997
355	*University of Roma La Sapienza*	0,12	Harvard University	1993

** Se repiten aquellas instituciones que presentan variaciones en su nombre en la afiliación, y el año refleja el primer año de firma de documentos con esa afiliación.*

Del mismo modo, los datos de la **Tabla 8** completan esta visualización, ya que en ella podemos ver cómo el análisis conjunto de la frecuencia de publicación y la centralidad revela que, aunque instituciones como *University College London* con 815 firmas, *Harvard University* (725) y *University of Toronto* (695) lideran claramente en volumen de publicaciones dentro de la red, no son necesariamente las que ocupan las posiciones más estratégicas en términos de intermediación. De hecho, la mayor centralidad corresponde al *National Institute of Neurological Disorders and Stroke* (0,21) y a la *University of Sydney* (0,18) seguidas por *University College London* (0,17), *University of Valencia* (0,15) y *University of Tübingen* (0,15).

Este patrón indica que algunas instituciones, aunque menos presentes en los documentos, desempeñan un papel clave como puentes entre diferentes grupos de investigación, mientras que otras concentran un gran número de firmas en documentos, pero con conexiones más centradas en su propio grupo de colaboración. En definitiva, esta comparación muestra que estar muy presente en la filiación de la firma de documentos, no implica ocupar una posición estructuralmente central en la red.

5.2.3. Análisis de colaboración internacional

El análisis de la **Figura 28** muestra una red de colaboración internacional en estimulación cerebral no invasiva que está compuesta por 60 nodos o países con 159 enlaces entre sí. Esta red presenta una densidad de 8,99% y una proporción de nodos del 17,14% (**ANEXO 1**), lo que indica que solo una parte de los nodos posibles están presentes en la red, lo que sugiere que las colaboraciones internacionales se concentran en un número limitado de países.

La visualización evidencia un núcleo central muy activo, formado por nodos de tonalidades suaves propio de los primeros años del periodo analizado que concentra países como Estados Unidos, Alemania, Inglaterra, Francia y Bélgica, desde donde parten numerosas conexiones hacia el resto de la red y en la periferia se distribuyen grupos más pequeños y menos interconectados entre sí. Además, podemos observar cómo hay varios anillos púrpuras que rodean a ciertos países, como Estados Unidos, Alemania, Francia, Inglaterra y España, que resaltan su papel como intermediarios estratégicos entre distintas comunidades de investigación.

Por otro lado, como podemos observar en la **Tabla 9**, Estados Unidos lidera la frecuencia de firmas en filiaciones con 7428 publicaciones, seguido de Alemania con 3946 e Italia con 3410 publicaciones, aunque también destacan otros países como Inglaterra, Canadá y Australia entre otros. Respecto a la centralidad, junto a Estados unidos con 0,40 sobresalen también Inglaterra con 0,29, Alemania y Francia con 0,24. Cabe destacar que países como España con 0,17 o Portugal con 0,10 desempeñan un papel clave como conectores, aunque no figuran entre los más presentes en los documentos.

Si comparamos frecuencia de publicación y centralidad se pone de manifiesto que el liderazgo científico en ECNI no se mide únicamente por la producción, sino también por la capacidad de tender puentes entre distintas áreas geográficas, reforzando la cohesión y el intercambio de conocimiento a escala global.

Figura 28. Red de colaboración internacional en ECNI.

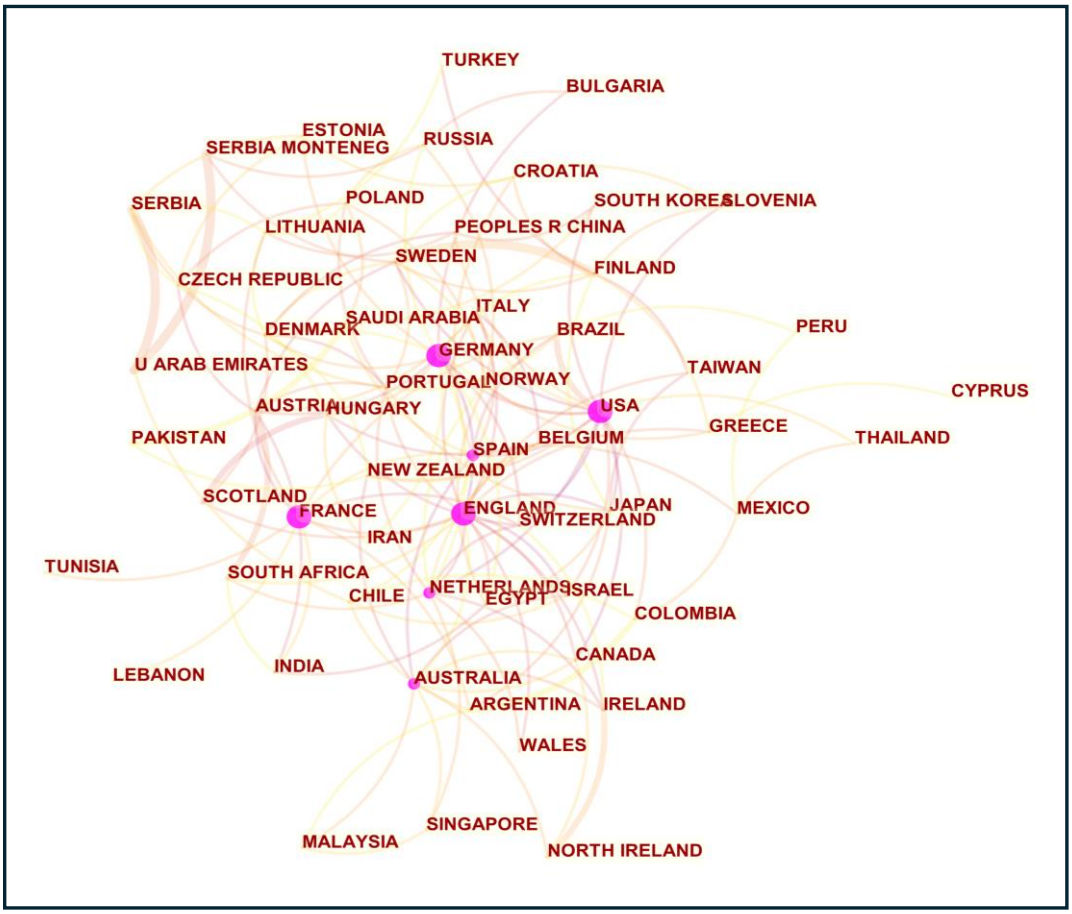


Tabla 9. Top 10 Países con mayor frecuencia de publicaciones firmadas y centralidad en ECNI.

Frecuencia de publicación	País	Centralidad	País	Año
7428	Estados Unidos	0,40	Estados Unidos	1989
3946	Alemania	0,33	Inglaterra	1988
3410	Italia	0,26	Alemania	1989
2967	Inglaterra	0,24	Francia	1994
2217	Canadá	0,17	España	1993
2100	Australia	0,13	Países Bajos	1991
1564	China	0,10	Portugal	1997
1519	Japón	0,10	Australia	1993
1394	Francia	0,09	Noruega	2003
980	Países Bajos	0,08	Dinamarca	1994

5.2.4. Análisis de cocitación de documentos

La **Figura 29A** representa la red de cocitación de documentos en el ámbito de la estimulación cerebral no invasiva. Dicha red está compuesta por 299 nodos y 307 enlaces, lo que genera una proporción de nodos del 85,43% y una densidad de 0,69% (**ANEXO 1**) lo que indica una red amplia, pero con un nivel de interconexión relativamente bajo. La estructura presenta una disposición alargada, con zonas más densamente interconectadas en el centro y regiones periféricas con vínculos limitados.

En lo visual **Figura 29B**, la red adopta una morfología alargada con un gradiente temporal izquierda-derecha: en el flanco izquierdo predominan los amarillos, correspondientes a artículos más recientes, mientras que hacia el lado derecho se intensifican las tonalidades moradas, indicativas de artículos más antiguos. Este patrón refleja una transición cronológica clara en la producción académica del campo.

El análisis conjunto de la frecuencia de citación y la centralidad revela diferencias relevantes en el papel de los documentos dentro de la red. Como muestra la **Tabla 10**, en el rango más alto de citaciones destacan Rossi *et al.* (2009) con 1082 citas y Rossini *et al.* (2015) con 610, seguidos de Huang *et al.* (2005) con 537 y Nitsche *et al.* (2008) y Lefaucheur *et al.* (2014) con 527 y 526 citas respectivamente (11,15,71,78,217). En un segundo grupo, con valores entre 300 y 500 citas, se sitúan Wassermann *et al.* (1998), Stagg y Nitsche (2011), Brunoni *et al.* (2012) y Batsikadze *et al.* (2013), cerrando la lista de los 10 documentos más citados O´Reardon *et al.* (2007) con 314 citas (12,218–221).

Por otro lado, si atendemos a la centralidad (**Tabla 11**), que mide la capacidad de un nodo para actuar como puente entre comunidades, el valor más elevado corresponde a Huang *et al.* (2005) con 0,71, seguido por Pascual-Leone *et al.* (1994 y 1993) con valores de 0,50 y 0,46 en sus dos publicaciones y Fuhr *et al.* (1991) con 0,45 (15,222–224). También presentan valores elevados entre 0,30 y 0,44 Chen *et al.* (1997), Muellbacher *et al.* (2000), Touge *et al.* (2001), Siebner *et al.* (2004) y Pascual-Leone *et al.* (1991), cerrando la lista Nitsche *et al.* (2003) con 0,28 de centralidad (225–230).

Figura 29. Red de documentos cocitados en la estimulación cerebral no invasiva.

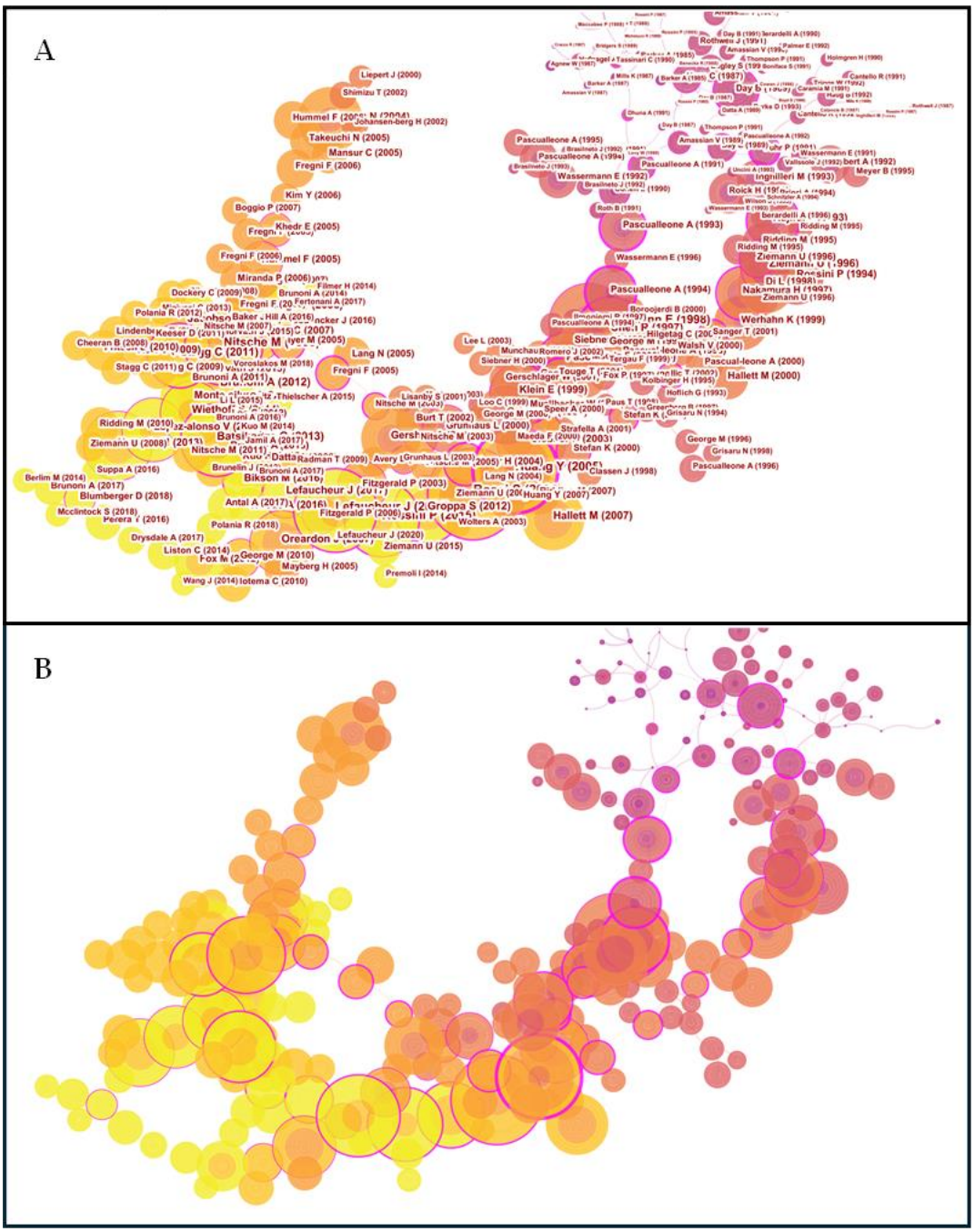


Tabla 10. Top 10 Documentos con mayor frecuencia de citación en ECNI.

Frecuencia de citación	Autor	Año	Título	Revista
1082	Rossi S	2009	*Safety, ethical considerations, and application guidelines for the use of transcranial magnetic stimulation in clinical practice and research.*	*Clinical Neurophysiology*
610	Rossini P	2015	*Non-invasive electrical and magnetic stimulation of the brain, spinal cord, roots and peripheral nerves: Basic principles and procedures for routine clinical and research application. An updated report from an I.F.C.N. Committee.*	*Clinical Neurophysiology*
537	Huang Y	2005	*Theta Burst Stimulation of the Human Motor Cortex.*	*Neuron*
527	Nitsche M	2008	*Transcranial direct current stimulation: State of the art 2008.*	*Brain Stimulation*
526	Lefaucheur J	2014	*Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS).*	*Clinical Neurophysiology*

Tabla 10. Top 10 Documentos con mayor frecuencia de citación en ECNI. (Continuación)

Frecuencia de citación	Autor	Año	Título	Revista
421	Wassermann E	1998	*Risk and safety of repetitive transcranial magnetic stimulation: report and suggested guidelines from the International Workshop on the Safety of Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation.*	*Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*
369	Stagg C	2011	*Physiological Basis of Transcranial Direct Current Stimulation.*	*The Neuroscientist*
348	Brunoni A	2012	*Clinical research with transcranial direct current stimulation (tDCS): Challenges and future directions.*	*Brain Stimulation*
320	Batsikadze G	2013	*Partially non-linear stimulation intensity-dependent effects of direct current stimulation on motor cortex excitability in humans.*	*The Journal of Physiology*
314	Oreardon J	2007	*Efficacy and Safety of Transcranial Magnetic Stimulation in the Acute Treatment of Major Depression: A Multisite Randomized Controlled Trial.*	*Biological Psichiatry*

Tabla 11. Top 10 Documentos con mayor centralidad en ECNI.

Centralidad	Autor	Año	Título	Revista
0,71	Huang Y	2005	Theta Burst Stimulation of the Human Motor Cortex	Neuron
0,50	Pascual-Leone A	1994	Responses to rapid-rate transcranial magnetic stimulation of the human motor cortex	Brain
0,46	Pascual-Leone A	1993	Safety of rapid-rate transcranial magnetic stimulation in normal volunteers	Electroencephalography and Clinical Neurophysiology
0,45	Fuhr P	1991	Spinal motor neuron excitability during the silent period after cortical stimulation	Electroencephalography and Clinical Neurophysiology
0,44	Chen R	1997	Depression of motor cortex excitability by low-frequency transcranial magnetic stimulation	Neurology
0,40	Muellbacher W	2000	Effects of low-frequency transcranial magnetic stimulation on motor excitability and basic motor behavior	Clinical Neurophysiology

Tabla 11. Top 10 Documentos con mayor centralidad en ECNI. (Continuación)

Centralidad	Autor	Año	Título	Revista
0,39	Touge T	2001	Are the after-effects of low-frequency rTMS on motor cortex excitability due to changes in the efficacy of cortical synapses?	Clinical Neurophysiology
0,38	Siebner H	2004	Preconditioning of Low-Frequency Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation with Transcranial Direct Current Stimulation: Evidence for Homeostatic Plasticity in the Human Motor Cortex	The Journal of Neuroscience
0,36	Pascual-Leone A	1991	Induction of speech arrest and counting errors with rapid-rate transcranial magnetic stimulation	Neurology
0,35	Nitsche M	2003	Pharmacological modulation of cortical excitability shifts induced by transcranial direct current stimulation in humans	The Journal of Physiology

Este patrón evidencia que algunos artículos, aunque no figuran entre los más citados, ocupan posiciones estratégicas de conexión en la red como ocurre con Pascual-Leone *et al.* (1994 y 1993) (222,223). Por otro lado, algunos trabajos como Huang *et al.* (2005), logran combinar alta citación y elevada centralidad, situándose como piezas clave en la red (15). Y, sin embargo, artículos como Rossi *et al.* (2009) que lidera la lista de más citados no presenta un papel importante de intermediación en este campo (71). En conjunto, la red muestra que la influencia de un documento no depende exclusivamente de la cantidad de citas que recibe, sino también de su capacidad para conectar diferentes comunidades de investigación.

5.3. RESULTADOS DE LOS INDICADORES TEMPORALES EN ESTIMULACIÓN CEREBRAL NO INVASIVA

5.3.1. Análisis *Burst* de los documentos citados

El análisis de la explosión de citaciones mostrada en la **Tabla 12**, pone de manifiesto un marcado aumento del interés por la estimulación cerebral no invasiva a lo largo del periodo analizado, con diez referencias que destacan por presentar ráfagas de citas particularmente intensas. La referencia con el *Burst* más elevado corresponde a Rossi *et al.* (2009), con un valor de 388,36 entre 2009 y 2017, lo que evidencia la gran repercusión de la actualización de directrices de seguridad en la aplicación de EMT (71).

En segundo lugar, se situó el estudio de Rossini *et al.* (2015), con un *Burst* de 245,37 vigente hasta 2023, que proporcionó una revisión exhaustiva y actualizada sobre la aplicación segura de la EMT y la tDCS tanto en el cerebro como en médula espinal y nervios periféricos (217). El tercer valor más alto fue el de Huang *et al.* (2005), con un *Burst* de 201,31, centrado en demostrar que la EMTr podría generar efectos duraderos sobre la corteza motora, superando las limitaciones de los protocolos convencionales de EMT (15).

Desde una perspectiva temporal, se distinguen tres etapas. La primera de 1988 a 2007 incluye trabajos pioneros de Ziemann *et al.* (1996), Chen *et al.* (1997) y Wassermann *et al.* (1998), que abrieron el camino al mostrar la utilidad de la EMT como herramienta de evaluación farmacológica, así como, al relacionar la reducción de la excitabilidad cortical con aplicaciones clínicas como la epilepsia y

la mioclonía, además de proponer las primeras directrices internacionales de seguridad (218,225,231).

La segunda etapa de 2005 a 2017 está marcada por contribuciones centradas en la consolidación de la tDCS y la actualización de protocolos de EMT. Además del ya mencionado estudio de Huang *et al.* (2005), destacan las directrices publicadas por Nitsche *et al.* (2008) y la actualización propuesta por Rossi *et al.* (2009), que fueron determinantes para establecer pautas de uso seguro y eficaz de la ECNI en distintos entornos clínicos y experimentales (15,71,78).

Finalmente, en la etapa más reciente de 2013 a 2023 se concentran los *Burst* de los documentos que constituyen el núcleo intelectual actual. El trabajo de Stagg y Nitsche (2011) abordó los efectos fisiológicos de la tDCS y su impacto en el aprendizaje motor, mientras que los consensos elaborados por Lefaucheur *et al.* (2014 y 2017) y Rossini *et al.* (2015) tuvieron un peso decisivo al establecer recomendaciones clínicas para el uso de la EMT y la tDCS en el tratamiento del dolor y la depresión (11,217,219,232). Cabe destacar que Lefaucheur *et al.* (2017) subrayaron la necesidad de prevenir un uso inadecuado de la TDCS en el domicilio, advirtiendo sobre los riesgos de aplicaciones excesivas asociadas a la facilidad y bajo coste de esta técnica (232).

5.3.2. Análisis de la capacidad de innovación o Sigma (∑) de los documentos citados.

El análisis del indicador Sigma (**Tabla 13**), que combina la centralidad de intermediación y los valores de ráfagas de citación o *burst*, permite identificar los documentos con mayor potencial innovador en el campo de la estimulación cerebral no invasiva. Este índice no solo refleja la frecuencia con que un artículo ha sido citado, sino también su papel como puente entre áreas de investigación y su capacidad de captar la atención de la comunidad científica en momentos concretos.

Tabla 12. Top 10 Burst de documentos con explosión de citaciones en ECNI.

Artículo	Inicio	Final	1988 - 2023	*Burst*
Ziemann *et al.* 1996 (231)	1998	2007		128,51
Chen *et al.* 1997 (225)	1998	2007		145,67
Wassermann *et al.* 1998 (218)	1998	2007		186,22
Huang *et al.* 2005 (15)	2005	2017		201,31
Nitsche *et al.* 2008 (78)	2008	2017		191,96
Rossi *et al.* 2009 (71)	2009	2017		388,36
Stagg y Nitsche 2011 (219)	2013	2023		141,33
Lefaucheur *et al.* 2014 (11)	2014	2023		187,99
Rossini *et al.* 2015 (217)	2015	2023		245,37
Lefaucheur *et al.* 2017 (232)	2018	2023		147,99

Tabla 13. Top 10 de los documentos citados con mayor Sigma en ECNI.

Artículo	Frecuencia citación	*Burst*	Centralidad	Sigma	Título
Huang *et al.* 2005 (15)	537	201,31	0,71	$1{,}01 \times 10^{47}$	*Theta Burst Stimulation of the Human Motor Cortex*
Rossi *et al.* 2009 (71)	1082	388,36	0,28	$4{,}37 \times 10^{41}$	*Safety, ethical considerations, and application guidelines for the use of transcranial magnetic stimulation in clinical practice and research*
Rossini *et al.* 2015 (217)	610	245,37	0,28	$1{,}12 \times 10^{26}$	*Non-invasive electrical and magnetic stimulation of the brain, spinal cord, roots and peripheral nerves: Basic principles and procedures for routine clinical and research application. An updated report from an I.F.C.N. Committee*
Chen *et al.* 1997 (225)	311	145,67	0,44	$1{,}36 \times 10^{23}$	*Depression of motor cortex excitability by low-frequency transcranial magnetic stimulation*
Lefaucheur *et al.* 2014 (11)	526	187,99	0,26	$8{,}12 \times 10^{18}$	*Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS)*
Nitsche *et al.* 2008 (78)	527	191,96	0,24	$1{,}20 \times 10^{18}$	*Transcranial direct current stimulation: State of the art 2008*

Tabla 13. Top 10 Sigma de los documentos de ECNI. (Continuación)

Artículo	Frecuencia citación	*Burst*	Centralidad	Sigma	Título
Lefaucheur *et al.* 2017 (232)	292	147,99	0,26	$4{,}69 \times 10^{14}$	*Evidence-based guidelines on the therapeutic use of transcranial direct current stimulation (tDCS)*
Kujirai *et al.* 1993 (38)	207	115,94	0,32	$8{,}74 \times 10^{13}$	*Corticocortical inhibition in human motor cortex.*
Pascual-Leone *et al.* 1994 (222)	142	75,09	0,50	$1{,}37 \times 10^{13}$	*Responses to rapid-rate transcranial magnetic stimulation of the human motor cortex*
Stagg y Nitsche 2011 (219)	369	141,33	0,23	$3{,}78 \times 10^{12}$	*Physiological Basis of Transcranial Direct Current Stimulation*

En este contexto, el valor de Sigma más elevado correspondió al trabajo de Huang *et al.* (2005), con un Sigma de 1,01 x 10^{47}, lo que refleja la enorme influencia de su propuesta sobre la estimulación Theta Burst por su capacidad de inducir efectos duraderos en la corteza motora (15). Le siguieron Rossi *et al.* (2009) y Rossini *et al.* (2015) con valores de Sigma de 4,37 x 10^{41} y 1,12 x 10^{26} respectivamente, ambos centrados en la elaboración de directrices de seguridad y la aplicación clínica de la EMT y la tDCS, lo que confirma que los consensos internacionales ocupan una posición estratégica en la estructura intelectual de este campo (71,217).

El artículo de Chen *et al.* (1997), con un Sigma de 1,36 x 10^{23} destacó por relacionar la reducción de la excitabilidad cortical inducida por EMT con aplicaciones clínicas en epilepsia y mioclonía (225). Del mismo modo, Lefaucheur *et al.* (2014) con un valor de 8,12 x 10^{18} y Nitsche *et al.* (2008) con Sigma igual a 1,20 x 10^{18} reflejaron la transición hacia recomendaciones basadas en evidencia para la EMTr y tDCS respectivamente, consolidando la dimensión clínica y la seguridad de estas técnicas (11,78).

En el periodo más reciente, Lefaucheur *et al.* (2017) presentó un valor de Sigma de 4,69 x 10^{14} con el que reforzó la importancia de los consensos europeos al actualizar las guías sobre tDCS, mientras que Stagg y Nitsche (2011) con un valor de 3,78 x 10^{12} profundizó en los fundamentos fisiológicos de esta técnica y su papel en el aprendizaje motor (219,232). Finalmente, trabajos más tempranos como Kujirai *et al.* (1993) y Pascual-Leone *et al.* (1994) con Sigma 8,74 x 10^{13} y 1,37 x 10^{13} respectivamente, aportaron la base experimental inicial sobre la inhibición cortical y la EMTr, que sirvieron como referencia para el desarrollo posterior de protocolos más complejos (38,222).

5.4. RESULTADOS DEL ANÁLISIS CLÚSTER DE DOCUMENTOS CITADOS EN ESTIMULACIÓN CEREBRAL NO INVASIVA

El análisis bibliométrico de la red de cocitación permitió identificar un total de 299 documentos agrupados en 46 clústeres (**ANEXO 4**). Sin embargo, en la **Tabla 14** no todos estos grupos aparecen etiquetados por los algoritmos LSI, LLR y MI, ya que solo podemos observar los 16 clústeres principales. Esta diferencia obedece a que el programa CiteSpace prioriza la consistencia interna de los clústeres y, en

consecuencia, los clústeres pequeños o menos cohesivos no figuran en la tabla de etiquetado automático, aunque sí están presentes para el resto de las métricas sobre citas, centralidad y *Burst*.

Si observamos todos los clústeres en conjunto, nos muestran que el campo de la estimulación cerebral no invasiva se estructura en cuatro grandes bloques: uno metodológico y de seguridad, que abarca estudios fundacionales, parámetros y guías internacionales, otro bloque experimental y fisiológico, centrado en la plasticidad, la inhibición interhemisférica y la integración con neuroimagen y farmacología, un bloque clínico con investigaciones en depresión, epilepsia y enfermedades neurodegenerativas y por último un bloque teórico y conceptual, que aporta modelos de plasticidad y marcos de interpretación. Por ello, podemos decir que estos bloques configuran un campo que avanza desde la base metodológica hacia la experimentación, la aplicación clínica y la consolidación teórica.

Por otro lado, si nos centramos en un análisis cuantitativo de la red de clúster generados, en términos de tamaño, la red muestra un predominio de clústeres de tamaño medio. El clúster #0 fue el más grande con 22 documentos, aunque no es el que acumula mayor volumen de citas con un total de 585 citas. En contraste, los clústeres #1 con 21 documentos y el clúster #2 con 20 documentos concentran un volumen de citas muy superior, con 3262 y 2645 citas respectivamente, lo que evidencia que, aunque su tamaño no sea el mayor, si albergan los documentos más influyentes del campo. A estos se suma el clúster #6, que con 18 documentos acumula 2534 citas, situándose entre los de mayor impacto acumulado.

El análisis de los *Burst* de citación acumulados refuerza esta tendencia ya que los valores más elevados corresponden a los clústeres #1 (1414,64), #2 (1315,12) y #6 (1147,43), lo que indica que estos grupos no solo han mantenido un impacto sostenido en el tiempo, sino que también han protagonizado picos de atención bibliométrica en la comunidad científica. Otros clústeres como el #4 (1041,46) y el #9 (989,63) muestran también una fuerte intensidad de *Burst*, lo que confirma que han sido áreas de especial dinamismo en periodos concretos.

Por su parte, los indicadores de centralidad revelan que algunos clústeres, aunque no son los más citados, desempeñan un papel clave como puentes estructurales en la red. En este sentido, destacan el clúster #6, con una centralidad máxima de 0,71, seguido por el clúster #2 (0,50) y el clúster 3 (0,45). Esto significa

que estos clústeres articulan la conectividad temática entre comunidades, actuando como nodos de enlace que facilitan el flujo de conocimiento entre diferentes áreas de investigación. En contraste, clústeres como el #0, pese a su mayor tamaño, presenta niveles mucho más modestos de centralidad 0,33, lo que refuerza su rol como repositorio temático más que como puente de conexión.

Por todo ello, los datos cuantitativos muestran una red donde el impacto acumulado y la centralidad no siempre coinciden ya que los clústeres con mayor volumen de citas y *Burst* como el clúster #1, #2 y #6 concentran la atención del campo, mientras que otros, como el clúster #3 y #9, con menos número de documentos, desempeñan un rol crucial en la estructuración de la red al conectar áreas temáticas distintas.

En relación con la estructura global de la red de documentos cocitados de la estimulación cerebral no invasiva, podemos decir que presenta una estructura altamente consistente desde el punto de vista bibliométrico (**Figura 30**). El valor de modularidad obtenido Q= 0,8469 confirma la existencia de comunidades bien delimitadas y relativamente independientes entre sí, superando ampliamente el umbral de 0,3 habitualmente aceptado para considerar significativa la partición de una red. A su vez, la silueta media ponderada de todos los clústeres alcanza S= 0,9489, lo que refleja un grado muy elevado de homogeneidad interna y separación entre grupos.

Al observar los valores individuales de silueta de los clústeres principales, se aprecia que todos superan con amplitud el umbral de 0,8, situándose en un rango que oscila entre 0,887 del clúster #2 y 0,991 del clúster #14 (**Tabla 14**). Del mismo modo, algunos clústeres de menor tamaño muestran siluetas igual a 1, lo que indica la ausencia de solapamientos significativos y la clara identidad temática de cada bloque. Estos resultados evidencian que, incluso en los clústeres de mayor tamaño y heterogeneidad temática, la coherencia interna se mantiene en niveles muy altos.

En cuanto al **etiquetado automático** de los clústeres de ECNI (**Tabla 14**), el análisis evidencia que cada algoritmo ofrece una aproximación distinta a la caracterización temática. El LSI ofrece etiquetas amplias que sitúan a los clústeres en grandes categorías conceptuales reconocibles, como *motor cortex, cortical excitability, motor evoked-potential*. Este enfoque aporta un panorama general y facilita la ubicación de los clústeres dentro de ejes de investigación consolidados, aunque su carácter general limita la precisión temática.

Tabla 14. Etiquetado automático de los clústeres más relevantes de cocitación de documentos en ECNI.

Clúster	N	S	Año*	LSI	LLR	MI
0	22	0,908	1994	*motor cortex*	*single motor unit*	*cervical nerve root compression*
1	21	0,966	2018	*cortical excitability*	*motor learning*	*cervical nerve root compression*
2	20	0,887	2003	*human motor cortex*	*human motor cortex*	*cervical nerve root compression*
3	19	0,986	1997	*silent period*	*silent period*	*rapid finger movement*
4	18	0,916	2005	*major depression*	*electroconvulsive therapy*	*cervical nerve root compression*
5	18	1	2018	*treatment-resistant depression*	*treatment-resistant depression*	*cervical nerve root compression*
6	18	1	2009	*human motor cortex*	*human motor cortex*	*cervical nerve root compression*
7	17	0,974	2019	*working memory*	*prefrontal tdcs*	*cervical nerve root compression*
8	16	0,9	1992	*motor evoked-potential*	*motor evoked-potential*	*human motor cortex*
9	16	0,891	2002	*human motor cortex*	*intracortical inhibition*	*cervical nerve root compression*
10	15	0,982	2012	*psychiatric disorder*	*current density*	*cervical nerve root compression*

Tabla 14. Etiquetado automático de los clústeres más relevantes de cocitación de documentos en ECNI. (Continuación)

Clúster	N	S	Año*	LSI	LLR	MI
11	15	0,91	2018	*cortical excitability*	*human motor cortex*	*cervical nerve root compression*
12	13	0,977	2010	*chronic stroke*	*stroke rehabilitation*	*cervical nerve root compression*
13	12	0,95	1992	*motor evoked-potential*	*motor evoked-potential*	*human motor cortex*
14	11	0,991	1995	*motor cortex*	*hand muscle*	*cervical nerve root compression*
15	9	1	1992	*human motor cortex*	*intraoperative study*	*human motor cortex*
16	8	0,938	2001	*therapeutic application*	*therapeutic application*	*therapeutic application*

N: Tamaño del clúster; S: Silueta; Año*: Año promedio de los documentos que forman el clúster; LSI*: Latent semantic indexing;* LLR: *Log-likelihood ratio;* MI: *mutual information.*

En contraste, LLR se muestra como el algoritmo más discriminativo, ya que proporciona etiquetas de gran precisión que reflejan fenómenos fisiológicos o aplicaciones concretas. Entre ellas destacan *silent period*, *intracortical inhibition*, *motor learning*, *stroke rehabilitation*. Esta especificidad facilita la lectura de los clústeres como líneas de investigación claramente delimitadas, ya sea en el plano experimental, clínico o metodológico.

Por su parte, MI arroja resultados mucho más transversales y homogéneos, con un marcado sesgo hacia el término *cervical nerve root compression*, que aparece de manera repetida en la mayoría de los clústeres. Aunque en algunos casos incorpora matices adicionales como *rapid finger movement*, *human motor cortex* o *therapeutic application*, su tendencia a la repetición reduce su capacidad de discriminar entre comunidades temáticas, reflejando más bien regularidades léxicas globales que contenidos diferenciados.

Si observamos en conjunto los tres algoritmos, la comparación muestra que LSI ayuda a enmarcar el campo en categorías generales, LLR proporciona la información más valiosa para la interpretación analítica al discriminar con precisión los focos de investigación, y MI refuerza la visión transversal del campo aunque con menor valor interpretativo. La triangulación de los tres métodos confirma la robustez de las divisiones temáticas y respalda la idea de que LLR es el más útil para caracterizar las líneas de investigación en ECNI.

Tras presentar los resultados del contenido de los clústeres y con el apoyo del etiquetado automático para los clústeres más relevantes, a continuación, se presenta la descripción del contenido de cada uno de ellos y su esencia conceptual, para ello describiremos cada clúster y resaltaremos aquellos artículos más representativos del clúster.

Clúster #0 – Excitabilidad cortical y regulación de umbrales.

Con 22 documentos, este clúster reúne los estudios pioneros que describieron cómo la estimulación cerebral no invasiva podía activar la corteza motora humana y caracterizar los umbrales corticoespinales. Entre los documentos más relevantes se encuentra Day *et al.* (1989), *Electric and magnetic stimulation of human motor cortex: surface EMG and single motor unit responses*, que mostró los efectos combinados de la estimulación eléctrica y magnética sobre el sistema motor (233). Otro trabajo esencial es Hess *et al.* (1987), *Responses in small hand muscles from magnetic stimulation*

of the human brain, que confirmó la utilidad de la EMT para explorar la excitabilidad muscular (234). Finalmente, Rothwell *et al.* (1991), *Stimulation of the human motor cortex through the scalp*, consolidó la aplicación clínica y experimental de estos métodos (235).

Clúster #1 – Guías metodológicas y protocolos iniciales de tDCS.

Formado por 21 artículos, este bloque se centra en comprender la base fisiológica de la tDCS y en delimitar los parámetros de aplicación que condicionan sus efectos. Los trabajos de este clúster muestran cómo la intensidad, duración y repeticiones de las sesiones son factores determinantes para inducir plasticidad cortical y garantizar resultados reproducibles. Entre los documentos más influyentes se encuentra Stagg *et al.* (2011), *Physiological Basis of Transcranial Direct Current Stimulation*, que ofreció una revisión sobre los mecanismos que sustentan la modulación de la excitabilidad cortical (219). Más adelante Batsikadze *et al.* (2013), *Partially non-linear stimulation intensity-dependent effects of direct current stimulation on motor cortex excitability in humans*, mostró que la respuesta a la tDCS no es lineal, sino que depende de la intensidad, lo que obligó a replantear los modelos de dosimetría (220). Por su parte, Monte-Silva *et al.* (2013), *Induction of Late LTP-Like Plasticity in the Human Motor Cortex by Repeated Non-Invasive Brain Stimulation*, evidenció que la repetición de sesiones puede inducir plasticidad prolongada, aportando claves para el diseño de protocolos clínicos (236). En conjunto este clúster consolida el paso de la tDCS experimental hacia su aplicación clínica estandarizada.

Clúster #2 – Seguridad y neuroimagen multimodal

Cuenta con 20 documentos que establecieron las primeras guías de seguridad para la EMTr y, al mismo tiempo, abrieron la investigación hacia su integración con técnicas de neuroimagen. Destacan artículos como Wassermann *et al.* (1998), *Risk and safety of repetitive transcranial magnetic stimulation: report and suggested guidelines from the International Workshop on the Safety of Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation*, que marcó un punto de referencia al sistematizar los riesgos y precauciones en la aplicación clínica y experimental de la EMTr (218). En paralelo, Chen *et al.* (1997), *Depression of motor cortex excitability by low‐frequency transcranial magnetic stimulation*, mostró como la estimulación a baja frecuencia podía inducir una inhibición duradera, con implicaciones directas en la seguridad y el control de los efectos prolongados (225). Del mismo modo, Paus *et al.* (1997), *Transcranial*

Magnetic Stimulation during Positron Emission Tomography: A New Method for Studying Connectivity of the Human Cerebral Cortex, inauguró el uso combinado de la EMT y la tomografía de emisión de positrones que permitió abrir la posibilidad de estudiar al mismo tiempo los efectos de la estimulación (237).

Clúster #3 – Inhibición y plasticidad interhemisférica.

Con 19 documentos, este clúster explora los mecanismos de inhibición cortical y las interacciones entre hemisferios, fundamentales para comprender la plasticidad y la reorganización funcional. Uno de los trabajos centrales es el de Inghilleri *et al.* (1993), *Silent period evoked by transcranial stimulation of the human cortex and cervicomedullary junction*, que describió el período silente como un marcador objetivo de inhibición (238). En la misma línea, Ferbert *et al.* (1992), *Interhemispheric inhibition of the human motor cortex*, aportó evidencia directa sobre la dinámica inhibitoria entre hemisferios motores (239). También hay que destacar el estudio de Roick *et al.* (1993), *On the origin of the postexcitatory inhibition seen after transcranial magnetic brain stimulation in awake human subjects,* que profundizó en el origen fisiológico de la inhibición tras la estimulación (240).

Clúster #4 – Estimulación prefrontal y aplicaciones psiquiátricas.

Formado por 18 documentos, este clúster agrupa estudios que consolidaron el uso de la estimulación cerebral no invasiva en el ámbito de la psiquiatría, con especial atención a la corteza prefrontal y a los trastornos del estado de ánimo. Uno de los trabajos más influyentes es el de Pascual-Leone *et al.* (1996), *Rapid-rate transcranial magnetic stimulation of left dorsolateral prefrontal cortex in drug-resistant depression*, que fue pionero en demostrar la eficacia de la EMTr en la depresión resistente a fármacos (241). En la misma línea, George *et al.* (1999), *Transcranial Magnetic Stimulation. Applications in Neuropsychiatry*, ofreció una revisión sistemática de sus aplicaciones clínicas (242). También hay que destacar el estudio de Klein *et al.* (1999), *Therapeutic Efficacy of Right Prefrontal Slow Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation in Major Depression. A Double-blind Controlled Study*, que reforzó el potencial terapéutico de la estimulación aplicada a la región prefrontal (243).

Clúster #5 – Aplicaciones clínicas en depresión.

Cuenta con 18 documentos que consolidaron la estimulación cerebral no invasiva como una opción terapéutica para la depresión. Destaca el ensayo

multicéntrico de O´Reardon *et al.* (2007), *Efficacy and Safety of Transcranial Magnetic Stimulation in the Acute Treatment of Major Depression: A Multisite Randomized Controlled Trial*, que demostró de forma concluyente la eficacia y seguridad de la EMTr en pacientes con depresión resistente a fármacos, lo que supuso un hito en su aprobación clínica (221). A esta línea se sumó George *et al.* (2010), *Daily Left Prefrontal Transcranial Magnetic Stimulation Therapy for Major Depressive Disorder. A Sham-Controlled Randomized Trial*, que reforzó la evidencia en favor de su uso en la depresión (244). Más reciente es el estudio de Blumberger *et al.* (2018), *Effectiveness of theta burst versus high-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation in patients with depression (THREE-D): a randomised non-inferiority trial*, donde se compararon protocolos innovadores de TBS y EMTr, y se aportó evidencia sobre la optimización de la técnica (245).

Clúster #6 – Variabilidad de efectos y reproducibilidad.

Con 18 documentos agrupa trabajos que analizaron la diversidad de respuestas a la estimulación cerebral no invasiva y la necesidad de comprender mejor sus mecanismos para garantizar su reproducibilidad. El estudio más influyente es el de Huang *et al.* (2005), *Theta Burst Stimulation of the Human Motor Cortex*, que introdujo un protocolo innovador y altamente citado, en el que mostraron que distintos patrones de estimulación producen efectos diferentes en la plasticidad cortical (15). A este se suma Hallett *et al.* (2007), *Transcranial Magnetic Stimulation: A Primer*, que ofreció una síntesis clara sobre fundamentos, aplicaciones y limitaciones de la EMT, sirviendo como guía de referencia para investigadores y terapeutas (23). También destaca Siebner *et al.* (2004), *Preconditioning of Low-Frequency Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation with Transcranial Direct Current Stimulation: Evidence for Homeostatic Plasticity in the Human Motor Cortex*, que documentó fenómenos de plasticidad homeostática y subrayó la importancia del estado basal del cerebro en la respuesta a la estimulación (228).

Clúster #7 – Cognición, variabilidad y efectos en población sana.

Formado por 17 documentos, este clúster reúne estudios que analizaron cómo la tDCS puede modular funciones cognitivas en sujetos sanos, al tiempo que subrayan la notable variabilidad de sus efectos según el sujeto. Uno de los trabajos más influyentes es el de Jacobson *et al.* (2012), *tDCS polarity effects in motor and cognitive domains: a meta-analytical review*, que mostró cómo la polaridad de la

corriente determina la dirección de los cambios en excitabilidad y rendimiento (246). En la misma línea, Wiethoff *et al.* (2014), *Variability in Response to Transcranial Direct Current Stimulation of the Motor Cortex*, demostraron la amplia heterogeneidad en la respuesta de los participantes, un aspecto crucial para la interpretación de los resultados (247). Complementando estas evidencias, López-Alonso *et al.* (2014), *Inter-individual Variability in Response to Non-invasive Brain Stimulation Paradigms*, confirmó la existencia de diferencias marcadas entre sujetos y plantearon la necesidad de protocolos personalizados (248).

Clúster #8 – Seguridad y aplicaciones en epilepsia.

Cuenta con 16 documentos entre los que reúne algunos de los primeros trabajos que exploraron la seguridad de la estimulación cerebral no invasiva y su aplicación en pacientes con epilepsia. Un estudio fundamental es el de Pascual-Leone *et al.* (1991), *Induction of speech arrest and counting errors with rapid‐rate transcranial magnetic stimulation*, que mostró cómo la estimulación podía interferir de manera transitoria con funciones del lenguaje, planteando interrogantes sobre seguridad y posibles aplicaciones diagnósticas (229). En paralelo, Amassian *et al.* (1989), *Suppression of visual perception by magnetic coil stimulation of human occipital cortex*, aportó evidencia sobre los efectos de la estimulación en la percepción visual, lo que abrió el camino a la investigación de la corteza occipital (249). Del mismo modo fue relevante el estudio de Hufnagel *et al.* (1990), *Activation of the epileptic focus by transcranial magnetic stimulation of the human brain*, que documentó la capacidad de la estimulación para activar focos epilépticos, aportando información sobre sus riesgos en pacientes con epilepsia (250).

Clúster #9 – Neurofarmacología y mecanismos de inhibición cortical.

Con 16 documentos reúne trabajos que exploran cómo distintos fármacos y circuitos inhibitorios influyen en la excitabilidad motora medida con estimulación cerebral no invasiva. Uno de los artículos más influyentes es el de Ziemann *et al.* (1996), *Effects of antiepileptic drugs on motor cortex excitability in humans: A transcranial magnetic stimulation study*, que mostró cómo los antiepilépticos modifican la excitabilidad cortical, esto abrió la puerta a la investigación neurofarmacológica con EMT (231). También resulta fundamental el estudio de Kujirai *et al.* (1993), *Corticocortical inhibition in human motor cortex*, que caracterizó la inhibición intracortical como un mecanismo clave para comprender la plasticidad (38). A ello se suma el consenso de Rossini *et al.* (1994), *Non-invasive electrical and magnetic*

stimulation of the brain, spinal cord and roots: basic principles and procedures for routine clinical application. Report of an IFCN committee, que estableció los principios básicos y procedimientos para la aplicación clínica de estas técnicas (251).

Clúster #10 – Seguridad, guías técnicas y aplicaciones iniciales de la tDCS.

Formado por 15 documentos clave que establecieron las primeras guías de seguridad y metodológicas para la tDCS, junto con aplicaciones clínicas y experimentales tempranas. El trabajo más citado es el de Nitsche *et al.* (2008), *Transcranial direct current stimulation: State of the art 2008*, que sintetizó los avances de la técnica y fijó recomendaciones para su aplicación (78). Complementó esta perspectiva el estudio de Gandiga *et al.* (2006), *Transcranial DC stimulation (tDCS): A tool for double-blind sham-controlled clinical studies in brain stimulation,* que validó metodológicamente el uso de diseños controlados con placebo, lo que mejoró la calidad de los ensayos clínicos (252). En la misma línea, Poreisz *et al.* (2007), *Safety aspects of transcranial direct current stimulation concerning healthy subjects and patients*, abordó de forma sistemática los aspectos de seguridad tanto en voluntarios sanos como en pacientes (253).

Clúster #11 – Guías clínicas y consensos internacionales.

Cuenta con 15 documentos donde se reúnen los consensos y revisiones que han servido de base para estandarizar el uso de la estimulación cerebral no invasiva en investigación y en la práctica clínica. Un punto de referencia fundamental es el trabajo de Rossi *et al.* (2009), *Safety, ethical considerations, and application guidelines for the use of transcranial magnetic stimulation in clinical practice and research*, que marcó un antes y un después al establecer normas claras de seguridad y aplicación (71). Complentando ese estudio, Rossini *et al.* (2015), *Non-invasive electrical and magnetic stimulation of the brain, spinal cord, roots and peripheral nerves: Basic principles and procedures for routine clinical and research application. An updated report from an I.F.C.N. Committee*, actualizó las recomendaciones iniciales que publicaron en 1994 e incorporó los avances metodológicos más recientes (217). Finalmente, el consenso de Lefaucheur *et al.* (2017), *Evidence-based guidelines on the therapeutic use of transcranial direct current stimulation (tDCS)*, consolidó criterios clínicos basados en la evidencia para orientar la aplicación terapéutica de la tDCS (232).

Clúster #12 – Reorganización interhemisférica y recuperación post-ictus.

Con 15 documentos, este clúster reúne estudios que demostraron cómo la estimulación cerebral no invasiva puede modular el equilibrio entre hemisferios y favorecer la recuperación tras ictus. El trabajo más citado es el de Murase *et al.* (2004), *Influence of interhemispheric interactions on motor function in chronic stroke*, que mostró cómo la inhibición excesiva del hemisferio contralesional limita la recuperación y cómo la estimulación puede restablecer el equilibrio funcional (254). En la misma línea, Hummel *et al.* (2005), *Effects of non-invasive cortical stimulation on skilled motor function in chronic stroke*, aportó evidencia de que la estimulación favorece la recuperación de habilidades motoras en pacientes crónicos (255). También resulta clave el estudio de Takeuchi *et al.* (2005), *Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation of Contralesional Primary Motor Cortex Improves Hand Function After Stroke*, que confirmó los beneficios de modular la excitabilidad del hemisferio no afectado para mejorar la función manual (256).

Clúster #13 – Conducción motora central y aplicaciones clínicas iniciales.

Formado por 12 documentos agrupa los primeros estudios que aplicaron la estimulación cerebral no invasiv para evaluar la conducción motora central y explorar su utilidad clínica en diferentes patologías. Entre los artículos más influyentes se encuentra el trabajo de Amassian *et al.* (1989), *Focal stimulation of human cerebral cortex with the magnetic coil: a comparison with electrical stimulation*, que estableció las bases para comparar la estimulación magnética con la eléctrica en la actividad cortical (257). Años más tarde de nuevo Amassian *et al*. (1990), *A comparison of corticospinal activation by magnetic coil and electrical stimulation of monkey motor cortex*, reforzó la validez de la estimulación magnética como alternativa menos invasiva que la estimulación eléctrica (258). Otro estudio relevante es el de Hess *et al.* (1987), *Magnetic brain stimulation: Central motor conduction studies in multiple sclerosis*, que demostró la aplicabilidad de la técnica para evaluar alteraciones en la conducción motora en pacientes con esclerosis múltiple (259).

Clúster #14 – Mapeo cortical y reorganización motora.

Cuenta con 11 documentos que utilizaron la estimulación magnética para mapear la representación muscular en la corteza motora y explorar fenómenos de reorganización cortical. Un artículo clave es el de Wassermann *et al.* (1992), *Noninvasive mapping of muscle representations in human motor cortex*, que demostró la

viabilidad de trazar mapas motores de forma no invasiva (260). Del mismo modo, Pascual-Leone *et al.* (1994), *Modulation of Cortical Motor Output Maps During Development of Implicit and Explicit Knowledge*, mostró cómo los mapas corticales podían modificarse durante el aprendizaje, vinculando plasticidad y comportamiento (261). También destaca el trabajo de Cohen *et al.* (1991), *Motor reorganization after upper limb amputation in man: a study with focal magnetic stimulation*, que documentó la reorganización cortical tras la amputación, lo que aportó evidencia clínica de la plasticidad inducida por cambios estructurales (262).

Clúster #15 – Fundamentos técnicos y primeras aplicaciones clínicas de la EMT.

Con 9 documentos, este clúster reúne trabajos fundacionales que marcaron el inicio del uso clínico y experimental de la estimulación magnética transcraneal. El artículo más influyente es el de Barker *et al.* (1985), *Non-invasive magnetic stimulation of human motor cortex*, que introdujo la técnica y demostró su capacidad para activar de forma no invasiva la corteza motora humana, lo que supuso un hito en la neurofisiología (2). En la misma etapa destaca también *Mills et al.* (1987), *Magnetic and electrical transcranial brain stimulation: physiological mechanisms and clinical applications*, que compararon los efectos de la estimulación magnética y eléctrica y ofrecieron una primera aproximación sobre sus mecanismos diferenciales (263). También hay que destacar el estudio de Benecke *et al.* (1988), *Transcranial magnetic stimulation of the human brain: responses in muscles supplied by cranial nerves*, que estudiaron los potenciales motores evocados en sujetos sanos y en pacientes (264).

Clúster #16 – Aplicaciones clínicas en trastornos psiquiátricos.

Formado por 8 documentos reúne algunos de los primeros estudios que aplicaron la estimulación magnética transcraneal en pacientes con trastornos psiquiátricos, especialmente depresión. Uno de los trabajos más influyentes es el de George *et al.* (1995), *Daily repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) improves mood in depression*, que mostró por primera vez la eficacia de sesiones repetidas de EMTr en la mejoría del estado de ánimo (265). Por otro lado, Pascual-Leone *et al.* (1996), *Lateralized effect of rapid-rate transcranial magnetic stimulation of the prefrontal cortex on mood*, demostraron que la estimulación del córtex prefrontal podía inducir cambios emocionales dependientes de la lateralidad (266). También destaca el estudio de Kolbinger *et al.* (1995), *Transcranial magnetic stimulation (TMS)*

in the treatment of major depression — a pilot study, que aportó evidencia clínica preliminar del potencial terapéutico de la EMT en la depresión mayor (267).

Clúster #17 – Excitabilidad inducida por tDCS

Cuenta con 2 documentos que mostraron cómo la estimulación transcraneal con corriente directa podía modificar de manera duradera la excitabilidad cortical en humanos. El trabajo de Nitsche *et al.* (2000), *Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation*, demostró por primera vez que la aplicación de corrientes de baja intensidad podía inducir cambios medibles en la excitabilidad motora (47). De igual modo, Nitsche *et al.* (2001), *Sustained excitability elevations induced by transcranial DC motor cortex stimulation in humans*, confirmaron que estos efectos podían mantenerse en el tiempo más allá de la estimulación (80).

Clúster #18 – Interacciones excitatorias e inhibitorias en la plasticidad motora.

Con 2 documentos este clúster aborda cómo la estimulación cerebral no invasiva permite estudiar los mecanismos de interacción entre procesos excitatorios e inhibitorios en la corteza motora y su relación con la plasticidad y el aprendizaje. El trabajo de Reis *et al.* (2008), *Contribution of transcranial magnetic stimulation to the understanding of cortical mechanisms involved in motor control*, revisó la utilidad de la EMT para desentrañar los circuitos corticales implicados en el control motor y en la inducción de plasticidad (268). Junto con Chen *et al.* (2004), *Interactions between inhibitory and excitatory circuits in the human motor cortex*, que describió la dinámica entre los sistemas inhibitorios y excitatorios y su papel en la regulación de la excitabilidad cortical (269).

Desde el **clúster #19 hasta el #45** se agrupan aportaciones unidocumentales que, aunque aisladas, pueden integrarse en tres grandes ejes. El primero corresponde a la seguridad, guías y estandarización metodológica, con trabajos como el de la *American Psichiatric Association* (2013), *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*, que aunque no es un estudio experimental sobre NIBS, fijó criterios diagnósticos que se volvieron esenciales en la investigación clínica de depresión y otros trastornos tratados con EMT y tDCS (270). Trabajos así reflejan cómo la investigación en estimulación cerebral se vinculó estrechamente con estándares internacionales y clasificaciones clínicas.

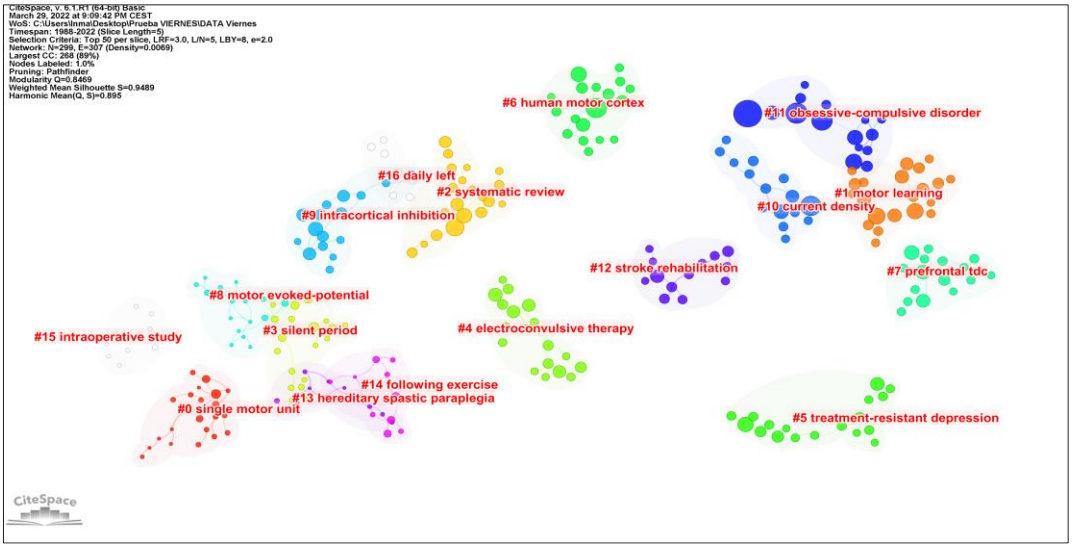
El segundo eje se centra en la plasticidad y la reorganización cortical, donde estudios como Di *et al.* (1998), *Effects of voluntary contraction on descending volleys evoked by transcranial stimulation in conscious humans* o Ziemann *et al.* (1998), *Modulation of plasticity in human motor cortex after forearm ischemic nerve block*, mostraron la influencia de la contracción voluntaria y los fármacos en la excitabilidad motora, mientras que Hoogendam *et al.* (2010), *Physiology of repetitive transcranial magnetic stimulation of the human brain*, sintetizó la fisiología de la EMTr y Naeser *et al.* (2005*), Improved picture naming in chronic aphasia after TMS to part of right Broca's area: An open-protocol study*, evidenció su potencial en la rehabilitación del lenguaje (271–274).

El tercer eje lo conforman las aplicaciones clínicas específicas, donde podemos destacar estudios como Hoffman *et al.* (2003), *Transcranial Magnetic Stimulation of Left Temporoparietal Cortex and Medication-Resistant Auditory Hallucinations*, Kobayashi *et al.* (2003), *Transcranial magnetic stimulation in neurology* y Rizzolatti *et al.* (2004), *The mirror-neuron system*, que respectivamente sintetizaron las aplicaciones clínicas en síntomas psicóticos y otras enfermedades neurológicas así como proporcionaron el marco conceptual del sistema de neuronas espejo sobre el cual muchos trabajos interpretaron los efectos de la estimulación (275–277).

En conjunto estos clústeres unidocumentales no representan líneas marginales, sino que aportan precisión conceptual y metodológica que complemente la red general de la estimulación cerebral no invasiva, consolidando su seguridad, su fundamente fisiológico y sus primeras aplicaciones clínicas.

Si observamos en detalle el grafo estructurado en clústeres temáticos que se distinguen cromáticamente y están etiquetados con los términos más representativos de la ECNI, podemos observar como la red muestra una organización espacial clara de los clústeres, donde la distribución cromática y posicional refleja la proximidad conceptual entre áreas de investigación (**Figura 30**). En el extremo izquierdo se localizan clústeres de carácter metodológico y experimental, como el clúster #0 (*single motor unit*), el clúster #3 (*silent period*) y el clúster #8 (*motor evoked potential*), que representan los fundamentos fisiológicos y técnicos de la estimulación, constituyendo la base sobre la que se han construido desarrollos posteriores.

Figura 30. Clústeres de documentos citados en ECNI.



En la zona central se agrupan los bloques metodológicos de mayor cohesión, como el clúster #2 (*systematic review*) y el clúster #9 (*intracortical inhibition*), próximos entre sí y conectados con áreas aplicadas, lo que refleja su papel de puente entre la teoría y la práctica clínica. De forma adyacente aparece el clúster #6 (*human motor cortex*), que funciona como núcleo experimental, con fuerte interconexión hacia módulos tanto clínicos como de carácter técnico.

Los clústeres clínicos se distribuyen en posiciones periféricas, pero bien delimitadas, lo que subraya su autonomía temática. Ejemplo de ello es el clúster #5 (*treatment-resistant depression*), situado en la parte inferior derecha, especializado en salud mental, el clúster #12 (*stroke rehabilitation*), en posición central-derecha, centrado en la recuperación neurológica, y el clúster 11 (*obsessive-compulsive disorder*) en el extremo superior derecho, que aborda aplicaciones en trastornos psiquiátricos específicos. La proximidad espacial entre los clústeres #7 (*prefrontal tDCS*), #1 (*motor learning*) y #10 (*current density*) evidencia la conexión entre estudios experimentales en corteza prefrontal, la exploración de parámetros técnicos y la traducción de estos avances a dominios cognitivos y de aprendizaje.

Por último, los clústeres más pequeños o especializados, como el clúster #14 (*following exercise*), #13 (*hereditary spastic paraplegia*) o #15 (*intraoperative study*), se

ubican en la periferia, reflejando líneas de investigación muy específicas y con menor interconexión con el núcleo central de la red. En conjunto, esta distribución espacial confirma la existencia de un eje metodológico-experimental en el centro de la red, rodeado de aplicaciones clínicas diferenciadas y de líneas especializadas que, pese a su menor tamaño, aportan precisión y diversificación a este campo.

5.5. RESULTADOS DE LOS INDICADORES CUANTITATIVOS EN ESTIMULACIÓN TRANSCRANEAL CON CORRIENTE DIRECTA

5.5.1. Evaluación de la producción científica en estimulación transcraneal con corriente directa

Se llevó a cabo una búsqueda en la *Web of Science* relacionada con el análisis de la tDCS, la cual arrojó un total de 6913 registros. De estos, 5794 documentos cumplían con los criterios de inclusión, y en conjunto, dichos registros contaban con 124782 citas válidas en sus referencias.

Como podemos observar en la **Figura 31**, el número de publicaciones aumentó de 2000 a 2023 y podemos diferenciar 3 periodos. En el primer periodo se produjo un crecimiento del número de publicaciones, pasando de 2 publicaciones en el año 2000 a 76 publicaciones en el año 2010. El segundo periodo, de 2011 a 2014 muestra un crecimiento progresivo del número de publicaciones, mientras que el tercer periodo, de 2015 a 2023 muestra un crecimiento explosivo, ya que el número total de publicaciones (4628) es superior al de los dos periodos anteriores juntos (1166).

En general, la producción científica sobre la tDCS ha crecido de forma significativa desde 2011 y alcanzó su punto máximo en 2021 aunque el número de publicaciones parece tener una tendencia a estabilizarse en los años más recientes.

5.5.2. Revista más productiva en estimulación transcraneal con corriente directa

Las diez revistas con mayor número de estudios publicados sobre tDCS y su factor de impacto se muestran en la **Tabla 15**. Los documentos sobre tDCS están publicados en un total de 949 revistas entre las que debemos destacar como revista

más productiva *Brain Stimulation* con 327 artículos seguida de la revista *Frontiers in Human Neuroscience* con 237 artículos.

En relación con el factor de impacto, debemos destacar que la revista *Brain Stimulation* además de tener el mayor número de publicaciones también presenta un alto factor de impacto (9,2), lo que indica que es una revista de gran relevancia y prestigio en este campo.

Figura 31. Número de publicaciones sobre tDCS entre 2000 y 2023.



*tDCS. Estimulación transcraneal con corriente directa; *Los datos de 2023 reflejan solo los dos primeros meses del año.*

Por otro lado, las revistas *Frontiers in Human Neuroscience* y *Frontiers in Neuroscience* aunque son revistas productivas presentan un factor de impacto más bajo. Sin embargo, observamos revistas con menor número de publicaciones como *Neuroimage* y *Clinical Neurophysiology* que presentan un alto factor de impacto, lo que indica que sus publicaciones tienen un impacto significativo en el campo de la tDCS. En cambio, la revista *Neuropsychologia* ocupa el octavo puesto en productividad y presenta el factor de impacto más bajo con un valor de 3,1.

5.5.3. Autor más productivo en estimulación transcraneal con corriente directa

Los 10 autores con mayor número de estudios sobre tDCS pueden consultarse en la **Tabla 16**. Aunque todos los autores de esta tabla son activos en este campo, hay que destacar a Felipe Fregni como autor más productivo sobre tDCS con un total de 264 publicaciones seguido de Michael A. Nitsche con 252.

Marom Bikson, André Brunoni, Walter Paulus y Álvaro Pascual-Leone también han hecho aportaciones considerables con entre 163 y 100 publicaciones, aunque se ubican algo más abajo en el ranking de autores más productivos. Por último, con una notable diferencia en términos de cantidad de publicaciones, encontramos a Alberto Priori y Frank Padberg con alrededor de 70 publicaciones. Estos autores, aunque presentan un número menor de publicaciones, siguen siendo figuras relevantes en la disciplina, ya que la diferencia en el número de publicaciones no necesariamente refleja menor influencia científica, sino que puede responder a distintos niveles de trayectoria investigadora.

Tabla 15. Top 10 revistas más productivas en tDCS.

Revista	Número de publicaciones	Factor Impacto
Brain Stimulation	327	9,2
Frontiers in Human Neuroscience	237	3,5
Frontiers in Neuroscience	131	5,2
Plos One	120	3,8
Brain Sciences	117	3,3
Scientific Reports	117	5,0
Neuroscience Letters	112	3,2
Neuropsychologia	107	3,1
Clinical Neurophysiology	92	4,9
Neuroimage	91	7,4

Tabla 16. Top 10 autores más productivos en tDCS.

Autor	*Número de publicaciones*
Fregni F	*264*
Nitsche MA	*252*
Bikson M	*163*
Brunoni AR	*151*
Paulus W	*147*
Pascual-leone A	*100*
Antal A	*83*
Boggio PS	*80*
Priori A	*73*
Padberg F	*72*

5.5.4. Institución y país más productivo en estimulación transcraneal con corriente directa

Con relación a la institución y país más productivo en el campo de la tDCS, la **Tabla 17** permite obtener una imagen más completa sobre cómo se distribuye la investigación a nivel global.

Estados Unidos lidera tanto a nivel de países como de instituciones con 1733 publicaciones totales, además cuenta con 6 de las 10 instituciones más productivas en este campo. Destaca *Harvard University* en primer lugar con 482 publicaciones seguido de *Harvard Medical School* con 418 registros, sin embargo, Estados Unidos cuenta con más instituciones tanto del ámbito clínico como académico entre las que encontramos al *Beth Israel Deaconess Medical Center* con 225 publicaciones, *Spaulding Rehabilitation Hospital* con 199 publicaciones ambos centros médicos afiliados a la *Harvard University*. Y además, encontramos el *City University of New York* y el *City College of New York* ambos del *CUNY System* con 189 y 156 publicaciones respectivamente.

Estos resultados sugieren que el campo de la estimulación transcraneal con corriente directa está muy enfocado en la aplicación clínica y que las universidades juegan un rol importante en la investigación que precede a estas aplicaciones, de

ahí que observemos una estrecha colaboración entre centros universitarios y sus centros médicos asociados.

Por otro lado, a nivel europeo, Alemania con 1066 publicaciones ocupa la segunda posición entre los países más productivos contando con un importante centro de investigación entre las instituciones más productivas como es la *University of Göttingen* que ocupa el cuarto lugar con 242 publicaciones.

A nivel internacional, Inglaterra ocupa el cuarto lugar con 554 publicaciones, apoyada por la fuerte productividad de la *University of London* con 221 publicaciones y el *University College London* con 167 publicaciones. Además, Brasil que ocupa el quinto lugar entre los países más productivos cuenta con la *Universidade de Sao Paulo* situada en el tercer puesto dentro del ranking de instituciones más productivas en el campo de la tDCS.

Tabla 17. Institución y país más productivo en tDCS.

