



Estimulación Magnética Transcraneal (TMS)

Una alternativa para la depresión resistente
al tratamiento en adultos mayores

PRESENTADO POR

Alina M. Galliano-Pardo, MD, FAPA, FABAM

**Acceda a la
presentación**

Escanee el código QR



Declaración de conflictos de interés

Relaciones profesionales relevantes para esta presentación

PROPIEDAD Y SERVICIOS

Soy propietaria de una clínica de TMS y proporciono servicios clínicos en ella.

EQUIPO CLÍNICO

La clínica utiliza equipos de TMS de BrainsWay. No tengo inversiones ni participación accionaria, y no recibo compensación de BrainsWay.

RELACIÓN PROFESIONAL

Conferenciante para Johnson & Johnson, división de Neurociencias.

Estas relaciones se divulgan por transparencia. Las opiniones expresadas son mías y no representan a compañías.

Objetivos de aprendizaje

Al finalizar esta presentación, podrá:

- 1 Reconocer cuándo considerar la TMS en la depresión resistente al tratamiento, especialmente en adultos mayores.
- 2 Explicar cómo la TMS modula redes cerebrales y distinguir sus principales sistemas, protocolos e indicaciones autorizadas.
- 3 Interpretar la evidencia sobre eficacia, seguridad y tiempo de respuesta en adultos mayores, sin atribuir el desenlace a la edad por sí sola.
- 4 Aplicar principios de selección, administración del protocolo, seguimiento y acceso para individualizar el tratamiento y favorecer la recuperación funcional.

La depresión como estado del cerebro

A Definición conceptual

La depresión es un estado persistente del cerebro en el que los sistemas de emoción, recompensa, pensamiento, motivación y regulación del estrés pierden flexibilidad y capacidad de adaptación.

Más que una lesión única o un simple «desequilibrio químico», la depresión se entiende como una desregulación de circuitos neuronales interconectados.

B Consecuencias funcionales

- **Menor recompensa/motivación**
anhedonia, poca iniciativa
- **Mayor autoenfoco negativo**
rumiación, culpa, pesimismo
- **Menor control cognitivo**
menor concentración y flexibilidad
- **Mayor activación de la respuesta al estrés**
ansiedad, retraimiento, cambios en el sueño

C Modelo de circuitos



La depresión refleja una coordinación alterada entre las redes de control, relevancia, emoción, y recompensa.

El tratamiento busca reducir los síntomas y favorecer la recuperación de un funcionamiento más saludable y adaptable de las redes, así como una mayor participación en la vida.

Cómo les explico la depresión a mis pacientes

El cerebro como equipo

Cada persona nace con una configuración única; genética. Sus “jugadores” desempeñan funciones específicas y colaboran para regular las emociones y afrontar las complejas tareas de la vida.



1. La vida y las experiencias moldean al equipo

El cuidado, el apoyo, las relaciones, la escuela, las enfermedades, el trauma, el estrés y los eventos importantes influyen en cómo el cerebro se desarrolla y funciona.

2. Las vulnerabilidades pueden manifestarse

Las predisposiciones genéticas pueden activarse o volverse más difíciles de manejar, a veces en respuesta a factores externos.

3. La depresión es un estado del cerebro

Cuando se altera el equilibrio del equipo, pueden afectarse el ánimo, la energía, la motivación, el pensamiento, el sueño y el funcionamiento diario.

4. El tratamiento busca reequilibrar el juego

Los cambios en el estilo de vida, la terapia, los grupos de apoyo y los medicamentos ayudan al equipo a recuperar su coordinación. El TMS, en particular, puede actuar como terapia física para ciertos jugadores.

5. La recuperación puede tomar varias temporadas

Podemos probar distintas estrategias según lo que aprendemos de cada persona y luego reevaluar si hacen falta más cambios o si el equipo está jugando mejor el partido de su vida.

La depresión es común en la edad avanzada, y la carga de enfermedades médicas aumenta el riesgo.

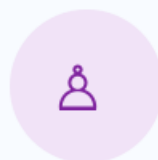


5.9%

Se estima que el 5.9 % de los adultos de 70 años o más en el mundo tienen depresión

Estimación mundial; no toda persona mayor con síntomas depresivos cumple criterios de un trastorno.

Estimación mundial de la OMS, 2025



12.9%

Estimación agrupada de depresión en adultos de 65 años o más con multimorbilidad

Basado en cuatro estudios; las estimaciones variaron sustancialmente entre entornos y medidas.

Pundhir et al., 2025



2–3×

Mayor probabilidad con multimorbilidad que sin enfermedad física crónica

El riesgo aumenta a medida que se acumulan las enfermedades crónicas y se complejiza la atención.

Read et al., 2017

Mensaje clínico: en los adultos mayores, cuanto mayor es la complejidad médica, más importante es detectar la depresión.

Los síntomas pueden pasar desapercibidos al atribuirse al envejecimiento o a enfermedades médicas.

El envejecimiento de la población de Puerto Rico hace urgente la detección y el tratamiento.

26%

de la población de Puerto Rico tiene 65 años o más

La necesidad de servicios de salud mental geriátrica seguirá creciendo.

21.0%

de los adultos de 65 años o más informó un diagnóstico previo de trastorno depresivo

Encuesta representativa; refleja un diagnóstico previo, no síntomas actuales.

20.8%

de los adultos de 60 años o más reportó síntomas depresivos de moderados a graves

Muestra local en línea (n=299) durante el confinamiento por COVID-19 en 2020; no representa la prevalencia en toda la isla.

Implicaciones para la práctica

PREGUNTAR DIRECTAMENTE

Los síntomas pueden pasar desapercibidos al atribuirse a la edad o a enfermedades médicas.

TRATAR A CABALIDAD

La depresión y las enfermedades crónicas pueden agravarse mutuamente.

INTENSIFICAR CUANDO SEA NECESARIO

Si el tratamiento convencional no basta, considere neuromodulación basada en evidencia.

¿Qué está —y qué no está— en nuestra caja de herramientas?

- **Cambios en el estilo de vida** *Aportan beneficios importantes, pero suelen ser insuficientes por sí solos ante una enfermedad grave o resistente*
- **Psicoterapia y apoyo** *Fundamentales; el acceso, la adherencia y la disponibilidad pueden limitar su alcance.*
- **Medicamentos** *Ayudan a muchos; la respuesta y la remisión son menos probables tras varios tratamientos adecuados.*
- **Intervenciones / Neuromodulación** *TMS • ECT • ketamina/esketamina • VNS*
- **Psicodélicos** *Prometedores, pero aún en investigación dentro de un marco regulatorio en evolución.*
- **Plastógenos** *Prometedores, sustancias que estimulan la neuroplasticidad.*

DEFINICIÓN CLÍNICA MÁS COMÚN

Depresión resistente al tratamiento (DRT)

Falta de respuesta adecuada a por lo menos dos tratamientos antidepresivos, con dosis y duración adecuadas, durante el episodio depresivo actual.

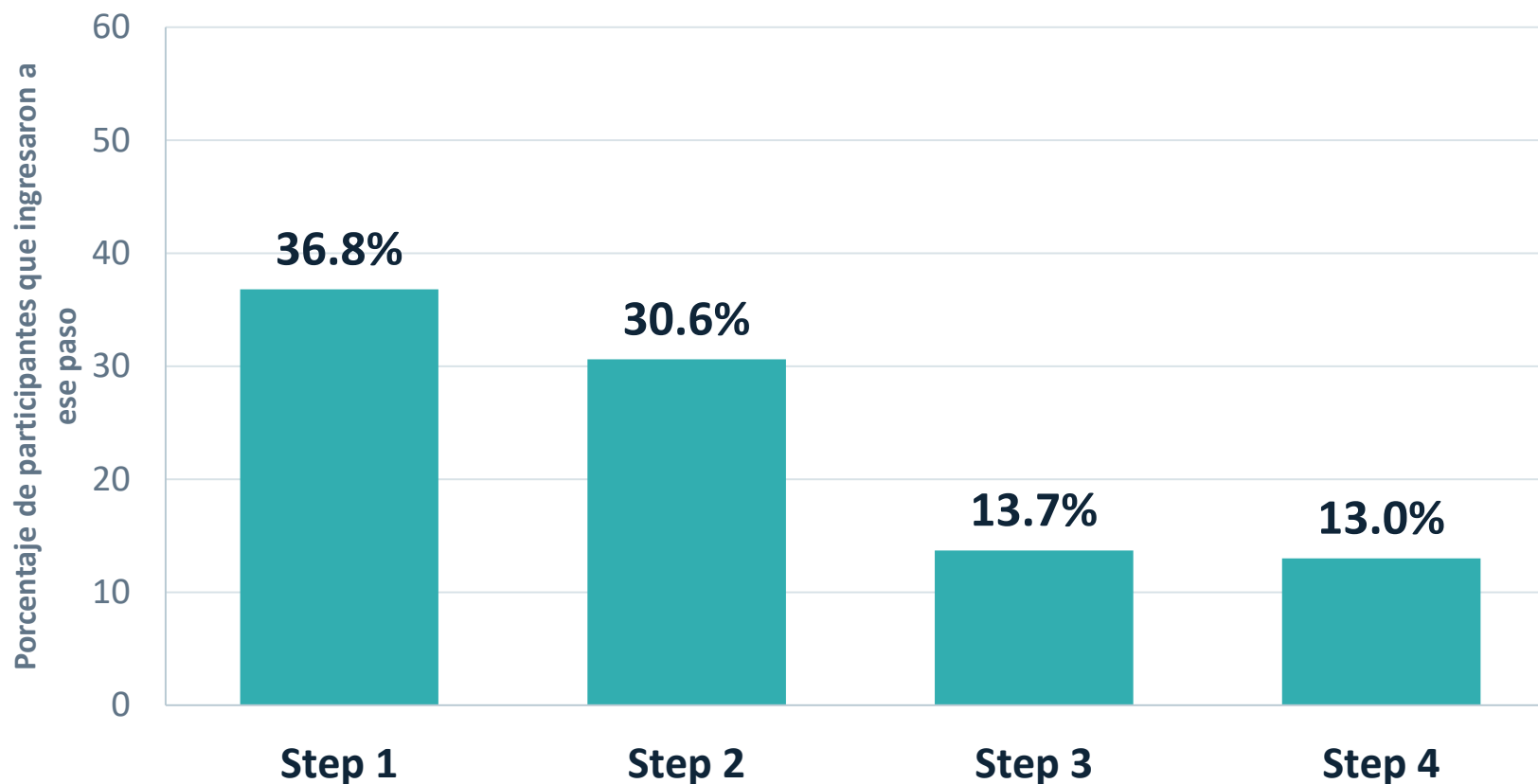
Las definiciones varían; un tratamiento adecuado requiere dosis y duración suficientes, además de adherencia.

McIntyre et al., World Psychiatry, 2023

Sforzini et al., Mol Psychiatry, 2022

STAR*D: la remisión disminuyó con cada paso terapéutico

Remisión = puntuación QIDS-SR₁₆ ≤5 al finalizar el paso terapéutico



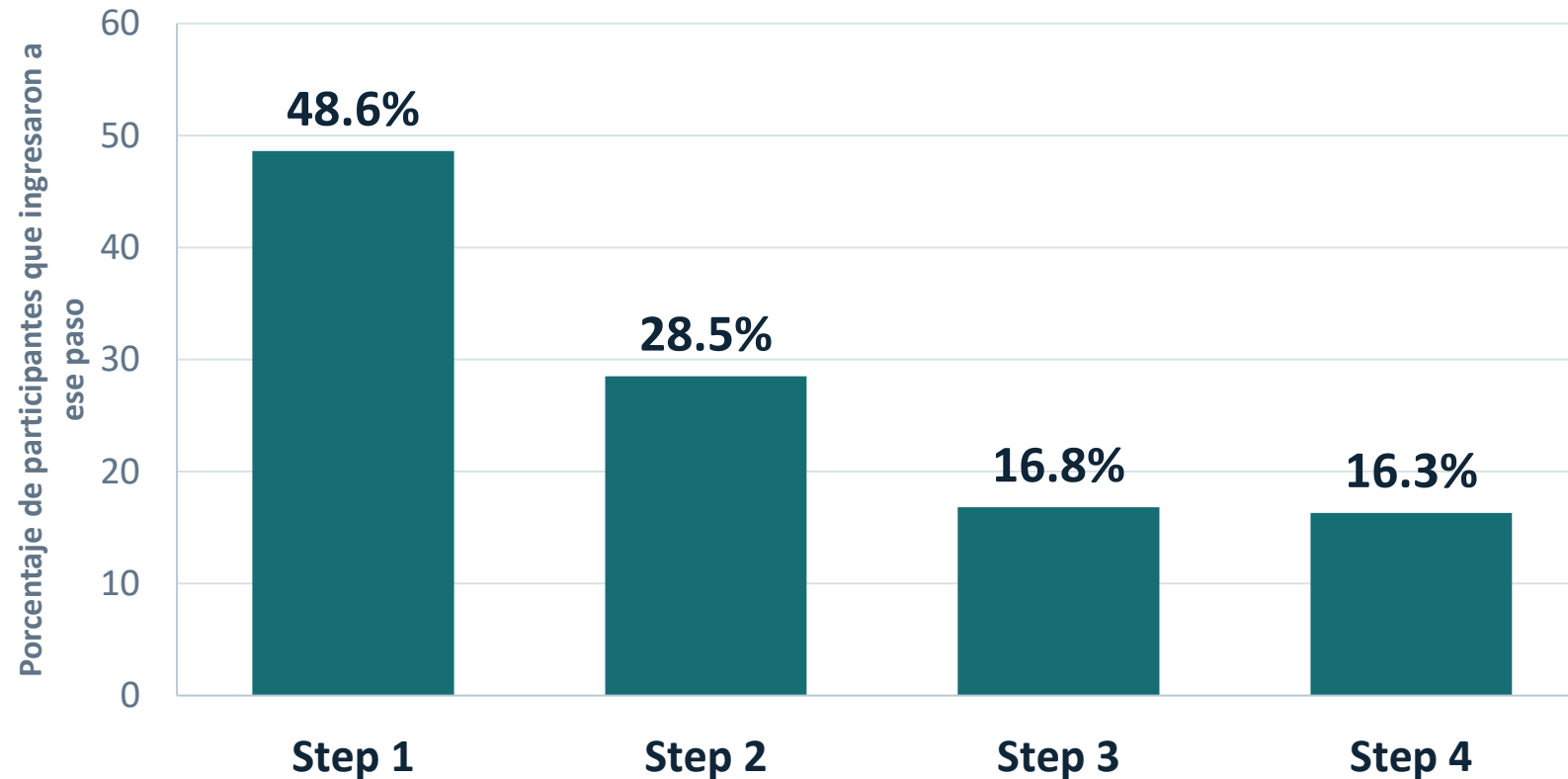
Estas tasas corresponden a cada paso; no son el porcentaje observado de la cohorte original en remisión después de cuatro pasos.

