

# ENTRENAMIENTO DE LA MEMORIA CON *NEUROFEEDBACK* EN BANDAS THETA PARA ADULTOS SANOS: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA

## *Memory training by Neurofeedback in Theta bands for healthy adults: Systematic literature review*

JOSÉ LUIS VELÁSQUEZ-PÉREZ<sup>1</sup>, ALEJANDRA RIZO-ARÉVALO<sup>2</sup>

<https://doi.org/10.17533/udea.rp.e347277>

### Resumen

El NFB es una técnica que se utiliza ampliamente para estimular procesos cognitivos, como la memoria en población clínica e infantil principalmente, pero son pocas las investigaciones que presenten protocolos experimentales de entrenamiento en memoria en banda Theta en población adulta sana. El objetivo es analizar las características metodológicas de los estudios que apuntan al entrenamiento de la memoria con técnicas de NFB por medio de la onda Theta en adultos sanos. Se hizo seguimiento de pautas para revisiones sistemáticas PRISMA y Manual Cochrane de revisiones sistemáticas de inter-

venciones. Se obtuvo Coeficiente kappa de Cohen de 0.8, nivel de acuerdo casi perfecto entre jurados quienes de 512 artículos se filtraron por títulos 68, por resumen, 20 y por criterios de inclusión quedaron 7 artículos para analizar. Se encontraron diferencias metodológicas significativas entre los estudios, pero el desempeño de la memoria de trabajo, motora y episódica mejoró en especial cuando se utilizó NFB en banda Theta.

**Palabras clave:** *neurofeedback*, EEG, banda Theta, memoria, adultos.

### Abstract

The NFB is a technique that is widely used to stimulate cognitive processes such as memory in the clinical population and in children mainly, but there are few investigations that

present experimental protocols for memory training in Theta band in the healthy adult population. Objective: to analyze the methodological characteristics of the studies

Recibido: 02-02-2022 / Aceptado: 28-02-2023

Para citar este artículo en APA: Velásquez-Pérez, J. L. y Rizo-Arévalo, A. (2023). Entrenamiento de la memoria con *neurofeedback* en bandas Theta para adultos sanos: una revisión sistemática de la literatura. *Revista de Psicología Universidad de Antioquia*, 15(1), e347277. <https://doi.org/10.17533/udea.rp.e347277>.

<sup>1</sup> Psicólogo, Corporación Universitaria Minuto de Dios (UNIMINUTO), <https://orcid.org/0000-0003-0889-1306>. [jvelasque61@uniminuto.edu.co](mailto:jvelasque61@uniminuto.edu.co).

<sup>2</sup> Magíster en Neurociencia y Cognición, Corporación Universitaria Minuto de Dios (UNIMINUTO), <https://orcid.org/0000-0003-0060-9011>. [alejandra.rizo@javeriana.edu.co](mailto:alejandra.rizo@javeriana.edu.co).



that aim at memory training with NFB techniques through the Theta wave in healthy adults. Methodology: Follow-up to PRISMA systematic review guidelines and the Cochrane Handbook of Systematic Reviews of Interventions. Results: Cohen's Kappa coefficient of 0.8, almost perfect level of agreement between jurors who, out of 512 articles, 68 were filtered by titles, 20 by abstract, and by

inclusion criteria, seven articles remained to be analyzed. Important methodological differences were found between the studies, but working, motor, and episodic memory performance improved especially when Theta band NFB was used.

**Keywords:** neurofeedback, EEG, Theta band, memory, adults.

## Introducción

El *neurofeedback* (NFB) es una técnica o herramienta no invasiva de entrenamiento en la identificación, la modulación o la modificación de la actividad eléctrica cerebral u ondas mediante *feedback* por medio de estímulos sensoriales visuales o auditivos (Arns et al., 2017; Hampson et al., 2020). Esta actividad eléctrica cerebral se mide a través del electroencefalograma (EEG), el cual procesa señales en bandas de frecuencias denominadas ondas o ritmos conocidas como: Alfa (8-13 Hz), sensoriomotor o *SMR* [siglas en inglés] (12-15 Hz), Beta (13-30 Hz), Theta (4-8 Hz), Delta (0.5-4 Hz) (Mari-Acevedo et al., 2019) y Gamma (10-50 Hz) (Herrmann et al., 2016) cada una ha sido relacionada con diferentes funciones cognitivas, como la memoria (Yeh et al., 2022).

El sustrato neurofisiológico que subyace a la eficacia del NFB es la plasticidad neuronal que implica la capacidad del cerebro para modificar su funcionamiento tras la exposición a un ambiente rico en estímulos, es decir, señales físicas o químicas endógenas y exógenas que le permiten adquirir habilidades y capacidades nuevas mediante la reorganización cortical (Hernández-Muela et al., 2004). Por ejemplo, cambios estructurales en el volumen de la sustancia gris y la conectividad de la sustancia blanca se han encontrado a partir de diferentes formas de entrenamiento de habilidades (Guzmán-Cortés et al., 2015; Justel y Díaz, 2012) e incluso tras la exposición frecuente a entrenamientos con NFB (Sitaram et al., 2016).

La evidencia del funcionamiento y la eficacia del NFB ha llevado a la comunidad científica a usarlo como estrategia para mejorar los síntomas en trastornos del neurodesarrollo, como del espectro autista (Direito et al., 2021; García-Berjillos et al., 2015; Kouijzer et al., 2013), déficit de atención e hi-

peractividad (Geladé et al., 2017; Hasslinger et al., 2022; Lam et al., 2022; Liao et al., 2022; Meisel et al., 2013; Pakdaman et al., 2018; Van Doren et al., 2019); en trastornos psiquiátricos, como la depresión (Hou et al., 2021; Markiewicz, 2017; Mehler et al., 2018; Mennella et al., 2017; Ramírez et al., 2015; Young et al., 2017) y en trastornos neurológicos, como el Parkinson (Azarpaikan et al., 2014; Basta et al., 2011; He et al., 2020; Subramanian et al., 2011; Tinaz et al., 2022).

La onda o ritmo de frecuencia Theta se ha relacionado con la memoria porque estudios en ratas han identificado que aplicar ráfagas de estimulación de 100 Hz en intervalos de 200 ms produce potenciación a largo plazo (PLP) duradera, la cual corresponde con la fase positiva o valle de la onda Theta. La PLP se induce en regiones del hipocampo, como el giro dentado del hipocampo (Cruikshank et al., 2012; Judge y Hasselmo, 2004; Pavlides et al., 1988; Poe et al., 2000) y en la capa CA1 del hipocampo, donde las sinapsis en las dendritas apicales del estrato radiante mostraron PLP cuando se administran tres estímulos de estallido durante la fase positiva del ritmo Theta (Hölscher et al., 1997).

En humanos los estudios entre memoria y ondas Theta son variados, en su mayoría son de tipo clínico en enfermedades neurológicas o psiquiátricas con tratamientos para mejorar esta función cognitiva mediante estimulación eléctrica transcraneal, fármacos y NFB (Del Felice et al., 2019; Zhang et al., 2020; Živanović et al., 2022), pero son pocos los estudios en personas sanas (Chung et al., 2018; Eckart et al., 2014; Pastötter y Bäuml, 2014), en especial con NFB porque no se han desarrollado protocolos estandarizados o semejantes que establezcan un procedimiento para asegurar con éxito su ejecución. Por tanto, el objetivo de esta revisión sistemática es analizar las características metodológicas de los estudios que apuntan al entrenamiento de la memoria con técnicas de NFB por medio de la onda Theta en adultos sanos.