Posición	Institución	Número de publicaciones	Posición	País	Número de publicaciones
1	*Harvard University*	482	1	Estados Unidos	1733
2	*Harvard Medical School*	418	2	Alemania	1066
3	*Universidade de Sao Paulo*	244	3	Italia	670
4	*University of Göttingen*	242	4	Inglaterra	554
5	*Beth Israel Deaconess Medical Center*	225	5	Brasil	552
6	*University of London*	221	6	China	521
7	*Spaulding Rehabilitation Hospital*	199	7	Australia	455
8	*City University of New York CUNY System*	189	8	Canadá	339
9	*University College London*	167	9	España	254
10	*City College of New York CUNY System*	156	10	Francia	235

Por último, países como Italia, China, Australia, España, Francia y Canadá presentes en el ranking de países más productivos en este campo no cuentan con instituciones en la lista de las más productivas, sin embargo, estos resultados reflejan que la investigación sobre tDCS sigue creciendo globalmente, con una fuerte presencia de países avanzados que están estableciendo una creciente inversión en la investigación de tecnologías de neuroestimulación.

5.6. RESULTADOS DE LOS INDICADORES ESTRUCTURALES EN ESTIMULACIÓN TRANSCRANEAL CON CORRIENTE DIRECTA

5.6.1. Análisis de coautoría

La red de colaboración entre autores que muestra la **Figura 32** contiene un total de 216 nodos únicos y 770 enlaces. La proporción de nodos es de 93,9%, mientras que la densidad de la red es únicamente del 3,32% (**Anexo 2**), lo que evidencia que, a pesar de la existencia de un núcleo de autores fuertemente conectados, existe una dispersión significativa de nodos hacia la periferia.

En la visualización se observa un núcleo central de color amarillo intenso rodeado de agrupaciones de tonos anaranjados y rojizos. Los colores más cálidos (amarillo) indican autores que concentraron un mayor número de citaciones en los primeros años del periodo analizado, mientras que los tonos rojizos representan citaciones más recientes. La distribución de los nodos revela un patrón estructurado con varias subagrupaciones conectadas, aunque con cierta separación espacial.

Dentro de la red, se destacan varios autores rodeados de un anillo púrpura, lo que indica su papel central como intermediarios clave entre distintas agrupaciones. Entre ellos figuran Álvaro Pascual-Leone, Felipe Fregni, Marom Bikson, Michael Nitsche y Andre Brunoni, quienes actúan como puntos de conexión fundamentales, favoreciendo la transferencia de conocimiento entre las comunidades científicas y líneas de investigación dentro de este ámbito de investigación.

Del mismo modo, como podemos observar en la **Tabla 18**, el autor con mayor frecuencia de documentos firmados es Felipe Fregni (253 citas), seguido por Michael Nitsche (245) y Marom Bikson (155), lo que evidencia su relevancia e impacto en el ámbito de la tDCS. Como mencionamos anteriormente, en términos de centralidad destacan Michael Nitsche y Alberto Priori con el valor más alto (0,14), lo que indica su papel destacado como nodos de conexión en la red. Les siguen Marom Bikson (0,12) y Felipe Fregni (0,11), también con una función relevante en la intermediación entre diferentes autores.

Figura 32. Red de coautoría en la tDCS.

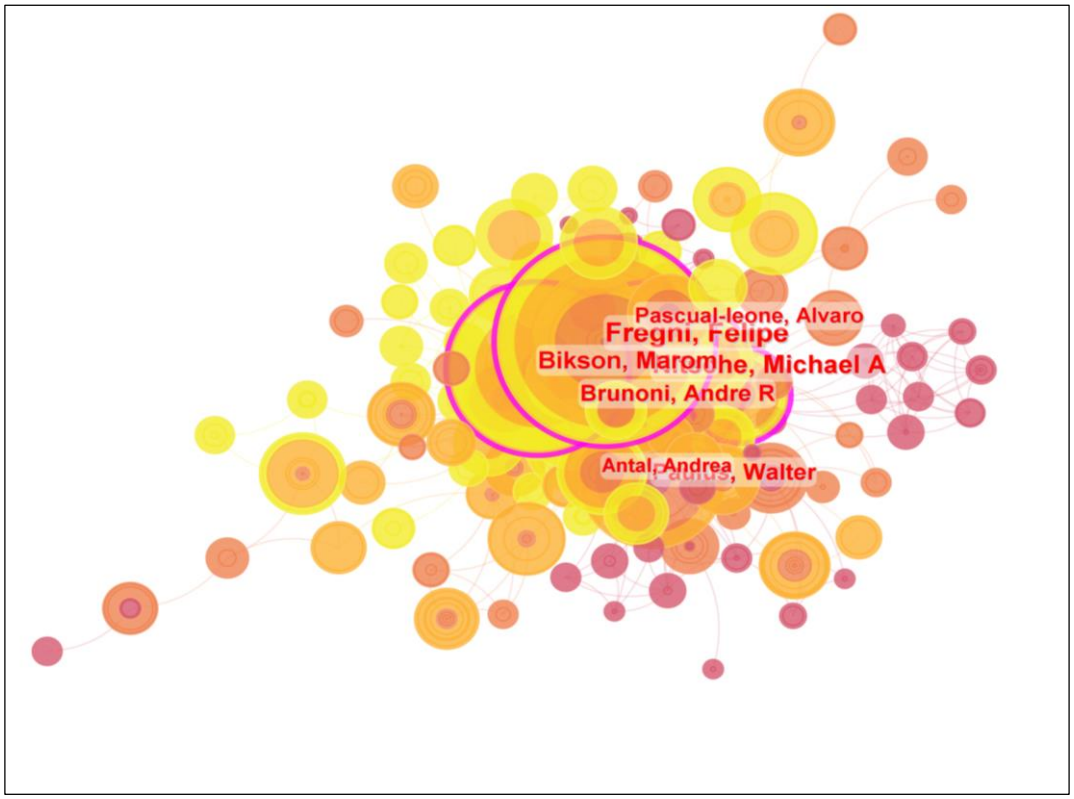


Tabla 18.Top 10 Autores con mayor frecuencia de autorías y centralidad en tDCS.

Frecuencia de Publicación	Autor	Centralidad*	Autor	Año
253	Felipe Fregni	0,14	Michael Nitsche	2006
245	Michael Nitsche	0,14	Alberto Priori	2008
155	Marom Bikson	0,12	Marom Bikson	2010
137	Walter Paulus	0,11	Felipe Fregni	2006
136	Andre Brunoni	0,06	Andre Brunoni	2011
94	Alvaro Pascual-Leone	0,06	Andrea Antal	2007
80	Andrea Antal	0,06	Axel Thielscher	2020
66	Alberto Priori	0,05	Walter Paulus	2006
63	Paulo Boggio	0,05	Angelo Alonzo	2010
59	Frank Padberg	0,04	Alvaro Pascual-Leone	2006
		0,04	Leonardo Cohen	2006

**La tabla muestra los 11 autores con mayor centralidad ya que 2 autores coinciden con el mismo valor.*

5.6.2. Análisis de colaboración institucional

La **Figura 33** muestra la red de colaboración entre instituciones vinculadas a la estimulación transcraneal con corriente directa. El grafo está compuesto por 136 nodos y 620 enlaces, lo que da lugar a una proporción de nodos del 59,13% y una densidad del 6,75% (**ANEXO 2**), lo que indica un entramado colaborativo relativamente compacto en comparación con otras redes analizadas. En la zona central se identifican grupos de nodos en los que se concentran las conexiones más intensas, mientras que en la periferia se sitúan instituciones con menor nivel de interacción.

Figura 33. Red de colaboración institucional en tDCS.

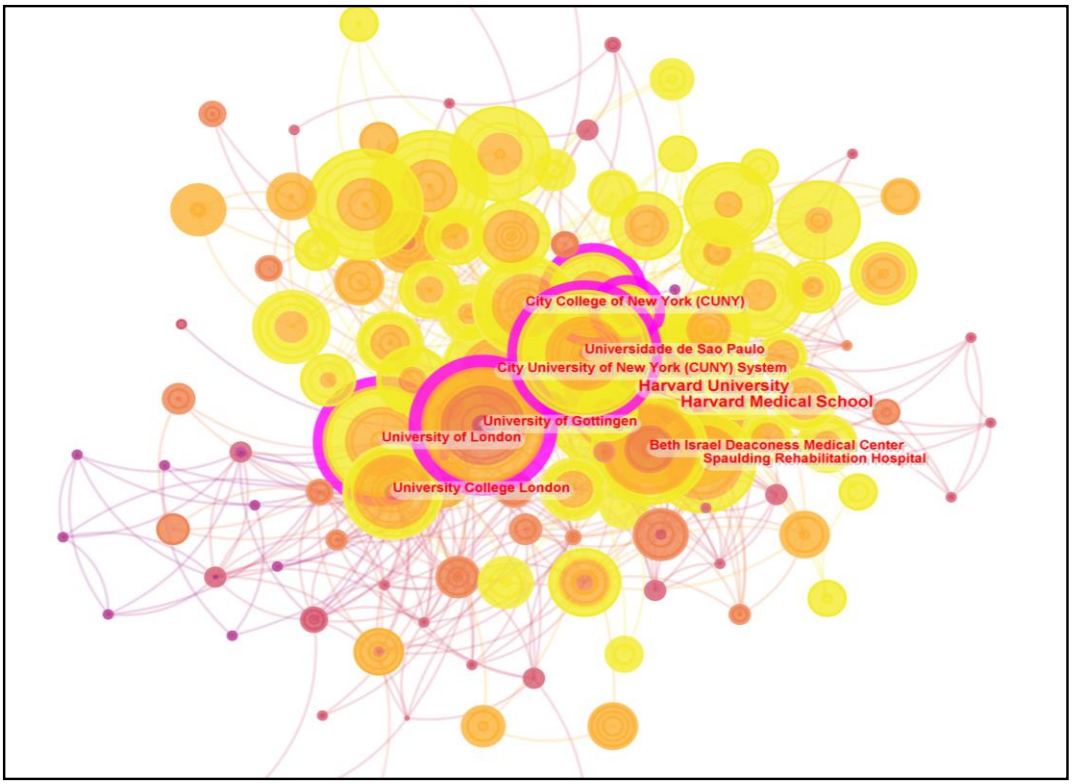


Tabla 19. Top 10 Instituciones con mayor frecuencia de firma de documentos y centralidad en tDCS.

Frecuencia de Publicación	Institución	Centralidad	Institución	Año
482	*Harvard University*	0,25	*University of Göttingen*	2000
416	*Harvard Medical School*	0,17	*University of Sao Paulo*	2005
244	*University of Sao Paulo*	0,13	*University of Munich*	2007
226	*University of Göttingen*	0,12	*Max Planck Society*	2001
224	*Beth Israel Deaconess Medical Center*	0,11	*University of London*	2003
221	*University of London*	0,09	*City University of New York System*	2007
197	*Spaulding Rehabilitation Hospital*	0,09	*National Institutes of Health USA*	2005
189	*City University of New York System*	0,08	*UDICE-French Research Universities*	2008
167	*University College London*	0,08	*Johns Hopkins University*	2008
155	*City College of New York*	0,07	*Harvard University*	2005

En cuanto a la distribución cromática, los nodos amarillos predominan en el núcleo, lo que refleja que estas instituciones destacaron en las fases iniciales del periodo analizado, mientras que los tonos anaranjados y rojizos se encuentran más hacia los bordes, vinculados a colaboraciones más recientes. Algunos nodos presentan un anillo púrpura, lo que indica una centralidad elevada y un papel clave entre diferentes grupos de investigación.

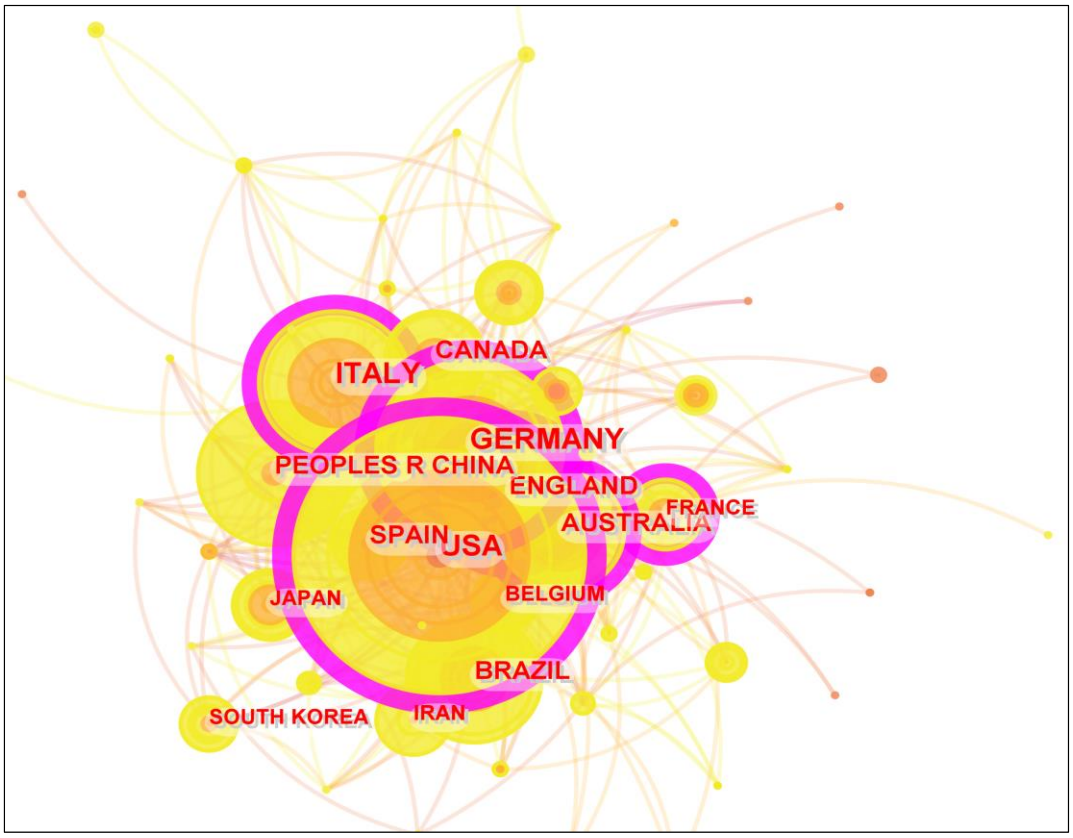
Si observamos la información de la **Tabla 19** podremos completar la información visual del grafo, ya que dicha tabla muestra que la frecuencia de firma de documentos está liderada por *Harvard University* con 482 firmas y *Harvard Medical School* con 416, seguidas por *University of Sao Paulo* (244), *University of Göttingen* (226) y *Beth Israel Deaconess Medical Center* con 244 firmas. Sin embargo, respecto a la centralidad, la lista está encabezada por *University of Göttingen* con 0,25, seguida de *University of Sao Paulo* y *University of Munich* con una centralidad de 0,17 y 0,13 respectivamente.

Tal y como muestran estos resultados, formar parte de la firma de muchos documentos no equivale a ocupar el centro estructural de la red, ya que *Harvard University* a pesar de liderar en firmas, no presenta un nivel de intermediación importante (0,07), mientras que *University of Göttingen* y *University of Sao Paulo* exhiben altas centralidades pese a volúmenes de firma más moderados. Cabe destacar especialmente el caso de *University of Munich*, que, sin un volumen elevado de apariciones en documentos, desempeña un papel estratégico como nodo puente y actúa como enlace entre distintos grupos además de facilitar la circulación de conocimiento entre distintas áreas de investigación que, de otro modo, estarían más fragmentadas.

5.6.3. Análisis de colaboración internacional

La **Figura 34** presenta la red de colaboración entre países en el ámbito de la tDCS. El grafo está compuesto por 60 nodos y 326 enlaces, con una densidad del 18,42% y una proporción de nodos del 26,09% lo que indica que poco más de una cuarta parte de los nodos teóricos posibles han sido identificados en este análisis (**ANEXO 2**). Este valor, aunque no es elevado, refleja la existencia de un núcleo de países con fuerte presencia en la red, acompañados de otros con participación más limitada.

Figura 34.Red de colaboración internacional en tDCS.



La estructura visual muestra un núcleo central robusto, donde confluyen países como Estados Unidos, Alemania, Italia, Inglaterra, Brasil y China, con numerosas conexiones hacia otras regiones. La periferia está ocupada por países con menos frecuencia de colaboración, aunque conectados al conjunto principal mediante enlaces puntuales.

Además, en cuanto a la escala cromática, predominan claramente los tonos amarillos y anaranjados, lo que indica que la mayor parte de las interacciones y colaboraciones entre países corresponden a investigaciones recientes dentro del periodo analizado.

Estos colores cálidos se concentran sobre todo en los nodos centrales, lo que refleja el papel activo de estos países en la producción y colaboración científica actual. La ausencia de tonalidades azules o verdes sugiere que las conexiones más antiguas tienen un peso menor en esta red y que la dinámica de colaboración internacional en este campo se encuentra marcada por aportaciones de los últimos años. Los anillos púrpura que rodean a varias naciones como Estados Unidos, Alemania, Italia, Francia y Australia indican altos valores de centralidad, lo que refleja su papel como intermediarios clave para vincular distintas comunidades de investigación.

Como podemos observar en la **Tabla 20**, en términos de frecuencia de firma de documentos encabeza la lista Estados Unidos con 1733 firmas, seguido de Alemania con 1066 e Italia con 670 firmas, aunque también destacan otros países como China con 521 citas, Australia (455), Canadá (339) y España con 254 firmas. Además, si se analizan los valores de centralidad, el mayor registro es para Inglaterra con 0,38 puntos, pero está seguida por Alemania y Estados Unidos con 0,26 y 0,22 respectivamente.

Del mismo modo, la comparación entre ambos parámetros revela que Estados Unidos y Alemania combinan un alto volumen de documentos firmados con valores elevados de centralidad, lo que consolida su liderazgo tanto en producción como en conexión estructural. Sin embargo, también se observa que países como Inglaterra, aunque no lideran en frecuencia de firmas, ocupan posiciones estratégicas para la articulación de la red, facilitando la interacción entre diferentes grupos internacionales. Asimismo, naciones como España o Bélgica destacan por su centralidad, lo que evidencia su papel como puentes de colaboración pese a tener una menor producción.

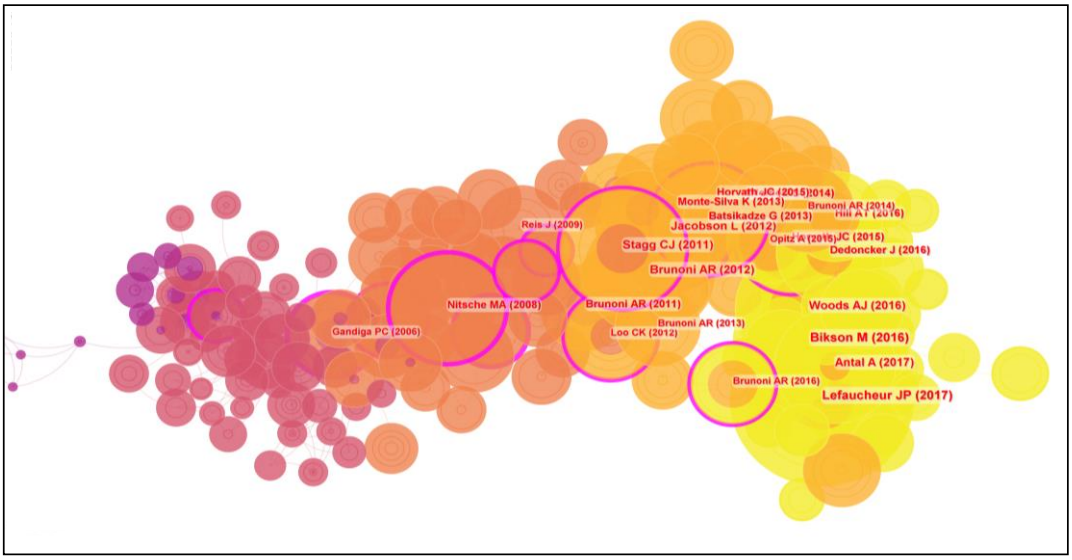
Tabla 20. Top 10 Países con mayor frecuencia de publicaciones firmadas y centralidad en tDCS.

Frecuencia de publicación	País	Centralidad	País	Años
1733	Estados Unidos	0,38	Inglaterra	2003
1066	Alemania	0,26	Alemania	2000
670	Italia	0,22	Estados Unidos	2004
552	Inglaterra	0,18	Italia	2004
552	Brasil	0,18	Francia	2007
521	China	0,11	Australia	2007
455	Australia	0,10	España	2006
339	Canadá	0,08	Bélgica	2008
254	España	0,07	Dinamarca	2009
234	Francia	0,07	Serbia	2016

5.6.4. Análisis de cocitación de documentos

La red de cocitación de documentos sobre estimulación transcraneal con corriente directa (**Figura 35**) se compone de 231 nodos y 784 enlaces, con una proporción de nodos del 100,43% y una densidad del 2,95% (**ANEXO 2**). El hecho de que la proporción de nodos supere el 100% se explica porque dos documentos presentan la misma frecuencia de citación, lo que provoca un ligero incremento en el cálculo porcentual al contabilizar ambos en el conjunto de los más citados. Una proporción de nodos tan elevada indica que prácticamente todos los documentos relevantes del periodo analizado están representados en la red, reflejando un alto grado de inclusión de la literatura más influyente. Por su parte, la baja densidad de la red sugiere que, aunque los documentos están interconectados, existen todavía múltiples trayectorias posibles no exploradas, lo que deja margen para la diversificación de líneas de investigación y la incorporación de nuevos vínculos en el futuro.

Figura 35. Red de documentos cocitados en tDCS.



El grafo presenta una disposición alargada que refleja la dimensión temporal de la investigación: en el extremo izquierdo predominan las tonalidades moradas y rojizas, que corresponden a los artículos más antiguos, mientras que hacia la derecha se observan colores anaranjados y amarillos, asociados a trabajos más recientes. Esta distribución pone de manifiesto la continuidad de la investigación en tDCS, en la que los estudios actuales se apoyan en una base sólida de trabajos previos.

Como muestra la **Tabla 21**, en términos de frecuencia de citación, los documentos más citados son Lefaucheur *et al.* (2017) con 555 citas, Bikson *et al.* (2016) con 404, Woods *et al.* (2016) con 382 y Brunoni *et al*. (2012) con 297 citas (12,46,232,278). En un rango intermedio, con entre 270 y 250 citas, se encuentran Stagg y Nitsche (2011), Antal *et al.* (2017) y Jacobson *et al.* (2012) (219,246,279). Finalmente, con cifras algo menores, figuran Batsikadze *et al.* (2013) con 226 citas, Nitsche *et al.* (2008) con 214 citas y Horvath *et al.* (2015) con 209 citas (78,220,280).

Respecto a la centralidad (**Tabla 22**), los valores más altos corresponden a Gandiga *et al.* (2006) con 0,28, Jacobson *et al.* (2012) con 0,27, Nitsche *et al.* (2008) con 0,22 y Boggio *et al.* (2008) con 0,20 (78,246,252,281). Les siguen Horvath *et al.* (2015) y Loo *et al.* (2012) con 0,19, Nitsche *et al.* (2003) con 0,18, Stagg y Nitsche (2011) con 0,17, Brunoni *et al.* (2016) con 0,16 y Poreisz *et al.* (2007) con 0,15 (219,253,280,282–284).

La coincidencia de documentos con alta citación y centralidad como Nitsche *et al.* (2008) o Jacobson *et al.* (2012), evidencia su papel estructural como puentes conceptuales y metodológicos dentro de la red, conectando trabajos clásicos con investigaciones actuales. Estos artículos no solo han recibido un volumen considerable de citas, reflejando su impacto e influencia en el campo, sino que también ocupan posiciones estratégicas que facilitan la interconexión entre distintos grupos temáticos (78,246).

Tabla 21. Top 10 Documentos con mayor frecuencia de citación en tDCS.

Frecuencia de citación	Autor	Año	Título	Revista
555	Lefaucheur JP	2017	*Evidence-based guidelines on the therapeutic use of transcranial direct current stimulation (tDCS)*	*Clinical Neurophysiology*
404	Bikson M	2016	*Safety of Transcranial Direct Current Stimulation: Evidence Based Update 2016*	*Brain Stimulation*
382	Woods AJ	2016	*A technical guide to tDCS, and related non-invasive brain stimulation tools*	*Clinical Neurophysiology*
297	Brunoni AR	2012	*Clinical research with transcranial direct current stimulation (tDCS): challenges and future directions*	*Brain Stimulation*
270	Stagg CJ	2011	*Physiological basis of transcranial direct current stimulation*	*The Neuroscientist*
251	Antal A	2017	*Low intensity transcranial electric stimulation: Safety, ethical, legal regulatory and application guidelines*	*Clinical Neurophysiology*
250	Jacobson L	2012	*tDCS polarity effects in motor and cognitive domains: a meta-analytical review*	*Experimental Brain Research*

Tabla 21. Top 10 Documentos con mayor frecuencia de citación en tDCS. (Continuación)

Frecuencia de citación	Autor	Año	Título	Revista
226	Batsikadze G	2013	*Partially non-linear stimulation intensity-dependent effects of direct current stimulation on motor cortex excitability in humans*	*The Journal of Physiology*
214	Nitsche MA	2008	*Transcranial direct current stimulation: State of the art 2008*	*Brain Stimulation*
209	Horvath JC	2015	*Quantitative Review Finds No Evidence of Cognitive Effects in Healthy Populations From Single-session Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS)*	*Brain Stimulation*

Tabla 22. Top 10 Documentos con mayor centralidad en tDCS.

Centralidad	Autor	Año	Título	Revista
0,28	Gandiga PC	2006	*Transcranial DC stimulation (tDCS): a tool for double-blind sham-controlled clinical studies in brain stimulation*	*Clinical Neurophysiology*
0,27	Jacobson L	2012	*tDCS polarity effects in motor and cognitive domains: a meta-analytical review*	*Experimental Brain Research*
0,22	Nitsche MA	2008	*Transcranial direct current stimulation: State of the art 2008*	*Brain Stimulation*
0,20	Boggio PS	2008	*A randomized, double-blind clinical trial on the efficacy of cortical direct current stimulation for the treatment of major depression*	*International Journal of Neuropsychopharmacology*
0,19	Horvath JC	2015	*Quantitative Review Finds No Evidence of Cognitive Effects in Healthy Populations From Single-session Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS)*	*Brain Stimulation*
0,19	Loo CK	2012	*Transcranial direct current stimulation for depression: 3-week, randomised, sham-controlled trial*	*British Journal of Psychiatry*

Tabla 22. Top 10 Documentos con mayor centralidad en tDCS. (Continuación)

Centralidad	Autor	Año	Título	Revista
0,18	Nitsche MA	2003	*Facilitation of implicit motor learning by weak transcranial direct current stimulation of the primary motor cortex in the human*	*Journal of Cognitive Neuroscience*
0,17	Stagg CJ	2011	*Physiological basis of transcranial direct current stimulation*	*The Neuroscientist*
0,16	Brunoni AR	2016	*Transcranial direct current stimulation for acute major depressive episodes: meta-analysis of individual patient data*	*British Journal of Psychiatry*
0,15	Poreisz C	2007	*Safety aspects of transcranial direct current stimulation concerning healthy subjects and patients*	*Brain Research Bulletin*

Por otro lado, se observa que algunos documentos muy citados, como Lefaucheur *et al.* (2017) o Bikson *et al.* (2016), no presentan valores de centralidad tan elevados, lo que sugiere que su influencia se concentra principalmente dentro de un ámbito temático específico (46,232). En sentido inverso, trabajos como Gandiga *et al.* (2006) o Boggio *et al.* (2008) destacan más por su centralidad que por su número total de citas, lo que indica que, aunque menos citados, cumplen un rol fundamental para enlazar áreas de conocimiento que, de otro modo, estarían más fragmentadas (252,281).

Esta complementariedad entre citación y centralidad muestra que el liderazgo intelectual dentro de la red no depende únicamente de la popularidad medida en citas, sino también de la capacidad de un documento para conectar diferentes corrientes de investigación.

5.7. RESULTADOS DE LOS INDICADORES TEMPORALES EN ESTIMULACIÓN TRANSCRANEAL CON CORRIENTE DIRECTA

5.7.1. Análisis *Burst* de los documentos citados

El análisis de la explosión de citaciones mostrado en la **Tabla 23** permitió identificar las 10 referencias que concentraron la atención de la comunidad científica en el campo de la tDCS entre el año 2000 y 2023. Los mayores valores de *Burst* correspondieron a publicaciones orientadas al establecimiento de guías y directrices para un uso seguro y eficaz de la técnica. El documento con mayor intensidad fue el de Lefaucheur *et al.* (2017), con un valor de 144,14 y vigente entre 2017 y 2023, en el que se establecieron recomendaciones clínicas sobre el uso de tDCS en dolor y depresión (232). En segundo lugar, se situó el trabajo de Bikson *et al.* (2016), con un *Burst* de 111,73, que presentó directrices específicas para la aplicación de tDCS en poblaciones vulnerables como niños y ancianos (46). El tercer valor más elevado correspondió a Nitsche *et al.* (2008), con un *Burst* de 110,62, centrado en proponer un marco de seguridad y eficacia para la aplicación de esta técnica (78).

Tabla 23. Top 10 Burst de documentos con explosión de citaciones en tDCS.

Artículos	Inicio	Final	2000 - 2023	Burst
Gandiga *et al.* 2006 (252)	2006	2014		70,89
Nitsche *et al.* 2008 (78)	2010	2014		110,62
Stagg y Nitsche 2011 (219)	2011	2019		102,90
Brunoni *et al.* 2012 (12)	2012	2019		100,16
Jacobson *et al.* 2012 (246)	2012	2019		81,57
Batsikadze *et al.* 2013 (220)	2015	2019		86,06
Bikson *et al.* 2016 (46)	2016	2023		111,73
Woods *et al.* 2016 (278)	2016	2023		94,68
Lefaucheur *et al.* 2017 (232)	2017	2023		144,14
Antal *et al.* 2017 (279)	2017	2023		75,68

La evolución temporal de los *burst* muestra tres periodos claramente diferenciados. El primero, comprendido entre 2006 y 2014, estuvo marcado por las aportaciones de Gandiga *et al.* (2006), quienes demostraron mediante un ensayo clínico controlado la utilidad de la tDCS para modular la excitabilidad cortical en la fatiga y atención de pacientes con ictus, y por el estudio de Nitsche *et al.* (2008), que proporcionó las primeras directrices sistemáticas para realizar una aplicación de tDCS segura (78,252).

El segundo periodo, entre 2011 y 2019, reunió publicaciones que exploraron los fundamentos fisiológicos y los mecanismos de acción de la tDCS. Destacan el trabajo de Stagg y Nitsche (2011), que analizó cómo esta técnica influye en el aprendizaje motor, por otro lado, el metaanálisis de Jacobson et al. (2012), que examinó los efectos de los diferentes tipos de polaridad sobre la función motora y cognitiva, y finalmente, el estudio de Batsikadze *et al.* (2013), que puso de relieve que incrementar la intensidad y la duración de la estimulación no necesariamente se traduce en mayor eficacia (219,220,246). A este periodo se suma el artículo de Brunoni *et al.* (2012), que abordó aspectos metodológicos y delineó futuras líneas de investigación en tDCS (12).

Por último, la fase más reciente comprendida entre 2016 y 2023 estuvo dominada por trabajos centrados en guías y consensos internacionales. Además de Bikson et al. (2016) y Lefaucheur et al. (2017), destacan las publicaciones de Woods et al. (2016), que establecieron recomendaciones técnicas sobre seguridad en la estimulación transcraneal con corriente alterna, y el trabajo de Antal et al. (2017), que reforzaron la importancia de garantizar aplicaciones seguras de tDCS en poblaciones como niños, ancianos y mujeres embarazadas (46,232,278,279). Estos documentos constituyen la base del debate actual sobre la estandarización de protocolos y el desarrollo clínico de la técnica.

5.7.2. Análisis de la capacidad de innovación o Sigma (∑) de los documentos citados.

El análisis de Sigma aplicado a la literatura sobre tDCS permite identificar los artículos que han ejercido un mayor impacto en la estructura intelectual del campo. Este indicador integra la centralidad de intermediación, que mide el papel de un

documento como puente entre áreas, y la intensidad de sus ráfagas de citación, ofreciendo así una medida de innovación y relevancia estratégica.

Entre los valores más elevados que muestra la **Tabla 24** destaca el estudio de Nitsche *et al.* (2008), con un Sigma de 5,33 x 10^9, que marcó un punto de inflexión al presentar la evolución de la técnica de la tDCS hasta 2008 y establecer las bases conceptuales para su aplicación clínica (78). Muy cerca se sitúa Jacobson *et al.* (2012) con 3,90 x 10^8, quienes realizaron un metaanálisis pionero sobre los efectos de la polaridad de la tDCS en variables motoras y cognitivas (246). Le siguen Gandiga *et al.* (2006) y Stagg y Nitsche (2011) con 3,18 x 10^7 y 1,61 x 10^7 respectivamente quienes validaron la técnica con ensayos clínicos controlados en el ámbito de la neurorrehabilitación y exploraron los mecanismos fisiológicos de la tDCS y su influencia en el aprendizaje motor (219,252).

Por otro lado, Batsikadze *et al.* (2013) con Sigma de 3,24 x 10^4, demostraron que la intensidad y duración de la estimulación no siempre se traduce en mayor eficacia, lo que aportó matices importantes sobre la dosificación (220). De igual modo, Horvath *et al.* (2015) con Sigma de 1,28 x 10^4 introdujo un debate crítico al señalar la ausencia de efectos cognitivos robustos en poblaciones sanas, lo que cuestionó si los resultados previos podrían generalizarse (280).

Por su parte, los ensayos de Boggio *et al.* (2008) con 3,32 x 10^3 y Loo *et al.* (2012) con 1,54 x 10^3 exploraron la eficacia de la tDCS en la depresión, sentando las bases para su consideración como estrategia terapéutica en psiquiatría (281,282). Y en un plano más clínico, Bikson *et al.* (2016) con un Sigma de 2,66 x 10^3 aportaron guías de seguridad y parámetros específicos para poblaciones vulnerables, mientras que Poreisz *et al.* (2007) con 1,80 x 10^3 profundizaron en la tolerabilidad de la técnica en sujetos sanos, aspectos cruciales para la aceptación clínica de la tDCS (46,253).

Tabla 24. Top 10 de los documentos citados con mayor Sigma en tDCS.

Artículo	Frecuencia citación	*Burst*	Centralidad	Sigma	Título
Nitsche *et al.* 2008 (78)	214	110,62	0,22	$5{,}33 \times 10^{9}$	*Transcranial direct current stimulation: State of the art 2008*
Jacobson *et al.* 2012 (246)	250	81,57	0,27	$3{,}90 \times 10^{8}$	*tDCS polarity effects in motor and cognitive domains: a meta-analytical review*
Gandiga *et al.* 2006 (252)	133	70,89	0,28	$3{,}18 \times 10^{7}$	*Transcranial DC stimulation (tDCS): a tool for double-blind sham-controlled clinical studies in brain stimulation*
Stagg *et al.* 2011 (219)	270	102,90	0,17	$1{,}61 \times 10^{7}$	*Physiological Basis of Transcranial Direct Current Stimulation*
Batsikadze *et al.* 2013 (220)	226	86,06	0,13	$3{,}24 \times 10^{4}$	*Partially non-linear stimulation intensity-dependent effects of direct current stimulation on motor cortex excitability in humans*
Horvath *et al.* 2015 (280)	209	54,11	0,19	$1{,}28 \times 10^{4}$	*Quantitative Review Finds No Evidence of Cognitive Effects in Healthy Populations From Single-session Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS)*

Tabla 24. Top 10 de los documentos con mayor Sigma en tDCS. (Continuación)

Artículo	Frecuencia citación	*Burst*	Centralidad	Sigma	Título
Boggio *et al.* 2008 (281)	97	44,15	0,20	$3{,}32 \times 10^3$	*A randomized, double-blind clinical trial on the efficacy of cortical direct current stimulation for the treatment of major depression*
Bikson *et al.* 2016 (46)	404	111,73	0,07	$2{,}66 \times 10^3$	*Safety of Transcranial Direct Current Stimulation: Evidence Based Update 2016*
Poreisz *et al.* 2007 (253)	108	54,46	0,15	$1{,}80 \times 10^3$	*Safety aspects of transcranial direct current stimulation concerning healthy subjects and patients*
Loo *et al.* 2012 (282)	140	41,49	0,19	$1{,}54 \times 10^3$	*Transcranial direct current stimulation for depression: 3-week, randomised, sham-controlled trial*

5.8. RESULTADOS DEL ANÁLISIS CLÚSTER DE DOCUMENTOS CITADOS EN ESTIMULACIÓN TRANSCRANEAL CON CORRIENTE DIRECTA

El análisis realizado con CiteSpace permitió identificar un total de 231 documentos, distribuidos en **27 clústeres totales** (**ANEXO 5**), sin embargo, las tablas de etiquetado automático (LLR, LSI y MI) sólo incluyen 10 clústeres (**Tabla 25**). Esto se debe a que CiteSpace únicamente genera etiquetas para los clústeres más relevantes, por su tamaño, cohesión interna o estabilidad, mientras que los grupos más pequeños o de menos consistencia no siempre reciben una denominación automática.

Si nos centramos en un análisis cuantitativo de la red de clúster generados, en términos de tamaño, los clústeres más poblados fueron el clúster #0 con un total de 45 nodos, seguido del clúster #1 y #2 con 41 y 36 documentos respectivamente. Desde el punto de vista del rendimiento bibliométrico, el clúster #0 concentró el mayor número de citas acumuladas con un total de 4340 citas, seguido del clúster #2 y #3 con 4042 y 2185 citas respectivamente. Del mismo modo, el análisis de Burst de citación muestra que los valores totales más elevados corresponden al clúster #0 (1543,63) seguido del #2 (1391,26) y el #3 (1066,88). Y los nodos con mayor centralidad como ya mencionamos en apartados anteriores se situó en el clúster #1 (0,28), seguidos del clúster #2 (0,27) y #3 (0,22), lo que indica que estos nodos actúan como puentes temáticos entre comunidades de investigación.

La estructura global de la red de cocitación de documentos resultó altamente consistente (**Figura 36**). El valor de **modularidad** Q=0,7472 confirma una partición significativa, muy superior al umbral de 0,3 habitualmente aceptado en este tipo de análisis. La **silueta** media ponderada alcanzó 0,9292 lo que demuestra una clara separación entre clústeres y una elevada cohesión interna. Los diez clústeres principales presentes en la **Tabla 25** muestran valores de silueta comprendidos entre 0,864 y 1,0. Incluso los clústeres de mayor tamaño, como el clúster #0 (45 documentos; silueta 0,95) y el clúster #1 (41 documentos; silueta 0,986), mantienen altos niveles de homogeneidad, mientras que clústeres más pequeños como el #6 (10 documentos) y el #8 (8 documentos) alcanzan siluetas=1, reflejando máxima consistencia interna y mostrando que los nodos son muy similares.

Tabla 25. Etiquetado automático de los clústeres más relevantes de cocitación de documentos en tDCS.

Clúster	Tamaño	Silueta	Año promedio	LSI	LLR	MI
0	45	0,95	2017	*systematic review*	*systematic review*	*cognitive research*
1	41	0,986	2003	*human motor cortex*	*human motor cortex*	*cognitive research*
2	36	0,864	2013	*working memory*	*healthy participant*	*cognitive research*
3	30	0,877	2008	*chronic aphasia*	*chronic aphasia*	*cognitive research*
4	14	1	2001	*homeostatic plasticity*	*evidence*	*systematic review*
5	11	0,945	2011	*major depression*	*major depression*	*after-effect*
6	10	1	1998	*excitability change*	*excitability change*	*systematic review*
7	10	0,923	2006	*following stroke*	*following stroke*	*systematic review*
8	8	1	2000	*modulation*	*modulation*	*systematic review*
9	8	0,995	2000	*human*	*human*	*systematic review*

LSI: Latent semantic indexing; LLR: Log-likelihood ratio; MI: mutual information

En cuanto al **etiquetado automático** de los clústeres, los tres algoritmos utilizados (LSI, LLR y MI) muestran perfiles diferenciados. El LSI ofrece una primera aproximación con categorías amplias (*systematic review*) o descriptores que reflejan un tema general de investigación (*working memory, human motor cortex*). El LLR es el algoritmo que ofrece una delimitación temática más precisa ya que en la **Tabla 25** aparecen etiquetas como *healthy participant, chronic aphasia o major depression*, que señalan con más precisión el foco empírico o clínico de los documentos de cada clúster. Aunque en algunos casos coincide con LSI, cuando diverge ofrece un mayor grado de discriminación.

Por otro lado, el algoritmo MI genera etiquetas más genéricas y transversales, entre las que predominan términos como cognitive *research* o *systematic review*, aunque en ocasiones incorpora matices específicos como *after-effect*. En conjunto, esta comparación indica que mientras LSI aporta una primera aproximación conceptual y MI refuerza marcos globales de investigación, es el LLR el que proporciona la caracterización más discriminativa del contenido de cada clúster.

Tras presentar los resultados del contenido de los clústeres y con el apoyo del etiquetado automático para los clústeres más relevantes, a continuación, se presenta la descripción del contenido de cada uno de ellos y su esencia conceptual, para ello describiremos cada clúster y resaltaremos aquellos artículos más representativos del clúster.

Clúster #0 – Guías, seguridad y aspectos regulatorios de tDCS.

Formado por 45 documentos, este clúster reúne trabajos importantes en estandarización, seguridad de aplicación, guías y marcos regulatorios de la tDCS, que sirven como referencia metodológica para este campo. Entre los documentos más influyentes se encuentran: Lefaucheur *et al.* (2017) *Evidence-based guidelines on the therapeutic use of transcranial direct current stimulation (tDCS)* (232), Bikson *et al.* (2016) *Safety of Transcranial Direct Current Stimulation: Evidence Based Update 2016* (46) y Woods *et al.* (2016) *A technical guide to tDCS, and related non-invasive brain stimulation tools* (278).

Clúster #1 – Cognición y modulación prefrontal.

Con 41 documentos, agrupa estudios sobre prefrontal, memoria de trabajo y funciones ejecutivas, tanto en sanos como en contextos de rehabilitación. Algunos documentos clave son: Gandiga *et al.* (2006) *Transcranial DC stimulation (tDCS): A*

tool for double-blind sham-controlled clinical studies in brain stimulation (252), Hummel *et al.* (2005) *Effects of non-invasive cortical stimulation on skilled motor function in chronic stroke* (255) e Iyer *et al.* (2005) *Safety and cognitive effect of frontal DC brain polarization in healthy individuals* (285).

Clúster #2 – Heterogeneidad de efectos y reproducibilidad.

Cuenta con 36 documentos y está integrado por revisiones y trabajos empíricos que discuten la variabilidad de resultados según los individuos, el tamaño real de los efectos y la reproducibilidad. Destacan artículos como: Stagg y Nitsche (2011) *Physiological Basis of Transcranial Direct Current Stimulation* (219), Jacobson *et al.* (2012) *tDCS polarity effects in motor and cognitive domains: a meta-analytical review* (246) y Batsikadze *et al.* (2013) *Partially non-linear stimulation intensity-dependent effects of direct current stimulation on motor cortex excitability in humans* (220).

Clúster #3 - Panoramas y revisiones del campo.

Con 30 documentos, reúne revisiones y artículos de síntesis que han estructurado el campo de la TDCS, incluyendo conexiones con aprendizaje y plasticidad. Claves han sido los siguientes artículos: Nitsche *et al.* (2008) *Transcranial direct current stimulation: State of the art 2008* (78), Reis *et al.* (2009) *Noninvasive cortical stimulation enhances motor skill acquisition over multiple days through an effect on consolidation* (286) y Fritsch *et al.* (2010) *Direct Current Stimulation Promotes BDNF-Dependent Synaptic Plasticity: Potential Implications for Motor Learning* (287).

Clúster #4 – Plasticidad cortical y regulación de la excitabilidad.

Formado por 14 documentos, compara marcos conceptuales y de actuación de la EMT y la tDCS. De este modo, en este clúster aparecen como documentos más citados algunos estudios sobre EMT, lo cual no constituye un error, sino que refleja la estrecha cocitación entre EMT y tDCS en torno a la investigación sobre excitabilidad y plasticidad cortical ya que muchos estudios de EMT sentaron las bases conceptuales que después fueron adaptadas a la tDCS. Por todo ello destacan artículos como: Siebner *et al.* (1999) *Low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation of the motor cortex in writer's cramp* (288), Siebner y Rothwell (2003) *Transcranial magnetic stimulation: new insights into representational cortical plasticity*

(289) y Fitzgerald *et al.* (2002) *Intensity-dependent effects of 1 Hz rTMS on human corticospinal excitability* (290).

Clúster #5 – Aplicaciones clínicas en depresión.

Cuenta con 11 documentos entre los que recoge ensayos clínicos y revisiones sobre depresión. Destacan Brunoni *et al.* (2012) *Clinical research with transcranial direct current stimulation (tDCS): Challenges and future directions* (12), Brunoni *et al.* (2011) *A systematic review on reporting and assessment of adverse effects associated with transcranial direct current stimulation* (84) y Loo *et al.* (2012) *Transcranial direct current stimulation for depression: 3-week, randomised, sham-controlled trial* (282).

Clúster #6 – Mecanismos sinápticos.

Con 10 documentos, aporta el marco neurofisiológico con el que se interpretan los efectos de tDCS. Claves han sido los siguientes artículos: Stefan *et al.* (2000) *Induction of plasticity in the human motor cortex by paired associative stimulation* (37), Weiss *et al.* (1998) *Quenching Revisited: Low Level Direct Current Inhibits Amygdala-Kindled Seizures* (291) y Priori *et al.* (1998) *Polarization of the human motor cortex through the scalp* (292).

Clúster #7 – Rehabilitación motora post-ictus.

Formado por 10 documentos, se centra en la recuperación motora tras ictus y la potenciación del entrenamiento. Podemos destacar los documentos: Boggio *et al.* (2007) *Repeated sessions of non-invasive brain DC stimulation is associated with motor function improvement in stroke patients* (293), Bolognini *et al.* (2009) *Using non-invasive brain stimulation to augment motor training-induced plasticity* (294) y Fregni *et al.* (2005) *Transcranial direct current stimulation of the unaffected hemisphere in stroke patients* (295).

Clúster #8 – Procesamiento visual.

Cuenta con 8 documentos que tratan sobre la excitabilidad occipital y percepción visual bajo estimulación, útiles para estructurar los mecanismos de acción de la tDCS. Algunos documentos claves son: Kammer *et al.* (2001) *The influence of current direction on phosphene thresholds evoked by transcranial magnetic stimulation* (296), Kammer *et al.* (1998) *Phosphenes and transient scotomas induced by magnetic stimulation of the occipital lobe: their topographic relationship* (297) y Pascual-Leone y Walsh (2001) *Fast Backprojections from the Motion to the Primary Visual Area Necessary for Visual Awareness* (298).

Clúster #9 – Plasticidad y farmacología.

Con 8 documentos, conecta aprendizaje, plasticidad y moduladores farmacológicos. Ejemplo de ello son: Rioult-Pedotti *et al.* (2000) *Learning-Induced LTP in Neocortex* (299), *Stewart et al. (1999) Motion perception and perceptual learning studied by magnetic stimulation* (300) y Muellbacher *et al.* (2002) *Early consolidation in human primary motor cortex* (301).

Clúster #10 – Rendimiento físico y ejercicio.

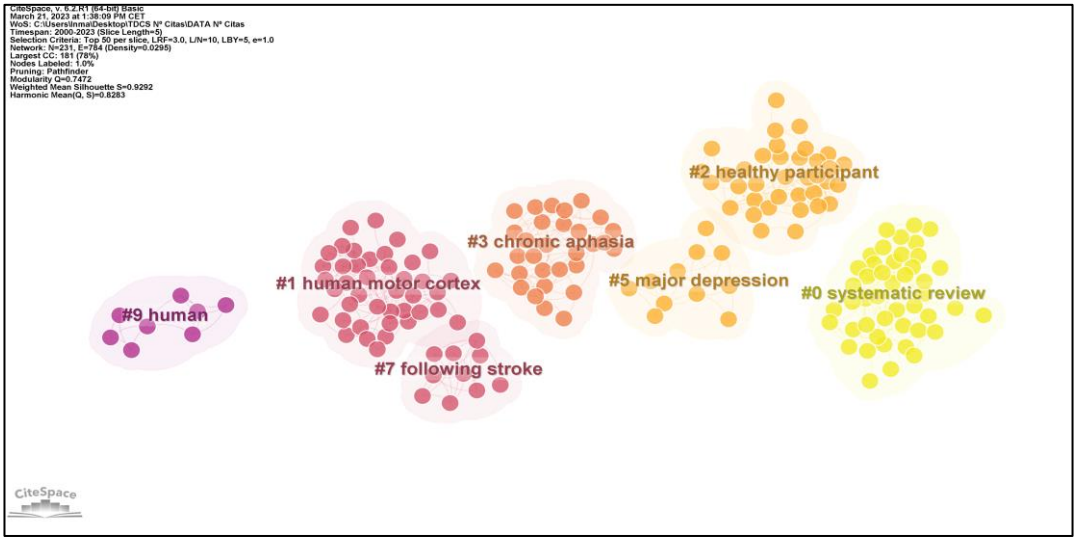
Formado por 2 documentos, evalúa la tDCS en fisiología del ejercicio y deporte. Estos artículos son: Machado *et al.* (2019) *Effect of transcranial direct current stimulation on exercise performance: a systematic review and meta-analysis* (302) y Morya *et al.* (2019) *Beyond the target area: an integrative view of tDCS-induced motor cortex modulation in patients and athletes* (303).

A partir del **Clúster #11 hasta el #26**, todos se componen de un solo documento y cubren las siguientes áreas de especialización: plasticidad sensoriomotora, efectos hemisféricos en excitabilidad motora, afasia post-ictus y lenguaje, atención, cambios en la excitabilidad cortical medidos con EMT y EEG, guías de seguridad, funciones extrapiramidales, revisiones sobre tDCS y estimulación galvánica vestibular, efectos adversos, dosificación y espaciado de las sesiones, conectividad funcional, estándares clínicos y de investigación, Alzheimer y neurodegeneración y recomendaciones de expertos (71,217,304–317).

En definitiva, podemos decir que la temática de los clústeres obtenidos muestra que la investigación sobre tDCS se articula en torno a un núcleo sólido de consensos y guías técnicas, que presenta áreas clínicas en expansión como la depresión, ictus y afasia, está desarrollando bloques experimentales centrados en la plasticidad motora y cognitiva y que todo ello está rodeado de una constelación de clústeres pequeños que aportan especialización a este campo.

Si observamos en detalle el grafo estructurado en clúster temáticos que se distinguen cromáticamente y están etiquetados con los términos más representativos, podemos observar que en el extremo derecho aparece el clúster #0 ("*systematic review*") de color amarillo, que reúne 45 documentos formando el clúster más grande y con mayor número de citas, formado por guías, consensos y revisiones sistemáticas. Su ubicación periférica pero conectada refleja su función como nodo de referencia transversal que enlaza subcampos diversos.

Figura 36. Clústeres de documentos citados en tDCS.



Cerca encontramos los clústeres clínicos en naranja, como el clúster #2 ("*healthy participant*") que reúne estudios experimentales en voluntarios sanos, centrados en cognición y rendimiento, y a su lado se encuentra el clúster #5 ("*major depression*"), que sintetiza la aplicación clínica de la tDCS en salud mental, especialmente en depresión. Ambos se agrupan espacialmente, lo que refleja su proximidad conceptual en cuanto a la aplicación clínica.

En la zona central se ubican los clústeres más vinculados a aplicaciones neurológicas. El clúster #3 ("*chronic aphasia*") y el clúster #7 ("*following stroke*"), concentran los trabajos sobre rehabilitación del lenguaje y recuperación motora post-ictus, respectivamente. Su cercanía espacial indica una fuerte interconexión, coherente con la importancia de la TDCS en procesos de rehabilitación neurológica.

El clúster #1 ("*human motor cortex*"), en color rojo, aparece como uno de los nodos centrales de la red. Con 41 documentos, aglutina estudios experimentales sobre excitabilidad y plasticidad de la corteza motora, que actúan como puente entre la investigación básica y la clínica. Su ubicación intermedia refleja la centralidad estructural observada en las métricas de la red comentadas en párrafos anteriores.

En el extremo izquierdo se ubica el clúster #9 ("*human*"), más pequeño y menos conectado, que agrupa trabajos básicos sobre excitabilidad cortical y fisiología del sistema nervioso humano. Y aunque es periférico, su silueta igual a 0,995 indica una fuerte homogeneidad interna.

La clara separación cromática y espacial de estos clústeres, unida a la elevada silueta, confirman que el campo de la tDCS se ha estructurado en comunidades temáticas robustas, que combinan un núcleo centrado en estandarizar la aplicación de forma segura, con una base experimental sólida y aplicaciones clínicas en expansión.

5.9. RESULTADOS DE LOS INDICADORES CUANTITATIVOS EN ESTIMULACIÓN MAGNÉTICA TRANSCRANEAL

5.9.1. Evaluación de la producción científica en estimulación magnética transcraneal

La búsqueda realizada en la *Web of Science* para el dominio de análisis de la EMT obtuvo 27226 registros de los cuales cumplieron los criterios de inclusión 23327 documentos, estos registros presentaron un total de 453994 citaciones válidas en sus listados de referencias.

La **Figura 37** muestra que el número de publicaciones aumentó de 1988 a 2023. Entre estos años podemos identificar tres periodos. Entre 1988 y 1995, donde se produjo un rápido crecimiento del número de publicaciones, pasando de 3 publicaciones en 1988 a 94 publicaciones en 1995. De 1996 a 2010 donde observamos un crecimiento progresivo del número de publicaciones y el último periodo entre 2011 y 2023 que muestra un crecimiento explosivo, ya que el número total de publicaciones (16122) es superior al de los dos periodos anteriores juntos (7205).

Figura 37. Número de publicaciones sobre EMT entre 1988 y 2023.



*EMT. Estimulación magnética transcraneal; * Los datos de 2023 reflejan solo los dos primeros meses del año.*

En general, la producción científica relacionada con la EMT ha mostrado un crecimiento continuo y significativo desde 1988, alcanzando su máximo en 2021 con una ligera disminución en 2022.

5.9.2. Revista más productiva en estimulación magnética transcraneal

La **Tabla 26** muestra las diez revistas con mayor número de estudios publicados sobre EMT y su factor de impacto. Los artículos sobre EMT se distribuyen en un total de 2209 revistas donde destaca *Clinical Neurophysiology* como revista más productiva con 891 artículos seguida de *Experimental Brain Research* con 701 artículos.

A pesar de que la revista *Clinical Neurophysiology* tiene el mayor número de publicaciones, presenta un factor de impacto moderado con 4,9 en comparación con otras revistas como *Brain Stimulation* (9,2), *Neuroimage* (7,4) y *Journal of Neuroscience* (6,7) que a pesar de ser menos productivas tienen un alto factor de impacto. Por el contrario, *Experimental Brain Research* ocupa el segundo lugar en productividad dentro del campo de la EMT, pero presenta el factor de impacto más bajo con 2,1.

Tabla 26. Top 10 revistas más productivas en EMT.

Revista	Número de publicaciones	Factor Impacto
Clinical Neurophysiology	891	4,9
Experimental Brain Research	701	2,1
Brain Stimulation	644	9,2
Frontiers in Human Neuroscience	437	3,5
Neuroimage	437	7,4
Journal of Neurophysiology	411	3,0
Plos One	394	3,8
Journal of Neuroscience	382	6,7
Neuroscience Letters	365	3,2
Neuropsychologia	322	3,1

5.9.3. Autor más productivo en estimulación magnética transcraneal

La **Tabla 27** muestra los 10 autores más destacados que han publicado artículos relacionados con la EMT. El autor Álvaro Pascual-Leone lidera la lista con 443 publicaciones seguido de John C. Rothwell y Zafiris J. Daskalakis con 384 y 309 artículos respectivamente.

Tabla 27. Top 10 autores más productivos en EMT.

Autor	Número de publicaciones
Pascual-leone A	443
Rothwell JC	384
Daskalakis ZJ	309
Fitzgerald PB	267
Hallett M	248
Ziemann U	248
Paulus W	216
Chen R	207
Cohen LG	204
Fregni F	194

A partir del cuarto autor, el número de publicaciones disminuye gradualmente hasta llegar a Felipe Fregni con 194 publicaciones, sin embargo, el número de publicaciones sigue siendo notable por lo que todos los autores de la lista se colocan como figuras clave en este campo.

5.9.4. Institución y país más productivo en estimulación magnética transcraneal

Las 10 principales instituciones y países que han publicado artículos relacionados con EMT se muestran en la **Tabla 28**. Podemos destacar que las instituciones más productivas han sido la *University of London* (1367 publicaciones) y *Harvard University* (1162 publicaciones), mientras que los países con más publicaciones sobre EMT son los Estados Unidos (6636) y Alemania (3342).

Si realizamos un análisis conjunto de las instituciones y países más productivos, se pueden identificar relaciones entre las dos dimensiones. En este sentido, Estados Unidos no sólo ocupa el primer lugar en cuanto a producción científica, sino que además su liderazgo se ve respaldado con la presencia de 5 instituciones estadounidenses en la lista de las más productivas. Como hemos mencionado anteriormente, resalta *Harvard University*, pero además podemos encontrar la Harvard Medical School en el cuarto puesto con 891 publicaciones, el *National Institutes of Health* (NIH) con 744 publicaciones, el *University of California System* y el *Beth Israel Deaconess Medical Center* con 698 y 616 documentos respectivamente.

Sin embargo, no ocurre lo mismo con Alemania que, a pesar de ocupar el segundo lugar en el ranking de países más productivos, no cuenta con instituciones dentro de las 10 más productivas.

Por otro lado, Europa domina en términos de países a través de Alemania, Italia, Francia y Países Bajos y aunque no todos tienen representación en la lista de instituciones, debemos destacar el *UDICE French Research Universities* que ocupa el quinto lugar con 833 publicaciones. De igual modo ocurre con Australia, China y Japón que, a pesar de estar entre los países más productivos, no cuentan con centros o universidades entre los diez más productivos, lo que sugiere que la investigación puede estar distribuida entre varias instituciones y no centralizada en grandes centros como ocurre en Estados Unidos.

Finalmente, Inglaterra y Canadá ocupan el cuarto y quinto puesto entre los países más productivos con 2743 y 2157 publicaciones respectivamente, ambos están representados en el ranking de instituciones más productivas con dos cada uno. University of London y *University College London* en Inglaterra ocupan el primer y tercer puesto con 1367 y 1091 registros, y University of Toronto y sus centros afiliados ocupan el sexto y octavo puesto con 807 y 708 publicaciones respectivamente.

Tabla 28. Institución y país más productivo en EMT.

Posición	Institución	Número de publicaciones	Posición	País	Número de publicaciones
1	*University of London*	1367	1	Estados Unidos	6636
2	*Harvard University*	1162	2	Alemania	3342
3	*University College London*	1091	3	Italia	3110
4	*Harvard Medical School*	891	4	Inglaterra	2743
5	*UDICE French Research Universities*	833	5	Canadá	2157
6	*University of Toronto*	807	6	Australia	1897
7	*National Institutes of Health NIH*	744	7	China	1624
8	*University of Toronto Affiliates*	708	8	Japón	1474
9	*University of California System*	698	9	Francia	1301
10	*Beth Israel Deaconess Medical Center*	616	10	Países Bajos	884

5.10. RESULTADOS DE LOS INDICADORES ESTRUCTURALES EN ESTIMULACIÓN MAGNÉTICA TRANSCRANEAL.

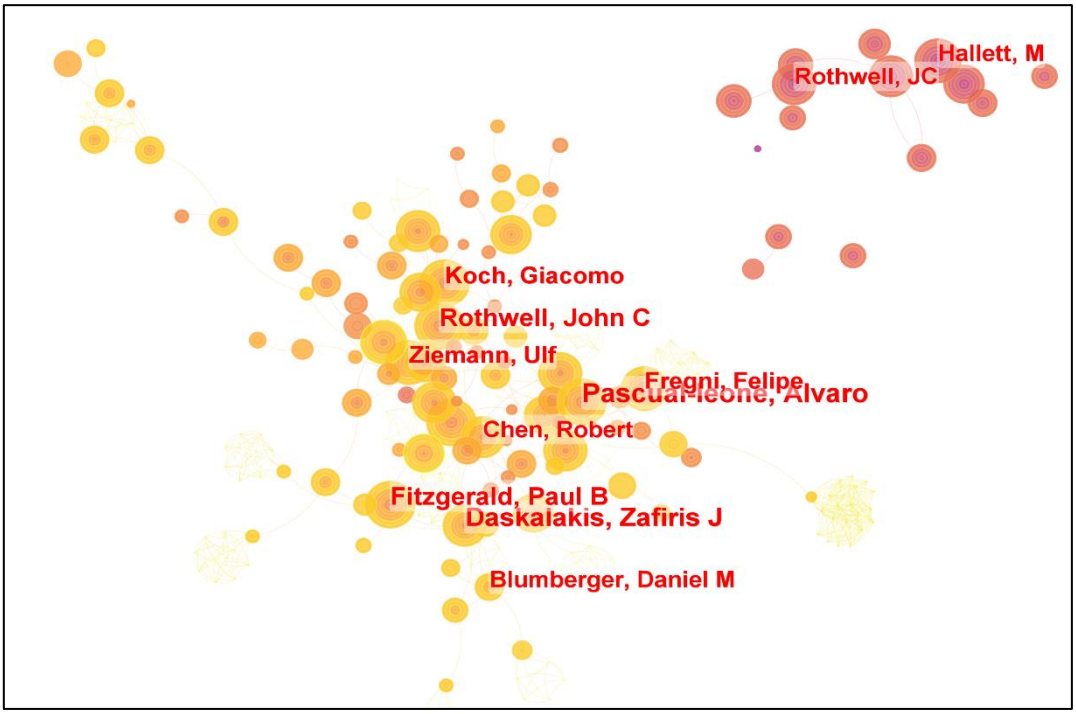
5.10.1. Análisis de coautoría

En la **Figura 38** se representa la red de colaboración entre autores compuesta por 986 nodos y 2541 enlaces. La proporción de nodos calculada es del 281,71%, un valor superior al 100% que se debe a que varios nodos comparten la misma frecuencia de firma de autoría, lo que provoca que el número total de nodos identificados exceda el número teórico de nodos posibles. La densidad de la red es baja, con un valor del 0,52% (**ANEXO 3**), lo que refleja que, aunque existe un grupo central bien conectado, gran parte de los autores se encuentran situados en áreas periféricas con menos interacción.

El mapa evidencia la existencia de varios conjuntos bien definidos. En el núcleo se concentra la mayor agrupación, caracterizada por tonos amarillos y anaranjados, que agrupa a investigadores que publican principalmente en los primeros años del periodo de estudio. En contraste, en la zona superior derecha se aprecia un conjunto más compacto en tonalidades rojizas, correspondiente a autores con publicaciones más recientes. También se identifican agrupaciones menores localizadas en la periferia, con vínculos más limitados hacia el centro de la red.

En este grafo no se identifican autores rodeados por un anillo púrpura, lo que indica que ninguno de ellos presenta un valor de centralidad suficientemente alto como para desempeñar un papel destacado como nodo de intermediación. Esto sugiere que la red carece de figuras que actúen como puentes claros entre las distintas agrupaciones, lo que podría estar relacionado con la presencia de subcomunidades relativamente independientes y con conexiones limitadas entre sí.

Figura 38. Red de coautoría en EMT.



Como podemos observar en la **Tabla 29**, los autores con mayor frecuencia de documentos firmados en la red son Álvaro Pascual-Leone (464) y John Rothwell (368), seguidos por Zafiris Daskalakis (255) y Paul Fitzgerald (243), lo que evidencia su peso en la producción científica sobre la EMT. Sin embargo, los valores de centralidad son bajos para todos los autores (máximo 0,02), lo que indica que, aunque están presentes en muchas publicaciones, su papel como conectores entre diferentes grupos de la red es limitado. Además, su proximidad en la representación gráfica refleja la fuerte colaboración entre autores, sin embargo, a pesar de su visibilidad en el mapa y su alto volumen de publicaciones, los valores reducidos de centralidad indican que no actúan como grandes intermediarios entre diferentes nichos de investigación.

Tabla 29. Top 10 Autores con mayor frecuencia de firma de documentos y centralidad en EMT.

Frecuencia de Publicación	Autor	Centralidad	Autor	Año
464	Alvaro Pascual-leone	0,02	Zafiris Daskalakis	2008
368	John Rothwell	0,02	Felipe Fregni	2006
255	Zafiris Daskalakis	0,02	Ulf Ziemann	2006
243	Paul Fitzgerald	0,02	Robert Chen	2008
234	Mark Hallett	0,02	Walter Paulus	2008
233	Ulf Ziemann	0,02	Simone Rossi	2013
193	Robert Chen	0,02	Andre Brunoni	2018
189	Felipe Fregni	0,01	Alvaro Pascual-leone	2006
175	Mark George	0,01	Paul Fitzgerald	2006
167	Walter Paulus	0,01	Giacomo Koch	2006

5.10.2. Análisis de colaboración institucional

La red de colaboración institucional del ámbito de la EMT que muestra la **Figura 39** está compuesta por 525 nodos y 1078 enlaces, lo que genera una proporción de nodos de 150%, un valor que supera el límite teórico del 100%. Esta situación se explica porque diferentes nodos presentan idéntica frecuencia de publicaciones, lo que incrementa el recuento total de nodos y hace que sobrepase el número máximo esperado. Además, la red presenta una densidad de 0,78% (**ANEXO 3**), todo esto refleja una red amplia, pero con un grado de conexión general limitado. La mayor parte de las interacciones se concentran en un núcleo central denso, mientras que en la periferia se localizan grupos más pequeños y menos conectados.

Por otro lado, los nodos de color amarillo predominan en la zona central, asociados a instituciones con mayor actividad en los primeros años del periodo analizado, mientras que los nodos con tonos anaranjados y rojizos se ubican en las áreas externas debido a publicaciones más recientes. Algunos nodos muestran un anillo púrpura, lo que denota un papel relevante como intermediarios entre instituciones. Entre estos, destacan *University College London* y *Harvard Medical Schoo*l que actúan como puntos clave de enlace en la red.

En términos de frecuencia de aparición en las filiaciones de los documentos como muestra la **Tabla 30**, encabeza la lista *University of Toronto* con 710 citas, seguida de *University College London* y *Harvard University* con 698 y 564 citas respectivamente. Del mismo modo, en esta tabla podemos observar cómo en términos de centralidad, inicia la lista *University College London* con 0,15, seguida de *Harvard Medical School* y *National Institute of Neurological Disorders and Stroke* con 0,12 y 0,10 respectivamente.

Si nos fijamos en ambos parámetros, podemos observar que, aunque *University of Toronto* y *Harvard University* destacan por su alto volumen de apariciones en documentos, no figuran entre las instituciones con mayor centralidad, lo que indica que su influencia se concentra principalmente dentro de determinados grupos de investigación. En cambio, *University College London* y *Harvard Medical School* combinan un alto número de firmas de documentos con posiciones centrales estratégicas, lo que les otorga un papel destacado en la articulación de la red. Además, instituciones como *University of Tubingen* o *University of Ghent*, pese a no liderar en publicaciones, muestran una centralidad significativa, actuando como nodos puente que favorecen la interconexión entre comunidades de investigación.

Figura 39. Red de colaboración institucional en EMT.

