



# Aplicación de la neurotecnología en alumnado con TDA-H: Una revisión paraguas

## Application of neurotechnology in students with ADHD: An umbrella review

- id** Dr. Antonio-R. Hidalgo-Muñoz. Profesor Contratado Doctor, Departamento de Psicología Básica, Psicobiología y Metodología de las Ciencias del Comportamiento, Universidad de Salamanca (España) (arhifidalgom@usal.es) (<https://orcid.org/0000-0002-0457-5114>)
- id** Dr. Daniel Acle-Vicente. Profesor Ayudante Doctor, Departamento de Sociología y Comunicación, Universidad de Salamanca (España) (dav@usal.es) (<https://orcid.org/0000-0003-3852-2384>)
- id** Alejandro García-Pérez. Doctorando, Departamento de Sociología y Comunicación, Universidad de Salamanca (España) (alejandrogp@usal.es) (<https://orcid.org/0009-0004-6753-7870>)
- id** Dra. Carmen Tabernero-Urbieta. Catedrática, Departamento de Psicología Social y Antropología, Universidad de Salamanca (España) (carmen.tabernero@usal.es) (<https://orcid.org/0000-0003-4338-7367>)

### RESUMEN

En la actualidad, las aulas experimentan un incremento del número de menores escolarizados con un diagnóstico de trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDA-H). Numerosos estudios proponen, como alternativa a la medicación, la implementación de diferentes neurotecnologías en el aula para mejorar la sintomatología y favorecer las capacidades cognitivas de los escolares con dicho diagnóstico. La presente revisión sistemática persigue recopilar la evidencia científica que existe sobre la aplicación de estas técnicas, así como su implementación en el aula. Se realizó una revisión sistemática, siguiendo los estándares de rigor aceptados (PRISMA), incluyendo las revisiones sistemáticas en inglés o español, publicadas en revistas científicas, que aborden el TDA-H, apliquen alguna neurotecnología utilizada en esta población (neurofeedback, estimulación transcraneal (tDCS) o hiperescaneo) y que hagan referencia a la educación o a las aulas. Se retuvieron 14 revisiones sistemáticas, poniendo de manifiesto que el neurofeedback es la neurotecnología más utilizada, aunque su implementación real en el aula ha sido escasamente tratada o sólo lo ha sido con fines de evaluación de eficacia. En segundo lugar, aparece la tDCS con un enfoque más clínico, mientras que el hiperescaneo no aparece. A pesar de encontrar resultados experimentales prometedores, son necesarios estudios ecológicos que propongan la implantación efectiva de estas técnicas en los centros educativos; por otra parte, la apuesta por la neuroeducación conllevaría la aparición de nuevas figuras profesionales.

### ABSTRACT

Currently, classrooms are experiencing an increase in the number of schoolchildren with a diagnosis of attention deficit hyperactivity disorder (ADHD). Numerous studies propose, as an alternative to medication, the implementation of different neurotechnology in the classroom to improve the symptomatology and enhance the cognitive abilities of children with this diagnosis. This umbrella review aims to compile the scientific evidence that exists on the application of these techniques, as well as their implementation, in schools. A systematic review was carried out, following accepted recommendations (PRISMA), which included systematic reviews in English or Spanish, published in scientific journals, which deal with ADHD, apply some neurotechnology used in this population such as neurofeedback, transcranial stimulation (tDCS) or hyper scanning, and which refer to education or school. Fourteen systematic reviews were retained, which show that neurofeedback is the most widely used neurotechnology, although its actual implementation in school has been scarcely treated or only aimed to evaluate its efficacy. In second place, tDCS appears with a more clinical approach, while hyper scanning does not appear. Despite the promising experimental results, ecological studies proposing the effective implementation of these techniques in educational centers are necessary; on the other hand, the commitment to neuroeducation would entail the emergence of new professional figures.

### PALABRAS CLAVE | KEYWORDS

Estimulación cognitiva, hiperescaneo, neuroeducación, neurociencia, neurofeedback, TDA-H.  
Cognitive stimulation, hyper scanning, neuroeducation, neuroscience, neurofeedback, ADHD.