La caída más marcada ocurrió después del paso 2

Solo cerca del 13% alcanzó la remisión en los pasos 3 y 4.

STAR*D: menor respuesta en los pasos posteriores

Respuesta = reducción $\geq 50\%$ en la puntuación QIDS-SR₁₆ desde el ingreso a ese paso



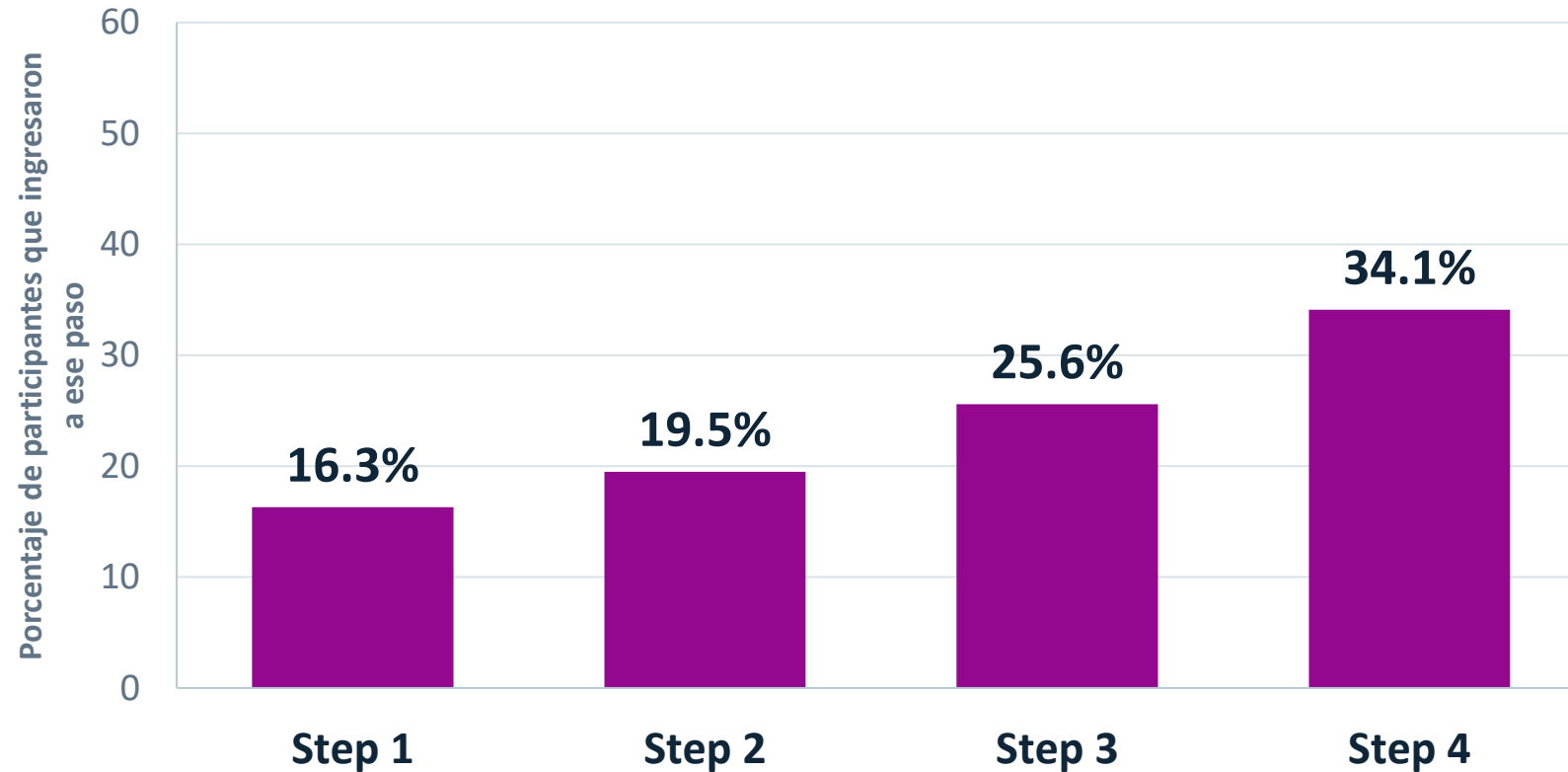
**Casi 1 de cada 2
respondió en el
paso 1**

En los pasos 3–4, la respuesta
fue de aproximadamente 1 de
cada 6.

Respuesta y remisión son conceptos distintos: la respuesta es un cambio relativo;
la remisión, una puntuación absoluta baja al finalizar.

STAR*D: mayor intolerancia en los pasos posteriores

Esta medida se basa en la interrupción del tratamiento; no refleja la incidencia total de efectos adversos



La intolerancia casi se duplicó

16.3% en el paso 1 → 34.1% en el paso 4.

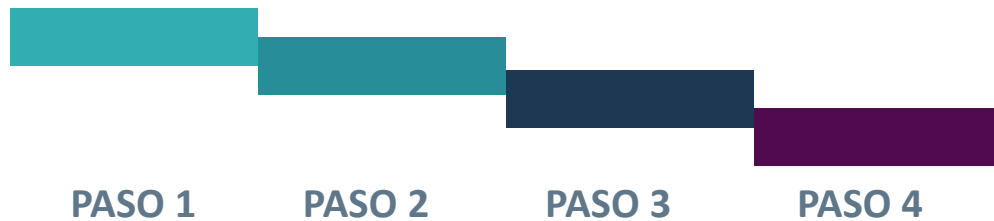
*Definición de STAR*D: abandonar el tratamiento antes de las 4 semanas por cualquier motivo, o más tarde si se documentó intolerancia en el formulario de salida.*

Ejemplos seleccionados de pasos posteriores: T₃ 10% frente a litio 20.6%; venlafaxina XR + mirtazapina 20% frente a tranilcipromina 40%.

STAR*D: una lección vigente, pero incompleta

El patrón central sigue claro, aunque el panorama terapéutico se ha ampliado.

Más fracasos tras tratamientos adecuados → menor probabilidad de respuesta y remisión



En los pasos posteriores también hubo más recaídas e intolerancia al tratamiento.

¿Qué opción moderna es la mejor para este paciente y en qué momento?

- STAR*D evaluó el panorama terapéutico de su época.
- Hoy: nuevos mecanismos antidepresivos y una neuromodulación más amplia.
- Aún no sabemos bien cuál es la secuencia óptima ni cómo asignar con fiabilidad el tratamiento a cada paciente.

1 Más tratamientos probados y más fracasos suelen indicar una enfermedad más difícil de tratar.

2 Encontrar la mejor opción siguiente para cada paciente sigue sin estar claro en muchos casos.

Campo emergente: psiquiatría intervencional

Psiquiatría intervencional: Subespecialidad en desarrollo que utiliza procedimientos, dispositivos y tratamientos de acción rápida para modular circuitos neuronales disfuncionales bajo estrecha supervisión.

Práctica clínica actual

Acción rápida: esketamina • ketamina IV

TMS: no invasiva • ambulatoria • dirigida a blancos terapéuticos

Mayor intensidad: ECT • VNS implantada • DBS en indicaciones o entornos seleccionados

Frontera en evolución

Precisión: selección del blanco guiada por MRI/EEG • biomarcadores

Optimización: esquemas acelerados • dosificación adaptativa

En investigación: tES • MST • ultrasonido focalizado • sistemas de circuito cerrado • terapia asistida con psicodélicos

El TMS sirve de puente:

hoy ofrece atención clínica establecida y, para el futuro, una plataforma flexible de tratamiento de precisión dirigido a circuitos.

Evolucion Regulatoria de la TMS en Estados Unidos: 2008–2020

Selección de indicaciones, poblaciones y protocolos acelerados autorizados por la FDA

- **2008** **Primer sistema de rTMS para MDD:** tras una respuesta insuficiente a un antidepresivo. NeuroStar (K083538).
- **2013** **Primer sistema de TMS profundo para MDD:** tras una respuesta insuficiente al tratamiento antidepresivo. BrainsWay H1 (K122288).
- **2013** **Primera TMS de pulso único para el dolor por migraña** con aura. Cerena (K130556).
- **2018** **Primer protocolo de iTBS para MDD en adultos:** de aproximadamente 3 minutos. MagVita/MagVenture (K173620).
- **2018** **Primera indicación para OCD:** como tratamiento complementario en adultos. BrainsWay H7 (DEN170078).
- **2020** **Primera indicación como ayuda para dejar de fumar** a corto plazo. BrainsWay H4 (K200957).

Regulación de la TMS en Estados Unidos: 2021–2025

Selección de indicaciones, poblaciones y protocolos acelerados autorizados por la FDA

- **2021** **MDD con síntomas de ansiedad comórbidos:** ampliación de la indicación para adultos. BrainsWay H1 (K210201).
- **2022** **SAINT:** iTBS acelerada durante 5 días, guiada por MRI/fMRI, para MDD en adultos. Magnus (K220177).
- **2024** **Depresión en la edad avanzada:** la indicación de BrainsWay H1 para MDD en adultos se amplía a las edades de 22–86 años (K222196).
- **2024** **Primera autorización para MDD en adolescentes:** como tratamiento complementario entre los 15–21 años. NeuroStar (K231926).
- **2025** **MDD en adolescentes:** tratamiento complementario entre los 15–21 años. BrainsWay H1 (K251391).
- **2025** **TMS profundo acelerado SWIFT:** ampliación del protocolo para MDD/depresión ansiosa en adultos. BrainsWay (K251449).

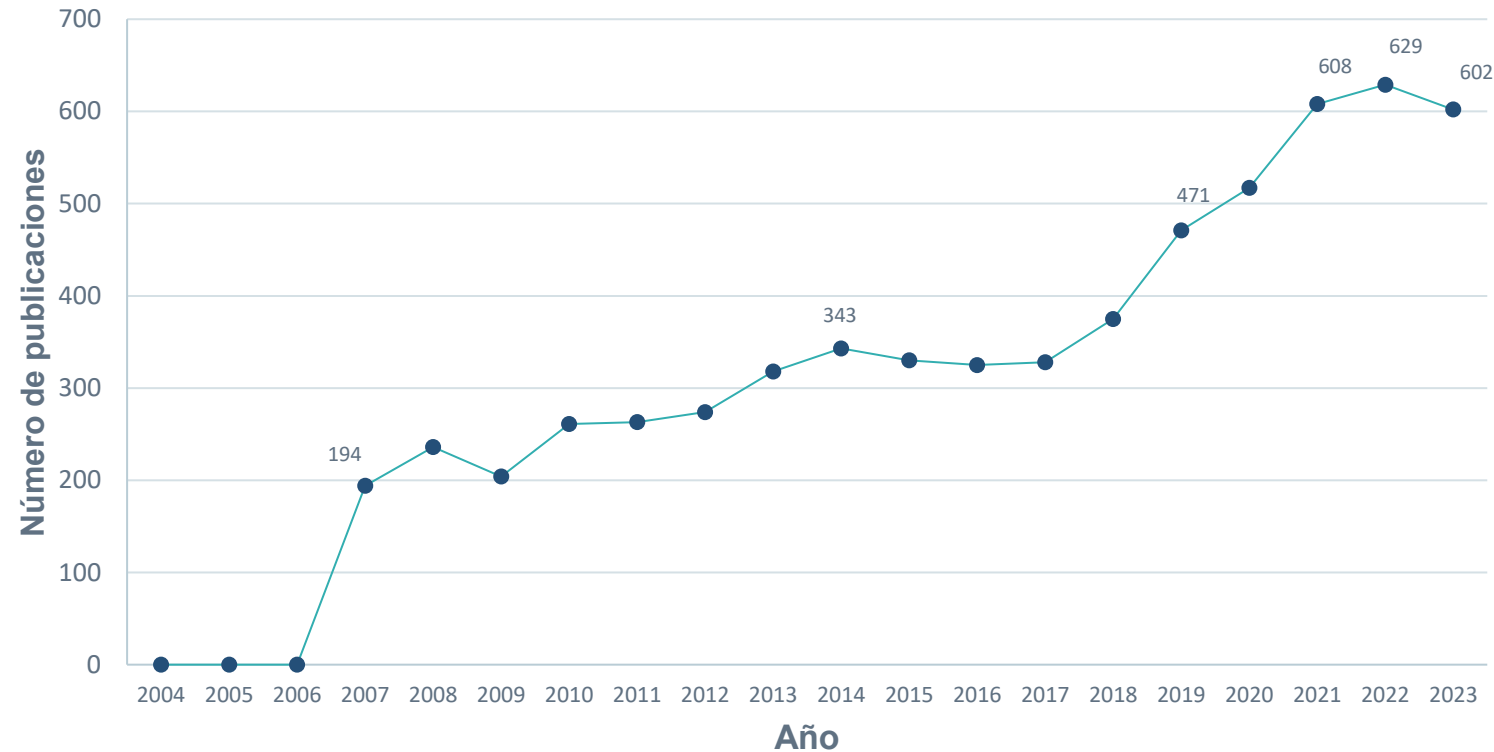
Importante: la autorización de la FDA corresponde a un sistema de TMS, un protocolo, una indicación y un intervalo de edad específicos. No se extiende automáticamente a todos los sistemas de TMS; la cobertura del seguro puede ser más limitada.