## Metodología

Esta revisión sistemática de la literatura se encuentra registrada en la plataforma PROSPERO con el ID 393955 y se sustenta en la lista de chequeo de la declaración PRISMA 2020 (*Preferred Reporting Items For Systematic Reviews*

*and Meta-analyses*) (Page et al., 2021) y en el Manual Cochrane de revisiones sistemáticas de intervenciones (Higgins y Green, 2011). De acuerdo con la metodología PICO (*Patient or Population, Intervention, Control or Comparison y Outcome*), la población (P) corresponde a adultos  $\geq 21$  años sanos, la intervención (I) es el entrenamiento con NFB usando ondas Theta para estimular la memoria episódica, de trabajo, verbal, visual, espacial y procedimental; se espera comparar (C) el diseño metodológico de los estudios por revisar con protocolos de evaluación y entrenamiento en memoria y ubicación de los electrodos del EEG y como resultado (O) si los protocolos diseñados, el uso del EEG y el entrenamiento en NFB en esta onda son adecuados para mejorar el desempeño de la memoria de los adultos sanos.

### *Criterio de elegibilidad*

Los criterios de inclusión para la selección de los artículos fueron: investigaciones empíricas cuyo diseño sean ensayos clínicos aleatorizados y controlados, diseños experimentales con más de un grupo, publicación de la investigación entre enero de 2000 y diciembre de 2019 y que los participantes sean adultos  $\geq 21$  años sanos, sin diagnóstico clínico, psiquiátrico o neurológico.

### *Fuentes de información y estrategia de búsqueda*

La selección de literatura se realizó consultando las siguientes bases de datos: *Scopus*, *PubMed*, *ScienceDirect* y *ProQuest Central*. La búsqueda incluyó estudios empíricos publicados entre enero de 2000 y diciembre de 2019, en relación con el NFB y la memoria que hayan entrenado la banda de frecuencia Theta. Para lo anterior, se definieron los siguientes términos MeSh: *Neurofeedback* (E02.190.525.123.500), *Memory* (F02.463.425.540), *Theta* (E01.370.376.300.150.937) y *Humans* (B01.050.150.900.649.313.988.400.112.400.400). Se usaron los siguientes operadores booleanos: <“Neurofeedback training” AND Memory AND Theta AND Humans> ajustados a la estrategia de búsqueda de cada base de datos.

### *Selección de los estudios*

Para la selección de los estudios se combinaron los resultados de búsqueda de diferentes bases de datos utilizando el gestor de referencias *Zotero software* libre, los autores (J.L.V-P. y A.R-A) excluyeron los duplicados y los dos jueces (J.F.L-G. y D.L.F-D.) establecieron la siguiente estrategia de filtrado: si el título del artículo contenía al menos 2 de las 3 palabras clave (*neurofeedback*, *memory*, *Theta*), estos eran seleccionados y calificados con puntuación de uno (1), de lo contrario, cero (0). Posteriormente, el coeficiente de acuerdo interobservador fue evaluado bajo los parámetros expuestos por el Coeficiente kappa de Cohen (K) (tabla 1) que mide la concordancia entre dos criterios independientes para variables cualitativas (Landa-Torres et al., 2014). Se realizó otro filtro según los criterios de inclusión en el *abstract*. Una vez seleccionados los artículos, se organizaron las características metodológicas de los estudios en una base de datos en Microsoft Excel® (versión 2018) para su posterior análisis.

**Tabla 1**

*Rangos de Concordancia kappa de Cohen*

Coeficiente kappa	Fuerza de concordancia
0.00	Pobre
0.01-0.20	Leve
0.21-0.40	Aceptable
0.41-0.60	Moderada
0.61-0.80	Considerable
0.81-1.00	Casi perfecta

Representación de la escala frecuentemente utilizada para expresar cualitativamente la fuerza de concordancia entre jueces. Tomado de: Landis y Koch (1997).

## Resultados

### *Selección y características de los estudios*

De acuerdo con lo establecido en el objetivo PICO y en el apartado de resultados según PRISMA 2020 (Page et al., 2021), la estrategia de búsqueda permitió

identificar 576 artículos iniciales, 64 duplicados y eliminados (véase figura 1). A los 512 artículos se les aplicó el Coeficiente kappa de Cohen = 0.8 que indica concordancia casi perfecta entre los jueces respecto a la selección de los artículos (tabla 2), de estos se seleccionaron 68 artículos filtrados a partir del título, *abstract* y criterios de inclusión dando un total inicial de 20 artículos; finalmente, se leyeron completos y se seleccionaron siete que cumplieron con la totalidad de los criterios de inclusión (tabla 3).

**Tabla 2**

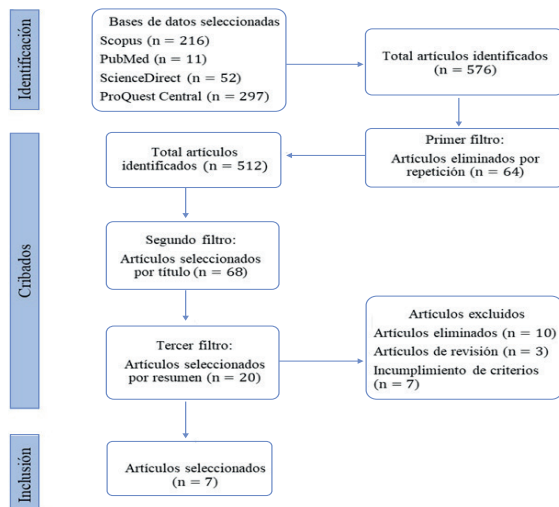
*Grado de acuerdo entre jueces*

Base de datos	K	Error estándar	Grado de acuerdo
PubMed	1.00	0.00	Perfecta
ProQuest	0.91	0.03	Casi perfecta
Science Direct	0.94	0.05	Casi perfecta
Scopus	0.85	0.05	Casi perfecta

Índices de acuerdo entre jueces para cada una de las bases de datos y en el análisis general.  
Abreviatura: K = Coeficiente de kappa de Cohen.

**Figura 1**

*Diagrama de flujo de selección de artículos bajo las fases de depuración por título y resumen*



**Tabla 3**

*Extracción de características metodológicas y resultados de los estudios seleccionados*