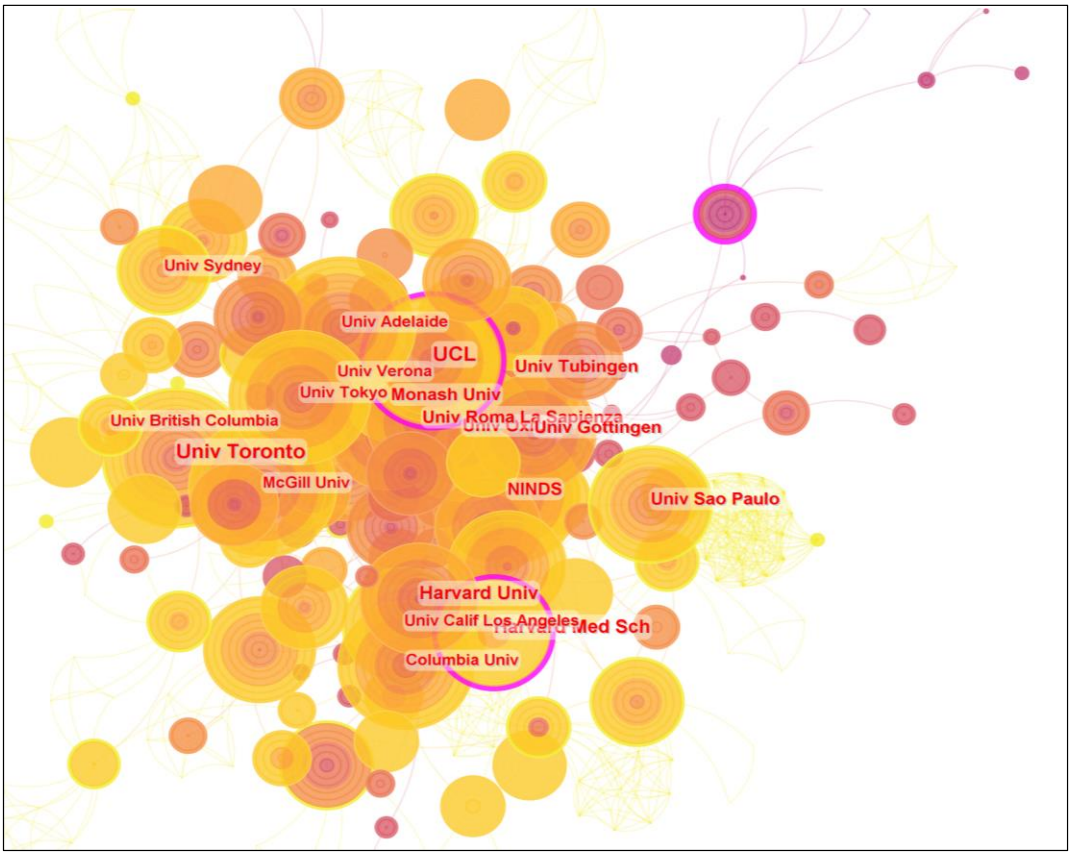


Tabla 30. Top 10 Instituciones con mayor frecuencia de firma de documentos y centralidad en EMT.

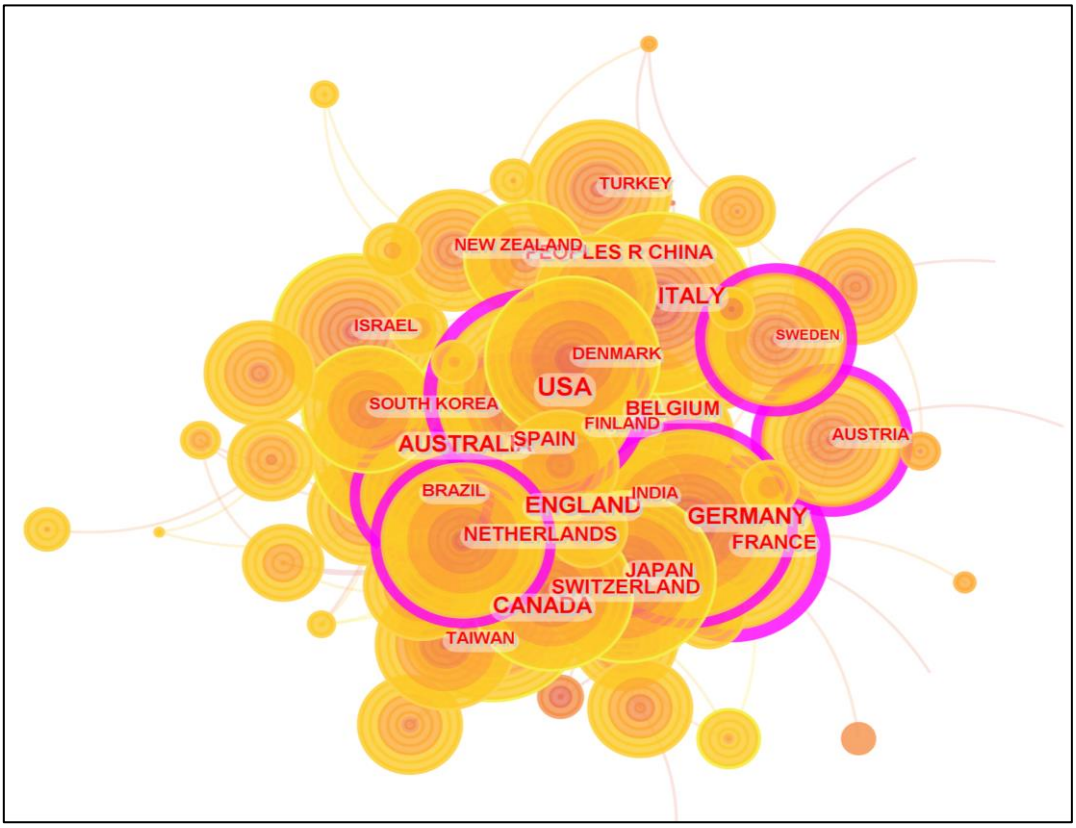
Frecuencia de publicación	Institución	Centralidad	Institución	Año
710	*University of Toronto*	0,15	*University College London*	1999
698	*University College London*	0,12	*Harvard Medical School*	2013
564	*Harvard University*	0,10	*National Institute of Neurological Disorders and Stroke*	1991
449	*Harvard Medical School*	0,09	*University of Sao Paulo*	2003
440	*Columbia University*	0,08	*University of Tubingen*	1999
379	*National Institute of Neurological Disorders and Stroke*	0,07	*Kings College London*	2013
353	*University of Roma La Sapienza*	0,07	*University of Ghent*	2008
337	*University of Oxford*	0,06	*Columbia University*	1999
325	*Monash University*	0,06	*Centre National de la Recherche Scientifique*	1997
269	*University of Sao Paulo*	0,06	*University of Cambridge*	2018
		0,06	*National Institute of Mental Health*	1996
		0,06	*University of Valencia*	1994

**La tabla muestra las 12 instituciones con mayor centralidad ya que 5 instituciones coinciden con el mismo valor.*

5.10.3. Análisis de colaboración internacional

La **Figura 40** muestra la red de colaboración entre países en el ámbito de la EMT. El grafo está compuesto por 69 nodos y 191 enlaces, con una densidad de 8,14% (**ANEXO 3**) y una proporción de nodos del 19,71%, lo que refleja una estructura de conexión moderada, con varios países desempeñando un papel central en la articulación de la red. El núcleo de la red agrupa a un conjunto de países con una intensa actividad de colaboración, mientras que en la periferia se observan países con vínculos más limitados.

Figura 40. Red de colaboración internacional en EMT.



En cuanto a la distribución cromática, predominan los tonos amarillos y anaranjados, asociados principalmente a trabajos recientes, sin presencia significativa de colores fríos, lo que indica que la mayor parte de la actividad

colaborativa se concentra en publicaciones de los últimos años. Los anillos púrpuras en algunos nodos señalan a los países con mayor centralidad, es decir, aquellos que actúan como puentes estratégicos entre distintas comunidades científicas.

El análisis de la **Tabla 31** complementa esta interpretación al combinar frecuencia de aparición en filiaciones de documentos y centralidad. En términos de impacto medido por publicaciones, encabezan la lista Estados Unidos, Alemania e Italia con 6568, 3277 y 3096 publicaciones respectivamente, seguidos por Inglaterra con 2708 y Canadá con 2132 firmas en documentos. Sin embargo, los países más influyentes en términos de intermediación son Inglaterra con 0,28, Francia (0,24) y Estados Unidos con 0,23, junto con Suecia (0,16) y Alemania (0,15), que, aunque no siempre lideran en número de publicaciones, sí desempeñan un papel clave como nodos de conexión. Este contraste muestra que un alto volumen de firmas de documentos no siempre coincide con una posición estructuralmente estratégica, y que algunos países logran relevancia no tanto por la cantidad de trabajos, sino por su capacidad para enlazar comunidades de investigación.

5.10.4. Análisis de cocitación de documentos

El grafo correspondiente a la cocitación de documentos sobre EMT está formado por 469 nodos y 876 enlaces (**Figura 42**), con una proporción de nodos del 134% y una densidad de red del 0,8% (**ANEXO 3**). El hecho de que la proporción supere el 100% se explica porque hay documentos que presentan la misma frecuencia de citación, lo que provoca que, al contabilizar, el número relativo de nodos identificados sea superior al número teórico posible. Estos valores indican que la red integra una gran parte de los documentos relevantes en el área, pero con una baja densidad, lo que implica que, aunque existe un núcleo de trabajos influyentes, las conexiones entre ellos no son excesivamente abundantes y persisten subgrupos temáticos diferenciados.

Tabla 31. Top 10 Países con mayor frecuencia de firmas de documentos y centralidad en EMT.

Frecuencia de publicación	Institución	Centralidad	Institución	Año
6568	Estados Unidos	0,28	Inglaterra	1988
3277	Alemania	0,24	Francia	1994
3096	Italia	0,23	Estados Unidos	1989
2708	Inglaterra	0,16	Suecia	1993
2132	Canadá	0,15	Alemania	1990
1892	Australia	0,14	Austria	1995
1622	China	0,13	España	1993
1447	Japón	0,11	Países Bajos	1991
1292	Francia	0,11	Brasil	1998
881	Países Bajos	0,09	Australia	1993

En cuanto a la distribución cromática, se observa una estructura alargada con una distribución temporal clara: en la zona izquierda predominan los tonos rojizos y morados, correspondientes a los trabajos más antiguos, mientras que hacia la derecha aumentan los tonos amarillos y anaranjados, que representan documentos más recientes. Los anillos púrpura visibles en algunos nodos identifican artículos con alta centralidad, que desempeñan un papel clave como puentes en la red.

En términos de frecuencia de citación (**Tabla 32**), destacan en el rango más alto Rossi *et al.* (2009) con 1423 citas y Rossini *et al.* (2015) con 1209 citas (71,217). En un rango intermedio se sitúan Lefaucheur *et al.* (2014) con 913 citas, seguido de Huang *et al.* (2005) con 591 citas (11,15). En el rango de 400 a 500 citas encontramos a Wassermann *et al.* (1998), Groppa *et al.* (2012) y Lefaucheur *et al.* (2020) (32,218,318). Finalmente, con valores entre 300 y 400 citas aparecen Hamada et al. (2013) con 386, O´Reardon *et al.* (2007) con 375 y Hallett *et al.* (2007) con 342 citas (23,221,319).

Respecto a la centralidad (**Tabla 33**), el valor más elevado corresponde a Huang *et al.* (2005) con 0,83, seguido de Rossi *et al.* (2009) con 0,75 (15,71). Con valores destacados, aunque menores, se encuentran Lefaucheur *et al.* (2014) con 0,53 y Stefan *et al.* (2000) con 0,38 (11,37). En un rango medio se ubican Ilic *et al.* (2002) y Stefan *et al.* (2002), ambos con 0,37, junto con Sanger *et al.* (2001) y Fuhr *et al.* (1991) con 0,36 (224,320–322). Finalmente, con valores de 0,35 y 0,34 figuran, Nakamura *et al.* (1997) y Muellbacher *et al.* (2000) (226,323).

El análisis conjunto de estos indicadores revela que algunos trabajos, como Huang *et al.* (2005), Rossi *et al.* (2009) y Lefaucheur *et al.* (2014), combinan un alto número de citas con posiciones estratégicas dentro de la red, actuando como nexos entre diferentes áreas temáticas (11,15,71). Por el contrario, otros documentos, como Stefan *et al.* (2000 y 2002), Ilic *et al.* (2002) o Sanger *et al.* (2001), aunque no se encuentran entre los más citados, presentan una centralidad notable, lo que evidencia su relevancia como puentes conceptuales en la estructura de la investigación en TMS (37,320–322).

Figura 41. Red de cocitación de documentos en EMT.

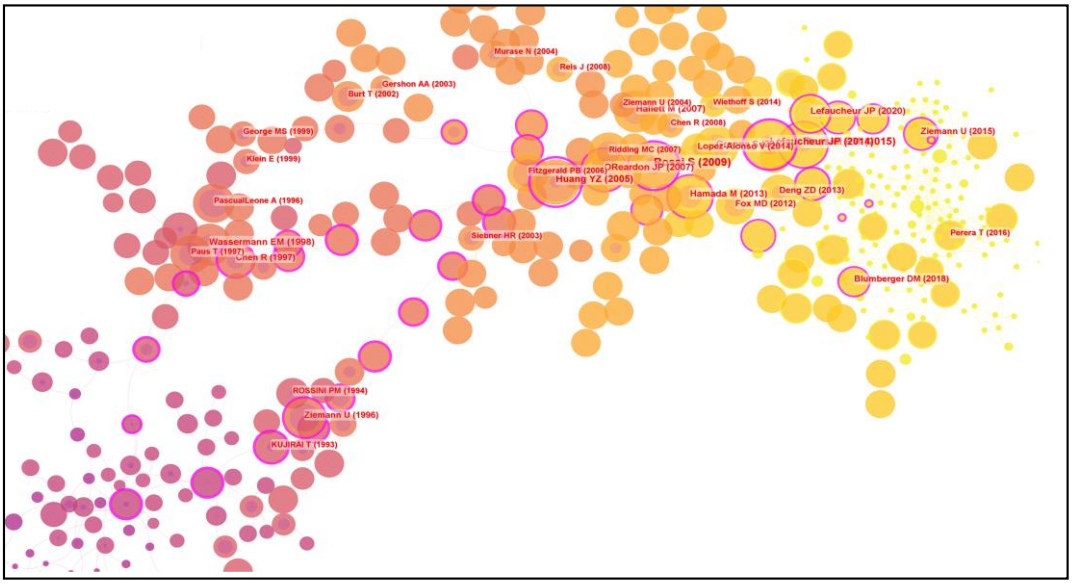


Tabla 32. Top 10 Documentos con mayor frecuencia de citación en EMT.

Frecuencia de citación	Autor	Año	Título	Revista
1423	Rossi S	2009	*Safety, ethical considerations, and application guidelines for the use of transcranial magnetic stimulation in clinical practice and research*	*Clinical Neurophysiology*
1209	Rossini PM	2015	*Non-invasive electrical and magnetic stimulation of the brain, spinal cord, roots and peripheral nerves: Basic principles and procedures for routine clinical and research application. An updated report from an I.F.C.N. Committee*	*Clinical Neurophysiology*
913	Lefaucheur JP	2014	*Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS)*	*Clinical Neurophysiology*
591	Huang YZ	2005	*Theta Burst Stimulation of the Human Motor Cortex*	*Neuron*

Tabla 32. Top 10 Documentos con mayor frecuencia de citación en EMT. (Continuación)

Frecuencia de citación	Autor	Año	Título	Revista
420	Wassermann EM	1998	*Risk and safety of repetitive transcranial magnetic stimulation: report and suggested guidelines from the International Workshop on the Safety of Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation*	*Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*
415	Groppa S	2012	*A practical guide to diagnostic transcranial magnetic stimulation: Report of an IFCN committee*	*Clinical Neurophysiology*
414	Lefaucheur JP	2020	*Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS): An update (2014–2018)*	*Clinical Neurophysiology*
386	Hamada M	2013	*The Role of Interneuron Networks in Driving Human Motor Cortical Plasticity*	*Cerebral Cortex*
375	O´Reardon JP	2007	*Efficacy and Safety of Transcranial Magnetic Stimulation in the Acute Treatment of Major Depression: A Multisite Randomized Controlled Trial*	*Biological Psychiatry*
342	Hallett M	2007	*Transcranial magnetic stimulation: A primer*	*Neuron*

Tabla 33. Top 10 Documentos con mayor centralidad en EMT.

Centralidad	Autor	Año	Título	Revista
0,83	Huang YZ	2005	*Theta Burst Stimulation of the Human Motor Cortex*	*Neuron*
0,75	Rossi S	2009	*Safety, ethical considerations, and application guidelines for the use of transcranial magnetic stimulation in clinical practice and research*	*Clinical Neurophysiology*
0,53	Lefaucheur JP	2014	*Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS)*	*Clinical Neurophysiology*
0,38	Stefan K	2000	*Induction of plasticity in the human motor cortex by paired associative stimulation*	*Brain*
0,37	Ilic TV	2002	*Short-interval paired-pulse inhibition and facilitation of human motor cortex: the dimension of stimulus intensity*	*The Journal of Physiology*
0,37	Stefan K	2002	*Mechanisms of enhancement of human motor cortex excitability induced by interventional paired associative stimulation*	*The Journal of Physiology*

Tabla 33. Top 10 Documentos con mayor centralidad en EMT. (Continuación)

Centralidad	Autor	Año	Título	Revista
0,36	Sanger TD	2001	*Interactions between two different inhibitory systems in the human motor cortex*	*The Journal of Physiology*
0,36	Fuhr P	1991	*Spinal motor neuron excitability during the silent period after cortical stimulation*	*Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*
0,35	Nakamura H	1997	*Intracortical facilitation and inhibition after transcranial magnetic stimulation in conscious humans*	*The Journal of Physiology*
0,34	Muellbacher W	2000	*Effects of low-frequency transcranial magnetic stimulation on motor excitability and basic motor behavior*	*Clinical Neurophysiology*

5.11. RESULTADOS DE LOS INDICADORES TEMPORALES EN ESTIMULACIÓN MAGNÉTICA TRANSCRANEAL

5.11.1. Análisis *Burst* de los documentos citados

Como muestra la **Tabla 34**, el análisis de ráfagas de citaciones reveló los 10 documentos que han marcado la evolución de la investigación en EMT entre 1988 y 2023. El valor de *Burst* más elevado correspondió a Rossi *et al.* (2009), con 590,73 entre 2009 y 2017, lo que refleja el impacto decisivo de la actualización de directrices de seguridad en un momento en que la técnica ganaba protagonismo clínico (71). Le siguieron Rossini *et al.* (2015), con 412,30 entre 2015 y 2023, y Lefaucheur *et al.* (2014), con 279,30 en el mismo periodo, ambos centrados en consensos internacionales que consolidaron la práctica clínica de la EMT y establecieron pautas de uso en dolor y depresión (11,217). Estos tres trabajos constituyen el núcleo de publicaciones más influyentes, al haber definido estándares metodológicos que siguen vigentes en la actualidad.

En la fase inicial, entre 1998 y 2007, las ráfagas de citaciones se asociaron a estudios pioneros como los de Wassermann *et al.* (1998) y Chen *et al.* (1997), que introdujeron las primeras recomendaciones internacionales de seguridad y exploraron el potencial clínico de la EMT en epilepsia y mioclonía (218,225). También se incluyen en este periodo el trabajo de Huang *et al.* (2005), que demostró que la estimulación magnética repetitiva transcraneal podía inducir efectos más duraderos sobre la corteza motora, lo que amplía el alcance experimental de la técnica (15).

A partir de 2007 la atención se desplazó hacia la validación clínica. El estudio de O´Reardon *et al.* (2007) aportó evidencia sobre la eficacia de la EMT en depresión con mínimos efectos secundarios, lo que favoreció su consideración como alternativa terapéutica (221). Poco después, la publicación de Rossi *et al.* (2009) alcanzó el *Burst* más alto de toda la serie, consolidando la necesidad de pautas claras para garantizar la seguridad en la aplicación (71).

Tabla 34. Top 10 Burst de documentos con explosión de citaciones en EMT.

Artículos	Inicio	Final	1988 - 2023	*Burst*
Wassermann *et al.* 1998 (218)	1998	2007		198,68
Chen *et al.* 1997 (225)	1998	2007		153,42
Huang *et al.* 2005 (15)	2005	2017		244,23
O´Reardon *et al.* 2007 (221)	2008	2017		148,53
Rossi *et al.* 2009 (71)	2009	2017		590,73
Groppa *et al.* 2012 (318)	2013	2022		144,54
Lefaucheur *et al.* 2014 (11)	2014	2023		279,30
Rossini *et al.* 2015 (217)	2015	2023		412,30
Blumberger *et al.* 2018 (245)	2018	2023		144,76
Lefaucheur *et al.* 2020 (32)	2020	2023		208,83

En el periodo más reciente, entre 2013 y 2023, destacan los consensos de Groppa *et al.* (2012), con la primera guía práctica para diagnóstico con EMT, y los documentos de Lefaucheur *et al.* (2014 y 2020) y Rossini *et al.* (2015), que ampliaron las indicaciones clínicas e integraron protocolos de EMT y tDCS bajo marcos regulatorios comunes (11,32,217,318). Finalmente, el trabajo de Blumberger *et al.* (2018) puso de manifiesto la relevancia de nuevas modalidades como la estimulación *theta Burst* intermitente (iTBS), que mostró resultados más rápidos en depresión que la EMTr convencional (245).

5.11.2. Análisis de la capacidad de innovación o Sigma (∑) de los documentos citados.

El análisis de Sigma para los documentos sobre EMT mostrado en la **Tabla 35** permite identificar los documentos que han tenido un papel clave en la configuración intelectual del campo. Este indicador refleja no solo la explosión de citaciones de un trabajo, sino también su centralidad en la red de conocimiento, es decir, su capacidad para conectar distintas áreas y actuar como motor de innovación.

El valor más alto de Sigma correspondió a Rossi *et al.* (2009), con $1{,}58 \times 10^{144}$, en el que se refleja un consenso internacional que estableció pautas de seguridad y directrices para el uso de la EMT en investigación y práctica clínica (71). Le siguen Huang *et al.* (2005) con $1{,}27 \times 10^{64}$, que introdujo la TBS como innovación metodológica que amplió los efectos de la EMT sobre la corteza motora, y Lefaucheur *et al.* (2014) con $2{,}22 \times 10^{51}$, que presentó una guía de consenso europeo sobre la aplicación terapéutica de la EMTr en dolor y depresión (11,15).

Otros estudios destacados incluyen Rossini *et al.* (2015) con Sigma de $1{,}10 \times 10^{19}$, quienes actualizaron de forma amplia las guías internacionales sobre la aplicación segura de la EMT y la tDCS, y Chen *et al.* (1997) que presentó un Sigma de $2{,}15 \times 10^{18}$, que demostró la reducción de la excitabilidad cortical inducida por EMT con implicaciones clínicas en epilepsia y mioclonías (217,225).

Tabla 35. Top 10 de los documentos con mayor Sigma en EMT.

Artículo	Frecuencia citación	*Burst*	Centralidad	Sigma	*Título*
Rossi *et al.* 2009 (71)	1423	590,73	0,75	$1{,}58 \times 10^{144}$	*Safety, ethical considerations, and application guidelines for the use of transcranial magnetic stimulation in clinical practice and research*
Huang *et al.* 2005 (15)	591	244,23	0,83	$1{,}27 \times 10^{64}$	*Theta burst stimulation of the human motor cortex*
Lefaucheur *et al.* 2014 (11)	913	279,30	0,53	$2{,}22 \times 10^{51}$	*Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS)*
Rossini *et al.* 2015 (217)	1209	412,30	0,11	$1{,}10 \times 10^{19}$	*Non-invasive electrical and magnetic stimulation of the brain, spinal cord, roots and peripheral nerves: Basic principles and procedures for routine clinical and research application. An updated report from an I.F.C.N. Committee*
Chen *et al.* 1997 (225)	310	153,42	0,32	$2{,}15 \times 10^{18}$	*Depression of motor cortex excitability by low-frequency transcranial magnetic stimulation*

Tabla 35. Top 10 de los documentos citados con mayor Sigma en EMT. (Continuación)

Artículo	Frecuencia citación	*Burst*	Centralidad	Sigma	*Título*
Kujirai *et al.* 1993 (38)	207	118,66	0,32	$2,87 \times 10^{14}$	*Corticocortical inhibition in human motor cortex*
Lefaucheur *et al.* 2020 (32)	414	208,83	0,12	$2,35 \times 10^{10}$	*Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS): An update (2014-2018)*
Ziemann *et al.* 1996 (231)	256	133,65	0,19	$9,55 \times 10^{9}$	*Effects of antiepileptic drugs on motor cortex excitability in humans: A transcranial magnetic stimulation study*
O´Reardon *et al.* 2007 (221)	375	148,53	0,16	$5,69 \times 10^{9}$	*Efficacy and safety of transcranial magnetic stimulation in the acute treatment of major depression: a multisite randomized controlled trial*
Nakamura *et al.* 1997 (323)	152	74,71	0,35	$5,04 \times 10^{9}$	*Intracortical facilitation and inhibition after transcranial magnetic stimulation in conscious humans*

A nivel experimental, Kujirai *et al.* (1993) presentó un Sigma de 2,87 x 10^{14} ya que introdujeron la noción de inhibición cortical y aportaron las bases fisiológicas esenciales para la técnica, mientras que Ziemann *et al.* (1996) con 9,55 x 10^{9} exploraron cómo la EMT podía emplearse como herramienta para evaluar los efectos de fármacos antiepilépticos sobre la corteza motora (38,231).

En el ámbito clínico, destacan O´Reardon *et al.* (2007) con Sigma igual a 5,69 x 10^{9}, quienes mostraron la eficacia y seguridad de la EMT en el tratamiento de la depresión resistente, y Nakamura *et al.* (1997) con 5,04 x 10^{9}, que evaluaron la facilitación intracortical e inhibición en humanos mediante EMT, lo que contribuyó a entender los mecanismos neurofisiológicos de la técnica. Finalmente, Lefaucheur *et al.* (2020) con Sigma 2,35 x 10^{10} reforzaron la importancia de los consensos al actualizar las recomendaciones del grupo europeo sobre la aplicación clínica de la EMTr, confirmando la maduración de la técnica en el ámbito terapéutico (32,221,323).

5.12. RESULTADOS DEL CLÚSTER DE DOCUMENTOS CITADOS EN LA EMT

El análisis realizado con CiteSpace permitió identificar un total de 469 documentos, distribuidos en **48 clústeres totales** (**ANEXO 6**), lo que refleja una notable diversificación interna del campo, sin embargo, las tablas de etiquetado automático (LLR, LSI y MI) sólo incluyen 16 clústeres (**Tabla 36**). Esto se debe a que CiteSpace únicamente genera etiquetas para los clústeres más relevantes, por su tamaño, cohesión interna o estabilidad, mientras que los grupos más pequeños o de menos consistencia no siempre reciben una denominación automática.

Si realizamos un análisis temático global de los clústeres de documento cocitados en el campo de la EMT, podemos distinguir cuatro grandes bloques en su estructura: metodológico, clínico, experimental y especialización.

En primer lugar, el bloque metodológico agrupa los clústeres que sentaron las bases fisiológicas, técnicas y de seguridad de la EMT. El clúster #0 recoge los primeros trabajos sobre excitabilidad de la corteza motora y respuestas musculares. A ello se suma el clúster #1, con guías iniciales sobre riesgos y seguridad. Los clústeres #2, #7 y #8 integran consensos internacionales y marcos normativos de referencia y por su parte, el clúster #4 refleja la evolución hacia el modelado de

redes corticales y plasticidad. En conjunto, este bloque constituye la base metodológica que permitió la estandarización de la técnica y su posterior expansión.

En segundo lugar, el bloque clínico concentra la investigación aplicada en neurología y psiquiatría reflejando la traslación de la EMT hacia contextos clínicos diversos, consolidando su papel en la práctica clínica. El clúster #5 reúne ensayos clínicos en depresión. El clúster #6 examina la interacción entre EMT y farmacología y los clústeres #9 y #10 avanzan en el uso de biomarcadores para depresión. El bloque clínico se amplía hacia otros dominios, incluyendo rehabilitación neurológica y afasia en el clúster #15, Tinnitus en el clúster #16 y el deterioro cognitivo en el clúster #13.

El bloque experimental se centra en desentrañar los fundamentos neurofisiológicos de la estimulación. El clúster #3 explora la inhibición intracortical y la plasticidad sináptica, el clúster #14 reúne los trabajos clásicos de mapeo motor en humanos y el clúster #11 representa la integración de EMT con EEG para identificar biomarcadores de excitabilidad.

Finalmente, los clústeres periféricos y especializados entre el clúster #17 y el clúster #47 configuran un mosaico de líneas específicas que, aunque no conforman comunidades extensas, añaden precisión y diversificación. Incluyen contribuciones metodológicas, así como aportes clínicos en patologías concretas. Aunque pequeños en tamaño, estos clústeres actúan como nodos de innovación y precisión, complementando los grandes bloques centrales.

Por otro lado, el análisis cuantitativo de la red de clústeres de los documentos cocitados en EMT confirma que el campo se organiza en torno a unos pocos clústeres de gran tamaño y fuerte impacto acumulado, junto a un conjunto más amplio de comunidades pequeñas y especializadas. El clúster más grande es el clúster #0 con 59 documentos. Sin embargo, el tamaño no se traduce directamente en liderazgo de influencia ya que, en términos de citas acumuladas, los núcleos más relevantes corresponden al clúster #2 con 6730 citas, asociado a consensos internacionales y a la introducción de nuevas técnicas como la TBS, y al clúster #1 con 5643 citas, que reúne trabajos de referencia sobre seguridad y riesgos de la estimulación. Les siguen en impacto acumulado los clústeres #4 (3829 citas), enfocado en redes corticales y plasticidad, y #3 (2879 citas), que explora mecanismos de inhibición intracortical.

Para conocer la dinámica temporal de la producción científica, debemos fijarnos en los *Burst* de citación, indicador que refleja la atención concentrada en un trabajo durante un período específico. En cuanto a los *Burst*, los valores más elevados se concentran en los clústeres que han marcado hitos en la evolución de la EMT. El clúster #2 acumula la intensidad más alta con 3065,05, lo que refleja su papel central en los momentos de mayor expansión experimental de la técnica. Muy próximo se sitúa el clúster #1 con 2917,17, evidenciando el interés clínico creciente en su aplicación psiquiátrica. A continuación, destacan los clústeres #8 (1804,90), #4 (1626,23) y #3 (1606,78), que señalan picos de atención metodológica y neurofisiológica. En un plano secundario, el clúster #5 (960,78) confirma cómo las aplicaciones clínicas mantienen también momentos de intensificación bibliométrica. En conjunto, este patrón muestra que tanto los fundamentos fisiológicos como los ensayos clínicos han protagonizado fases de especial dinamismo, consolidando los dos ejes que vertebran el campo: la exploración de mecanismos básicos y la aplicación terapéutica.

Por su parte, los indicadores de centralidad ponen de relieve el papel estructural de algunos clústeres que, más allá de su impacto acumulado, actúan como puentes entre áreas de investigación. El clúster #2 muestra la centralidad más elevada (0,83), confirmando su rol de eje vertebrador en la conectividad temática. Otros grupos con valores relevantes son el clúster #7 (0,53), que concentra guías clínicas y aporta cohesión al bloque aplicado, el clúster #3 (0,38), que enlaza hallazgos experimentales con aplicaciones clínicas, y el clúster #1 (0,32), que articula la transición entre los fundamentos de seguridad y la práctica terapéutica.

A nivel estructural, el grafo de los clústeres de documentos cocitados en el campo de la EMT formado por 469 nodos presenta una estructura comunitaria muy marcada (**Figura 42**). El modularidad global alcanza Q=0,792, lo que indica particiones bien definidas y poco solapadas entre sí, y la silueta S = 0,9362 refuerza la visión de que las comunidades son compactas internamente y están nítidamente separadas.

Tabla 36. Etiquetado automático de los clústeres más relevantes de cocitación de documentos en EMT.

Clúster	Tamaño	Silueta	Año promedio	LSI	LLR	MI
0	59	0,959	1988	*motor evoked-potential*	*motor evoked-potential*	*human cerebral cortex*
1	50	0,964	1999	*major depression*	*depressed patient*	*human cerebral cortex*
2	39	0,953	2006	*human motor cortex*	*human motor cortex*	*human cerebral cortex*
3	37	0,998	1994	*human motor cortex*	*silent period*	*human cerebral cortex*
4	30	0,987	2011	*human motor cortex*	*electric field*	*human cerebral cortex*
5	30	0,798	2017	*major depressive disorder*	*major depressive*	*human cerebral cortex*
6	30	0,885	2018	*motor cortex*	*preactivated ankle dorsiflexor*	*human cerebral cortex*
7	25	0,854	2018	*systematic review*	*systematic review*	*human cerebral cortex*
8	24	0,973	2006	*cortical excitability*	*intensive occupational therapy*	*human cerebral cortex*
9	23	0,904	2018	*genetic basis*	*genetic basis*	*human motor cortex*

Tabla 36. Etiquetado automático de los clústeres más relevantes de cocitación de documentos en EMT. (Continuación)

Clúster	Tamaño	Silueta	Año promedio	LSI	LLR	MI
10	23	0,912	2018	*major depressive disorder*	*machine learning*	*adolescent major depressive disorder*
11	19	0,891	2018	*tms-eeg study*	*tms-eeg study*	*human cerebral cortex*
12	14	0,978	2017	*neuromodulation*	*emotional responses*	*human motor cortex*
13	14	0,942	2018	*post-stroke patient*	*beneficial effect*	*human motor cortex*
14	11	0,997	1991	*motor cortex*	*following exercise*	*human cerebral cortex*
15	8	0,986	2019	*resting-state fmri study*	*poststroke aphasia*	*human motor cortex*

LSI: Latent semantic indexing; LLR: Log-likelihood ratio; MI: mutual information

A nivel de cada clúster, los valores de silueta son sistemáticamente altos y se sitúan entre 0,798 y 0,998 (**Tabla 36)**. Entre los más grandes, el clúster #0 "*motor evoked-potential*" con silueta de 0,959 y el clúster #1 "major depression" con 0,964 mantienen una homogeneidad interna muy elevada. Por otro lado, el clúster #2 "*human motor cortex*" (0,953) y el clúster #4 "*electric field*" (0,987) confirman la coherencia de los bloques metodológicos, mientras que clústeres clínicos con menor tamaño conservan igualmente perfiles muy compactos, como el clúster #14 "*following exercise*" (0,997) y el clúster #15 "*poststroke aphasia*" (0,986). En el extremo inferior del rango de siluetas, el clúster #5 "*major depressive disorder*" registra una silueta de 0,798, todavía por encima del umbral de buena consistencia, y otros ejemplos representativos son el clúster #6 "*motor cortex*" y el clúster #7 "*systematic review*" con siluetas de 0,885 y 0,854 respectivamente.

En conjunto, la combinación de una modularidad elevada y siluetas muy altas implica una red robusta, con comunidades temáticas bien delimitadas y bajo solapamiento entre bloques. Esta configuración permite interpretar cada clúster como una línea de investigación estable y claramente distinguible dentro del campo de la EMT.

Por otro lado, como podemos observar en la **Tabla 36** el análisis del etiquetado automático de los clústeres revela la forma en que diferentes algoritmos LSI, LLR y MI caracterizan la estructura temática de la red, cada uno con un nivel distinto de resolución. Esta comparación permite no solo comprender cómo se organizan los grandes bloques de investigación, sino también valorar la complementariedad entre enfoques generalistas, específicos y transversales.

En primer lugar, el algoritmo LSI se orienta a producir etiquetas amplias y fácilmente reconocibles dentro del campo. De este modo, términos como *motor evoked-potential*, *major depression*, *human motor cortex*, *systematic review* o *cortical excitability* sitúan a los clústeres en los ejes centrales que estructuran la investigación: desde la exploración fisiológica y metodológica, hasta las aplicaciones clínicas en depresión y las revisiones sistemáticas que consolidan la evidencia. Su valor radica en ofrecer un panorama de conjunto que facilita ubicar rápidamente los bloques principales, aunque su carácter general limita la capacidad de distinguir fenómenos o paradigmas más específicos.

Sin embargo, el algoritmo LLR se confirma como el más discriminativo y analítico, ya que proporciona etiquetas que reflejan fenómenos concretos o protocolos de investigación claramente delimitados. Ejemplos de ello son *silent period* (clúster #3), *electric field* (clúster #4), *preactivated ankle dorsiflexor* (clúster #6), *intensive occupational therapy* (clúster #8), *machine learning* (clúster #10) o *poststroke aphasia* (clúster #15). Estas denominaciones capturan con precisión la especificidad experimental, metodológica o clínica de cada grupo, lo que convierte a LLR en el algoritmo más informativo para interpretar el contenido temático de la red.

Finalmente, el algoritmo MI ofrece un patrón altamente transversal y homogéneo, con una fuerte tendencia a etiquetar la mayoría de los clústeres bajo el término *human cerebral cortex*. Solo en casos puntuales introduce matices diferenciadores, como *adolescent major depressive disorder* en el clúster #10. Esta homogeneidad refuerza la idea de que gran parte de la investigación en EMT se enmarca en el estudio de la corteza cerebral, pero reduce la capacidad del algoritmo para discriminar entre áreas temáticas específicas.

Tras presentar los resultados del contenido de los clústeres y con el apoyo del etiquetado automático para los clústeres más relevantes, a continuación, se presenta la descripción del contenido de cada uno de ellos y su esencia conceptual, para ello describiremos cada clúster y resaltaremos aquellos artículos más representativos del clúster.

Clúster #0 – Estimulación motora y fundamentos fisiológicos.

Con 59 documentos, este clúster reúne los primeros trabajos que establecieron las bases fisiológicas de la EMT, ya que exploraron la excitabilidad de la corteza motora y la respuesta muscular a la estimulación. Además, se centra en describir los mecanismos de activación corticoespinal y los efectos según la localización y parámetros de la estimulación. Entre los artículos clave destacan Day *et al.* (1989), *Electric and magnetic stimulation of human motor cortex: Surface EMG and single motor unit responses*, Hess *et al.* (1987), *Responses in small hand muscles form magnetic stimulation of the human brain* y Rothwell *et al.* (1991), *Stimulation of the human motor cortex through the scalp* (233–235).

Clúster #1- Seguridad y riesgos de la EMT.

Formado por 50 documentos, agrupa estudios que evalúan los riesgos de la EMTr y los efectos adversos. Además, se convirtió en el referente metodológico

inicial para el uso de EMT en humanos al establecer las bases neurofisiológicas que guían una aplicación clínica segura. Debemos destacar estudios como Wasserman *et al.* (1998), *Risk and safety of repetitive transcranial magnetic stimulation: report and suggested guidelines from the International Workshop on the Safety of Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation*, Chen *et al.* (1997), *Depression of motor cortex excitability by low-frequency transcranial magnetic stimulation* y Pascual-Leone *et al.* (1996), *Rapid-rate transcranial magnetic stimulation of left dorsolateral prefrontal cortex in drug-resistant depression* (218,225,241).

Clúster #2 – Normas y guías clínicas internacionales.

Cuenta con 39 documentos que reúnen consensos y guías que establecen procedimientos clínicos y éticos para la aplicación de EMT, junto con aportaciones experimentales innovadoras como la TBS. Entre los estudios más relevantes destacan Rossi *et al.* (2009), *Safety, ethical considerations, and application guidelines for the use of transcranial magnetic stimulation in clinical practice and research*, Huang *et al.* (2005), *Theta burst stimulation of the human motor cortex* y O´Reardon *et al.* (2007), *Efficacy and safety of transcranial magnetic stimulation in the acute treatment of major depression: a multisite randomized controlled trial* (15,71,221).

Clúster #3 – Inhibición e interacciones intracorticales.

Con 37 documentos este clúster explora cómo diferentes aplicaciones de EMT revelan mecanismos de inhibición intracortical y plasticidad en la corteza motora. Entre sus artículos fundamentales destacan Ziemann *et al.* (1996), *Effects of antiepileptic drugs on motor cortex excitability in healthy subjects*, Kujirai *et al.* (1993), *Corticocortical inhibition in human motor cortex* y Rossini *et al.* (1994), *Non-invasive electrical and magnetic stimulation of the brain, spinal cord and roots: basic principles and procedures for routine clinical application* (38,231,251).

Clúster #4 – Redes corticales y plasticidad motora.

Formado por 30 documentos sobre redes corticales y plasticidad, combina estudios experimentales y conceptuales de la EMT. Entre sus referencias clave destacan Hamada *et al.* (2013), *The role of interneuron networks in driving human motor cortical plasticity*, Hallet *et al.* (2007), *Transcranial magnetic stimulation: a primer* y Deng *et al.* (2013), *Electric field depth-focality tradeoff in transcranial magnetic stimulation: simulation comparison of 50 coil designs* (23,69,319).

Clúster #5 – Salud mental.

Cuenta con 30 documentos enfocados a la aplicación de la EMT en psiquiatría, principalmente en depresión. Entre sus artículos destacan Blumberger *et al.* (2018), *Effectiveness of theta burst versus high-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation in patients with depression (THREE-D): a randomised non-inferiority trial*, Brunoni *et al.* (2017), *Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation for the Acute Treatment of Major Depressive Episodes: A Systematic Review With Network Meta-analysis* y Suppa *et al.* (2016), *Ten Years of Theta Burst Stimulation in Humans* (245,324,325).

Clúster #6 – EMT y farmacología.

Con 30 documentos, este clúster investiga la interacción entre EMT y algunos fármacos, tanto a nivel experimental como en aplicaciones clínicas. Entre los artículos más citados se encuentra Ziemann *et al.* (2015), *TMS and drugs revisited 2014*, Zhao *et al.* (2019), *Repetitive transcranial magnetic stimulation increases serum brain-derived neurotrophic factor and decreases interleukin-1β and tumor necrosis factor-α in elderly patients with refractory depression* y Conroy *et al.* (2021), *Neuromodulation Strategies for the Treatment of Depression* (326–328).

Clúster #7 – Guías de práctica clínica en EMT.

Formado por 25 documentos, este clúster concentra guías internacionales para la aplicación clínica de EMT, con aportaciones claves de grupos europeos. Entre los artículos más influyentes destacan Lefaucheur *et al.* (2014), *Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS)*, Lefaucheur *et al.* (2020), *Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS): An update (2014–2018)* y Klomjai *et al.* (2015), *Basic principles of transcranial magnetic stimulation (TMS) and repetitive TMS (rTMS)* (11,32,62).

Clúster #8 – Consensos internacionales.

Cuenta con 24 documentos que sintetizan desde los principios básicos hasta las guías clínicas y manuales prácticos sobre EMT. Destacan trabajos como Rossini *et al.* (2015), *Non-invasive electrical and magnetic stimulation of the brain, spinal cord, roots and peripheral nerves: Basic principles and procedures for routine clinical and research application. An updated report from an I.F.C.N. Committee*, Groppa *et al.* (2012), *A practical guide to diagnostic transcranial magnetic stimulation: Report of an IFCN*

committee y Murase *et al.* (2004), *Influence of interhemispheric interactions on motor function in chronic stroke* (217,254,318).

Clúster #9 – Biomarcadores y conectividad.

Con 23 documentos, este clúster analiza el papel de la EMT en psiquiatría, especialmente en depresión, estudiando biomarcadores de conectividad funcional y predictores de respuesta clínica. Entre los artículos más relevantes están Drysdale *et al.* (2017), *Resting-state connectivity biomarkers define neurophysiological subtypes of depression*, Siddiqi *et al.* (2020), *Distinct symptom-specific treatment targets for circuit-based neuromodulation* y Yang *et al.* (2018), *Ketamine blocks bursting in the lateral habenula to rapidly relieve depression* (329–331).

Clúster #10 – Guías clínicas en depresión.

Formado por 23 documentos, se centra en la estandarización clínica de la EMTr para tratar la depresión. Los trabajos clave son Perera *et al.* (2016), *The Clinical TMS Society Consensus Review and Treatment Recommendations for TMS Therapy for Major Depressive Disorder*, Weigand *et al.* (2018), *Prospective Validation That Subgenual Connectivity Predicts Antidepressant Efficacy of Transcranial Magnetic Stimulation Sites* y Cash *et al.* (2021), *Using Brain Imaging to Improve Spatial Targeting of Transcranial Magnetic Stimulation for Depression* (332–334).

Clúster #11 – Combinación EMT-EEG y biomarcadores de excitabilidad.

Cuenta con 19 documentos que combinan EMT con EEG para identificar señales relacionadas con el neurotransmisor GABA, con el objetivo de crear biomarcadores que mejoren la calidad en los métodos de aplicación. Destacan estudios como Premoli *et al.* (2014), *TMS-EEG signatures of GABAergic neurotransmission in the human cortex*, Conde *et al.* (2019), *The non-transcranial TMS-evoked potential is an inherent source of ambiguity in TMS-EEG studies* y Tremblay *et al.* (2019), *Clinical utility and prospective of TMS–EEG* (335–337).

Clúster #12 – Neuromodulación prefrontal.

Con 14 documentos, este clúster revisa las técnicas de neuromodulación aplicadas a nivel prefrontal para tratar el estrés. Algunos de los artículos representativos de este clúster son Lewis *et al.* (2016), *Brain neuromodulation techniques: A review*, Fonteneau *et al.* (2018), *Frontal Transcranial Direct Current Stimulation Induces Dopamine Release in the Ventral Striatum in Humans* y Carnevali

et al. (2020*), Effects of prefrontal transcranial direct current stimulation on autonomic and neuroendocrine responses to psychosocial stress in healthy humans* (338–340).

Clúster #13 – Estimulación en deterioro cognitivo.

Formado por 14 documentos, este clúster se centra en los efectos de la EMT en el deterioro cognitivo y la depresión. Podemos destacar artículos como Yin *et al.* (2020), *Effects of rTMS Treatment on Cognitive Impairment and Resting-State Brain Activity in Stroke Patients: A Randomized Clinical Trial*, Rajji *et al.* (2019), *Transcranial Magnetic and Electrical Stimulation in Alzheimer's Disease and Mild Cognitive Impairment: A Review of Randomized Controlled Trials* y Begemann *et al.* (2020), *Efficacy of non-invasive brain stimulation on cognitive functioning in brain disorders: A meta-analysis* (341–343).

Clúster #14 – Mapeo de la excitabilidad cortical.

Reúne 11 estudios clásicos que investigan cómo se organiza el área motora del cerebro, así como la excitabilidad de la vía corticoespinal y cómo se registran los potenciales motores evocados. Destacan artículos como Wassermann *et al.* (1992), *Noninvasive mapping of muscle representations in human motor cortex*, Pascual-Leone *et al.* (1994), *Modulation of cortical motor output maps during development of implicit and explicit knowledge* y Pascual-Leone *et al.* (1995), *Modulation of muscle responses evoked by transcranial magnetic stimulation during the acquisition of new fine motor skills* (260,261,344).

Clúster #15 – Protocolos para el lenguaje.

Cuenta con 8 documentos que exploran el uso de la EMTr y TBS en circuitos del lenguaje con aplicaciones en afasia post-ictus. Entre los artículos más relevantes encontramos Hu *et al.* (2018), *Effects of different frequencies of repetitive transcranial magnetic stimulation in stroke patients with non-fluent aphasia: a randomized sham-controlled study*, Heikkinen *et al.* (2019), *Combining rTMS With Intensive Language-Action Therapy in Chronic Aphasia: A Randomized Controlled Trial* y Harvey *et al.* (2019), *Continuous theta burst stimulation over right pars triangularis facilitates naming abilities in chronic post-stroke aphasia by enhancing phonological Access* (345–347).

Clúster #16 – Aplicaciones en Tinitus.

Formado por 2 documentos específicos que evalúan la aplicación de EMTr y TBS en tinitus. Estos estudios son Godbehere *et al.* (2019), *Treatment of Tinnitus Using Theta Burst Based Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation—A Single*

Blinded Randomized Control Trial y Schwippel *et al.* (2019), *Clinical review: The therapeutic use of theta-burst stimulation in mental disorders and tinnitus* (348,349).

Por último, los clústeres unidocumentales que se distribuyen entre el **clúster #17 y el clúster #47** reflejan la riqueza multidimensional de este campo, ya que incluye desde consensos metodológicos y avances técnicos hasta ensayos clínicos innovadores. Su valor radica en que, aunque aparecen como nodos aislados, funcionan como referencias estratégicas que aportan rigor metodológico, nuevas aplicaciones clínicas y mejor comprensión neurofisiológica en la evolución de este campo.

En el plano metodológico, se incluyen trabajos de referencia que han definido estándares técnicos y conceptuales. Ejemplo de ello es el estudio de Siebner *et al.* (2022) sobre los fundamentos de qué estimula la EMT, el estudio clásico de Rothwell *et al.* (1997) sobre técnicas y mecanismos de estimulación del córtex motor humano, y la revisión de Hallett *et al.* (2000) que sintetizó las aplicaciones y límites de la técnica. En esta misma línea se sitúan aportaciones de Thielscher *et al.* (2015) que propone la creación de modelos computacionales que permitan predecir qué áreas serán estimuladas o la guía para posicionamiento con el sistema 10–20 de Herwig *et al.* (2003), que optimizaron la precisión de los protocolos experimentales y clínicos (34,35,350–352).

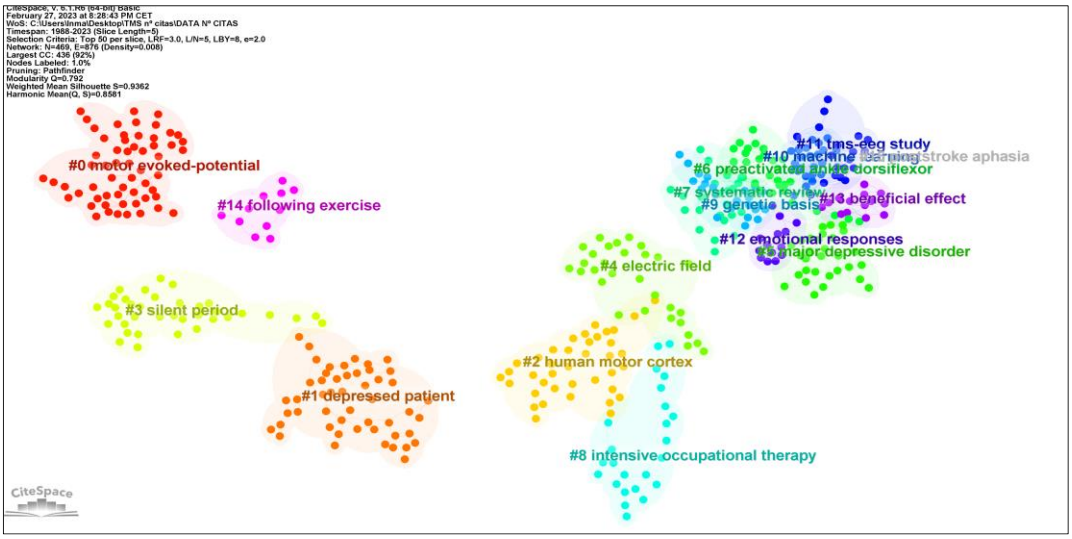
En el bloque clínico destacan el metaanálisis de Cao *et al.* (2018) sobre depresión, el ensayo de Hoffman *et al.* (2003) en alucinaciones resistentes a fármacos, y los estudios de Lan *et al.* (2016) y Yip *et al.* (2017) que exploran, respectivamente, cambios morfológicos cerebrales y eficacia de la estimulación profunda en depresión resistente. En el ámbito de los trastornos psiquiátricos se suman trabajos como la revisión de Razza *et al.* (2018) sobre el efecto placebo en ensayos de depresión y el estudio multicéntrico de Carmi *et al.* (2019) sobre la seguridad y eficacia de la estimulación profunda en el trastorno obsesivo-compulsivo. La perspectiva diagnóstica se refuerza con el estudio de APA *et al.* (2013), que, aunque no es específico de EMT, es un referente ineludible en la definición de poblaciones clínicas (270,275,353–357).

En el terreno de la neurología y la rehabilitación, se integran investigaciones que vinculan la EMT con procesos de plasticidad y recuperación funcional. Destacan las aportaciones de Di *et al.* (1998) sobre las respuestas descendentes durante la contracción voluntaria, Ziemann *et al.* (1998) con la modulación de la

plasticidad tras ictus isquémico, y Kobayashi *et al.* (2003) como revisión de la EMT en neurología. Estos trabajos encuentran continuidad en la rehabilitación post-ictus y neuroplasticidad, representada por Turton *et al.* (1996) en la recuperación de la función motora, Naeser *et al.* (2005) en la afasia crónica y Stinear *et al.* (2020) en los retos actuales de la rehabilitación neurológica. A esta línea se suma el modelo conceptual de plasticidad en ictus de Di-Pino *et al.* (2014), que propone un marco teórico de reorganización cerebral, y la exploración del sistema de neuronas espejo por Rizzolatti *et al.* (2004), con implicaciones directas en la comprensión de la recuperación motora (271,272,274,276,277,358–360).

Finalmente, algunos clústeres aportan líneas complementarias y específicas. Luber *et al.* (2014) mostró el potencial de la EMT para mejorar el rendimiento cognitivo, mientras que Li *et al.* (2020) probó la eficacia de la estimulación guiada por imagen en el abandono del tabaquismo. Del mismo modo, Goerigk *et al.* (2021) extendió la reflexión a la tDCS, explorando la modulación de la neuroplasticidad en depresión bipolar (361–363).

Figura 42. Clústeres de documentos citados en estimulación magnética transcraneal.



Por otro lado, si hacemos una descripción del grafo, la visualización de los clústeres generados muestra una organización espacial donde los clústeres se agrupan de acuerdo con su proximidad conceptual y la intensidad de sus

conexiones. En el extremo izquierdo del grafo se sitúan los clústeres eminentemente metodológicos, como el clúster #0 "*motor evoked-potential*" y el clúster #3 "*silent period*", que representan los fundamentos neurofisiológicos clásicos de la EMT. Estos constituyen la base experimental sobre la que se construyeron desarrollos posteriores, manteniendo una alta cohesión interna.

En la zona central se observan clústeres de gran tamaño como el clúster #1 "*depressed patient*" que integra los ensayos clínicos más influyentes sobre el uso de la EMT en depresión. Su posición refleja la relevancia clínica de este bloque, que actúa como puente entre la investigación básica y la práctica clínica. Junto a este, el clúster #2 "*human motor cortex*" y el clúster #4 "*electric field*" concentran estudios experimentales y técnicos sobre plasticidad cortical y modelado de campos eléctricos, consolidando el núcleo metodológico-experimental de este campo.

En el cuadrante superior derecho del grafo se concentra la mayor densidad de clústeres, con un núcleo de bloques clínicos. El clúster #5 "*major depressive disorder*" ocupa una posición central en este sector, rodeado de clústeres relacionados como el clúster #12 "*emotional responses*" y el clúster #13 "*beneficial effect*", que refuerzan la dimensión clínica de la red. La proximidad espacial entre estos clústeres sugiere una comunidad de conocimiento muy interconectada en torno a la EMT aplicada a trastornos psiquiátricos y afectivos.

De manera adyacente se ubican los clústeres metodológicos y de síntesis, como el clúster #7 "*systematic review*", clúster #9 "*genetic basis*" y el clúster #11 "*TMS–EEG study*", que funcionan como puentes entre los bloques experimentales y clínicos. Su localización intermedia refleja su rol en la integración de evidencia y la generación de biomarcadores, al tiempo que permiten la conexión entre investigaciones metodológicas y ensayos terapéuticos.

También se distinguen bloques aplicados en neurorrehabilitación como el clúster #8 "*intensive occupational therapy*", clúster #10 "*machine learning*", clúster #14 "*following exercise*" o el clúster #15 "*poststroke aphasia*", que representan líneas clínicas especializadas.

En conjunto, es importante subrayar que la disposición espacial en el grafo responde a algoritmos de visualización que agrupan los nodos por similitud de conexiones, y no implica que un clúster situado en el centro de la imagen sea necesariamente el núcleo estructural de la red. La centralidad real se determina por

métricas como la intermediación y la densidad de enlaces. En este sentido, clústeres como el #2 "*human motor cortex*", el #4 "*electric field*" o el #8 "*intensive occupational therapy*" aparecen gráficamente en la zona central, pero desde un punto de vista estructural funcionan más bien como módulos periféricos: mantienen una cohesión interna muy elevada, pero con menor interconexión hacia el resto de los bloques.

La comparación de los tres algoritmos pone de relieve su carácter complementario. LSI proporciona una visión panorámica de los grandes bloques conceptuales, LLR aporta la mayor precisión interpretativa, delimitando con claridad las fronteras entre subcampos y MI ofrece un marco transversal que, aunque menos diferenciado, refuerza la coherencia global de la red al situar la mayor parte de los estudios bajo un mismo denominador. En conjunto, esta triangulación metodológica legitima la solidez de la división temática y confirma que el etiquetado más útil para un análisis detallado de la red es el proporcionado por LLR, aunque su valor interpretativo se ve reforzado al combinarlo con la visión general de LSI y la transversalidad de MI.

VI – DISCUSIÓN

VI -DISCUSIÓN

6.1. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA INTELECTUAL DE LA ESTIMULACIÓN CEREBRAL NO INVASIVA

Los resultados obtenidos reflejan con claridad que la estimulación cerebral no invasiva ha experimentado un crecimiento progresivo y sostenido desde finales de los años ochenta, alcanzando un punto de inflexión a partir del año 2000 y consolidando un auge exponencial en la última década. Este patrón no solo muestra el interés creciente en el ámbito clínico y experimental, sino que también es consistente con las tendencias observadas en el campo de la neurología en general, donde diversos análisis bibliométricos han identificado un incremento paralelo en la literatura científica disponible (364).

El análisis de las revistas más productivas confirma el papel central de *Clinical Neurophysiology* y *Brain Stimulation*. La primera ha actuado como plataforma histórica de referencia en fisiología clínica, acumulando casi mil artículos en ECNI, mientras que la segunda, pese a su incorporación más tardía en 2008, ha emergido como una revista altamente influyente, situándose como la de mayor factor de impacto en este campo (9,2). Este hallazgo es coherente con lo observado en otros análisis bibliométricos de áreas biomédicas, donde revistas más especializadas y de reciente creación concentran mayor citación relativa al enfocarse en un núcleo temático definido (365).

En relación con los autores más productivos, destaca la figura de Álvaro Pascual-Leone, pionero en el desarrollo de la EMT y con una producción que supera a la del segundo autor más prolífico, John Rothwell, en casi un centenar de publicaciones. A ellos se suman investigadores como Felipe Fregni y Michael Nitsche, cuyas contribuciones han sido decisivas en la consolidación de la tDCS y en la transición hacia ensayos clínicos controlados.

El análisis institucional y geográfico evidencia un claro liderazgo de Estados Unidos, con más de 7000 publicaciones y seis instituciones entre las diez más productivas, como *Harvard University*, *National Institute of Health* y *Beth Israel Deaconess Medical Center*. Sin embargo, el estudio estructural revela que no siempre

las instituciones más citadas ocupan posiciones centrales en la red. Así, entidades como el *National Institute of Neurological Disorders and Stroke* o la *University of Sydney* emergen con valores de centralidad superiores, lo que las posiciona como nodos estratégicos para la conexión entre distintas comunidades. Este fenómeno confirma que la influencia estructural no depende únicamente del volumen de publicaciones, sino de la capacidad de servir de puente en la red, un hallazgo congruente con lo descrito en otras disciplinas donde la intermediación es clave para la difusión de conocimiento (105,366).

A nivel nacional, el mapa de colaboración internacional muestra a Estados Unidos, Alemania, Italia e Inglaterra como núcleos principales, con un rol destacado de países como España y Portugal, que sin figurar entre los más productivos alcanzan posiciones de centralidad relevantes. Esto sugiere que, además del liderazgo de los grandes núcleos de investigación, existen grupos periféricos capaces de facilitar la transferencia de conocimiento entre comunidades científicas. La presencia de países asiáticos como China y Japón en la producción, aunque con menor peso estructural, refleja un crecimiento acelerado que probablemente se consolide en los próximos años.

El análisis de los documentos más cocitados revela que la estructura intelectual de la ECNI se sostiene sobre dos pilares complementarios: por un lado, los consensos y guías internacionales que acumulan un alto número de citas, y por otro, los estudios experimentales que, aunque menos citados, alcanzan valores elevados de centralidad y actúan como nodos estratégicos dentro de la red.

En el primer grupo destacan los trabajos de Rossi *et al.* (2009) y Rossini *et al.* (2015), que reúnen conjuntamente más de 1600 citas. Estos consensos internacionales establecieron pautas de seguridad, metodología y aplicaciones clínicas, legitimando la ECNI como una metodología de intervención de uso aceptado tanto en la investigación como en la práctica clínica. Su liderazgo en citaciones refleja el impacto acumulado de estos documentos, aunque su papel estructural en términos de centralidad no es tan destacado, lo que sugiere que su influencia se basa en la consolidación normativa más que en la articulación de nuevas conexiones dentro de la red (71,217).

El segundo grupo lo forman publicaciones que combinan citación elevada y alta centralidad, situándose como puentes entre distintas comunidades de investigación. El ejemplo más claro es el trabajo de Huang *et al.* (2005), que

introdujo la TBS como un protocolo innovador y que alcanza la mayor centralidad de toda la red, mostrando su capacidad para conectar estudios clínicos y fisiológicos. De manera similar, los artículos pioneros de Pascual-Leone *et al.* (1993) y Pascual-Leone *et al.* (1994) presentan centralidades muy elevadas y representan hitos iniciales en la exploración de la seguridad y de las respuestas motoras a la EMT, lo que abrió nuevas líneas de investigación (15,222,223). Resulta llamativo que, pese a la elevada centralidad de estas publicaciones concretas, Pascual-Leone como autor no alcance valores igualmente destacados en la red. Este fenómeno puede explicarse porque su amplia y prolífica producción científica se distribuye en múltiples colaboraciones, diluyendo su papel como nodo de enlace único. En cambio, los artículos de 1993 y 1994 actúan como hitos fundacionales con una función estructural decisiva, ya que conectan de forma temprana distintas líneas de investigación y consolidan la EMT como técnica segura, lo que les confiere una centralidad especialmente elevada dentro de la red de documentos.

En una posición intermedia se sitúan documentos que, aunque no lideran en citaciones, cumplen funciones de conexión estructural fundamentales. Trabajos como Fuhr et al. (1991), Chen et al. (1997) o Siebner et al. (2004) presentan valores de centralidad que les otorgan un rol decisivo en el enlace entre comunidades experimentales y clínicas. Estas investigaciones, centradas en la excitabilidad cortical y la plasticidad inducida por la estimulación, no acumulan el mayor volumen de citas, pero resultan indispensables para la cohesión de la red (224,225,228).

Finalmente, un tercer bloque de documentos se caracteriza por aportar frecuencias de citación relevantes sin alcanzar valores altos de centralidad, pero contribuyendo de manera decisiva al desarrollo de la seguridad clínica y a la validación terapéutica de la ECNI. En este grupo se encuentran trabajos como el de Wassermann (1998), que estableció pautas iniciales para minimizar riesgos en EMTr, y el ensayo multicéntrico de O'Reardon et al. (2007), que evaluó la eficacia y seguridad de la EMT en depresión (218,221). Junto a ellos, estudios más recientes como los de Brunoni et al. (2012) y Batsikadze et al. (2013) ampliaron las aplicaciones clínicas y exploraron variaciones de parámetros, favoreciendo la diversificación del campo y el avance hacia protocolos más específicos (12,220).

En conjunto, los diez documentos más cocitados muestran un equilibrio entre núcleos de impacto acumulado, que consolidan la disciplina a través de consensos

y guías metodológicas, y núcleos de centralidad estructural, que mantienen el dinamismo y conectividad del área al generar puentes entre comunidades. Esta doble lógica explica la capacidad de la ECNI para combinar estandarización y expansión temática, garantizando su consolidación como campo científico en pleno desarrollo.

Respecto a los documentos que presentan explosión de citas en un momento del periodo analizado, debemos mencionar que los documentos que experimentan ráfagas de citas indican un notable aumento de la atención prestada a la investigación dentro del campo de la ECNI. La magnitud del valor de *Burst* atribuido a las citas sirve como métrica para calibrar la novedad de los resultados de la investigación. Una ráfaga de citas indica que una publicación específica está vinculada a un repentino aumento de citas. Además, cuando un clúster engloba varios nodos con fuertes ráfagas de citas, significa que todo el conglomerado representa un área activa de investigación o una tendencia emergente de la investigación.

Con relación a los documentos con explosión de citaciones se evidencia cómo la producción científica sobre ECNI ha seguido un recorrido que va desde los estudios pioneros hasta la consolidación de guías clínicas internacionales. Los valores más altos corresponden a publicaciones centradas en el establecimiento y actualización de directrices de seguridad, lo que muestra que la comunidad científica ha priorizado garantizar un marco metodológico robusto antes de ampliar el espectro de aplicaciones. El trabajo de Rossi *et al.* (2009) se erige como la referencia más influyente en este sentido, al actualizar protocolos en un momento clave de expansión de la EMT, mientras que Rossini *et al.* (2015) reflejó la madurez del campo al integrar tanto EMT como tDCS en un marco normativo internacional (71,217).

La evolución temporal permite diferenciar tres fases. La primera entre 1998 y 2007 reflejó el interés inicial por la EMT como herramienta diagnóstica y terapéutica. En esta etapa, los trabajos de Ziemann *et al.* (1996), Chen *et al.* (1997) y Wassermann *et al.* (1998) aportaron evidencia sobre su utilidad clínica y destacaron la necesidad de regular su aplicación a través de consensos de seguridad (218,225,231). Además, este periodo se caracterizó por el objetivo exploratorio de la técnica y por su validación inicial.

La segunda fase comprendida entre 2005 y 2017 estuvo marcada por la introducción y consolidación de la tDCS, así como por la necesidad de actualizar los protocolos de EMT. Los estudios de Huang *et al.* (2005), Nitsche *et al.* (2008) y Rossi *et al.* (2009) no solo ampliaron las posibilidades de la estimulación cerebral, sino que también reforzaron la idea de que estas técnicas debían desarrollarse bajo marcos normativos estrictos, garantizando la seguridad y eficacia de la técnica (15,71,78). Este fue un periodo de transición hacia la sistematización de la práctica investigadora y clínica en ECNI.

En la etapa más reciente de 2013 a 2023 los *bursts* se concentran en publicaciones que representan las tendencias emergentes de la investigación actual, con un claro énfasis en la traslación clínica. El trabajo de Stagg y Nitsche (2011) profundizó en los efectos fisiológicos de la tDCS, mientras que las guías de Lefaucheur *et al.* (2014 y 2017) y Rossini *et al.* (2015) respondieron a la necesidad de estandarizar protocolos de EMT y tDCS para el tratamiento de patologías prevalentes como la depresión y el dolor. Este último grupo de publicaciones también alertó sobre el uso inadecuado de la tDCS fuera de entornos controlados, lo que evidencia la tensión entre la accesibilidad de estas técnicas y la importancia de mantener un uso clínico seguro (11,217,219,232).