Las indicaciones de la FDA varían según el sistema.

SISTEMA	MDD EN ADULTOS	DEPRESIÓN ANSIOSA	ADOLESCENTES 15–21	OCD	DEJAR DE FUMAR	MÚLTIPLES SESIONES ACELERADAS	PTSD	ESPECÍFICO PARA GERIATRÍA
NeuroStar	✓	✓	✓	✓	—	—	—	—
BrainsWay TMS profundo	✓	✓	✓	✓	✓	✓	—	✓
MagVenture	✓	✓	✓	✓	—	✓	—	—
Magstim Horizon 3.0	✓	—	✓	✓	—	—	—	—
Nexstim NBS 6	✓	—	✓	✓	—	—	—	—
Apollo TMS	✓	—	—	✓	—	—	—	—
CloudTMS Edge	✓	—	—	—	—	—	—	—
Magnus SAINT	✓	—	—	—	—	✓	—	—

Nota geriátrica: BrainsWay K222196 amplió explícitamente el rango de edad para MDD en adultos a 22–86 años; esta indicación geriátrica no se extiende a toda la clase. Kaster et al., *Neuropsychopharmacology*. 2018;43:2231–2238.

Las publicaciones sobre TMS han aumentado marcadamente



Toda la investigación sobre TMS

6,278

artículos y
revisiones de
2004–2023

>600

Publicaciones
por año entre
2021–2023

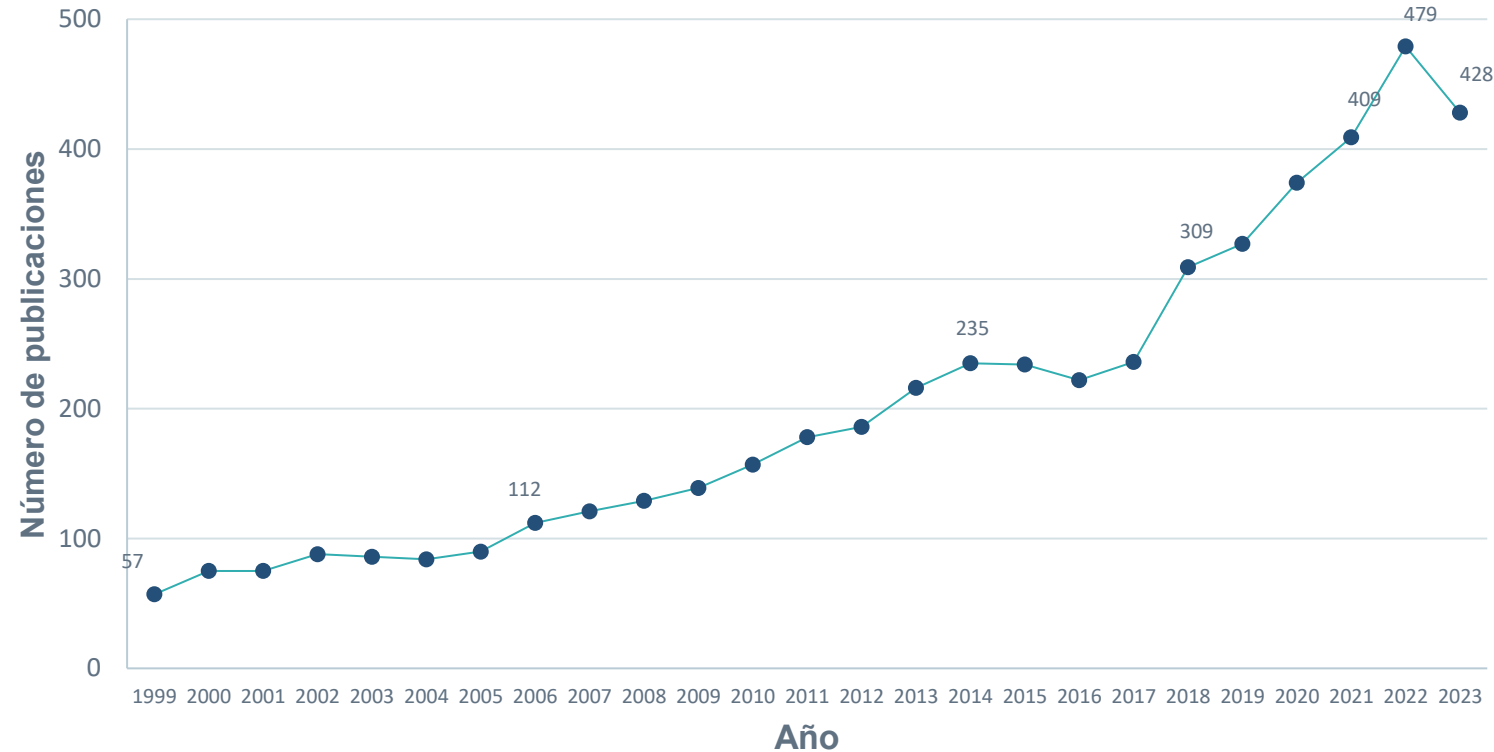
2018+

periodo de mayor
crecimiento

Los recuentos anuales se adaptaron de un análisis bibliométrico de publicaciones sobre TMS.

Mensaje clave: el TMS cuenta con el respaldo de una literatura científica internacional en rápida expansión.

También aumentan las publicaciones sobre TMS y depresión



TMS para la depresión

5,046 publicaciones sobre TMS y depresión, 1999–2023

479 máximo anual alcanzado en 2022

77 países contribuyeron a esta literatura

Los recuentos anuales se adaptaron de un análisis bibliométrico publicado sobre la investigación de TMS en los trastornos depresivos.

Mensaje clave: la literatura sobre TMS para la depresión ya es extensa, internacional y sigue creciendo.



¿Qué es el TMS y cómo es el tratamiento?



La tecnología, la sesión de tratamiento y la experiencia del paciente



TMS

La estimulación magnética transcraneal (TMS) es un tratamiento no invasivo que utiliza pulsos magnéticos para modular circuitos neuronales específicos.

- **Aplicación no invasiva**
Se coloca una bobina de tratamiento sobre el cuero cabelludo, sin cirugía ni anestesia.
- **Pulsos magnéticos**
El campo magnético cambiante induce una corriente eléctrica en la corteza seleccionada y modifica la actividad de las neuronas cercanas.
- **Patrones de estimulación**
Los patrones repetidos de pulsos pueden aumentar o disminuir la actividad de los circuitos seleccionados.
- **Selección del blanco basada en evidencia**
Para la depresión y ciertas afecciones se utilizan blancos cerebrales y protocolos específicos.

Dos diseños comunes de bobinas de TMS



Bobina H1

Patrón interno del devanado

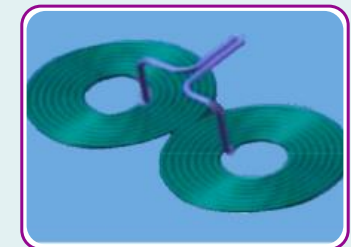


Bobina en figura de 8

Patrón interno del devanado



Devanados distribuidos



Dos bucles adyacentes

¿Quién es candidato para la TMS y quién no?

CANDIDATO PARA TMS EN DEPRESIÓN MAYOR

- Diagnóstico de trastorno depresivo mayor con o sin ansiedad.
- Síntomas moderados a severos
- Respuesta insuficiente a antidepresivos
- Intolerancia o efectos adversos a medicamentos
- Preferencia por tratamiento no invasivo
- Puede asistir a un curso repetido de sesiones
- Clínicamente estable para tratamiento ambulatorio

NO POR AHORA / REQUIERE EVALUACIÓN ESPECIALIZADA

Contraindicaciones

- Metal ferromagnético cercano al área de estimulación
- Dispositivos electrónicos o magnéticos implantados incompatibles con TMS

Consideraciones especiales

- Riesgo elevado de convulsiones o epilepsia
- Antecedente de lesión cerebral o cirugía craneal
- Trastorno bipolar o riesgo de manía
- Uso de sustancias, abstinencia o privación de sueño
- Cambios recientes de medicamentos que alteren el umbral convulsivo
- Embarazo o condiciones médicas relevantes
- Mayor distancia cuero cabelludo–corteza
- Riesgo suicida inminente o inestabilidad clínica: considerar una vía de mayor agudeza

ADULTOS MAYORES: MISMO CRITERIO, MÁS INDIVIDUALIZACIÓN

Evalúe cognición y capacidad para consentir, enfermedad cerebrovascular y neurológica, audición, movilidad y riesgo de caídas, transporte, polifarmacia, riesgo de convulsiones y dispositivos implantados.

La atrofia cortical y una mayor distancia entre el cuero cabelludo y la corteza pueden contribuir a una dosis insuficiente: verifique el contacto de la bobina, individualice el umbral motor y asegure una intensidad, dosis de pulsos y duración adecuadas; considere un blanco apropiado para el sistema de TMS. La edad por sí sola no es una contraindicación.

Duración de los protocolos

Los esquemas autorizados por la FDA varían según el sistema de la TMS y el protocolo



SISTEMA CON BOBINA EN FIGURA DE 8

rTMS estándar

36 sesiones

- **Curso agudo** 30 sesiones • 5 días/semana × 6 semanas
- **Reducción gradual** + 6 sesiones 19–37.5 min/sesión



SISTEMA CON BOBINA H1

Una misma plataforma para ambos esquemas

TMS profundo (H1)

Hasta **44** sesiones

20 sesiones agudas • 5 días/semana × 4 semanas
+ 24 sesiones opcionales de continuación
2/semana × 12 semanas • ≈20 min/sesión

TMS profundo SWIFT (Protocolo acelerado)

38 sesiones / 6 semanas

30 sesiones agudas • 5 sesiones/día × 6 visitas
+ 8 de continuación • 2/semana × 4 semanas
≈10 min/sesión • blanco H1 estándar



SISTEMA SAINT AUTORIZADO POR LA FDA

SAINT (Protocolo acelerado)

50 sesiones / 5 días

- **Curso acelerado** 10 sesiones/día × 5 días
- **Cada sesión** ≈10 min • 1,800 pulsos Blanco personalizado guiado por fMRI

Tres protocolos de estimulación autorizados por la FDA

El patrón de pulsos, la dosis, la bobina y la duración varían, aunque el blanco clínico sea similar

O

rTMS de 10 Hz
TMS repetitiva de alta frecuencia

¿QUÉ SIGNIFICA EL PATRÓN?

Se aplican pulsos individuales 10 veces por segundo en trenes repetidos de 4 segundos, separados por pausas breves.

120% del RMT
intensidad de estimulación

3,000
pulsos por sesión

¿CUÁNTO DURA?
≈ 19 - 37.5 min

- DLPFC izquierda
bobina en figura de 8 o H1
- mPFC + Acc
bobina H1

iTBS estándar
Estimulación intermitente en ráfagas theta

¿QUÉ SIGNIFICA EL PATRÓN?

Se repiten ráfagas de tres pulsos a 50 Hz, 5 veces por segundo, en ciclos breves de estimulación y pausa.

120% del RMT
intensidad de estimulación

600
pulsos por sesión

¿CUÁNTO DURA?
≈ 3 min

DLPFC izquierda
bobina en figura de 8 o H1

iTBS acelerada SWIFT
TMS profundo con bobina H1

¿QUÉ SIGNIFICA EL PATRÓN?

El mismo patrón de ráfagas theta se extiende a una dosis mayor de pulsos y se aplica con la bobina H1.

110% del MT
umbral motor observado

1,800
pulsos por sesión

¿CUÁNTO DURA?
≈ 10 min

DLPFC izquierda
bobina H1

La evidencia geriátrica incluye varios protocolos de TMS, pero la autorización de la FDA corresponde a equipos y protocolos específicos.

Familia de protocolos	Estatus ante la FDA de EE. UU.	Evidencia en adultos mayores	Consenso / guía clínica
rTMS izquierda de alta frecuencia ≈20–40 min/sesión	Autorizaciones para MDD en adultos; el intervalo de edad varía según el equipo	Múltiples ECA geriátricos y metaanálisis	Opción estándar; la evidencia más amplia
rTMS derecha de baja frecuencia ≈15–30 min/sesión	Protocolos de depresión solo con baja frecuencia: no autorizados por la FDA	Estudiada sola y en tratamiento bilateral secuencial	Uso selectivo fuera de indicación; evidencia más débil
iTBS ≈3 min/sesión	Hay protocolos específicos de iTBS autorizados: no todas las variantes de TBS	ECA directo en adultos mayores con TBS bilateral (FOUR-D)	La iTBS y la alta frecuencia se recomiendan por igual en el TDM en adultos
Bilateral Varía según la secuencia	No hay autorización para toda la familia; verifique las indicaciones del equipo específico	ECA geriátrico directo: bilateral estándar frente a TBS bilateral	En general, de segunda línea; puede ser de primera línea en la depresión en la edad avanzada ¹
TMS profundo Varía según el protocolo	Indicación para H1 TMS profundo: adultos de 22–86 años	ECA H1 controlado con estimulación simulada, más datos de práctica real en adultos mayores	Evidencia geriátrica directa; base de evidencia más limitada
MENSAJE CLÍNICO CLAVE	La edad por sí sola no justifica evitar el TMS. Confirme el equipo, el intervalo de edad autorizado y el protocolo; considere las comorbilidades, la cognición, la polifarmacia y la distancia entre el cuero cabelludo y la corteza.		