#	Autores	M	Muestra		Diseño	Ins	Tareas	Características EEG-NFB				Resultados
			P	Edad ( $\bar{x} \pm DE$ )				FB	Imp	Ses. (min/s)	C-EEG	
1	Vernon et al. (2003)	MT	30 (18 vs. 12)	(22.1 ± 1.77)	Tres grupos control vs. cSMR vs. $\Theta$ pseudoleitonto	1. CPT 2. CST 3. EGG Neurocognitividad bernetics (Encino, CA)	Atención y <i>time2</i> Memoria de trabajo semántica en videojuego	SMR+ $\Theta$ (w)	SD	8 (15 min)	CZ	SMR† sesión 1 a la 5 (0.75-0.86 (f9)) = 3.15, P = 0.012 No ↑ $\Theta$ en medias de la sesión 1 a la 5 (0.78-0.79 mV, P > 0.1) ANOVA: GSMR Tasa de respuesta <i>time1</i> / to <i>time2</i> (75-93.8%) (F = 9.61, P < 0.004)
2	Wang y Hsieh (2013)	MT	32 (22 vs. 10)	[Mayor (M) = 65 ± 3.3 vs. Joven (J) = 21.8 ± 1.0]	Cuatro grupos (MNFB vs. JNFB vs. MSham NFB vs. JSham NFB) Aleatorizados	1. ANT 2. SRT 3. MMSE 4. BDI-II 5. EGG Neuroscan Q-cap AgCl-32 electrode cap	Videojuego 1. NFB: ¡el sonido por encima de Theta 2. Sham debía ↑ el sonido, pero sin conocer la onda	Fm $\Theta$ (w)	↓5k	12	FP1, FP2, F7, F3, FZ, F4, F8, FT7, FC3, FCZ, FC4, FT8, T7, C3, CZ, C4, T8, TP7, CP3, CPZ, CP4, TP8, P7, P3, PZ, P4, P8, O1, OZ, O2	ANOVA: Efecto de la edad y en la SRT [F(1,28) = 51.02, p = .00] No en GNFB ANOVA: INTERACCIÓN SIGNIFICATIVA DE EDAD, FASE, GNFB Y ORIENTACIÓN [F(1,28) = 4.65 p = .04] ANOVA: EFECTOS PRINCIPALES DE EDAD [F(1,28) = 27.05, p = .00], FASE [F(1,28) = 5.24, p = 0.05] Y CARGA DE MEMORIA [F(1,28) = 25.15, p = .00] ANOVA: Efectos significativos de GNFB [F(1,28) = 57.07, p = .00] y Sesión [F(5,25;146,89) = 15.60, p = .00]
3	Emr-quez-Gepert et al. (2014)	MT	40 (19 vs. 21)	(23.8 ± 2.7 vs. 25.8 ± 3.8)	Dos grupos (control vs. experimental GNFB) Seudoleitonzados	1. EFs 2. Brain Amp EEG Gamplifier	Interfaz EGG + Efs	Fm $\Theta$ (V)	↓5k $\Omega$	8 (30 min)	FP1, FP2, Fz, FC1, FC2, FCZ y Cz	GNFB cambian Fm $\Theta$ [F(4,346,39) = 6.487, $\epsilon$ = 0.724, p < 0.001] MT en GNFB (t38) = 1.786; p < 0.05)
4	Reimer et al. (2014)	MM	38 (12 vs. 12)	25-35	Tres grupos (control GNFB $\beta$ vs. experimental GNFB $\Theta$ vs. control) Intra sujeto	1. FFT 2. Deymed TunScan 32 EGG system	NFB 10 rondas de 3 min FTT - Finger Tapping Task	$\beta\Theta$ (V)	↓5k $\Omega$	1 (45 min)	Pz	ANOVA: No hay diferencias entre grupos 1° [F(2,31) = 0.05, n. s.] y 2° test [F(2,21) = 0.1; n. s.] ↑ GNFB $\Theta$ inmediatamente después del entrenamiento [F(2,31) = 13.2, p < 0.001] 2 noches después se mantiene el entrenamiento en GNFB $\Theta$ [F(2,31) = 4.9; p < 0.01]





### *Consistencia metodológica y eficacia de los estudios*

Características generales de la distribución por grupos. Los siete estudios seleccionados cumplen con el grupo experimental expuesto al entrenamiento y las actividades diseñadas para evaluar el desempeño en tareas de memoria en bandas Theta (tabla 3), incluso algunos utilizan otras ondas, como Beta (Reiner et al., 2014) y SMR (Vernon et al., 2003) para el *feedback*. El grupo control de los estudios fue variado, algunos no exponían a los participantes a ningún tipo de *feedback* (Reiner et al., 2014; Rozengurt et al., 2017), otros utilizaron protocolos de estimulación cognitiva (Reis et al., 2016) e incluso trabajaron con ondas Beta baja como controles activos (Rozengurt et al., 2017). Finalmente, el grupo *sham* que es un entrenamiento placebo mantiene las mismas características del protocolo exceptuando el *feedback* y solo tres estudios tuvieron este grupo (Enríquez-Geppert et al., 2014; Wang y Hsieh, 2013, y Reis et al., 2016).

Entrenamiento: Protocolo, *feedback* y duración. Los entrenamientos de una sola banda tenían como objetivo cambiar la relación de las amplitudes de las bandas estudiadas es el caso de los estudios de Enríquez-Geppert et al. (2014) y Wang y Hsieh (2013) quienes señalan que el *feedback* positivo era recibido por parte de los participantes cuando estos lograban aumentar la amplitud de la banda Theta. Mientras que estudios que utilizaron protocolos multibanda, como el de Rozengurt et al. (2017), presentan disminución en la relación Theta/Beta↓ con mejor rendimiento en el grupo Theta; por su parte, Vernon et al. (2003) aumentan SMR, pero no Theta (véase tabla 3).

Para la presentación del *feedback*, como se observa en la tabla 3, cinco de siete artículos (Enríquez-Geppert et al., 2014; Reiner et al., 2014; Reis et al., 2016; Rozengurt et al., 2017, y Wang y Hsieh, 2013) presentan clara tendencia a la presentación de estímulos de carácter visual, seguido por la combinación de canales sensoriales, auditivo y visual. Finalmente, no se evidencia consenso en la cantidad de sesiones implementadas para la ejecución efectiva del entrenamiento, estas oscilan entre 1 sesión de 45 minutos, hasta 12 sesiones de 15 a 30 minutos en periodos de hasta 4 semanas.

Instrumentos de registro (ubicación, cantidad e impedancia de los electrodos) y entrenamiento con NFB en memoria. En los siete estudios analiza-

dos (tabla 3), no se encontró consistencia en la cantidad de electrodos implementados tanto para el registro del EEG como para el *feedback*, pero todos utilizaron el Sistema Internacional 10-20 para la postura de electrodos en el cuero cabelludo, siendo el lóbulo de la oreja la ubicación más común para el electrodo de referencia. En cuanto a la memoria, los siete estudios evaluaron y estimularon diferentes tipos de memoria, entre ellas memoria de trabajo, memoria episódica y memoria motora.

Los resultados de MT de los cuatro estudios seleccionados (Enríquez-Geppert et al., 2014; Reis et al., 2016; Wang y Hsieh., 2013; Vernon et al., 2003;) presentan diferentes resultados. En el estudio de Vernon et al. (2003) solo utilizan un electrodo y encontraron cambios en Theta solo en 5 de 8 sesiones de entrenamiento, mientras que sí hubo cambios significativos en SMR. En cuanto al trabajo de Wang y Hsieh (2013) y de Enríquez-Geppert et al. (2014), difieren en cantidad de electrodos para el registro, pero se identifican cambios significativos en la amplitud de Theta a lo largo de las sesiones de entrenamiento; el grupo de NFB presenta mejor rendimiento que los adultos en MT. Finalmente, Reis et al. (2016) identifican aumento en MT cuando se ha expuesto a NFB, mas no cuando se integra con estimulación cognitiva y la banda que sí presentó cambios significativos fue Alfa y no Theta, en especial cuando se estimula otro proceso cognitivo como la atención.

Con relación a los resultados obtenidos en MM, el efecto del NFB sobre la consolidación de información de carácter motor, se compararon los estudios de Reiner et al. (2014) y Reiner et al. (2018), en este último se mantiene la cantidad y la ubicación de electrodos, con el diseño de electrodo único, adoptan recomendaciones del primer ensayo, como aumentar el número de sesiones del entrenamiento con NFB y en tareas motoras y seguimiento 24, 48 h y 1 semana después, estos cambios permiten resultados de mejor desempeño en MM para el grupo NFB Theta, incluso, con el seguimiento en tiempo señalan que el sueño favorece la consolidación de la tarea motora.

Respecto a la ME, el estudio de Rozengurt et al. (2017) plantea que el aumento de la potencia Theta durante las primeras etapas de consolidación podría beneficiar la estabilidad y la persistencia de la memoria, por esto incluyó la ubicación de 19 electrodos en diversas áreas de la corteza cerebral, con

Fz como electrodo activo. Hacen seguimiento al recuerdo libre 5 min hasta 1 semana después del entrenamiento y sus resultados indican que el grupo NFB con Theta presentan mejor recuerdo libre, incluso una semana después del entrenamiento.