En conjunto, los *bursts* identificados confirman un patrón evolutivo en tres fases: la validación inicial de la EMT, la consolidación metodológica con la incorporación de la tDCS, y la madurez clínica representada en guías y consensos internacionales, ya que cabe señalar que 6 de los 10 documentos con mayor explosión de citas centraron sus investigaciones en el establecimiento de directrices para la aplicación segura y eficaz de la ECNI (11,71,78,217,218,232). Este recorrido muestra cómo la ECNI ha pasado de un enfoque experimental a convertirse en una intervención regulada y con aplicaciones terapéuticas consolidadas en la práctica clínica.

En relación al Sigma, los resultados confirman que la investigación en ECNI se ha configurado en torno a un conjunto de trabajos que cumplen un doble papel, primero al establecer las bases fisiológicas iniciales y posteriormente al consolidar la práctica clínica a través de guías de consenso. El hecho de que Huang *et al.* (2005) ocupe la primera posición con un valor tan elevado se explica por su capacidad de introducir una innovación metodológica como fue la TBS que permitió conectar la

investigación básica con la práctica clínica, lo que generó un cambio de paradigma en la forma de aplicar la EMTr (15).

Los documentos de Rossi *et al.* (2009) y Rossini *et al.* (2015) evidencian que los consensos internacionales han sido nodos estratégicos en la red intelectual, al proporcionar marcos normativos que han guiado tanto la investigación como la práctica clínica. Su alta centralidad y su asociación con *bursts* prolongados indican que estos artículos no solo fueron influyentes en su momento, sino que además actuaron como puntos de referencia para distintos clústeres temáticos dentro del campo (71,217).

En paralelo, artículos como los de Chen *et al.* (1997) y Kujirai *et al.* (1993) y Pascual-Leone *et al.* (1994) muestran que los primeros hallazgos fisiológicos y experimentales han mantenido su importancia en la red, al servir de cimientos conceptuales sobre los que se han apoyado investigaciones posteriores. Su posición en el análisis Sigma refleja cómo estos trabajos pioneros conectaron con múltiples líneas de estudio y aún son relevantes décadas después de su publicación (38,222,225).

Las aportaciones de Lefaucheur *et al.* (2014 y 2017) y Nitsche *et al.* (2008) destacan por haber trasladado el conocimiento acumulado hacia la práctica clínica, ofreciendo recomendaciones claras sobre la aplicación segura de EMTr y tDCS. Su presencia en la lista de los sigmas más relevantes refuerza la idea de que el campo ha avanzado hacia una fase de madurez, en la que las guías internacionales se han convertido en el eje central de la investigación aplicada (11,78,232). En esta misma línea, el trabajo de Stagg y Nitsche (2011) aporta un puente entre fisiología y aplicación práctica al describir cómo la tDCS influye en procesos de aprendizaje motor, un ámbito con importantes implicaciones en rehabilitación neurológica (219).

En resumen, el análisis de Sigma ha permitido observar cómo la ECNI ha evolucionado a través de un equilibrio entre innovación experimental, validación fisiológica y estandarización clínica. Este indicador nos ha mostrado que los artículos más influyentes no son necesariamente los más citados, sino aquellos que han logrado combinar relevancia estructural en la red y un fuerte impacto temporal, convirtiéndose en auténticos nodos de innovación intelectual en este campo.

En relación con los clústeres generados, el análisis muestra un campo con un alto grado de madurez y consolidación. La identificación de 299 nodos distribuidos en 46 clústeres muestra la amplitud y diversidad temática de la estimulación cerebral no invasiva. Aunque el etiquetado automático se centró en los 17 clústeres principales, este hecho responde a la coherencia interna de los grupos, ya que los clústeres menores, aunque no tienen etiqueta, siguen estando integrados en la red para las métricas de citas, centralidad y *Burst*. La solidez estructural se confirma con un valor de modularidad Q=0,8469, muy por encima del umbral de 0,3, lo que significa que existen comunidades bien definidas y relativamente independiente entre sí. Del mismo modo, la silueta media ponderada S=0,9489 refleja una homogeneidad interna elevada, así como una clara separación entre clústeres. En conjunto, estos indicadores muestran que el campo de la ECNI se encuentra en una fase de fuerte consolidación, con áreas centrales cohesionadas que delimitan los principales ejes temáticos de investigación.

Si nos centramos en la temática de los clústeres, podemos distinguir 4 núcleos. Por un lado, destaca el núcleo metodológico y de consensos, constituido por los estudios que definieron la excitabilidad cortical y los parámetros de estimulación, así como las guías internacionales de seguridad y aplicación clínica. Destacan las aportaciones de Rossi *et al.* (2009), Rossini *et al.* (2015), Lefaucheur *et al.* (2014) y Lefaucheur *et al.* (2017), que establecieron criterios de seguridad y guías basadas en la evidencia, junto con revisiones metodológicas como las de Nitsche *et al.* (2008) o Gandiga *et al.* (2006). Este núcleo proporciona la base normativa y experimental que estructura este campo (11,71,78,217,232,252).

Por otro lado, las aplicaciones clínicas forman otro núcleo central, con trabajos que consolidaron la transición hacia la práctica terapéutica con evidencia en depresión a través de ensayos como O´Reardon *et al.* (2007), George *et al.* (2010) y Blumberger *et al.* (2018), en rehabilitación post-ictus y afasia con los estudios de Murase *et al.* (2004), Hummel *et al.* (2005), Takeuchi *et al.* (2005) y Naeser *et al.* (2005), en epilepsia con las contribuciones de Hufnagel *et al.* (1990) y Tassinari *et al.* (1990) y enfermedades neurodegenerativas con Fregni *et al.* (2006), Cowan *et al.* (1984) (84,221,244,245,250,254–256,274,367–369).

Del mismo modo, encontramos un núcleo experimental que profundiza en los procesos de plasticidad e inhibición cortical. Este incluye investigaciones sobre la inhibición interhemisférica de Ferbert *et al.* (1992), el periodo silente descrito por

Inghilleri *et al.* (1993), la demostración fisiológica de Di *et al.* (2004) y la plasticidad homeostática documentada por Siebner *et al.* (2004) (228,238,239,370). Además, los trabajos de López-Alonso *et al.* (2014), Wiethoff *et al.* (2014) y Jacobson *et al.* (2012) pusieron de relieve la variabilidad interindividual, mientras que las contribuciones de Ziemann *et al.* (1996), Ziemann *et al.* (2015) y Paus *et al.* (1997) integraron farmacología y neuroimagen (231,237,246–248,326).

Finalmente, existe un núcleo de clústeres pequeños y unidocumentales que representan líneas de especialización. Entre ellos destacan la clasificación diagnóstica de enfermedades mentales de APA *et al.* (2013), los estudios sobre plasticidad como Di *et al.* (1998) y Ziemann *et al.* (1998), los marcos conceptuales aportados por Rizzolatti *et al.* (2004) sobre el sistema de neuronas espejo, y aplicaciones clínicas específicas como las de Hoffman *et al.* (2003) en alucinaciones auditivas (270–272,275,277). Aunque aislados, estos clústeres complementan el núcleo principal al abrir vías de investigación emergentes que enriquecen la compresión global del campo de la ECNI.

En relación con el impacto acumulado y la centralidad estructural, estos no siempre coinciden en la red de clústeres. Por un lado, los clústeres metodológicos y de seguridad, como el clúster #1 y el clúster #2, concentran el mayor volumen de citas, lo que refleja el peso de los consensos y revisiones que han marcado los estándares y guías internacionales, entre ellos se encuentra trabajos como Rossi *et al.* (2009), Rossini *et al.* (2015) y Lefaucheur *et al.* (2014) y Lefaucheur *et al.* (2017) (11,71,217,232). En esta misma línea, el clúster #6 combina un fuerte impacto acumulado de citas con valores altos de centralidad, lo que evidencia su doble papel como articulador de la red y repositorio de revisiones influyentes, como las de Hallett *et al.* (2007) y Horvath *et al.* (2015) (23,280).

En contraste, los estudios experimentales, aunque con menor volumen de citas, destacan por su función estructural. Así lo demuestran los niveles de centralidad del clúster #6 (0,71), del clúster #2 (0,50) y del clúster #3 (0,45), donde figuran aportaciones como las de Ferbert *et al.* (1992) sobre inhibición interhemisférica e Inghilleri *et al. (*1993) sobre el periodo silente (238,239). Frente a ellos, clústeres de gran tamaño como el clúster #0, cumple más un rol de repositorio temático que de puente, con centralidad reducida de 0,33.

Este patrón coincide con lo observado en estudios bibliométricos comparados como Chen *et al.* (2006) y Chen *et al.* (2019) según los cuales, los consensos y

revisiones tienden a acumular mayor cantidad de citas y *Burst* como ocurre en las guías de Rossi *et al.* (2009), Rossini *et al.* (2015) y Lefaucheur *et al.* (2014) y Lefaucheur *et al.* (2017), mientras que los estudios experimentales, aunque son menos citados, ocupan posiciones estratégicas que conectan la red como se observa en los trabajos fisiológicos clásicos de Ziemann *et al.* (1996) y Ziemann *et al.* (1998) o Paus *et al.* (1997) (11,71,102,217,231,232,237,272,366). En el caso de la ECNI, esto confirma la coexistencia de núcleos de impacto acumulado, que orientan la estandarización del campo, y núcleos de centralidad estructural que mantienen su dinamismo y diversidad temática.

Respecto a la organización espacial de la red de clúster de documentos cocitados, se observa un patrón estructural bien definido, en el que los consensos y revisiones ocupan posiciones centrales de alta visibilidad, mientras que los estudios experimentales se configuran como nodos de conectividad que enlazan distintas comunidades temáticas. En el extremo izquierdo se sitúan clústeres metodológicos y experimentales como el clúster #0 (*single motor unit*), #3 (*silent period*) y el #8 (*motor evoked potential*), que constituyen la base técnica y fisiológica de la ECNI. En la zona central, los bloques metodológicos de mayor cohesión como el clúster #2 (*systematic review*) y el #9 (*intracortical inhibition*) aparecen próximos entre sí y conectados con áreas aplicadas, lo que confirma su papel como puentes entre teoría y práctica clínica. A su lado, el clúster #6 (*human motor cortex*) emerge como núcleo experimental, altamente interconectado tanto con módulos clínicos como técnico.

Por su parte, los clústeres clínicos se disponen en posiciones periféricas, lo que refleja su especialización temática y autonomía, como ocurre con el clúster #5 (*treatment-resistant depression*), #12 (*stroke rehabilitation*) y #11 (*obsessive-compulsive disorder*). La cercanía espacial entre los clústeres #7 (*prefrontal TDCS*), #1 (*motor learning*) y #10 (*current density*) muestra la transición entre estudios experimentales en corteza prefrontal, el ajuste de parámetros técnicos y la aplicación en dominios cognitivos. Finalmente, los clústeres menores, como el clúster #14 (*following exercise*), #13 (*hereditary spastic paraplegia*) y el #15 (*intraoperative study*), se localizan en la periferia, lo que confirma su rol como líneas de investigación específicas y de menor interconexión.

De nuevo, al igual que ocurría anteriormente con el impacto acumulado y centralidad, la organización espacial de la red vuelve a coincidir con la bibliografía

consultada al señalar que los consensos y revisiones concentran la visibilidad al acumular citas y situarse en posiciones centrales, mientras que los estudios experimentales desempeñan un papel crucial de conectividad, asegurando la articulación entre los bloques metodológicos y clínicos y manteniendo la cohesión global de la red (102,366).

Por último, según las etiquetas de los clústeres de documentos cocitados, resulta evidente que los expertos emplean la estimulación cerebral no invasiva con fines terapéuticos y como herramienta de diagnóstico. Las aplicaciones terapéuticas se centran en la estimulación de áreas cerebrales como la corteza motora o el área prefrontal para recuperar la función motora o funciones ejecutivas como la memoria, respectivamente. Estas aplicaciones se utilizan en el tratamiento de patologías neurológicas como el ictus y trastornos psiquiátricos como la depresión. Sin embargo, la estimulación cerebral no invasiva también se ha utilizado como herramienta de diagnóstico mediante el análisis de potenciales evocados que permiten medir la excitabilidad cortical.

El análisis del etiquetado automático muestra que cada algoritmo aporta una perspectiva complementaria sobre la organización temática de los clústeres. El LSI genera etiquetas amplias como *motor cortex*, *cortical excitability* o *motor evoked-potential*, que permiten situar los clústeres dentro de grandes categorías conceptuales y facilitan una visión panorámica del campo, aunque con menor capacidad para captar matices específicos. En contraste, el LLR se confirma como el algoritmo más discriminativo, al proporcionar etiquetas precisas y directamente asociadas a fenómenos fisiológicos o aplicaciones concretas, como *silent period, intracortical inhibition*, *motor learning* o *stroke rehabilitation*. Esta especificidad permite identificar de manera clara líneas experimentales, clínicas o metodológicas. El MI, por su parte, ofrece una perspectiva más transversal, marcada por la recurrencia de términos como *cervical nerve root compression*, que aparecen en múltiples clústeres. Aunque en algunos casos añade variaciones como *rapid finger movement* o *therapeutic application*, su tendencia a la homogeneización reduce el valor discriminativo y refleja más regularidades léxicas globales que contenidos temáticos diferenciados.

En conjunto, la triangulación de los tres algoritmos refuerza la validez de las divisiones temáticas: el LSI aporta la visión general, el LLR ofrece la mayor capacidad de discriminación analítica y el MI introduce una perspectiva

transversal. Esta complementariedad asegura la robustez del etiquetado y confirma que el LLR constituye la herramienta más útil para caracterizar con precisión las líneas de investigación en estimulación cerebral no invasiva, tal y como señalan Chen et al. (2006), Chen (2014) y Chen y Song (2019), quienes destacan que la combinación de algoritmos mejora la interpretación de los clústeres y que el LLR es especialmente eficaz para generar etiquetas específicas y analíticamente relevantes (102,213,366).

En resumen, los clústeres de documentos cocitados en el campo de la estimulación cerebral no invasiva muestran un campo en equilibrio entre madurez y dinamismo. La elevada modularidad y silueta reflejan una estructura temática consolidada, con consensos metodológicos y clínicos que aportan estabilidad, pero al mismo tiempo se observa un fuerte dinamismo en las áreas experimentales. Las aplicaciones clínicas han experimentado una clara expansión, desde la depresión y el ictus hasta patologías como la epilepsia, la afasia o las enfermedades neurodegenerativas. Paralelamente, persisten debates en torno a la heterogeneidad de los efectos, la optimización de protocolos y la necesidad de guías más unificadas, como reflejan los picos de atención bibliométrica en los clústeres de variabilidad, seguridad y consensos. Y finalmente, los clústeres muestran que los estudios fundacionales sobre excitabilidad y mecanismos fisiológicos han servido de base para el diseño de protocolos, mientras que los ensayos clínicos han trasladado esos hallazgos al terreno terapéutico. Así, el campo de la ECNI se configura como un espacio maduro en sus bases metodológicas, pero en expansión en sus aplicaciones y en constante debate sobre la eficacia y los mecanismos que sustentan la estimulación cerebral no invasiva.

6.2. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA INTELECTUAL DE LA ESTIMULACIÓN TRANSCRANEAL CON CORRIENTE DIRECTA

Los resultados obtenidos confirman que el interés por la tDCS ha aumentado de manera muy significativa en las dos últimas décadas, consolidándose como una de las técnicas de neuromodulación con ECNI más investigadas. Desde los primeros estudios en el año 2000 hasta el crecimiento exponencial registrado a partir de 2015, la producción científica ha seguido un patrón de expansión característico de campos emergentes que alcanzan un punto de maduración y

diversificación. Este dinamismo refleja no solo la proliferación de aplicaciones clínicas, sino también el esfuerzo por establecer fundamentos metodológicos sólidos que permitan su integración en la investigación y la práctica clínica (371).

En relación con la difusión científica, la revista *Brain Stimulation* ocupa una posición central al combinar el mayor número de publicaciones con un alto factor de impacto, lo que indica tanto volumen como calidad en la producción. A su lado, *Frontiers in Human Neuroscience* aporta un importante número de artículos, aunque con un impacto menor, mientras que revistas como *Neuroimage* o *Clinical Neurophysiology*, con menor número de publicaciones, presentan factores de impacto elevados que refuerzan su papel como grupos de especialización. Esta diversidad confirma que el campo de la tDCS no se limita a una única plataforma editorial, sino que encuentra visibilidad en revistas clínicas, metodológicas y experimentales, lo que contribuye a su consolidación interdisciplinar.

Respecto a los autores, debemos destacar el liderazgo de Felipe Fregni en su productividad, seguido muy de cerca por Michael Nitsche. Ambos han marcado las principales líneas de desarrollo de la técnica, desde sus bases metodológicas hasta sus aplicaciones terapéuticas. Marom Bikson, André Brunoni, Walter Paulus y Álvaro Pascual-Leone completan el núcleo de investigadores más productivos, configurando una red donde los pioneros en los aspectos técnicos conviven con quienes han impulsado la aplicación clínica. La centralidad más elevada de Nitsche y Priori, junto a Bikson y Fregni, refleja que la relevancia de un autor no se mide únicamente por la cantidad de artículos publicados, sino por su capacidad para conectar diferentes comunidades científicas.

El análisis de instituciones y países refuerza esta idea de concentración de liderazgo con dispersión de la especialización. Estados Unidos lidera de forma destacada en volumen, apoyado por instituciones como *Harvard University*, *Harvard Medical School* y sus centros asociados. En paralelo, Brasil y Alemania se sitúan como polos de referencia a nivel internacional, representados por la *Universidade de São Paulo* y la *University of* Göttingen, respectivamente. Sin embargo, la centralidad más elevada corresponde precisamente a instituciones como *University of* Göttingen, *Universidade de São Paulo* o la University of *Múnich* que, pese a no liderar en número de citas, funcionan como nodos estratégicos de enlace entre distintos grupos. Este hallazgo confirma que la estructura de colaboración en tDCS se

sustenta en instituciones que, más allá de la cantidad de producción, facilitan el intercambio de conocimiento.

A nivel de países, la red muestra un núcleo central robusto en el que convergen Estados Unidos, Alemania, Italia, Inglaterra y Brasil, con un papel creciente de China y Australia. La elevada centralidad de Inglaterra y Alemania pone de manifiesto que, aunque Estados Unidos concentra la mayor parte de la producción, el liderazgo estructural es compartido con países europeos que articulan la red internacional. La presencia de países como España y Bélgica, con centralidades relevantes pese a su menor producción, indica además que existen nodos secundarios capaces de actuar como puentes de colaboración.

El análisis de los documentos más cocitados ofrece una visión clara de cómo se estructura la base intelectual de la tDCS. Los consensos y guías metodológicas ocupan un lugar central, encabezados por Lefaucheur *et al.* (2017), que con 555 citas se convirtió en el referente clínico más influyente al proponer recomendaciones terapéuticas para patologías como la fibromialgia, la depresión y el dolor neuropático, al tiempo que advirtió sobre los riesgos éticos de su uso domiciliario sin formación adecuada (232). De forma complementaria, Bikson *et al.* (2016) establecieron pautas de seguridad con especial énfasis en poblaciones vulnerables, mientras que Woods *et al.* (2016) profundizaron en los aspectos técnicos de la aplicación e incorporaron recomendaciones extensibles a otras modalidades de estimulación como la estimulación transcraneal con corriente alterna (46,278). Estos documentos, junto con la revisión de Brunoni *et al.* (2012), que integró mecanismos de acción, aspectos metodológicos y consideraciones éticas, han contribuido a consolidar un marco normativo. Su elevado número de citaciones explica su impacto acumulado, aunque su papel estructural en la red, medido en centralidad, es más limitado (12).

Del mismo modo, otros documentos combinan alta citación y centralidad, situándose como nodos estratégicos. Nitsche *et al.* (2008) sintetizaron el estado de la técnica y alcanzaron una centralidad elevada, enlazando los trabajos pioneros con nuevas aplicaciones clínicas (78). Jacobson *et al.* (2012) aportaron un metaanálisis sobre los efectos de polaridad de la tDCS en funciones motoras y cognitivas, actuando como puente entre la investigación básica y sus aplicaciones neuropsicológicas (246). También destacan Stagg y Nitsche (2011), Antal *et al.* (2017) y Batsikadze *et al.* (2013) que, con un impacto intermedio, han sido

fundamentales para comprender la fisiología de la técnica, proponer protocolos de baja intensidad y explorar como afecta la dosificación a los efectos (219,220,279).

Un tercer bloque está formado por documentos cuyo valor radica más en su centralidad que en el número de citas recibidas. Gandiga *et al.* (2006), con la centralidad más alta de la red, establecieron un protocolo metodológico clave, mientras que Boggio *et al.* (2008) validaron la eficacia de la tDCS en depresión (252,281). En esta línea se sitúan Horvath *et al.* (2015), que cuestionaron la evidencia de efectos cognitivos en población sana, y Loo *et al.* (2012), que evaluaron su aplicación en depresión (280,282). Estos estudios, aunque con menor citación, desempeñan un papel estructural decisivo al garantizar la cohesión de la red y estimular debates metodológicos y clínicos.

Por tanto, los resultados cuantitativos y estructurales obtenidos muestran que la tDCS ha pasado de ser una técnica emergente a un campo consolidado, con una base intelectual sustentada tanto en consensos normativos como en estudios experimentales que actúan como ejes de conexión. El crecimiento sostenido de la producción, la diversificación de revistas y la internacionalización de la colaboración reflejan un área dinámica que combina consolidación metodológica y expansión temática, reforzando su potencial de aplicación clínica y su papel en la investigación neurocientífica contemporánea.

Los resultados de ráfagas de citación o *bursts* obtenidos reflejan un patrón evolutivo en la investigación sobre tDCS que combina fases de exploración fisiológica con etapas de consolidación clínica a través de guías internacionales. La mayor explosión de citaciones se asocia a documentos que priorizaron la seguridad y la estandarización de la aplicación de la técnica, lo que confirma que el crecimiento del campo no se ha sustentado únicamente en hallazgos experimentales, sino también en la necesidad de establecer marcos regulatorios. El estudio de Lefaucheur *et al.* (2017) destaca por su vigencia y relevancia, al proporcionar recomendaciones clínicas específicas y alertar sobre los riesgos de un uso inadecuado fuera de entornos supervisados (232). De forma complementaria, el trabajo de Bikson *et al.* (2016) supuso un hito al ampliar las directrices hacia poblaciones sensibles, lo que refleja la expansión del interés por la seguridad en escenarios más amplios (46).

Desde un punto de vista cronológico, la primera etapa en la que se observa explosión de citaciones, comprendida entre el 2006 y 2014, muestra el inicio de la

evidencia clínica con aplicaciones en rehabilitación, especialmente en pacientes con ictus, y los primeros intentos de formalizar guías de seguridad en la aplicación de tDCS (78,252). La segunda fase, entre 2011 y 2019, refleja un giro hacia la comprensión de los mecanismos de acción de la tDCS, destacando la influencia de la polaridad, la intensidad y la duración de la estimulación sobre los resultados. Estos estudios fueron fundamentales para depurar los protocolos y sentar las bases para investigaciones más estandarizadas (12,219,220,246).

En los últimos años, entre 2016 y 2023, los *bursts* se concentran en publicaciones de consenso que definen con precisión los parámetros de aplicación y abordan el reto de trasladar la tDCS a la práctica clínica. El énfasis en poblaciones especiales, así como la advertencia sobre el uso doméstico de la técnica sin supervisión, subrayan la tensión entre accesibilidad y seguridad. Este conjunto de evidencias muestra que la investigación actual se encuentra en una fase de madurez, caracterizada por la estandarización y la expansión hacia ámbitos clínicos cada vez más específicos (46,232,278,279).

En conjunto, los resultados ponen de relieve que la tDCS ha evolucionado desde aplicaciones exploratorias y fisiológicas hasta convertirse en un campo en el que predominan las guías clínicas y las recomendaciones de seguridad, consolidando su papel como una herramienta terapéutica con un alto grado de estandarización internacional.

Respecto al análisis de Sigma, este confirma que el desarrollo de la tDCS ha seguido un patrón caracterizado por su consolidación de bases conceptuales, la validación experimental y finalmente la aplicación clínica acompañada de guías de seguridad. El valor excepcional de Nitsche *et al.* (2008) refleja su papel como nodo de innovación, al sintetizar de manera sistemática el conocimiento disponible y establecer directrices que siguen siendo una referencia (78).

La alta puntuación de Jacobson *et al.* (2012) y Gandiga *et al.* (2006) indica que tanto la revisión crítica de los mecanismos fisiológicos como la validación clínica temprana fueron elementos clave para legitimar la técnica, sin embargo, junto con Jacobson *et al.* (2012), los trabajos de Stagg *et al.* (2011) y Batsikadze *et al.* (2013) subrayan la importancia de profundizar en la fisiología de la estimulación, mostrando que la eficacia de la tDCS depende de variables como la polaridad, la intensidad y la duración de la aplicación (219,220,246,252). Esta línea de investigación ha permitido comprender que la aplicación de la técnica no sigue un

modelo lineal simple, sino que requiere una adecuada dosificación y contextualización.

El artículo de Horvath *et al.* (2015), que cuestiona los efectos cognitivos en individuos sanos, es igualmente relevante porque pone de manifiesto la necesidad de una reflexión crítica en un campo en rápida expansión (280). Su influencia en la red muestra cómo los debates y las controversias también contribuyen al desarrollo científico al forzar la revisión y mejora metodológica.

Del mismo modo, estudios como los de Boggio *et al.* (2008) y Loo *et al.* (2012) consolidaron la viabilidad de la tDCS en psiquiatría, especialmente en depresión, lo que abrió el camino hacia su uso como herramienta terapéutica (281,282). Las guías de Bikson *et al.* (2016) y la evidencia de seguridad de Poreisz *et al.* (2007) complementan este proceso y aseguran que la aplicación clínica se produzca bajo parámetros de seguridad (46,253).

En definitiva, los valores de Sigma ponen de manifiesto que la trayectoria de la tDCS ha estado marcada por una interacción constante entre descubrimientos fisiológicos básicos, la comprobación experimental de su eficacia y la posterior elaboración de recomendaciones clínicas. Más allá del volumen de citas, los trabajos destacados se distinguen por su capacidad de articular distintas corrientes de investigación y de situarse en puntos clave de la red científica, lo que les permitió actuar como fuente de innovación. Este recorrido refleja una transición clara desde los primeros estudios orientados a explorar los fundamentos de la técnica, pasando por una etapa de consolidación en la que las guías de seguridad, los consensos internacionales y el análisis crítico constituyen el eje principal del desarrollo de la tDCS.

El análisis clúster muestra que la investigación en tDCS se organiza en una red de cocitación altamente estructurada, con clústeres bien definidos tanto en el plano metodológico como en el clínico. El valor de modularidad Q=0,7472 confirma la existencia de comunidades temáticas claras y relativamente independientes, mientras que la silueta media cercana a 1 refleja una cohesión interna elevada en todos los grupos. Esta consistencia indica que las áreas centrales del campo como son las guías metodológicas, el estudio de la corteza motora, revisiones sistemáticas de los efectos y seguridad de la aplicación, así como las aplicaciones clínicas en depresión e ictus, han alcanzado un grado de consolidación significativo, lo que es característico de ámbitos científicos maduros.

El núcleo metodológico y de seguridad (clústeres #0, #1, #3, #5, #16, #19, #20, #24 y #26) constituye la base sobre la cual se sostiene la estandarización de la tDCS, Aquí convergen guías de consenso, revisiones técnicas y marcos regulatorios, que no solo acumulan el mayor número de citas y *bursts* de citación, sino que además articulan la conectividad de la red. El hecho de que el clúster #0 lidere simultáneamente en tamaño, citas y *bursts* revela su función sinérgica al sintetizar evidencia en guías y revisiones que mantienen relevancia práctica en el tiempo además de conectar subcampos experimentales y clínicos.

En paralelo, se observa una traslación clínica prioritaria hacia la rehabilitación post-ictus (clústeres #7 y #13, junto a los estudios sobre excitabilidad interhemisférica de los clústeres #12 y #14), los dominios cognitivos prefrontales (clústeres #1, #2, #17 y #25), y la depresión (clúster #5). Estas líneas conforman un eje aplicado que demuestra cómo la tDCS ha transitado desde la investigación básica hacia escenarios clínicos concretos, aunque con resultados heterogéneos en cuanto a eficacia, como reflejan los debates recogidos en el clúster #2.

Por otro lado, los clústeres de mecanismos de acción y neurofisiología (clústeres #6, #8, #11, #15, #21, #23) anclan el campo en marcos explicativos sólidos: la plasticidad sináptica, la monitorización mediante EMT-EEG y la modulación neuroquímica. Estos aportes favorecen interpretaciones causales y consolidan la credibilidad científica de la técnica, al ofrecer evidencia más allá de los resultados clínicos.

El contenido de los clústeres también refleja una fase de optimización de protocolos, representada por clústeres como el #9 (aprendizaje y farmacología) y el #22 (parámetros de dosificación y espaciado entre sesiones). Este nivel metodológico muestra que la comunidad científica está atenta a ajustar intensidad, polaridad, repetición y condiciones individuales, aspectos que podrían explicar parte de la heterogeneidad de resultados señalada en la literatura.

El patrón estructural de la red confirma, así, un ecosistema maduro y bien estratificado. Los consensos metodológicos (#0) sostienen la estandarización y seguridad en la aplicación clínica, los clústeres fisiológicos y experimentales (#1, #4, #6) proporcionan los mecanismos base y los bloques de aplicación clínica (#3, #5, #7, #13) prueban eficacia y diferentes aplicaciones. La centralidad recae en los clústeres experimentales (#1, #2, #3), lo que indica que la transferencia entre teoría y clínica se realiza a través de la investigación en corteza motora, plasticidad y

cognición. Esta asimetría entre impacto acumulado (dominado por consensos y revisiones) y centralidad (dominada por estudios experimentales) es típica en campos en consolidación ya que uno nodos sostienen la visibilidad mientras otros garantizan la conectividad temática. Este patrón en que los consensos y revisiones acumulan más citas, mientras que los estudios experimentales ocupan posiciones de centralidad estructural, es coherente con observaciones bibliométricas en otros campos. Diversos estudios como Yan *et al.* (2009) y Leydesdorff *et al.* (2007) demuestran que los nodos centrales en una red facilitan la conectividad temática aun cuando no tengan el mayor impacto por citas acumuladas (372,373).

Por otro lado, según las etiquetas de los clústeres de documentos cocitados, se observa que los expertos utilizan la tDCS para modular la excitabilidad cortical e influir en la plasticidad del sistema nervioso. Diferentes estudios han observado los efectos de esta técnica en patologías neurológicas como el ictus y alteraciones como la afasia, pero también se ha utilizado para el tratamiento de la depresión y la memoria de trabajo.

El análisis de los etiquetados automáticos permite reflexionar sobre la capacidad de cada algoritmo para caracterizar la estructura temática del campo. El hecho de que LLR genere rótulos más específicos confirma que este método resulta especialmente adecuado para identificar los núcleos distintivos de investigación en tDCS, como los trabajos centrados en afasia y depresión. En contraste, LSI aporta etiquetas más generales, que permiten ubicar los clústeres en categorías conceptuales amplias, pero con menor precisión temática. Por su parte, MI se orienta hacia denominaciones globales y transversales, lo que facilita reconocer grandes ejes de investigación, aunque a costa de perder especificidad. Esta comparación sugiere que la triangulación de los tres algoritmos aporta una visión complementaria ya que como muestran artículos como Ruiz-López *et al.* (2024) y Zhu *et al.* (2017), mientras LSI y MI ayudan a enmarcar el campo en categorías generales y a resaltar su cohesión global, el LLR ofrece información más valiosa para la interpretación, al discriminar de manera más clara las líneas de investigación que sostienen el desarrollo y la aplicación clínica de la tDCS (374,375).

En conjunto, la estructura de la red evidencia un equilibrio entre madurez y dinamismo ya que el campo de la tDCS dispone ya de consensos y guías clínicas que consolidan su aplicación, al mismo tiempo que mantiene líneas de innovación, optimización de protocolos y nuevas aplicaciones clínicas. Según las etiquetas de

los clústeres de documentos cocitados, los expertos emplean la tDCS principalmente para modular la excitabilidad cortical e influir en la plasticidad del sistema nervioso, lo que constituye un hilo conductor de las investigaciones tanto básicas como aplicadas. Diferentes estudios han documentado los efectos de esta técnica en patologías neurológicas como el ictus y la afasia, y también en el tratamiento de la depresión y la potenciación de la memoria de trabajo, ámbitos que ilustran su creciente aplicación clínica. Esta configuración sugiere que la tDCS se encuentra en una fase de consolidación temática, con fronteras de investigación abiertas a la expansión de indicaciones y a la resolución de debates sobre la magnitud real de sus efectos.

6.3. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA INTELECTUAL DE LA ESTIMULACIÓN MAGNÉTICA TRANSCRANEAL

Los resultados obtenidos confirman que la estimulación magnética transcraneal ha experimentado un crecimiento sostenido desde finales de los años ochenta, con un patrón caracterizado por tres fases: un inicio de rápido aumento hasta mediados de los noventa, un periodo de crecimiento progresivo hasta 2010 y una etapa de expansión explosiva a partir de 2011, que concentra más de dos tercios de la producción total. Este comportamiento refleja la transición de la EMT de una técnica experimental emergente a un campo consolidado con aplicaciones clínicas y de investigación cada vez más diversas.

En relación con las revistas, *Clinical Neurophysiology* destaca como la más productiva con 891 artículos, lo que confirma su papel como plataforma de referencia. Sin embargo, su factor de impacto es moderado en comparación con *Brain Stimulation* (9,2) o *Neuroimage* (7,4) que, aunque con menor número de publicaciones, concentran artículos de alto impacto científico. Por su parte, *Experimental Brain Research*, que ocupa el segundo lugar en productividad, cuenta con un factor de impacto reducido (2,1), lo que refleja su perfil más especializado en aspectos mecanicistas. Esta distribución sugiere que la literatura sobre EMT combina un núcleo de revistas históricas y de gran volumen con otras más recientes o especializadas que, pese a una menor producción, alcanzan mayor influencia.

Respecto a los autores, Álvaro Pascual-Leone lidera en productividad con 443 artículos, seguido por John Rothwell y Zafiris Daskalakis, lo que pone de

manifiesto el peso de las figuras pioneras en el desarrollo de la técnica. Otros investigadores como Fitzgerald, Hallett, Ziemann o Paulus consolidan el núcleo de expertos más influyentes, evidenciando la coexistencia de líderes en producción clínica, metodológica y experimental. La fuerte interrelación entre ellos se refleja en las redes de coautoría, donde la alta frecuencia de publicación no se traduce en valores elevados de centralidad, lo que indica que, aunque son referentes con elevada productividad, no actúan como grandes intermediarios entre distintos grupos de investigación.

A nivel institucional, *University of London* y *Harvard University* encabezan la producción, acompañadas por otras instituciones de referencia como *Harvard Medical School*, *National Institutes Of Health* o *Beth Israel Deaconess Medical Center*. Sin embargo, al analizar la red de colaboración institucional, emergen matices importantes: *University of Toronto* y *Harvard University* lideran en volumen de firmas de documentos, pero no en centralidad, mientras que *University College London* y *Harvard Medical School* destacan como nodos estratégicos, al combinar productividad elevada con posiciones centrales que favorecen la articulación de la red. Este hallazgo subraya que el impacto de una institución no depende solo de su productividad, sino de su capacidad para conectar comunidades de investigación.

En la dimensión geográfica, Estados Unidos y Alemania lideran en producción, con Italia, Inglaterra y Canadá también en posiciones destacadas. Sin embargo, los valores de centralidad reconfiguran este liderazgo, situando a Inglaterra y Francia por encima de Estados Unidos como los países más influyentes estructuralmente. Este contraste evidencia que, aunque el volumen de citaciones concentra el liderazgo en Norteamérica y Europa central, la cohesión de la red internacional depende de la intermediación de países europeos que actúan como puentes entre comunidades. La participación de otros países como Suecia, Austria o España, con centralidades significativas pese a una menor producción, refuerza la idea de que la EMT es un campo global con nodos periféricos que aportan conectividad.

El análisis de los documentos más cocitados revela dos núcleos de influencia. Por un lado, los consensos y guías clínicas, como los de Rossi *et al.* (2009) y Rossini *et al.* (2015), que lideran en citaciones y se consolidan como referencias normativas al establecer directrices de seguridad, metodología y aplicaciones clínicas de la EMT (71,217). A ellos se suman Lefaucheur *et al.* (2014) y Lefaucheur *et al.* (2020),

que elaboraron guías terapéuticas basadas en la evidencia y reforzaron su papel en patologías como depresión o dolor neuropático (11,32). Estos documentos han sido clave para legitimar la técnica y garantizar su aplicación segura, aunque su centralidad, salvo en casos concretos, no alcanza valores elevados.

Por otro lado, se encuentran estudios experimentales que, además de una citación relevante, presentan centralidades muy altas y cumplen funciones de conexión. El caso más representativo es Huang *et al.* (2005), con 591 citas y la centralidad más elevada (0,83), al introducir la TBS como protocolo innovador capaz de inducir plasticidad duradera en la corteza motora (15). De forma similar, Stefan *et al.* (2000) y Stefan *et al.* (2002) desarrollaron aplicaciones de estimulación que permitieron explorar los mecanismos de plasticidad sináptica en humanos, convirtiéndose en puentes entre la investigación básica y la clínica (37,321). También destacan Ilic *et al.* (2002), Sanger *et al.* (2001) o Fuhr *et al.* (1991), que a pesar de tener un menor volumen de citaciones, desempeñan un papel crucial en la articulación de la red (224,320,322).

Del mismo modo, otros documentos como Wassermann *et al.* (1998) u O'Reardon *et al.* (2007) tuvieron un impacto decisivo al establecer pautas de seguridad iniciales y validar la eficacia de la EMT en depresión mediante ensayos clínicos multicéntricos. Aunque sus centralidades no son elevadas, aportaron la legitimidad clínica necesaria para expandir la técnica a distintos escenarios terapéuticos (218,221).

En conjunto estos resultados muestran que la EMT ha evolucionado hacia un campo maduro y globalizado, con una base intelectual que combina guías clínicas de alto impacto y estudios mecanicistas de gran centralidad. La expansión sostenida de su producción, la diversificación de las revistas, la cooperación internacional y la complementariedad entre documentos de impacto y de conexión estructural confirman su posición como una de las técnicas más consolidadas dentro de la ECNI.

Los resultados encontrados en las ráfagas de citaciones o *Bursts* muestran que la evolución de la investigación en EMT ha estado marcada por un proceso progresivo que va desde los estudios fundacionales hasta la consolidación de guías internacionales y la incorporación de innovaciones técnicas. El hecho de que los *bursts* más intensos correspondan a publicaciones de consenso como Rossi *et al.* (2009), Rossini *et al.* (2015) y Lefaucheur *et al.* (2014), evidencia que el desarrollo del

campo ha estado fuertemente orientado hacia la estandarización y la seguridad en la aplicación de la técnica (11,71,217). Estas guías no solo proporcionaron marcos de referencia para la práctica clínica, sino que también aseguraron la reproducibilidad de los resultados y facilitaron la traslación de la EMT a distintos contextos terapéuticos.

La primera etapa, entre 1998 y 2007, estuvo dominada por estudios que exploraron el potencial fisiológico y terapéutico de la técnica. Las aportaciones de Wassermann *et al.* (1998) y Chen *et al.* (1997) fueron esenciales para demostrar la necesidad de aplicar la EMT bajo criterios de seguridad, mientras que Huang *et al.* (2005) introdujo protocolos capaces de inducir efectos más duraderos en la corteza motora (15,218,225). Sobre estas bases, la investigación avanzó hacia aplicaciones clínicas, como demostró el ensayo clínico de O´Reardon *et al.* (2007), que confirmó la eficacia de la EMT en la depresión con un perfil de seguridad favorable (221).

La segunda etapa, hasta 2017, supuso la consolidación del campo a través de consensos de expertos, siendo el documento de Rossi *et al.* (2009) el más influyente de todo el periodo analizado (71). Su impacto refleja el momento en que la EMT comenzó a expandirse en el ámbito clínico y se hizo imprescindible contar con pautas estandarizadas.

En los años más recientes, el énfasis ha estado en la integración de guías internacionales y en la diversificación de las aplicaciones clínicas. Las publicaciones de Lefaucheur *et al.* (2014 y 2020) y Rossini *et al.* (2015) consolidaron la práctica de la EMT en trastornos neurológicos y psiquiátricos, mientras que el trabajo de Blumberger *et al.* (2018) abrió nuevas perspectivas con la introducción de iTBS, que demostró ventajas en rapidez y eficacia terapéutica (11,32,217,245). Este último avance refleja la madurez del campo y su capacidad de innovar incluso en fases de estandarización.

En conjunto, la trayectoria descrita por los *bursts* refleja un proceso de maduración en tres tiempos: los estudios pioneros que validaron la técnica y sentaron las bases de seguridad; la transición hacia la práctica clínica con ensayos y consensos; y, finalmente, la consolidación de guías internacionales acompañada de innovaciones que buscan optimizar la eficacia terapéutica. Este recorrido muestra como la EMT ha pasado de ser una herramienta experimental para consolidarse como una intervención clínica de referencia en el ámbito de la ECNI.

Los resultados del análisis de Sigma reflejan cómo la investigación en EMT ha progresado desde estudios experimentales fundacionales hacia una etapa de consolidación clínica sustentada por consensos internacionales. El valor que sobresale de Rossi *et al.* (2009) muestra que las guías de seguridad no solo tuvieron un impacto en citación, sino que actuaron como nodos de conexión entre diferentes áreas, orientando tanto la investigación como la aplicación terapéutica (71).

La posición de Huang *et al.* (2005) confirma la importancia de la innovación metodológica, ya que la introducción de la TBS supuso un cambio de paradigma de la EMT, generando protocolos más eficaces que aportan resultados duraderos (15). Del mismo modo, las guías de Lefaucheur *et al.* (2014 y 2020) y Rossini *et al.* (2015) consolidaron el papel de los consensos europeos e internacionales como ejes vertebradores de este campo, lo que demuestra que la maduración de la técnica está directamente vinculada a la estandarización de sus parámetros de aplicación (11,32,217).

Del mismo modo, los trabajos de Chen *et al.* (1997), Kujirai *et al.* (1993) y Nakamura *et al.* (1997) evidencian que los avances fisiológicos y experimentales han sido fundamentales para comprender los mecanismos de acción de la EMT y para fundamentar la posterior práctica clínica. Estos estudios, con valores de Sigma relevantes, muestran cómo la investigación básica ha sido un pilar esencial para la consolidación posterior (38,225,323).

En el ámbito clínico, el ensayo multicéntrico de O´Reardon *et al.* (2007) y los estudios de Ziemann *et al.* (1996) demostraron que la EMT podía tener una aplicación terapéutica efectiva y segura, lo que abrió el camino hacia su aceptación en neurología y psiquiatría (221,231).

En síntesis, los valores de Sigma ponen de relieve que la evolución de la EMT ha transcurrido por una etapa inicial centrada en la exploración fisiológica y experimental hasta etapas posteriores caracterizadas por la innovación en los protocolos de estimulación y, finalmente, por la consolidación de consensos clínicos. Este proceso evidencia que la verdadera influencia de un artículo no reside únicamente en el volumen de citas que recibe, sino en su capacidad para ocupar posiciones estratégicas dentro de la red científica, para coordinar distintas líneas de trabajo y contribuir a establecer la EMT como una técnica fiable, segura y con proyección clínica en el ámbito de la estimulación cerebral no invasiva.

Respecto a los clústeres de los documentos cocitados en EMT, los resultados confirman que se trata de un campo en una fase de clara madurez científica. El elevado valor de modularidad (Q = 0,792) indica que la literatura se organiza en comunidades bien diferenciadas, con fronteras temáticas sólidas y escaso solapamiento entre clústeres. Esta segmentación sugiere que las principales líneas de investigación en EMT se han consolidado hasta adquirir una identidad propia, evitando la dispersión excesiva que caracteriza a áreas en estadios más incipientes. A su vez, la silueta (S = 0,9362) refleja un alto grado de homogeneidad interna en cada clúster, de modo que los documentos que los integran comparten de manera consistente objetivos, marcos teóricos y metodológicos.

La coexistencia de un conjunto de clústeres grandes y cohesionados junto con una constelación periférica de grupos menores aporta equilibrio entre consolidación y exploración. Los primeros representan la base estable del campo, donde se acumula el consenso metodológico y clínico, mientras que los segundos, aunque de menor tamaño, funcionan como espacios de innovación que mantienen abiertas nuevas vías de investigación. Tal y como muestra Kumar (2025) este patrón es característico de áreas que, como la EMT, han alcanzado un grado de consolidación metodológica suficiente como para generar consensos internacionales, pero siguen expandiendo sus fronteras mediante ensayos clínicos específicos y aproximaciones mecanicistas cada vez más refinadas (376).

En relación con la organización temática de los clústeres, podemos distinguir con claridad tres grandes bloques que estructuran el campo: un núcleo metodológico y de consensos, un conjunto de aplicaciones clínicas en expansión y una base experimental centrada en los mecanismos neurofisiológicos y la plasticidad cortical.

En primer lugar, el núcleo metodológico y de consensos se sostiene en clústeres como el clúster #1 (seguridad y riesgos), clúster #2 (normas y guías clínicas internacionales), clúster #7 (guías de práctica clínica) y el clúster #8 (consensos internacionales). Estos trabajos han sido decisivos para consolidar el uso de la EMT como herramienta clínica y experimental, estableciendo estándares de seguridad, protocolos y marcos éticos de aplicación. Documentos como las guías de Wassermann *et al.* (1998), Rossi *et al.* (2009) o Lefaucheur *et al.* (2014) y Lefaucheur *et al.* (2020) han fijado referencias que son hoy obligadas en la literatura de EMT. En conjunto, este bloque metodológico representa la base reguladora y técnica que

asegura tanto la seguridad como la validez científica de las aplicaciones posteriores (11,32,71,218).

El segundo bloque está formado por las aplicaciones clínicas, que han convertido la EMT en una técnica de referencia en salud mental y neurorrehabilitación. Destacan los clústeres #5 (salud mental), #9 (biomarcadores y conectividad), #10 (guías clínicas en depresión) #13 (estimulación en deterioro cognitivo), #15 (protocolos de lenguaje) y #16 (aplicaciones en tinitus). Estos grupos recogen desde ensayos pioneros, como los de Pascual-Leone *et al.* (1996) en depresión resistente, hasta grandes metaanálisis recientes como el de Blumberger *et al.* (2018) (241,245). Los avances en la selección de dianas corticales como muestran los estudios de Weigand *et al.* (2018) o Cash *et al.* (2021), han sido claves para incrementar la eficacia terapéutica (333,334). La expansión de la EMT hacia ámbitos como la afasia, el deterioro cognitivo o el tinnitus refleja un dinamismo clínico que complementa la solidez metodológica de los consensos.

Del mismo modo, la base experimental y mecanicista se plasma en clústeres como el #0 (estimulación motora y fundamentos fisiológicos), #3 (inhibición e interacciones intracorticales), #4 (redes corticales y plasticidad motora), #11 (Combinación EMT-EEG y biomarcadores de excitabilidad) y #14 (mapeo de la excitabilidad cortical). Estos núcleos profundizan en el conocimiento de la excitabilidad corticospinal, la inhibición intracortical mediada por neurotrasmisores GABA, la reorganización cortical y los procesos neurofisiológicos detectados mediante EEG. Estudios clásicos como los de Kujirai *et al.* (1993) o Ziemann *et al.* (1996) siguen siendo citados como pilares para entender los mecanismos de acción de la EMT (38,231). La combinación de este bloque con el núcleo metodológico configura una base sólida sobre la cual se construyen las aplicaciones clínicas.

Por su parte, los clústeres unidocumentales desempeñan un papel crucial como líneas de investigación emergentes o de especialización. Aunque aislados en el grafo, aportan información fundamental para la evolución del campo. En el plano metodológico, destacan trabajos como el consenso de Siebner *et al.* (2022) sobre qué estimula realmente la EMT o el estudio de Thielscher *et al.* (2015) que propone la creación de modelos computacionales que permitan predecir qué áreas serán estimuladas. Estos trabajos han perfeccionado la interpretación técnica de la estimulación (350,351). En el ámbito clínico, ensayos como el de Hoffman *et al.*

(2003) en alucinaciones resistentes o el multicéntrico de Carmi *et al.* (2019) en trastorno obsesivo-compulsivo han abierto líneas de aplicación específicas (275,357). Finalmente, aportaciones teóricas como la revisión de Hallett *et al.* (2000) o el modelo de plasticidad en ictus de Di-Pino *et al.* (2014) funcionan como referentes que inspiran tanto la experimentación básica como la aplicación clínica (35,360).

En conjunto, la estructura temática de los clústeres en EMT refleja un equilibrio entre un núcleo central consolidado, de metodología y experimentación, junto a una periferia diversa que alimenta la innovación. Esta organización garantiza, por un lado, la estabilidad necesaria para sostener consensos y guías, y por otro, la flexibilidad para explorar nuevas dianas, indicaciones y modelos teóricos, asegurando que el campo continúe expandiéndose sin perder cohesión interna.

En términos de impacto acumulado, los clústeres más influyentes corresponden al bloque metodológico, como por ejemplo el clúster #2 con 6730 citas, que lidera la red al reunir consensos internacionales y contribuciones innovadoras como la introducción de la TBS (15). Le sigue el clúster #1 que consolidó las bases de seguridad y riesgos de la técnica con aportaciones como la de Wassermann *et al.* (1998) (218). Otros clústeres de alta visibilidad son el clúster #4, centrado en redes corticales y plasticidad, y el clúster #3, dedicado a los mecanismos de inhibición intracortical. Estos núcleos actúan como repositorios de referencia, consolidando tanto los fundamentos fisiológicos como las pautas clínicas.

La dinámica temporal reflejada en los *bursts* de citación muestra cómo la atención de la comunidad científica se ha concentrado en momentos de innovación decisiva. El clúster #2 alcanza el valor más alto, confirmando su rol como epicentro en la expansión experimental de la técnica. Muy próximo aparece el clúster #1, reflejando el interés clínico en las patologías psiquiátricas como la depresión. También destacan los *bursts* de los clústeres #8, orientado a la excitabilidad cortical, clúster #4, ligado al mapeo de las áreas de estimulación, y el clúster #3, centrado en el período silente y la inhibición intracortical. En el ámbito clínico, el clúster #5 muestra igualmente picos de atención en el tratamiento de la depresión resistente. Estos datos confirman que tanto los avances mecanicistas como las aplicaciones

clínicas han protagonizado fases de intenso dinamismo, reforzando la dualidad entre experimentación básica y aplicación terapéutica.

Por otro lado, los indicadores de centralidad revelan un patrón complementario. El clúster #2 presenta la centralidad más elevada, actuando como puente vertebrador entre los bloques metodológicos y clínicos. Otros clústeres con valores relevantes son el clúster #7, que concentra guías clínicas internacionales y dota de cohesión al bloque terapéutico, el clúster #3, que enlaza los hallazgos experimentales con las aplicaciones en rehabilitación y neuropsiquiatría, y el clúster #1, que conecta las bases de seguridad con la práctica terapéutica.

Estos valores muestran que, aunque el impacto acumulado recae en revisiones y consensos, la conectividad de la red depende en gran medida de estudios experimentales y metodológicos que aseguran la transferencia entre dominios. Este desequilibrio entre impacto acumulado y centralidad es característico de campos que, como la EMT, han alcanzado un grado de madurez, pero que mantienen una base experimental activa que nutre su evolución (102,377).

En relación con el patrón estructural de la red de clústeres generada, ésta muestra dos dimensiones complementarias: la visibilidad acumulada de los consensos y guías, y la conectividad generada por los estudios experimentales. Además, como hemos mencionado anteriormente, los indicadores globales de modularidad y silueta confirman que la red está organizada en comunidades estables, con escaso solapamiento y fronteras temáticas bien delimitadas. Esta solidez permite interpretar con claridad el papel diferencial de cada bloque dentro del ecosistema de la estimulación magnética transcraneal.

Los consensos y guías agrupadas en los clústeres #2, #7 y #8 destacan por su alta visibilidad bibliométrica. Estos trabajos, entre ellos las guías de Rossi *et al.* (2009) y Lefaucheur *et al.* (2014), acumulan el mayor número de citas y funcionan como referentes normativos que otorgan legitimidad y estandarización al campo (11,71). Su ubicación en la red responde a un patrón de elevada citación, pero menor centralidad, lo que refleja su función de consolidar el marco teórico y metodológico más que de articular conexiones entre áreas distintas.

En contraste, los estudios experimentales se distinguen por su capacidad de generar conectividad entre bloques. Clústeres como el #0, #2, #3 o #4 no son necesariamente los más citados, pero sí los que presentan una mayor centralidad

estructural. Trabajos como los de Day *et al.* (1989) o Kujirai *et al.* (1993) han sido cruciales para articular la base experimental de la EMT y establecer puentes entre el núcleo metodológico y las aplicaciones clínicas posteriores (38,233). Estos clústeres actúan, por tanto, como nodos de intermediación que sostienen la cohesión del grafo y facilitan la transferencia de conocimiento entre áreas.

A este esquema central se añaden clústeres periféricos que, si bien no ocupan posiciones estratégicas en términos de centralidad, enriquecen el campo aportando especialización temática. Ejemplo de ello son el clúster #8, que agrupa revisiones internacionales de amplio alcance y proporciona una visión de síntesis, el clúster #10, centrado dianas de estimulación concretas para la depresión, lo que respalda la aplicación clínica con criterios neuroanatómicos de precisión, y el clúster #15, dedicado al uso de EMTr y TBS en afasia, que representa una línea clínica específica vinculada a la rehabilitación del lenguaje. Aunque periféricos desde el punto de vista estructural, estos grupos amplían el espectro de aplicaciones y muestran cómo la diversificación temática contribuye a mantener la innovación y la relevancia clínica sin comprometer la cohesión general de la red.

Este patrón en el que los consensos acaparan la mayor visibilidad, los estudios experimentales presentan alta conectividad y los estudios periféricos aportan diversificación, coincide con lo descrito en otros campos de la bibliometría científica. Tal como señalan Chen et al. (2006) y Van Eck y Waltman (2014), las revisiones y consensos suelen acumular gran parte del impacto bibliométrico, mientras que los estudios experimentales ocupan posiciones clave en la red por su función de enlace y los periféricos aportan exploración emergente (102,378). En el caso de la EMT, este equilibrio asegura tanto la consolidación de un marco normativo robusto como la innovación de las líneas experimentales y clínicas que permiten ampliar sus horizontes.

Respecto al etiquetado automático aplicado a los clústeres, se observa que los expertos utilizan la estimulación magnética transcraneal como aplicación terapéutica y como herramienta de diagnóstico. La EMT se utiliza como técnica de neuromodulación para el tratamiento de patologías neurológicas que afectan principalmente a la corteza motora, pero también se ha empleado para el tratamiento de trastornos psicológicos como la depresión. Además, la EMT se utiliza como herramienta de diagnóstico para analizar los potenciales evocados y

la excitabilidad cortical del mismo modo que otras técnicas como la electroencefalografía y la resonancia magnética funcional.

Cada algoritmo captura dimensiones distintas del campo y, en conjunto, aportan una visión complementaria de su estructura. El algoritmo LSI se caracteriza por asignar etiquetas amplias y de fácil reconocimiento, situando los clústeres en ejes temáticos centrales como *motor evoked-potential*, *major depression*, *human motor cortex*, *systematic review* o *cortical excitability*. Estos términos permiten ubicar los grandes bloques de investigación, desde los fundamentos fisiológicos y metodológicos hasta las aplicaciones clínicas en depresión y las revisiones sistemáticas, proporcionando un mapa de conjunto sólido. Sin embargo, su carácter generalista limita la capacidad de distinguir fenómenos más específicos.

En contraste, el algoritmo LLR se confirma como el algoritmo más discriminativo y analítico. Sus etiquetas reflejan fenómenos claramente delimitados o protocolos de investigación concretos, como *silent period* en el clúster #3, *electric field* en el clúster #4, *preactivated ankle dorsiflexor* en el clúster #6, *intensive occupational therapy* en el clúster #8, *machine learning* en el clúster #10 o *poststroke aphasia* en el clúster #15. Esta precisión permite identificar con nitidez tanto los núcleos metodológicos como las aplicaciones clínicas y experimentales, lo que convierte a LLR en la herramienta más informativa para la interpretación detallada de la red.

El algoritmo MI, por su parte, muestra un patrón mucho más homogéneo y transversal. La mayoría de los clústeres aparecen etiquetados con el término *human cerebral cortex*, introduciendo solo en algunos casos matices diferenciadores, como *adolescent major depressive disorder* en el clúster #10. Esta uniformidad refleja la orientación del campo hacia el estudio de la corteza cerebral como marco común de la EMT, pero al mismo tiempo reduce la capacidad de discriminar entre comunidades temáticas específicas, ofreciendo un nivel de resolución bajo en comparación con LLR o incluso LSI.

Desde una perspectiva aplicada, la combinación de un marco generalista (LSI), un enfoque analítico (LLR) y una visión transversal (MI) permite confirmar tanto la madurez conceptual de la EMT como su diversificación temática. El etiquetado no solo delimita con claridad los fundamentos fisiológicos (clústeres #0, #3, #14), sino que también traza la expansión hacia aplicaciones clínicas (clústeres #1, #5, #9, #10, #15) y hacia innovaciones metodológicas (clústeres #4 y #11). En

conjunto, la triangulación de estos algoritmos refuerza la validez de la lectura bibliométrica y se alinea con lo descrito en estudios previos de bibliometría, donde se subraya que la combinación de métodos generalistas, analíticos y transversales es clave para interpretar de manera equilibrada la evolución de un campo (102,378).

En definitiva, la red de clústeres de documentos cocitados en EMT, muestra un campo maduro en sus fundamentos y dinámico en sus aplicaciones, donde podemos evidenciar comunidades temáticas compactas y bien delimitadas, sustentadas por consensos metodológicos y normativos que han proporcionado seguridad y estandarización.

Sobre esta base se despliega un bloque clínico robusto, centrado en depresión y extendido a ámbitos como la afasia post-ictus, tinnitus o el deterioro cognitivo. Paralelamente, los clústeres mecanicistas consolidan el estudio de la excitabilidad cortical y la plasticidad sináptica complementados por innovaciones como la combinación de EMT con EEG, mientras que los clústeres menores aportan precisión y exploración de áreas específicas.

Por todo ello, la EMT se presenta como un área consolidada en su metodología, diversificada en aplicaciones y dinámica en la incorporación de nuevas aportaciones experimentales y clínicas.

VII – CONCLUSIONES

VII - CONCLUSIONES

El análisis global de la estructura intelectual de la ECNI demuestra que este campo se ha configurado como un ecosistema científico en plena expansión, donde la EMT se consolida como técnica madura y estandarizada, la tDCS emerge como un ámbito dinámico en proceso de consolidación, y la ECNI en su conjunto articula ambos desarrollos en un marco común de madurez y diversificación.

La evolución de la **producción científica** revela un crecimiento progresivo y sostenido en la ECNI desde finales de los años ochenta, con un punto de inflexión a partir del 2000 y una consolidación en la última década. *Clinical Neurophysiology* se consolida como revista histórica y *Brain Stimulation* como referente de mayor impacto, mientras que los autores Pascual-Leone, Rothwell, Nitsche y Fregni marcan las principales líneas de desarrollo. A nivel institucional, *Harvard University* y *National Institutes of Health* lideran en volumen y Estados Unidos, Alemania, Italia e Inglaterra se mantienen como núcleos geográficos de referencia. La tDCS confirma su carácter emergente, con un incremento exponencial a partir de 2015 y un núcleo de liderazgo en torno a Fregni, Nitsche y Bikson, apoyado en las instituciones *Universidade de São Paulo y University of Göttingen*. La EMT, en cambio, presenta tres fases bien delimitadas, con una producción creciente que alcanza su máximo tras 2011, las revistas *Neuroimage* y *Brain Stimulation* aportan artículos de alto impacto, y los autores pioneros Pascual-Leone y Rothwell están situados a la vanguardia, respaldados por las instituciones de prestigio *Harvard University, University College London* y *National Institutes of Health*, con Estados Unidos y Alemania liderando en volumen.

En relación con los **indicadores estructurales**, el análisis de las redes de coautoría, coocurrencia de instituciones y países en los documentos citantes, y de cocitación de documentos, permite una visión detallada de la arquitectura intelectual del campo. En la ECNI, la elevada frecuencia de citación de consensos y revisiones metodológicas refleja un núcleo consolidado de conocimiento, mientras que los documentos experimentales alcanzan alta centralidad, actuando como puentes entre comunidades. La proporción de nodos incluidos en la red y sus valores de densidad confirman una estructura madura y cohesionada. En la tDCS,

los indicadores muestran una red más joven y fragmentada, donde la frecuencia de citación se concentra en los trabajos fundacionales y la centralidad recae en consensos recientes que articulan la estandarización, la proporción de nodos es más reducida y la densidad de la red menor, lo que confirma un campo en expansión, pero aún en proceso de consolidación. Por su parte, la EMT presenta una organización más estable con documentos mecanicistas y guías internacionales que combinan alta frecuencia de citación y centralidad, la proporción de nodos es más amplia que en la tDCS, y la densidad de la red revela una cohesión propia de un ámbito metodológicamente estandarizado y clínicamente legitimado. En conjunto, estos indicadores estructurales muestran que la ECNI articula un equilibrio entre la solidez de la EMT y el dinamismo emergente de la tDCS, configurando un ecosistema científico robusto y diversificado.

Los **indicadores temporales**, que incluyen tanto los *burst* como el índice de innovación Sigma, ponen de manifiesto que la configuración del campo ha estado marcada por fases sucesivas de atención bibliométrica y por la irrupción de documentos que actuaron como nodos estratégicos de innovación. En la ECNI se distinguen tres etapas: una inicial de validación de la EMT con trabajos fundacionales en seguridad y excitabilidad; una de transición marcada por la introducción de la tDCS y la actualización de protocolos; y una fase de madurez clínica con guías internacionales que han legitimado su aplicación. En la tDCS, los indicadores señalan primero un periodo exploratorio vinculado a la rehabilitación del ictus, después una etapa centrada en los mecanismos de acción y, más recientemente, una fase de estandarización caracterizada por consensos internacionales que insisten en seguridad y eficacia clínica. La EMT reproduce este patrón en tres tiempos: un inicio experimental y de seguridad, una transición clínica consolidada con consensos europeos y una fase actual de madurez marcada por guías internacionales y la incorporación de innovaciones como la estimulación *theta-burst*, que ha renovado el campo sin comprometer su estandarización.

La **organización en clústeres** confirma la solidez y madurez de este campo. En la ECNI, los valores de modularidad y silueta indican una red cohesionada, con consensos metodológicos y clínicos como principal núcleo de impacto acumulado, y estudios experimentales como nodos de centralidad que mantienen la conectividad. La EMT muestra un patrón similar, con clústeres robustos dedicados a la seguridad de aplicación, la depresión y los mecanismos de excitabilidad, en los

que los consensos de Rossi y Rossini acumulan el mayor número de citas, mientras que la innovación metodológica de Huang en protocolos *theta-burst* alcanza la máxima centralidad. La tDCS, por su parte, presenta clústeres bien definidos que integran guías internacionales de seguridad, estudios mecanicistas en plasticidad sináptica y aplicaciones clínicas en rehabilitación post-ictus y depresión, con Nitsche, Jacobson y Gandiga como nodos de centralidad decisiva. El análisis de Sigma refuerza estas dinámicas al mostrar que la verdadera innovación procede tanto de estudios pioneros como de consensos internacionales que actuaron como nodos estratégicos en la red.

VIII - LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

VIII - LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

8.1. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

El presente trabajo presenta diversas limitaciones que conviene señalar. En primer lugar, el análisis bibliométrico se ha realizado exclusivamente mediante el software CiteSpace. Esta decisión metodológica garantiza la solidez de los indicadores y la reproducibilidad de los resultados, pero restringe la posibilidad de contrastarlos con los obtenidos a través de otras aplicaciones. Cada herramienta de análisis dispone de algoritmos propios de procesamiento, normalización y representación de datos; por ello, el empleo de un único programa puede haber condicionado tanto la detección de clústeres como el etiquetado automático, así como la ponderación de métricas estructurales tales como la modularidad, la centralidad o la silueta (106,140).

En segundo lugar, el estudio se ha basado en una única fuente documental como es Web of Science. Si bien se trata de una de las bases más robustas y consolidadas para este tipo de investigaciones, su cobertura deja fuera parte de la literatura científica, especialmente publicaciones en revistas no indexadas, literatura gris o trabajos en idiomas distintos del inglés. Esta limitación, ya señalada en la bibliometría aplicada a las ciencias de la salud, puede introducir un sesgo de cobertura que afecta a la representatividad global de los resultados (379,380).

También debemos considerar la limitación relacionada con la construcción de las estrategias de búsqueda temáticas. Aunque los conceptos y técnicas empleados presentan un alto grado de normalización en la literatura científica, la inclusión o exclusión de determinados términos relacionados podría haber introducido variaciones en los resultados obtenidos, condicionando en cierta medida el alcance y la representatividad de la muestra analizada.

Otra limitación se deriva del uso de citas y coocurrencias como unidades de análisis. Las citas no siempre reflejan la calidad metodológica de los estudios, ya que su frecuencia puede depender de factores externos como la visibilidad de las revistas, el prestigio de los autores o las políticas editoriales (106,379).

Debe considerarse también la fiabilidad de los metadatos. Errores en la indexación, duplicados o variaciones en la forma de citar autores y títulos pueden

afectar a la precisión de las redes construidas, pese a los procesos de depuración realizados (106,381).

Finalmente, es necesario señalar la subjetividad inherente en la interpretación de los clústeres. Aunque se han aplicado criterios objetivos y se ha recurrido al etiquetado automático mediante algoritmos de minería de textos (LLR, LSI, MI), las etiquetas generadas no siempre representan fielmente el contenido temático de los documentos agrupados. En este sentido, la asignación de significado a los clústeres y la lectura de las redes depende en parte del juicio del investigador, lo que introduce un margen inevitable de subjetividad en la interpretación de los resultados (140,382).

8.2. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo abre múltiples posibilidades de desarrollo en investigaciones futuras. Una primera línea sería ampliar el horizonte temporal del análisis, incorporando la producción científica de los años más recientes. La ECNI es un campo en constante evolución, en el que la irrupción de nuevas modalidades como tACS, tRNS o la estimulación por ultrasonido focalizado y la diversificación de sus aplicaciones clínicas podrían modificar la estructura intelectual identificada en este estudio.

De igual modo, aunque en esta investigación se han abordado tanto las especialidades de aplicación como los mapas de citantes y citados a nivel documental, resulta pertinente profundizar en estas aproximaciones mediante comparaciones longitudinales en las que se analice cómo varía la producción científica o la centralidad de determinadas técnicas de estimulación en distintos periodos temporales, así como mediante análisis interdisciplinares que estudien las conexiones entre la estimulación cerebral no invasiva y áreas afines como la neurorrehabilitación y la psicología cognitiva. Este enfoque permitiría observar con mayor claridad cómo evolucionan los patrones de transmisión del conocimiento entre áreas clínicas y cómo se interconectan las distintas técnicas de estimulación con disciplinas cercanas.