¹ CANMAT 2023. Sources: Trapp et al., Clin Neurophysiol 2025; Cappon et al., Ageing Res Rev 2022; Blumberger et al., JAMA Psychiatry 2022; Kaster et al., Neuropsychopharmacology 2018; FDA K222196.

Las ventajas de la TMS son especialmente relevantes en adultos mayores

Cinco ventajas prácticas cobran especial importancia ante la polifarmacia, la fragilidad y la vulnerabilidad cognitiva.

1	Sin efectos adversos sistémicos propios de los medicamentos	Evita la farmacocinética sistémica y muchas interacciones entre medicamentos.
2	El tratamiento se administra bajo observación directa	La administración es supervisada; se documentan la adherencia y la dosis.
3	Eficaz cuando han fallado los medicamentos	Una opción basada en evidencia para la depresión resistente al tratamiento.
4	En el consultorio, con el paciente despierto	Sin sedación, anestesia, hospitalización ni periodo de recuperación.
5	No invasivo y bien tolerado a nivel cognitivo	No requiere un dispositivo implantado; no se asocia con los efectos adversos cognitivos típicos de la ECT.

La ventaja no es que el TMS esté libre de riesgos, sino que es un tratamiento dirigido y monitorizado que evita añadir carga farmacológica sistémica.

Perfil de seguridad de la TMS

Comunes

Dolor o molestia en el cuero
cabelludo o lugar de
aplicación
Cefalea tensional Náuseas •
mareo o aturdimiento
Fatiga • insomnio

Menos comunes (<5%)

Ansiedad • irritabilidad Dolor
de cuello o espalda
Desencadenamiento de
migraña

Raros / muy raros

Convulsión (<0.1%)
Síncope • tinnitus Eventos
oculares notificados Manía
emergente con el tratamiento

EVIDENCIA GERIÁTRICA:

No se ha demostrado un mayor riesgo de eventos adversos con la edad

Revisión en adultos mayores (n=353): cualquier evento adverso 12.4% • evento adverso grave 1.5% •
cefalea 6.9% • molestia en el lugar de aplicación 2.7%

**Medidas de seguridad: evaluación • protección auditiva • personal capacitado • protocolo de emergencia •
reevaluación continua**

Tras un curso exitoso de la TMS: ¿mantenimiento o retratamiento?

PREVENIR LA RECAÍDA

Mantenimiento programado

82%

permaneció sin recaída
durante 24 semanas

rTMS semanal a 1 Hz: 7 de 38 recayeron
Comparación con litio: 7 de 37 recayeron

Ensayo aleatorizado MAINT-R, 2025 · n=75

RECUPERAR EL BENEFICIO

Retratamiento cuando reaparecen los síntomas

82.5%

respondió nuevamente

54.2%

alcanzó la remisión

Cohorte de práctica real en 20 centros, 2026 · 177 pacientes con respuesta previa

EVIDENCIA GERIÁTRICA

Los estudios principales no eran geriátricos. Una pequeña serie en depresión en la edad avanzada halló una respuesta del 44% entre pacientes con respuesta previa (67% tras TBS previa), insuficiente para establecer un efecto de la edad.



¿Cómo se postula que actúa el TMS en el cerebro?



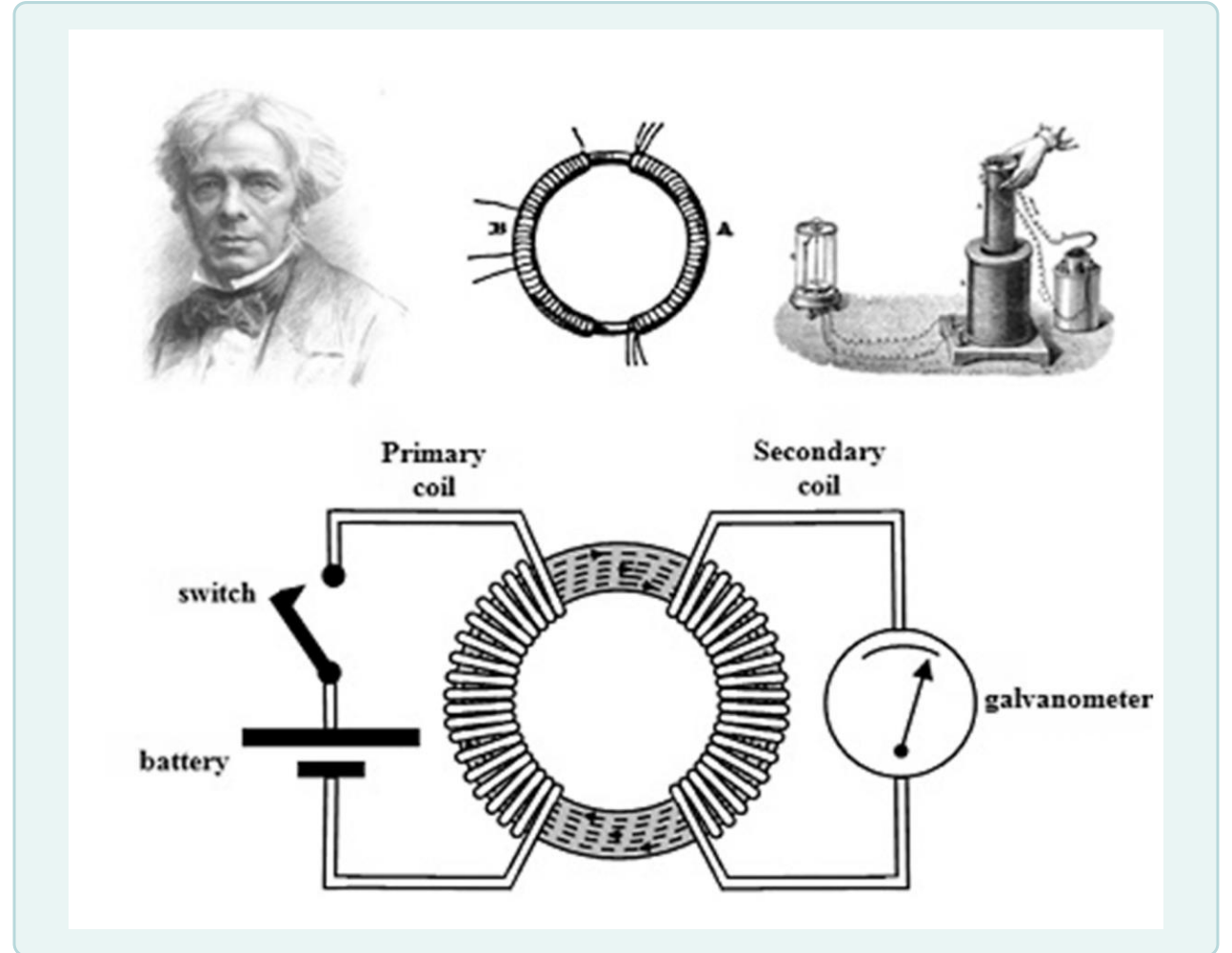
De la estimulación cortical a sus efectos en redes interconectadas.



Bases científicas de la TMS: 1831 — Michael Faraday

Michael Faraday descubrió los principios físicos del electromagnetismo en 1831, al observar que un pulso de corriente eléctrica que pasa por una bobina de alambre genera un campo magnético.

La tasa de cambio (flujo) de este campo magnético determina la inducción de una corriente secundaria en un conductor cercano situado en un plano perpendicular.

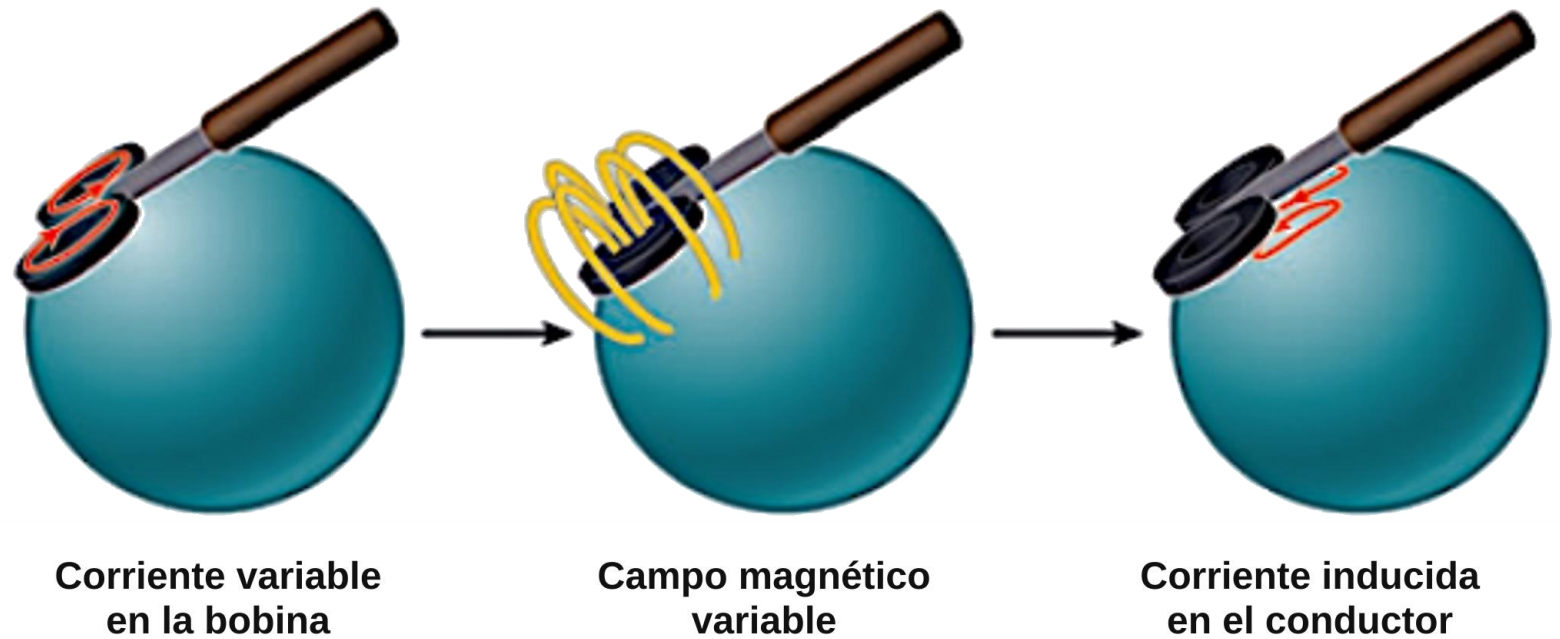
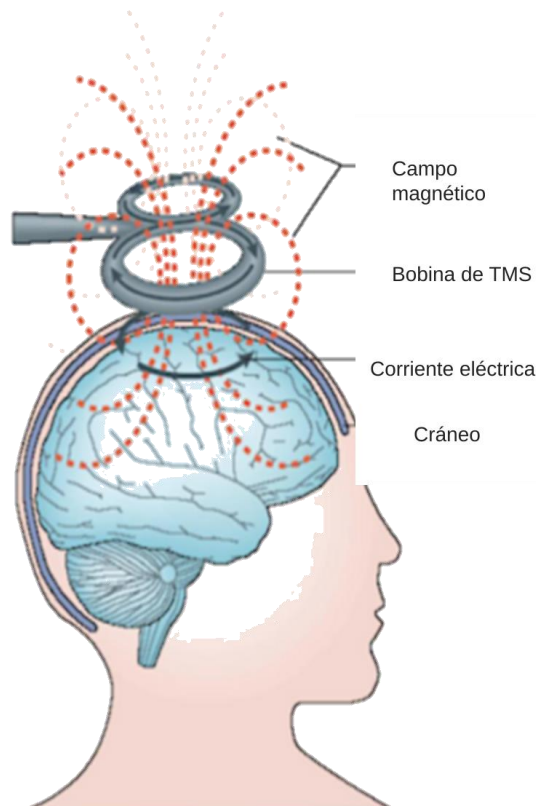
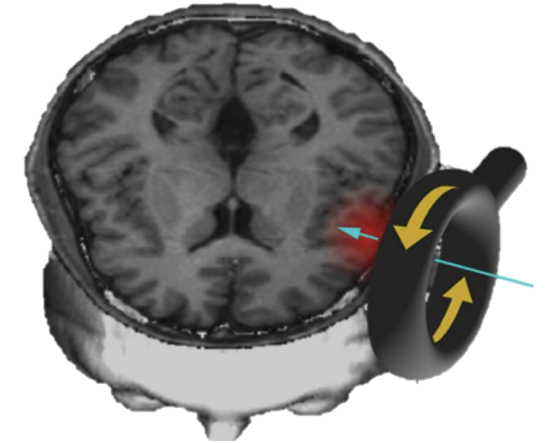