Finalmente, un elemento importante en los estudios con EEG es la impedancia; esta representa la resistencia en el paso de la corriente eléctrica hasta el electrodo de registro medida en kilohmios ( $k\Omega$ ), por tanto, se recomiendan valores inferiores a 5  $k\Omega$ , porque asegura que la piel no ocasione diferencias significativas en los valores de registro de cada electrodo (Górecka y Makiewicz, 2019). De los siete estudios se usaron impedancias inferiores a la recomendada, solo dos no reportaron esta información (Vernon et al., 2003; Reis et al., 2016).

## Discusión

La revisión sistemática tiene como objetivo explorar, evaluar y sintetizar la evidencia científica sobre la efectividad de las intervenciones (Fernández-Sánchez et al., 2020), razón por la cual el presente estudio tuvo como objetivo analizar las características metodológicas de los estudios que apuntan al entrenamiento de la memoria con técnicas de NFB por medio de la onda Theta en adultos sanos. Teniendo en cuenta que la memoria es un proceso cognitivo complejo que codifica, consolida y recupera los aprendizajes adquiridos, se ha estudiado desde 1885 (Orrego-Cardozo y Tamayo-Alzate, 2016) no solo para comprender su función, sino su entrenamiento.

Por lo anterior, técnicas, como el NFB en banda Theta, se han usado en diferentes tipos de memoria en población clínica neurológica o psiquiátrica (Del Felice et al., 2019; Zhang et al., 2020; Živanović et al., 2022) con mayor impacto en niños que en adultos (García-Berjillos et al., 2015; Ramírez et al., 2015; Van Doren et al., 2019). Por ejemplo, al buscar NFB-TDAH en las mismas bases de datos e intervalos de tiempo de esta revisión, se encuentran 8137 documentos, 14 veces más que en la búsqueda realizada bajo la relación NFB-Theta-memoria y como se evidenció en esta revisión de 576 artículos seleccionados solo siete (Enríquez-Geppert et al., 2014, Reiner et al., 2014,

2018; Reis et al., 2016; Rozengurt et al., 2017; Vernon et al., 2003; Wang et al., 2013) han utilizado el NFB en Theta para población adulta sana que también se beneficia de la estimulación, previniendo el envejecimiento patológico (Duque et al., 2022; Jang et al., 2019).

Teniendo en cuenta la importancia de realizar intervenciones basadas en la evidencia, los elementos metodológicos, como la asignación de grupos, los instrumentos utilizados, el diseño y el procedimiento, permiten identificar la calidad y la rigurosidad con que fueron desarrollados los estudios seleccionados en esta revisión. Se puede identificar que la asignación aleatorizada (Reiner et al., 2018; Reis et al., 2016; Rozengurt et al. 2017; Wang y Hsieh, 2013) o pseudoaleatorizada (Enríquez-Geppert et al., 2014; Vernon et al., 2003) de los grupos NFB, control o *sham* concuerda con los parámetros establecidos en los ensayos aleatorios con placebo, aumentando el valor de los resultados del estudio (Lazcano-Ponce et al, 2004). Por otro lado, no se evidencia en los siete estudios seleccionados diseños probabilísticos con muestras aleatorizadas, estratificadas o proporcionales, por tanto, no se puede establecer relaciones de causa-efecto (Argibay, 2009; Lazcano-Ponce et al, 2004; Zurita-Cruz et al., 2018) en ninguno de ellos, pero sí las diferencias entre grupos y las correlaciones presentadas; en todos los estudios coinciden en que la memoria de adultos sanos se beneficia usando NFB en banda Theta.

Continuando con el análisis de las características metodológicas los instrumentos utilizados en los siete estudios, tanto para evaluar memoria como para entrenarla, correspondían a *evaluaciones dinámicas*, donde el sujeto se enfrenta a uno o más ítems como en pruebas estandarizadas, pero la puntuación indica un resultado de una intervención (Sandoval-Oviedo, 2009).

Las tareas implementadas por los autores para valorar *memoria de trabajo* debían tener en cuenta los 3 subsistemas: el bucle fonológico, la agenda visoespacial y el ejecutivo central (Pelegrina et al., 2016); los autores de los artículos seleccionados utilizan instrumentos como el *span task* (Vernon, 2003), la *tarea de reconocimiento de Sternberg* (Wang y Hsieh, 2013), el *three back task* (Enríquez-Geppert, 2014) y *Corsi Back Tapping Task* y el *n-Back Task* (Reis, 2016), ampliamente utilizados para medir esta función en alguno de los 3 subsistemas (Mejía-Orduz y Pineda-Garzón, 2008).

En cuanto a la ubicación de los electrodos, si bien difiere entre los estudios seleccionados, coinciden en las áreas frontales mediales (Fp1, Fp2, Fz) con Fz como electrodo activo, esto permite analizar las frecuencias de onda conceptualizadas como *ritmo Theta de la línea frontal media* (Fm $\theta$ ), un tren de ondas Theta focales que oscilan entre los 5 y los 7 Hz cuya aparición se relaciona con actividades de rendimiento cognitivo y MT como subproceso de las funciones ejecutivas (Ishii, et al., 2014; Maurer, et al., 2014). Esto podría explicar los cambios significativos en la amplitud de Theta a lo largo de las sesiones de entrenamiento de estos estudios de Wang y Hsieh (2013) y Enríquez-Geppert et al. (2014), exceptuando el de Reis et al. (2016), que no encontró aumento estadísticamente significativo.

Un panorama diferente se evidenció al analizar la actividad implementada por Reiner et al. (2014 y 2018), para valorar el desempeño en la *memoria motriz*, ya que el *Finger Tapping Test* (FTT), desarrollado originalmente como parte de la batería Halstead Reitan, brinda una medida simple de la velocidad y del control motor (Hernández-Mendo et al., 2011). Aunque actualmente no se encuentran estudios que hayan validado su uso para valorar el desempeño de este tipo de memoria, algunas investigaciones, como la de Cellini (2017) y Reiner et al. (2014, 2018), han modificado deliberadamente el protocolo original para ajustarlo, aumentando la carga de memoria para dar cuenta del proceso mnémico-motriz, el problema es que son adaptaciones que no están validadas ni estandarizadas para medir el desempeño de esta función.

Con respecto a la ubicación de electrodos, mantienen el diseño de electrodo único porque, según ellos, es suficiente para encontrar resultados óptimos en habilidades microquirúrgicas de desempeño artístico y de danza, que mejoran al entrenar la relación Theta/Alpha con un electrodo en el lóbulo parietal (Pz) (Reiner et al, 2014). Barnea et al. (2005), Gruzelier et al. (2006), Gruzelier (2009), Hammond (2007) y Keizer et al. (2010) sí explican, en su mayoría, el uso de un solo electrodo —y lo justifican—, pero no mencionan que el registro haya sido efectivo en Pz, ni tampoco son concluyentes respecto a su relación con Theta; incluso, estudios citados allí mismo relacionan esta ubicación con la aparición de actividad Beta y sugieren hacer un aumento significativo en la cantidad de electrodos ubicados en

el cuero cabelludo para obtener resultados exhaustivos a partir de un mapeo cerebral más completo.

Para estimar el grado de desempeño en *memoria episódica*, Rozengurt et al. (2017) presentaron a los participantes varias veces un conjunto de 30 imágenes de objetos, después de los ensayos les solicitó recordarlas de forma libre e inmediata 5 min, 24 h y 1 semana después. Sin embargo, esta forma de medición ha sido discutida a la luz de la literatura; según Portellano (2005) y Vivas (2010), la memoria episódica permite recordar sucesos de la vida personal, familiar y social y se han usado listas de palabras para medir esta memoria; sin embargo, la tarea no contiene un contexto espacio-temporal, por tanto, la prueba implementada por Rozengurt et al., (2017) presenta contenido para medir la memoria libre de contexto o curvas de aprendizaje verbal que permiten conocer procesos de codificación, consolidación y recuperación verbal (Tirapu-Ustárrroz y Grandi, 2016).