Desde el punto de vista metodológico, futuras investigaciones podrían integrar diferentes fuentes documentales como Scopus, PubMed o Dimensions, lo que contribuiría a ampliar la cobertura y reducir los sesgos asociados al uso

exclusivo de Web of Science. De igual modo, sería recomendable contrastar los resultados con otros softwares de análisis como pueden ser VOSviewer o Bibliometrix, favoreciendo una triangulación que aumente la consistencia de las conclusiones y minimice la dependencia de un único algoritmo de clustering y etiquetado.

Otra línea de investigación con gran potencial se orienta hacia el estudio de la transferencia del conocimiento, explorando cómo los hallazgos bibliométricos en ECNI se reflejan en guías de práctica clínica, ensayos clínicos controlados o normativas sanitarias. De este modo, se podría vincular la estructura intelectual identificada con su impacto real en la práctica asistencial y en la educación de fisioterapeutas y otros profesionales sanitarios.

Finalmente, convendría fomentar investigaciones de carácter mixto, que combinen la solidez cuantitativa de los análisis bibliométricos con aproximaciones cualitativas como entrevistas a expertos o revisiones críticas de consensos internacionales. Este enfoque permitiría contextualizar los patrones observados en las redes y ofrecer una visión más completa de los factores epistemológicos y sociales que impulsan la consolidación y expansión de la estimulación cerebral no invasiva.

IX - REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IX - REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Pascual-Leone Á, Tormos JM. Estimulación magnética transcraneal: fundamentos y potencial de la modulación de redes neurales específicas. Rev Neurol. 2008;46(S01):S3.
2. Barker A, Jalinous R. Non-invasive magnetic stimulation of human motor cortex. The Lancet. 1985;325(8437):1106–7.
3. Fregni F, Pascual-Leone A. Technology Insight: noninvasive brain stimulation in neurology—perspectives on the therapeutic potential of rTMS and tDCS. Nat Rev Neurol. 2007 Jul;3(7):383–93.
4. Calvo-Merino B, Haggard P. Estimulación magnética transcraneal. Aplicaciones en neurociencia cognitiva. Rev Neurol. 2004;38(4):374–80.
5. Huang YZ, Lu MK, Antal A, Classen J, Nitsche M, Ziemann U, et al. Plasticity induced by non-invasive transcranial brain stimulation: A position paper. Clinical Neurophysiology. 2017 Nov;128(11):2318–29.
6. Henrich-Noack P, Sergeeva E, Sabel B. Non-invasive electrical brain stimulation: from acute to late-stage treatment of central nervous system damage. Neural Regen Res. 2017;12(10):1590-4.
7. Palm U, Chalah MA, Ayache SS. Brain Stimulation and Neuroplasticity. Brain Sci. 2021 Jun 30;11(7):873.
8. Lan L, Zhang X, Li X, Rong X, Peng Y. The efficacy of transcranial magnetic stimulation on migraine: a meta-analysis of randomized controlled trails. J Headache Pain. 2017 Dec;18(1):86.
9. Pan R, Ye S, Zhong Y, Chen Q, Cai Y. Transcranial alternating current stimulation for the treatment of major depressive disorder: from basic mechanisms toward clinical applications. Front Hum Neurosci. 2023 Sep 4;17:1197393.
10. Liew SL, Santarnecchi E, Buch ER, Cohen LG. Non-invasive brain stimulation in neurorehabilitation: local and distant effects for motor recovery. Front Hum Neurosci. 2014 Jun 27;8:378.

11. Lefaucheur JP, André-Obadia N, Antal A, Ayache SS, Baeken C, Benninger DH, et al. Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS). Clin Neurophysiol. 2014 Nov;125(11):2150–206.

12. Brunoni AR, Nitsche MA, Bolognini N, Bikson M, Wagner T, Merabet L, et al. Clinical research with transcranial direct current stimulation (tDCS): Challenges and future directions. Brain Stimul. 2012 Jul;5(3):175–95.

13. Dayan E, Censor N, Buch ER, Sandrini M, Cohen LG. Noninvasive brain stimulation: from physiology to network dynamics and back. Nat Neurosci. 2013 Jul;16(7):838–44.

14. Bartrés D, Junqué C, Tormos JM, Pascual-Leone Á. Aplicación de la estimulación magnética transcraneal a la investigación neuropsicológica. Rev Neurol. 2000;30(12):1169-74.

15. Huang YZ, Edwards MJ, Rounis E, Bhatia KP, Rothwell JC. Theta Burst Stimulation of the Human Motor Cortex. Neuron. 2005 Jan;45(2):201–6.

16. Kesikburun S. Non-invasive brain stimulation in rehabilitation. Turk J Phys Med Rehabil. 2022 Mar 1;68(1):1-8.

17. Túñez-Fiñana I, Pascual-Leone A. Estimulación magnética transcraneal y neuromodulación. Presente y futuro en neurociencias. 1st ed. Elsevier; 2014. 41–54 p.

18. Wagner T, Valero-Cabre A, Pascual-Leone A. Noninvasive Human Brain Stimulation. Annu Rev Biomed Eng. 2007 Aug 15;9(1):527–65.

19. Mayberg H. Targeted electrode-based modulation of neural circuits for depression. J Clin Invest. 2009;119(4):717–25.

20. Rosenberg RN. Circuits and Circuit Disorders: Approaches to Neuromodulation. JAMA Neurol. 2015 Nov;72(11):1232.

21. Deng Z, Luber B, Balderston N, Velez Afanador M, Noh M, Thomas J, et al. Device-Based Modulation of Neurocircuits as a Therapeutic for Psychiatric Disorders. Annu Rev Pharmacol Toxicol. 2020;60(1):591–614.

22. George M, Wassermann E, Post R. Transcranial magnetic stimulation: a neuropsychiatric tool for the 21st century. JNP. 1996 Nov 1;8(4):373–82.

23. Hallet M. Transcranial Magnetic Stimulation: A Primer. Neuron. 2007 Jul 19;55(2):187–99.

24. Hernández-Gutiérrez MI, Carrillo-Mora P. Aplicaciones terapéuticas de la estimulación cerebral no invasiva en neurorrehabilitación. Investigación discapac. 2017;6(1):25–33.

25. VanHaerents S, Chang BS, Rotenberg A, Pascual-Leone A, Shafi MM. Noninvasive Brain Stimulation in Epilepsy. J Clin Neurophysiol. 2020 Mar;37(2):118-130.

26. Gómez-Fernández L. Estimulación cerebral no invasiva en las enfermedades neurológicas y psiquiátricas. Rev. cuba. neurol. neurocir. 2018 Sep 3;8(2):1–20.

27. Fuenzalida J. Aspectos fundamentales en métodos de neuromodulación (RTMS, TDCS) y terapia de habla y lenguaje en la rehabilitación de la afasia subaguda o crónica post-ictus. Veritas. 2021 Nov 19;22(1):61.

28. Ang KK, Guan C, Phua KS, Wang C, Zhao L, Teo WP, Chen C, Ng YS, Chew E. Facilitating effects of transcranial direct current stimulation on motor imagery brain-computer interface with robotic feedback for stroke rehabilitation. Arch Phys Med Rehabil. 2015 Mar;96(3 Suppl):S79-87.

29. Hyun-Kyu C, Sang-Goo J, Myoung-Kwon K, Jong-Sung C. Effect of Transcranial Direct Current Stimulation of Function in Patients with Stroke. J Phys Ther Sci. 2014;26(3):363–5.

30. Tahtis V, Kaski D, Seemungal BM. The effect of single session bi-cephalic transcranial direct current stimulation on gait performance in sub-acute stroke: A pilot study. Restor Neurol Neurosci. 2014;32(4):527-32.

31. Rubio-Morell B, Rotenberg A, Hernández-Expósito S, Pascual-Leone Á. Uso de la estimulación cerebral no invasiva en los trastornos psiquiátricos de la infancia: nuevas oportunidades y retos diagnósticos y terapéuticos. Rev Neurol. 2011;53(04):209.

32. Lefaucheur JP, Aleman A, Baeken C, Benninger DH, Brunelin J, Di Lazzaro V, et al. Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS): An update (2014–2018). Clin Neurophysiol. 2020 Feb;131(2):474–528.

33. Sanmartino F, González-Rosa J. Aplicaciones de la neurofisiología cognitiva y la estimulación cerebral no invasiva al estudio del lenguaje. Pragmalinguistica. 2020;(28):188–211.

34. Rothwell JC. Techniques and mechanisms of action of transcranial stimulation of the human motor cortex. J Neurosci Methods. 1997 Jun 27;74(2):113-22.

35. Hallett M. Transcranial magnetic stimulation and the human brain. Nature. 2000;406(6792):147–50.

36. De Goede AA, Ter Braack EM, Van Putten MJAM. Single and paired pulse transcranial magnetic stimulation in drug naïve epilepsy. Clin Neurophysiol. 2016 Sep;127(9):3140–55.

37. Stefan K. Induction of plasticity in the human motor cortex by paired associative stimulation. Brain. 2000 Mar 1;123(3):572–84.

38. Kujirai T, Caramia MD, Rothwell JC, Day BL, Thompson PD, Ferbert A, et al. Corticocortical inhibition in human motor cortex. J Physiol. 1993 Nov;471(1):501–19.

39. Desmyter S, Duprat R, Baeken C, Van Autreve S, Audenaert K, van Heeringen K. Accelerated Intermittent Theta Burst Stimulation for Suicide Risk in Therapy-Resistant Depressed Patients: A Randomized, Sham-Controlled Trial. Front Hum Neurosci. 2016 Sep 27;10:480.

40. Hurtado-Puerto AM, Nestor K, Eldaief M, Camprodon JA. Safety Considerations for Cerebellar Theta Burst Stimulation. Clin Ther. 2020 Jul;42(7):1169-1190.e1.

41. Neuteboom D, Zantvoord JB, Goya-Maldonado R, Wilkening J, Dols A, Van Exel E, et al. Accelerated intermittent theta burst stimulation in major depressive disorder: A systematic review. Psychiatry Res. 2023 Sep;327:115429.

42. Lasagna CA, Taylor SF, Lee TG, Rutherford S, Greathouse T, Gu P, Tso IF. Continuous Theta Burst Stimulation to the Secondary Visual Cortex at 80% Active Motor Threshold Does Not Impair Central Vision in Humans During a Simple Detection Task. Front Hum Neurosci. 2021 Aug 27;15:709275.

43. Hernandez-Pavon JC, San Agustín A, Wang MC, Veniero D, Pons JL. Can we manipulate brain connectivity? A systematic review of cortico-cortical paired associative stimulation effects. Clin Neurophysiol. 2023 Oct;154:169–93.

44. Hebb DO. The Organization of Behavior. A Neuropsychological Theory. John Wiley & Sons; 1949.

45. Kadosh RC. The stimulated brain: cognitive enhancement using non-invasive brain stimulation. London Waltham, MA San Diego, CA: Elsevier/Academic Press; 2014.

46. Bikson M, Grossman P, Thomas C, Zannou AL, Jiang J, Adnan T, et al. Safety of Transcranial Direct Current Stimulation: Evidence Based Update 2016. Brain Stimul. 2016;9(5):641–61.

47. Nitsche MA, Paulus W. Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation. J Physiol. 2000;527(3):633-9.

48. Antal A, Paulus W. Transcranial alternating current stimulation (tACS). Front Hum Neurosci. 2013 Jun 28;7:317.

49. Elyamany O, Leicht G, Herrmann CS, Mulert C. Transcranial alternating current stimulation (tACS): from basic mechanisms towards first applications in psychiatry. Eur Arch Psychiatry Clin Neurosci. 2021 Feb;271(1):135–56.

50. Potok W, Van Der Groen O, Bächinger M, Edwards D, Wenderoth N. Transcranial Random Noise Stimulation Modulates Neural Processing of Sensory and Motor Circuits, from Potential Cellular Mechanisms to Behavior: A Scoping Review. eNeuro. 2022 Jan;9(1):ENEURO.0248-21.2021.

51. Datta A, Dmochowski JP, Guleyupoglu B, Bikson M, Fregni F. Cranial electrotherapy stimulation and transcranial pulsed current stimulation: A computer based high-resolution modeling study. NeuroImage. 2013 Jan;65:280–7.

52. Zhang T, Pan N, Wang Y, Liu C, Hu S. Transcranial Focused Ultrasound Neuromodulation: A Review of the Excitatory and Inhibitory Effects on

Brain Activity in Human and Animals. Front Hum Neurosci. 2021 Sep 28;15:749162.

53. Kosnoff J, Yu K, Liu C, He B. Transcranial focused ultrasound to V5 enhances human visual motion brain-computer interface by modulating feature-based attention. Nat Commun. 2024 Jun 11;15(1):4382.

54. Chen X, You J, Ma H, Zhou M, Huang C. Transcranial pulse stimulation in Alzheimer's disease. CNS Neurosci Ther. 2024;30(2):e14372.

55. Shinzato GT, Assone T, Sandler PC, Pacheco-Barrios K, Fregni F, Radanovic M, et al. Non-invasive sound wave brain stimulation with Transcranial Pulse Stimulation (TPS) improves neuropsychiatric symptoms in Alzheimer's disease. Brain Stimul. 2024 Mar;17(2):413–5.

56. Montazeri K, Farhadi M, Fekrazad R, Akbarnejad Z, Chaibakhsh S, Mahmoudian S. Transcranial photobiomodulation in the management of brain disorders. J Photochem Photobiol B. 2021 Aug;221:112207.

57. Lin H, Li D, Zhu J, Liu S, Li J, Yu T, Tuchin VV, Semyachkina-Glushkovskaya O, Zhu D. Transcranial photobiomodulation for brain diseases: review of animal and human studies including mechanisms and emerging trends. Neurophotonics. 2024 Jan;11(1):010601.

58. Fernández-del-Olmo M, Cudeiro-Mazaira J. Estimulación magnética transcraneal: principios básicos y aplicaciones en la actividad física y el deporte. Eur. j. hum. mov. 2004;12:1–20.

59. Ibiricu MA, Morales G. Estimulación magnética transcraneal. An Sist Sanit Navar. 2009;32.

60. Malavera M, Silva F, García R, Rueda L, Carrillo S. Fundamentos y aplicaciones clínicas de la estimulación magnética transcraneal en neuropsiquiatría. Rev. colomb. psiquiatr. 2014 Mar;43(1):32–9.

61. León Ruiz M, Rodríguez Sarasa ML, Sanjuán Rodríguez L, Benito-León J, García-Albea Ristol E, Arce Arce S. Evidencias actuales sobre la estimulación magnética transcraneal y su utilidad potencial en la neurorrehabilitación postictus: Ampliando horizontes en el tratamiento de la enfermedad cerebrovascular. Neurología. 2018 Sep;33(7):459–72.

62. Klomjai W, Katz R, Lackmy-Vallée A. Basic principles of transcranial magnetic stimulation (TMS) and repetitive TMS (rTMS). Ann Phys Rehabil Med. 2015 Sep;58(4):208–13.

63. Medina FJ, Tunez I. Huntingtons Disease: The Value of Transcranial Meganetic Stimulation. Curr Med Chem. 2010 Aug 1;17(23):2482–91.

64. Baek A, Park E, Kim S, Nam B, Kim J, Jun S, et al. High-Frequency Repetitive Magnetic Stimulation Enhances the Expression of Brain-Derived Neurotrophic Factor Through Activation of Ca2+–Calmodulin-Dependent Protein Kinase II–cAMP-Response Element-Binding Protein Pathway. Front Neurol. 2018;9:285.

65. Wang HY, Crupi D, Liu J, Stucky A, Cruciata G, Di Rocco A, et al. Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation Enhances BDNF-TrkB Signaling in Both Brain and Lymphocyte. J Neurosci. 2011;31(30):11044–54.

66. Tormos JM, Catalá MD, Pascual-Leone A. Estimulación magnética transcraneal. Rev Neurol. 1999;29(2):165–71.

67. Bobadilla H, Fierro M. Estimulación magnética transcraneana (EMT). Rev. colomb. psiquiatr. 2002;31(4).

68. Najib U, Bashir S, Edwards D, Rotenberg A, Pascual-Leone A. Transcranial Brain Stimulation: Clinical Applications and Future Directions. Neurosurg Clin N Am. 2011 Apr;22(2):233–51.

69. Deng Z, Lisanby S, Peterchev A. Electric field depth–focality tradeoff in transcranial magnetic stimulation: Simulation comparison of 50 coil designs. Brain Stimul. 2013 Jan;6(1):1–13.

70. Gersner R, Oberman L, Sanchez MJ, Chiriboga N, Kaye HL, Pascual-Leone A, et al. H-coil repetitive transcranial magnetic stimulation for treatment of temporal lobe epilepsy: A case report. Epilepsy Behav Case Rep. 2016;5:52–6.

71. Rossi S, Hallett M, Rossini PM, Pascual-Leone A. Safety, ethical considerations, and application guidelines for the use of transcranial magnetic stimulation in clinical practice and research. Clin Neurophysiol. 2009 Dec;120(12):2008–39.

72. Wagner T, Fregni F, Fecteau S, Grodzinsky A, Zahn M, Pascual-Leone A. Transcranial direct current stimulation: A computer-based human model study. NeuroImage. 2007 Apr;35(3):1113–24.

73. Schlaug G, Renga V, Nair D. Transcranial direct current stimulation in stroke recovery. Arch Neurol. 2008 Dec;65(12):1571-6.

74. Schlaug G, Renga V. Transcranial direct current stimulation: a noninvasive tool to facilitate stroke recovery. Expert Rev Med Devices. 2008 Nov;5(6):759–68.

75. Sunwoo H, Kim YH, Chang WH, Noh S, Kim EJ, Ko MH. Effects of dual transcranial direct current stimulation on post-stroke unilateral visuospatial neglect. Neurosci Lett. 2013 Oct;554:94–8.

76. Rossi C, Sallustio F, Di Legge S, Stanzione P, Koch G. Transcranial direct current stimulation of the affected hemisphere does not accelerate recovery of acute stroke patients: TDCS in acute stroke. Eur J Neurol. 2013 Jan;20(1):202–4.

77. Reidler JS, Nascimento BC, Wu DSK, Carvas M, Massuyama BK, de Oliveira BMR, et al. Modulation of inhibitory systems to enhance motor rehabilitation: Insights for the use of noninvasive brain stimulation. Psychol. Neurosci. 2010 Jul;3(2):151–60.

78. Nitsche MA, Cohen LG, Wassermann EM, Priori A, Lang N, Antal A, et al. Transcranial direct current stimulation: State of the art 2008. Brain Stimul. 2008 Jul;1(3):206–23.

79. Bikson M, Rahman A, Datta A, Fregni F, Merabet L. High-Resolution Modeling Assisted Design of Customized and Individualized Transcranial Direct Current Stimulation Protocols. Neuromodulation. 2012 Aug;15(4):306–15.

80. Nitsche MA, Paulus W. Sustained excitability elevations induced by transcranial DC motor cortex stimulation in humans. Neurology. 2001 Nov 27;57(10):1899–901.

81. Shafi MM, Westover MB, Fox MD, Pascual-Leone A. Exploration and modulation of brain network interactions with noninvasive brain stimulation in combination with neuroimaging: Brain stimulation and neuroimaging of networks. Eur J Neurosci. 2012 Mar;35(6):805–25.

82. Stagg CJ, Johansen-Berg H. Studying the effects of transcranial direct-current stimulation in stroke recovery using magnetic resonance imaging. Front Hum Neurosci. 2013 Dec 12;7:857.

83. Gunduz A, Kumru H, Pascual-Leone A. Outcomes in spasticity after repetitive transcranial magnetic and transcranial direct current stimulations. Neural Regen Res. 2014;9(7):712.

84. Brunoni A, Amadera J, Berbel B, Volz M, Rizzerio B, Fregni F. A systematic review on reporting and assessment of adverse effects associated with transcranial direct current stimulation. Int J Neuropsychopharmacol. 2011;14(8):1133–45.

85. Homan R, Herman J, Purdy P. Cerebral location of international 10–20 system electrode placement. Electroencephalogr Clin Neurophysiol. 1987 Apr;66(4):376–82.

86. Polanía R, Nitsche M, Ruff C. Studying and modifying brain function with non-invasive brain stimulation. Nat Neurosci. 2018 Feb;21(2):174–87.

87. Talamillo-García T. Manual básico para enfermeros en electroencefalografía. Enfermería Docente. 2011;94:29–33.

88. Duffy F, Iyer V, Surwillo W. Clinical electroencephalography and topographic brain mapping: Technology and practice. 4th ed. Springer Science & Business Media; 2012.

89. DaSilva A, Volz M, Bikson M, Fregni F. Electrode Positioning and Montage in Transcranial Direct Current Stimulation. JoVE. 2011 May 23;(51):2744.

90. Fernández-Garza N. Manual de laboratorio de fisiología. 6th ed. McGraw-Hill Education; 2015.

91. Jasper H. Report of the committee on methods of clinical examination in electroencephalography. Electroencephalogr Clin Neurophysiol. 1958 May;10(2):370–5.

92. Fernandez-Fraga S, Rangel-Mondragon J. Comparativo de los Algoritmos de Dimensión Fractal Higuchi, Katz y Multiresolución de Conteo de Cajas en Señales EEG Basadas en Potenciales Relacionados por Eventos. REVEIA. 2017 Sep 12;14(27):73–83.

93. Guerri M. La corteza cerebral: áreas motoras, de asociación y del lenguaje [Internet]. PsicoActiva. 2023. Available from: https://www.psicoactiva.com/blog/la-corteza-cerebral-areas-motoras-asociacion-del-lenguaje/

94. Valls-Solé J, Pascual-Leone A, Wassermann E, Hallett M. Human motor evoked responses to paired transcranial magnetic stimuli. Electroencephalogr Clin Neurophysiol. 1992 Dec;85(6):355–64.

95. Chang W, Kim M, Park E, Cho J, Youn J, Kim Y, et al. Effect of Dual-Mode and Dual-Site Noninvasive Brain Stimulation on Freezing of Gait in Patients With Parkinson Disease. Arch Phys Med Rehabil. 2017;98(7):1283–90.

96. Srovnalova H, Marecek R, Rektorova I. The role of the inferior frontal gyri in cognitive processing of patients with Parkinson's disease: A pilot rTMS study. Mov Disord. 2011 Jul;26(8):1545–8.

97. Martínez-Fuentes J, Ríos-Díaz J, Meroño-Gallut AJ, Martínez-Payá JJ, del-Baño-Aledo ME. Caracterización de la base intelectual de la fisioterapia a través del análisis de cocitación de documentos. Fisioterapia. 2014 Jul;36(4):167–76.

98. Chen C, Ibekwe-SanJuan F, Hou J. The structure and dynamics of cocitation clusters: A multiple-perspective cocitation analysis. J. Assoc. Inf. Sci. Technol. 2010;61(7):1386–409.

99. Arencibia Jorge R, de Moya Anegón F. La evaluación de la investigación científica: una aproximación teórica desde la cienciometría. Acimed. 2008;17(4):1–27.

100. Bornmann L, Leydesdorff L. Scientometrics in a changing research landscape: Bibliometrics has become an integral part of research quality evaluation and has been changing the practice of research. EMBO Reports. 2014 Dec;15(12):1228–32.

101. Hood WW, Wilson CS. The Literature of Bibliometrics, Scientometrics, and Informetrics. Scientometrics. 2001 Oct;52(2):291–314.

102. Chen C. CiteSpace II: Detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature. J. Assoc. Inf. Sci. Technol. 2006;57(3):359–77.

103. Small H. Co ‐ citation in the scientific literature: A new measure of the relationship between two documents. J. Assoc. Inf. Sci. Technol. 1973;24(4):265‐9.

104. Van Eck NJ, Waltman L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. Scientometrics. 2010 Aug;84(2):523–38.

105. Aria M, Cuccurullo C. bibliometrix : An R-tool for comprehensive science mapping analysis. J. Informetr. 2017 Nov;11(4):959–75.

106. Miguel S, Moya-Anegón F, Herrero-Solana V. El análisis de co-citas como método de investigación en Bibliotecología y Ciencia de la Información. Investig. Bibliotecol. 2007;21(43):139–55.

107. Choudhri AF, Siddiqui A, Khan NR, Cohen HL. Understanding Bibliometric Parameters and Analysis. RadioGraphics. 2015 May;35(3):736–46.

108. Córdoba-Cely C, Alpiste F, Londoño F, Monguet J. Análisis de cocitación de autor en el modelo de aceptación tecnológico, 2005-2010. REV ESP DOC CIENT. 2012 Jun 30;35(2):238–61.

109. Davidson PM, Newton PJ, Ferguson C, Daly J, Elliott D, Homer C, Duffield C, Jackson D. Rating and ranking the role of bibliometrics and webometrics in nursing and midwifery. ScientificWorldJournal. 2014 Jan 6;2014:135812.

110. González-Uceda L. Teoría de la ciencia, documentación y bibliometría. Rev. Gen. Inf. Doc. 1997;7(2):201–15.

111. Spinak E. Indicadores cienciométricos. Ci Inf. 1998;27(2):141–8.

112. Paseiro Ares G. Obsolescencia e idiomática de la revista Fisioterapia durante los años 1989, 1999 y 2000. Fisioterapia. 2002 Jan;24(1):40–6.

113. Martínez-González M, Gómez-Conesa A. Estudio bibliométrico de la Revista Iberoamericana de Fisioterapia y Kinesiología (1998-2002). Revista Iberoamericana de Fisioterapia y Kinesiología. 2003;6(1):58–71.

114. Estabrooks C, Winther C, Derksen L. Mapping the Field: A Bibliometric Analysis of the Research Utilization Literature in Nursing. Nurs Res. 2004;53(5):293–303.

115. DeShazo J, LaVallie D, Wolf F. Publication trends in the medical informatics literature: 20 years of "Medical Informatics" in MeSH. BMC Med Inform Decis Mak. 2009 Dec;9(1):7.

116. Takeda Y, Kajikawa Y. Optics: a bibliometric approach to detect emerging research domains and intellectual bases. Scientometrics. 2009 Mar;78(3):543–58.

117. Vernaza-Pinzón P, Álvarez-Bravo G. Latin American Scientific Output in Physical Therapy/Kinesiology. Aquichan. 2011;11(1):94–107.

118. Wang C. The intellectual structure of modern accounting research: Concepts, theories and relationships. Afr J Bus Manage. 2012;6(23):6860–6.

119. González de Dios J, Aleixandre-Benavent R. Evaluación de la investigación en Biomedicina y Ciencias de la Salud: indicadores bibliométricos y cibermétricos. Bol Pediatr. 2007;47:92–110.

120. Macías-Chapula CA. Papel de la informetría y de la cienciometría y su perspectiva nacional e internacional. ACIMED. 2001;9(4):35–41.

121. Canales-Becerra H, Mesa-Fleitas M. Bibliometría, informetría, cienciometría: Su etimología y alcance conceptual [Internet]. Congreso Internacional de Información INFO; 2002. Available from: https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=es&user=a0P91fMAAAAJ&citation_for_view=a0P91fMAAAAJ:u5HHmVD_uO8C

122. Dávila-Rodríguez M, Guzman-Sáenz R, Macareno-Arroyo H, Piñeres-Herera D. Bibliometría: conceptos y utilidades para el estudio médico y la formación profesional. Salud UNINORTE. 2009;25(2):319–30.

123. Aleixandre-Benavent R. Bibliometría e indicadores de actividad científica. In: Jiménez-Villa J, Argimón-Pallás J, Martín-Zurro A, Vilardell-Tarrés M, editors. Publicación científica biomédica. Madrid: Elsevier; 2010. p. 363–84.

124. Tonta Y, Darvish HR. Diffusion of latent semantic analysis as a research tool: A social network analysis approach. J. Informetr. 2010;4(2):166–74.

125. Al U, Taskin Z, Duzyol G. Use of Social Network Analysis in Bibliometric Researches. In: BOBCATSSS 2012; 23-25 January 2012; Amsterdam, The Netherlands.

126. Ruiz-Baños R, Bailón-Moreno R, Jiménez-Contreras E, Courtial JP. Structure and dynamics of scientific networks. Part II: The new Zipf's law, the clusters of co-citations and the model of the descriptor presence. Scientometrics. 1999 Feb;44(2):235–65.

127. Jankovic MP, Kaufmann M, Kindler CH. Active Research Fields in Anesthesia: A Document Co-Citation Analysis of the Anesthetic Literature. Anesth Analg. 2008;106(5):1524–33.

128. Chen C. Predictive effects of structural variation on citation counts. J Am Soc Inf Sci. 2012;63(3):431–49.

129. Börner K, Chen C, Boyack K. Visualizing knowledge domains. Annual Review Info Sci Tec. 2003;37(1):179–255.

130. Ma F, Lyu P, Yao Q, Yao L, Zhang S. Publication trends and knowledge maps of global translational medicine research. Scientometrics. 2014;98(1):221–46.

131. Boyack K. Mapping knowledge domains: Characterizing PNAS. Proc Natl Acad Sci USA. 2004;101(suppl_1):5192–9.

132. Guerrero-Bote V, Vargas-Quesada B, Espinosa-Calvo M, Moya-Anegón F. Estudio comparativo de seis dominios científicos nacionales. Rev esp doc cient. 2009;32(3):9–28.

133. Boyack K, Börner K. Indicator ‐ assisted evaluation and funding of research: Visualizing the influence of grants on the number and citation counts of research papers. J Am Soc Inf Sci. 2003;54(5):447‐61.

134. Torres-Salinas D, Delgado López-Cózar E, Jiménez-Contreras E. Redes de citación de las revistas españolas de Ciencias Sociales 1994-2006. Rev esp doc cient. 2009;32(2):34–50.

135. Schargus M, Kromer R, Druchkiv V, Frings A. The top 100 papers in dry eye - A bibliometric analysis. Ocul Surf. 2018 Jan;16(1):180-190.

136. Liang Y, Li Y, Zhao J, Wang X, Zhu H, Chen X. Study of acupuncture for low back pain in recent 20 years: a bibliometric analysis via CiteSpace. J Pain Res. 2017 Apr;10:951–64.

137. Ma R, Ho YS. Comparison of environmental laws publications in Science Citation Index Expanded and Social Science Index: a bibliometric analysis. Scientometrics. 2016 Oct;109(1):227–39.

138. Olmeda-Gómez C, Perianes-Rodríguez A, Ovalle-Perandones MA. Mapas de información científica: redes de cocitación de clases y categorías en la producción científica de los investigadores en Medicina de la Comunidad de Madrid. 1995-2003. En: XXVII International Sunbelt Social Network Conference 2007; 1-6 May 2007; Corfu, Greece.

139. Bailón-Moreno R, Jurado-Alameda E, Ruiz-Baños R, Courtial JP. The unified scientometric model. Fractality and transfractality. Scientometrics. 2005;63(2):231–57.

140. Martínez-Fuentes J. Base intelectual de la fisioterapia a través del análisis de cocitación de documentos (1983-2009) [Tesis doctoral]. Murcia (España). Universidad Católica de Murcia;2014.

141. Bailón-Moreno R, Jurado-Alameda E, Ruiz-Baños R, Courtial JP. Bibliometric laws: Empirical flaws of fit. Scientometrics. 2005;63(2):209–29.

142. Martínez-González M, Marín-Fernández J, Rebollo-Roldán J. Producción científica de la revista Cuestiones de Fisioterapia (1995-2000). Cuest Fisioter. 2002;20(20):1–10.

143. Martínez-González M, Marín-Fernández J, Rebollo-Roldán J. Análisis del consumo de información en la revista Cuestiones de Fisioterapia (1995-2000). Cuest Fisioter. 2002;21:37–44.

144. Araújo C. Evolução histórica e questões atuais. Em Questão. 2006;12(1):11–32.

145. Massó-Ávila J, Bernabéu-Lledó M, Medina F, Valera-Garrido J. Productividad de los fisioterapeutas españoles en el período 1991-1999 a través del análisis bibliométrico de la revista Fisioterapia. Fisioterapia. 2000;22(1):2–11.

146. Bailón-Moreno R, Jurado-Alameda E, Ruiz-Baños R, Courtial JP, Jiménez-Contreras E. The pulsing structure of science: Ortega y Gasset, Saint Matthew, fractality and transfractality. Scientometrics. 2007;71(1):3–24.

147. Braun E. Caos, Fractales y Cosas Raras. 1a. México D.F.: Fondo de Cultura Económica; 1996.

148. Mandelbrot BB. La geometría fractal de la naturaleza. Barcelona: Tusquets Editores; 1997.

149. Eom YH, Fortunato S. Characterizing and Modeling Citation Dynamics. Perc M, editor. PLoS ONE. 2011 Sep 22;6(9):e24926.

150. Synnestvedt M, Chen C, Holmes J. Visual Exploration of Landmarks and Trends In the Medical Informatics Literature. AMIA Annu Symp Proc. 2005;1129.

151. Ruiz-Baños R, Bailón-Moreno R. Métodos para medir experimentalmente el envejecimiento de la literatura científica. Boletín de la Asociación Andaluza de Bibliotecarios. 1997;46:57–75.

152. Fortunato S, Bergstrom CT, Börner K, Evans JA, Helbing D, Milojević S, et al. Science of science. Science. 2018 Mar 2;359(6379):eaao0185.

153. Verginer L, Riccaboni M. Cities and countries in the global scientist mobility network. Appl Netw Sci. 2020 Dec;5(1):38.

154. Glänzel W, Schubert A. Analysing Scientific Networks Through Co-Authorship. In: Moed HF, Glänzel W, Schmoch U. (eds) Handbook of Quantitative Science and Technology Research. Kluwer Academic Publishers; 2004. p. 257–76.

155. Liu L, Jones B, Uzzi B, Wang D. Data, measurement and empirical methods in the science of science. Nat Hum Behav. 2023;7:1046–58.

156. Akella AP, Alhoori H, Kondamudi PR, Freeman C, Zhou H. Early indicators of scientific impact: Predicting citations with altmetrics. J. Informetr. 2021 May;15(2):101128.

157. Thelwall M, Nevill T. Could scientists use Altmetric.com scores to predict longer term citation counts? J. Informetr. 2018 Feb;12(1):237–48.

158. Robinson-Garcia N, Sugimoto CR, Murray D, Yegros-Yegros A, Larivière V, Costas R. The many faces of mobility: Using bibliometric data to measure the movement of scientists. J. Informetr. 2019 Feb;13(1):50–63.

159. Donthu N, Kumar S, Mukherjee D, Pandey N, Lim WM. How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. J. Bus. Res.. 2021 Sep;133:285–96.

160. Zupic I, Čater T. Bibliometric Methods in Management and Organization. Organ Res Methods. 2015 Jul;18(3):429–72.

161. Thelwall M, Haustein S, Larivière V, Sugimoto CR. Do Altmetrics Work? Twitter and Ten Other Social Web Services. Bornmann L, editor. PLoS ONE. 2013 May 28;8(5):e64841.

162. Haustein S, Costas R, Larivière V. Characterizing Social Media Metrics of Scholarly Papers: The Effect of Document Properties and Collaboration Patterns. Glanzel W, editor. PLoS ONE. 2015 Mar 17;10(3):e0120495.

163. Bu Y, Waltman L, Huang Y. A multidimensional framework for characterizing the citation impact of scientific publications. Quant. sci. stud. 2021 Apr 8;2(1):155–83.

164. Klarin A. How to conduct a bibliometric content analysis: Guidelines and contributions of content co‐occurrence or co‐word literature reviews. Int J Consumer Studies. 2024 Mar;48(2):e13031.

165. Hicks D, Wouters P, Waltman L, De Rijcke S, Rafols I. Bibliometrics: The Leiden Manifesto for research metrics. Nature. 2015 Apr 23;520(7548):429–31.

166. Moed H. Citation Analysis in Research Evaluation. Springer; 2005.

167. Wilsdon J, Allen L, Belfiore E, Campbell P, Curry S, Hill S, et al. The Metric Tide: Report of the Independent Review of the Role of Metrics in Research Assessment and Management [Internet]. Unpublished; 2015 [cited 2025 Sep 21]. Available from: http://rgdoi.net/10.13140/RG.2.1.4929.1363

168. Persson O, Danell R, Schneider J. How to use Bibexcel for various types of bibliometric analysis. International Society for Scientometrics and Informetrics. Celebr Schol Commun Stud;5:9-24.

169. Cobo MJ, López‐Herrera AG, Herrera‐Viedma E, Herrera F. SciMAT: A New Science Mapping Analysis Software Tool. J Am Soc Inf Sci Tec. 2012 Aug;63(8):1609‐30.

170. Bastian M, Heymann S, Jacomy M. Gephi: An Open Source Software for Exploring and Manipulating Networks. ICWSM. 2009 Mar 19;3(1):361–2.

171. Batagelj V, Mrvar A. Pajek - Analysis and Visualization of Large Networks. In: Jünger M, Mutzel P (eds) Graph Drawing Software. Mathematics and Visualization. Berlin:Springer;2004.

172. Cobo MJ, López-Herrera AG, Herrera-Viedma E, Herrera F. Science mapping software tools: Review, analysis, and cooperative study among tools. J Am Soc Inf Sci. 2011 Jul;62(7):1382–402.

173. Salomón YP. Campo científico de la Comunicación: examinando su estructura intelectual a través del análisis de cocitación. Rev. lat. comun. soc. 2010;65:204–13.

174. Marshakova I. System of document connections based on references. Nauchno-Tekhnicheskaya Informatsiya Seriya 2-Informatsionnye Protsessy I Sistemy. 1973;(6):3–8.

175. Xia X, Li L, Cheng Z, Chen Q, Huang T, Yu Y, et al. Comprehensive bibliometric research in neuroscience: focusing on ophthalmology. Front Neurosci. 2023 Jun 15;17:1106023.

176. Medeiros W, Barros T, Caixeta FV. Bibliometric mapping of non-invasive brain stimulation techniques (NIBS) for fluent speech production. Front Hum Neurosci. 2023 Jun 22;17:1164890.

177. Sun W, Song J, Dong X, Kang X, He B, Zhao W, et al. Bibliometric and visual analysis of transcranial direct current stimulation in the web of science database from 2000 to 2022 via CiteSpace. Front Hum Neurosci. 2022 Dec 1;16:1049572.

178. Li C, Tu S, Xu S, Zhang Y, Yan Z, Jia J, et al. Research Hotspots and Frontiers of Transcranial Direct Current Stimulation in Stroke: A Bibliometric Analysis. Brain Sci. 2022 Dec 21;13(1):15.

179. Wei Y xin, Tu L dan, He L, Qiu Y tong, Su W, Zhang L, et al. Research hotspots and trends of transcranial magnetic stimulation in Parkinson's disease: a bibliometric analysis. Front Neurosci. 2023 Oct 19;17:1280180.

180. Carneiro BD, Tavares I. Transcranial Magnetic Stimulation to Treat Neuropathic Pain: A Bibliometric Analysis. Healthcare. 2024 Feb 28;12(5):555.

181. Cong S, Wang M, Yan L, Sun L, Zheng B, Xie J, et al. Current Application Status of Non-Invasive Brain Stimulation Techniques in Alzheimer's Disease: A Bibliometric Analysis. Front Aging Neurosci. 2025 Sep 25;17:1585885.

182. He L, Guo QF, Hu Y, Tan HX, Chen Y, Wang CH, et al. Bibliometric and visualised analysis on non-invasive cerebellar stimulation from 1995 to 2021. Front Neurosci. 2023 Mar 31;17:1047238.

183. Wu CF, Shen C, Wang ZD, Gong Y, Zhou LH, Qian WJ, et al. A bibliometric analysis of transcranial alternating current stimulation. Front Neurosci. 2024 Aug 2;18:1409492.

184. Nieminen P, Pölönen I, Sipola T. Research literature clustering using diffusion maps. J Informetr. 2013 Oct;7(4):874–86.

185. Chen C, Chen Y. Searching for Clinical Evidence in CiteSpace. AMIA Anny Symp Proc. 2005;121–5.

186. Börner K. Making Sense of Mankind's Scholarly Knowledge and Expertise: Collecting, Interlinking, and Organizing What We Know and Different Approaches to Mapping (Network) Science. Environ Plann B Plann Des. 2007;34(5):808–25.

187. Synnestvedt M. Enriching Knowledge Domain Visualizations: Analysis of a Record Linkage and Information Fusion Approach to Citation Data. AMIA Anny Symp Proc. 2007;711–5.

188. Garfield E. The evolution of the Science Citation Index. Int. microbiol. 2007;10:65–9.

189. Ho Y. The top-cited research works in the Science Citation Index Expanded. Scientometrics. 2013 Mar;94(3):1297–312.

190. Shibata N, Kajikawa Y, Takeda Y, Matsushima K. Detecting emerging research fronts based on topological measures in citation networks of scientific publications. Technovation. 2008 Nov;28(11):758–75.

191. Tonta Y, Düzyol G. Mapping the structure and evolution of electronic publishing as a research field using co‐citation analysis. In: ELPUB 2010; June 2010; Helsinki, Finland.

192. Chen C. Searching for intellectual turning points: progressive knowledge domain visualization. Proc Natl Acad Sci U S A. 2004 Apr 6;101 Suppl 1(Suppl 1):5303-10.

193. Liu Z, Yin Y, Liu W, Dunford M. Visualizing the intellectual structure and evolution of innovation systems research: a bibliometric analysis. Scientometrics. 2015 Apr;103(1):135–58.

194. Xiao F, Li C, Sun J, Zhang L. Knowledge Domain and Emerging Trends in Organic Photovoltaic Technology: A Scientometric Review Based on CiteSpace Analysis. Front Chem. 2017 Sep 15;5:67.

195. Chen C. The centrality of pivotal points in the evolution of scientific networks. In: Proceedings of the 10th international conference on Intelligent user interfaces. ACM; 2005. p. 98–105.

196. Chen C, Hu Z, Milbank J, Schultz T. A visual analytic study of retracted articles in scientific literature. J Am Soc Inf Sci Tec. 2013;64(2):234–53.

197. Mane KK, Börner K. Mapping topics and topic bursts in PNAS. Proc Natl Acad Sci U S A. 2004 Apr 6;101(suppl_1):5287–90.

198. Liu S, Sun Y, Gao X, Sui Y. Knowledge domain and emerging trends in Alzheimer's disease: a scientometric review based on CiteSpace analysis. Neural Regen Res. 2019;14(9):1643.

199. Chen C. CiteSpace: a practical guide for mapping scientific literature. Hauppauge, NY, USA: Nova Science Publishers; 2016.

200. Samoylenko I, Chao T, Liu W, Chen C. Visualizing the scientific world and its evolution. J Am Soc Inf Sci. 2006 Sep;57(11):1461–9.

201. Gao J, Ding K, Teng L, Pang J. Hybrid documents co-citation analysis: making sense of the interaction between science and technology in technology diffusion. Scientometrics. 2012 Nov;93(2):459–71.

202. Salton G, Gill M. Introduction to modern information retrieval. 3rd ed. New York: McGraw-Hill Book Comp; 1987. 448 p.

203. Freeman L. A Set of Measures of Centrality Based on Betweenness. Sociometry. 1977 Mar;40(1):35.

204. Chen C, Hu Z, Liu S, Tseng H. Emerging trends in regenerative medicine: a scientometric analysis in CiteSpace. Expert Opin Biol Ther. 2012;12(5):593–608.

205. Chen C, Chen Y, Horowitz M, Hou H, Liu Z, Pellegrino D. Towards an explanatory and computational theory of scientific discovery. J Informetr. 2009;3(3):191–209.

206. Kleinberg J. Bursty and Hierarchical Structure in Streams. Data Min. Knowl. Discov. 2002;7(4):373–97.

207. Von Luxburg U. A tutorial on spectral clustering. Stat Comput. 2007 Dec;17(4):395–416.

208. Galvez C. Análisis de co-palabras aplicado a los artículos muy citados en Biblioteconomía y Ciencias de la Información (2007-2017). Rev gen inf doc. 2018;30(3):277–86.

209. López-Fraile L, Jiménez-García E, Alonso Guisande M. Análisis de citación, co-citación y co-palabras de los medios de comunicación pública y ecosistema digital. RLCS. 2023 Jun 27;(82):22–45.

210. Arbelaitz O, Gurrutxaga I, Muguerza J, Pérez J, Perona I. An extensive comparative study of cluster validity indices. Pattern Recognition. 2013;46(1):243–56.

211. Newman MEJ. Modularity and community structure in networks. Proc Natl Acad Sci U S A. 2006 Jun 6;103(23):8577–82.

212. Rousseeuw P. Silhouettes: A graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. J. Comput. Appl. Math. 1987 Nov;20:53–65.

213. Chen C. The CiteSpace Manual. [Internet]. 2014. Available from: http://cluster.ischool.drexel.edu/~cchen/citespace/CiteSpaceManual.pdf

214. Del Baño Aledo M, Medina I Mirapeix F. Evaluación de la calidad de los resúmenes de la revista FISIOTERAPIA en el periodo 1993 a 2003 en función del grado de cumplimiento de las recomendaciones de la propia revista. Fisioterapia. 2006;28(4):195–204.

215. Chen C, Zhang J, Vogeley M. Making sense of the evolution of a scientific domain: a visual analytic study of the Sloan Digital Sky Survey research. Scientometrics. 2010;83(3):669–88.

216. Moreau L. The Foundations for Provenance on the Web. FNT in Web Science. 2010;2(2–3):99–241.

217. Rossini PM, Burke D, Chen R, Cohen LG, Daskalakis Z, Di Iorio R, et al. Non-invasive electrical and magnetic stimulation of the brain, spinal cord, roots and peripheral nerves: Basic principles and procedures for routine clinical and research application. An updated report from an I.F.C.N. Committee. Clin Neurophysiol. 2015 Jun;126(6):1071–107.

218. Wassermann EM. Risk and safety of repetitive transcranial magnetic stimulation: report and suggested guidelines from the International Workshop on the Safety of Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation, June 5–7, 1996. Electroencephalography and Clinical Neurophysiology/Evoked Potentials Section. 1998;108(1):1–16.

219. Stagg CJ, Nitsche MA. Physiological Basis of Transcranial Direct Current Stimulation. The Neuroscientist. 2011 Feb;17(1):37–53.

220. Batsikadze G, Moliadze V, Paulus W, Kuo MF, Nitsche MA. Partially non-linear stimulation intensity-dependent effects of direct current stimulation on motor cortex excitability in humans: Effect of tDCS on cortical excitability. J Physiol. 2013 Apr 1;591(7):1987–2000.

221. O'Reardon JP, Solvason HB, Janicak PG, Sampson S, Isenberg KE, Nahas Z, et al. Efficacy and Safety of Transcranial Magnetic Stimulation in the Acute Treatment of Major Depression: A Multisite Randomized Controlled Trial. Biol Psychiatry. 2007 Dec;62(11):1208–16.

222. Pascual-Leone A, Valls-Solé J, Wassermann EM, Hallett M. Responses to rapid-rate transcranial magnetic stimulation of the human motor cortex. Brain. 1994;117(4):847–58.

223. Pascual-Leone A, Houser CM, Reese K, Shotland LI, Grafman J, Sato S, et al. Safety of rapid-rate transcranial magnetic stimulation in normal volunteers. Electroencephalogr Clin Neurophysiol. 1993 Apr;89(2):120–30.

224. Fuhr P, Agostino R, Hallett M. Spinal motor neuron excitability during the silent period after cortical stimulation. Electroencephalogr Clin Neurophysiol. 1991 Aug;81(4):257–62.

225. Chen R, Classen J, Gerloff C, Celnik P, Wassermann EM, Hallett M, et al. Depression of motor cortex excitability by low-frequency transcranial magnetic stimulation. Neurology. 1997 May 1;48(5):1398–403.

226. Muellbacher W, Ziemann U, Boroojerdi B, Hallett M. Effects of low-frequency transcranial magnetic stimulation on motor excitability and basic motor behavior. Clin Neurophysiol. 2000 Jun;111(6):1002–7.

227. Touge T, Gerschlager W, Brown P, Rothwell JC. Are the after-effects of low-frequency rTMS on motor cortex excitability due to changes in the efficacy of cortical synapses? Clin Neurophysiol. 2001 Nov;112(11):2138–45.

228. Siebner HR, Lang N, Rizzo V, Nitsche MA, Paulus W, Lemon RN, et al. Preconditioning of Low-Frequency Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation with Transcranial Direct Current Stimulation: Evidence for Homeostatic Plasticity in the Human Motor Cortex. J Neurosci. 2004 Mar 31;24(13):3379–85.

229. Pascual-Leone Á, Gates JR, Dhuna A. Induction of speech arrest and counting errors with rapid ‐ rate transcranial magnetic stimulation. Neurology. 1991;41(5):697‐702.

230. Nitsche MA, Fricke K, Henschke U, Schlitterlau A, Liebetanz D, Lang N, et al. Pharmacological Modulation of Cortical Excitability Shifts Induced by Transcranial Direct Current Stimulation in Humans. J Physiol. 2003 Nov;553(1):293–301.

231. Ziemann U, Lönnecker S, Steinhoff BJ, Paulus W. Effects of antiepileptic drugs on motor cortex excitability in humans: a transcranial magnetic stimulation study. Ann Neurol. 1996;40(3):367–78.

232. Lefaucheur JP, Antal A, Ayache SS, Benninger DH, Brunelin J, Cogiamanian F, et al. Evidence-based guidelines on the therapeutic use of transcranial direct current stimulation (tDCS). Clin Neurophysiol. 2017 Jan;128(1):56–92.

233. Day BL, Dressler D, Maertens De Noordhout A, Marsden CD, Nakashima K, Rothwell JC, et al. Electric and magnetic stimulation of human motor cortex: surface EMG and single motor unit responses. J Physiol. 1989 May;412(1):449–73.

234. Hess CW, Mills KR, Murray NM. Responses in small hand muscles from magnetic stimulation of the human brain. J Physiol. 1987 Jul;388(1):397–419.

235. Rothwell J, Thompson P, Day B, Boyd S, Marsden C. Stimulation of the human motor cortex through the scalp. Exp Physiol. 1991 Mar 1;76(2):159–200.

236. Monte-Silva K, Kuo MF, Hessenthaler S, Fresnoza S, Liebetanz D, Paulus W, et al. Induction of Late LTP-Like Plasticity in the Human Motor Cortex by Repeated Non-Invasive Brain Stimulation. Brain Stimul. 2013 May;6(3):424–32.

237. Paus T, Jech R, Thompson CJ, Comeau R, Peters T, Evans AC. Transcranial Magnetic Stimulation during Positron Emission Tomography: A New Method for Studying Connectivity of the Human Cerebral Cortex. J Neurosci. 1997 May 1;17(9):3178–84.

238. Inghilleri M, Berardelli A, Cruccu G, Manfredi M. Silent period evoked by transcranial stimulation of the human cortex and cervicomedullary junction. J Physiol. 1993;466:521–34.

239. Ferbert A, Priori A, Rothwell JC, Day BL, Colebatch JG, Marsden CD. Interhemispheric inhibition of the human motor cortex. J Physiol. 1992 Jul;453(1):525–46.

240. Roick H, Von Giesen HJ, Benecke R. On the origin of the postexcitatory inhibition seen after transcranial magnetic brain stimulation in awake human subjects. Exp Brain Res. 1993 Jun;94(3):489–98.

241. Pascual-Leone A, Rubio B, Pallardó F, Catalá M. Rapid-rate transcranial magnetic stimulation of left dorsolateral prefrontal cortex in drug-resistant depression. The Lancet. 1996;348(9022):233–7.

242. George MS, Lisanby SH, Sackeim HA. Transcranial magnetic stimulation: applications in neuropsychiatry. Arch Gen Psychiatry. 1999 Apr;56(4):300-11.

243. Klein E, Kreinin I, Chistyakov A, Koren D, Mecz L, Marmur S, et al. Therapeutic Efficacy of Right Prefrontal Slow Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation in Major Depression: A Double-blind Controlled Study. Arch Gen Psychiatry. 1999 Apr 1;56(4):315.

244. George MS, Lisanby SH, Avery D, McDonald WM, Durkalski V, Pavlicova M, et al. Daily Left Prefrontal Transcranial Magnetic Stimulation Therapy for Major Depressive Disorder: A Sham-Controlled Randomized Trial. Arch Gen Psychiatry. 2010 May 1;67(5):507.

245. Blumberger DM, Vila-Rodriguez F, Thorpe KE, Feffer K, Noda Y, Giacobbe P, et al. Effectiveness of theta burst versus high-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation in patients with depression (THREE-D): a randomised non-inferiority trial. The Lancet. 2018 Apr;391(10131):1683–92.

246. Jacobson L, Koslowsky M, Lavidor M. tDCS polarity effects in motor and cognitive domains: a meta-analytical review. Exp Brain Res. 2012 Jan;216(1):1–10.

247. Wiethoff S, Hamada M, Rothwell JC. Variability in Response to Transcranial Direct Current Stimulation of the Motor Cortex. Brain Stimul. 2014 May;7(3):468–75.

248. López-Alonso V, Cheeran B, Río-Rodríguez D, Fernández-del-Olmo M. Inter-individual Variability in Response to Non-invasive Brain Stimulation Paradigms. Brain Stimul. 2014 May;7(3):372–80.

249. Amassian VE, Cracco RQ, Maccabee PJ, Cracco JB, Rudell A, Eberle L. Suppression of visual perception by magnetic coil stimulation of human occipital cortex. Electroencephalogr Clin Neurophysiol. 1989 Nov;74(6):458–62.

250. Hufnagel A, Elger CE, Durwen HF, Böker DK, Entzian W. Activation of the epileptic focus by transcranial magnetic stimulation of the human brain. Ann Neurol. 1990 Jan;27(1):49–60.

251. Rossini PM, Barker AT, Berardelli A, Caramia MD, Caruso G, Cracco RQ, et al. Non-invasive electrical and magnetic stimulation of the brain, spinal cord and roots: basic principles and procedures for routine clinical

application. Report of an IFCN committee. Electroencephalography and Clin Neurophysiol. 1994 Aug;91(2):79–92.

252. Gandiga PC, Hummel FC, Cohen LG. Transcranial DC stimulation (tDCS): A tool for double-blind sham-controlled clinical studies in brain stimulation. Clin Neurophysiol. 2006 Apr;117(4):845–50.

253. Poreisz C, Boros K, Antal A, Paulus W. Safety aspects of transcranial direct current stimulation concerning healthy subjects and patients. Brain Res Bull. 2007 May;72(4–6):208–14.

254. Murase N, Duque J, Mazzocchio R, Cohen LG. Influence of interhemispheric interactions on motor function in chronic stroke. Ann Neurol. 2004 Mar;55(3):400–9.

255. Hummel F. Effects of non-invasive cortical stimulation on skilled motor function in chronic stroke. Brain. 2005 Jan 5;128(3):490–9.

256. Takeuchi N, Chuma T, Matsuo Y, Watanabe I, Ikoma K. Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation of Contralesional Primary Motor Cortex Improves Hand Function After Stroke. Stroke. 2005 Dec;36(12):2681–6.

257. Amassian VE, Cracco RQ, Maccabee PJ. Focal stimulation of human cerebral cortex with the magnetic coil: a comparison with electrical stimulation. Electroencephalogr Clin Neurophysiol. 1989 Nov;74(6):401–16.

258. Amassian VahéE, Quirk GJ, Stewart M. A comparison of corticospinal activation by magnetic coil and electrical stimulation of monkey motor cortex. Electroencephalogr Clin Neurophysiol. 1990 Sep;77(5):390–401.

259. Hess CW, Mills KR, Murray NMF, Schriefer TN. Magnetic brain stimulation: Central motor conduction studies in multiple sclerosis. Ann Neurol. 1987 Dec;22(6):744–52.

260. Wassermann EM, McShane LM, Hallett M, Cohen LG. Noninvasive mapping of muscle representations in human motor cortex. Electroencephalogr Clin Neurophysiol. 1992 Feb;85(1):1–8.

261. Pascual-Leone A, Grafman J, Hallett M. Modulation of Cortical Motor Output Maps During Development of Implicit and Explicit Knowledge. Science. 1994 Mar 4;263(5151):1287–9.

262. Cohen LG, Bandinelli S, Findley TW, Hallett M. Motor reorganization after upper limb amputation in man. A study with focal magnetic stimulation. Brain. 1991;114:615–27.

263. Mills K, Murray, N, Hess C. Magnetic and electrical transcranial brain stimulation: physiological mechanisms and clinical applications. Neurosurgery. 1987;20(1):164–8.

264. Benecke R, Meyer BU, Schonle P, Conrad B. Transcranial magnetic stimulation of the human brain: responses in muscles supplied by cranial nerves. Exp Brain Res. 1988;71(3):623–32.

265. George M, Wassermann E, Williams W, Callahan A, Ketter T, Basser P, et al. Daily repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) improves mood in depression. NeuroReport. 1995;6(14):1853–6.

266. Pascual-Leone A, Catala MD, Pascual APL. Lateralized effect of rapid-rate transcranial magnetic stimulation of the prefrontal cortex on mood. Neurology. 1996 Feb;46(2):499–502.

267. Kolbinger HM, Höflich G, Hufnagel A, Müller H, Kasper S. Transcranial magnetic stimulation (TMS) in the treatment of major depression — a pilot study. Hum Psychopharmacol. 1995 Jul;10(4):305–10.

268. Reis J, Swayne OB, Vandermeeren Y, Camus M, Dimyan MA, Harris‐Love M, et al. Contribution of transcranial magnetic stimulation to the understanding of cortical mechanisms involved in motor control. J Physiol. 2008 Jan 15;586(2):325‐51.

269. Chen R. Interactions between inhibitory and excitatory circuits in the human motor cortex. Exp Brain Res. 2004 Jan 1;154(1):1–10.

270. American Psichiatric Association. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders. 5th ed. Diagn Stat Man Ment; 2013.

271. Di Lazzaro V, Restuccia D, Oliviero A, Profice P, Ferrara L, Insola A, et al. Effects of voluntary contraction on descending volleys evoked by transcranial stimulation in conscious humans. J Physiol. 1998 Apr;508(2):625–33.

272. Ziemann U, Corwell B, Cohen L. Modulation of Plasticity in Human Motor Cortex after Forearm Ischemic Nerve Block. J Neurosci. 1998 Feb 1;18(3):1115–23.

273. Hoogendam J, Ramakers G, Di Lazzaro V. Physiology of repetitive transcranial magnetic stimulation of the human brain. Brain Stimul. 2010 Apr;3(2):95–118.

274. Naeser M, Martin P, Nicholas M, Baker E, Seekins H, Kobayashi M, et al. Improved picture naming in chronic aphasia after TMS to part of right Broca?s area: An open-protocol study. Brain Lang. 2005 Apr;93(1):95–105.

275. Hoffman R, Hawkins K, Gueorguieva R, Boutros N, Rachid F, Carroll K, et al. Transcranial Magnetic Stimulation of Left Temporoparietal Cortex and Medication-Resistant Auditory Hallucinations. Arch Gen Psychiatry. 2003;60(1):49.

276. Kobayashi M, Pascual-Leone A. Transcranial magnetic stimulation in neurology. The Lancet. 2003;2:145–56.

277. Rizzolatti G, Craighero L. The mirror-neuron system. Annu Rev Neurosci. 2004 Jul 21;27(1):169–92.

278. Woods AJ, Antal A, Bikson M, Boggio PS, Brunoni AR, Celnik P, et al. A technical guide to tDCS, and related non-invasive brain stimulation tools. Clin Neurophysiol. 2016 Feb;127(2):1031–48.

279. Antal A, Alekseichuk I, Bikson M, Brockmöller J, Brunoni AR, Chen R, et al. Low intensity transcranial electric stimulation: Safety, ethical, legal regulatory and application guidelines. Clin Neurophysiol. 2017 Sep;128(9):1774–809.

280. Horvath JC, Forte JD, Carter O. Quantitative Review Finds No Evidence of Cognitive Effects in Healthy Populations From Single-session Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS). Brain Stimul. 2015 May;8(3):535–50.

281. Boggio PS, Rigonatti SP, Ribeiro RB, Myczkowski ML, Nitsche MA, Pascual-Leone A, et al. A randomized, double-blind clinical trial on the efficacy of cortical direct current stimulation for the treatment of major depression. Int J Neuropsychopharmacol. 2008 Mar;11(2):249–54.

282. Loo CK, Alonzo A, Martin D, Mitchell PB, Galvez V, Sachdev P. Transcranial direct current stimulation for depression: 3-week, randomised, sham-controlled trial. Br J Psychiatry. 2012 Jan;200(1):52–9.

283. Nitsche MA, Schauenburg A, Lang N, Liebetanz D, Exner C, Paulus W, et al. Facilitation of Implicit Motor Learning by Weak Transcranial Direct Current Stimulation of the Primary Motor Cortex in the Human. J Cogn Neurosci. 2003 May 15;15(4):619–26.

284. Brunoni AR, Moffa AH, Fregni F, Palm U, Padberg F, Blumberger DM, et al. Transcranial direct current stimulation for acute major depressive episodes: Meta-analysis of individual patient data. Br J Psychiatry. 2016 Jun;208(6):522–31.

285. Iyer MB, Mattu U, Grafman J, Lomarev M, Sato S, Wassermann EM. Safety and cognitive effect of frontal DC brain polarization in healthy individuals. Neurology. 2005 Mar 8;64(5):872–5.

286. Reis J, Schambra HM, Cohen LG, Buch ER, Fritsch B, Zarahn E, et al. Noninvasive cortical stimulation enhances motor skill acquisition over multiple days through an effect on consolidation. Proc Natl Acad Sci USA. 2009 Feb 3;106(5):1590–5.

287. Fritsch B, Reis J, Martinowich K, Schambra HM, Ji Y, Cohen LG, et al. Direct Current Stimulation Promotes BDNF-Dependent Synaptic Plasticity: Potential Implications for Motor Learning. Neuron. 2010 Apr;66(2):198–204.

288. Siebner HR, Tormos JM, Baumann AOC, Auer C, Catala MD, Conrad B, et al. Low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation of the motor cortex in writer's cramp. Neurology. 1999 Feb;52(3):529–529.

289. Siebner H, Rothwell J. Transcranial magnetic stimulation: new insights into representational cortical plasticity. Exp Brain Res. 2003 Jan 1;148(1):1–16.

290. Fitzgerald P. Intensity-dependent effects of 1 Hz rTMS on human corticospinal excitability. Clin Neurophysiol. 2002 Jul;113(7):1136–41.

291. Weiss SRB, Eidsath A, Li XL, Heynen T, Post RM. Quenching Revisited: Low Level Direct Current Inhibits Amygdala-Kindled Seizures. Exp Neurol. 1998 Nov;154(1):185–92.

292. Priori A, Berardelli A, Rona S, Accornero N, Manfredi M. Polarization of the human motor cortex through the scalp. Neuroreport. 1998;9:2257.

293. Boggio PS, Nunes A, Rigonatti SP, Nitsche MA, Pascual-Leone A, Fregni F. Repeated sessions of noninvasive brain DC stimulation is associated with motor function improvement in stroke patients. Restor Neurol Neurosci. 2007 May;25(2):123–9.

294. Bolognini N, Pascual-Leone A, Fregni F. Using non-invasive brain stimulation to augment motor training-induced plasticity. J NeuroEngineering Rehabil. 2009 Dec;6(1):8.

295. Fregni F, Boggio P, Mansur C, Wagner T, Ferreira M, Lima M, et al. Transcranial direct current stimulation of the unaffected hemisphere in stroke patients. Neuroreport. 2005;16:1551.

296. Kammer T, Beck S, Erb M, Grodd W. The influence of current direction on phosphene thresholds evoked by transcranial magnetic stimulation. Clin Neurophysiol. 2001 Nov;112(11):2015–21.

297. Kammer T. Phosphenes and transient scotomas induced by magnetic stimulation of the occipital lobe: their topographic relationship. Neuropsychologia. 1998 Nov;37(2):191–8.

298. Pascual-Leone A, Walsh V. Fast Backprojections from the Motion to the Primary Visual Area Necessary for Visual Awareness. Science. 2001 Apr 20;292(5516):510–2.

299. Rioult-Pedotti MS, Friedman D, Donoghue JP. Learning-Induced LTP in Neocortex. Science. 2000 Oct 20;290(5491):533–6.

300. Stewart S, Batelli L, Walsh V, Cowey A. Motion perception and perceptual learning studied by magnetic stimulation. EEG CL N SU. 1999;(334).

301. Muellbacher W, Ziemann U, Wissel J, Dang N, Kofler M, Facchini S, et al. Early consolidation in human primary motor cortex. Nature. 2002 Feb;415(6872):640–4.

302. Machado DGDS, Unal G, Andrade SM, Moreira A, Altimari LR, Brunoni AR, et al. Effect of transcranial direct current stimulation on exercise performance: A systematic review and meta-analysis. Brain Stimul. 2019 May;12(3):593–605.

303. Morya E, Monte-Silva K, Bikson M, Esmaeilpour Z, Biazoli CE, Fonseca A, et al. Beyond the target area: an integrative view of tDCS-induced motor

cortex modulation in patients and athletes. J NeuroEngineering Rehabil. 2019 Dec;16(1):141.

304. Froc DJ, Chapman CA, Trepel C, Racine RJ. Long-Term Depression and Depotentiation in the Sensorimotor Cortex of the Freely Moving Rat. J Neurosci. 2000 Jan 1;20(1):438–45.

305. Vines BW, Nair DG, Schlaug G. Contralateral and ipsilateral motor e¡ects after transcranial direct current stimulation. Neuroreport. 2006;17:671.

306. Fridriksson J, Rorden C, Elm J, Sen S, George MS, Bonilha L. Transcranial Direct Current Stimulation vs Sham Stimulation to Treat Aphasia After Stroke: A Randomized Clinical Trial. JAMA Neurol. 2018 Dec 1;75(12):1470.

307. Sparing R, Thimm M, Hesse MD, Küst J, Karbe H, Fink GR. Bidirectional alterations of interhemispheric parietal balance by non-invasive cortical stimulation. Brain. 2009 Nov;132(11):3011–20.

308. Romero Lauro LJ, Rosanova M, Mattavelli G, Convento S, Pisoni A, Opitz A, et al. TDCS increases cortical excitability: Direct evidence from TMS–EEG. Cortex. 2014 Sep;58:99–111.

309. Shelyakin AM, Preobrazhenskaya IG, Pisar'kova EV, Pakhomova ZhM, Bogdanov OV. Effects of transcranial micropolarization of the frontal cortex on the state of motor and cognitive functions in extrapyramidal pathology. Neurosci Behav Physiol. 1998 Jul;28(4):468–71.

310. Utz KS, Dimova V, Oppenländer K, Kerkhoff G. Electrified minds: Transcranial direct current stimulation (tDCS) and Galvanic Vestibular Stimulation (GVS) as methods of non-invasive brain stimulation in neuropsychology—A review of current data and future implications. Neuropsychologia. 2010 Aug;48(10):2789–810.

311. Matsumoto H, Ugawa Y. Adverse events of tDCS and tACS: A review. Clin Neurophysiol Pract. 2017;2:19–25.

312. Thair H, Holloway AL, Newport R, Smith AD. Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS): A Beginner's Guide for Design and Implementation. Front Neurosci. 2017 Nov 22;11:641.

313. Bennett M. The concept of long term potentiation of transmission at synapses. Prog Neurobiol. 2000 Feb;60(2):109–37.

314. Monte-Silva K, Kuo MF, Liebetanz D, Paulus W, Nitsche MA. Shaping the Optimal Repetition Interval for Cathodal Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS). J Neurophysiol. 2010 Apr;103(4):1735–40.