## 1. Introducción y estado de la cuestión

Los avances en neurociencia y neurotecnología parecen estar reconfigurando el enfoque de viejas disciplinas. En el campo de la educación, la neurociencia está aportando una base científica a los nuevos modelos pedagógicos que afectan a todas las dimensiones del quehacer educativo: desde las metodologías activas hasta los sistemas de evaluación, pasando por los nuevos recursos didácticos o los modelos de innovación (Coch & Daniel, 2020). En este nuevo escenario, el foco no se centra únicamente en lo que el docente debe enseñar, sino en cómo debe hacerlo para que el alumno pueda aprender. Este giro no es casual, responde a la necesidad de cumplir con la Agenda 2030, entre cuyos objetivos se encuentra la Educación de calidad (ODS 4), que pretende reducir el abandono escolar temprano a un 9%.

En España, en la última década, ha habido una tendencia descendente del abandono escolar, reduciéndose casi a la mitad (49,3%) (INE). Sin embargo, aún estamos lejos de alcanzar el objetivo deseado: en 2021 el porcentaje de abandono temprano ha sido del 13,3% (INE). El reto continúa siendo crear una escuela inclusiva, que sea capaz de atender a la diversidad del aula en todos los niveles, desde las desigualdades sociales hasta los alumnos con necesidades educativas especiales (Márquez & Indarramendi, 2022). Los trastornos del desarrollo constituyen uno de los primeros aspectos no académicos del abandono escolar temprano (González-Rodríguez et al., 2019), por lo que abordar el TDA-H mediante nuevas estrategias puede ayudar a reducir la tasa.

Actualmente, el TDA-H comprende un 50% del volumen de las consultas en psiquiatría infantil y en el 70% de los casos se da comorbilidad con otros trastornos (Rusca-Jordán & Cortez-Vergara, 2020). La prevalencia de este trastorno a nivel mundial es del 5,9% en jóvenes de todo el mundo (Francés et al., 2022), mostrándose evidencia de síntomas probables de TDA-H entre los 4 y 6 años en el 5,4% de la población infantil española (Cerrillo-Urbina et al., 2018). Por ello, es importante avanzar en los tratamientos que mejoren la calidad de vida de estos menores y que les permitan lograr una mejor adaptación a su entorno, lo que implica la necesidad de plantear nuevos abordajes dentro de las aulas.

El TDA-H se define como un patrón persistente de inatención o hiperactividad-impulsividad que interfiere con el funcionamiento o el desarrollo durante un periodo superior a seis meses y que se caracteriza por tres síntomas nucleares: inatención, hiperactividad e impulsividad. Además, los síntomas se presentan antes de los 12 años, se manifiestan en dos o más contextos e interfieren con el funcionamiento social, académico, laboral o reducen la calidad de vida; e igualmente no pueden ser explicados por otro trastorno, como, por ejemplo, el trastorno negativista desafiante (5th ed.; DSM-5; 2013).

Las personas que presentan TDA-H tienen dificultades para atender a determinados estímulos, planificar y organizar una acción, reflexionar sobre sus posibles consecuencias o inhibir la primera respuesta automática para cambiarla por otra más apropiada (Rusca-Jordán & Cortez-Vergara, 2020). A su vez, la motivación, la introspección y la autoconsciencia también están afectadas, así como el reconocimiento y la regulación de emociones, que se manifiesta en problemas internalizantes (Sjöwall et al., 2013), lo que puede conllevar un retraimiento social. Aunque a medida que la persona se va desarrollando, la hiperactividad e impulsividad disminuyen (Rusca-Jordán & Cortez-Vergara, 2020), algunos síntomas persisten en la edad adulta, incluyendo otras manifestaciones psicológicas como el sentimiento de frustración y la vergüenza (Weinstein, 1994). Esto se debe, en gran parte, a los cambios cognitivos y emocionales que ocurren tras la pubertad, a la maduración y consolidación de las conexiones neuronales del córtex prefrontal, área de especial importancia para las funciones ejecutivas como el razonamiento y el control de impulsos (Nigg, 2017).