Teniendo en cuenta lo anterior, Hsieh y Ranganath (2014) describen la actividad Theta, registrada por medio de Fz o Fm $\theta$ , en la memoria episódica de eventos evaluados incluso una semana después de ser codificados, los autores mencionan que hay una activación de la red frontoparietaldorsal en banda Theta alta que responde activamente cuando los participantes reviven eventos del pasado, representados en imágenes fotográficas, adicionalmente también se ha encontrado que esta respuesta cortical es coordinada también por el hipocampo y mediante oscilaciones theta pueden iniciar una comunicación recíproca de largo alcance con oscilaciones gamma neocorticales impulsadas por el recuerdo autobiográfico (Roehri et al., 2022).

### *Limitaciones*

El auge que ha tenido el NFB en las últimas décadas como técnica de entrenamiento ha sido de gran importancia; sin embargo, pocos estudios dan cuenta de las contraindicaciones que este puede suscitar, en especial cuando se trabaja con grupo *sham* NFB (entrenamiento falso o placebo). Algunos autores declaran que no es ético exponer a una simulación de tratamiento a un grupo de sujetos que no obtendrán beneficios reales de ello (Hammond,

2011); primero, porque podría generar deterioros en los procesos al hacer uso inadecuado de esta herramienta (Rogala et al., 2016) e incluso producir dolor de cabeza, ansiedad y fatiga (Fajardo y Guzmán, 2016) y, segundo, porque no se le informa de manera explícita al participante su condición en el estudio. Aunque una alternativa tentadora para responder a estas demandas éticas sería someter al participante del grupo *sham* a la intervención que sí le beneficiaría, ninguno de los estudios seleccionados implementó este diseño o reportan sobre el estado o medidas tomadas para esta problemática, lo cual representa una limitación, sin mencionar que los seguimientos a largo plazo para valorar la permanencia de los efectos después del NFB son inexistentes en la mayoría de los casos.

Otra de las limitaciones corresponde a la selección de los artículos; como se mencionó, la técnica de NFB en banda Theta se ha usado en diferentes estudios para estimular la memoria, pero en población clínica y en niños en su mayoría; estos resultados generaron dificultades para la selección de los documentos al aplicar la metodología PICO junto a los criterios de elegibilidad, dando como resultado la selección de siete estudios para analizar de 576 identificados. Finalmente, una variable que no se contempló, porque solo uno, el de Rozengurt et al. (2017), contempla un correlato neuroanatómico funcional para la memoria episódica ubicado en la corteza frontal medial (Fz).

## Conclusión

A lo largo de esta revisión se han podido resaltar las ventajas que suponen los entrenamientos con NFB para mejorar el desempeño en tareas de memoria, esta herramienta cada vez más utilizada en diferentes contextos, entre ellos el clínico, supone una alternativa a los procesos de estimulación cognitiva que se abordan con diferentes poblaciones, los adultos sin ningún tipo de patología. El valor de este estudio está en que prácticas basadas en la evidencia realizadas por profesionales de la salud, educativos e investigadores se hagan teniendo en cuenta no solo los resultados, sino los diseños experimentales, que estos sean consistentes o, al menos, susceptibles de ser replicados, manteniendo el cuidado de quienes participen de estos.

El NFB no es una técnica que en sí misma genere cambios fisiológicos, esta requiere el trabajo interdisciplinario porque la construcción de conocimiento basada en la comunicación y la interacción dinámica entre los miembros de diferentes disciplinas permite el abordaje integral para el desarrollo humano (Rosales-Amaris, 1999). Esta integración epistemológica y disciplinaria se puede reconocer en la mayoría de las producciones científicas, no solo respecto al uso del NFB, sino también en otros ámbitos investigativos, lo que refleja un rechazo indirecto a las posturas científicas históricamente destacadas (López, 2014) y un avance en la construcción colectiva de conocimientos.

## Referencias

- Argibay, J. (2009). Muestra en investigación cuantitativa. *Subjetividad y Procesos Cognitivos*, 13(1), 13-29. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=3396/339630252001>
- Arns, M., Batail, J. M., Bioulac, S., Congedo, M., Daudet, C., Drapier, D., Fovet, T., Jardri, R., Le-Van-Quyen, M., Lotte, F., Mehler, D., Micoulaud-Franchi, J.-A., Purper-Ouakil, D., Vialatte, F. y The NExT group (2017). Neurofeedback: One of today's techniques in psychiatry? *L'encephale*, 43(2), 135-145. <https://doi.org/10.1016/j.encep.2016.11.003>
- Azarpaikan, A., Torbati, H. T. y Sohrabi, M. (2014). Neurofeedback and physical balance in Parkinson's patients. *Gait & Posture*, 40(1), 177-181. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2014.03.179>
- Basta, D., Rossi-Izquierdo, M., Soto-Varela, A., Greters, M. E., Bittar, R. S., Steinhagen-Thiessen, E., Eckardt, R., Harada, T., Goto, F., Ogawa, K y Ernst, A. (2011). Efficacy of a vibrotactile neurofeedback training in stance and gait conditions for the treatment of balance deficits: a double-blind, placebo-controlled multicenter study. *Otology & Neurotology*, 32(9), 1492-1499. <https://doi.org/10.1097/mao.0b013e31823827ec>
- Barnea, A., Rassis, A. y Zaidel, E. (2005). Effect of neurofeedback on hemispheric word recognition. *Brain and Cognition*, 59(3), 314-321. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2004.05.008>
- Bocanegra-Pérez, Á. J., Velásquez-Pérez, J. L., Martínez-Díaz, L. V., Cárdenas-Poveda, C., Rizo-Arévalo, A. y López, J. M. L. (2020). Music-based neurofeedback system for stress regulation and memory stimulation. In 16th International Symposium on Medical Information Processing and Analysis. *SPIE* (11583), 258-271. <https://doi.org/10.1117/12.2576711>



- Cellini, N. (2017). Memory consolidation in sleep disorders. *Sleep Medicine Reviews*, 35, 101-112. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2016.09.003>
- Cruikshank, L. C., Singhal, A., Hueppelsheuser, M. y Caplan, J. B. (2012). Theta oscillations reflect a putative neural mechanism for human sensorimotor integration. *Journal of Neurophysiology*, 107(1), 65-77. <https://doi.org/10.1152/jn.00893.2010>
- Chung, S. W., Rogasch, N. C., Hoy, K. E. y Fitzgerald, P. B. (2018). The effect of single and repeated prefrontal intermittent theta burst stimulation on cortical reactivity and working memory. *Brain Stimulation*, 11(3), 566-574. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2018.01.002>
- Del Felice, A., Castiglia, L., Formaggio, E., Cattelan, M., Scarpa, B., Manganotti, P., Tenconi, E. y Masiero, S. (2019). Personalized transcranial alternating current stimulation (tACS) and physical therapy to treat motor and cognitive symptoms in Parkinson's disease: A randomized cross-over trial. *Neuroimage: Clinical*, 22, 101768. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2019.101768>
- Direito, B., Mougá, S., Sayal, A., Simões, M., Quental, H., Bernardino, I., Playle, R., McNamara, R., Linden, D. E., Oliveira, G. y Castelo Branco, M. (2021). Training the social brain: Clinical and neural effects of an 8-week real-time functional magnetic resonance imaging neurofeedback Phase IIa Clinical Trial in Autism. *Autism: The International Journal of Research and Practice*, 25(6), 1746-1760. <https://doi.org/10.1177/13623613211002052>
- Duque, P. A., Ramírez, D. H. y Trujillo, O. M. H. (2022). Efectividad de un programa de estimulación cognitivas en la prevención del deterioro mental en los adultos mayores: estimulación cognitiva en adultos mayores. *Archivos de Medicina (Manizales)*, 22(1). <https://doi.org/10.30554/archmed.22.1.3979.2022>
- Eckart, C., Fuentemilla, L., Bauch, E. M. y Bunzeck, N. (2014). Dopaminergic stimulation facilitates working memory and differentially affects prefrontal low theta oscillations. *Neuroimage*, 94, 185-192. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2014.03.011>
- Enríquez-Geppert, S., Huster, R. J., Figge, C. y Herrmann, C. S. (2014). Self-regulation of frontal-midline Theta facilitates memory updating and mental set shifting. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 8, 1-13. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2014.00420>
- Fajardo, A. y Guzmán, A. L. (2016). Neurofeedback, aplicaciones y eficacia. *Interdisciplinaria*, 33(1), 81-93. <https://www.redalyc.org/pdf/180/18049204005.pdf>
- Fernández-Sánchez, H., King, K. y Enríquez-Hernández, C. B. (2020). Revisión sistemática exploratoria como metodología para la síntesis del conocimiento