315. Antonenko D, Schubert F, Bohm F, Ittermann B, Aydin S, Hayek D, et al. tDCS-Induced Modulation of GABA Levels and Resting-State Functional Connectivity in Older Adults. J Neurosci. 2017 Apr 12;37(15):4065–73.

316. Im JJ, Jeong H, Bikson M, Woods AJ, Unal G, Oh JK, et al. Effects of 6-month at-home transcranial direct current stimulation on cognition and cerebral glucose metabolism in Alzheimer's disease. Brain Stimul. 2019 Sep;12(5):1222–8.

317. Fregni F, Nitsche MA, Loo CK, Brunoni AR, Marangolo P, Leite J, et al. Regulatory considerations for the clinical and research use of transcranial direct current stimulation (tDCS): Review and recommendations from an expert panel. Clin Res Regul Aff. 2015 Jan 2;32(1):22–35.

318. Groppa S, Oliviero A, Eisen A, Quartarone A, Cohen LG, Mall V, et al. A practical guide to diagnostic transcranial magnetic stimulation: Report of an IFCN committee. Clin Neurophysiol. 2012 May;123(5):858–82.

319. Hamada M, Murase N, Hasan A, Balaratnam M, Rothwell JC. The Role of Interneuron Networks in Driving Human Motor Cortical Plasticity. Cereb Cortex. 2013 Jul 1;23(7):1593–605.

320. Ilić TV, Meintzschel F, Cleff U, Ruge D, Kessler KR, Ziemann U. Short‐interval paired‐pulse inhibition and facilitation of human motor cortex: the dimension of stimulus intensity. J Physiol. 2002 Nov;545(1):153‐67.

321. Stefan K, Kunesch E, Benecke R, Cohen LG, Classen J. Mechanisms of enhancement of human motor cortex excitability induced by interventional paired associative stimulation. J Physiol. 2002 Sep;543(2):699–708.

322. Sanger TD, Garg RR, Chen R. Interactions between two different inhibitory systems in the human motor cortex. J Physiol. 2001 Jan;530(2):307–17.

323. Nakamura H, Kitagawa H, Kawaguchi Y, Tsuji H. Intracortical facilitation and inhibition after transcranial magnetic stimulation in conscious humans. J Physiol. 1997 Feb;498(3):817–23.

324. Suppa A, Huang YZ, Funke K, Ridding MC, Cheeran B, Di Lazzaro V, et al. Ten Years of Theta Burst Stimulation in Humans: Established Knowledge, Unknowns and Prospects. Brain Stimul. 2016 May;9(3):323–35.

325. Brunoni A, Chaimani A, Moffa A, Razza L, Gattaz W, Daskalakis Z, et al. Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation for the Acute Treatment of Major Depressive Episodes: A Systematic Review With Network Meta-analysis. JAMA Psychiatry. 2017 Feb 1;74(2):143.

326. Ziemann U, Reis J, Schwenkreis P, Rosanova M, Strafella A, Badawy R, et al. TMS and drugs revisited 2014. Clin Neurophysiol. 2015 Oct;126(10):1847–68.

327. Zhao X, Li Y, Tian Q, Zhu B, Zhao Z. Repetitive transcranial magnetic stimulation increases serum brain-derived neurotrophic factor and decreases interleukin-1β and tumor necrosis factor-α in elderly patients with refractory depression. J Int Med Res. 2019 May;47(5):1848–55.

328. Conroy S, Holtzheimer P. Neuromodulation Strategies for the Treatment of Depression. Am J Psychiatry. 2021;178(12):1082–8.

329. Drysdale A, Grosenick L, Downar J, Dunlop K, Mansouri F, Meng Y, et al. Resting-state connectivity biomarkers define neurophysiological subtypes of depression. Nat Med. 2017 Jan;23(1):28–38.

330. Siddiqi SH, Taylor SF, Cooke D, Pascual-Leone A, George MS, Fox MD. Distinct Symptom-Specific Treatment Targets for Circuit-Based Neuromodulation. AJP. 2020 May 1;177(5):435–46.

331. Yang Y, Cui Y, Sang K, Dong Y, Ni Z, Ma S, et al. Ketamine blocks bursting in the lateral habenula to rapidly relieve depression. Nature. 2018 Feb 15;554(7692):317–22.

332. Perera T, George M, Grammer G, Janicak P, Pascual-Leone A, Wirecki T. The Clinical TMS Society Consensus Review and Treatment Recommendations for TMS Therapy for Major Depressive Disorder. Brain Stimul. 2016;9(3):336–46.

333. Weigand A, Horn A, Caballero R, Cooke D, Stern A, Taylor S, et al. Prospective Validation That Subgenual Connectivity Predicts

Antidepressant Efficacy of Transcranial Magnetic Stimulation Sites. Biol Psychiatry. 2018;84(1):28–37.

334. Cash R, Weigand A, Zalesky A, Siddiqi S, Downar J, Fitzgerald P, et al. Using Brain Imaging to Improve Spatial Targeting of Transcranial Magnetic Stimulation for Depression. Biol Psychiatry. 2021;90(10):689–700.

335. Premoli I, Castellanos N, Rivolta D, Belardinelli P, Bajo R, Zipser C, et al. TMS-EEG Signatures of GABAergic Neurotransmission in the Human Cortex. J Neurosci. 2014;34(16):5603–12.

336. Conde V, Tomasevic L, Akopian I, Stanek K, Saturnino G, Thielscher A, et al. The non-transcranial TMS-evoked potential is an inherent source of ambiguity in TMS-EEG studies. NeuroImage. 2019;185:300–12.

337. Tremblay S, Rogasch N, Premoli I, Blumberger D, Casarotto S, Chen R, et al. Clinical utility and prospective of TMS–EEG. Clin Neurophysiol. 2019;130(5):802–44.

338. Lewis P, Thomson R, Rosenfeld J, Fitzgerald P. Brain Neuromodulation Techniques: A Review. Neuroscientist. 2016;22(4):406–21.

339. Fonteneau C, Redoute J, Haesebaert F, Le Bars D, Costes N, Suaud-Chagny M, et al. Frontal Transcranial Direct Current Stimulation Induces Dopamine Release in the Ventral Striatum in Human. Cereb Cortex. 2018;28(7):2636–46.

340. Carnevali L, Pattini E, Sgoifo A, Ottaviani C. Effects of prefrontal transcranial direct current stimulation on autonomic and neuroendocrine responses to psychosocial stress in healthy humans. Stress. 2020;23(1):26–36.

341. Yin M, Liu Y, Zhang L, Zheng H, Peng L, Ai Y, et al. Effects of rTMS Treatment on Cognitive Impairment and Resting-State Brain Activity in Stroke Patients: A Randomized Clinical Trial. Front Neural Circuits. 2020;14:563777.

342. Rajji T. Transcranial Magnetic and Electrical Stimulation in Alzheimer's Disease and Mild Cognitive Impairment: A Review of Randomized Controlled Trials. Clin Pharmacol Ther. 2019;106(4):776–80.

343. Begemann M, Brand B, Ćurčić-Blake B, Aleman A, Sommer I. Efficacy of non-invasive brain stimulation on cognitive functioning in brain disorders: a meta-analysis. Psychol Med. 2020;50(15):2465–86.

344. Pascual-Leone A, Nguyet D, Cohen LG, Brasil-Neto JP, Cammarota A, Hallett M. Modulation of muscle responses evoked by transcranial magnetic stimulation during the acquisition of new fine motor skills. J Neurophysiol. 1995;74(3):1037–45.

345. Hu X, Zhang T, Rajah G, Stone C, Liu L xu, He J, et al. Effects of different frequencies of repetitive transcranial magnetic stimulation in stroke patients with non-fluent aphasia: a randomized, sham-controlled study. Neurol Res. 2018;40(6):459–65.

346. Heikkinen P, Pulvermüller F, Mäkelä J, Ilmoniemi RJ, Lioumis P, Kujala T, et al. Combining rTMS With Intensive Language-Action Therapy in Chronic Aphasia: A Randomized Controlled Trial. Front Neurosci. 2019;12:1036.

347. Harvey D, Mass J, Shah-Basak P, Wurzman R, Faseyitan O, Sacchetti D, et al. Continuous theta burst stimulation over right pars triangularis facilitates naming abilities in chronic post-stroke aphasia by enhancing phonological access. Brain Lang. 2019;192:25–34.

348. Godbehere J, Sandhu J, Evans A, Twigg V, Scivill I, Ray J, et al. Treatment of Tinnitus Using Theta Burst Based Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation—A Single Blinded Randomized Control Trial. Otol Neurotol. 2019;40(5S):S38–42.

349. Schwippel T, Schroeder P, Fallgatter A, Plewnia C. Clinical review: The therapeutic use of theta-burst stimulation in mental disorders and tinnitus. Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry. 2019;92:285–300.

350. Siebner H, Funke K, Aberra A, Antal A, Bestmann S, Chen R, et al. Transcranial magnetic stimulation of the brain: What is stimulated? – A consensus and critical position paper. Clin Neurophysiol. 2022;140:59–97.

351. Thielscher A, Antunes A, Saturnino G. Field modeling for transcranial magnetic stimulation: A useful tool to understand the physiological effects of TMS? In: 2015 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC) [Internet]. Milan:

IEEE; 2015 [cited 2025 Sep 26]. p. 222–5. Available from: http://ieeexplore.ieee.org/document/7318340/

352. Herwig U, Satrapi P, Schönfeldt-Lecuona C. Using the International 10-20 EEG System for Positioning of Transcranial Magnetic Stimulation. Brain Topogr. 2003;16(2):95–9.

353. Cao X, Deng C, Su X, Guo Y. Response and Remission Rates Following High-Frequency vs. Low-Frequency Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation (rTMS) Over Right DLPFC for Treating Major Depressive Disorder (MDD): A Meta-Analysis of Randomized, Double-Blind Trials. Front Psychiatry. 2018;9:413.

354. Lan M, Chhetry B, Liston C, Mann J, Dubin M. Transcranial Magnetic Stimulation of Left Dorsolateral Prefrontal Cortex Induces Brain Morphological Changes in Regions Associated with a Treatment Resistant Major Depressive Episode: An Exploratory Analysis. Brain Stimul. 2016;9(4):577–83.

355. Yip A, George M, Tendler A, Roth Y, Zangen A, Carpenter L. 61% of unmedicated treatment resistant depression patients who did not respond to acute TMS treatment responded after four weeks of twice weekly deep TMS in the Brainsway pivotal trial. Brain Stimul. 2017;10(4):847–9.

356. Razza L, Moffa A, Moreno M, Carvalho A, Padberg F, Fregni F, et al. A systematic review and meta-analysis on placebo response to repetitive transcranial magnetic stimulation for depression trials. Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry. 2018;81:105–13.

357. Carmi L, Tendler A, Bystritsky A, Hollander E, Blumberger DM, Daskalakis J, et al. Efficacy and Safety of Deep Transcranial Magnetic Stimulation for Obsessive-Compulsive Disorder: A Prospective Multicenter Randomized Double-Blind Placebo-Controlled Trial. AJP. 2019;176(11):931–8.

358. Turton A, Wroe S, Trepte N, Fraser C, Lemon RN. Contralateral and ipsilateral EMG responses to transcranial magnetic stimulation during recovery of arm and hand function after stroke. Electroencephalogr Clin Neurophysiol. 1996;101(4):316–28.

359. Stinear C, Lang C, Zeiler S, Byblow W. Advances and challenges in stroke rehabilitation. Lancet Neurol. 2020;19(4):348–60.

360. Di Pino G, Pellegrino G, Assenza G, Capone F, Ferreri F, Formica D, et al. Modulation of brain plasticity in stroke: a novel model for neurorehabilitation. Nat Rev Neurol. 2014;10(10):597–608.

361. Luber B, Lisanby S. Enhancement of human cognitive performance using transcranial magnetic stimulation (TMS). NeuroImage. 2014;85:961–70.

362. Li X, Hartwell K, Henderson S, Badran B, Brady K, George M. Two weeks of image-guided left dorsolateral prefrontal cortex repetitive transcranial magnetic stimulation improves smoking cessation: A double-blind, sham-controlled, randomized clinical trial. Brain Stimul. 2020;13(5):1271–9.

363. Goerigk S, Cretaz E, Sampaio-Junior B, Vieira E, Gattaz W, Klein I, et al. Effects of tDCS on neuroplasticity and inflammatory biomarkers in bipolar depression: Results from a sham-controlled study. Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry. 2021;105:110119.

364. Cluse F, Pegat A, Ritzenthaler T, Gobert F, Jung J. Etiology matters for neuroprognostication: A multimodal electrophysiological investigation in a case of Bickerstaff's brainstem encephalitis. Neurophysiologie Clinique. 2022 Oct;52(5):398–403.

365. Zhu Y, Yan E. Searching bibliographic data using graphs: A visual graph query interface. J Inform. 2016 Nov;10(4):1092–107.

366. Chen C, Song M. Visualizing a field of research: A methodology of systematic scientometric reviews. Glanzel W, editor. PLoS ONE. 2019 Oct 31;14(10):e0223994.

367. Fregni F, Boggio PS, Lima MC, Ferreira MJL, Wagner T, Rigonatti SP, et al. A sham-controlled, phase II trial of transcranial direct current stimulation for the treatment of central pain in traumatic spinal cord injury. Pain. 2006 May;122(1):197–209.

368. Tassinari C, Michelucci R, Forti A, Plasmati R, Troni W, Salvi F, et al. Transcranial magnetic stimulation in epileptic patients. Neurology. 1990;40(7):1132.

369. Cowan JMA, Dick JPR, Day BL, Rothwell JC, Thompson PD, Marsden CD. Abnormalities in central motor pathway conduction in multiple sclerosis. The Lancet. 1984 Aug;324(8398):304–7.

370. Di Lazzaro V. The physiological basis of transcranial motor cortex stimulation in conscious humans. Clin Neurophysiol. 2004 Feb;115(2):255–66.

371. Singh CK, Barme E, Ward R, Tupikina L, Santolini M. Quantifying the rise and fall of scientific fields. Sinatra R, editor. PLoS ONE. 2022 Jun 23;17(6):e0270131.

372. Yan E, Ding Y. Applying centrality measures to impact analysis: A coauthorship network analysis. J Am Soc Inf Sci. 2009 Oct;60(10):2107–18.

373. Leydesdorff L. Betweenness centrality as an indicator of the interdisciplinarity of scientific journals. J Am Soc Inf Sci. 2007 Jul;58(9):1303–19.

374. Ruiz-López I, Victoria-Montesinos D, Martínez-Fuentes J. Knowledge domains and emerging trends in non-invasive brain stimulation: A bibliometric analysis via CiteSpace. Biomédica. 2024;44:139–50.

375. Zhu Y, Kim M, Chen C. An investigation of the intellectual structure of opinion mining research. Information Research. 2017;22(1):739.

376. Kumar R. Bibliometric Analysis: Comprehensive Insights into Tools, Techniques, Applications, and Solutions for Research Excellence. Spec Eng Man Sci. 2025;3(1):45–62.

377. Small H. Visualizing science by citation mapping. Rorvig M, Lunin L, editors. J Am Soc Inf Sci. 1999;50(9):799–813.

378. Van Eck N, Waltman L. CitNetExplorer: A new software tool for analyzing and visualizing citation networks. J Inform. 2014;8(4):802–23.

379. Seglen PO. Why the impact factor of journals should not be used for evaluating research. BMJ. 1997;314:497–497.

380. Buela-Casal G. Evaluación de la calidad de los artículos y de las revistas científicas: Propuesta del factor de impacto ponderado y de un índice de calidad. Psicothema. 2003;15(1):23–35.

381. Valera-Garrido JF, Massó-Ávila JJ, Bernabeu-Lledó M, Osuna-Carrillo De Albornoz E, Medina F, Sáez-Gómez JM. Calidad de las referencias en la revista Fisioterapia (1991–1999). Fisioterapia. 2003;25(2):59–68.

382. Huang M, Nguyen Q. Visualization of Large Citation Networks with Space-Efficient Multi-Layer Optimization. Macquarie Scientific Publishing. 2007;

X – ANEXOS

X - ANEXOS

Anexo 1. Descriptivo de nodos y enlaces por grafo generado en ECNI.

Grafo	NodosP	NodosE	% Nodos	EnP	EnE	δ (%)
Autor	350	248	70,86%	30628	558	1,82%
Institución	350	224	64%	24976	275	1,10%
País	350	60	17,14%	1770	159	8,99%
Documento	350	299	85,43%	44551	307	0,69%

NodosP. Nodos posibles; NodosE. Nodos encontrados; %Nodos. Porcentaje de nodos únicos en cada periodo; EnP. Enlaces posibles; EnE. Enlaces encontrados; δ. Densidad de la red en porcentaje.

Anexo 2.Descriptivo de nodos y enlaces por grafo generado en tDCS.

Grafo	NodosP	NodosE	% Nodos	EnP	EnE	δ (%)
Autor	230	216	93,91%	23220	770	3,32%
Institución	230	136	59,13%	9180	620	6,75%
País	230	60	26,09%	1770	326	18,42%
Documento	230	231*	100,43%	26565	784	2,95%

*NodosP. Nodos posibles; NodosE. Nodos encontrados; %Nodos. Porcentaje de nodos únicos en cada periodo; EnP. Enlaces posibles; EnE. Enlaces encontrados; δ. Densidad de la red en porcentaje; *Hay más nodos encontrados que nodos posibles debido a que dos nodos presentan la misma frecuencia de citación.*

Anexo 3.Descriptivo de nodos y enlaces por grafo generado en EMT.

Grafo	NodosP	NodosE	% Nodos	EnP	EnE	δ (%)
Autor	350	986*	281,71%	485605	2541	0,52%
Institución	350	525*	150%	137550	1078	0,78%
País	350	69	19,71%	2346	191	8,14%
Documento	350	469*	134%	109746	876	0,80%

*NodosP. Nodos posibles; NodosE. Nodos encontrados; %Nodos. Porcentaje de nodos únicos en cada periodo; EnP. Enlaces posibles; EnE. Enlaces encontrados; δ. Densidad de la red en porcentaje. *Hay más nodos encontrados que nodos posibles debido a que varios nodos presentan la misma frecuencia de citación.*

Anexo 4. Descripción de los clústeres localizados en ECNI.

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
0	114	71,54	0,33	Day B (1989) J PHYSIOL-LONDON, 412, 449	*Electric and magnetic stimulation of human motor cortex: surface EMG and single motor unit responses.*
0	71	46,32	0,12	Hess C (1987) J PHYSIOL-LONDON, 388, 397	*Responses in small hand muscles from magnetic stimulation of the human brain.*
0	57	36,54	0	Rothwell J (1991) EXP PHYSIOL, 76, 159	*Stimulation of the human motor cortex through the scalp*
0	51	31,91	0,06	Edgley S (1990) J PHYSIOL-LONDON, 425, 301	*Excitation of the corticospinal tract by electromagnetic and electrical stimulation of the scalp in the macaque monkey.*
0	28	17,93	0	Burke D (1993) J PHYSIOL-LONDON, 470, 383	*Direct comparison of corticospinal volleys in human subjects to transcranial magnetic and electrical stimulation.*
0	26	16,64	0	Berardelli A (1990) NEUROSCI LETT, 112, 54	*Descending volley after electrical and magnetic transcranial stimulation in man*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
0	24	15,36	0,01	Day B (1991) J PHYSIOL-LONDON, 433, 41	*Changes in the response to magnetic and electrical stimulation of the motor cortex following muscle stretch in man.*
0	23	15,54	0	Barker A (1985) J PHYSIOL-LONDON, 369, 0	*Magnetic stimulation of the human brain*
0	23	14,72	0	Palmer E (1992) J PHYSIOL-LONDON, 448, 397	*Corticospinal projections to upper limb motoneurones in humans.*
0	22	14,08	0	Thompson P (1991) ELECTROEN CLIN NEURO, 81, 397	*Further observations on the facilitation of muscle responses to cortical stimulation by voluntary contraction*
0	21	13,44	0	Deuschl G (1991) EXP BRAIN RES, 83, 403	*Effects of electric and magnetic transcranial stimulation on long-latency reflexes*
0	21	13,44	0,01	Thompson P (1991) J NEUROL NEUROSUR PS, 54, 618	*Intra-operative recording of motor tract potentials at the cervico-medullary junction following scalp electrical and magnetic stimulation of the motor cortex.*
0	19	12,16	0,01	Boniface S (1991) BRAIN, 114, 643	*Responses og single spinal motoneurons to magnetic brain stimulation in healtchy subjects and patients with multiple sclerosis*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
0	19	12,16	0,01	Datta A (1989) J PHYSIOL-LONDON, 418, 13	*Task-dependent changes in the size of response to magnetic brain stimulation in human first dorsal interosseous muscle.*
0	13	8,79	0,06	Day B (1987) BRAIN, 110, 1191	*Motor cortex stimulation in intact man: 2. Multiple descending volleys*
0	11	7,46	0	Rothwell J (1987) BRAIN, 110, 1173	*Motor cortex stimulation in intact man: 1. General Characteristics of EMG responses in different muscles*
0	8	5,43	0,05	Calancie B (1987) J NEUROPHYSIOL, 58, 1168	*Motor-unit responses in human wrist flexor and extensor muscles to transcranial cortical stimuli*
0	8	5,43	0	Cowan J (1986) J PHYSIOL-LONDON, 377, 333	*The effect of percutaneous motor cortex stimulation on H reflexes in muscles of the arm and leg in intact man.*
0	8	5,41	0,02	Inghilleri M (1989) J NEUROL NEUROSUR PS, 52, 970	*Corticospinal potentials after transcranial stimulation in humans.*
0	6	4,07	0,06	Boyd S (1986) J NEUROL NEUROSUR PS, 49, 251	*A method of monitoring function in corticospinal pathways during scoliosis surgery with a note on motor conduction velocities.*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
0	6	4,06	0	Mills K (1988) NEUROSCI LETT, 94, 297	*Excitatory and inhibitory effects on human spinal motoneurones from magnetic brain stimulation*
0	6	4,06	0,01	Rossini P (1987) BRAIN RES, 415, 211	*Central motor tract propagation in man: studies with non-invasive, unifocal, scalp stimulation*
1	369	141,33	0,23	Stagg C (2011) NEUROSCIENTIST, 17, 37	*Physiological Basis of Transcranial Direct Current Stimulation*
1	320	97,75	0,24	Batsikadze G (2013) J PHYSIOL-LONDON, 591, 1987	*Partially non-linear stimulation intensity-dependent effects of direct current stimulation on motor cortex excitability in humans*
1	236	70,15	0,07	Monte-silva K (2013) BRAIN STIMUL, 6, 424	*Induction of Late LTP-Like Plasticity in the Human Motor Cortex by Repeated Non-Invasive Brain Stimulation*
1	232	117,24	0,22	Bikson M (2016) BRAIN STIMUL, 9, 641	*Safety of Transcranial Direct Current Stimulation: Evidence Based Update 2016*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
1	221	104,29	0,05	Reis J (2009) P NATL ACAD SCI USA, 106, 1590	*Noninvasive cortical stimulation enhances motor skill acquisition over multiple days through an effect on consolidation*
1	204	102,95	0	Woods A (2016) CLIN NEUROPHYSIOL, 127, 1031	*A technical guide to tDCS, and related non-invasive brain stimulation tools*
1	183	86,2	0,01	Fritsch B (2010) NEURON, 66, 198	*Direct Current Stimulation Promotes BDNF-Dependent Synaptic Plasticity: Potential Implications for Motor Learning*
1	175	57,9	0,02	Kuo H (2013) BRAIN STIMUL, 6, 644	*Comparing Cortical Plasticity Induced by Conventional and High-Definition 4 × 1 Ring tDCS: A Neurophysiological Study*
1	150	70,54	0,01	Datta A (2009) BRAIN STIMUL, 2, 201	*Gyri-precise head model of transcranial direct current stimulation: Improved spatial focality using a ring electrode versus conventional rectangular pad*
1	148	74,49	0,01	Antal A (2017) CLIN NEUROPHYSIOL, 128, 1774	*Low intensity transcranial electric stimulation: Safety, ethical, legal regulatory and application guidelines*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
1	135	63,44	0	Stagg C (2009) J NEUROSCI, 29, 5202	*Polarity-Sensitive Modulation of Cortical Neurotransmitters by Transcranial Stimulation*
1	117	54,94	0	Nitsche M (2011) RESTOR NEUROL NEUROS, 29, 463	*Transcranial direct current stimulation – update 2011*
1	114	53,52	0	Lindenberg R (2010) NEUROLOGY, 75, 2176	*Bihemispheric brain stimulation facilitates motor recovery in chronic stroke patients*
1	103	48,33	0,01	Keeser D (2011) J NEUROSCI, 31, 15284	*Prefrontal Transcranial Direct Current Stimulation Changes Connectivity of Resting-State Networks during fMRI*
1	87	43,95	0	Cheeran B (2008) J PHYSIOL-LONDON, 586, 5717	*A common polymorphism in the brain-derived neurotrophic factor gene (BDNF) modulates human cortical plasticity and the response to rTMS*
1	87	43,66	0	Polania R (2018) NAT NEUROSCI, 21, 174	*Studying and modifying brain function with non-invasive brain stimulation*
1	79	37,03	0	Radman T (2009) BRAIN STIMUL, 2, 215	*Role of cortical cell type and morphology in subthreshold and suprathreshold uniform electric field stimulation in vitro*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
1	79	37,03	0	Stagg C (2011) NEUROPSYCHOLOGIA, 49, 800	*Polarity and timing-dependent effects of transcranial direct current stimulation in explicit motor learning*
1	76	38,64	0	Kuo M (2014) NEUROIMAGE, 85, 948	*Therapeutic effects of non-invasive brain stimulation with direct currents (tDCS) in neuropsychiatric diseases*
1	75	35,15	0	Polania R (2012) HUM BRAIN MAPP, 33, 2499	*Modulating Cortico-Striatal and Thalamo-Cortical Functional Connectivitywith Transcranial Direct Current Stimulation*
1	72	36,11	0	Jamil A (2017) J PHYSIOL-LONDON, 595, 1273	*Systematic evaluation of the impact of stimulation intensity on neuroplastic after-effects induced by transcranial direct current stimulation*
2	421	186,22	0,17	Wassermann E (1998) EVOKED POTENTIAL, 108, 1	*Risk and safety of repetitive transcranial magnetic stimulation: report and suggested guidelines from the International Workshop on the Safety of Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation, June 5–7, 1996*
2	311	145,67	0,44	Chen R (1997) NEUROLOGY, 48, 1398	*Depression of motor cortex excitability by low-frequency transcranial magnetic stimulation*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
2	211	98,36	0,04	Paus T (1997) J NEUROSCI, 17, 3178	*Transcranial Magnetic Stimulation during Positron Emission Tomography: A New Method for Studying Connectivity of the Human Cerebral Cortex*
2	181	96,46	0	Hallett M (2000) NATURE, 406, 147	*Transcranial magnetic stimulation and the human brain*
2	160	68,29	0,2	Siebner H (1999) NEUROLOGY, 52, 529	*Low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation of the motor cortex in writer's cramp*
2	142	75,09	0,5	Pascual-Leone A (1994) BRAIN, 117, 847	*Responses to rapid-rate transcranial magnetic stimulation of the human motor cortex*
2	140	62,1	0	Pascual-Leone A (1998) J CLIN NEUROPHYSIOL, 15, 333	*Study and Modulation of Human Cortical Excitability With Transcranial Magnetic Stimulation*
2	122	64,83	0,19	Maeda F (2000) CLIN NEUROPHYSIOL, 111, 800	*Modulation of corticospinal excitability by repetitive transcranial magnetic stimulation*
2	116	63,09	0,46	Pascual-Leone A (1993) ELECTROEN CLIN NEURO, 89, 120	*Safety of rapid-rate transcranial magnetic stimulation in normal volunteers*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
2	114	60,56	0,01	Pascual-Leone A (2000) CURR OPIN NEUROBIOL, 10, 232	*Transcranial magnetic stimulation in cognitive neuroscience – virtual lesion, chronometry, and functional connectivity*
2	113	60,02	0,02	Walsh V (2000) NAT REV NEUROSCI, 1, 73	*Transcranial magnetic stimulation and cognitive neuroscience*
2	97	51,48	0,04	Hilgetag C (2001) NAT NEUROSCI, 4, 953	*Enhanced visual spatial attention ipsilateral to rTMS-induced 'virtual lesions' of human parietal cortex*
2	95	50,42	0,39	Touge T (2001) CLIN NEUROPHYSIOL, 112, 2138	*Are the after-effects of low-frequency rTMS on motor cortex excitability due to changes in the efficacy of cortical synapses?*
2	73	40,96	0,01	Fox P (1997) NEUROREPORT, 8, 2787	*Imaging human intra-cerebral connectivity by PET during TMS*
2	68	36,04	0	Boroojerdi B (2000) NEUROLOGY, 54, 1529	*Reduction of human visual cortex excitability using 1-Hz transcranial magnetic stimulation*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
2	68	36,04	0	Romero J (2002) CLIN NEUROPHYSIOL, 113, 101	*Subthreshold low frequency repetitive transcranial magnetic stimulation selectively decreases facilitation in the motor cortex*
2	55	30,93	0	Ilmoniemi R (1997) NEUROREPORT, 8, 3537	*Neuronal responses to magnetic stimulation reveal cortical reactivity and connectivity*
2	55	30,83	0	Paus T (1998) J NEUROPHYSIOL, 79, 1102	*Dose-Dependent Reduction of Cerebral Blood Flow During Rapid-Rate Transcranial Magnetic Stimulation of the Human Sensorimotor Cortex*
2	55	30,83	0	Wassermann E (1996) ELECTROMYOGR MOTOR C, 101, 412	*Use and safety of a new repetitive transcranial magnetic stimulator*
2	48	26,9	0	Pascual-Leone A (1994) NEUROLOGY, 44, 892	*Akinesia in Parkinson's disease. II. Effects of subthreshold repetitive transcranial motor cortex stimulation*
3	97	53,22	0,07	Inghilleri M (1993) J PHYSIOL-LONDON, 466, 521	*Silent period evoked by transcranial stimulation of the human cortex and cervicomedullary junction*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
3	85	48,88	0,01	Ferbert A (1992) J PHYSIOL-LONDON, 453, 525	*Interhemispheric inhibition of the human motor cortex.*
3	80	43,86	0,01	Roick H (1993) EXP BRAIN RES, 94, 489	*On the origin of the postexcitatory inhibition seen after transcranial magnetic brain stimulation in awake human subjects*
3	65	41,69	0,45	Fuhr P (1991) ELECTROEN CLIN NEURO, 81, 257	*Spinal motor neuron excitability during the silent period after cortical stimulation*
3	63	35,33	0	Meyer B (1995) BRAIN, 118, 429	*Inhibitory and excitatory interhemispheric transfers between motor cortical areas in normal humans and patients with abnormalities of the corpus callosum*
3	51	31,91	0,12	Day B (1989) BRAIN, 112, 649	*Delay in the execution of voluntary movement by electrical or magnetic brainstimulation in intact man: evidence for the storage of motor programs in the brain*
3	38	24,34	0,06	Cantello R (1992) NEUROLOGY, 42, 1951	*Magnetic brain stimulation: The silent period after the motor evoked potential*
3	36	23,06	0,02	Wassermann E (1991) NEUROLOGY, 41, 1795	*Effects of transcranial magnetic stimulation on ipsilateral muscles*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
3	33	21,13	0,01	Haug B (1992) ELECTROEN CLIN NEURO, 85, 158	*Silent period measurement revives as a valuable diagnostic tool with transcranial magnetic stimulation*
3	31	19,85	0	Valls-Sole J (1992) ELECTROEN CLIN NEURO, 85, 355	*Human motor evoked responses to paired transcranial magnetic stimuli* ☆
3	30	19,21	0,01	Triggs W (1992) ANN NEUROL, 32, 345	*Motor inhibition and excitation are independent effects of magnetic cortical stimulation*
3	28	17,93	0	Cantello R (1991) NEUROLOGY, 41, 1449	*Magnetic motor evoked potentials in a small hand muscle*
3	25	16,14	0	Wilson S (1993) J NEUROL SCI, 114, 216	*The muscle silent period following transcranial magnetic cortical stimulation*
3	23	14,72	0	Pascual-Leone A (1992) BRAIN, 115, 1045	*Effects of focal transcranial magnetic stimulation on simple reaction time tou acoustic, visual and somatosensory stimuli*
3	22	14,08	0	Holmgren H (1990) ELECTROEN CLIN NEURO, 75, 161	*Late muscular responses to transcranial cortical stimulation in man*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
3	21	13,55	0	Caramia M (1991) ELECTROEN CLIN NEURO, 81, 243	*'Excitability' changes of muscular responses to magnetic brain stimulation in patients with central motor disorders*
3	19	12,42	0	Schnitzler A (1994) NEUROSCI LETT, 180, 41	*The silent period after transcranial magnetic stimulation is of exclusive cortical origin: evidence from isolated cortical ischemic lesions in man*
3	19	12,42	0	Uncini A (1993) ELECTROEN CLIN NEURO, 89, 211	*Physiological basis of voluntary activity inhibition induced by transcranial cortical stimulation ☆*
3	19	12,26	0	Wassermann E (1993) ELECTROEN CLIN NEURO, 89, 424	*Topography of the inhibitory and excitatory responses to transcranial magnetic stimulation in a hand muscle*
4	243	121,43	0,24	Pascual-Leone A (1996) LANCET, 348, 233	*Rapid-rate transcranial magnetic stimulation of left dorsolateral prefrontal cortex in drug-resistant depression*
4	205	85,97	0	George M (1999) ARCH GEN PSYCHIAT, 56, 300	*Transcranial Magnetic Stimulation. Applications in Neuropsychiatry*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
4	200	79,32	0,01	Gershon A (2003) AM J PSYCHIAT, 160, 835	*Transcranial Magnetic Stimulation in the Treatment of Depression*
4	200	82,51	0,22	Klein E (1999) ARCH GEN PSYCHIAT, 56, 315	*Therapeutic Efficacy of Right Prefrontal Slow Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation in Major Depression. A Double-blind Controlled Study*
4	146	58,76	0,12	Fitzgerald P (2003) ARCH GEN PSYCHIAT, 60, 1002	*Transcranial Magnetic Stimulation in the Treatment of Depression. A Double-blind, Placebo-Controlled Trial*
4	132	74,27	0	George M (1997) AM J PSYCHIAT, 154, 1752	*Mood Improvement Following Daily Left Prefrontal Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation in Patients With Depression: A Placebo-Controlled Crossover Trial*
4	130	69,11	0	Wassermann E (2001) CLIN NEUROPHYSIOL, 112, 1367	*Therapeutic application of repetitive transcranial magnetic stimulation: a review*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
4	126	54,79	0,16	Grunhaus L (2000) BIOL PSYCHIAT, 47, 314	*Repetitive transcranial magnetic stimulation is as effective as electroconvulsive therapy in the treatment of nondelusional major depressive disorder: an open study*
4	123	65,37	0,04	Burt T (2002) INT J NEUROPSYCHOPH, 5, 73	*Neuropsychiatric applications of transcranial magnetic stimulation: a meta analysis*
4	87	46,15	0,08	George M (2000) BIOL PSYCHIAT, 48, 962	*A controlled trial of daily left prefrontal cortex TMS for treating depression*
4	85	41,28	0,01	Avery D (2006) BIOL PSYCHIAT, 59, 187	*A Controlled Study of Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation in Medication-Resistant Major Depression*
4	82	43,49	0	Strafella A (2001) J NEUROSCI, 21, 0	*Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation of the Human Prefrontal Cortex Induces Dopamine Release in the Caudate Nucleus*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
4	81	42,96	0,01	Speer A (2000) BIOL PSYCHIAT, 48, 1133	*Opposite effects of high and low frequency rTMS on regional brain activity in depressed patients*
4	69	36,57	0,01	Tergau F (1999) LANCET, 353, 2209	*Low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation improves intractable epilepsy*
4	68	37,62	0	Martin J (2003) BRIT J PSYCHIAT, 182, 480	*Repetitive transcranial magnetic stimulation for the treatment of depression: Systematic review and meta-analysis.*
4	65	34,45	0	Lisanby S (2001) BIOL PSYCHIAT, 49, 460	*Sham TMS: intracerebral measurement of the induced electrical field and the induction of motor-evoked potentials*
4	63	33,38	0,12	Grunhaus L (2003) BIOL PSYCHIAT, 53, 324	*A randomized controlled comparison of electroconvulsive therapy and repetitive transcranial magnetic stimulation in severe and resistant nonpsychotic major depression*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
4	58	34,03	0,08	Loo C (1999) AM J PSYCHIAT, 156, 946	*Double-Blind Controlled Investigation of Transcranial Magnetic Stimulation for the Treatment of Resistant Major Depression*
5	314	114,24	0,11	O'Reardon J (2007) BIOL PSYCHIAT, 62, 1208	*Efficacy and Safety of Transcranial Magnetic Stimulation in the Acute Treatment of Major Depression: A Multisite Randomized Controlled Trial*
5	232	70,25	0,11	Hamada M (2013) CEREB CORTEX, 23, 1593	*The Role of Interneuron Networks in Driving Human Motor Cortical Plasticity*
5	165	58,02	0,1	Fox M (2012) BIOL PSYCHIAT, 72, 595	*Efficacy of Transcranial Magnetic Stimulation Targets for Depression Is Related to Intrinsic Functional Connectivity with the Subgenual Cingulate*
5	141	66,28	0,11	George M (2010) ARCH GEN PSYCHIAT, 67, 507	*Daily Left Prefrontal Transcranial Magnetic Stimulation Therapy for Major Depressive Disorder. A Sham-Controlled Randomized Trial*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
5	134	70,76	0,1	Blumberger D (2018) LANCET, 391, 1683	*Effectiveness of theta burst versus high-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation in patients with depression (THREE-D): a randomised non-inferiority trial*
5	111	53,97	0	Mayberg H (2005) NEURON, 45, 651	*Deep Brain Stimulation for Treatment-Resistant Depression*
5	109	51,16	0	Ridding M (2010) J PHYSIOL-LONDON, 588, 2291	*Determinants of the induction of cortical plasticity by non-invasive brain stimulation in healthy subjects*
5	107	50,22	0	Slotema C (2010) J CLIN PSYCHIAT, 71, 873	*Should We Expand the Toolbox of Psychiatric Treatment Methods to Include Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation (rTMS)? A Meta-Analysis of the Efficacy of rTMS in Psychiatric Disorders*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
5	106	53,24	0,08	Perera T (2016) BRAIN STIMUL, 9, 336	*The Clinical TMS Society Consensus Review and Treatment Recommendations for TMS Therapy for Major Depressive Disorder*
5	103	50,06	0,11	Fitzgerald P (2006) AM J PSYCHIAT, 163, 88	*A Randomized, Controlled Trial of Sequential Bilateral Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation for Treatment-Resistant Depression*
5	99	49,71	0,01	Brunoni A (2017) JAMA PSYCHIAT, 74, 143	*Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation for the Acute Treatment of Major Depressive Episodes. A Systematic Review With Network Meta-analysis*
5	93	46,69	0,09	Liston C (2014) BIOL PSYCHIAT, 76, 517	*Default Mode Network Mechanisms of Transcranial Magnetic Stimulation in Depression*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
5	92		0	Ziemann U (2008) BRAIN STIMUL, 1, 164	*Consensus: Motor cortex plasticity protocols*
5	79	39,63	0,09	Drysdale A (2017) NAT MED, 23, 28	*Resting-state connectivity biomarkers define neurophysiological subtypes of depression*
5	77	38,62	0,09	Suppa A (2016) BRAIN STIMUL, 9, 323	*Ten Years of Theta Burst Stimulation in Humans: Established Knowledge, Unknowns and Prospects*
5	72	36,57	0	McClintock S (2018) J CLIN PSYCHIAT, 79, 35	*Consensus Recommendations for the Clinical Application of Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation (rTMS) in the Treatment of Depression*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
5	70	35,61	0	Berlim M (2014) PSYCHOL MED, 44, 225	*Response, remission and drop-out rates following high-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) for treating major depression: a systematic review and meta-analysis of randomized, double-blind and sham-controlled trials*
5	66	33,09	0	Wang J (2014) SCIENCE, 345, 1054	*Targeted enhancement of cortical-hippocampal brain networks and associative memory*
6	537	201,31	0,71	Huang Y (2005) NEURON, 45, 201	*Theta Burst Stimulation of the Human Motor Cortex*
6	283	102,81	0	Hallett M (2007) NEURON, 55, 187	*Transcranial Magnetic Stimulation: A Primer*
6	233	85,65	0,19	Siebner H (2003) EXP BRAIN RES, 148, 1	*Transcranial magnetic stimulation: new insights into representational cortical plasticity*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
6	156	76,01	0,38	Siebner H (2004) J NEUROSCI, 24, 3379	*Preconditioning of Low-Frequency Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation with Transcranial Direct Current Stimulation: Evidence for Homeostatic Plasticity in the Human Motor Cortex*
6	147	71,59	0	Fitzgerald P (2006) CLIN NEUROPHYSIOL, 117, 2584	*A comprehensive review of the effects of rTMS on motor cortical excitability and inhibition*
6	142	69,14	0,01	Ridding M (2007) NAT REV NEUROSCI, 8, 559	*Is there a future for therapeutic use of transcranial magnetic stimulation?*
6	112	54,46	0,01	Ziemann U (2004) J NEUROSCI, 24, 1666	*Learning Modifies Subsequent Induction of Long-Term Potentiation-Like and Long-Term Depression-Like Plasticity in Human Motor Cortex*
6	99	52,55	0,33	Stefan K (2000) BRAIN, 123, 572	*Induction of plasticity in the human motor cortex by paired associative stimulation*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
6	98	52,02	0,4	Muellbacher W (2000) CLIN NEUROPHYSIOL, 111, 1002	*Effects of low-frequency transcranial magnetic stimulation on motor excitability and basic motor behavior*
6	95	50,42	0,04	Gerschlager W (2001) NEUROLOGY, 57, 449	*Decreased corticospinal excitability after subthreshold 1 Hz rTMS over lateral premotor cortex*
6	93	45,18	0	Huang Y (2007) CLIN NEUROPHYSIOL, 118, 1028	*The after-effect of human theta burst stimulation is NMDA receptor dependent*
6	88	46,69	0,19	Maeda F (2000) EXP BRAIN RES, 133, 425	*Interindividual variability of the modulatory effects of repetitive transcranial magnetic stimulation on cortical excitability*
6	85	45,09	0	Munchau A (2002) J NEUROSCI, 22, 554	*Functional Connectivity of Human Premotor and Motor Cortex Explored with Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
6	82	39,81	0	Lang N (2004) BIOL PSYCHIAT, 56, 634	*Preconditioning with transcranial direct current stimulation sensitizes the motor cortex to rapid-rate transcranial magnetic stimulation and controls the direction of after-effects*
6	80	42,39	0	Wolters A (2003) J NEUROPHYSIOL, 89, 2339	*A Temporally Asymmetric Hebbian Rule Governing Plasticity in the Human Motor Cortex*
6	72	40,21	0	Classen J (1998) J NEUROPHYSIOL, 79, 1117	*Rapid Plasticity of Human Cortical Movement Representation Induced by Practice*
6	68	36,04	0,01	Siebner H (2000) NEUROLOGY, 54, 956	*Lasting cortical activation after repetitive TMS of the motor cortex. A glucose metabolic study*
6	64	36,06	0	Lee L (2003) J NEUROSCI, 23, 5308	*Acute remapping within the motor system induced by low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
7	263	86,81	0,08	Jacobson L (2012) EXP BRAIN RES, 216, 1	*tDCS polarity effects in motor and cognitive domains: a meta-analytical review*
7	255	85,38	0,19	Wiethoff S (2014) BRAIN STIMUL, 7, 468	*Variability in Response to Transcranial Direct Current Stimulation of the Motor Cortex*
7	219	73,81	0,12	Lopez-Alonso V (2014) BRAIN STIMUL, 7, 372	*Inter-individual Variability in Response to Non-invasive Brain Stimulation Paradigms*
7	155	55,05	0,05	Horvath J (2015) NEUROPSYCHOLOGIA, 66, 213	*Evidence that transcranial direct current stimulation (tDCS) generates little-to-no reliable neurophysiologic effect beyond MEP amplitude modulation in healthy human subjects: A systematic review*
7	108	54,25	0,07	Horvath J (2015) BRAIN STIMUL, 8, 535	*Quantitative Review Finds No Evidence of Cognitive Effects in Healthy Populations From Single-session Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS)*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
7	99	49,71	0	Dedoncker J (2016) BRAIN STIMUL, 9, 501	*A Systematic Review and Meta-Analysis of the Effects of Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) Over the Dorsolateral Prefrontal Cortex in Healthy and Neuropsychiatric Samples: Influence of Stimulation Parameters*
7	88	44,17	0,01	Opitz A (2015) NEUROIMAGE, 109, 140	*Determinants of the electric field during transcranial direct current stimulation*
7	87	43,66	0,02	Li L (2015) FRONT CELL NEUROSCI, 9, 0	*The contribution of interindividual factors to variability of response in transcranial direct current stimulation studies*
7	83	41,92	0	Silvanto J (2008) TRENDS COGN SCI, 12, 447	*State-dependency in brain stimulation studies of perception and cognition*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
7	81	40,64	0	Brunoni A (2014) BRAIN COGNITION, 86, 1	*Working memory improvement with non-invasive brain stimulation of the dorsolateral prefrontal cortex: A systematic review and meta-analysis*
7	81	40,5	0	Miniussi C (2013) NEUROSCI BIOBEHAV R, 37, 1702	*Modelling non-invasive brain stimulation in cognitive neuroscience ☆*
7	81	41,42	0	Thielscher A (2015) IEEE ENG MED BIO, 0, 0	*Field modeling for transcranial magnetic stimulation: A useful tool to understand the physiological effects of TMS?*
7	77	36,09	0	Dockery C (2009) J NEUROSCI, 29, 7271	*Enhancement of Planning Ability by Transcranial Direct Current Stimulation*
7	75	37,62	0,05	Hill A (2016) BRAIN STIMUL, 9, 197	*Effects of Anodal Transcranial Direct Current Stimulation on Working Memory: A Systematic Review and Meta-Analysis of Findings From Healthy and Neuropsychiatric Populations*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
7	67	33,59	0	Filmer H (2014) TRENDS NEUROSCI, 37, 742	*Applications of transcranial direct current stimulation for understanding brain function*
7	66	33,09	0	Voroslakos M (2018) NAT COMMUN, 9, 0	*Direct effects of transcranial electric stimulation on brain circuits in rats and humans*
7	65	32,59	0,01	Fertonani A (2017) NEUROSCIENTIST, 23, 109	*Transcranial Electrical Stimulation: What We Know and Do Not Know About Mechanisms*
8	49	30,65	0,36	Pascual-Leone A (1991) NEUROLOGY, 41, 697	*Induction of speech arrest and counting errors with rapid-rate transcranial magnetic stimulation*
8	41	25,64	0,19	Amassian V (1989) ELECTROEN CLIN NEURO, 74, 458	*Suppression of visual perception by magnetic coil stimulation of human occipital cortex*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
8	34	21,18	0,05	Hufnagel A (1990) ANN NEUROL, 27, 49	*Activation of the epileptic focus by transcranial magnetic stimulation of the human brain*
8	27	16,81	0,17	Tassinari C (1990) NEUROLOGY, 40, 1132	*Transcranial magnetic stimulation in epileptic patients. Usefulness and safety*
8	20	12,8	0,17	Dhuna A (1991) NEUROLOGY, 41, 1067	*Transcranial magnetic stimulation in patients with epilepsy*
8	16	10,81	0	Agnew W (1987) NEUROSURGERY, 20, 143	*Considerations for safety in the use of extracranial stimulation for motor evoked potentials*
8	11	7,44	0	Bridgers S (1989) NEUROLOGY, 39, 417	*Transcranial magnetic stimulation. An assessment of cognitive and other cerebral effects*
8	10	6,75	0,01	Hess C (1986) NEUROSCI LETT, 71, 235	*Magnetic stimulation of the human brain: Facilitation of motor responses by voluntary contraction of ipsilateral and contralateral muscles with additional observations on an amputee*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
8	8	5,43	0,05	Benecke R (1988) ELECTROEN CLIN NEURO, 69, 412	*Analysis of muscle responses elicited by transcranial stimulation of the cortico-spinal system in man ☆*
8	8	5,4	0,04	Rossini P (1985) ELECTROEN CLIN NEURO, 61, 272	*Nervous propagation along 'central' motor pathways in intact man: Characteristics of motor responses to 'bifocal' and 'unifocal' spine and scalp non-invasive stimulationPropagation nerveuse le long des voies motrices 'centrales' chez l'homme intact: caractéristiques des réponses motrices à une stimulation 'bifocale' et 'unifocale' non envahissante de l'épine dorsale et du scalp*
8	7	4,73	0	Cracco R (1987) NEUROSURGERY, 20, 199	*Evaluation of conduction in central motor pathways: techniques, pathophysiology, and clinical interpretation*
8	7	4,73	0	Rothwell J (1987) NEUROSURGERY, 20, 156	*Some experiences of techniques for stimulation of the human cerebral motor cortex through the scalp*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
8	6	4,06	0	Maccabee P (1988) ELECTROEN CLIN NEURO, 70, 524	*An analysis of peripheral motor nerve stimulation in humans using the magnetic coil*
8	6	4,06	0	Michelucci R (1989) NEUROLOGY, 39, 414	*Transcranial magnetic stimulation of the cerebral cortex in epilepsy.*
8	6	4,05	0,12	Rossini P (1987) NEUROSURGERY, 20, 183	*Mechanisms of nervous propagation along central motor pathways: noninvasive evaluation in healthy subjects and in patients with neurological disease*
8	6	4,07	0,07	Rossini P (1985) ELECTROEN CLIN NEURO, 60, 320	*Nerve impulse propagation along central and peripheral fast conducting motor and sensory pathways in man*
9	257	128,51	0,18	Ziemann U (1996) ANN NEUROL, 40, 367	*Effects of antiepileptic drugs on motor cortex excitability in humans: A transcranial magnetic stimulation study*
9	207	115,94	0,32	Kujirai T (1993) J PHYSIOL-LONDON, 471, 501	*Corticocortical inhibition in human motor cortex.*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
9	206	109,58	0	Rossini P (1994) ELECTROEN CLIN NEURO, 91, 79	*Non-invasive electrical and magnetic stimulation of the brain, spinal cord and roots: basic principles and procedures for routine clinical application. Report of an IFCN committee*
9	164	71,44	0,01	Werhahn K (1999) J PHYSIOL-LONDON, 517, 591	*Differential effects on motorcortical inhibition induced by blockade of GABA uptake in humans*
9	154	65,53	0	Di L (1998) EXP BRAIN RES, 119, 265	*Magnetic transcranial stimulation at intensities below active motor threshold activates intracortical inhibitory circuits.*
9	152	70,66	0,3	Nakamura H (1997) J PHYSIOL-LONDON, 498, 817	*Intracortical facilitation and inhibition after transcranial magnetic stimulation in conscious humans.*
9	138	77,67	0,14	Ziemann U (1996) J PHYSIOL-LONDON, 496, 873	*Interaction between intracortical inhibition and facilitation in human motor cortex.*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
9	108	56,34	0,03	Ridding M (1995) ANN NEUROL, 37, 181	*Changes in excitability of motor cortical circuitry in patients with parkinson's disease*
9	84	44,56	0,31	Sanger T (2001) J PHYSIOL-LONDON, 530, 307	*Interactions between two different inhibitory systems in the human motor cortex*
9	79	44,34	0,01	Ziemann U (1996) EXP BRAIN RES, 109, 127	*The effect of lorazepam on the motor cortical excitability in man*
9	72	38,17	0,31	Stefan K (2002) J PHYSIOL-LONDON, 543, 699	*Mechanisms of enhancement of human motor cortex excitability induced by interventional paired associative stimulation*
9	71	37,93	0,31	Ilic T (2002) J PHYSIOL-LONDON, 545, 153	*Short-interval paired-pulse inhibition and facilitation of human motor cortex: the dimension of stimulus intensity*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
9	67	37,58	0	Priori A (1994) BRAIN, 117, 317	*Motor cortical inhibition and the dopaminergic system: Pharmacological changes in the silent period after transcranial brain stimulation in normal subjects, patients with Parkinson's disease and drug-induced parkinsonism*
9	67	37,58	0	Ridding M (1995) J NEUROL NEUROSUR PS, 59, 493	*Changes in the balance between motor cortical excitation and inhibition in focal, task specific dystonia.*
9	48	26,9	0,01	Berardelli A (1996) BRAIN, 119, 71	*Cortical inhibition in Parkinson's disease: A study with paired magnetic stimulation*
9	48	26,9	0	Ridding M (1995) J PHYSIOL-LONDON, 487, 541	*The effect of voluntary contraction on cortico-cortical inhibition in human motor cortex.*
10	527	191,96	0,24	Nitsche M (2008) BRAIN STIMUL, 1, 206	*Transcranial direct current stimulation: State of the art 2008*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
10	252	103,18	0,27	Gandiga P (2006) CLIN NEUROPHYSIOL, 117, 845	*Transcranial DC stimulation (tDCS): A tool for double-blind sham-controlled clinical studies in brain stimulation*
10	206	74,57	0,11	Poreisz C (2007) BRAIN RES BULL, 72, 208	*Safety aspects of transcranial direct current stimulation concerning healthy subjects and patients*
10	128	62,28	0	Lang N (2005) EUR J NEUROSCI, 22, 495	*How does transcranial DC stimulation of the primary motor cortex alter regional neuronal activity in the human brain?*
10	116	56,41	0,33	Iyer M (2005) NEUROLOGY, 64, 872	*Safety and cognitive effect of frontal DC brain polarization in healthy individuals*
10	112	54,46	0,34	Fregni F (2005) EXP BRAIN RES, 166, 23	*Anodal transcranial direct current stimulation of prefrontal cortex enhances working memory*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
10	110	53,48	0	Fregni F (2007) NAT CLIN PRACT NEURO, 3, 383	*Technology Insight: noninvasive brain stimulation in neurology—perspectives on the therapeutic potential of rTMS and tDCS*
10	100	53,04	0,35	Nitsche M (2003) J PHYSIOL-LONDON, 553, 293	*Pharmacological Modulation of Cortical Excitability Shifts Induced by Transcranial Direct Current Stimulation in Humans*
10	96	45,03	0	Baker J (2010) STROKE, 41, 1229	*Using Transcranial Direct-Current Stimulation to Treat Stroke Patients With Aphasia*
10	95	46,15	0,01	Miranda P (2006) CLIN NEUROPHYSIOL, 117, 1623	*Modeling the current distribution during transcranial direct current stimulation*
10	92	44,69	0	Fregni F (2006) PAIN, 122, 197	*A sham-controlled, phase II trial of transcranial direct current stimulation for the treatment of central pain in traumatic spinal cord injury*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
10	92	44,69	0	Nitsche M (2005) J PHYSIOL-LONDON, 568, 291	*Modulating parameters of excitability during and after transcranial direct current stimulation of the human motor cortex*
10	85	45,05	0,34	Nitsche M (2003) J COGNITIVE NEUROSCI, 15, 619	*Facilitation of Implicit Motor Learning by Weak Transcranial Direct Current Stimulation of the Primary Motor Cortex in the Human*
10	80	38,84	0	Fregni F (2006) BIPOLAR DISORD, 8, 203	*Treatment of major depression with transcranial direct current stimulation*
10	79	45,04	0	Nitsche M (2007) J NEUROPHYSIOL, 97, 3109	*Shaping the Effects of Transcranial Direct Current Stimulation of the Human Motor Cortex*
11	1082	388,36	0,28	Rossi S (2009) CLIN NEUROPHYSIOL, 120, 2008	*Safety, ethical considerations, and application guidelines for the use of transcranial magnetic stimulation in clinical practice and research ☆*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
11	610	245,37	0,28	Rossini P (2015) CLIN NEUROPHYSIOL, 126, 1071	*Non-invasive electrical and magnetic stimulation of the brain, spinal cord, roots and peripheral nerves: Basic principles and procedures for routine clinical and research application. An updated report from an I.F.C.N. Committee*
11	526	187,99	0,26	Lefaucheur J (2014) CLIN NEUROPHYSIOL, 125, 2150	*Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS)*
11	348	115,32	0,03	Brunoni A (2012) BRAIN STIMUL, 5, 175	*Clinical research with transcranial direct current stimulation (tDCS): Challenges and future directions*
11	292	147,99	0,26	Lefaucheur J (2017) CLIN NEUROPHYSIOL, 128, 56	*Evidence-based guidelines on the therapeutic use of transcranial direct current stimulation (tDCS)*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
11	261	86,14	0,27	Groppa S (2012) CLIN NEUROPHYSIOL, 123, 858	*A practical guide to diagnostic transcranial magnetic stimulation: Report of an IFCN committee*
11	175	53,74	0,04	Brunoni A (2013) JAMA PSYCHIAT, 70, 383	*The Sertraline vs Electrical Current Therapy for Treating Depression Clinical Study Results From a Factorial, Randomized, Controlled Trial*
11	142	66,76	0	Brunoni A (2011) INT J NEUROPSYCHOPH, 14, 1133	*A systematic review on reporting and assessment of adverse effects associated with transcranial direct current stimulation*
11	119	59,98	0,01	Ziemann U (2015) CLIN NEUROPHYSIOL, 126, 1847	*TMS and drugs revisited 2014*
11	113	67,07	0	Lefaucheur J (2020) CLIN NEUROPHYSIOL, 131, 474	*Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS): An update (2014–2018)*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
11	101	47,39	0,01	Loo C (2012) BRIT J PSYCHIAT, 200, 52	*Transcranial direct current stimulation for depression: 3-week, randomised, sham-controlled trial*
11	82	38,44	0	Brunelin J (2012) AM J PSYCHIAT, 169, 719	*Examining Transcranial Direct-Current Stimulation (tDCS) as a Treatment for Hallucinations in Schizophrenia*
11	69	34,6	0,04	Brunoni A (2017) NEW ENGL J MED, 376, 2523	*Trial of Electrical Direct-Current Therapy versus Escitalopram for Depression*
11	63	31,58	0,01	Brunoni A (2016) BRIT J PSYCHIAT, 208, 522	*Transcranial direct current stimulation for acute major depressive episodes: Meta-analysis of individual patient data*
11	63	31,58	0	Premoli I (2014) J NEUROSCI, 34, 5603	*TMS-EEG Signatures of GABAergic Neurotransmission in the Human Cortex*
12	235	88,43	0,04	Murase N (2004) ANN NEUROL, 55, 400	*Influence of interhemispheric interactions on motor function in chronic stroke†*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
12	162	78,96	0,14	Hummel F (2005) BRAIN, 128, 490	*Effects of non-invasive cortical stimulation on skilled motor function in chronic stroke*
12	129	62,77	0,07	Takeuchi N (2005) STROKE, 36, 2681	*Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation of Contralesional Primary Motor Cortex Improves Hand Function After Stroke*
12	128	62,28	0	Mansur C (2005) NEUROLOGY, 64, 1802	*A sham stimulation-controlled trial of rTMS of the unaffected hemisphere in stroke patients*
12	112	54,46	0,01	Fregni F (2005) NEUROREPORT, 16, 1551	*Transcranial direct current stimulation of the unaffected hemisphere in stroke patients*
12	110	53,48	0,08	Fregni F (2006) STROKE, 37, 2115	*A Sham-Controlled Trial of a 5-Day Course of Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation of the Unaffected Hemisphere in Stroke Patients*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
12	107	52,01	0	Hummel F (2006) LANCET NEUROL, 5, 708	*Non-invasive brain stimulation: a new strategy to improve neurorehabilitation after stroke?*
12	102	49,57	0,1	Khedr E (2005) NEUROLOGY, 65, 466	*Therapeutic trial of repetitive transcranial magnetic stimulation after acute ischemic stroke*
12	93	45,18	0,09	Kim Y (2006) STROKE, 37, 1471	*Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation–Induced Corticomotor Excitability and Associated Motor Skill Acquisition in Chronic Stroke*
12	81	39,33	0	Boggio P (2007) RESTOR NEUROL NEUROS, 25, 123	*Repeated sessions of non-invasive brain DC stimulation is associated with motor function improvement in stroke patients*
12	67	35,51	0	Johansen-Berg H (2002) P NATL ACAD SCI USA, 99, 14518	*The role of ipsilateral premotor cortex in hand movement after stroke*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
12	63	33,38	0	Liepert J (2000) STROKE, 31, 1210	*Treatment-Induced Cortical Reorganization After Stroke in Humans*
12	63	33,38	0,01	Shimizu T (2002) BRAIN, 125, 1896	*Motor cortical disinhibition in the unaffected hemisphere after unilateral cortical stroke*
13	36	22,43	0,03	Amassian V (1989) ELECTROEN CLIN NEURO, 74, 401	*Focal stimulation of human cerebral cortex with the magnetic coil: a comparison with electrical stimulation*
13	28	17,93	0,04	Amassian V (1990) ELECTROEN CLIN NEURO, 77, 390	*A comparison of corticospinal activation by magnetic coil and electrical stimulation of monkey motor cortex*
13	10	6,75	0,02	Barker A (1986) LANCET, 1, 1325	*Clinical evaluation of conduction time measurements in central motor pathways using magnetic stimulation of human brain*
13	10	6,75	0,08	Cowan J (1984) LANCET, 2, 304	*Abnormalities in central motor pathway conduction in multiple sclerosis*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
13	10	6,76	0,02	Hess C (1987) ANN NEUROL, 22, 744	*Magnetic brain stimulation: Central motor conduction studies in multiple sclerosis*
13	10	6,75	0	Hess C (1986) LANCET, 2, 355	*Measurement of central motor conduction in multiple sclerosis by magnetic brain stimulation*
13	10	6,76	0,01	Ingram D (1988) J NEUROL NEUROSUR PS, 51, 487	*Central motor conduction in multiple sclerosis: evaluation of abnormalities revealed by transcutaneous magnetic stimulation of the brain.*
13	10	6,75	0,01	Thompson P (1987) ANN NEUROL, 21, 389	*Examination of motor function in lesions of the spinal cord by stimulation of the motor cortex*
13	9	6,1	0,04	Thompson P (1987) J NEUROL SCI, 80, 91	*The interpretation of electromyographic responses to electrical stimulation of the motor cortex in diseases of the upper motor neurone*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
13	8	5,43	0	Eisen A (1990) MUSCLE NERVE, 13, 995	*AAEM minimonograph #35: Clinical experience with transcranial magnetic stimulation*
13	7	4,73	0,05	Ingram D (1987) J NEUROL NEUROSUR PS, 50, 159	*Central motor conduction is abnormal in motor neuron disease.*
13	7	4,73	0,04	Mills K (1985) ANN NEUROL, 18, 601	*Corticospinal tract conduction time in multiple sclerosis*
14	90	51,77	0,03	Wassermann E (1992) ELECTROEN CLIN NEURO, 85, 1	*Noninvasive mapping of muscle representations in human motor cortex*
14	70	36,45	0,02	Pascual-Leone A (1994) SCIENCE, 263, 1287	*Modulation of Cortical Motor Output Maps During Development of Implicit and Explicit Knowledge*
14	64	35,89	0	Pascual-Leone A (1995) J NEUROPHYSIOL, 74, 1037	*Modulation of muscle responses evoked by transcranial magnetic stimulation during the acquisition of new fine motor skills*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
14	54	33,79	0,12	Cohen L (1990) ELECTROEN CLIN NEURO, 75, 350	*Effects of coil design on delivery of focal magnetic stimulation. Technical considerations*
14	30	18,75	0,02	Cohen L (1991) BRAIN, 114, 615	*Motor reorganization after upper limb amputation in man: a study with focal magnetic stimulation.*
14	28	17,93	0	Roth B (1991) ELECTROEN CLIN NEURO, 81, 47	*A theoretical calculation of the electric field induced in the cortex during magnetic stimulation*
14	27	17,29	0,04	Brasil-Neto J (1992) ELECTROEN CLIN NEURO, 85, 9	*Topographic mapping of the human motor cortex with magnetic stimulation: factors affecting accuracy and reproducibility*
14	21	13,44	0,01	Brasil-Neto J (1992) NEUROLOGY, 42, 1302	*Rapid reversible modulation of human motor outputs after transient deafferentation of the forearm A study with transcranial magnetic stimulation*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
14	21	13,44	0	Brasil-Neto J (1993) EXP BRAIN RES, 93, 181	*Postexercise depression of motor evoked potentials: a measure of central nervous system fatigue*
14	14	9,47	0,05	Day B (1987) NEUROSCI LETT, 75, 101	*Different sites of action of electrical and magnetic stimulation of the human brain*
14	8	5,43	0,08	Levy W (1990) BRAIN RES, 510, 130	*Focal magnetic coil stimulation reveals motor cortical system reorganized in humans after traumatic quadriplegia*
15	41	27,72	0,08	Barker A (1985) LANCET, 1, 1106	*Non-invasive magnetic stimulation of human motor cortex*
15	17	11,48	0,02	Mills K (1987) NEUROSURGERY, 20, 164	*Magnetic and electrical transcranial brain stimulation: physiological mechanisms and clinical applications*
15	13	8,78	0,02	Barker A (1987) NEUROSURGERY, 20, 100	*Magnetic stimulation of the human brain and peripheral nervous system: an introduction and the results of an initial clinical evaluation*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
15	12	8,1	0	Amassian V (1987) NEUROSURGERY, 20, 74	*Physiological basis of motor effects of a transient stimulus to cerebral cortex*
15	12	8,14	0	Benecke R (1988) EXP BRAIN RES, 71, 623	*Transcranial magnetic stimulation of the human brain: responses in muscles supplied by cranial nerves*
15	12	8,11	0,05	Schriefer T (1988) J NEUROL NEUROSUR PS, 51, 60	*Evaluation of proximal facial nerve conduction by transcranial magnetic stimulation.*
15	10	6,76	0	Maccabee P (1988) ELECTROEN CLIN NEURO, 70, 350	*Intracranial stimulation of facial nerve in humans with the magnetic coil*
15	6	4,06	0	Meyer B (1989) J NEUROL, 236, 102	*Investigation of unilateral facial weakness: magnetic stimulation of the proximal facial nerve and of the face-associated motor cortex*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
15	6	4,07	0	Rosler K (1989) J NEUROL NEUROSUR PS, 52, 1149	*Investigation of facial motor pathways by electrical and magnetic stimulation: sites and mechanisms of excitation.*
16	160	85,47	0,15	George M (1995) NEUROREPORT, 6, 1853	*Daily repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) improves mood in depression*
16	65	36,45	0,02	George M (1996) J NEUROPSYCH CLIN N, 8, 172	*Changes in mood and hormone levels after rapid-rate transcranial magnetic stimulation (rTMS) of the prefrontal cortex*
16	61	34,2	0	Pascual-Leone A (1996) NEUROLOGY, 46, 499	*Lateralized effect of rapid-rate transcranial magnetic stimulation of the prefrontal cortex on mood*
16	58	32,52	0,07	Kolbinger H (1995) HUM PSYCHOPHARM CLIN, 10, 305	*Transcranial magnetic stimulation (TMS) in the treatment of major depression — a pilot study*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
16	53	29,71	0	Greenberg B (1997) AM J PSYCHIAT, 154, 867	*Effect of prefrontal repetitive transcranial magnetic stimulation in obsessive-compulsive disorder: a preliminary study*
16	52	29,9	0	Grisaru N (1998) AM J PSYCHIAT, 155, 1608	*Transcranial Magnetic Stimulation in Mania: A Controlled Study*
16	50	28,02	0,04	Grisaru N (1994) EUR NEUROPSYCHOPHARM, 4, 287	*Transcranial magnetic stimulation in depression and schizophrenia*
16	47	28,01	0	Hoflich G (1993) HUM PSYCHOPHARM CLIN, 8, 361	*Application of transcranial magnetic stimulation in treatment of drug-resistant major depression—a report of two cases*
17	81	42,96	0	Nitsche M (2000) J PHYSIOL-LONDON, 527, 633	*Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation*
17	80	42,43	0	Nitsche M (2001) NEUROLOGY, 57, 1899	*Sustained excitability elevations induced by transcranial DC motor cortex stimulation in humans*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
18	199	58,95	0	Reis J (2008) J PHYSIOL-LONDON, 586, 325	*Contribution of transcranial magnetic stimulation to the understanding of cortical mechanisms involved in motor control*
18	96	46,64	0	Chen R (2004) EXP BRAIN RES, 154, 1	*Interactions between inhibitory and excitatory circuits in the human motor cortex*
19	85	42,65	0	Di P (2014) NAT REV NEUROL, 10, 597	*Modulation of brain plasticity in stroke: a novel model for neurorehabilitation*
20	92	44,69	0	Wagner T (2007) ANNU REV BIOMED ENG, 9, 527	*Noninvasive Human Brain Stimulation*
21	77	36,09	0	Galea J (2009) J NEUROSCI, 29, 9115	*Modulation of Cerebellar Excitability by Polarity-Specific Noninvasive Direct Current Stimulation*
22	84	40,79	0	Rossini P (2007) NEUROLOGY, 68, 484	*Transcranial magnetic stimulation Diagnostic, therapeutic, and research potential*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
23	86	45,58	0	Herwig U (2003) BRAIN TOPOGR, 16, 95	*Using the International 10-20 EEG System for Positioning of Transcranial Magnetic Stimulation*
24	83	40,82	0	Dayan E (2013) NAT NEUROSCI, 16, 838	*Noninvasive brain stimulation: from physiology to network dynamics and back*
25	172	51,45	0	Chen R (2008) CLIN NEUROPHYSIOL, 119, 504	*The clinical diagnostic utility of transcranial magnetic stimulation: Report of an IFCN committee*
26	116	59,14	0	Deng Z (2013) BRAIN STIMUL, 6, 1	*Electric field depth–focality tradeoff in transcranial magnetic stimulation: Simulation comparison of 50 coil designs*
27	62	32,58	0	Thair H (2017) FRONT NEUROSCI-SWITZ, 11, 0	*Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS): A Beginner's Guide for Design and Implementation*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
28	63	33,38	0	Stewart L (2001) NEUROPSYCHOLOGIA, 39, 415	*Motor and phosphene thresholds: a transcranial magnetic stimulation correlation study*
29	51	28,58	0	Rothwell J (1997) J NEUROSCI METH, 74, 113	*Techniques and mechanisms of action of transcranial stimulation of the human motor cortex*
30	84	40,79	0	Ruff C (2006) CURR BIOL, 16, 1479	*Concurrent TMS-fMRI and Psychophysics Reveal Frontal Influences on Human Retinotopic Visual Cortex*
31	107	52,01	0	Di L (2004) CLIN NEUROPHYSIOL, 115, 255	*The physiological basis of transcranial motor cortex stimulation in conscious humans*
32	175	69,93	0	Kobayashi M (2003) LANCET NEUROL, 2, 145	*Transcranial magnetic stimulation in neurology*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
33	49	27,46	0	Wassermann E (1996) NEUROIMAGE, 3, 1	*Locating the Motor Cortex on the MRI with Transcranial Magnetic Stimulation and PET ☆*
34	81	39,33	0	Naeser M (2005) BRAIN LANG, 93, 95	*Improved picture naming in chronic aphasia after TMS to part of right Broca's area: An open-protocol study*
35	57	31,96	0	Turton A (1996) ELECTROMYOGR MOTOR C, 101, 316	*Contralateral and ipsilateral EMG responses to transcranial magnetic stimulation during recovery of arm and hand function after stroke*
36	86	40,32	0	Hoogendam J (2010) BRAIN STIMUL, 3, 95	*Physiology of repetitive transcranial magnetic stimulation of the human brain*
37	70	35,61	0	American Psychiatric Association (2013) DIAGN STAT MAN MENT, 5th, 0	*Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fifth Edition*
38	154	75,03	0	Ziemann U (2004) CLIN NEUROPHYSIOL, 115, 1717	*TMS and drugs*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	*Título*
39	47	26,34	0	Ziemann U (1998) J NEUROSCI, 18, 1115	*Modulation of plasticity in human motor cortex after forearm ischemic nerve block*
40	86	41,76	0	Rizzolatti G (2004) ANNU REV NEUROSCI, 27, 169	*The mirror-neuron system.*
41	74	39,62	0	Hoffman R (2003) ARCH GEN PSYCHIAT, 60, 49	*Transcranial Magnetic Stimulation of Left Temporoparietal Cortex and Medication-Resistant Auditory Hallucinations*
42	97	48,7	0	Shamseer L (2015) BMJ-BRIT MED J, 349, 0	*Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015: elaboration and explanation*
43	6	4,06	0	Cohen L (1988) NEUROLOGY, 38, 904	*Noninvasive mapping of human motor cortex*
44	63	32,81	0	American Psychiatric Association (2013) DIAGN STAT MAN MENT, 0, 0	*Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fifth Edition*
45	56	32,2	0	Di L (1998) J PHYSIOL-LONDON, 508, 625	*Effects of voluntary contraction on descending volleys evoked by transcranial stimulation in conscious humans*

Anexo 5. Descripción de los clústeres localizados en tDCS.