Según Quintero y Castaño-de-la-Mota (2014: 602), «el TDA-H es un trastorno de etiopatogenia heterogénea, multifactorial y compleja, en el que una serie de vulnerabilidades biológicas interactúan entre sí y con factores ambientales». Los mismos autores defenderán que los factores genéticos tienen un importante peso en la aparición del trastorno, con una heredabilidad en torno al 75%. Recientemente, una de las teorías que tratan de explicar la etiología del TDA-H afirma que el córtex prefrontal sufre un retraso madurativo y, debido a ello, las funciones ejecutivas y el control inhibitorio se ven afectadas. Sin embargo, nuevos hallazgos respaldan la importancia de los rasgos del «Callous Unemotional» (CU) lo que conlleva niveles más bajos de culpa y empatía (Graziano et al., 2017). Es este origen neuroanatómico el que marca la pertinencia de implementar la neurotecnología, no sólo para la mejora de un diagnóstico,

cuya delimitación es controvertida, sino para paliar algunos de los síntomas, mejorar ciertas capacidades cognitivas o monitorizar el sustrato anatómico-funcional de ciertas habilidades sociales.

Para abordar el tema realizamos un repaso de las principales opciones que se presentan actualmente: el neurofeedback, la estimulación transcraneal y el hiperescaneo. Cada una de ellas con sus ventajas e inconvenientes a la hora de implementarse en el aula.

### 1.1. Neurofeedback

La técnica que antes comenzó a emplearse, datada de la década de los 70 del siglo XX (Arns et al., 2014) y que motivó posiblemente la profundización en otras neurotecnologías con aplicaciones sobre TDA-H, fue el neurofeedback. Esencialmente, el neurofeedback, basado principalmente en registros electroencefalográficos (EEG) sobre diferentes frecuencias, es «una técnica de autorregulación que utiliza una interfaz cerebro-ordenador (BCI) para influir en los procesos de plasticidad neural y eficiencia neuronal. La neuroregulación se lleva a cabo proporcionando al individuo información sobre la actividad eléctrica del cerebro» (Cannon, 2015). Se podría decir que la persona, mediante un entrenamiento, y gracias al condicionamiento operante, aprende a modificar la actividad cerebral cuando la interfaz le avisa de que su actividad cerebral no es la adecuada. Sin entrar en los criterios para la calificación de una actividad cerebral como adecuada o no, lo que nos incumbe es que resulta ser una técnica prometedora para tratar el TDA-H que se aplica en la actualidad y que ha recibido mucha atención por parte de los investigadores.

En ciertos estudios científicos han tenido en cuenta el aspecto académico. En 2013, Meisel et al. (2014) llevaron a cabo el primer ensayo aleatorizado con seguimiento a seis meses en el que se comparaba la eficacia del neurofeedback frente al tratamiento farmacológico habitual y encontraron una reducción similar con ambos procedimientos, atendiendo a los síntomas funcionales declarados por los padres, pero con una eficacia mayor por parte del grupo de neurofeedback en el caso del rendimiento académico. Por otro lado, Sudnawa et al. (2018), en un estudio realizado sobre cuarenta menores concluyen que es una técnica prometedora, aunque la mejoría fuera estadísticamente apreciable solo en el caso de informes de profesores y no de progenitores. Kuznetsova et al. (2022) señalan que, aunque la técnica sea efectiva en casos de aprendizaje, no parece igual de robusta respecto a la eficacia para reducir los síntomas propios del TDA-H.

### 1.2. Estimulación eléctrica transcraneal (tDCS)

La estimulación neuronal mediante corrientes electromagnéticas es una de las técnicas que se presenta también como terapia complementaria o alternativa a los fármacos para paliar dificultades cognitivas o favorecer tareas de aprendizaje en poblaciones afectadas por trastornos neurológicos (Camacho-Conde et al., 2022).

Existen diversas modalidades que permiten dicha estimulación de forma más o menos invasiva y numerosas investigaciones se centran en los parámetros técnicos de las intervenciones para optimizar los resultados. Entre otros, se ha puesto de manifiesto su utilidad en el caso del TDA-H para conseguir una disminución de los síntomas (Salehinejad et al., 2020) o favorecer el rendimiento de jóvenes en aspectos cognitivos y conductuales tales como el procesamiento de la información o el control inhibitorio (Nejati et al., 2022), que constituyen aspectos claves en el contexto educativo para evitar el fracaso escolar.