- científico. *Enfermería Universitaria*, 17(1), 87-94. <https://doi.org/10.22201/eneo.23958421e.2020.1.697>
- García-Berjillos., E., Aliño, M., Gadea, M., Espert, R. y Salvador, A. (2015). Eficacia del neurofeedback para el tratamiento de los trastornos del espectro autista: Una revisión sistemática. *Revista de Psicopatología y Psicología Clínica*, 20, 151-163. <https://doi.org/10.5944/rppc.vol.20.num.2.2015.15169>
- Geladé, K., Bink, M., Janssen, T. W., van Mourik, R., Maras, A. y Oosterlaan, J. (2017). An RCT into the effects of neurofeedback on neurocognitive functioning compared to stimulant medication and physical activity in children with ADHD. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 26(4), 457-468. <https://doi.org/10.1007/s00787-016-0902-x>
- Górecka, J. y Makiewicz, P. (2019). The Dependence of Electrode Impedance on the Number of Performed EEG Examinations. *Sensors*, 19(11), 1-12. <https://doi.org/10.3390/s19112608>
- Gruzelier, J., Egner, T. y Vernon, D. (2006). Validating the efficacy of neurofeedback for optimising performance. *Prog Brain Res*, 159, 421-431. [https://doi.org/10.1016/s0079-6123\(06\)59027-2](https://doi.org/10.1016/s0079-6123(06)59027-2)
- Gruzelier, J. (2009). A theory of alpha/Theta neurofeedback, creative performance enhancement, long distance functional connectivity and psychological integration. *Cognitive Processing*, 10, Suppl 1. S101-9. <https://doi.org/10.1007/s10339-008-0248-5>
- Guzmán-Cortés, J. A.; Villalva-Sánchez, A. F. y Bernal, J. (2015). Cambios en la estructura y función cerebral asociados al entrenamiento aeróbico a lo largo de la vida. Una revisión teórica. *Anuario de Psicología*, 45(2), 203-217. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=97044007005>
- Hammond, D. C. (2007). What Is Neurofeedback? *Journal of Neurotherapy*, 10(4), 25-36. [https://doi.org/10.1300/J184v10n04\\_04](https://doi.org/10.1300/J184v10n04_04)
- Hammond, D. C. (2011). What is Neurofeedback: An Update. *Journal of Neurotherapy*, 15(4), 305-336. <https://doi.org/10.1080/10874208.2011.623090>
- Hampson, M., Ruiz, S. y Ushiba, J. (2020). Neurofeedback. *Neuroimage*, 218, 116473. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.116473>
- Hasslinger, J., Bölte, S. y Jonsson, U. (2022). Slow Cortical Potential Versus Live Z-score Neurofeedback in Children and Adolescents with ADHD: A Multi-arm Pragmatic Randomized Controlled Trial with Active and Passive Comparators. *Research on Child and Adolescent Psychopathology*, 50(4), 447-462. <https://doi.org/10.1007/s10802-021-00858-1>

- He, S., Everest-Phillips, C., Clouter, A., Brown, P. y Tan, H. (2020). Neurofeedback-Linked Suppression of Cortical  $\beta$  Bursts Speeds Up Movement Initiation in Healthy Motor Control: A Double-Blind Sham-Controlled Study. *The Journal of Neuroscience: the Official Journal of the Society for Neuroscience*, 40(20), 4021-4032. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0208-20.2020>
- Herrmann, C. S., Strüber, D., Helfrich, R. F. y Engel, A. K. (2016). EEG oscillations: from correlation to causality. *International Journal of Psychophysiology*, 103, 12-21. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2015.02.003>
- Hernández-Mendo, A., Morales-Sánchez, A. y García-Morales, V. (2011). Finger Taping Test. Precisión del diseño de medidas entre muestras de deportistas de élite y no deportistas. *Cuadernos de Psicólogos del Deporte*, 11(1), 29-43. [https://www.researchgate.net/publication/220036951\\_Finger\\_Tapping\\_Test\\_Precision\\_del\\_diseño\\_de\\_medida\\_entre\\_muestras\\_de\\_deportistas\\_de\\_elite\\_y\\_no\\_Deportistas](https://www.researchgate.net/publication/220036951_Finger_Tapping_Test_Precision_del_diseño_de_medida_entre_muestras_de_deportistas_de_elite_y_no_Deportistas)
- Hernández-Muela, S., Mulas, F. y Mattos, L. (2004). Plasticidad neuronal funcional. *Revista de Neurología*, 38(1), 558-568. <http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-equino/plasticidad2.pdf>
- Higgins J. P. T. y Green S. (eds.) (2011). *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions Version 5.1.0* [updated March 2011]. The Cochrane Collaboration, <https://handbook-5-1.cochrane.org/>
- Hou, Y., Zhang, S., Li, N., Huang, Z., Wang, L. y Wang, Y. (2021). Neurofeedback training improves anxiety trait and depressive symptom in GAD. *Brain and Behavior*, 11(3), 1-8 <https://doi.org/10.1002/brb3.2024>
- Hölscher, C., Anwyl, R. y Rowan, M. J. (1997). Stimulation on the Positive Phase of Hippocampal Theta Rhythm Induces Long-Term Potentiation That Can Be Depotentiated by Stimulation on the Negative Phase in Area CA1 In Vivo. *The Journal of Neuroscience*, 17(16), 6470-6477. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.17-16-06470.1997>
- Hsieh, L.-T. y Ranganath, C. (2014). Frontal midline Theta oscillations during working memory maintenance and episodic encoding and retrieval. *Neuroimage*, 85, 721-729. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.08.003>
- Ishii, R., Canuet, L., Ishihara, T., Aoki, Y., Ikeda, S., Hata, M., Katsimichas, T, Gunji, A., Takahashi, H., Takayuki, N., Iwase, M. y Takeda, M. (2014). Frontal midline Theta rhythm and gamma power changes during focused attention on mental calculation: an MEG beamformer analysis. *Frontiers in Human Neuroscience*, 406, 1-10. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00406>