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
0	555	144,14	0,04	Lefaucheur JP (2017) CLIN NEUROPHYSIOL, V128, P56	*Evidence-based guidelines on the therapeutic use of transcranial direct current stimulation (tDCS)*
0	404	111,73	0,07	Bikson M (2016) BRAIN STIMUL, V9, P641	*Safety of Transcranial Direct Current Stimulation: Evidence Based Update 2016*
0	382	94,68	0,08	Woods AJ (2016) CLIN NEUROPHYSIOL, V127, P1031	*A technical guide to tDCS, and related non-invasive brain stimulation tools*
0	251	75,68	0,02	Antal A (2017) CLIN NEUROPHYSIOL, V128, P1774	*Low intensity transcranial electric stimulation: Safety, ethical, legal regulatory and application guidelines*
0	200	55,08	0,02	Dedoncker J (2016) BRAIN STIMUL, V9, P501	*A Systematic Review and Meta-Analysis of the Effects of Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) Over the Dorsolateral Prefrontal Cortex in Healthy and Neuropsychiatric Samples: Influence of Stimulation Parameters*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
0	168	41,65	0,03	Hill AT (2016) BRAIN STIMUL, V9, P197	*Effects of Anodal Transcranial Direct Current Stimulation on Working Memory: a Systematic Review and Meta-Analysis of Findings From Healthy and Neuropsychiatric Populations*
0	128	34,44	0,16	Brunoni AR (2016) BRIT J PSYCHIAT, V208, P522	*Transcranial direct current stimulation for acute major depressive episodes: meta-analysis of individual patient data*
0	121	52,94	0,02	Polania R (2018) NAT NEUROSCI, V21, P174	*Studying and modifying brain function with non-invasive brain stimulation*
0	120	52,49	0	Stagg CJ (2018) J ECT, V34, P144	*Physiology of Transcranial Direct Current Stimulation*
0	103	32,4	0	Lefaucheur JP (2014) CLIN NEUROPHYSIOL, V125, P2150	*Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS)*
0	100	43,96	0	Jamil A (2017) J PHYSIOL-LONDON, V595, P1273	*Systematic evaluation of the impact of stimulation intensity on neuroplastic after-effects induced by transcranial direct current stimulation*
0	89	39,08	0,02	Kronberg G (2017) BRAIN STIMUL, V10, P51	*Direct Current Stimulation Modulates LTP and LTD: Activity Dependence and Dendritic Effects*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
0	84	41,74	0	Fregni F (2021) INT J NEUROPSYCHOPH, V24, P256	*Evidence-based guidelines and secondary meta-analysis for the use of transcranial direct current stimulation (tDCS) in neurological and psychiatric disorders*
0	83	36,43	0	Brunoni AR (2017) NEW ENGL J MED, V376, P2523	*Trial of Electrical Direct-Current Therapy versus Escitalopram for Depression*
0	81	35,54	0	Fertonani A (2017) NEUROSCIENTIST, V23, P109	*Transcranial Electrical Stimulation: What We Know and Do Not Know About Mechanisms*
0	69	30,24	0,02	Voroslakos M (2018) NAT COMMUN, V9, P0	*Direct effects of transcranial electric stimulation on brain circuits in rats and humans*
0	67	29,15	0	Fonteneau C (2019) BRAIN STIMUL, V12, P668	*Sham tDCS: a hidden source of variability? Reflections for further blinded, controlled trials*
0	65	28,48	0,03	Huang Y (2017) ELIFE, V6, P0	*Measurements and models of electric fields in the in vivo human brain during transcranial electric stimulation*
0	64	27,84	0,01	Samani MM (2019) CORTEX, V119, P350	*Titrating the neuroplastic effects of cathodal transcranial direct current stimulation (tDCS) over the primary motor cortex*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
0	64	28,03	0	Lefaucheur JP (2020) CLIN NEUROPHYSIOL, V131, P474	*Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS): An update (2014–2018)*
0	60	26,09	0	Fonteneau C (2018) CEREB CORTEX, V28, P2636	*Frontal Transcranial Direct Current Stimulation Induces Dopamine Release in the Ventral Striatum in Human*
0	59	25,83	0	Esmaeilpour Z (2018) BRAIN STIMUL, V11, P310	*Incomplete evidence that increasing current intensity of tDCS boosts outcomes*
0	56	24,51	0	Liu AL (2018) NAT COMMUN, V9, P0	*Immediate neurophysiological effects of transcranial electrical stimulation*
0	56	24,34	0	Huang Y (2019) J NEURAL ENG, V16, P0	*Realistic vOlumetric-Approach to Simulate Transcranial Electric Stimulation -- ROAST -- a fully automated open-source pipeline*
0	53	23,03	0,02	Loo CK (2018) BRAIN STIMUL, V11, P125	*International randomized-controlled trial of transcranial Direct Current Stimulation in depression*
0	51	25,62	0	Mancuso LE (2016) J COGNITIVE NEUROSCI, V28, P1063	*Does Transcranial Direct Current Stimulation Improve Healthy Working Memory?: A Meta-analytic Review*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
0	48	20,85	0	Imburgio MJ (2018) NEUROPSYCHOLOGIA, V117, P156	*Effects of Prefrontal tDCS on Executive Function: Methodological Considerations Revealed by Meta-Analysis*
0	47	20,55	0	Ruf SP (2017) SCI REP-UK, V7, P0	*Augmentation of working memory training by transcranial direct current stimulation (tDCS)*
0	46	19,98	0,02	Razza LB (2020) DEPRESS ANXIETY, V37, P594	*A systematic review and meta-analysis on the effects of transcranial direct current stimulation in depressive episodes*
0	46	20,11	0	Giordano J (2017) DOSE-RESPONSE, V15, P0	*Mechanisms and Effects of Transcranial Direct Current Stimulation*
0	46	23,09	0,01	Podda MV (2016) SCI REP-UK, V6, P0	*Anodal transcranial direct current stimulation boosts synaptic plasticity and memory in mice via epigenetic regulation of Bdnf expression*
0	45	19,67	0	Huang YZ (2017) CLIN NEUROPHYSIOL, V128, P2318	*Plasticity induced by non-invasive transcranial brain stimulation: a position paper*
0	43	18,67	0	Agboada D (2019) SCI REP-UK, V9, P0	*Expanding the parameter space of anodal transcranial direct current stimulation of the primary motor cortex*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
0	43	18,8	0	Cirillo G (2017) BRAIN STIMUL, V10, P1	*Neurobiological after-effects of non-invasive brain stimulation*
0	43	18,67	0	Sampaio B (2018) JAMA PSYCHIAT, V75, P158	*Efficacy and Safety of Transcranial Direct Current Stimulation as an Add-on Treatment for Bipolar Depression A Randomized Clinical Trial*
0	42	18,36	0	Laakso I (2019) SCI REP-UK, V9, P0	*Can electric felds explain interindividual variability in transcranial direct current stimulation of the motor cortex?*
0	41	20,57	0,02	Jackson MP (2016) CLIN NEUROPHYSIOL, V127, P3425	*Animal Models of transcranial Direct Current Stimulation: Methods and Mechanisms*
0	41	18,16	0	Evans C (2020) BRAIN STIMUL, V13, P125	*Dose-controlled tDCS reduces electric field intensity variability at a cortical target site*
0	41	17,92	0	Vicario CM (2019) NEUROSCI BIOBEHAV R, V96, P219	*A systematic review on the therapeutic effectiveness of non-invasive brain stimulation for the treatment of anxiety disorders*
0	40	17,48	0,02	Medina J (2017) CORTEX, V94, P131	*No Evidential Value in Samples of Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) Studies of Cognition and Working Memory in Healthy Populations*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
0	40	17,36	0	Nikolin S (2018) BRAIN STIMUL, V11, P278	*Safety of repeated sessions of transcranial direct current stimulation: A systematic review*
0	40	17,36	0	McLaren ME (2018) BRAIN STIMUL, V11, P52	*The effects of medication use in transcranial direct current stimulation: A brief review*
0	39	17,8	0	Chase HW (2020) MOL PSYCHIATR, V25, P397	*Transcranial direct current stimulation: a roadmap for research, from mechanism of action to clinical implementation*
0	38	16,6	0	Turi Z (2019) EUR J NEUROSCI, V50, P3261	*Blinding is compromised for transcranial direct current stimulation at 1 mA for 20 min in young healthy adults*
0	38	16,49	0	Pisoni A (2018) CEREB CORTEX, V28, P1132	*Cognitive Enhancement Induced by Anodal tDCS Drives Circuit-Specific Cortical Plasticity*
1	133	70,89	0,28	Gandiga PC (2006) CLIN NEUROPHYSIOL, V117, P845	*Transcranial DC stimulation (tDCS): A tool for double-blind sham-controlled clinical studies in brain stimulation*
1	63	37,62	0,05	Hummel F (2005) BRAIN, V128, P490	*Effects of non-invasive cortical stimulation on skilled motor function in chronic stroke*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
1	60	35,81	0,01	Iyer MB (2005) NEUROLOGY, V64, P872	*Safety and cognitive effect of frontal DC brain polarization in healthy individuals*
1	56	35,9	0	Liebetanz D (2002) BRAIN, V125, P2238	*Pharmacological approach to the mechanisms of transcranial DC-stimulation-induced after-effects of human motor cortex excitability*
1	51	30,62	0,03	Fregni F (2005) EXP BRAIN RES, V166, P23	*Anodal transcranial direct current stimulation of prefrontal cortex enhances working memory*
1	50	30,27	0,02	Nitsche MA (2003) CLIN NEUROPHYSIOL, V114, P600	*Level of action of cathodal DC polarisation induced inhibition of the human motor cortex*
1	50	32,98	0	Nitsche MA (2001) NEUROLOGY, V57, P1899	*Sustained excitability elevations induced by transcranial DC motor cortex stimulation in humans*
1	50	30,01	0	Nitsche MA (2005) J PHYSIOL-LONDON, V568, P291	*Modulating parameters of excitability during and after transcranial direct current stimulation of the human motor cortex*
1	49	29,66	0,18	Nitsche MA (2003) J COGNITIVE NEUROSCI, V15, P619	*Facilitation of Implicit Motor Learning by Weak Transcranial Direct Current Stimulation of the Primary Motor Cortex in the Human*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
1	48	28,81	0,02	Lang N (2005) EUR J NEUROSCI, V22, P495	*How does transcranial DC stimulation of the primary motor cortex alter regional neuronal activity in the human brain?*
1	45	27,42	0	Nitsche MA (2003) J PHYSIOL-LONDON, V553, P293	*Pharmacological modulation of cortical excitability shifts induced by transcranial direct current stimulation in humans*
1	45	26,22	0,02	Siebner HR (2004) J NEUROSCI, V24, P3379	*Preconditioning of Low-Frequency Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation with Transcranial Direct Current Stimulation: Evidence for Homeostatic Plasticity in the Human Motor Cortex*
1	40	24,36	0,01	Nitsche MA (2003) SUPPL CLIN NEUROPHYS, V56, P255	*Modulation of cortical excitability by weak direct current stimulation—technical, safety and functional aspects.*
1	38	22,13	0,02	Kincses TZ (2004) NEUROPSYCHOLOGIA, V42, P113	*Facilitation of probabilistic classification learning by transcranial direct current stimulation of the prefrontal cortex in the human*
1	36	21,58	0,01	Fregni F (2006) PAIN, V122, P197	*A sham-controlled, phase II trial of transcranial direct current stimulation for the treatment of central pain in traumatic spinal cord injury*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
1	33	20,09	0	Priori A (2003) CLIN NEUROPHYSIOL, V114, P589	*Brain polarization in humans: a reappraisal of an old tool for prolonged non-invasive modulation of brain excitability*
1	31	18,04	0,02	Antal A (2004) INVEST OPHTH VIS SCI, V45, P702	*Excitability Changes Induced in the Human Primary Visual Cortex by Transcranial Direct Current Stimulation: Direct Electrophysiological Evidence*
1	29	17,52	0	Antal A (2003) EXP BRAIN RES, V150, P375	*Manipulation of phosphene thresholds by transcranial direct current stimulation in man*
1	29	19,57	0	Nitsche MA (2000) J PHYSIOL-LONDON, V527, P633	*Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation*
1	29	17,37	0,06	Fregni F (2006) BIPOLAR DISORD, V8, P203	*Treatment of major depression with transcranial direct current stimulation*
1	28	16,66	0,01	Antal A (2004) J COGNITIVE NEUROSCI, V16, P521	*Direct Current Stimulation over V5 Enhances Visuomotor Coordination by Improving Motion Perception in Humans*
1	28	16,77	0	Ardolino G (2005) J PHYSIOL-LONDON, V568, P653	*Non-synaptic mechanisms underlie the after-effects of cathodal transcutaneous direct current stimulation of the human brain*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
1	27	16,06	0,1	Nitsche MA (2004) NEUROPSYCHOPHARMACOL, V29, P1573	*Consolidation of Human Motor Cortical Neuroplasticity by D-Cycloserine*
1	25	15,54	0	Nitsche MA (2003) CLIN NEUROPHYSIOL, V114, P2220	*Safety criteria for transcranial direct current stimulation (tDCS) in humans*
1	24	14,7	0	Boggio PS (2006) J NEUROL SCI, V249, P31	*Effects of transcranial direct current stimulation on working memory in patients with Parkinson's disease*
1	22	13,48	0	Nitsche MA (2006) EUR J NEUROSCI, V23, P1651	*Dopaminergic modulation of long-lasting direct current-induced cortical excitability changes in the human motor cortex*
1	21	12,57	0	Rogalewski A (2004) EUR J NEUROSCI, V20, P313	*Transcranial direct current stimulation disrupts tactile perception*
1	21	12,49	0	Antal A (2004) EUR J NEUROSCI, V19, P2888	*Facilitation of visuo-motor learning by transcranial direct current stimulation of the motor and extrastriate visual areas in humans*
1	21	12,57	0	Wassermann EM (2005) TRENDS COGN SCI, V9, P503	*Recharging cognition with DC brain polarization*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
1	20	11,89	0	Lang N (2004) BIOL PSYCHIAT, V56, P634	*Preconditioning with Transcranial Direct Current Stimulation Sensitizes the Motor Cortex to Rapid-Rate Transcranial Magnetic Stimulation and Controls the Direction of After-Effects*
1	19	11,29	0	Lang N (2004) EXP BRAIN RES, V156, P439	*Effects of transcranial direct current stimulation over the human motor cortex on corticospinal and transcallosal excitability*
1	19	11,37	0	Huang YZ (2005) NEURON, V45, P201	*Theta Burst Stimulation of the Human Motor Cortex*
1	18	0	0	Fregni F (2006) ARTHRITIS RHEUM-US, V54, P3988	*A Randomized, Sham-Controlled, Proof of Principle Study of Transcranial Direct Current Stimulation for the Treatment of Pain in Fibromyalgia*
1	17	11,47	0	Baudewig J (2001) MAGN RESON MED, V45, P196	*Regional modulation of BOLD MRI responses to human sensorimotor activation by transcranial direct current stimulation*
1	17	10,1	0	Marshall L (2004) J NEUROSCI, V24, P9985	*Transcranial Direct Current Stimulation during Sleep Improves Declarative Memory*
1	17	10,1	0	Nitsche MA (2004) CEREB CORTEX, V14, P1240	*Catecholaminergic Consolidation of Motor Cortical Neuroplasticity in Humans*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
1	17	10,1	0	Nitsche MA (2004) EUR J NEUROSCI, V19, P2720	*GABAergic modulation of DC stimulation-induced motor cortex excitability shifts in humans*
1	16	10,79	0	Rosenkranz K (2000) NEUROSCI LETT, V296, P61	*Diminution of training-induced transient motor cortex plasticity by weak transcranial direct current stimulation in the human*
1	16	9,57	0	Nitsche MA (2004) CLIN NEUROPHYSIOL, V115, P2419	*MRI study of human brain exposed to weak direct current stimulation of the frontal cortex*
1	15	9,18	0	Boggio PS (2006) NEUROSCI LETT, V404, P232	*Enhancement of non-dominant hand motor function by anodal transcranial direct current stimulation*
1	14	9,45	0	Antal A (2001) NEUROREPORT, V12, P3553	*External modulation of visual perception in humans*
2	270	102,9	0,17	Stagg CJ (2011) NEUROSCIENTIST, V17, P37	*Physiological Basis of Transcranial Direct Current Stimulation*
2	250	81,57	0,27	Jacobson L (2012) EXP BRAIN RES, V216, P1	*tDCS polarity effects in motor and cognitive domains: a meta-analytical review*
2	226	86,06	0,13	Batsikadze G (2013) J PHYSIOL-LONDON, V591, P1987	*Partially non-linear stimulation intensity-dependent effects of direct current stimulation on motor cortex excitability in humans*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
2	209	54,11	0,19	Horvath JC (2015) BRAIN STIMUL, V8, P535	*Quantitative Review Finds No Evidence of Cognitive Effects in Healthy Populations from Single-Session Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS)*
2	207	65,77	0	Wiethoff S (2014) BRAIN STIMUL, V7, P468	*Variability in Response to Transcranial Direct Current Stimulation of the Motor Cortex*
2	166	52,53	0,02	Horvath JC (2015) NEUROPSYCHOLOGIA, V66, P213	*Evidence that transcranial direct current stimulation (tDCS) generates little-to-no reliable neurophysiologic effect beyond MEP amplitude modulation in healthy human subjects: A systematic review*
2	152	57,46	0,01	Monte-Silva K (2013) BRAIN STIMUL, V6, P424	*Induction of Late LTP-Like Plasticity in the Human Motor Cortex by Repeated Non-Invasive Brain Stimulation*
2	145	35,59	0,03	Opitz A (2015) NEUROIMAGE, V109, P140	*Determinants of the electric field during transcranial direct current stimulation*
2	143	45,15	0	Brunoni AR (2014) BRAIN COGNITION, V86, P1	*Working memory improvement with non-invasive brain stimulation of the dorsolateral prefrontal cortex: A systematic review and meta-analysis*
2	126	51,41	0,01	Nitsche MA (2011) RESTOR NEUROL NEUROS, V29, P463	*Transcranial direct current stimulation – update 2011*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
2	124	39,08	0,01	Coffman BA (2014) NEUROIMAGE, V85, P895	*Battery powered thought: Enhancement of attention, learning, and 3 memory in healthy adults using transcranial direct current stimulation*
2	121	38,13	0	Kuo MF (2014) NEUROIMAGE, V85, P948	*Therapeutic effects of non-invasive brain stimulation with direct currents (tDCS) in neuropsychiatric diseases*
2	119	44,84	0,01	Kuo HI (2013) BRAIN STIMUL, V6, P644	*Comparing cortical plasticity induced by conventional and high-definition 4x1 ring tDCS: A neurophysiological study*
2	118	37,17	0	Floel A (2014) NEUROIMAGE, V85, P934	*tDCS-enhanced motor and cognitive function in neurological disease*
2	111	44,18	0,01	Keeser D (2011) J NEUROSCI, V31, P15284	*Prefrontal Transcranial Direct Current Stimulation Changes Connectivity of Resting-State Networks during fMRI*
2	110	34,62	0	Filmer HL (2014) TRENDS NEUROSCI, V37, P742	*Applications of transcranial direct current stimulation for understanding brain function*
2	109	34,31	0	Lopez-Alonso V (2014) BRAIN STIMUL, V7, P372	*Inter-individual Variability in Response to Non-invasive Brain Stimulation Paradigms*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
2	105	34,75	0	Li LM (2015) FRONT CELL NEUROSCI, V9, P0	*The contribution of interindividual factors to variability of response in transcranial direct current stimulation studies*
2	94	29,54	0,02	Horvath JC (2014) FRONT SYST NEUROSCI, V8, P0	*Transcranial direct current stimulation: five important issues we aren't discussing (but probably should be)*
2	88	33,06	0	Rahman A (2013) J PHYSIOL-LONDON, V591, P2563	*Cellular effects of acute direct current stimulation: somatic and synaptic terminal effects*
2	85	31,92	0,01	Miniussi C (2013) NEUROSCI BIOBEHAV R, V37, P1702	*Modelling non-invasive brain stimulation in cognitive neuroscience*
2	81	25,42	0	Tremblay S (2014) BRAIN STIMUL, V7, P773	*The Uncertain Outcome of Prefrontal tDCS*
2	77	26,21	0,02	Gill J (2015) BRAIN STIMUL, V8, P253	*It's the Thought That Counts: Examining the Task-dependent Effects of Transcranial Direct Current Stimulation on Executive Function*
2	77	28,89	0,01	Stagg CJ (2013) J NEUROSCI, V33, P11425	*Widespread Modulation of Cerebral Perfusion Induced during and after Transcranial Direct Current Stimulation Applied to the Left Dorsolateral Prefrontal Cortex*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
2	72	27	0	Edwards D (2013) NEUROIMAGE, V74, P266	*Physiological and modeling evidence for focal transcranial electrical brain stimulation in humans: A basis for high-definition tDCS*
2	70	21,95	0	Nelson JT (2014) NEUROIMAGE, V85, P909	*Enhancing vigilance in operators with prefrontal cortex transcranial direct current stimulation (tDCS)*
2	68	25,49	0,01	Meinzer M (2013) J NEUROSCI, V33, P12470	*Anodal Transcranial Direct Current Stimulation Temporarily Reverses Age-Associated Cognitive Decline and Functional Brain Activity Changes*
2	68	21,32	0	Bestmann S (2015) TRENDS COGN SCI, V19, P13	*Understanding the behavioural consequences of noninvasive brain stimulation*
2	66	20,69	0	Martin DM (2014) EXP BRAIN RES, V232, P3345	*Use of transcranial direct current stimulation (tDCS) to enhance cognitive training: effect of timing of stimulation*
2	65	24,36	0,01	Hoy KE (2013) NEUROPSYCHOLOGIA, V51, P1777	*Testing the limits: Investigating the effect of tDCS dose on working memory enhancement in healthy controls*
2	61	27,89	0,03	Berryhill ME (2012) NEUROSCI LETT, V521, P148	*tDCS selectively improves working memory in older adults with more education*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
2	61	19,11	0	Krause B (2014) FRONT SYST NEUROSCI, V8, P0	*Not all brains are created equal: the relevance of individual differences in responsiveness to transcranial electrical stimulation*
2	61	22,94	0	Chew T (2015) BRAIN STIMUL, V8, P1130	*Inter- and intra-individual variability in response to transcranial direct current stimulation (tDCS) at varying current intensities*
2	49	23,52	0	Antal A (2011) NEUROIMAGE, V55, P590	*Transcranial direct current stimulation over the primary motor cortex during fMRI*
2	44	21,11	0,01	Polania R (2011) HUM BRAIN MAPP, V32, P1236	*Modulating Functional Connectivity Patterns and Topological Functional Organization of the Human Brain with Transcranial Direct Current Stimulation*
2	44	21,21	0	Zheng X (2011) NEUROIMAGE, V58, P26	*Effects of transcranial direct current stimulation (tDCS) on human regional cerebral blood flow*
3	214	110,62	0,22	Nitsche MA (2008) BRAIN STIMUL, V1, P206	*Transcranial direct current stimulation: State of the art 2008*
3	137	63,31	0,03	Reis J (2009) P NATL ACAD SCI USA, V106, P1590	*Noninvasive cortical stimulation enhances motor skill acquisition over multiple days through an effect on consolidation*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
3	122	57,58	0,06	Fritsch B (2010) NEURON, V66, P198	*Direct Current Stimulation Promotes BDNF-Dependent Synaptic Plasticity: Potential Implications for Motor Learning*
3	109	50,53	0,01	Datta A (2009) BRAIN STIMUL, V2, P201	*Gyri-precise head model of transcranial direct current stimulation: Improved spatial focality using a ring electrode versus conventional rectangular pad*
3	108	54,46	0,15	Poreisz C (2007) BRAIN RES BULL, V72, P208	*Safety aspects of transcranial direct current stimulation concerning healthy subjects and patients*
3	85	46,28	0,01	Miranda PC (2006) CLIN NEUROPHYSIOL, V117, P1623	*Modeling the current distribution during transcranial direct current stimulation*
3	85	39,08	0,03	Stagg CJ (2009) J NEUROSCI, V29, P5202	*Polarity-Sensitive Modulation of Cortical Neurotransmitters by Transcranial Stimulation*
3	78	38,63	0,08	Nitsche MA (2007) J NEUROPHYSIOL, V97, P3109	*Shaping the Effects of Transcranial Direct Current Stimulation of the Human Motor Cortex*
3	77	38,31	0,01	Wagner T (2007) NEUROIMAGE, V35, P1113	*Transcranial direct current stimulation: A computer-based human model study*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
3	76	38,74	0,07	Floel A (2008) J COGNITIVE NEUROSCI, V20, P1415	*Noninvasive Brain Stimulation Improves Language Learning*
3	76	36,57	0	Lindenberg R (2010) NEUROLOGY, V75, P2176	*Bihemispheric brain stimulation facilitates motor recovery in chronic stroke patients*
3	75	36,09	0,02	Baker JM (2010) STROKE, V41, P1229	*Using Transcranial Direct-Current Stimulation to Treat Stroke Patients With Aphasia*
3	72	36,69	0,01	Monti A (2008) J NEUROL NEUROSUR PS, V79, P451	*Improved naming after transcranial direct current stimulation in aphasia*
3	68	32	0,15	Dockery CA (2009) J NEUROSCI, V29, P7271	*Enhancement of Planning Ability by Transcranial Direct Current Stimulation*
3	55	25,21	0,06	Liebetanz D (2009) CLIN NEUROPHYSIOL, V120, P1161	*Safety limits of cathodal transcranial direct current stimulation in rats*
3	55	26,41	0	Fiori V (2011) J COGNITIVE NEUROSCI, V23, P2309	*Transcranial Direct Current Stimulation Improves Word Retrieval in Healthy and Nonfluent Aphasic Subjects*
3	54	27,47	0,01	Schlaug G (2008) ARCH NEUROL-CHICAGO, V65, P1571	*Transcranial direct current stimulation in stroke recovery*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
3	54	27,47	0	Vines BW (2008) BMC NEUROSCI, V9, P0	*Dual-hemisphere tDCS facilitates greater improvements for healthy subjects' non-dominant hand compared to uni-hemisphere stimulation*
3	52	23,83	0	Fertonani A (2010) BEHAV BRAIN RES, V208, P311	*Naming facilitation induced by transcranial direct current stimulation*
3	52	24,97	0	Antal A (2010) J PAIN SYMPTOM MANAG, V39, P890	*Anodal Transcranial Direct Current Stimulation of the Motor Cortex Ameliorates Chronic Pain and Reduces Short Intracortical Inhibition*
3	50	25,42	0,01	Sparing R (2008) NEUROPSYCHOLOGIA, V46, P261	*Enhancing language performance with non-invasive brain stimulation—A transcranial direct current stimulation study in healthy humans*
3	50	25,42	0	Ferrucci R (2008) NEUROLOGY, V71, P493	*Transcranial direct current stimulation improves recognition memory in Alzheimer disease*
3	49	22,45	0,02	Jo JM (2009) AM J PHYS MED REHAB, V88, P404	*Enhancing the Working Memory of Stroke Patients Using tDCS*
3	49	24,91	0,01	Boggio PS (2008) EUR J NEUROL, V15, P1124	*Modulatory effects of anodal transcranial direct current stimulation on perception and pain thresholds in healthy volunteers*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
3	48	23,04	0,01	Fridriksson J (2011) STROKE, V42, P819	*Transcranial Direct Current Stimulation Improves Naming Reaction Time in Fluent Aphasia A Double-Blind, Sham-Controlled Study*
3	48	24,4	0,02	Ohn SH (2008) NEUROREPORT, V19, P43	*Time-dependent e¡ect of transcranial direct current stimulation on the enhancement of working memory*
3	48	22,34	0	Sadleir RJ (2010) NEUROIMAGE, V51, P1310	*Transcranial direct current stimulation (tDCS) in a realistic head model*
3	47	21,53	0	Boggio PS (2009) J NEUROL NEUROSUR PS, V80, P444	*Temporal cortex direct current stimulation enhances performance on a visual recognition memory task in Alzheimer disease*
3	47	21,53	0	Priori A (2009) BRAIN STIMUL, V2, P241	*Repetitive transcranial magnetic stimulation or transcranial direct current stimulation?*
3	45	21,59	0,1	Zaehle T (2011) BMC NEUROSCI, V12, P0	*Transcranial direct current stimulation of the prefrontal cortex modulates working memory performance: combined behavioural and electrophysiological evidence*
4	3	0	0	Siebner HR (1999) NEUROLOGY, V52, P529	*Low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation of the motor cortex in writer's cramp*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
4	3	0	0	Siebner HR (2003) EXP BRAIN RES, V148, P1	*Transcranial magnetic stimulation: new insights into representational cortical plasticity*
4	2	0	0	Fitzgerald PB (2002) CLIN NEUROPHYSIOL, V113, P1136	*Intensity-dependent effects of 1 Hz rTMS on human corticospinal excitability*
4	2	0	0	Di Lazzaro V (2002) EXP BRAIN RES, V147, P108	*Short-term reduction of intracortical inhibition in the human motor cortex induced by repetitive transcranial magnetic stimulation*
4	2	0	0	Romero JR (2002) CLIN NEUROPHYSIOL, V113, P101	*Subthreshold low frequency repetitive transcranial magnetic stimulation selectively decreases facilitation in the motor cortex*
4	2	0	0	Iyer MB (2003) J NEUROSCI, V23, P10867	*Priming stimulation enhances the depressant effect of low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation*
4	2	0	0	Maeda F (2000) EXP BRAIN RES, V133, P425	*Interindividual variability of the modulatory effects of repetitive transcranial magnetic stimulation on cortical excitability*
4	2	0	0	Turrigiano GG (2004) NAT REV NEUROSCI, V5, P97	*Homeostatic plasticity in the developing nervous system*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
4	2	0	0	Knecht S (2003) BIOL PSYCHIAT, V53, P175	*Changing Cortical Excitability with Low-Frequency Transcranial Magnetic Stimulation Can Induce Sustained Disruption of Tactile Perception*
4	2	0	0	Touge T (2001) CLIN NEUROPHYSIOL, V112, P2138	*Are the after-effects of low-frequency rTMS on motor cortex excitability due to changes in the efficacy of cortical synapses?*
4	2	0	0	Munchau A (2002) J NEUROSCI, V22, P554	*Functional Connectivity of Human Premotor and Motor Cortex Explored with Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation*
4	2	0	0	Tergau F (1999) LANCET, V353, P2209	*Low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation improves intractable epilepsy*
4	2	0	0	Rothwell J C (1999) ELECTROENCEPHALOGR CLIN NEUROPHYSIOL SUPPL, V52, P97	*Magnetic stimulation: motor evoked potentials. The International Federation of Clinical Neurophysiology.*
4	2	0	0	Lefaucheur JP (2001) NEUROREPORT, V12, P2963	*Pain relief induced by repetitive transcranial magnetic stimulation of precentral cortex*
5	297	100,16	0,03	Brunoni AR (2012) BRAIN STIMUL, V5, P175	*Clinical research with transcranial direct current stimulation (tDCS): Challenges and future directions*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
5	152	56,67	0,03	Brunoni AR (2011) INT J NEUROPSYCHOPH, V14, P1133	*A systematic review on reporting and assessment of adverse effects associated with transcranial direct current stimulation*
5	140	41,49	0,19	Loo CK (2012) BRIT J PSYCHIAT, V200, P52	*Transcranial direct current stimulation for depression: 3-week, randomised, sham-controlled trial*
5	129	48,65	0,01	Brunoni AR (2013) JAMA PSYCHIAT, V70, P383	*The Sertraline vs Electrical Current Therapy for Treating Depression Clinical Study*
5	97	44,15	0,2	Boggio PS (2008) INT J NEUROPSYCHOPH, V11, P249	*A randomized, double-blind clinical trial on the efficacy of cortical direct current stimulation for the treatment of major depression*
5	70	21,95	0	Shiozawa P (2014) INT J NEUROPSYCHOPH, V17, P1539	*Transcranial direct current stimulation for major depression: an updated systematic review and meta-analysis – ERRATUM*
5	67	30,75	0,01	Ferrucci R (2009) J AFFECT DISORDERS, V118, P215	*Transcranial direct current stimulation in severe, drug-resistant major depression*
5	67	30,75	0	Nitsche MA (2009) EXP NEUROL, V219, P14	*Treatment of depression with transcranial direct current stimulation (tDCS): A Review*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
5	66	30,19	0	Brunelin J (2012) AM J PSYCHIAT, V169, P719	*Exam in in g Tran scran ial Dire ct-C u rre n t Stim u la tio n (tDC S) as a Tre a tm e n t fo r H allu cin a tio n s in Sch izo p h re n ia*
5	62	28,35	0	Polania R (2012) HUM BRAIN MAPP, V33, P2499	*Modulating Cortico-Striatal and Thalamo-Cortical Functional Connectivity with Transcranial Direct Current Stimulation*
5	53	24,29	0	Loo CK (2010) INT J NEUROPSYCHOPH, V13, P61	*A double-blind, sham-controlled trial of transcranial direct current stimulation for the treatment of depression*
6	3	0	0	Stefan K (2000) BRAIN, V123, P572	*Induction of plasticity in the human motor cortex by paired associative stimulation*
6	3	0	0	Weiss SRB (1998) EXP NEUROL, V154, P185	*Quenching Revisited: Low Level Direct Current Inhibits Amygdala-Kindled Seizures*
6	3	0	0	Priori A (1998) NEUROREPORT, V9, P2257	*Polarization of the human motor cortex through the scalp*
6	3	0	0	Malenka RC (1999) SCIENCE, V285, P1870	*Long-Term Potentiation—A Decade of Progress?*
6	2	0	0	Hamdy S (1998) NAT NEUROSCI, V1, P64	*Long-term reorganization of human motor cortex driven by short-term sensory stimulation*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
6	2	0	0	Ziemann U (1998) J NEUROSCI, V18, P7000	*Mechanisms of deafferentation-induced plasticity in human motor cortex*
6	2	0	0	Samii A (1996) NEUROLOGY, V46, P1376	*Characterization of postexercise facilitation and depression of motor evoked potentials to transcranial magnetic stimulation*
6	2	0	0	Mizuno K (2000) EPILEPSY RES, V40, P187	*Effects of carbamazepine on acetylcholine release and metabolism*
6	2	0	0	Ziemann U (1998) J NEUROSCI, V18, P1115	*Modulation of plasticity in human motor cortex after forearm ischemic nerve block*
6	2	0	0	Ziemann U (1998) NEUROLOGY, V51, P1320	*Dextromethorphan decreases the excitability of the human motor cortex*
7	67	34,51	0,06	Boggio PS (2007) RESTOR NEUROL NEUROS, V25, P123	*Repeated sessions of non-invasive brain DC stimulation is associated with motor function improvement in stroke patients*
7	52	23,83	0	Bolognini N (2009) J NEUROENG REHABIL, V6, P0	*Using non-invasive brain stimulation to augment motor training-induced plasticity*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
7	40	23,99	0,01	Fregni F (2005) NEUROREPORT, V16, P1551	*Transcranial direct current stimulation of the una¡ected hemisphere in stroke patients*
7	24	14,7	0,01	Hummel FC (2006) LANCET NEUROL, V5, P708	*Non-invasive brain stimulation: a new strategy to improve neurorehabilitation after stroke?*
7	22	13,48	0	Fregni F (2007) NAT CLIN PRACT NEURO, V3, P383	*Technology Insight: noninvasive brain stimulation in neurology—perspectives on the therapeutic potential of rTMS and tDCS*
7	20	11,89	0	Mansur CG (2005) NEUROLOGY, V64, P1802	*A sham stimulationcontrolled trial of rTMS of the unaffected hemisphere in stroke patients*
7	16	9,57	0	Hummel F (2005) NEUROREHAB NEURAL RE, V19, P14	*Improvement of Motor Function with Noninvasive Cortical Stimulation in a Patient with Chronic Stroke*
7	15	8,97	0	Khedr EM (2005) NEUROLOGY, V65, P466	*Therapeutic trial of repetitive transcranial magnetic stimulation after acute ischemic stroke*
7	15	8,91	0	Murase N (2004) ANN NEUROL, V55, P400	*Influence of Interhemispheric Interactions on Motor Function in Chronic Stroke*
7	15	9,18	0	Wagner T (2007) ANNU REV BIOMED ENG, V9, P527	*Noninvasive Human Brain Stimulation*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
8	2	0	0	Kammer T (2001) CLIN NEUROPHYSIOL, V112, P2015	*The influence of current direction on phosphene thresholds evoked by transcranial magnetic stimulation*
8	2	0	0	Kammer T (1999) NEUROPSYCHOLOGIA, V37, P191	*Phosphenes and transient scotomas induced by magnetic stimulation of the occipital lobe: their topographic relationship*
8	2	0	0	Pascual-Leone A (2001) SCIENCE, V292, P510	*Fast Backprojections from the Motion to the Primary Visual Area Necessary for Visual Awareness*
8	2	0	0	Boroojerdi B (2000) NEUROLOGY, V54, P1529	*Reduction of human visual cortex excitability using 1-Hz transcranial magnetic stimulation*
8	2	0	0	Stewart LM (2001) NEUROPSYCHOLOGIA, V39, P415	*Motor and phosphene thresholds: a transcranial magnetic stimulation correlation study*
8	2	0	0	Aurora SK (1998) NEUROLOGY, V50, P1111	*Transcranial magnetic stimulation confirms hyperexcitability of occipital cortex in migraine*
8	2	0	0	Gothe J (2002) BRAIN, V125, P479	*Changes in virtual cortex excitability in blind subjects as demonstrated by transcranial magnetic stimulation*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
8	2	0	0	Cowey A (2000) NEUROREPORT, V11, P3269	*Magnetically induced phosphenes in sighted, blind and blindsighted observers*
9	5	3,38	0	Rioult-Pedotti MS (2000) SCIENCE, V290, P533	*Learning-Induced LTP in Neocortex*
9	3	0	0,09	Stewart L (1999) EEG CL N SU, V0, P334	*Motion perception and perceptual learning studied by magnetic stimulation.*
9	3	0	0	Muellbacher W (2002) NATURE, V415, P640	*Early consolidation in human primary motor cortex*
9	3	0	0	Butefisch CM (2002) ANN NEUROL, V51, P59	*Modulation of Use-Dependent Plasticity by D-Amphetamine*
9	2	0	0,04	Blin O (2001) CLIN NEUROPHARMACOL, V24, P71	*Pharmacokinetic and Pharmacodynamic Analysis of Sedative and Amnesic Effects of Lorazepam in Healthy Volunteers*
9	2	0	0,02	KLEISER R (2002) NEUROIMAGE CD ROM, V16, P20386	*Temporal Relation of Population Activity in Visual Areas MT/MST and M1 During Visually Guided Tracking*
9	2	0	0,02	Kruse W (2002) CEREB CORTEX, V12, P466	*Temporal Relation of Population Activity in Visual Areas MT/MST and in Primary Motor Cortex during Visually Guided Tracking Movements*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
9	2	0	0,02	Hotson JR (1999) NEUROPSYCHOLOGIA, V37, P169	*The selectivity and timing of motion processing in human temporo-parieto-occipital and occipital cortex: a transcranial magnetic stimulation study*
10	44	19,1	0	Machado DGD (2019) BRAIN STIMUL, V12, P593	*Effect of transcranial direct current stimulation on exercise performance: a systematic review and meta-analysis*
10	40	17,76	0	Morya E (2019) J NEUROENG REHABIL, V16, P0	*Beyond the target area: an integrative view of tDCS-induced motor cortex modulation in patients and athletes*
11	3	0	0	Froc DJ (2000) J NEUROSCI, V20, P438	*Long-Term Depression and Depotentiation in the Sensorimotor Cortex of the Freely Moving Rat*
12	15	8,97	0	Vines BW (2006) NEUROREPORT, V17, P671	*Contralateral and ipsilateral motor e¡ects after transcranial direct current stimulation*
13	39	16,92	0	Fridriksson J (2018) JAMA NEUROL, V75, P1470	*Transcranial Direct Current Stimulation vs Sham Stimulation to Treat Aphasia After Stroke A Randomized Clinical Trial*
14	44	20,15	0	Sparing R (2009) BRAIN, V132, P3011	*Bidirectional alterations of interhemispheric parietal balance by non-invasive cortical stimulation*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
15	63	19,74	0	Lauro LJR (2014) CORTEX, V58, P99	*TDCS increases cortical excitability: Direct evidence from TMS–EEG.*
16	93	43,43	0	Rossi S (2009) CLIN NEUROPHYSIOL, V120, P2008	*Safety, ethical considerations, and application guidelines for the use of transcranial magnetic stimulation in clinical practice and research*
17	2	0	0	Shelyakin A M (1998) NEUROSCI BEHAV PHYSIOL, V28, P468	*Efects of transcranial micropolarization of the frontal cortex on the state of motor and cognitive functions in extrapiramidal pathology*
18	51	23,79	0	Utz KS (2010) NEUROPSYCHOLOGIA, V48, P2789	*Electrified minds: Transcranial direct current stimulation (tDCS) and Galvanic Vestibular Stimulation (GVS) as methods of non-invasive brain stimulation in neuropsychology—A review of current data and future implications*
19	40	17,48	0	Matsumoto H (2017) CLIN NEUROPHYS PRACT, V2, P19	*Adverse events of tDCS and tACS: A review*
20	101	44,4	0	Thair H (2017) FRONT NEUROSCI-SWITZ, V11, P0	*Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS): A Beginner's Guide for Design and Implementation*
21	3	0	0	Bennett MR (2000) PROG NEUROBIOL, V60, P109	*The concept of long term potentiation of transmission at synapses*

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
22	45	21,59	0	Monte-Silva K (2010) J NEUROPHYSIOL, V103, P1735	*Shaping the Optimal Repetition Interval for Cathodal Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS)*
23	38	16,6	0	Antonenko D (2017) J NEUROSCI, V37, P4065	*tDCS-induced Modulation of GABA Levels and Resting-State Functional Connectivity in Older Adults*
24	61	20,85	0	Rossini PM (2015) CLIN NEUROPHYSIOL, V126, P1071	*Non-invasive electrical and magnetic stimulation of the brain, spinal cord, roots and peripheral nerves: basic principles and procedures for routine clinical and research application. An updated report from an I.F.C.N. Committee*
25	44	19,75	0	Im JJ (2019) BRAIN STIMUL, V12, P1222	*Effects of 6-month at-home transcranial direct current stimulation on cognition and cerebral glucose metabolism in Alzheimer's disease*
26	75	25,45	0	Fregni F (2015) CLIN RES REGUL AFF, V32, P22	*Regulatory considerations for the clinical and research use of transcranial direct current stimulation (tDCS): Review and recommendations from an expert panel*

Anexo 6. Descripción de los clústeres localizados en EMT.

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
0	114	72,27	0,26	DAY BL (1989) J PHYSIOL-LONDON, V412, P449	Electric and magnetic stimulation of human motor cortex: Surface EMG and single motor unit responses
0	71	46,61	0,09	HESS CW (1987) J PHYSIOL-LONDON, V388, P397	Responses in small hand muscles form magnetic stimulation of the human brain
0	57	36,83	0	ROTHWELL JC (1991) EXP PHYSIOL, V76, P159	Stimulation of the human motor cortex through the scalp
0	51	32,24	0,06	EDGLEY SA (1990) J PHYSIOL-LONDON, V425, P301	Excitation of the corticospinal tract by electromagnetic and electrical stimulation of the scalp in the macaque monkey
0	49	30,98	0,19	Pascual - Leone A (1991) NEUROLOGY, V41, P697	Induction of Speech Arrest and Counting Errors with Rapid-Rate Transcranial Magnetic Stimulation
0	41	25,91	0,1	AMASSIAN VE (1989) ELECTROEN CLIN NEURO, V74, P458	Suppression of visual perception by magnetic coil stimulation of human occipital cortex

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
0	41	27,8	0,07	BARKER AT (1985) LANCET, V1, P1106	Non-invasive magnetic stimulation of human motor cortex
0	36	22,68	0,01	AMASSIAN VE (1989) ELECTROEN CLIN NEURO, V74, P401	Focal stimulation of human cerebral cortex with the magnetic coil: a comparison with electrical stimulation
0	34	21,41	0,02	HUFNAGEL A (1990) ANN NEUROL, V27, P49	Activation of the epileptic focus by transcranial magnetic stimulation of the human brain
0	28	18,07	0,02	AMASSIAN VE (1990) ELECTROEN CLIN NEURO, V77, P390	A comparison of corticospinal activation by magnetic coil and electrical stimulation of monkey motor cortex
0	28	18,07	0	BURKE D (1993) J PHYSIOL-LONDON, V470, P383	Direct comparison of corticospinal volleys in human subjects to transcranial magnetic and electrical stimulation
0	27	17	0,08	TASSINARI CA (1990) NEUROLOGY, V40, P1132	Transcranial magnetic stimulation in epileptic patients: usefulness and safety

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
0	26	16,78	0	BERARDELLI A (1990) NEUROSCI LETT, V112, P54	Descending volley after electrical and magnetic transcranial stimulation
0	24	15,49	0,01	DAY BL (1991) J PHYSIOL-LONDON, V433, P41	Changes in the response to magnetic and electrical stimulation of the motor cortex following muscle stretch in man
0	23	15,58	0	BARKER AT (1985) J PHYSIOL-LONDON, V369, P0	Magnetic stimulation of the human brain
0	23	14,84	0	PALMER E (1992) J PHYSIOL-LONDON, V448, P397	Corticospinal projections to upper limb motoneurones in humans
0	22	14,2	0	THOMPSON PD (1991) ELECTROEN CLIN NEURO, V81, P397	Further observations on the facilitation of muscle responses to cortical stimulation by voluntary contraction
0	21	13,55	0,01	THOMPSON PD (1991) J NEUROL NEUROSUR PS, V54, P618	Diurnal variation of essential and physiological tremor
0	21	13,55	0	DEUSCHL G (1991) EXP BRAIN RES, V83, P403	Effects of electric and magnetic transcranial stimulation on long-latency reflexes

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
0	20	12,9	0,08	DHUNA A (1991) NEUROLOGY, V41, P1067	Transcranial magnetic stimulation in patients with epilepsy
0	19	12,26	0,01	BONIFACE SJ (1991) BRAIN, V114, P643	Responses of single spinal motoneurons to magnetic brain stimulation in healthy subjects and patients with multiple sclerosis
0	19	12,26	0,01	DATTA AK (1989) J PHYSIOL-LONDON, V418, P13	Task-dependent changes in the size of response to magnetic brain stimulation in human first dorsal interosseous muscle
0	17	11,51	0,02	MILLS KR (1987) NEUROSURGERY, V20, P164	Magnetic and electrical transcranial brain stimulation: physiological mechanisms and clinical applications.
0	16	10,84	0	AGNEW WF (1987) NEUROSURGERY, V20, P143	Considerations for safety in the use of extracranial stimulation for motor evoked potentials
0	13	8,81	0,02	DAY BL (1987) BRAIN, V110, P1191	Motor cortex stimulation in intact man. 2. Multiple descending volleys

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
0	13	8,8	0,01	BARKER AT (1987) NEUROSURGERY, V20, P100	Magnetic stimulation of the human brain and peripheral nervous system: an introduction and the results of an initial clinical evaluation
0	12	8,13	0,03	SCHRIEFER TN (1988) J NEUROL NEUROSUR PS, V51, P60	Evaluation of proximal facial nerve conduction by transcranial magnetic stimulation
0	12	8,13	0	AMASSIAN VE (1987) NEUROSURGERY, V20, P74	Physiological basis of motor effects of a transient stimulus to cerebral cortex
0	12	8,16	0	BENECKE R (1988) EXP BRAIN RES, V71, P623	Transcranial magnetic stimulation of the human brain: responses in muscles supplied by cranial nerves
0	11	7,45	0	BRIDGERS SL (1989) NEUROLOGY, V39, P417	Transcranial magnetic stimulation: an assessment of cognitive and other cerebral effects
0	11	7,48	0	ROTHWELL JC (1987) BRAIN, V110, P1173	Motor cortex stimulation in intact man. 1. General characteristics of EMG responses in different muscles

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
0	10	6,77	0,01	HESS CW (1986) NEUROSCI LETT, V71, P235	Magnetic stimulation of the human brain: facilitation of motor responses by voluntary contraction of ipsilateral and contralateral muscles with additional observations on an amputee
0	10	6,78	0,01	INGRAM DA (1988) J NEUROL NEUROSUR PS, V51, P487	Central motor conduction in multiple sclerosis: evaluation of abnormalities revealed by transcutaneous magnetic stimulation of the brain
0	10	6,77	0	BARKER AT (1986) LANCET, V1, P1325	Clinical evaluation of conduction time measurements in central motor pathways using magnetic stimulation of human brain
0	10	6,78	0,02	HESS CW (1987) ANN NEUROL, V22, P744	Magnetic brain stimulation: Central motor conduction studies in multiple sclerosis
0	10	6,77	0	HESS CW (1986) LANCET, V2, P355	Measurement of central motor conduction in multiple sclerosis by magnetic brain stimulation

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
0	10	6,78	0	MACCABEE PJ (1988) ELECTROEN CLIN NEURO, V70, P350	Intracranial stimulation of facial nerve in humans with the magnetic coil
0	9	6,09	0,01	COWAN JMA (1984) LANCET, V2, P304	Abnormalities in central motor pathway conduction in multiple sclerosis
0	9	6,09	0,01	THOMPSON PD (1987) ANN NEUROL, V21, P389	Examination of motor function in lesions of the spinal cord by stimulation of the motor cortex
0	9	6,12	0,02	THOMPSON PD (1987) J NEUROL SCI, V80, P91	The interpretation of electromyographic responses to electrical stimulation of the motor cortex in diseases of the upper motor neurone
0	8	5,44	0,06	BENECKE R (1988) ELECTROEN CLIN NEURO, V69, P412	Analysis of muscle responses elicited by transcranial stimulation of the cortico-spinal system in man
0	8	5,42	0,02	ROSSINI PM (1985) ELECTROEN CLIN NEURO, V61, P272	Nervous propagation along 'central' motor pathways in intact man: Characteristics of motor responses to 'bifocal' and 'unifocal' spine and scalp non-invasive stimulation

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
0	8	5,44	0,03	CALANCIE B (1987) J NEUROPHYSIOL, V58, P1168	Corticospinal volleys evoked by transcranial stimulation in man: Effects of voluntary contraction
0	8	5,42	0,02	INGHILLERI M (1989) J NEUROL NEUROSUR PS, V52, P970	Transcranial electrical stimulation of the motor cortex in man: Factors affecting the size and reproducibility of the motor evoked potentials
0	8	5,44	0	EISEN AA (1990) MUSCLE NERVE, V13, P995	Motor evoked potentials following transcranial electrical stimulation: Effects of posture and voluntary contraction
0	8	5,44	0	COWAN JMA (1986) J PHYSIOL-LONDON, V377, P333	Motor unit recruitment during transcranial electrical stimulation of the motor cortex in man
0	7	4,74	0	ROTHWELL JC (1987) NEUROSURGERY, V20, P156	Some experiences of techniques for stimulation of the human cerebral motor cortex through the scalp

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
0	7	4,74	0	CRACCO RQ (1987) NEUROSURGERY, V20, P199	Evaluation of conduction in central motor pathways: techniques, pathophysiology, and clinical interpretation
0	6	4,06	0,02	MILLS KR (1985) ANN NEUROL, V18, P601	Corticospinal Tract Conduction Time in Multiple Sclerosis
0	6	4,06	0,04	ROSSINI PM (1987) NEUROSURGERY, V20, P183	Mechanisms of nervous propagation along central motor pathways: noninvasive evaluation in healthy subjects and in patients with neurological disease
0	6	4,08	0,05	ROSSINI PM (1985) ELECTROEN CLIN NEURO, V60, P320	Nerve impulse propagation along central and peripheral fast conducting motor and sensory pathways in man
0	6	4,06	0,03	INGRAM DA (1987) J NEUROL NEUROSUR PS, V50, P159	Central motor conduction is abnormal in motor neuron disease

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
0	6	4,08	0,04	BOYD SG (1986) J NEUROL NEUROSUR PS, V49, P251	A method of monitoring function in corticospinal pathways during scoliosis surgery with a note on motor conduction velocities
0	6	4,07	0	MICHELUCCI R (1989) NEUROLOGY, V39, P414	Transcranial magnetic stimulation of the cerebral cortex in epilepsy.
0	6	4,07	0,01	ROSSINI PM (1987) BRAIN RES, V415, P211	Central motor tract propagation in man: studies with non-invasive, unifocal, scalp stimulation
0	6	4,07	0	MEYER BU (1989) J NEUROL, V236, P102	Investigation of unilateral facial weakness: magnetic stimulation of the proximal facial nerve and of the face-associated motor cortex
0	6	4,08	0	ROSLER KM (1989) J NEUROL NEUROSUR PS, V52, P1149	Investigation of facial motor pathways by electrical and magnetic stimulation: sites and mechanisms of excitation
0	6	4,07	0	MILLS KR (1988) NEUROSCI LETT, V94, P297	Excitatory and inhibitory effects on human spinal motoneurones from magnetic brain stimulation

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
0	6	4,07	0	MACCABEE PJ (1988) ELECTROEN CLIN NEURO, V70, P524	An analysis of peripheral motor nerve stimulation in humans using the magnetic coil
1	420	198,68	0,03	Wassermann EM (1998) EVOKED POTENTIAL, V108, P1	Risk and safety of repetitive transcranial magnetic stimulation: report and suggested guidelines from the International Workshop on the Safety of Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation
1	310	153,42	0,32	Chen R (1997) NEUROLOGY, V48, P1398	Depression of motor cortex excitability by low-frequency transcranial magnetic stimulation
1	242	126,26	0,05	Pascual-Leone A (1996) LANCET, V348, P233	Rapid-rate transcranial magnetic stimulation of left dorsolateral prefrontal cortex in drug-resistant depression
1	211	103,98	0,02	Paus T (1997) J NEUROSCI, V17, P3178	Transcranial magnetic stimulation during positron emission tomography: a new method for studying connectivity of the human cerebral cortex.