Física del TMS: ley de Faraday

El campo magnético atraviesa sin impedimento el cuero cabelludo y el cráneo

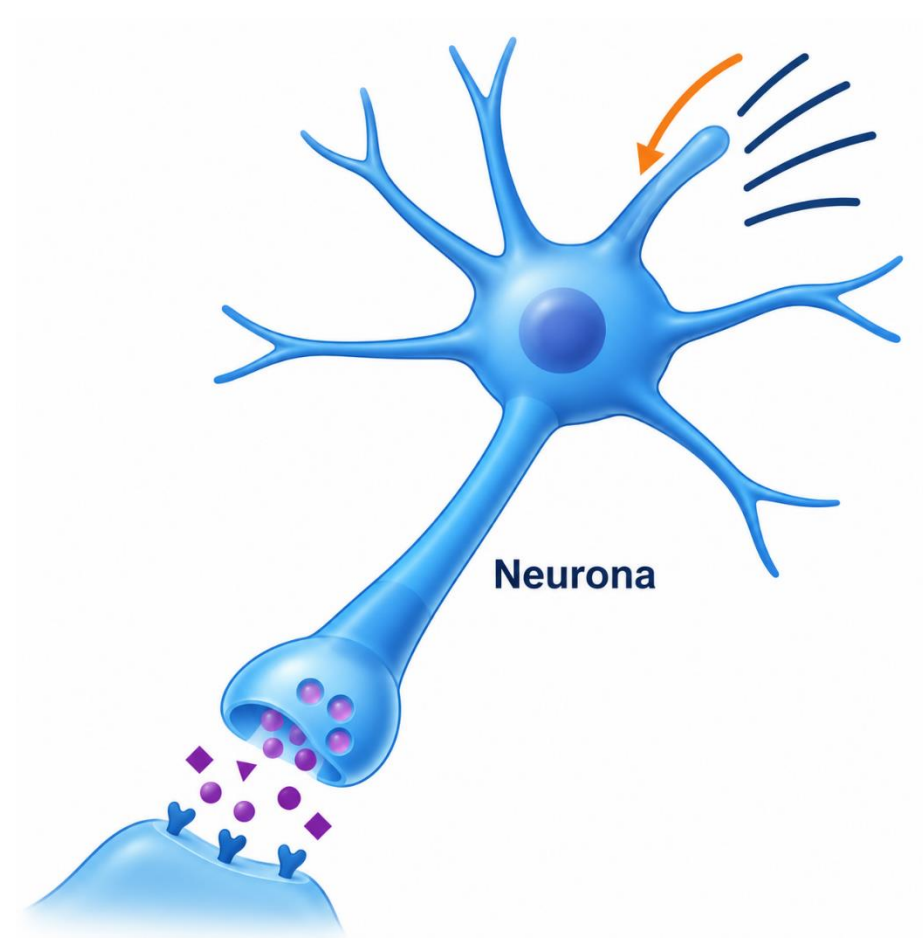
El campo magnético pulsado induce corriente en las neuronas

Las neuronas corticales actúan como conductores



TMS y excitabilidad neuronal cortical

- 1 Corriente eléctrica local**
El pulso induce una corriente eléctrica en el tejido cortical debajo de la bobina.
- 2 Cambios en la excitabilidad neuronal**
Según el patrón de estimulación, las neuronas pueden quedar más o menos propensas a generar descargas.
- 3 Los efectos se extienden por las redes**
La actividad en la región objetivo puede influir en regiones cerebrales conectadas.



Con sesiones repetidas, estos cambios pueden activar mecanismos de plasticidad sináptica y modificar la función de las redes.

El cerebro es electroquímico y está organizado en redes

1 Señalización eléctrica + química

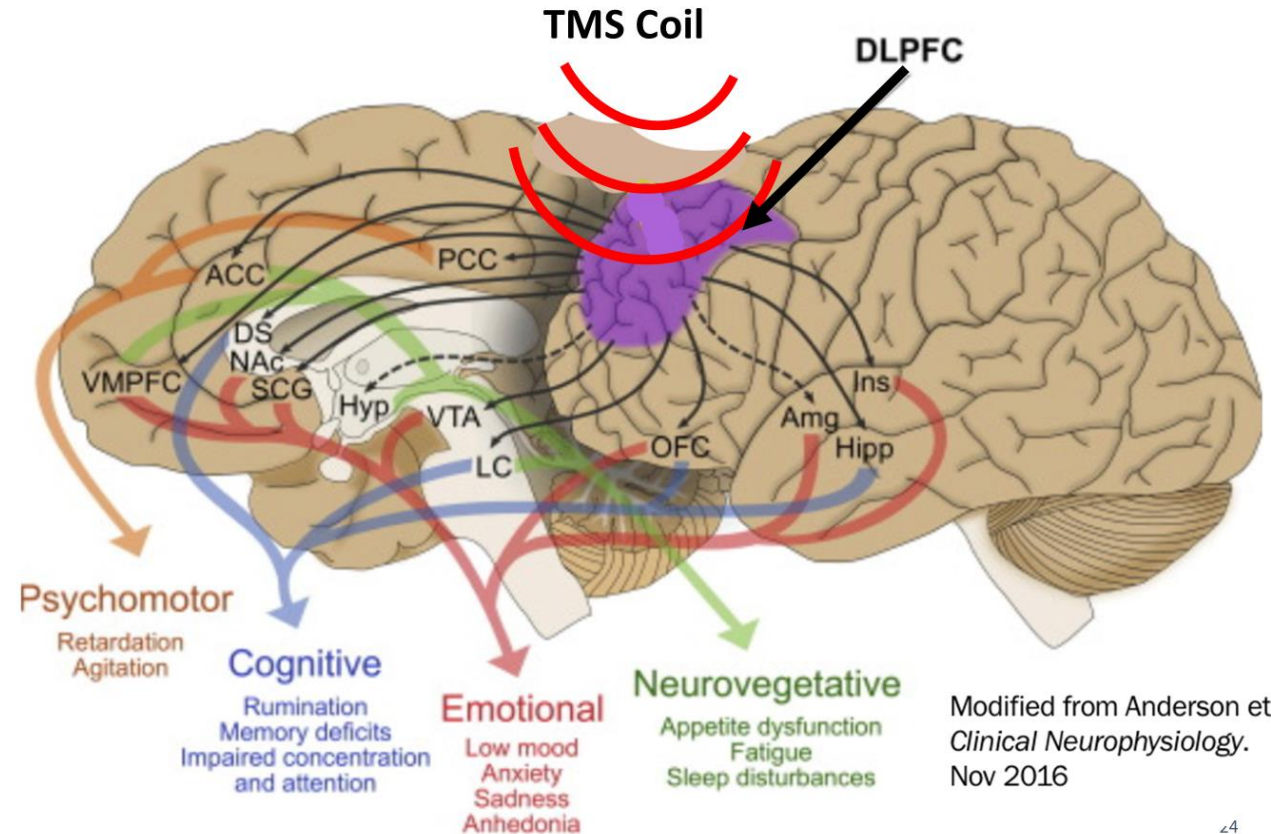
Los neurotransmisores son importantes, pero el cerebro también se comunica mediante actividad eléctrica en circuitos interconectados.

2 La depresión afecta las redes

Las alteraciones de las redes pueden contribuir a síntomas emocionales, cognitivos y psicómotores, así como a cambios en el sueño, el apetito y la energía.

3 La TMS actúa a través de una región cortical objetivo

El TMS estimula directamente la corteza debajo de la bobina - comúnmente la DLPFC izquierda - y puede influir en redes conectadas asociadas con la depresión.



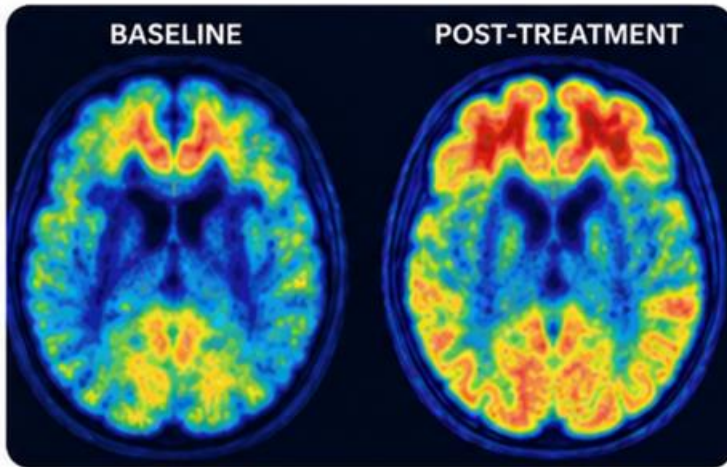
DLPFC = corteza prefrontal dorsolateral

El TMS no estimula directamente todas las regiones profundas representadas; actúa a través de la región cortical objetivo y sus conexiones de red.

La neuroimagen muestra efectos de la TMS en las redes

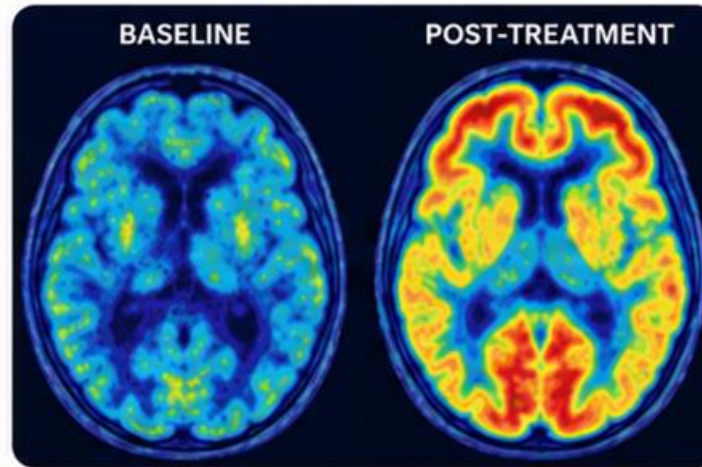
Hallazgos representativos de PET/SPECT en depresión

Teneback et al., 1999



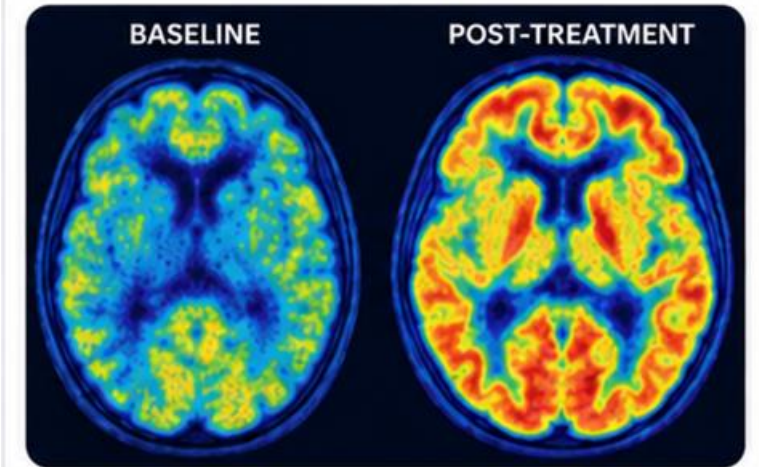
Increase in prefrontal cortical activity after a course of rTMS in depressed patients.

Speer et al., 2000



Increased perfusion in anterior cingulate and paralimbic regions following rTMS.

Baeken et al., 2008



Widespread normalization of frontal and striato-limbic network activity after rTMS.

TMS

En distintos estudios, la TMS se asoció con cambios en la corteza prefrontal y en redes cinguladas/paralímbicas conectadas.

NOTA GERIÁTRICA

Estudios clínicos de la TMS en adultos mayores (Cappon et al., 2022; Almheiri et al., 2023), imágenes PET publicadas, específicas de pacientes geriátricos, tomadas antes y después del tratamiento.

Teneback et al. J Neuropsychiatry Clin Neurosci. 1999;11:426–435. Speer et al. Biol Psychiatry. 2000;48:1130–1138. Baeken et al. Psychiatry Res. 2008. Kinney & Hanlon. Pharmacol Rev. 2022;74:918–932. Cappon et al. Ageing Res Rev. 2022;74:101531. Almheiri et al. J Clin Med. 2023;12:4748.

La TMS produce efectos biológicos

Dependen del objetivo, la bobina, la intensidad, la frecuencia o el patrón, la dosis de pulsos, la separación temporal y el estado neural basal.

● PLASTICIDAD SINÁPTICA

Los efectos posteriores similares a la LTP/LTD modifican la excitabilidad y la inhibición corticales. Las respuestas varían entre personas y pueden cambiar con la edad.

● NEUROQUÍMICA

La evidencia respalda la modulación de GABA/glutamato y la liberación o unión de dopamina. Las vías del BDNF son plausibles, pero no son biomarcadores clínicos validados.

● PERFUSIÓN + METABOLISMO

PET y fMRI muestran cambios locales y distantes en el flujo sanguíneo cerebral y el metabolismo de la glucosa, incluidos efectos en el cíngulo anterior tras el TMS prefrontal.

● REORGANIZACIÓN DE REDES

Los efectos se propagan por circuitos conectados y modifican las oscilaciones y la conectividad funcional; en la depresión, la conectividad DLPFC–sgACC es clínicamente relevante.



¿Cuál es la evidencia clínica sobre la TMS en la depresión mayor?



Ensayos clínicos aleatorizados y resultados naturalistas de la práctica real



TMS sin medicamentos: participantes y resultados

Tres estudios pivotaes multicéntricos controlados con estimulación simulada en adultos previamente tratados con antidepresivos.