En el caso de la estimulación transcraneal con corriente directa (tDCS), se ha verificado ampliamente su inocuidad en personas sanas, poblaciones vulnerables y también en TDA-H (Salehinejad et al., 2020). Existen resultados prometedores en tareas relacionadas con el aprendizaje (Schlechter et al., 2023) que, junto con la evidencia sobre la mejora en ciertas capacidades atencionales en TDA-H, hacen de la técnica una opción interesante si el objetivo es mejorar la ejecución de determinadas tareas intelectuales o incluso físicas.

### 1.3. Hiperescaneo fNIRS

En multitud de ocasiones, el aprendizaje y la buena dinámica en el aula no dependen únicamente, ni siquiera en mayor medida, de las capacidades cognitivas de los alumnos, sino también de las interacciones sociales que se dan entre los agentes que participan del proceso, en este caso, el alumnado y el docente. Por

tanto, parece razonable interesarse, desde el punto de vista de la neurotecnología, por las posibilidades que esta técnica ofrece a la hora de medir, calibrar o interpretar la coherencia entre los individuos en diversos sentidos, incluyendo la de su actividad cerebral.

Como podría decirse de manera coloquial, se trata de comprobar si las personas «están en la misma onda» mediante los registros neurofisiológicos de varias personas simultáneamente, lo que se conoce como hiperescaneo y que se ha empleado en el estudio de diferentes interacciones sociales reales, aunque el contexto educativo no haya recibido una atención prioritaria, según la revisión realizada por Nam et al. (2020). La pertinencia de utilizar la sincronía neural entre sujetos como predictor de los resultados satisfactorios de aprendizaje para distintos tipos de tareas ha sido analizada por Zhang et al. (2022), en cuyo meta-análisis concluyen que existe una relación positiva entre dicha sincronía y los buenos resultados, lo que motiva, por tanto, su implementación en el ámbito académico.

Otros ejemplos interesantes se encuentran tanto en el estudio de Lu et al. (2021), que sugiere que existe una mayor sincronía cerebral entre sujetos que intercambian información y comparten ideas, que a su vez dependería del contexto de diversidad educativa en la que se vean inmersos; como en la investigación de Liu et al. (2019), donde analizan la efectividad de la comunicación entre profesores y alumnos mediante hiperescaneo y la técnica que nos ocupa en esta sección.

Una de las técnicas recientes que está aportando luz sobre sincronía inter-sujeto es la espectroscopia de infrarrojo próximo (fNIRS), que supera en ciertos aspectos prácticos, como son la robustez ante los artefactos de movimiento o la flexibilidad para la concepción de diseños experimentales (Janssen et al., 2021) al incuestionable legado del EEG.

La fNIRS está siendo aplicada con éxito en TDA-H (Gossé et al., 2021) sobre aspectos fundamentales de psicología básica con tareas clásicas como Go/no Go, Stroop y Oddball, gracias a las que se ha corroborado una hipoactivación de la región prefrontal derecha en TDA-H en procesos cognitivos elementales. En el caso concreto del hiperescaneo, la fNIRS se ha estudiado en muestras implicadas en la atención, que tan afectada se ve por el TDA-H, y en poblaciones neurodiversas como las personas afectadas por trastornos del espectro autista (Kruppa et al., 2021).

## 2. Metodología

### 2.1. Pregunta de investigación y objetivos

El presente estudio se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿existe evidencia científica de la eficacia de la neurotecnología como complemento en la intervención educativa del alumnado con TDA-H? A partir de esta cuestión se plantean como objetivos de la presente revisión:

- Recopilar todas aquellas revisiones que incorporen las neurotecnologías empleadas para reducir la sintomatología del TDA-H en el contexto educativo.
- Comprobar la viabilidad de la aplicación de la neurotecnología en las aulas dirigida a alumnado con TDA-H.
- Proponer la necesidad de formación para los actores del ámbito educativo sobre la implementación práctica de la neurotecnología en el aula.