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
1	206	89,83	0,03	Gershon AA (2003) AM J PSYCHIAT, V160, P835	Transcranial Magnetic Stimulation in the Treatment of Depression
1	206	92,75	0	George MS (1999) ARCH GEN PSYCHIAT, V56, P300	Transcranial Magnetic StimulationApplications in Neuropsychiatry
1	202	91,27	0,03	Burt T (2002) INT J NEUROPSYCHOPH, V5, P73	Neuropsychiatric applications of transcranial magnetic stimulation: a meta analysis
1	201	89,57	0,07	Klein E (1999) ARCH GEN PSYCHIAT, V56, P315	Therapeutic Efficacy of Right Prefrontal Slow Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation in Treatment-Resistant Depression
1	160	87,97	0,07	GEORGE MS (1995) NEUROREPORT, V6, P1853	Daily repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) improves mood in depression
1	159	72,74	0,16	Siebner HR (1999) NEUROLOGY, V52, P529	Low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation of the motor cortex in writer's cramp

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
1	148	64,88	0,1	Fitzgerald PB (2003) ARCH GEN PSYCHIAT, V60, P1002	Transcranial Magnetic Stimulation in the Treatment of DepressionA Double-blind, Placebo-Controlled Trial
1	142	77,31	0,3	Pascual-Leone A (1994) BRAIN, V117, P847	Responses to rapid-rate transcranial magnetic stimulation of the human motor cortex
1	138	65,11	0	Pascual-Leone A (1998) J CLIN NEUROPHYSIOL, V15, P333	Study and modulation of human cortical excitability with transcranial magnetic stimulation.
1	132	75,96	0	George MS (1997) AM J PSYCHIAT, V154, P1752	Mood Improvement Following Daily Left Prefrontal Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation in Patients With Depression: A Placebo-Controlled Crossover Trial
1	131	72,43	0	Wassermann EM (2001) CLIN NEUROPHYSIOL, V112, P1367	Therapeutic application of repetitive transcranial magnetic stimulation: a review

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
1	128	59,6	0,08	Grunhaus L (2000) BIOL PSYCHIAT, V47, P314	Repetitive transcranial magnetic stimulation is as effective as electroconvulsive therapy in the treatment of nondelusional major depressive disorder: an open study
1	126	69,65	0,15	Maeda F (2000) CLIN NEUROPHYSIOL, V111, P800	Modulation of corticospinal excitability by repetitive transcranial magnetic stimulation
1	116	64,79	0,26	Pascual-Leone A (1993) ELECTROEN CLIN NEURO, V89, P120	Safety of rapid-rate transcranial magnetic stimulation in normal volunteers
1	115	63,54	0,01	Walsh V (2000) NAT REV NEUROSCI, V1, P73	Transcranial magnetic stimulation and cognitive neuroscience
1	115	63,54	0	Pascual-Leone A (2000) CURR OPIN NEUROBIOL, V10, P232	Transcranial magnetic stimulation in cognitive neuroscience – virtual lesion, chronometry, and functional connectivity
1	98	54,11	0,02	Hilgetag CC (2001) NAT NEUROSCI, V4, P953	Enhanced visual spatial attention ipsilateral to rTMS-induced 'virtual lesions' of human parietal cortex

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
1	97	53,55	0,32	Touge T (2001) CLIN NEUROPHYSIOL, V112, P2138	Are the after-effects of low-frequency rTMS on motor cortex excitability due to changes in the efficacy of cortical synapses?
1	88	48,57	0	George MS (2000) BIOL PSYCHIAT, V48, P962	A controlled trial of daily left prefrontal cortex TMS for treating depression
1	87	44,84	0,03	Avery DH (2006) BIOL PSYCHIAT, V59, P187	A Controlled Study of Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation in Medication-Resistant Major Depression
1	85	46,9	0	Strafella AP (2001) J NEUROSCI, V21, P0	Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation of the Human Prefrontal Cortex Induces Dopamine Release in the Caudate Nucleus
1	82	45,24	0,01	Speer AM (2000) BIOL PSYCHIAT, V48, P1133	Opposite effects of high and low frequency rTMS on regional brain activity in depressed patients

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
1	81	41,73	0	Aleman A (2007) J CLIN PSYCHIAT, V68, P416	Efficacy of Slow Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation in the Treatment of Resistant Auditory Hallucinations in Schizophrenia: A Meta-Analysis
1	77	39,66	0,01	Hoffman RE (2005) BIOL PSYCHIAT, V58, P97	Temporoparietal Transcranial Magnetic Stimulation for Auditory Hallucinations: Safety, Efficacy and Moderators in a Fifty Patient Sample
1	73	41,9	0,01	Fox P (1997) NEUROREPORT, V8, P2787	Imaging human intra-cerebral connectivity by PET during TMS
1	73	37,6	0	Loo CK (2005) J AFFECT DISORDERS, V88, P255	A review of the efficacy of transcranial magnetic stimulation (TMS) treatment for depression, and current and future strategies to optimize efficacy
1	72	41,11	0	Martin JLR (2003) BRIT J PSYCHIAT, V182, P480	Repetitive transcranial magnetic stimulation for the treatment of depression

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
1	70	38,6	0,01	Tergau F (1999) LANCET, V353, P2209	Low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation improves intractable epilepsy
1	69	38,05	0	Boroojerdi B (2000) NEUROLOGY, V54, P1529	Reduction of human visual cortex excitability using 1-Hz transcranial magnetic stimulation
1	66	36,39	0	Romero JR (2002) CLIN NEUROPHYSIOL, V113, P101	Subthreshold low frequency repetitive transcranial magnetic stimulation selectively decreases facilitation in the motor cortex
1	66	38,32	0	Lee L (2003) J NEUROSCI, V23, P5308	Acute remapping within the motor system induced by low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation
1	65	37,3	0,02	George MS (1996) J NEUROPSYCH CLIN N, V8, P172	Changes in mood and hormone levels after rapid-rate transcranial magnetic stimulation (rTMS) of the prefrontal cortex

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
1	65	35,84	0,06	Grunhaus L (2003) BIOL PSYCHIAT, V53, P324	A randomized controlled comparison of electroconvulsive therapy and repetitive transcranial magnetic stimulation in severe and resistant nonpsychotic major depression
1	65	35,84	0	Lisanby SH (2001) BIOL PSYCHIAT, V49, P460	Sham TMS: intracerebral measurement of the induced electrical field and the induction of motor-evoked potentials
1	64	35,28	0,01	Padberg F (1999) PSYCHIAT RES, V88, P163	Repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) in pharmacotherapy-refractory major depression: comparative study of fast, slow and sham rTMS
1	61	35	0	Pascual-Leone A (1996) NEUROLOGY, V46, P499	Lateralized effect of rapid-rate transcranial magnetic stimulation of the prefrontal cortex on mood
1	58	33,27	0,05	KOLBINGER HM (1995) HUM PSYCHOPHARM CLIN, V10, P305	Transcranial magnetic stimulation (TMS) in the treatment of major depression: a pilot study

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
1	58	34,57	0,06	Loo C (1999) AM J PSYCHIAT, V156, P946	Double-Blind Controlled Investigation of Transcranial Magnetic Stimulation for the Treatment of Resistant Major Depression
1	55	31,55	0	Wassermann EM (1996) ELECTROMYOGR MOTOR C, V101, P412	Use and safety of a new repetitive transcranial magnetic stimulator
1	55	31,57	0	Ilmoniemi RJ (1997) NEUROREPORT, V8, P3537	Neuronal responses to magnetic stimulation reveal cortical reactivity and connectivity
1	55	31,55	0	Paus T (1998) J NEUROPHYSIOL, V79, P1102	Dose-dependent reduction of cerebral blood flow during rapid-rate transcranial magnetic stimulation of the human sensorimotor cortex
1	53	30,4	0	Greenberg BD (1997) AM J PSYCHIAT, V154, P867	Effect of prefrontal repetitive transcranial magnetic stimulation in obsessive-compulsive disorder: a preliminary study
1	52	30,5	0	Grisaru N (1998) AM J PSYCHIAT, V155, P1608	Transcranial Magnetic Stimulation in Mania: A Controlled Study

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
1	50	28,67	0,02	GRISARU N (1994) EUR NEUROPSYCHOPHARM, V4, P287	Transcranial magnetic stimulation in depression and schizophrenia.
1	48	27,52	0	Pascual-Leone A (1994) NEUROLOGY, V44, P892	Akinesia in Parkinson's disease. II. Effects of subthreshold repetitive transcranial motor cortex stimulation
1	47	28,46	0	HOFLICH G (1993) HUM PSYCHOPHARM CLIN, V8, P361	Application of transcranial magnetic stimulation in treatment of drug-resistant major depression—a report of two cases
2	1423	590,73	0,75	Rossi S (2009) CLIN NEUROPHYSIOL, V120, P2008	Safety, ethical considerations, and application guidelines for the use of transcranial magnetic stimulation in clinical practice and research
2	591	244,23	0,83	Huang YZ (2005) NEURON, V45, P201	Theta burst stimulation of the human motor cortex
2	375	148,53	0,16	OReardon JP (2007) BIOL PSYCHIAT, V62, P1208	Efficacy and safety of transcranial magnetic stimulation in the acute treatment of major depression: a multisite randomized controlled trial

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
2	258	94,09	0,08	Fox MD (2012) BIOL PSYCHIAT, V72, P595	Efficacy of transcranial magnetic stimulation targets for depression is related to intrinsic functional connectivity with the subgenual cingulate
2	242	95,31	0,08	Ridding MC (2007) NAT REV NEUROSCI, V8, P559	Is there a future for therapeutic use of transcranial magnetic stimulation?
2	240	98,56	0,04	Siebner HR (2003) EXP BRAIN RES, V148, P1	Transcranial magnetic stimulation: new insights into representational cortical plasticity
2	231	101,51	0,02	Fitzgerald PB (2006) CLIN NEUROPHYSIOL, V117, P2584	A comprehensive review of the effects of rTMS on motor cortical excitability and inhibition
2	196	96,55	0,1	George MS (2010) ARCH GEN PSYCHIAT, V67, P507	Daily left prefrontal transcranial magnetic stimulation therapy for major depressive disorder: a sham-controlled randomized trial

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
2	189	71,53	0,04	Cheeran B (2008) J PHYSIOL-LONDON, V586, P5717	A common polymorphism in the brain-derived neurotrophic factor gene (BDNF) modulates human cortical plasticity and the response to rTMS
2	188	79,78	0,08	Liston C (2014) BIOL PSYCHIAT, V76, P517	Default mode network mechanisms of transcranial magnetic stimulation in depression
2	151	74,24	0	Slotema CW (2010) J CLIN PSYCHIAT, V71, P873	Should we expand the toolbox of psychiatric treatment methods to include repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS)? A meta-analysis of the efficacy of rTMS in psychiatric disorders
2	147	72,26	0,13	Ridding MC (2010) J PHYSIOL-LONDON, V588, P2291	Determinants of the induction of cortical plasticity by non-invasive brain stimulation

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
2	133	68,68	0,06	Siebner HR (2004) J NEUROSCI, V24, P3379	Preconditioning of Low-Frequency Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation with Transcranial Direct Current Stimulation: Evidence for Homeostatic Plasticity in the Human Motor Cortex
2	125	61,39	0	Reis J (2009) P NATL ACAD SCI USA, V106, P1590	Noninvasive cortical stimulation enhances motor skill acquisition over multiple days through an effect on consolidation
2	118	62,12	0	Ziemann U (2008) BRAIN STIMUL, V1, P164	Consensus: Motor cortex plasticity protocols
2	116	59,85	0,02	Ziemann U (2004) J NEUROSCI, V24, P1666	Learning modifies subsequent induction of long-term potentiation-like and long-term depression-like plasticity in human motor cortex
2	109	56,23	0	Mayberg HS (2005) NEURON, V45, P651	Deep brain stimulation for treatment-resistant depression

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
2	108	55,71	0,11	Fitzgerald PB (2006) AM J PSYCHIAT, V163, P88	A Randomized, Controlled Trial of Sequential Bilateral Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation for Treatment-Resistant Depression
2	108	53	0,02	Fritsch B (2010) NEURON, V66, P198	Direct Current Stimulation Promotes BDNF-Dependent Synaptic Plasticity: Potential Implications for Motor Learning
2	100	55,22	0,34	Muellbacher W (2000) CLIN NEUROPHYSIOL, V111, P1002	Effects of low-frequency transcranial magnetic stimulation on motor excitability and basic motor behavior
2	97	53,55	0,02	Gerschlager W (2001) NEUROLOGY, V57, P449	Decreased corticospinal excitability after subthreshold 1 Hz rTMS over lateral premotor cortex
2	97	50,01	0	Huang YZ (2007) CLIN NEUROPHYSIOL, V118, P1028	The after-effect of human theta burst stimulation is NMDA receptor dependent

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
2	95	46,59	0,01	Schutter DJLG (2009) PSYCHOL MED, V39, P65	Antidepressant efficacy of high-frequency transcranial magnetic stimulation over the left dorsolateral prefrontal cortex in double-blind sham-controlled designs: a meta-analysis
2	90	44,13	0	Hsu WY (2012) STROKE, V43, P1849	Effects of repetitive transcranial magnetic stimulation on motor recovery in patients with stroke: a meta-analysis
2	89	49,12	0,31	Maeda F (2000) EXP BRAIN RES, V133, P425	Interindividual variability of the modulatory effects of repetitive transcranial magnetic stimulation on cortical excitability
2	88	45,35	0,01	Ruff CC (2006) CURR BIOL, V16, P1479	Concurrent TMS-fMRI and psychophysics reveal frontal influences on human retinotopic visual cortex
2	88	43,2	0	Rossi S (2011) CLIN NEUROPHYSIOL, V122, P1686	Screening questionnaire before TMS: An update

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
2	85	46,9	0	Munchau A (2002) J NEUROSCI, V22, P554	Functional connectivity of human premotor and motor cortex explored with repetitive transcranial magnetic stimulation
2	83	45,8	0,01	Wolters A (2003) J NEUROPHYSIOL, V89, P2339	A Temporally Asymmetric Hebbian Rule Governing Plasticity in the Human Motor Cortex
2	81	39,7	0,01	Lindenberg R (2010) NEUROLOGY, V75, P2176	Bihemispheric brain stimulation facilitates motor recovery in chronic stroke patients
2	79	40,7	0	Gross M (2007) ACTA PSYCHIAT SCAND, V116, P165	Has repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) treatment for depression improved? A systematic review and meta-analysis comparing the recent vs. the earlier rTMS studies
2	79	38,72	0	Sack AT (2009) J COGNITIVE NEUROSCI, V21, P207	Optimizing functional accuracy of TMS in cognitive studies: a comparison of methods

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
2	78	40,18	0,02	Bestmann S (2004) EUR J NEUROSCI, V19, P1950	Functional MRI of the immediate impact of transcranial magnetic stimulation on cortical and subcortical motor circuits
2	78	43,03	0	Iyer MB (2003) J NEUROSCI, V23, P10867	Priming stimulation enhances the depressant effect of low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation
2	78	43,03	0	Strafella AP (2003) BRAIN, V126, P2609	Striatal dopamine release induced by repetitive transcranial magnetic stimulation of the human motor cortex
2	77	39,66	0	Stefan K (2004) J NEUROPHYSIOL, V92, P66	Modulation of associative human motor cortical plasticity by attention
2	77	39,66	0	Massimini M (2005) SCIENCE, V309, P2228	Breakdown of cortical effective connectivity during sleep
2	73	37,6	0	Lang N (2004) BIOL PSYCHIAT, V56, P634	Preconditioning with transcranial direct current stimulation sensitizes the motor cortex to rapid-rate TMS and controls the direction of after-effects

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
2	70	38,6	0	Siebner HR (2000) NEUROLOGY, V54, P956	Lasting cortical activation after repetitive TMS of the motor cortex: a glucose metabolic study
3	256	133,65	0,19	Ziemann U (1996) ANN NEUROL, V40, P367	Effects of antiepileptic drugs on motor cortex excitability in healthy subjects
3	207	118,66	0,32	KUJIRAI T (1993) J PHYSIOL-LONDON, V471, P501	The effect of voluntary contraction on cortico-cortical inhibition in human motor cortex
3	206	112,79	0	ROSSINI PM (1994) ELECTROEN CLIN NEURO, V91, P79	Non-invasive electrical and magnetic stimulation of the brain, spinal cord and roots: basic principles and procedures for routine clinical application
3	166	77,42	0,01	Werhahn KJ (1999) J PHYSIOL-LONDON, V517, P591	Corticocortical inhibition in human motor cortex
3	154	70,51	0	Di Lazzaro V (1998) EXP BRAIN RES, V119, P265	Magnetic transcranial stimulation at intensities below active motor threshold activates intracortical inhibitory circuits

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
3	152	74,71	0,35	Nakamura H (1997) J PHYSIOL-LONDON, V498, P817	Intracortical facilitation and inhibition after transcranial magnetic stimulation in conscious humans
3	138	79,44	0,16	Ziemann U (1996) J PHYSIOL-LONDON, V496, P873	Interaction between intracortical inhibition and facilitation in human motor cortex
3	108	58,16	0,02	RIDDING MC (1995) ANN NEUROL, V37, P181	Changes in excitability of motor cortical circuitry in patients with Parkinson's disease
3	99	54,66	0,38	Stefan K (2000) BRAIN, V123, P572	Induction of plasticity in the human motor cortex by paired associative stimulation
3	97	54,6	0,04	INGHILLERI M (1993) J PHYSIOL-LONDON, V466, P521	Silent period evoked by transcranial stimulation of the human cortex and cervicomedullary junction
3	85	46,9	0,36	Sanger TD (2001) J PHYSIOL-LONDON, V530, P307	Interactions between two different inhibitory systems in the human motor cortex

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
3	85	49,87	0,01	FERBERT A (1992) J PHYSIOL-LONDON, V453, P525	Interhemispheric inhibition of the human motor cortex
3	80	45	0,01	ROICK H (1993) EXP BRAIN RES, V94, P489	On the origin of post-excitatory inhibition following transcranial magnetic stimulation in awake human subjects
3	79	45,36	0	Ziemann U (1996) EXP BRAIN RES, V109, P127	The effect of lorazepam on the motor cortical excitability in man.
3	72	39,72	0,37	Ilic TV (2002) J PHYSIOL-LONDON, V545, P153	Short-interval paired-pulse inhibition and facilitation of human motor cortex: the dimension of stimulus intensity
3	72	41,59	0	Classen J (1998) J NEUROPHYSIOL, V79, P1117	Rapid plasticity of human cortical movement representation induced by practice
3	70	38,6	0,37	Stefan K (2002) J PHYSIOL-LONDON, V543, P699	Mechanisms of enhancement of human motor cortex excitability induced by interventional paired associative stimulation

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
3	67	38,45	0	PRIORI A (1994) BRAIN, V117, P317	Motor cortical inhibition and the dopaminergic system: Pharmacological changes in the silent period after transcranial brain stimulation in normal subjects, patients with Parkinson's disease and drug-induced parkinsonism
3	67	38,45	0	RIDDING MC (1995) J NEUROL NEUROSUR PS, V59, P493	Changes in the balance between motor cortical excitation and inhibition in focal task specific dystonia
3	65	42,02	0,36	FUHR P (1991) ELECTROEN CLIN NEURO, V81, P257	Spinal motor neuron excitability during the silent period after cortical stimulation
3	63	36,15	0	MEYER BU (1995) BRAIN, V118, P429	Inhibitory and excitatory interhemispheric transfers between motor cortical areas in normal humans and patients with abnormalities of the corpus callosum

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
3	51	32,24	0,05	DAY BL (1989) BRAIN, V112, P649	Delay in the execution of voluntary movement by electrical or magnetic brain stimulation in intact man: evidence for the storage of motor programs in the brain
3	48	27,52	0,01	Berardelli A (1996) BRAIN, V119, P71	Cortical inhibition in Parkinson's disease: A study with paired magnetic stimulation
3	48	27,52	0	RIDDING MC (1995) J PHYSIOL-LONDON, V487, P541	The effect of voluntary contraction on cortico-cortical inhibition in human motor cortex.
3	38	24,54	0,04	CANTELLO R (1992) NEUROLOGY, V42, P1951	Magnetic brain stimulation: the silent period after the motor evoked potentia
3	36	23,24	0,02	WASSERMANN EM (1991) NEUROLOGY, V41, P1795	Effects of transcranial magnetic stimulation on ipsilateral muscles
3	33	21,3	0,01	HAUG BA (1992) ELECTROEN CLIN NEURO, V85, P158	Silent period measurement revives as a valuable diagnostic tool with transcranial magnetic stimulation

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
3	31	20,01	0	VALLSSOLE J (1992) ELECTROEN CLIN NEURO, V85, P355	Human motor evoked responses to paired transcranial magnetic stimuli
3	30	19,36	0,01	TRIGGS WJ (1992) ANN NEUROL, V32, P345	Motor inhibition and excitation are independent effects of magnetic cortical stimulation
3	28	18,07	0	CANTELLO R (1991) NEUROLOGY, V41, P1449	Parkinson's disease rigidity. Magnetic motor evoked potentials in a small hand muscle
3	25	16,25	0	WILSON SA (1993) J NEUROL SCI, V114, P216	The muscle silent period following transcranial magnetic cortical stimulation
3	23	14,84	0	Pascual-Leone A (1992) BRAIN, V115, P1045	Effects of focal transcranial magnetic stimulation on simple reaction time to acoustic, visual and somatosensory stimuli
3	22	14,2	0	HOLMGREN H (1990) ELECTROEN CLIN NEURO, V75, P161	Late muscular responses to transcranial cortical stimulation in man

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
3	21	13,65	0	CARAMIA MD (1991) ELECTROEN CLIN NEURO, V81, P243	'Excitability' changes of muscular responses to magnetic brain stimulation in patients with central motor disorders
3	19	12,49	0	SCHNITZLER A (1994) NEUROSCI LETT, V180, P41	The silent period after transcranial magnetic stimulation is of exclusive cortical origin: evidence from isolated cortical ischemic lesions in man
3	19	12,35	0	WASSERMANN EM (1993) ELECTROEN CLIN NEURO, V89, P424	Topography of the inhibitory and excitatory responses to transcranial magnetic stimulation in a hand muscle
3	19	12,49	0	UNCINI A (1993) ELECTROEN CLIN NEURO, V89, P211	Physiological basis of voluntary activity inhibition induced by transcranial cortical stimulation
4	386	119	0,17	Hamada M (2013) CEREB CORTEX, V23, P1593	The role of interneuron networks in driving human motor cortical plasticity
4	342	135,63	0,07	Hallett M (2007) NEURON, V55, P187	Transcranial magnetic stimulation: a primer

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
4	312	97,62	0,04	Deng ZD (2013) BRAIN STIMUL, V6, P1	Electric field depth-focality tradeoff in transcranial magnetic stimulation: simulation comparison of 50 coil designs
4	264	75,11	0,01	Lopez-Alonso V (2014) BRAIN STIMUL, V7, P372	Inter-individual variability in response to non-invasive brain stimulation paradigms
4	204	63,71	0,01	Wiethoff S (2014) BRAIN STIMUL, V7, P468	Variability in response to transcranial direct current stimulation of the motor cortex
4	180	95,01	0	Nitsche MA (2008) BRAIN STIMUL, V1, P206	Transcranial direct current stimulation: State of the art 2008
4	134	65,83	0,02	Hoogendam JM (2010) BRAIN STIMUL, V3, P95	Physiology of repetitive transcranial magnetic stimulation of the human brain
4	114	48,22	0,01	Woods AJ (2016) CLIN NEUROPHYSIOL, V127, P1031	A technical guide to tDCS, and related non-invasive brain stimulation tools
4	111	46,95	0	Zrenner C (2018) BRAIN STIMUL, V11, P374	Real-time EEG-defined excitability states determine efficacy of TMS-induced plasticity in human motor cortex

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
4	106	52,01	0	Pell GS (2011) PROG NEUROBIOL, V93, P59	Modulation of cortical excitability induced by repetitive transcranial magnetic stimulation: Influence of timing and geometrical parameters and underlying mechanisms
4	105	51,52	0,03	Stagg CJ (2011) NEUROSCIENTIST, V17, P37	Physiological Basis of Transcranial Direct Current Stimulation
4	101	49,55	0,01	Ruohonen J (2010) NEUROPHYSIOL CLIN, V40, P7	Navigated transcranial magnetic stimulationLa stimulation magnétique transcrânienne
4	100	42,28	0	Di Lazzaro V (2014) J PHYSIOL-LONDON, V592, P4115	Corticospinal activity evoked and modulated by non-invasive stimulation of the intact human motor cortex
4	97	47,58	0,01	Rosanova M (2009) J NEUROSCI, V29, P7679	Natural Frequencies of Human Corticothalamic Circuits
4	92	48,37	0,06	Gentner R (2008) CEREB CORTEX, V18, P2046	Depression of Human Corticospinal Excitability Induced by Magnetic Theta-burst Stimulation: Evidence of Rapid Polarity-Reversing Metaplasticity

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
4	84	41,18	0	Thut G (2010) BRAIN TOPOGR, V22, P219	A Review of Combined TMS-EEG Studies to Characterize Lasting Effects of Repetitive TMS and Assess Their Usefulness in Cognitive and Clinical Neuroscience
4	83	40,69	0,03	Di Lazzaro V (2011) J NEUROPHYSIOL, V105, P2150	Modulation of motor cortex neuronal networks by rTMS: comparison of local and remote effects of six different protocols of stimulation
4	83	41,93	0,01	Batsikadze G (2013) J PHYSIOL-LONDON, V591, P1987	Partially non-linear stimulation intensity-dependent effects of direct current stimulation on motor cortex excitability in humans
4	83	40,69	0	Siebner HR (2009) BRAIN STIMUL, V2, P58	Consensus paper: Combining transcranial stimulation with neuroimaging
4	82	40,19	0,06	Thut G (2011) CURR BIOL, V21, P1176	Rhythmic TMS Causes Local Entrainment of Natural Oscillatory Signatures

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
4	79	38,72	0,01	Brunoni AR (2012) BRAIN STIMUL, V5, P175	Clinical research with transcranial direct current stimulation (tDCS): Challenges and future directions
4	79	38,72	0	Cho SS (2009) PLOS ONE, V4, P0	rTMS of the Left Dorsolateral Prefrontal Cortex Modulates Dopamine Release in the Ipsilateral Anterior Cingulate Cortex and Orbitofrontal Cortex
4	78	40,99	0,06	Huang YZ (2008) CEREB CORTEX, V18, P563	Effect of Physiological Activity on an NMDA-Dependent Form of Cortical Plasticity in Human
4	77	37,74	0	Picht T (2011) NEUROSURGERY, V69, P581	Preoperative Functional Mapping for Rolandic Brain Tumor Surgery Using Navigated Transcranial Magnetic Stimulation: A Comparison with Direct Cortical Stimulation
4	76	37,24	0,05	Thielscher A (2011) NEUROIMAGE, V54, P234	Impact of the Gyral Geometry on the Electric Field Induced by Transcranial Magnetic Stimulation

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
4	76	37,24	0,01	Gersner R (2011) J NEUROSCI, V31, P7521	Long-Term Effects of Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation on Markers for Neuroplasticity: Differential Outcomes in Anesthetized and Awake Animals
4	76	39,6	0	Dayan E (2013) NAT NEUROSCI, V16, P838	Noninvasive brain stimulation: from physiology to network dynamics and back
4	75	39,41	0,09	Silvanto J (2008) TRENDS COGN SCI, V12, P447	State-dependency in brain stimulation studies of perception and cognition
4	75	36,75	0,01	Sandrini M (2011) NEUROSCI BIOBEHAV R, V35, P516	The use of transcranial magnetic stimulation in cognitive neuroscience: A new synthesis of methodological issues
4	75	36,75	0	Stagg CJ (2009) J NEUROSCI, V29, P5202	Polarity-sensitive modulation of cortical neurotransmitters by transcranial stimulation

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
5	330	144,76	0,11	Blumberger DM (2018) LANCET, V391, P1683	Effectiveness of theta burst versus high-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation in patients with depression (THREE-D): a randomised non-inferiority trial
5	195	79,98	0,03	Brunoni AR (2017) JAMA PSYCHIAT, V74, P143	Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation for the Acute Treatment of Major Depressive Episodes: A Systematic Review With Network Meta-analysis
5	188	77,08	0,08	Suppa A (2016) BRAIN STIMUL, V9, P323	Ten Years of Theta Burst Stimulation in Humans
5	181	76,8	0	McClintock SM (2018) J CLIN PSYCHIAT, V79, P35	Consensus Recommendations for the Clinical Application of Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation (rTMS) in the Treatment of Depression
5	139	58,86	0	Wang JX (2014) SCIENCE, V345, P1054	Targeted enhancement of cortical-hippocampal brain networks and associative memory

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
5	133	54,91	0,07	Levkovitz Y (2015) WORLD PSYCHIATRY, V14, P64	Efficacy and safety of deep transcranial magnetic stimulation in patients with major depressive disorder
5	130	55,03	0,01	Berlim MT (2014) PSYCHOL MED, V44, P225	Response, remission and drop-out rates following high-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation for treating major depression: a systematic review and meta-analysis of randomized, double-blind and sham-controlled trials
5	123	50,29	0	Milev RV (2016) CAN J PSYCHIAT, V61, P561	Canadian Network for Mood and Anxiety Treatments (CANMAT) 2016 Clinical Guidelines for the Management of Adults with Major Depressive Disorder: Section 4. Neurostimulation Treatments
5	123	52,05	0	Gaynes BN (2014) J CLIN PSYCHIAT, V75, P477	Repetitive transcranial magnetic stimulation for treatment-resistant depression: a systematic review and meta-analysis

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
5	115	48,65	0,01	Huang YZ (2017) CLIN NEUROPHYSIOL, V128, P2318	Plasticity induced by non-invasive transcranial brain stimulation: A position paper
5	114	48,44	0,02	Koch G (2018) NEUROIMAGE, V169, P302	Transcranial magnetic stimulation of the precuneus enhances memory and neural activity in prodromal Alzheimer's disease
5	109	46,1	0	Dinur-Klein L (2014) BIOL PSYCHIAT, V76, P742	Smoking cessation induced by deep repetitive transcranial magnetic stimulation of the prefrontal and insular cortices: A prospective randomized controlled trial
5	108	44,13	0	Cirillo G (2017) BRAIN STIMUL, V10, P1	Neurobiological after-effects of non-invasive brain stimulation
5	100	40,85	0,12	Chung SW (2016) NEUROSCI BIOBEHAV R, V63, P43	Use of theta-burst stimulation in changing excitability of motor cortex: A systematic review and meta-analysis
5	99	41,85	0	Li CT (2014) BRAIN, V137, P2088	Airway cell involvement in intermittent hypoxia-induced airway inflammation

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
5	97	41	0	Bakker N (2015) BRAIN STIMUL, V8, P208	rTMS of the dorsomedial prefrontal cortex for major depression: A randomized controlled trial
5	4	0	0	Cole EJ (2022) AM J PSYCHIAT, V179, P132	Stanford Neuromodulation Therapy (SNT): A Double-Blind Randomized Controlled Trial
5	4	0	0	Mutz J (2019) BMJ-BRIT MED J, V364, P0	Comparative efficacy and acceptability of non-surgical brain stimulation for the acute treatment of major depressive episodes in adults: Systematic review and network meta-analysis
5	3	0	0	Trevizol AP (2019) INT J GERIATR PSYCH, V34, P822	Unilateral and bilateral repetitive transcranial magnetic stimulation for treatment-resistant late-life depression
5	3	0	0,04	Wischnewski M (2015) BRAIN STIMUL, V8, P685	Efficacy and time course of theta burst stimulation in healthy humans
5	2	0	0,02	Cole EJ (2020) AM J PSYCHIAT, V177, P716	Stanford Accelerated Intelligent Neuromodulation Therapy for Treatment-Resistant Depression

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
5	2	0	0,02	Cristancho P (2020) AM J GERIAT PSYCHIAT, V28, P1195	iTBS to Relieve Depression and Executive Dysfunction in Older Adults
5	2	0	0,02	Voigt JD (2021) TRANSL PSYCHIAT, V11, P0	Theta Burst Stimulation for the Acute Treatment of Major Depressive Disorder: A Systematic Review and Meta-Analysis
5	2	0	0	Kaster TS (2018) NEUROPSYCHOPHARMACOL, V43, P2231	Efficacy, Tolerability, and Cognitive Effects of Deep Transcranial Magnetic Stimulation for Late-Life Depression: A Prospective Randomized Controlled Trial
5	2	0	0,01	Zhou HX (2020) NEUROIMAGE, V206, P0	Rumination and the Default Mode Network: Meta-Analysis of Brain Imaging Studies and Implications for Depression
5	2	0	0,04	Deng ZD (2020) ANNU REV PHARMACOL, V60, P591	Device-Based Modulation of Neurocircuits as a Therapeutic for Psychiatric Disorders

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
5	2	0	0,02	Zangen A (2021) WORLD PSYCHIATRY, V20, P397	Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation for Smoking Cessation: A Pivotal Multicenter Double-Blind Randomized Controlled Trial
5	2	0	0	Sabesan P (2015) WORLD J PSYCHIATR, V5, P170	Transcranial Magnetic Stimulation for Geriatric Depression: Promises and Pitfalls
5	2	0	0,01	Duprat R (2016) J AFFECT DISORDERS, V200, P6	Accelerated intermittent theta burst stimulation treatment in medication-resistant major depression: A fast road to remission?
5	2	0	0	Hauer L (2019) PSYCHIAT RES, V281, P0	Effects of repetitive transcranial magnetic stimulation on nicotine consumption and craving: A systematic review
6	267	112,28	0,1	Ziemann U (2015) CLIN NEUROPHYSIOL, V126, P1847	TMS and drugs revisited 2014

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
6	3	0	0	Zhao XX (2019) J INT MED RES, V47, P1848	Repetitive transcranial magnetic stimulation increases serum brain-derived neurotrophic factor and decreases interleukin-1β and tumor necrosis factor-α in elderly patients with refractory depression
6	2	0	0,03	Conroy SK (2021) AM J PSYCHIAT, V178, P1082	Neuromodulation Strategies for the Treatment of Depression
6	2	0	0,08	Dhaynaut M (2022) J ALZHEIMERS DIS, V85, P1667	Impact of 40 Hz Transcranial Alternating Current Stimulation on Cerebral Tau Burden in Patients with Alzheimer's Disease: A Case Series
6	2	0	0,02	Hong Y (2020) J NEUROINFLAMM, V17, P0	High-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation improves functional recovery by inhibiting neurotoxic polarization of astrocytes in ischemic rats

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
6	2	0	0,02	Chou PH (2020) BRAIN BEHAV IMMUN, V88, P144	Antidepressant efficacy and immune effects of bilateral theta burst stimulation monotherapy in major depression: A randomized, double-blind, sham-controlled study
6	2	0	0,03	Pikhovych A (2016) STEM CELLS INT, V2016, P0	Transcranial Direct Current Stimulation Modulates Neurogenesis and Microglia Activation in the Mouse Brain
6	2	0	0,02	DAmico JM (2020) J NEUROPHYSIOL, V123, P1969	High-intensity, low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation enhances excitability of the human corticospinal pathway
6	2	0	0,01	Kubis N (2016) FRONT NEURAL CIRCUIT, V10, P0	Non-Invasive Brain Stimulation to Enhance Post-Stroke Recovery
6	2	0	0	Beaulieu LD (2017) CLIN NEUROPHYSIOL, V128, P1290	Reliability of lower limb transcranial magnetic stimulation outcomes in the ipsi- and contralesional hemispheres of adults with chronic stroke

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
6	2	0	0,12	Li XX (2021) BRAIN STIMUL, V14, P503	Cortical plasticity is correlated with cognitive improvement in Alzheimer's disease patients after rTMS treatment
6	2	0	0	Beaulieu LD (2017) BRAIN STIMUL, V10, P196	Reliability and minimal detectable change of transcranial magnetic stimulation outcomes in healthy adults: A systematic review
6	2	0	0,02	Kumru H (2017) CLIN NEUROPHYSIOL, V128, P2043	Modulation of motor cortex excitability by paired peripheral and transcranial magnetic stimulation
6	2	0	0,02	Bhandari A (2016) CLIN NEUROPHYSIOL, V127, P2834	A meta-analysis of the effects of aging on motor cortex neurophysiology assessed by transcranial magnetic stimulation
6	2	0	0,01	Christiansen L (2018) NEUROTHERAPEUTICS, V15, P618	Targeted-plasticity in the corticospinal tract after human spinal cord injury
6	2	0	0,06	Simko P (2022) CLIN NEUROPHYSIOL, V144, P23	Is non-invasive brain stimulation effective for cognitive enhancement in Alzheimer's disease? An updated meta-analysis

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
6	2	0	0,03	Jo HJ (2020) BRAIN, V143, P1368	Corticospinal-motor neuronal plasticity promotes exercise-mediated recovery in humans with spinal cord injury
6	2	0	0,01	Santomauro DF (2021) LANCET, V398, P1700	Global prevalence and burden of depressive and anxiety disorders in 204 countries and territories in 2020 due to the COVID-19 pandemic
6	2	0	0,03	Sterne JAC (2016) BMJ-BRIT MED J, V355, P0	ROBINS-I: a tool for assessing risk of bias in non-randomised studies of interventions
6	2	0	0,01	Kanta V (2019) NAT COMMUN, V10, P0	Closed-loop control of gamma oscillations in the amygdala demonstrates their role in spatial memory consolidation
6	2	0	0,01	Etter G (2019) NAT COMMUN, V10, P0	Optogenetic gamma stimulation rescues memory impairments in an Alzheimer's disease mouse model

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
6	2	0	0,01	Iwabuchi SJ (2019) EUR NEUROPSYCHOPHARM, V29, P681	Baseline effective connectivity predicts response to repetitive transcranial magnetic stimulation in patients with treatment-resistant depression
6	2	0	0	Biabani M (2018) NEUROSCI LETT, V674, P94	The minimal number of TMS trials required for the reliable assessment of corticospinal excitability and intracortical inhibition
6	2	0	0	Samusyte G (2018) BRAIN STIMUL, V11, P806	Short-interval intracortical inhibition: Comparison between conventional and threshold-tracking techniques
6	2	0	0	Dissanayaka T (2017) EUR J NEUROSCI, V46, P1968	Does transcranial electrical stimulation enhance corticospinal excitability of the motor cortex in healthy individuals? A systematic review and meta-analysis
6	2	0	0,01	Fitzgerald PB (2020) BRAIN STIMUL, V13, P145	A pragmatic randomized controlled trial exploring the relationship between pulse number and response to repetitive transcranial magnetic stimulation in patients with treatment-resistant depression

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
6	2	0	0,02	Cheng CM (2021) ADV EXP MED BIOL, V1305, P333	Current updates on newer forms of transcranial magnetic stimulation in major depression
6	2	0	0,02	Lozeron P (2017) J NEURAL TRANSM, V124, P1161	Inhibitory rTMS applied on somatosensory cortex in Wilson's disease patients with hand dystonia
6	2	0	0	Schulze L (2018) BRAIN STIMUL, V11, P327	Number of pulses or number of sessions? An open-label study of trajectories of improvement for once-vs. twice-daily dorsomedial prefrontal rTMS in major depression
6	2	0	0	Yamaguchi T (2020) PHYSIOL REP, V8, P0	Transcutaneous spinal direct current stimulation increases corticospinal transmission and enhances voluntary motor output in humans
7	913	279,3	0,53	Lefaucheur JP (2014) CLIN NEUROPHYSIOL, V125, P2150	Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS)

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
7	414	208,83	0,12	Lefaucheur JP (2020) CLIN NEUROPHYSIOL, V131, P474	Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS): An update (2014–2018)
7	191	80,82	0,11	Klomjai W (2015) ANN PHYS REHABIL MED, V58, P208	Basic principles of transcranial magnetic stimulation (TMS) and repetitive TMS (rTMS)
7	190	79,24	0,15	Lefaucheur JP (2017) CLIN NEUROPHYSIOL, V128, P56	Evidence-based guidelines on the therapeutic use of transcranial direct current stimulation (tDCS)
7	166	92,45	0	Rossi S (2021) CLIN NEUROPHYSIOL, V132, P269	Safety and recommendations for TMS use in healthy subjects and patient populations, with updates on training, ethical and regulatory issues: Expert Guidelines
7	133	54,41	0	Valero-Cabre A (2017) NEUROSCI BIOBEHAV R, V83, P381	Transcranial magnetic stimulation in basic and clinical neuroscience: A comprehensive review of fundamental principles and novel insights

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
7	113	46,19	0,01	Polania R (2018) NAT NEUROSCI, V21, P174	Studying and modifying brain function with non-invasive brain stimulation
7	111	45,36	0,23	Chervyakov AV (2015) FRONT HUM NEUROSCI, V9, P0	Possible mechanisms underlying the therapeutic effects of transcranial magnetic stimulation
7	101	42,7	0,02	Antal A (2017) CLIN NEUROPHYSIOL, V128, P1774	Low intensity transcranial electric stimulation: Safety, ethical, legal regulatory and application guidelines
7	5	0	0	Du J (2019) NEUROIMAGE-CLIN, V21, P0	Effects of high- and low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation on motor recovery in early stroke patients: Evidence from a randomized controlled trial with clinical, neurophysiological and functional imaging assessments
7	3	0	0,01	Bikson M (2016) BRAIN STIMUL, V9, P641	Safety of Transcranial Direct Current Stimulation: Evidence Based Update 2016

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
7	2	0	0,04	Kang JN (2022) COMPUT BIOL MED, V141, P0	Effects of 1Hz repetitive transcranial magnetic stimulation on autism with intellectual disability: A pilot study
7	2	0	0,05	Xie YJ (2021) NEURAL REGEN RES, V16, P1168	Repetitive transcranial magnetic stimulation for lower extremity motor function in patients with stroke: A systematic review and network meta-analysis
7	2	0	0,02	Chase HW (2020) MOL PSYCHIATR, V25, P397	Transcranial magnetic stimulation in basic and clinical neuroscience: A comprehensive review of fundamental principles and novel insights
7	2	0	0,12	Hong JN (2021) NEUROCHEM RES, V46, P276	High-Frequency rTMS Improves Cognitive Function by Regulating Synaptic Plasticity in Cerebral Ischemic Rats

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
7	2	0	0,01	DUrso G (2022) J CLIN MED, V11, P0	Cerebellar Transcranial Direct Current Stimulation in Children with Autism Spectrum Disorder: A Pilot Study on Efficacy, Feasibility, Safety, and Unexpected Outcomes in Tic Disorder and Epilepsy
7	2	0	0,03	Levy MJF (2018) PSYCHOPHARMACOLOGY, V235, P2195	Neurotrophic factors and neuroplasticity pathways in the pathophysiology and treatment of depression
7	2	0	0,01	Mehta S (2022) ACTA PSYCHIAT SCAND, V145, P529	Effect of high frequency versus theta-burst repetitive transcranial magnetic stimulation on suicidality in patients with treatment-resistant depression
7	2	0	0	Dick AS (2019) CORTEX, V111, P148	The frontal aslant tract (FAT) and its role in speech, language, and executive function
7	2	0	0,04	Page SJ (2015) ARCH PHYS MED REHAB, V96, PS89	It takes two: Noninvasive brain stimulation combined with neurorehabilitation

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
7	2	0	0,02	Latorre A (2019) MOVEMENT DISORD, V34, P769	The use of transcranial magnetic stimulation as a treatment for movement disorders: A critical review
7	2	0	0,02	Krauss JK (2021) NAT REV NEUROL, V17, P75	Technology of deep brain stimulation: current status and future directions
7	2	0	0,02	Monai H (2016) NAT COMMUN, V7, P0	Calcium imaging reveals glial involvement in transcranial direct current stimulation-induced plasticity in mouse brain
7	2	0	0,01	Hijikata N (2020) FRONT NEUROL, V11, P0	Item difficulty of Fugl-Meyer Assessment for Upper Extremity in persons with chronic stroke
7	2	0	0	Volkow ND (2017) NAT REV NEUROSCI, V18, P741	The dopamine motive system: implications for drug and food addiction

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
8	1209	412,3	0,11	Rossini PM (2015) CLIN NEUROPHYSIOL, V126, P1071	Non-invasive electrical and magnetic stimulation of the brain, spinal cord, roots and peripheral nerves: Basic principles and procedures for routine clinical and research application. An updated report from an I.F.C.N. Committee
8	415	144,54	0,09	Groppa S (2012) CLIN NEUROPHYSIOL, V123, P858	A practical guide to diagnostic transcranial magnetic stimulation: Report of an IFCN committee
8	238	99,61	0,01	Murase N (2004) ANN NEUROL, V55, P400	Influence of interhemispheric interactions on motor function in chronic stroke
8	227	96,93	0,03	Ziemann U (2004) CLIN NEUROPHYSIOL, V115, P1717	TMS and drugs
8	221	76,74	0	Reis J (2008) J PHYSIOL-LONDON, V586, P325	Contribution of transcranial magnetic stimulation to the understanding of cortical mechanisms involved in motor control

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
8	203	71,27	0,03	Chen R (2008) CLIN NEUROPHYSIOL, V119, P504	The clinical diagnostic utility of transcranial magnetic stimulation: report of an IFCN committee
8	137	70,75	0,07	Takeuchi N (2005) STROKE, V36, P2681	Repetitive transcranial magnetic stimulation of contralesional primary motor cortex improves hand function after stroke
8	137	70,75	0	Mansur CG (2005) NEUROLOGY, V64, P1802	A sham stimulation-controlled trial of rTMS of the unaffected hemisphere in stroke patients
8	119	50,35	0	Bestmann S (2015) EXP BRAIN RES, V233, P679	The uses and interpretations of the motor-evoked potential for understanding behaviour
8	118	60,89	0,01	Fregni F (2006) STROKE, V37, P2115	A sham-controlled trial of a 5-day course of repetitive transcranial magnetic stimulation of the unaffected hemisphere in stroke patients
8	113	58,3	0	Di Lazzaro V (2004) CLIN NEUROPHYSIOL, V115, P255	The physiological basis of transcranial motor cortex stimulation in humans

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
8	111	57,26	0,01	Hummel F (2005) BRAIN, V128, P490	Effects of non-invasive cortical stimulation on skilled motor function in chronic stroke
8	107	55,19	0,1	Khedr EM (2005) NEUROLOGY, V65, P466	Therapeutic trial of repetitive transcranial magnetic stimulation after acute ischemic stroke
8	102	52,6	0	Chen R (2004) EXP BRAIN RES, V154, P1	Interactions between inhibitory and excitatory circuits in the human motor cortex
8	97	50,01	0	Kim YH (2006) STROKE, V37, P1471	Repetitive transcranial magnetic stimulation–induced cortical excitability and associated motor skill acquisition in chronic stroke
8	93	48,9	0	Paulus W (2008) BRAIN STIMUL, V1, P151	State of the art: Pharmacologic effects on cortical excitability measures tested by transcranial magnetic stimulation
8	91	46,9	0,02	Hummel FC (2006) LANCET NEUROL, V5, P708	Non-invasive brain stimulation: a new strategy to improve neurorehabilitation after stroke?

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
8	86	44,32	0	Wagner T (2007) ANNU REV BIOMED ENG, V9, P527	Noninvasive human brain stimulation
8	84	43,28	0,01	Fregni F (2007) NAT CLIN PRACT NEURO, V3, P383	Technology Insight: noninvasive brain stimulation in neurology—perspectives on the therapeutic potential of rTMS and tDCS
8	81	41,73	0,1	Talelli P (2007) CLIN NEUROPHYSIOL, V118, P333	Exploring Theta Burst Stimulation as an intervention to improve motor recovery in chronic stroke
8	76	39,15	0	Fregni F (2005) NEUROREPORT, V16, P1551	Transcranial direct current stimulation of the unaffected hemisphere in stroke patients
8	75	38,63	0,01	McDonnell MN (2006) EXP BRAIN RES, V173, P86	The role of GABA(B) receptors in intracortical inhibition in the human motor cortex
8	74	38,11	0	Wolf SL (2006) JAMA-J AM MED ASSOC, V296, P2095	Effect of Constraint-Induced Movement Therapy on Upper Extremity Function 3 to 9 Months After StrokeThe EXCITE Randomized Clinical Trial

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
8	66	36,39	0	Johansen-Berg H (2002) P NATL ACAD SCI USA, V99, P14518	The role of ipsilateral premotor cortex in hand movement after stroke
9	174	72,4	0,05	Drysdale AT (2017) NAT MED, V23, P28	Resting-state connectivity biomarkers define neurophysiological subtypes of depression
9	3	0	0	Siddiqi SH (2020) AM J PSYCHIAT, V177, P435	Distinct symptom-specific treatment targets for circuit-based neuromodulation
9	2	0	0,03	Yang Y (2018) NATURE, V554, P317	Ketamine blocks bursting in the lateral habenula to rapidly relieve depression
9	2	0	0,01	Border R (2019) AM J PSYCHIAT, V176, P376	No support for historical candidate gene or candidate gene-by-environment interaction hypotheses for major depression across multiple large samples
9	2	0	0,01	Clements CC (2021) MOL PSYCHIATR, V26, P2429	Genome-wide association study of patients with a severe major depressive episode treated with electroconvulsive therapy

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
9	2	0	0,01	Kendler KS (2016) AM J PSYCHIAT, V173, P771	The Phenomenology of Major Depression and the Representativeness and Nature of DSM Criteria
9	2	0	0,02	Fitzgerald PB (2021) BRAIN STIMUL, V14, P730	Targeting repetitive transcranial magnetic stimulation in depression: do we really know what we are stimulating and how best to do it?
9	2	0	0,01	Gomez-Tames J (2018) BRAIN STIMUL, V11, P839	Atlas of optimal coil orientation and position for TMS: A computational study
9	2	0	0,02	Kisely S (2018) DEPRESS ANXIETY, V35, P468	A systematic review and meta-analysis of deep brain stimulation for depression
9	2	0	0	Lee PH (2019) CELL, V179, P1469	Genomic relationships, novel loci, and pleiotropic mechanisms across eight psychiatric disorders
9	2	0	0	Anttila V (2018) SCIENCE, V360, P1313	Analysis of shared heritability in common disorders of the brain

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
9	2	0	0,02	Koponen LM (2017) BRAIN STIMUL, V10, P795	Coil optimisation for transcranial magnetic stimulation in realistic head geometry
9	2	0	0,01	Guadagnin V (2016) IEEE T BIO-MED ENG, V63, P1543	Deep Transcranial Magnetic Stimulation: Modeling of Different Coil Configurations
9	2	0	0,01	Dandekar MP (2018) MOL PSYCHIATR, V23, P1094	Deep brain stimulation for treatment-resistant depression: an integrative review of preclinical and clinical findings and translational implications
9	2	0	0,01	Nieminen JO (2015) BRAIN STIMUL, V8, P582	Experimental Characterization of the Electric Field Distribution Induced by TMS Devices
9	2	0	0,01	Gomez LJ (2018) J NEURAL ENG, V15, P0	Design of transcranial magnetic stimulation coils with optimal trade-off between depth, focality, and energy
9	2	0	0	Voineskos D (2020) NEUROPSYCH DIS TREAT, V16, P221	Management of Treatment-Resistant Depression: Challenges and Strategies

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
9	2	0	0	Tik M (2017) NEUROIMAGE, V162, P289	Towards understanding rTMS mechanism of action: Stimulation of the DLPFC causes network-specific increase in functional connectivity
9	2	0	0,01	Saturnino G B. (2019) BRAIN HUM BODY MODEL, V0, PP3	SimNIBS 2.1: A Comprehensive Pipeline for Individualized Electric Field Modelling for Transcranial Brain Stimulation
9	2	0	0	Wilson MT (2018) BIOMED PHYS ENG EXPR, V4, P0	The challenges of producing effective small coils for transcranial magnetic stimulation of mice
9	2	0	0	Dobrossy MD (2021) EUR J NEUROSCI, V53, P89	Neuromodulation in Psychiatric Disorders: Experimental and Clinical Evidence for Reward and Motivation Network Deep Brain Stimulation: Focus on the Medial Forebrain Bundle
9	2	0	0,01	Saturnino GB (2019) NEUROIMAGE, V188, P821	A principled approach to conductivity uncertainty analysis in electric field calculations

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
9	2	0	0	Haddad AF (2021) FRONT NEUROL, V11, P0	Preoperative Applications of Navigated Transcranial Magnetic Stimulation
10	201	83,94	0,02	Perera T (2016) BRAIN STIMUL, V9, P336	The Clinical TMS Society Consensus Review and Treatment Recommendations for TMS Therapy for Major Depressive Disorder
10	130	56,1	0,07	Weigand A (2018) BIOL PSYCHIAT, V84, P28	Prospective Validation That Subgenual Connectivity Predicts Antidepressant Efficacy of Transcranial Magnetic Stimulation Sites
10	7	0	0,01	Cash FHR (2021) BIOL PSYCHIAT, V90, P689	Using Brain Imaging to Improve Spatial Targeting of Transcranial Magnetic Stimulation for Depression
10	3	0	0	Philip NS (2018) BIOL PSYCHIAT, V83, P263	Network Mechanisms of Clinical Response to Transcranial Magnetic Stimulation in Posttraumatic Stress Disorder and Major Depressive Disorder

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
10	2	0	0,04	Fryml LD (2019) J ECT, V35, P53	Exposure Therapy and Simultaneous Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation: A Controlled Pilot Trial for the Treatment of Posttraumatic Stress Disorder
10	2	0	0,04	Kaiser RH (2015) JAMA PSYCHIAT, V72, P603	Large-Scale Network Dysfunction in Major Depressive DisorderA Meta-analysis of Resting-State Functional Connectivity
10	2	0	0,04	Cirillo P (2019) BRAIN BEHAV, V9, P0	Transcranial magnetic stimulation in anxiety and trauma-related disorders: A systematic review and meta-analysis
10	2	0	0,02	Aftanas LI (2018) B EXP BIOL MED+, V165, P195	Therapeutic Effects of Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation (rTMS) on Neuroinflammation and Neuroplasticity in Patients with Parkinson's Disease: A Placebo-Controlled Study
10	2	0	0,01	Ji GJ (2021) HUM BRAIN MAPP, V42, P1670	Structural correlates underlying accelerated magnetic stimulation in Parkinson's disease

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
10	2	0	0,03	Korzhova J (2018) EUR J PHYS REHAB MED, V54, P75	Transcranial and spinal cord magnetic stimulation in treatment of spasticity: a literature review and meta-analysis
10	2	0	0,01	Ge RY (2020) BRAIN STIMUL, V13, P206	Functional connectivity of the anterior cingulate cortex predicts treatment outcome for rTMS in treatment-resistant depression at 3-month follow-up
10	2	0	0	Schmaal L (2017) MOL PSYCHIATR, V22, P900	Cortical abnormalities in adults and adolescents with major depression based on brain scans from 20 cohorts worldwide in the ENIGMA Major Depressive Disorder Working Group
10	2	0	0,04	Siddiqi SH (2019) J NEUROTRAUM, V36, P1361	Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation with Resting-State Network Targeting for Treatment-Resistant Depression in Traumatic Brain Injury: A Randomized Controlled Double-Blinded Pilot Study

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
10	2	0	0	Wall CA (2016) J CHILD ADOL PSYCHOP, V26, P582	Magnetic Resonance Imaging-Guided, Open-Label, High-Frequency Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation for Adolescents with Major Depressive Disorder
10	2	0	0,01	Vink JJT (2018) HUM BRAIN MAPP, V39, P4580	A novel concurrent TMS-fMRI method to reveal propagation patterns of prefrontal magnetic brain stimulation
10	2	0	0	Philip NS (2019) AM J PSYCHIAT, V176, P939	Theta-Burst Transcranial Magnetic Stimulation for Posttraumatic Stress Disorder
10	2	0	0	Philip NS (2018) BIOL PSYCHIAT-COGN N, V3, P211	Neuroimaging Mechanisms of Therapeutic Transcranial Magnetic Stimulation for Major Depressive Disorder
10	2	0	0	Li J (2020) PARKINSONISM RELAT D, V80, P113	High-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation over the primary motor cortex relieves musculoskeletal pain in patients with Parkinson's disease: A randomized controlled trial

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
10	2	0	0	Chou YH (2015) JAMA NEUROL, V72, P432	Effects of Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation on Motor Symptoms in Parkinson DiseaseA Systematic Review and Meta-analysis
10	2	0	0,01	Khedr EM (2019) NEUROREHAB NEURAL RE, V33, P442	The Effect of High-Frequency Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation on Advancing Parkinson's Disease With Dysphagia: Double Blind Randomized Clinical Trial
10	2	0	0,01	Schapira AHV (2017) NAT REV NEUROSCI, V18, P435	Non-motor features of Parkinson disease
10	2	0	0	Postuma RB (2015) MOVEMENT DISORD, V30, P1591	MDS clinical diagnostic criteria for Parkinson's disease
10	2	0	0	Page MJ (2021) PLOS MED, V18, P0	The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews
11	131	55,45	0,02	Premoli I (2014) J NEUROSCI, V34, P5603	TMS-EEG signatures of GABAergic neurotransmission in the human cortex

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
11	116	52,15	0,01	Conde V (2019) NEUROIMAGE, V185, P300	The non-transcranial TMS-evoked potential is an inherent source of ambiguity in TMS-EEG studies
11	111	51,27	0	Tremblay S (2019) CLIN NEUROPHYSIOL, V130, P802	Clinical utility and prospective of TMS–EEG
11	104	42,58	0,01	Rogasch NC (2017) NEUROIMAGE, V147, P934	Analysing concurrent transcranial magnetic stimulation and electroencephalographic data: A review and introduction to the open-source TESA software
11	103	43,55	0,02	Rogasch NC (2014) NEUROIMAGE, V101, P425	Removing artefacts from TMS-EEG recordings using independent component analysis: Importance for assessing prefrontal and motor cortex network properties
11	6	0	0	Page MJ (2021) BMJ-BRIT MED J, V372, P0	The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews
11	2	0	0,01	Darmani G (2019) BRAIN STIMUL, V12, P829	Pharmacophysiology of TMS-evoked EEG potentials: A mini-review

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
11	2	0	0,03	Chung SW (2017) CLIN NEUROPHYSIOL, V128, P1117	Demonstration of short-term plasticity in the dorsolateral prefrontal cortex with theta burst stimulation: A TMS-EEG study
11	2	0	0,01	Darmani G (2019) HUM BRAIN MAPP, V40, P1276	Effects of antiepileptic drugs on cortical excitability in humans: A TMS-EMG and TMS-EEG study
11	2	0	0,05	Ouzzani M (2016) SYST REV-LONDON, V5, P0	Rayyan—a web and mobile app for systematic reviews
11	2	0	0,02	Che XW (2021) BRAIN STIMUL, V14, P1135	High-frequency rTMS over the dorsolateral prefrontal cortex on chronic and provoked pain: A systematic review and meta-analysis
11	2	0	0,01	Bailey NW (2018) BRAIN STIMUL, V11, P190	Responders to rTMS for depression show increased fronto-midline theta and theta connectivity compared to non-responders

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
11	2	0	0,01	Frey J (2020) FRONT NEUROL, V11, P0	Novel TMS for Stroke and Depression (NoTSAD): Accelerated Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation as a Safe and Effective Treatment for Post-stroke Depression
11	2	0	0	Fries P (2015) NEURON, V88, P220	Rhythms for Cognition: Communication through Coherence
11	2	0	0,01	Lanza G (2020) SLEEP, V43, P0	Facilitatory/inhibitory intracortical imbalance in REM sleep behavior disorder: early electrophysiological marker of neurodegeneration?
11	2	0	0	Thompson JM (2019) NEUROSCI LETT, V702, P15	Cortico-limbic pain mechanisms
11	2	0	0	Sun NY (2021) SLEEP MED, V77, P226	The effect of repetitive transcranial magnetic stimulation for insomnia: a systematic review and meta-analysis
11	2	0	0	Giannoni-Luza S (2020) PAIN, V161, P1955	Noninvasive motor cortex stimulation effects on quantitative sensory testing in healthy and chronic pain subjects: a systematic review and meta-analysis

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
11	2	0	0	OConnell NE (2018) COCHRANE DB SYST REV, V0, P0	Non-invasive brain stimulation techniques for chronic pain
12	2	0	0,13	Lewis PM (2016) NEUROSCIENTIST, V22, P406	Brain neuromodulation techniques: A review
12	2	0	0,01	Fonteneau C (2018) CEREB CORTEX, V28, P2636	Frontal Transcranial Direct Current Stimulation Induces Dopamine Release in the Ventral Striatum in Humans
12	2	0	0	Carnevali L (2020) STRESS, V23, P26	Effects of prefrontal transcranial direct current stimulation on autonomic and neuroendocrine responses to psychosocial stress in healthy humans
12	2	0	0	Arnsten AFT (2015) NAT NEUROSCI, V18, P1376	Stress weakens prefrontal networks: molecular insults to higher cognition
12	2	0	0	Bogdanov M (2016) J NEUROSCI, V36, P1429	Transcranial Stimulation of the Dorsolateral Prefrontal Cortex Prevents Stress-Induced Working Memory Deficits

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
12	2	0	0	De Witte S (2020) PROG NEURO-PSYCHOPH, V96, P0	The effect of neurostimulation applied to the left dorsolateral prefrontal cortex on post-stress adaptation as a function of depressive brooding
12	2	0	0	Pulopulos MM (2020) HORM BEHAV, V124, P0	The effect of HF-rTMS over the left DLPFC on stress regulation as measured by cortisol and heart rate variability
12	2	0	0	Shields GS (2016) NEUROSCI BIOBEHAV R, V68, P651	The effects of acute stress on core executive functions: A meta-analysis and comparison with cortisol
12	2	0	0	Quaedflieg CWEM (2015) PLOS ONE, V10, P0	Temporal dynamics of stress-induced alternations of intrinsic amygdala connectivity and neuroendocrine levels
12	2	0	0	Pulopulos MM (2019) PLOS ONE, V14, P0	The influence of personality on the effect of iTBS after being stressed on cortisol secretion

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
12	2	0	0,02	Zhang RB (2017) BRAIN STRUCT FUNCT, V222, P3973	Large-scale functional neural network correlates of response inhibition: an fMRI meta-analysis
12	2	0	0	Finn ES (2015) NAT NEUROSCI, V18, P1664	Functional connectome fingerprinting: identifying individuals using patterns of brain connectivity
12	2	0	0,01	Deo RC (2015) CIRCULATION, V132, P1920	Machine learning in medicine
12	2	0	0	Glasser MF (2016) NATURE, V536, P171	A multi-modal parcellation of human cerebral cortex
13	3	0	0	Yin MY (2020) FRONT NEURAL CIRCUIT, V14, P0	Effects of rTMS Treatment on Cognitive Impairment and Resting-State Brain Activity in Stroke Patients: A Randomized Clinical Trial
13	3	0	0	Rajji TK (2019) CLIN PHARMACOL THER, V106, P776	Transcranial Magnetic and Electrical Stimulation in Alzheimer's Disease and Mild Cognitive Impairment: A Review of Randomized Controlled Trials

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
13	2	0	0,02	Begemann MJ (2020) PSYCHOL MED, V50, P2465	Efficacy of non-invasive brain stimulation on cognitive functioning in brain disorders: A meta-analysis
13	2	0	0,04	Li YM (2020) FRONT NEUROL, V11, P0	Cerebral Functional Manipulation of Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation in Cognitive Impairment Patients After Stroke: An fMRI Study
13	2	0	0,02	Liu CM (2019) ARCH PHYS MED REHAB, V100, P1964	Efficacy and Safety of High-Frequency Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation for Poststroke Depression: A Systematic Review and Meta-analysis
13	2	0	0,01	Liu YW (2020) CLIN REHABIL, V34, P1465	Effects of transcranial magnetic stimulation on the performance of the activities of daily living and attention function after stroke: A randomized controlled trial

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
13	2	0	0,08	Teselink J (2021) AGEING RES REV, V72, P0	Efficacy of non-invasive brain stimulation on global cognition and neuropsychiatric symptoms in Alzheimer's disease and mild cognitive impairment: A meta-analysis and systematic review
13	2	0	0,01	Zhao JW (2017) ONCOTARGET, V8, P33864	Repetitive transcranial magnetic stimulation improves cognitive function of Alzheimer's disease patients
13	2	0	0,01	Lin Y (2019) J NEUROL SCI, V398, P184	The role of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) in the treatment of cognitive impairment in patients with Alzheimer's disease: A systematic review and meta-analysis
13	2	0	0,02	Blumberger DM (2016) J PSYCHIATR NEUROSCI, V41, PE58	Repetitive transcranial magnetic stimulation improves cognitive function, memory and language level of Alzheimer's disease patients

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
13	2	0	0	Shen XY (2017) J AFFECT DISORDERS, V211, P65	Repetitive transcranial magnetic stimulation for the treatment of post-stroke depression: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled clinical trials
13	2	0	0,01	Wang X (2020) J NEUROL, V267, P791	Repetitive transcranial magnetic stimulation for cognitive impairment in Alzheimer's disease: a meta-analysis of randomized controlled trials
13	2	0	0	Chou YH (2020) NEUROBIOL AGING, V86, P1	A systematic review and meta-analysis of rTMS effects on cognitive enhancement in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease
13	2	0	0	Guo ZW (2016) NEURAL PLAST, V2016, P0	Ipsilesional high frequency repetitive transcranial magnetic stimulation improves diffusion parameters of stroke patients with motor dysfunction: A preliminary DTI study
14	90	52,81	0,02	WASSERMANN EM (1992) ELECTROEN CLIN NEURO, V85, P1	Noninvasive mapping of muscle representations in human motor cortex

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
14	70	37,63	0,02	Pascual-Leone A (1994) SCIENCE, V263, P1287	Modulation of cortical motor output maps during development of implicit and explicit knowledge
14	64	36,72	0	Pascual-Leone A (1995) J NEUROPHYSIOL, V74, P1037	Modulation of muscle responses evoked by transcranial magnetic stimulation during the acquisition of new fine motor skills
14	54	34,15	0,08	COHEN LG (1990) ELECTROEN CLIN NEURO, V75, P350	Effects of coil design on delivery of focal magnetic stimulation. Technical considerations
14	30	18,95	0,01	COHEN LG (1991) BRAIN, V114, P615	Motor reorganization after upper limb amputation in man. A study with focal magnetic stimulation
14	28	18,07	0	ROTH BJ (1991) ELECTROEN CLIN NEURO, V81, P47	A theoretical calculation of the electric field induced in the cortex during magnetic stimulation
14	27	17,43	0,03	BRASILNETO JP (1992) ELECTROEN CLIN NEURO, V85, P9	Topographic mapping of the human motor cortex with magnetic stimulation: factors affecting accuracy and reproducibility

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
14	21	13,55	0	BRASILNETO JP (1992) NEUROLOGY, V42, P1302	Rapid reversible modulation of human motor outputs after transient deafferentation of the forearm. A study with transcranial magnetic stimulation
14	21	13,55	0	BRASILNETO J (1993) EXP BRAIN RES, V93, P181	Postexercise depression of motor evoked potentials: a measure of central nervous system fatigue.
14	14	9,49	0,02	DAY BL (1987) NEUROSCI LETT, V75, P101	Different sites of action of electrical and magnetic stimulation of the human brain
14	8	5,44	0,04	LEVY WJ (1990) BRAIN RES, V510, P130	Focal magnetic coil stimulation reveals motor cortical system reorganized in humans after traumatic quadriplegia
15	3	0	0	Hu XY (2018) NEUROL RES, V40, P459	Effects of different frequencies of repetitive transcranial magnetic stimulation in stroke patients with non-fluent aphasia: a randomized sham-controlled study

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
15	2	0	0	Heikkinen PH (2019) FRONT NEUROSCI-SWITZ, V12, P0	Combining rTMS With Intensive Language-Action Therapy in Chronic Aphasia: A Randomized Controlled Trial
15	2	0	0	Harvey DY (2019) BRAIN LANG, V192, P25	Continuous theta burst stimulation over right pars triangularis facilitates naming abilities in chronic post-stroke aphasia by enhancing phonological access
15	2	0	0,03	Ren CL (2019) BIOMED RES INT, V2019, P0	The Effect of rTMS over the Different Targets on Language Recovery in Stroke Patients with Global Aphasia: a Randomized Sham-Controlled Study
15	2	0	0,01	Bai ZF (2022) J NEUROENG REHABIL, V19, P0	Effects of transcranial magnetic stimulation in modulating cortical excitability in patients with stroke: a systematic review and meta-analysis
15	2	0	0	Kapoor A (2017) TOP STROKE REHABIL, V24, P547	Repetitive transcranial magnetic stimulation therapy for post-stroke non-fluent aphasia: A critical review

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
15	2	0	0	Jargow J (2021) FRONT HUM NEUROSCI, V15, P0	Low-Frequency TMS Results in Condition-Related Dynamic Activation Changes of Stimulated and Contralateral Inferior Parietal Lobule
15	2	0	0,01	Hartwigsen G (2021) NEUROIMAGE, V224, P0	Probing rapid network reorganization of motor and language functions via neuromodulation and neuroimaging
16	2	0	0	Godbehere J (2019) OTOL NEUROTOL, V40, PS38	Treatment of Tinnitus Using Theta Burst Based Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation—A Single Blinded Randomized Control Trial
16	2	0	0	Schwippel T (2019) PROG NEURO-PSYCHOPH, V92, P285	Clinical review: The therapeutic use of theta-burst stimulation in mental disorders and tinnitus
17	99	41,85	0	Duecker F (2015) FRONT PSYCHOL, V6, P0	Rethinking the role of sham TMS
18	87	44,84	0	Rossini PM (2007) NEUROLOGY, V68, P484	Transcranial magnetic stimulation: diagnostic, therapeutic, and research potential

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
19	2	0	0	Smagula SF (2015) JAMA PSYCHIAT, V72, P1021	Antidepressant response trajectories and associated clinical prognostic factors among older adults
20	4	0	0	Siebner HR (2022) CLIN NEUROPHYSIOL, V140, P59	Transcranial magnetic stimulation of the brain: What is stimulated? – A consensus and critical position paper
21	3	0	0	Cao X (2018) FRONT PSYCHIATRY, V9, P0	Response and Remission Rates Following High-Frequency vs. Low-Frequency Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation (rTMS) Over Right DLPFC for Treating Major Depressive Disorder (MDD): A Meta-Analysis of Randomized, Double-Blind Trials
22	51	29,25	0	Rothwell JC (1997) J NEUROSCI METH, V74, P113	Techniques and mechanisms of action of transcranial stimulation of the human motor cortex
23	56	32,85	0	Di Lazzaro V (1998) J PHYSIOL-LONDON, V508, P625	Effects of voluntary contraction on descending volleys evoked by transcranial stimulation in conscious humans

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
24	183	80,34	0	Kobayashi M (2003) LANCET NEUROL, V2, P145	Transcranial magnetic stimulation in neurology
25	108	45,67	0	Luber B (2014) NEUROIMAGE, V85, P961	Enhancement of human cognitive performance using transcranial magnetic stimulation (TMS)
26	121	51,69	0	Thielscher A (2015) IEEE ENG MED BIO, V0, PP222	Field modeling for transcranial magnetic stimulation: A useful tool to understand the physiological effects of TMS?
27	127	53,77	0	Moher D (2015) SYST REV-LONDON, V4, P0	Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement
28	57	32,7	0	Turton A (1996) ELECTROMYOGR MOTOR C, V101, P316	Contralateral and ipsilateral EMG responses to transcranial magnetic stimulation during recovery of arm and hand function after stroke
29	86	44,32	0	Naeser MA (2005) BRAIN LANG, V93, P95	Improved picture naming in chronic aphasia after TMS to part of right Broca's area: an open-protocol study

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
30	75	41,47	0	Hoffman RE (2003) ARCH GEN PSYCHIAT, V60, P49	Transcranial magnetic stimulation of left temporoparietal cortex and medication-resistant auditory hallucinations
31	3	0	0	Lan MJ (2016) BRAIN STIMUL, V9, P579	Transcranial Magnetic Stimulation of Left Dorsolateral Prefrontal Cortex Induces Brain Morphological Changes in Regions Associated with a Treatment Resistant Major Depressive Episode: An Exploratory Analysis
32	47	26,95	0	Ziemann U (1998) J NEUROSCI, V18, P1115	Modulation of plasticity in human motor cortex after forearm ischemic nerve block
33	3	0	0	Goerigk S (2021) PROG NEURO-PSYCHOPH, V105, P0	Effects of tDCS on neuroplasticity and inflammatory biomarkers in bipolar depression: Results from a sham-controlled study
34	3	0	0	Yan CG (2016) NEUROINFORMATICS, V14, P339	DPABI: Data Processing & Analysis for (Resting-State) Brain Imaging

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
35	88	48,57	0	Herwig U (2003) BRAIN TOPOGR, V16, P95	Using the International 10-20 EEG System for Positioning of Transcranial Magnetic Stimulation
36	3	0	0	Li XB (2020) BRAIN STIMUL, V13, P1271	Two weeks of image-guided left dorsolateral prefrontal cortex repetitive transcranial magnetic stimulation improves smoking cessation: A double-blind, sham-controlled, randomized clinical trial
37	182	100,85	0	Hallett M (2000) NATURE, V406, P147	Transcranial magnetic stimulation and the human brain
38	6	4,07	0	COHEN LG (1988) NEUROLOGY, V38, P904	Non-invasive mapping of the human motor cortex
39	3	0	0	Yip AG (2017) BRAIN STIMUL, V10, P847	61% of unmedicated treatment resistant depression patients who did not respond to acute TMS treatment responded after four weeks of twice weekly deep TMS in the Brainsway pivotal trial

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
40	3	0	0	Stinear CM (2020) LANCET NEUROL, V19, P348	Advances and challenges in stroke rehabilitation
41	149	63,12	0	Di Pino G (2014) NAT REV NEUROL, V10, P597	Modulation of brain plasticity in stroke: a novel model for neurorehabilitation
42	3	0	0	Razza LB (2018) PROG NEURO-PSYCHOPH, V81, P105	A systematic review and meta-analysis on placebo response to repetitive transcranial magnetic stimulation for depression trials
43	267	88,49	0	American Psychiatric Association (2013) DIAGNOSTIC STAT MANU, V0, P0	Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fifth Edition (DSM-5)
44	49	28,1	0	Wassermann EM (1996) NEUROIMAGE, V3, P1	Locating the Motor Cortex on the MRI with Transcranial Magnetic Stimulation and PET
45	3	0	0	Kaster TS (2019) AM J PSYCHIAT, V176, P367	Trajectories of Response to Dorsolateral Prefrontal rTMS in Major Depression: A THREE-D Study

Clúster	Citas	Burst	Centralidad	Autor (Año) Revista, Volumen, Página	Título
46	3	0	0	Carmi L (2019) AM J PSYCHIAT, V176, P931	Efficacy and Safety of Deep Transcranial Magnetic Stimulation for Obsessive-Compulsive Disorder: A Prospective Multicenter Randomized Double-Blind Placebo-Controlled Trial
47	87	44,84	0	Rizzolatti G (2004) ANNU REV NEUROSCI, V27, P169	THE MIRROR-NEURON SYSTEM