- Jang, J. H., Kim, J., Park, G., Kim, H., Jung, E. S., Cha, J. Y., Kim, C. Y., Kim, S., Lee, J. H. y Yoo, H. (2019). Beta wave enhancement neurofeedback improves cognitive functions in patients with mild cognitive impairment: A preliminary pilot study. *Medicine*, 98(50), e18357. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000018357>
- Justel, N. y Díaz, V. (2012). Plasticidad cerebral: participación del entrenamiento musical. *Suma Psicológica*, 19(2), 97-108. <http://www.scielo.org.co/pdf/sumps/v19n2/v19n2a08.pdf>
- Judge, S. J. y Hasselmo, M. E. (2004). Theta rhythmic stimulation of stratum lacunosum-moleculare in rat hippocampus contributes to associative LTP at a phase offset in stratum radiatum. *Journal of Neurophysiology*, 92(3), 1615-1624. <https://doi.org/10.1152/jn.00848.2003>
- Keizer, A., Verment, R. y Hommel, B. (2010). Enhancing cognitive control through neurofeedback: A role of gamma-band activity in managing episodic retrieval. *Neuroimage*, 49(4), 3404-3413. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.11.023>
- Kouijzer, M. E., Van Schie, H. T., Gerrits, B. J., Buitelaar, J. K. y de Moor, J. M. (2013). Is EEG-biofeedback an effective treatment in autism spectrum disorders? A randomized controlled trial. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 38(1), 17-28. <https://doi.org/10.1007/s10484-012-9204-3>
- Lam, S. L., Criaud, M., Lukito, S., Westwood, S. J., Agbedjro, D., Kowalczyk, O. S., Curran, S., Barret, N., Abbott, C., Liang, H., Simonoff, E., Barker, G. J., Giampietro, V. y Rubia, K. (2022). Double-Blind, Sham-Controlled Randomized Trial Testing the Efficacy of fMRI Neurofeedback on Clinical and Cognitive Measures in Children With ADHD. *The American Journal of Psychiatry*, 179(12), 947-958. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.21100999>
- Landa-Torres, F., Cruz-Ramírez, N., Coria-Ávila, G., Rebolledo-Méndez, G. y Hernández-González, S. (2014). *El Índice Kappa de Cohen como Herramienta para la Reducción de Ruido de Información Cerebral en la Identificación de Niveles de Valencia*. XXIX Foro Internacional de Estadística. Puebla, México. [https://www.researchgate.net/publication/326316956\\_El\\_Indice\\_Kappa\\_de\\_Cohen\\_como\\_Herramienta\\_para\\_la\\_Reducion\\_de\\_Ruido\\_de\\_Informacion\\_Cerebral\\_en\\_la\\_Identificacion\\_de\\_Niveles\\_de\\_Valencia/citation/download](https://www.researchgate.net/publication/326316956_El_Indice_Kappa_de_Cohen_como_Herramienta_para_la_Reducion_de_Ruido_de_Informacion_Cerebral_en_la_Identificacion_de_Niveles_de_Valencia/citation/download)
- Landis, J. y Koch, G. (1997). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33(1), 159-74. <https://doi.org/10.2307/2529310>
- Lazcano-Ponce, E., Salazar-Martínez, E., Gutiérrez-Castrellón, P., Ángeles-Llerenas, A., Hernández-Garduño, A. y Viramontes, A. (2004). Ensayos clínicos

- aleatorizados: variantes, métodos de aleatorización, análisis, consideraciones éticas y regulación. *Salud Pública de México*, 46(6), 559-584. <https://www.scielosp.org/pdf/spml/2004.v46n6/559-584/es>
- Liao, Y. C., Guo, N. W., Su, B. Y., Chen, S. J. y Tsai, H. F. (2022). Effects of Twenty Hours of Neurofeedback-Based Neuropsychotherapy on the Executive Functions and Achievements among ADHD Children. *Clinical EEG and Neuroscience*, 53(5), 387-398. <https://doi.org/10.1177/15500594221101693>
- López Alzate, M. A. (2014). Fragmentación entre ciencia y humanismo en la universidad contemporánea. *Hallazgos*, 11(22), 329-357. <https://www.redalyc.org/comocitar.oi?id=413834075017>
- Mari-Acevedo, J., Yelvington, K. y Tatum, W. O. (2019). Normal EEG variants. *Handbook of Clinical Neurology*, 160, 143-160. <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-64032-1.00009-6>
- Markiewicz, R. (2017). The use of EEG Biofeedback/Neurofeedback in psychiatric rehabilitation. *Psychiatria Polska*, 51(6), 1095-1106. <https://doi.org/10.12740/pp/68919>
- Maurer, U., Brem, S., Liechti, M., Maurizio, S., Michels, L. y Brandeis, D. (2014). Frontal Midline Theta Reflects Individual Task Performance in a Working Memory Task. *Brain Topography*, 28(1), 127-134. <https://doi.org/10.1007/s10548-014-0361-y>
- Meisel, V., Servera, M., García-Banda, G., Cardo, E. y Moreno, I. (2013). Neurofeedback and standard pharmacological intervention in ADHD: a randomized controlled trial with six-month follow-up. *Biological Psychology*, 94(1), 12-21. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2013.04.015>
- Mejía-Orduz, M. y Pineda-Garzón, G. (2008). *Evaluación de la memoria de trabajo visual a través de la prueba Memonum en personas* [monografía de grado, Universidad Pontificia Bolivariana, Floridablanca]. <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/401>
- Mennella, R., Patron, E. y Palomba, D. (2017). Frontal alpha asymmetry neurofeedback for the reduction of negative affect and anxiety. *Behaviour Research and Therapy*, 92, 32-40. <https://doi.org/10.1016/j.brat.2017.02.002>
- Mehler, D. M. A., Sokunbi, M. O., Habes, I., Barawi, K., Subramanian, L., Range, M., Evans, J., Hood, K., Lührs, M., Keedwell, P., Goebel, R. y Linden, D. E. J. (2018). Targeting the affective brain-a randomized controlled trial of real-time fMRI neurofeedback in patients with depression. *Neuropsychopharmacology*:

- Official Publication of the American College of Neuropsychopharmacology*, 43(13), 2578-2585. <https://doi.org/10.1038/s41386-018-0126-5>
- Orrego-Cardozo, M. O. y Tamayo-Alzate, O. E. T. (2016). Bases moleculares de la memoria y su relación con el aprendizaje. *Archivos de Medicina (Manizales)*, 16(2), 467-484. <https://doi.org/10.30554/archmed.16.2.1724.2016>
- Pastötter, B. y Bäuml, K. T. (2014). Distinct slow and fast cortical theta dynamics in episodic memory retrieval. *Neuroimage*, 94, 155-161. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2014.03.002>
- Pakdaman, F., Irani, F., Tajikzadeh, F. y Jabalkandi, S. A. (2018). The efficacy of Ritalin in ADHD children under neurofeedback training. *Neurological Sciences: Official Journal of the Italian Neurological Society and of the Italian Society of Clinical Neurophysiology*, 39(12), 2071-2078. <https://doi.org/10.1007/s10072-018-3539-3>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ (Clinical Research ed.)*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Pavlidis, C., Greenstein, Y. J., Grudman, M. y Winson, J. (1988). Long-term potentiation in the dentate gyrus is induced preferentially on the positive phase of theta-rhythm. *Brain Research*, 439(1-2), 383-387. [https://doi.org/10.1016/0006-8993\(88\)91499-0](https://doi.org/10.1016/0006-8993(88)91499-0)
- Pelegrina, S., Lechuga, M., Castellanos, M. y Elosua, M. (2016). Capítulo 8: Memoria de trabajo. En: A. Acosta Mesas, C. Gómez Ariza, P. Tudela Garmendia, M. Bajo Molina (Ed.). *Mente y cerebro. De la psicología experimental a la neurociencia cognitiva* (pp. 237-262). Alianza Editorial. [https://www.researchgate.net/publication/299537154\\_Memoria\\_de\\_trabajo](https://www.researchgate.net/publication/299537154_Memoria_de_trabajo)
- Poe, G. R., Nitz, D. A., McNaughton, B. L. y Barnes, C. A. (2000). Experience-dependent phase-reversal of hippocampal neuron firing during REM sleep. *Brain Research*, 855(1), 176-180. [https://doi.org/10.1016/s0006-8993\(99\)02310-0](https://doi.org/10.1016/s0006-8993(99)02310-0)
- Portellano, J. (2005). *Introducción a la neuropsicología* [versión digital]. McGraw-Hill. [https://books.google.com.co/books/about/Introducci%C3%B3n\\_a\\_la\\_neuropsicolog%C3%ADa.html?id=GwqoAAAACAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.co/books/about/Introducci%C3%B3n_a_la_neuropsicolog%C3%ADa.html?id=GwqoAAAACAAJ&redir_esc=y)
- Ramírez, R., Palencia-Lefler, M., Giraldo, S. y Vamvakousis, Z. (2015). Musical neurofeedback for treating depression in elderly people. *Frontiers in Neuroscience*, 9, 00354. 1-10. <https://doi.org/10.3389/fnins.2015.00354>