### 2.2. Estrategia de búsqueda

Para la consecución de la presente revisión, se han tenido en cuenta las recomendaciones PRISMA (versión 2020) para la realización de revisiones sistemáticas (Page et al., 2021), así como el método propuesto por Smith et al. (2011) para el caso concreto de revisiones sistemáticas de las revisiones sistemáticas ya existentes, también conocidas como revisiones paraguas.

La estrategia de búsqueda comenzó identificando las palabras clave o descriptores relacionados con el empleo de neurotecnología en TDA-H en las aulas, configurando la siguiente ecuación de búsqueda: (ADHD OR TDA-H OR attentional deficit hyperactivity) AND (neurofeedback OR hyperscanning OR tDCS) AND (school OR classroom OR education). Dicha ecuación contiene los apartados relevantes de nuestro objetivo.

Se llevó a cabo independientemente por dos investigadores en las bases de datos Web of Science, Scopus además de APA PsycArticles, APA PsycInfo, APA PsycTherapy, ERIC, MEDLINE, así como la

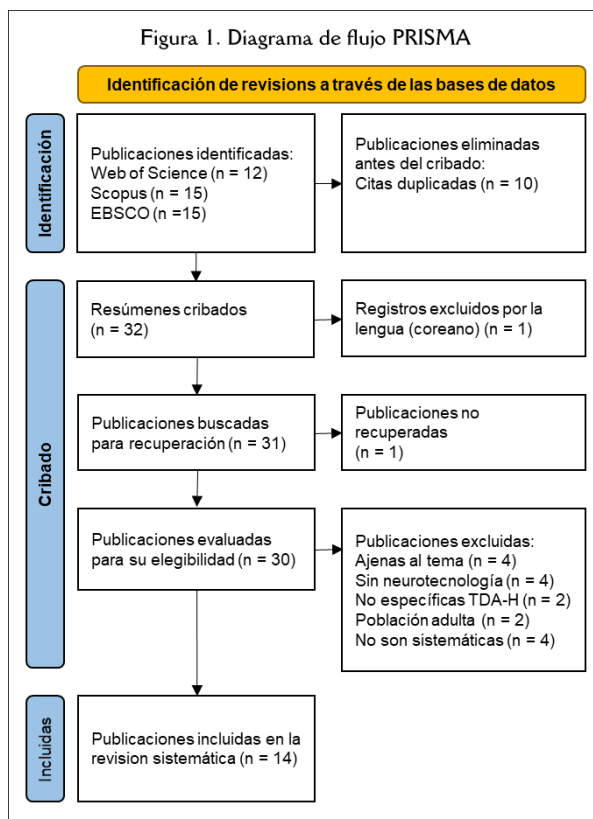
base de datos española PSICODOC, que fueron accedidas a través de EBSCO (Figura 1). Las bases de datos utilizadas en nuestra búsqueda aportan los resultados más significativos en el contexto educativo (p. ej., Hurtado-Parrado et al., 2022).

A continuación, se realizó la selección de revisiones sistemáticas teniendo como criterios de inclusión: 1) calificación como artículo o capítulos de libro de revisiones sistemáticas por parte de la base de datos (se descartaron los libros, las contribuciones a congresos y los informes), 2) lengua inglesa o española, 3) cualquier rango de fechas de publicación, 4) estudio sobre población infantil o adolescente con TDAH, 5) que incluya el contexto escolar, 6) presentación de intervenciones basadas en neurotecnologías.

En cuanto a criterios de exclusión se tuvieron en cuenta: 1) revisiones narrativas, 2) que no incluyan al menos una mención a alguna de las tres técnicas de neurotecnologías indicadas, 3) que se basen exclusivamente en resultados sobre población adulta, 4) que no sean específicas de TDA-H, aunque lo incluya como formando parte de otros trastornos del aprendizaje o que lo presente con comorbilidades importantes de otros trastornos (TIC, etc.).

### 3. Resultados

En la Figura 1 se muestra el diagrama de flujo y el número de revisiones retenidas y rechazadas. Un total de 14 revisiones sistemáticas han sido seleccionadas.