ESTUDIO / MUESTRA	TRATAMIENTO ANTIDEPRESIVO PREVIO	TASA DE RESPUESTA		TASA DE REMISIÓN	
O'Reardon 2007 rTMS superficial • 10 Hz N=301 • edades 18–70	Episodio actual: media de 1.6 tratamientos adecuados sin respuesta	TMS ACTIVO 23.9% MADRS • semana 6	SIMULADO 12.3%	TMS ACTIVO 14.2% MADRS • semana 6	SIMULADO 5.2%
George 2010 NIH OPT-TMS • 10 Hz N=190 • edades 22–69	Episodio actual: media de 1.51 tratamientos adecuados sin respuesta	TMS ACTIVO ≈ 15% HAM-D • ITT	SIMULADO ≈ 5%	TMS ACTIVO 14.1% HAM-D • ITT	SIMULADO 5.1%
Levkovitz 2015 TMS profundo • bobina H1 N=212 • edades 22–68	Episodio actual: el 69% no respondió a 1–2 tratamientos adecuados	TMS ACTIVO 38.4% Por protocolo • semana 5	SIMULADO 21.4%	TMS ACTIVO 32.6% Por protocolo • semana 5	SIMULADO 14.6%

INTERPRETACIÓN PARA EL PACIENTE

Sin medicación antidepresiva durante el tratamiento, cerca del 15%–38% respondió y el 14%–33% alcanzó la remisión; la TMS activo superó sistemáticamente la estimulación simulada.

PERSPECTIVA GERIÁTRICA

Los adultos mayores podían participar, pero ninguno de estos ensayos se diseñó como un estudio específico de geriatría.

Las definiciones de respuesta y remisión, las escalas, los criterios de valoración y los conjuntos de análisis variaron; los valores de Levkovitz mostrados corresponden al análisis por protocolo.

TMS complementaria: evidencia de la práctica clínica

La cohorte prospectiva de Carpenter y seis publicaciones posteriores amplían la evidencia de eficacia controlada con estimulación simulada a la atención habitual.

CARPENTER ET AL., 2012

Estudio prospectivo y naturalista de efectividad

307 pacientes • 42 centros clínicos en EE. UU. • edades 18–90

TRATAMIENTO COMPLEMENTARIO EN LA PRÁCTICA CLÍNICA

Se permitieron medicamentos psiquiátricos concomitantes a discreción del psiquiatra tratante.

RESULTADOS INFORMADOS POR LOS PACIENTES

42% - 56% respuesta **27% - 29%** remisión

Contexto clínico: media de 2.5 tratamientos antidepresivos adecuados fallidos en el episodio actual; promedio de 28.3 sesiones de TMS.

CGI evaluada por el clínico: 58.0% de respuesta; 37.1% de remisión.

QUÉ OCURRIÓ DESPUÉS DE CARPENTER

6 publicaciones adicionales de alta calidad

5 conjuntos de datos clínicos independientes + 1 seguimiento a largo plazo

2012 Connolly

N=100 • centro académico

Casos clínicos consecutivos; los medicamentos y la psicoterapia variaron según la atención habitual.

2016 Taylor / NNDC

N=62 • 10 centros académicos

Todos los pacientes con datos farmacológicos registrados tomaban psicotrópicos.

2020 Registro de Sackeim

N=5,010 • 103 centros clínicos

PHQ-9 ITT: 57.7% de respuesta y 27.9% de remisión; no se recopiló el uso de medicamentos.

2014 Dunner

N=257 • seguimiento de 12 meses

Cohorte de Carpenter durante el tratamiento habitual; el beneficio se mantuvo con frecuencia.

2018 THREE-D

N=414 • estudio aleatorizado de efectividad

Antidepresivos estables durante ≥4 semanas; la iTBS no fue inferior al rTMS de 10 Hz.

2023 Bouaziz

N=435 • 5 centros

Cohorte multicéntrica de atención habitual: 31.0% de respuesta y 22.8% de remisión.

MENSAJE CLÍNICO CLAVE

En la atención habitual, el TMS suele añadirse a medicamentos estables y psicoterapia; se observan respuestas y remisiones clínicamente significativas de forma consistente en diversos entornos.

Estos son estudios de efectividad, registros y un ensayo comparativo directo aleatorizado; no son seis nuevos ensayos de eficacia controlados con estimulación simulada.



¿Qué sabemos sobre la TMS en adultos mayores?



Ensayos clínicos aleatorizados, resultados naturalistas, y otras
consideraciones



El estudio clínico de Kaster respalda la eficacia, no una dosis geriátrica universal

Un pequeño estudio H1 controlado con estimulación simulada utilizó un protocolo intensivo de cuatro semanas en adultos de 60–85 años.

PROTOCOLO bobina H1

n=52 • 25 tratamiento activo / 27 estimulación simulada
20 sesiones • 18 Hz • 120% RMT • 6,012 pulsos/sesión

REMISIÓN

40.0%

H1 ACTIVA

frente a

14.8%

SIMULADA

SEGURIDAD Y COGNICIÓN

0 eventos adversos graves

Sin deterioro en las medidas de función ejecutiva

INTERPRETACIÓN GERIÁTRICA

El ensayo respalda la eficacia de H1 en dosis altas y su tolerabilidad cognitiva. El esquema de 6,012 pulsos usó cerca de tres veces la dosis estándar por sesión de H1 y no debe presentarse como el protocolo geriátrico necesario.

METAANÁLISIS GERIÁTRICOS

La TMS activo supera sistemáticamente la estimulación simulada

Distintas revisiones llegan a la misma conclusión sobre la dirección del efecto pese a la heterogeneidad de los protocolos.

REDUCCIÓN DE SÍNTOMAS

SMD 0.36–0.51

Mejoría pequeña a moderada

RESPUESTA

OR 2.6–3.3

Cerca de 3 veces las probabilidades

REMISIÓN

OR 4.0–6.9

Cerca de 4–7 veces las probabilidades

INTERVALO CLÍNICO PRÁCTICO

30–50% de respuesta

25–35% de remisión

Estimaciones clínicas que integran ensayos geriátricos y cohortes contemporáneas; no son conversiones directas de los odds ratios.

MENSAJE GERIÁTRICO CLAVE

La evidencia geriátrica agrupada respalda la mejoría de síntomas, la respuesta y la remisión frente a la estimulación simulada, con tolerabilidad y tasas de abandono comparables entre ambos grupos.

Los OR comparan grupos; no equivalen a la probabilidad absoluta de un paciente.

La evidencia regulatoria varía según el sistema usado para la TMS

La indicación autorizada, la eficacia clínica y la superioridad comparativa son cuestiones distintas.

TMS PROFUNDO H1

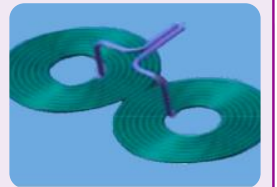
Indicación de la FDA para edades de 22–86 años



- La ampliación de edad se sustentó en el ECA de Kaster controlado con estimulación simulada y 10 años de datos de la práctica real.
- Subgrupo de la FDA: 152 adultos de 69–86 años; ninguna señal de seguridad nueva o inesperada.
- La misma indicación para el TDM en adultos tras una respuesta inadecuada a antidepresivos.

rTMS CON BOBINA EN FIGURA DE 8 / iTBS

Autorización en adultos; menos estudios clave en geriatría

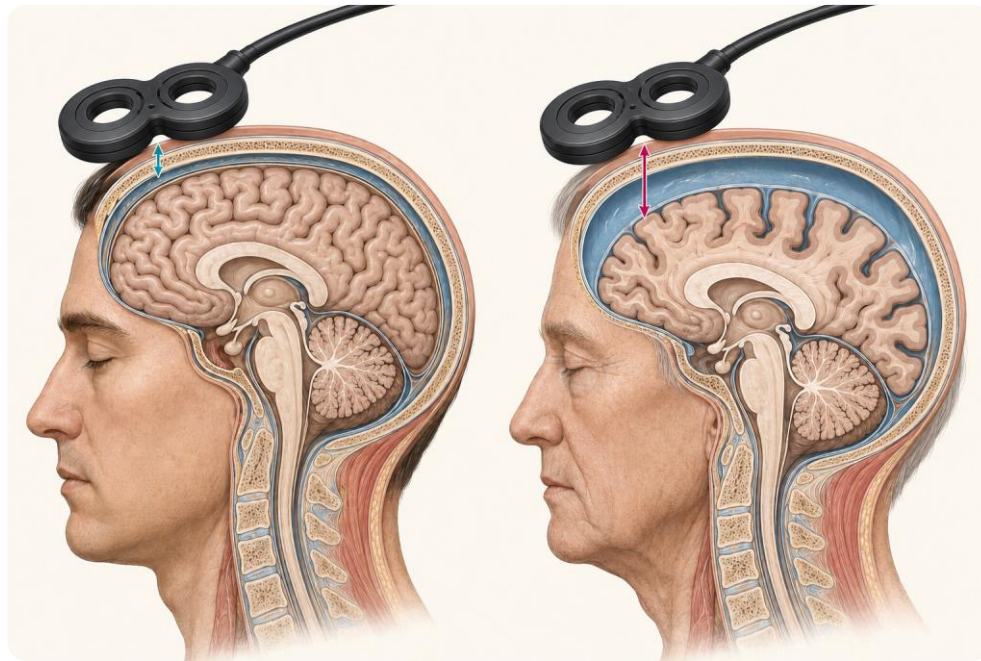


- Los grandes ensayos pivotaes en adultos abarcaron intervalos limitados de edades avanzadas.
- Los estudios naturalistas y los ensayos geriátricos respaldan el uso clínico en adultos mayores.
- La FDA no ha designado un objetivo geriátrico universal ni una dosis ajustada por edad.

LECTURA CLÍNICA

H1 tiene la evidencia explícita más clara para extender el intervalo de edad más allá de los 70 años. Esto respalda esa indicación, no su superioridad sobre los sistemas con bobina en figura de 8.

La anatomía relacionada con la edad puede reducir la exposición cortical



ADULTO MÁS JOVEN

ADULTO MAYOR • ENVEJECIMIENTO NORMAL

Esquema didáctico; no es una imagen de MRI ni está a escala. Las diferencias relacionadas con la edad varían según la región y la persona.

QUÉ CAMBIA ESTO PARA la TMS

- 1 Mayor distancia entre el cuero cabelludo y la corteza**
Los adultos mayores suelen tener más LCR y una mayor distancia frontocentral. La diferencia no se explica solo por el grosor del cráneo.
- 2 Menor campo cortical efectivo**
El mismo nivel de salida del equipo puede no producir la misma exposición cortical; los modelos basados en MRI muestran picos más bajos del campo inducido con la edad.
- 3 Una dosis adecuada puede influir en la eficacia**
Una intensidad menor, menos pulsos, una localización imprecisa del objetivo o un curso corto pueden hacer que un tratamiento eficaz parezca menos efectivo.

MENSAJE GERIÁTRICO CLAVE

Los resultados iniciales más modestos pueden reflejar el diseño del protocolo, no la edad en sí. Optimice la intensidad, la dosis de pulsos, la localización del objetivo y la duración del tratamiento.

La evidencia responde preguntas clínicas distintas

- 1 ¿Es eficaz la TMS?**

Los metaanálisis favorecen de manera consistente la TMS activo frente a la estimulación simulada en cuanto a síntomas, respuesta y remisión.
- 2 ¿La edad reduce la eficacia?**

Los resultados finales parecen ser, en general, comparables; los adultos mayores pueden mejorar más lentamente.
- 3 ¿Por qué fueron contradictorios los primeros estudios?**

En muchos ensayos geriátricos se aplicaron menor intensidad, menos pulsos o tratamientos más cortos.
- 4 ¿Qué depende del sistema de TMS?**

Existe evidencia explícita de la FDA que respalda la ampliación del intervalo de edad del H1 hasta los 86 años; esto no demuestra superioridad.

Conclusión principal: la TMS geriátrico es eficaz y bien tolerado; usar el protocolo correctamente importa más que la edad cronológica por sí sola.

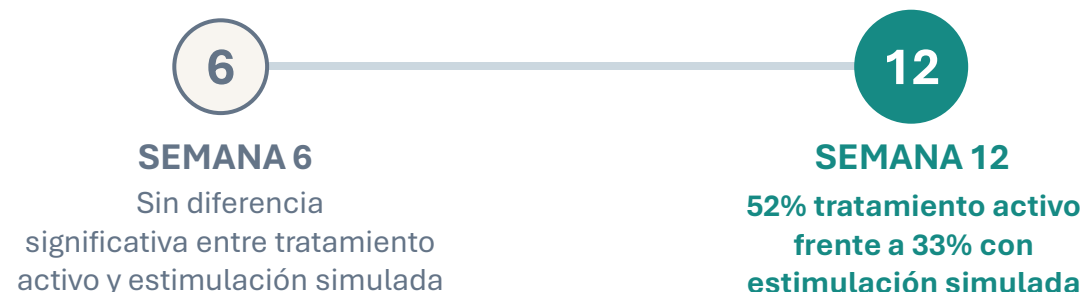
Respuesta más lenta, resultados comparables en adultos mayores

A las 6 semanas: la respuesta fue similar entre los grupos de edad



Sin diferencia significativa entre los grupos de edad

Parte del beneficio puede surgir más tarde



MENSAJE GERIÁTRICO CLAVE

- La respuesta y la remisión finales son, en general, comparables a las de adultos más jóvenes.
- Los adultos mayores pueden mejorar más lentamente durante las primeras semanas.
- Una intensidad y dosis de pulsos adecuadas, y un curso completo o prolongado, son importantes.
- La edad por sí sola no es un predictor negativo consistente del desenlace.

¿Qué debemos ajustar al tratar a un adulto mayor con TMS?