- Reiner, M., Lev, D. D. y Rosen, A. (2018). Theta Neurofeedback Effects on Motor Memory Consolidation and Performance Accuracy: An Apparent Paradox? *Neuroscience*, 378, 198-210. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2017.07.022>
- Reiner, M., Rozengurt, R. y Barnea, A. (2014). Better than sleep: theta neurofeedback training accelerates memory consolidation. *Biological Psychology*, 95, 45-53. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2013.10.010>
- Reis, J., Portugal, A. M., Fernandes, L., Afonso, N., Pereira, M., Sousa, N. y Dias, N. S. (2016). An Alpha and Theta Intensive and Short Neurofeedback Protocol for Healthy Aging Working-Memory Training. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 8, 00157. 1-10. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2016.00157>
- Rogala, J., Jurewicz, K., Paluch, K., Kublik, E., Cetnarski, R. y Wróbel, A. (2016). The Do's and Don'ts of Neurofeedback Training: A Review of the Controlled Studies Using Healthy Adults. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10, 00301. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00301>
- Roehri, N., Bréchet, L., Seeber, M., Pascual-Leone, A. y Michel, C. M. (2022). Phase-Amplitude Coupling and Phase Synchronization Between Medial Temporal, Frontal and Posterior Brain Regions Support Episodic Autobiographical Memory Recall. *Brain Topography*, 35(2), 191-206. <https://doi.org/10.1007/s10548-022-00890-4>
- Rosales-Amaris, M. (1999). El trabajo en equipo multiprofesional e interdisciplinario en la salud. *Revista Científica Salud Uninorte*, 14. <https://rcscientificas.uninorte.edu.co/index.php/salud/article/view/4207/5881>
- Rozengurt, R., Shtoots, L., Sheriff, A., Sadka, O. y Levy, D. A. (2017). Enhancing early consolidation of human episodic memory by theta EEG neurofeedback. *Neurobiology of Learning and Memory*, 145, 165-171. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2017.10.005>
- Sandoval-Oviedo, N. (2009). La evaluación de los aprendizajes desde un enfoque cognitivo. *Itinerario Educativo*, 23(54), 97-106. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3438995>
- Sitaram, R., Ros, T., Stoeckel, L., Haller, S., Scharnowski, F., Lewis-Peacock, J., Weiskopf, N., Blefari, M. L., Rana, M., Oblak, E., Birbaumer, N. y Sulzer, J. (2017). Closed-loop brain training: the science of neurofeedback. *Nature reviews. Neuroscience*, 18(2), 86-100. <https://doi.org/10.1038/nrn.2016.164>
- Subramanian, L., Hindle, J. V., Johnston, S., Roberts, M. V., Husain, M., Goebel, R. y Linden, D. (2011). Real-time functional magnetic resonance imaging neurofeedback for treatment of Parkinson's disease. *The Journal of Neuroscience*:

- the Official Journal of the Society for Neuroscience*, 31(45), 16309-16317. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3498-11.2011>
- Tirapu-Ustároz, T. y Grandi, F. (2016). Sobre la memoria de trabajo y la memoria declarativa: propuesta de una clarificación conceptual. *Cuadernos de Neuropsicología/Panamerican Journal of Neuropsychology*, 10(3). <https://cnps.cl/index.php/cnps/article/view/259>
- Tinaz, S., Kamel, S., Aravala, S. S., Elfil, M., Bayoumi, A., Patel, A., Scheinost, D., Sinha, R. y Hampson, M. (2022). Neurofeedback-guided kinesthetic motor imagery training in Parkinson's disease: Randomized trial. *Neuroimage: Clinical*, 34, 102980. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2022.102980>
- Van Doren, J., Arns, M., Heinrich, H., Vollebregt, M. A., Strehl, U. y K Loo, S. (2019). Sustained effects of neurofeedback in ADHD: a systematic review and meta-analysis. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 28(3), 293-305. <https://doi.org/10.1007/s00787-018-1121-4>
- Vernon, D., Egner, T., Cooper, N., Compton, T., Neilands, C., Sheri, A. y Gruzelier, J. (2003). The effect of training distinct neurofeedback protocols on aspects of cognitive performance. *International journal of Psychophysiology: Official Journal of the International Organization of Psychophysiology*, 47(1), 75-85. [https://doi.org/10.1016/s0167-8760\(02\)00091-0](https://doi.org/10.1016/s0167-8760(02)00091-0)
- Vivas, J. (2010). Modelos de memoria semántica. En Vivas, J. (ed.). *Evaluación de redes semánticas. Instrumentos y Aplicaciones* (pp. 2-20) EUDEM. [https://www.researchgate.net/publication/310794914\\_Modelos\\_de\\_Memoria\\_Semantica](https://www.researchgate.net/publication/310794914_Modelos_de_Memoria_Semantica)
- Young, K. D., Siegle, G. J., Zotev, V., Phillips, R., Misaki, M., Yuan, H., Drevets, W. C. y Bodurka, J. (2017). Randomized Clinical Trial of Real-Time fMRI Amygdala Neurofeedback for Major Depressive Disorder: Effects on Symptoms and Autobiographical Memory Recall. *The American Journal of Psychiatry*, 174(8), 748-755. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.2017.16060637>
- Yeh, W. H., Ju, Y. J., Liu, Y. T. y Wang, T. Y. (2022). Systematic Review and Meta-Analysis on the Effects of Neurofeedback Training of Theta Activity on Working Memory and Episodic Memory in Healthy Population. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(17), 11037. <https://doi.org/10.3390/ijerph191711037>
- Wang, J. R. y Hsieh, S. (2013). Neurofeedback training improves attention and working memory performance. *Clinical Neurophysiology: Official Journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, 124(12), 2406-2420. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2013.05.020>



Entrenamiento de la memoria con *neurofeedback* en bandas Theta para adultos sanos: [25]  
una revisión sistemática de la literatura

- Zhang, J., Yetton, B., Whitehurst, L. N., Naji, M. y Mednick, S. C. (2020). The effect of zolpidem on memory consolidation over a night of sleep. *Sleep*, *43*(11), 1-11. <https://doi.org/10.1093/sleep/zsaa084>
- Živanović, M., Bjekić, J., Konstantinović, U. y Filipović, S. R. (2022). Effects of online parietal transcranial electric stimulation on associative memory: a direct comparison between tDCS, theta tACS, and theta-oscillatory tDCS. *Scientific Reports*, *12*(1), 14091. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-18376-5>
- Zurita-Cruz, J., Márquez-González, H., Miranda-Navales, G. y Villasis-Keever, M. (2018). Estudios experimentales: diseños de investigación para la evaluación de intervenciones en la clínica. *Revista Alergia México*, *65*(2), 178-186. <https://doi.org/10.29262/ram.v65i2.376>