En las Tablas 1 y 2 se recopila la información básica de cada revisión sobre neurofeedback (NF) y estimulación transcranial (tDCS), respectivamente. Cuando es posible, se indica entre paréntesis el número de estudios de cada revisión que tratan cada uno de los aspectos que se mencionan en la tabla: estudios en los que se incluyen informes de los profesores o en los que se emplea alguna neurotecnología.

Son de estos últimos casos de los que se exponen las conclusiones, en cuyo apartado se priorizan las conclusiones extraídas por informes de los profesores o gracias a cuestionarios de rendimiento académico. Si no existen tales medidas, se indica si existe mejora de los síntomas u otros aspectos.

Tabla 1. Revisiones sistemáticas retenidas donde aparece Neurofeedback					
Selección a partir de Web of Science, Scopus, PsyArticles, Psycoc, PsyInfo, ERIC, MEDLINE					
Autores y año	Nº estudios	Técnica utilizada	Informe de profesores o medida académica	Aplicación en el aula	Conclusión principal sobre: 1) rendimiento/comportamiento escolar, 2) síntomas o 3) otros aspectos.
Che et al. (2021)	83	NF (n=23)	No incluido	No se menciona	NF muestra mejoras en atención, pero tiene menos aceptabilidad que otras técnicas como la meditación.
Evans et al. (2014)	21 (criterios EBT)	NF (n=1)	Síntomas SDQ, ODD, Agresión	Solo evaluación comportamiento	El entrenamiento con NF cumplió con los criterios para el Nivel 3 (posiblemente eficaz).
Goode et al. (2018)	54	NF (n=3)	Síntomas (n=1)	No se menciona	Valoración inconcluyente en cuanto a la mejora académica con NF.
Guan-Lim et al. (2020)	15	NF (n=4)	No incluido	Se menciona	Necesidad de más estudios de calidad para concluir los efectos de NF a largo plazo.
Hodgson et al. (2014)	14	NF	CTRS (n=1)	No se menciona	NF muestra una mejora de los síntomas y puede considerarse una intervención basada en la evidencia.
Moreno-García et al. (2022)	67 ECA	NF	Síntomas CTRS	Evaluación Implementación	Se reportan beneficios del NF y mejora significativa de síntomas en caso de NF implementado en colegios en un estudio.
Patil et al. (2022)	21 (14 en TDA-H infantil)	NF (n=21)	Síntomas (n=1)	Solo evaluación comportamiento	Mejora de los síntomas según los profesores, mayor correlación en atención. Pequeño o medio efecto en hiperactividad e impulsividad.
Razoki (2018)	8 ECA	NF (n=8)	Síntomas (n=5)	Solo evaluación comportamiento	No hay diferencias en informes de profesorado, aunque sí en los parentales.
Sibley (2014)	17 EC	NF (n=1)	Síntomas CRS (n=1)	Solo evaluación comportamiento	No se han puesto en evidencia diferencias significativas en el estudio que utiliza NF.
Van-Doren et al. (2019)	10 ECA	NF (n=10)	Síntomas	Solo evaluación comportamiento	Diferencia moderada inmediata y a medio plazo en Hiperactividad e Impulsividad y grande en Inatención.
Willis et al. (2011)	14 (Exp y QExp)	NF (n=14)	Síntomas (n=4)	Solo evaluación comportamiento	Mejor comportamiento según los profesores en uno de los 4 estudios que incluyen su evaluación.

Nota. CRS: Conners Rating Scale (Escala de valoración de Conners); CTRS: Conners Teacher Rating Scale (Escala de valoración del profesorado de Conners); EC: Ensayo controlado; ECA: Ensayo controlado aleatorizado; EBT: Evidence Based Treatments (Tratamientos basados en la evidencia); Exp: Estudio experimental; QExp: Estudio cuasi-experimental; NF: Neurofeedback (Neuroretroalimentación); SDQ: Strengths and Difficulties Questionnaire (Cuestionario de fortalezas y debilidades); ODD: oppositional defiant disorder (trastorno negativista desafiante).