1	Seleccione con cuidado	Confirme el trastorno depresivo mayor (TDM) y la depresión resistente al tratamiento (DRT); revise las comorbilidades médicas y cognitivas, los medicamentos y las contraindicaciones.
2	Aplique el protocolo indicado	Siga las instrucciones de uso vigentes del equipo de TMS; alcance la intensidad prescrita y evite reducciones no intencionales en la dosis de pulsos o el número de sesiones.
3	Evalúe la evolución, no un solo momento	Evalúe cada semana los síntomas, el funcionamiento, la tolerabilidad y, cuando esté clínicamente indicado, la cognición.
4	Dé tiempo a una respuesta tardía	Complete el curso agudo; considere prolongarlo si la mejoría comienza a manifestarse, pero sigue incompleta.

**ESTIMADO PARA
ORIENTAR AL PACIENTE**

Aproximadamente 30–50% responde • 25–35% alcanza la remisión • la edad por sí sola no predice que el tratamiento fracase

El futuro de la psiquiatría: de las etiquetas diagnósticas a los circuitos que orientan el tratamiento

El diagnóstico clínico sigue siendo esencial, pero esperamos se complemente con:

- 1 **Perfiles dimensionales de los síntomas**
- 2 **Medidas cognitivas y funcionales**
- 3 **Patrones individuales de disfunción de circuitos**
- 4 **Predicción del tratamiento más adecuado**
- 5 **Selección personalizada del blanco terapéutico y del protocolo de TMS**

¿Cómo logran los pacientes acceso a la TMS?

El acceso aumenta cuando cuatro elementos trabajan en conjunto:

- **Guías y consensos** respaldan una prescripción apropiada
- **Profesionales capacitados** identifican, evalúan y tratan a los candidatos
- **Clínicas y servicios de apoyo** ofrecen tratamiento y vías claras de referido
- **Cobertura de seguro** permite que el tratamiento sea viable y sostenible

El acceso se logra mediante un sistema de atención coordinado.

Las guías incluyen la TMS tras una respuesta insuficiente al tratamiento

ESTADOS UNIDOS

- 2025** **NNDC + Clinical TMS Society + IFCN**
Consenso vigente sobre la práctica del TMS; no es una guía general para el TDM.
- 2022** **Guía VA/DoD para el TDM**
Sugiere el rTMS tras ≥ 2 tratamientos farmacológicos adecuados (recomendación débil).
- 2010** **American Psychiatric Association**
Incluye el TMS entre las opciones de tratamiento somático para la fase aguda.

**Guía de la APA para el TDM: 2010
no se ha publicado una actualización**

INTERNACIONAL

- 2024** **Actualización CANMAT 2023**
Incluye los protocolos de iTBS y rTMS estándar como opciones de TMS de primera línea.
- 2023** **German NVL / S3**
Recomienda ofrecer rTMS para episodios depresivos resistentes al tratamiento.
- 2020** **RANZCP**
Considerar el TMS tras tratamientos adecuados con medicamentos y psicoterapia.
- 2015** **NICE HTG396**
Permite su uso clínico habitual; la eficacia a corto plazo es adecuada, aunque variable.

RECURSOS DE CENTROS ACADÉMICOS

McLean/Mass General, afiliado a Harvard, Mayo Clinic y Johns Hopkins ofrecen programas de TMS y educación clínica. Son recursos institucionales, no guías independientes de práctica clínica para el TDM.

Capacidad de tratamiento con la TMS en Estados Unidos: evidencia basada en reclamaciones



QUÉ MUESTRA EL MAPA

2M+ procedimientos de TMS al año

2,000+ centros con facturación activa

50 estados + DC con actividad reportada

REQUISITOS DEL SEGURO

Por lo general, se exige autorización previa y documentación clínica. Las pólizas varían: suelen requerir 1–4 tratamientos antidepresivos adecuados o intolerancia; algunas también exigen psicoterapia.

PUERTO RICO + TERRITORIOS

Este mapa no incluye Puerto Rico ni los territorios. Los datos Medicare FFS de CMS de 2024 no muestran registros reportables para los códigos CPT 90867–90869. Esto puede reflejar bajo volumen o supresión de datos; no significa que el TMS no esté disponible.

IMPORTANTE: Procedimientos facturados ≠ equipos instalados.

El objetivo del tratamiento es alcanzar la máxima recuperación posible

“

La capacidad de pensar, sentir, relacionarse con los demás, compartir un sentido de propósito, trabajar, amar, experimentar satisfacción, cuidar a otros y responsabilizarse de sí mismos son atributos humanos valiosos que los adultos mayores procuran conservar.”

“

En pocas circunstancias estos aspectos de nuestra experiencia y capacidad se ven tan amplia y profundamente afectados como en la enfermedad depresiva.”

MENSAJE GERIÁTRICO CLAVE

¿Cómo podemos, desde nuestra práctica profesional, reducir las barreras de acceso al tratamiento y ayudar a los adultos mayores con depresión a recuperar su funcionamiento y calidad de vida, y a fortalecer su resiliencia?

Conclusiones

- La TMS es una forma focal y no invasiva de estimulación cerebral, basada en los principios de la inducción electromagnética de corriente y estudiada durante casi 40 años.
- La TMS es un tratamiento seguro y eficaz para el TDM moderado a grave que no ha mejorado con medicamentos y psicoterapia.
- La TMS también es una posible opción de tratamiento para otras afecciones psiquiátricas y neurológicas.
- La TMS se tolera bien y no conlleva riesgos importantes de efectos adversos sistémicos.

Acceda a la presentación

Escanee el código QR para descargar las diapositivas y consultar los recursos.

ENLACE DIRECTO

**[alinagalliano.com/slides/
tms-adultos-mayores](https://alinagalliano.com/slides/tms-adultos-mayores)**

Disponible durante y después de la presentación.



Escanee para acceder

TMS y depresión resistente al tratamiento en adultos mayores



TMS y depresión geriátrica



Bibliografía consolidada y fuentes oficiales de la presentación

Títulos de publicaciones en su idioma original • estilo AMA • DOI/PMID cuando están disponibles

91 referencias y fuentes oficiales

Depresión en la vejez y resistencia al tratamiento

Marco diagnóstico, contexto geriátrico y depresión resistente al tratamiento

01	American Psychiatric Association. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders. 5th ed, text rev. American Psychiatric Association Publishing; 2022.	06	Lenze EJ, Mulsant BH, Blumberger DM, et al. Antidepressant augmentation versus switch in treatment-resistant geriatric depression. N Engl J Med. 2023;388:1067-1079. doi:10.1056/NEJMoa2204462.
02	American Psychiatric Association. Practice Guideline for the Treatment of Patients With Major Depressive Disorder. 3rd ed. American Psychiatric Association; 2010.	07	Pundhir A, Naveen KH, Harbishettar V, et al. Global prevalence of depression in older adults with multimorbidity: a systematic review and meta-analysis. Indian J Psychol Med. 2025. doi:10.1177/02537176251403605.
03	National Institutes of Health Consensus Development Conference. Diagnosis and treatment of depression in late life. NIH Consens Statement. 1991;9(3):1-27. PMID:1823859.	08	Read JR, Sharpe L, Modini M, Dear BF. Multimorbidity and depression: a systematic review and meta-analysis. J Affect Disord. 2017;221:36-46. doi:10.1016/j.jad.2017.06.009.
04	McIntyre RS, Alsuwaidan M, Baune BT, et al. Treatment-resistant depression: definition, prevalence, detection, management, and investigational interventions. World Psychiatry. 2023;22(3):394-412. doi:10.1002/wps.21120.	09	World Health Organization. Depressive disorder (depression): fact sheet. Updated 2025.
05	Sforzini L, Worrell C, Kose M, et al. A Delphi-method-based consensus guideline for definition of treatment-resistant depression for clinical trials. Mol Psychiatry. 2022;27:1286-1299. PMID:34907394.		

STAR*D y la trayectoria de resistencia al tratamiento

Resultados por etapas farmacológicas y fundamento para incorporar otras modalidades

10	Rush AJ, Trivedi MH, Wisniewski SR, et al. Acute and longer-term outcomes in depressed outpatients requiring one or several treatment steps: a STAR*D report. Am J Psychiatry. 2006;163:1905-1917. doi:10.1176/ajp.2006.163.11.1905.	14	McGrath PJ, Stewart JW, Fava M, et al. Tranylcypromine versus venlafaxine plus mirtazapine after three failed antidepressant trials. Am J Psychiatry. 2006;163:1531-1541. doi:10.1176/ajp.2006.163.9.1531.
11	Trivedi MH, Rush AJ, Wisniewski SR, et al. Evaluation of outcomes with citalopram for depression using measurement-based care in STAR*D. Am J Psychiatry. 2006;163:28-40. doi:10.1176/appi.ajp.163.1.28.	15	Warden D, Rush AJ, Trivedi MH, Fava M, Wisniewski SR. The STAR*D Project results: a comprehensive review of findings. Curr Psychiatry Rep. 2007;9:449-459. doi:10.1007/s11920-007-0061-3.
12	Trivedi MH, Fava M, Wisniewski SR, et al. Medication augmentation after the failure of SSRIs for depression. N Engl J Med. 2006;354:1243-1252. doi:10.1056/NEJMoa052964.	16	Pigott HE, Kim T, Xu C, et al. What are the treatment remission, response and extent of improvement rates after up to four trials in STAR*D? BMJ Open. 2023;13:e063095. doi:10.1136/bmjopen-2022-063095.
13	Nierenberg AA, Fava M, Trivedi MH, et al. Lithium versus T3 augmentation following two failed medication treatments for depression. Am J Psychiatry. 2006;163:1519-1530. doi:10.1176/ajp.2006.163.9.1519.		

Revisiones y metaanálisis de la TMS en adultos mayores

Síntesis principales de la evidencia utilizada en las diapositivas geriátricas

17	Cappon D, den Boer T, Jordan C, Yu W, Metzger E, Pascual-Leone A. Transcranial magnetic stimulation (TMS) for geriatric depression. Ageing Res Rev. 2022;74:101531. doi:10.1016/j.arr.2021.101531.	21	Overvliet GM, et al. Adverse events of repetitive transcranial magnetic stimulation in older adults with depression: a systematic review. Int J Geriatr Psychiatry. 2021;36:383-392. doi:10.1002/gps.5440.
18	Valiengo L, Maia A, Cotovio G, et al. Repetitive transcranial magnetic stimulation for major depressive disorder in older adults: systematic review and meta-analysis. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 2022;77:851-860. doi:10.1093/gerona/glab235.	22	Roth Y, Zangen A, et al. Never too late: safety and efficacy of deep TMS for late-life depression. J Clin Med. 2024;13:816. doi:10.3390/jcm13030816.
19	Zhang M, Mo J, Zhang H, et al. Efficacy and tolerability of repetitive transcranial magnetic stimulation for late-life depression: a systematic review and meta-analysis. J Affect Disord. 2023;323:219-231. doi:10.1016/j.jad.2022.11.027.	23	Sader A, Daou L, Chabbouh A, Abbas R, Khoury R. Efficacy, tolerability and safety of transcranial magnetic stimulation in geriatric depression: a state-of-the-art review. Ann Clin Psychiatry. 2025;36(1-2):25-36. doi:10.1177/10401237251350566.
20	Yang P, Li L, Zhang R, Li H. Repetitive transcranial magnetic stimulation for late-life depression: systematic review and meta-analysis of randomized trials. J Int Med Res. 2025;53(7):3000605251359613. doi:10.1177/03000605251359613.	24	Effectiveness of pharmacological and non-pharmacological interventions for treatment-resistant depression in older patients. BMJ Ment Health. 2025;28:e301324.

Ensayos y cohortes de la TMS en adultos mayores

Evidencia directa en adultos mayores: respuesta, cognición e ideación suicida

25	Kaster TS, Daskalakis ZJ, Noda Y, et al. Efficacy, tolerability, and cognitive effects of deep TMS for late-life depression: a randomized controlled trial. Neuropsychopharmacology. 2018;43:2231-2238. doi:10.1038/s41386-018-0121-x.	29	Leuchter MK, Citrenbaum C, Wilson AC, et al. The effect of older age on outcomes of rTMS for treatment-resistant depression. Int Psychogeriatr. 2024;36:1070-1075. doi:10.1017/S1041610224000462.
26	Blumberger DM, Mulsant BH, Thorpe KE, et al. Standard sequential bilateral rTMS vs bilateral theta-burst stimulation in older adults: the FOUR-D trial. JAMA Psychiatry. 2022;79:1065-1073. doi:10.1001/jamapsychiatry.2022.2862.	30	Valiengo L, et al. Bilateral theta-burst stimulation of dorsolateral prefrontal cortex regions for late-life depression: a randomized, sham-controlled clinical trial. Am J Psychiatry. 2026. doi:10.1176/appi.ajp.20250537.
27	Cotovio G, et al. In older adults the antidepressant effect of rTMS is similar but occurs later than in younger adults. Front Aging Neurosci. 2022;14:919734. doi:10.3389/fnagi.2022.919734.	31	Clinical effects and correlates of standard rTMS and theta-burst stimulation on suicidal ideation in late-life depression. Eur Psychiatry. 2025. PMID:40574540.
28	Almheiri E, Alhelali A, Abdelnaim MA, et al. Effectiveness of rTMS in the treatment of depression in the elderly: a retrospective naturalistic analysis. J Clin Med. 2023;12:4748. doi:10.3390/jcm12144748.	32	Brain age is associated with cognitive improvement following repetitive transcranial magnetic stimulation in late-life depression. 2026. PMID:42532412.

Ensayos fundamentales y protocolos principales

Estudios controlados con simulación, Deep TMS, iTBS y tratamiento acelerado

33	O'Reardon JP, Solvason HB, Janicak PG, et al. Efficacy and safety of transcranial magnetic stimulation in acute treatment of major depression. Biol Psychiatry. 2007;62:1208-1216. doi:10.1016/j.biopsych.2007.01.018.	37	Blumberger DM, Vila-Rodriguez F, Thorpe KE, et al. Effectiveness of theta-burst versus high-frequency rTMS in depression: the THREE-D non-inferiority trial. Lancet. 2018;391:1683-1692. doi:10.1016/S0140-6736(18)30295-2.
34	George MS, Lisanby SH, Avery D, et al. Daily left prefrontal TMS therapy for major depressive disorder: a sham-controlled randomized trial. Arch Gen Psychiatry. 2010;67:507-516. doi:10.1001/archgenpsychiatry.2010.46.	38	Cole EJ, Stimpson KH, Bentzley BS, et al. Stanford accelerated intelligent neuromodulation therapy for treatment-resistant depression. Am J Psychiatry. 2020;177:716-726. doi:10.1176/appi.ajp.2019.19070720.
35	Levkovitz Y, Isserles M, Padberg F, et al. Efficacy and safety of deep transcranial magnetic stimulation for major depression: a multicenter randomized controlled trial. World Psychiatry. 2015;14:64-73. doi:10.1002/wps.20199.	39	Cole EJ, Phillips AL, Bentzley BS, et al. Stanford neuromodulation therapy for treatment-resistant depression: a randomized controlled trial. Am J Psychiatry. 2022;179:132-141. doi:10.1176/appi.ajp.2021.20101429.
36	Herwig U, Fallgatter AJ, Höppner J, et al. Antidepressant effects of augmentative rTMS: randomized multicentre trial. Br J Psychiatry. 2007;191:441-448. doi:10.1192/bjp.bp.106.032102.	40	Lan XJ, et al. Deep transcranial magnetic stimulation for treatment-resistant depression: a systematic review and meta-analysis. Asian J Psychiatry. 2024;96:104032. doi:10.1016/j.ajp.2024.104032.

Resultados en práctica clínica y síntesis de evidencia

Cohortes naturalísticas, registros y revisiones comparativas

41	Carpenter LL, Janicak PG, Aaronson ST, et al. Transcranial magnetic stimulation for major depression: multisite naturalistic acute outcomes. <i>Depress Anxiety</i> . 2012;29:587-596. doi:10.1002/da.21969.	46	Bouaziz N, et al. <i>J Affect Disord</i> . 2023;326:26-35. doi:10.1016/j.jad.2023.01.070.
42	Connolly KR, Helmer A, Cristancho MA, Cristancho P, O'Reardon JP. Effectiveness of TMS in clinical practice after FDA approval. <i>J Clin Psychiatry</i> . 2012;73:e567-e573. doi:10.4088/JCP.11m07413.	47	Mutz J, Vipulananthan V, Carter B, Hurlemann R, Fu CHY, Young AH. Nonsurgical brain stimulation for acute major depressive episodes: network meta-analysis. <i>BMJ</i> . 2019;364:l1079. doi:10.1136/bmj.l1079.
43	Dunner DL, Aaronson ST, Sackeim HA, et al. Durability of benefit after an acute course of TMS: one-year naturalistic follow-up. <i>J Clin Psychiatry</i> . 2014;75:1394-1401. doi:10.4088/JCP.13m08977.	48	Brini S, et al. Efficacy and safety of TMS for major depressive disorder: umbrella review and re-analysis of meta-analyses. <i>Clin Psychol Rev</i> . 2023;100:102236. doi:10.1016/j.cpr.2022.102236.
44	Taylor SF, et al. <i>J Affect Disord</i> . 2017;208:284-290. doi:10.1016/j.jad.2016.08.049.	49	Sabé M, et al. Transcranial magnetic and direct-current stimulation across mental disorders: systematic review and dose-response meta-analysis. <i>JAMA Netw Open</i> . 2024;7:e2412616. doi:10.1001/jamanetworkopen.2024.12616.
45	Sackeim HA, Aaronson ST, Carpenter LL, et al. Clinical outcomes in a large registry of patients with MDD treated with TMS. <i>J Affect Disord</i> . 2020;277:65-74. doi:10.1016/j.jad.2020.08.005.		

Guías clínicas, seguridad y selección de candidatos

Declaraciones de consenso y recomendaciones basadas en evidencia

50	Trapp NT, et al. Consensus review and considerations on TMS to treat depression. Clin Neurophysiol. 2025;170:206-233. doi:10.1016/j.clinph.2024.12.015.	54	Lefaucheur JP, Aleman A, Baeken C, et al. Evidence-based guidelines on therapeutic use of rTMS: an update. Clin Neurophysiol. 2020;131:474-528. doi:10.1016/j.clinph.2019.11.002.
51	Perera T, George MS, Grammer G, Janicak PG, Pascual-Leone A, Wirecki TS. Clinical TMS Society consensus review and treatment recommendations for MDD. Brain Stimul. 2016;9:336-346. doi:10.1016/j.brs.2016.03.010.	55	Lam RW, Kennedy SH, Adams C, et al. CANMAT 2023 update on clinical guidelines for management of major depressive disorder in adults. Can J Psychiatry. 2024;69:641-687.
52	McClintock SM, Reti IM, Carpenter LL, et al. Consensus recommendations for clinical application of rTMS in depression. J Clin Psychiatry. 2018;79:16cs10905. doi:10.4088/JCP.16cs10905.	56	Clinical TMS Society. Recommended coverage policy for TMS treatment of major depressive disorder. Approved August 25, 2025.
53	Rossi S, Antal A, Bestmann S, et al. Safety and recommendations for TMS use in healthy subjects and patient populations: expert guidelines. Clin Neurophysiol. 2021;132:269-306. doi:10.1016/j.clinph.2020.10.003.	57	U.S. Food and Drug Administration. Repetitive TMS systems: Class II special controls guidance for industry and FDA staff.

Envejecimiento, física de la TMS y dosis administrada

Distancia cuero cabelludo-corteza, campos eléctricos y profundidad-focalidad

58	Kozel FA, Nahas Z, deBrux C, et al. How coil-cortex distance relates to age, motor threshold, and antidepressant response to rTMS. J Neuropsychiatry Clin Neurosci. 2000;12:376-384. doi:10.1176/jnp.12.3.376.	62	Van Hoornweder S, Geraerts M, Verstraelen S, et al. Differences in scalp-to-cortex tissues across age groups, sexes, and brain regions. Neurobiol Aging. 2024;138:45-62. doi:10.1016/j.neurobiolaging.2024.02.011.
59	Mosimann UP, Marré SC, Schmitt W, et al. Antidepressant effects of rTMS in the elderly and the influence of coil-cortex distance. Arch Gen Psychiatry. 2002;59:560-561. doi:10.1001/archpsyc.59.6.560.	63	Alawi M, Lee PF, Deng ZD, Goh YK, Croarkin PE. Modelling differential effects of age on TMS-induced electric fields. J Neural Eng. 2023;20:026016. doi:10.1088/1741-2552/ac9a76.
60	Nahas Z, et al. Effect of distance-adjusted prefrontal TMS on major depression. Depress Anxiety. 2004;19:249-256. doi:10.1002/da.20015.	64	Lu H, Li J, Zhang L, Chan SSM, Lam LCW. Dynamic changes in regional cortical features and scalp-to-cortex distance. J Neuroeng Rehabil. 2021;18:2. doi:10.1186/s12984-020-00764-5.
61	Deng ZD, Lisanby SH, Peterchev AV. Electric-field depth-focality tradeoff in transcranial magnetic stimulation. Brain Stimul. 2013;6:1-13. doi:10.1016/j.brs.2012.02.005.	65	Siebner HR, Funke K, Aberra AS, et al. Transcranial magnetic stimulation of the brain: what is stimulated? A consensus and critical position paper. Clin Neurophysiol. 2022;140:59-97. doi:10.1016/j.clinph.2022.04.022.

Neurobiología, imágenes, selección del objetivo y EEG

Revisiones mecanísticas y estudios representativos PET, SPECT y TMS-EEG

66	Fitzsimmons SMDD, Oostra E, Postma TS, van der Werf YD, van den Heuvel OA. rTMS-induced neuroplasticity and psychiatric treatment. <i>Biol Psychiatry</i> . 2024;95:592-600. doi:10.1016/j.biopsych.2023.11.016.	71	Teneback CC, Nahas Z, Speer AM, et al. Changes in prefrontal and paralimbic activity after two weeks of left prefrontal TMS. <i>J Neuropsychiatry Clin Neurosci</i> . 1999;11:426-435. doi:10.1176/jnp.11.4.426.
67	Jannati A, Oberman LM, Rotenberg A, Pascual-Leone A. Assessing mechanisms of brain plasticity by transcranial magnetic stimulation. <i>Neuropsychopharmacology</i> . 2023;48:191-208. doi:10.1038/s41386-022-01453-8.	72	Speer AM, Kimbrell TA, Wassermann EM, et al. Opposite effects of high-and low-frequency rTMS on regional brain activity in depression. <i>Biol Psychiatry</i> . 2000;48:1133-1141. doi:10.1016/S0006-3223(00)01065-9.
68	Kinney KR, Hanlon CA. Changing cerebral blood flow, glucose metabolism, and dopamine binding through TMS: systematic review of TMS-PET literature. <i>Pharmacol Rev</i> . 2022;74:918-932. doi:10.1124/pharmrev.122.000579.	73	Kito S, Fujita K, Koga Y. Regional cerebral blood-flow changes after left-DLPFC rTMS in treatment-resistant depression. <i>J Neuropsychiatry Clin Neurosci</i> . 2008;20:74-80. doi:10.1176/jnp.2008.20.1.74.
69	Cash RFH, Weigand A, Zalesky A, et al. Using brain imaging to improve spatial targeting of TMS for depression. <i>Biol Psychiatry</i> . 2021;90:689-700. doi:10.1016/j.biopsych.2020.05.033.	74	Baeken C, Marinazzo D, Everaert H, et al. Accelerated HF-rTMS in refractory depression: subgenual cingulate functional-connectivity insights. <i>Brain Stimul</i> . 2015;8:808-815. doi:10.1016/j.brs.2015.01.415.
70	Fox MD, Buckner RL, White MP, Greicius MD, Pascual-Leone A. Resting-state networks link invasive and noninvasive brain stimulation across diseases. <i>Proc Natl Acad Sci U S A</i> . 2014;111:E4367-E4375. doi:10.1073/pnas.1405003111.	75	Hadas I, Sun Y, Lioumis P, et al. Association of repetitive TMS treatment with subgenual cingulate activity in major depression: a TMS-EEG study. <i>JAMA Netw Open</i> . 2019;2:e195578. doi:10.1001/jamanetworkopen.2019.5578.

Durabilidad, mantenimiento y retratamiento

Estrategias posteriores al tratamiento agudo y recurrencia tras la respuesta inicial

76	Noda Y, Wada M, Mimura Y, et al. Repetitive transcranial magnetic stimulation as maintenance treatment of depression: the MAINT-R randomized clinical trial. JAMA Netw Open. 2025;8:e2515881. doi:10.1001/jamanetworkopen.2025.15881.	80	Lee HH, et al. Retreatment with theta-burst stimulation for late-life depression: a retrospective chart review. J Psychiatr Res. 2023. doi:10.1016/j.jpsychires.2023.06.040.
77	Lyndon S, Gibbons JB, Straub L, et al. TMS retreatment for recurrent depression: a large real-world multisite cohort study. Acta Psychiatr Scand. 2026. doi:10.1111/acps.70130.	81	Wilson S, Croarkin PE, Aaronson ST, et al. Systematic review of preservation TMS: continuation, maintenance, relapse-prevention, and rescue TMS. J Affect Disord. 2022;296:79-88. doi:10.1016/j.jad.2021.09.040.
78	Janicak PG, Nahas Z, Lisanby SH, et al. Durability of clinical benefit with TMS in pharmacoresistant major depression: six-month multisite follow-up. Brain Stimul. 2010;3:187-199. doi:10.1016/j.brs.2010.07.003.	82	Kelly MS, Oliveira-Maia AJ, Bernstein M, et al. Initial response to TMS treatment for depression predicts subsequent response. J Neuropsychiatry Clin Neurosci. 2017;29:179-182. PMID:28696288.
79	Fukuda AM, et al. Repetitive TMS for depression relapse or recurrence: naturalistic retreatment-series outcomes. Brain Stimul. 2019. PMID:31266723.		

Fuentes regulatorias, demográficas y de salud pública

Fuentes oficiales sobre indicaciones, regulación y contexto de Puerto Rico

83	U.S. Food and Drug Administration. BrainsWay Deep TMS System. 510(k) K222196. Decision May 31, 2024.	88	Puerto Rico Institute of Statistics. Acelerado el ritmo del envejecimiento poblacional en Puerto Rico. 2026.
84	U.S. Food and Drug Administration. BrainsWay Deep TMS System-adolescent MDD indication. 510(k) K251391. 2025.	89	Puerto Rico Institute of Statistics. Se estima que el índice de vejez aumentó 41% entre 2020 y 2025. 2026.
85	U.S. Food and Drug Administration. BrainsWay Deep TMS System for obsessive-compulsive disorder. 510(k) K183303.	90	National Institute of Mental Health. Depression overview. Accessed August 2026.
86	U.S. Food and Drug Administration. BrainsWay Deep TMS System for smoking cessation. 510(k) K200957.	91	Clinical TMS Society. Clinician education decks, Parts 1 and 2. 2025.
87	U.S. Census Bureau. QuickFacts: Puerto Rico. Population and age estimates; accessed August 2026.		