Acorde a los trabajos seleccionados, aunque el centro escolar parece un buen contexto para evaluar la eficacia de la intervención, en ningún caso se implementa la técnica en el mismo. Ni siquiera en todos los casos se incorporan los informes de los profesores, y cuando lo hacen, no siempre su criterio es el mismo que el de los progenitores, prefiriéndose el informe del profesorado por ser habitualmente una evaluación ciega (Razoki, 2018). En la mayoría de los casos, los cuestionarios de evaluación del comportamiento que se emplean en el aula están basados en la medida de la sintomatología (RS-IV, CRC) y rara vez aparecen otras medidas cognitivas en dicho contexto.

Tabla 2. Revisiones sistemáticas retenidas donde aparece la tDCS					
Selección a partir de Web of Science, Scopus, PsyArticles, Psycoc, PsyInfo, ERIC, MEDLINE					
Autores y año	Nº estudios	Técnica utilizada	Informe de profesores o medida académica	Aplicación en el aula	Conclusión principal sobre: 1) rendimiento/comportamiento escolar, 2) síntomas o 3) otros aspectos
Brauer et al. (2021)	13 ECA	tDCS (n=13)	No incluido	No se menciona	Efecto inmediato de tDCS en Inatención e Impulsividad, y a largo plazo en hiperactividad.
Cosmo et al. (2020)	11 (6 en TDA-H infantil)	tDCS (n=11)	No incluido	No se menciona	Eficacia variable de tDCS dependiendo del protocolo utilizado y validación como técnica segura.
Rubio et al. (2016)	18 (8 en TDA-H infantil)	tDCS tMS	No incluido	No se menciona	La eficacia de tDCS depende de la localización y protocolo de estimulación, presenta mejora asociada con otras técnicas cognitivas. La tMS repetida reduce síntomas durante semanas.

Nota. ECA: Ensayo controlado aleatorizado; tDCS: Estimulación eléctrica transcraneal; tMS: Estimulación magnética transcraneal.

En cuanto a las técnicas, no ha sido hallada ninguna revisión que trate sobre el procedimiento de hiperescaneo en tal población, a pesar de que no se detalló ningún tipo de técnica, y no suelen compararse diversas técnicas de neurotecnología, existiendo un mayor número de revisiones que tratan sobre NF y lo comparan con otros tratamientos farmacológicos o no farmacológicos. En ocasiones, NF se considera dentro de la categoría de estimulación cognitiva (Sibley et al., 2014).

#### 4. Discusión

Basándonos en la evidencia empírica extraída de las revisiones retenidas, el neurofeedback es la técnica que más aparece en las revisiones sistemáticas sobre tratamientos no farmacológicos y tratamientos alternativos al enfoque psicosocial en TDA-H cuando se incluyen los descriptores asociados a las aulas. Sin embargo, su viabilidad y eficacia en contextos educativos ha sido escasamente reportada. Un ejemplo donde se tiene en cuenta es la revisión realizada por Patil et al. (2022), la cual sugiere ciertos aspectos a tener en cuenta para la implementación práctica del neurofeedback para poblaciones con TDA-H, como es el coste de la personalización de los aparatos. Anteriormente, esta cuestión fue tratada por Krell et al. (2019), que señalaban factores importantes como la optimización de horarios y protocolos y la necesidad de un análisis de factores mediadores pre-intervención que comprometan la validez externa sobre los beneficios esperados en atención sostenida. En 2014, Steiner et al. analizaron la eficacia de un entrenamiento llevado a cabo en un colegio. Estos autores propusieron intervenciones de entrenamiento de 45 minutos tres veces a la semana durante cinco meses, lo que implicó unas 50 sesiones, que fueron llevadas a cabo por un técnico investigador. Como resultado de estas intervenciones, donde se realizaban tareas para estimular diferentes procesos cognitivos, se obtuvo una mejoría de los síntomas, según el informe de los progenitores, hasta seis meses después.

Recientemente, la tecnología nos propone nuevas opciones que facilitan la incorporación del neurofeedback en dispositivos móviles, accesibles y poco llamativos (Antle et al., 2019) lo que permite su utilización en diversas situaciones y contextos mediante App; un modelo que puede recordar a las cada vez más instauradas intervenciones mHealth. Por otro lado, la ética relacionada con esta técnica dispone de un cierto colchón de experiencia que evidencia la inocuidad de la misma, ya que no se trata en ningún caso de estimular el cerebro, sino de una monitorización en tiempo real, lo que muestra una ventaja frente a los potenciales efectos adversos que pueden acarrear los fármacos.

En significativa menor medida, aparece la neurotecnología basada en la tDCS. Acorde a la revisión realizada, en general, los estudios sobre su eficacia muestran una mejora de los síntomas de TDA-H (Cosmo et al., 2020), aunque su reproducibilidad queda comprometida por la variabilidad inter-sujeto o depende de condiciones de aplicación específicas, influyendo de manera distinta sobre el control inhibitorio, la hiperactividad o el déficit de atención. Sin embargo, a pesar de la estrecha relación entre las capacidades cognitivas y la educación, donde se podría encontrar un campo de aplicación pertinente, la mayoría de los estudios se han llevado a cabo con protocolos clínicos o en entornos controlados de laboratorio, encontrándose poca evidencia de la viabilidad en entornos académicos ecológicos o situaciones reales en colegios. En algunos casos, se justifica que el entorno natural de un aula sería demasiado complejo para poder extraer conclusiones fiables, como se discute en el estudio de Siciliano et al. (2016), centrado en el caso particular del aprendizaje de una lengua extranjera, donde se sugiere que el exceso de estímulos distractores disminuiría su eficiencia. Por otro lado, la personalización requerida en los procedimientos, los ajustes de intervención requerida en población infanto-juvenil, señalada por Salehinejad et al. (2020) y la sensibilidad de la eficacia dependiendo del número de sesiones (Cosmo et al., 2020) no la hacen hasta el momento fácilmente manipulable por personal docente ni por los usuarios para determinar las condiciones de aplicación, lo cual muestra la necesidad de personal cualificado para su utilización. Además, la mención a métodos invasivos puede hacer que los usuarios sean reacios a su empleo, sobre todo en el caso de TDA-H, donde aún no existe consenso sobre el posible sobrediagnóstico.

Actualmente, existe una gran variedad de dispositivos para aplicar tDCS<sup>1</sup>, relativamente asequibles a nivel económico, que favorecen una portabilidad sencilla, son inalámbricos y presentan diseños ergonómicos que permiten una libertad de movimiento que no interferiría con las tareas que se suelen realizar en un aula durante cualquier actividad docente. Gracias a recientes estudios sobre la eficacia de la tDCS donde se tiene en cuenta la heterogeneidad de los usuarios de TDA-H (Lipka et al., 2021), se dota de una importante validez externa a sus resultados, cuestión de particular relevancia para potenciales aplicaciones reales en las aulas, donde el perfil de estudiantes es diverso y supone una amenaza a dicha validez. Quedan por solventar las amenazas a la validez interna que surgen como consecuencia de la presencia de variables parásitas ligadas a las características contextuales del aula, además de ciertos

cuestionamientos éticos que impiden incluso su experimentación en dicha situación: «La necesidad de proteger a los grupos vulnerables en general y a los niños en particular en la investigación a veces puede conducir a un círculo vicioso: por muchos tratamientos que se realicen, no existe evidencia para establecer inicialmente, por ejemplo, umbrales de seguridad relevantes» (Sierawska et al., 2019: 3).

En lo referente al hiperescaneo con la fNIRS, después de la revisión paraguas realizada, la combinación de descriptores no arroja ningún resultado, sugiriendo un campo de investigación bastante inexplorado. En cualquier caso, la transferencia de los estudios sobre hiperescaneo en general (Dikker et al., 2017), o fNIRS en particular, al contexto real de un aula ha sido planteada por algunos investigadores. No es fácil encontrar artículos donde se realicen propuestas concretas, ya que habitualmente se centran fundamentalmente en la divulgación de la técnica, el bagaje experimental o en presentar las bases de funcionamiento a los educadores, como el trabajo de Barreto y Soltanlou (2022). En este punto, podemos citar el trabajo de Brockington et al. (2018), que realizan tres experimentos de una alta validez ecológica respecto a otros estudios de laboratorio, puesto que se presentan situaciones próximas a las situaciones en las aulas, que además tratan aspectos claves relacionados con el TDA-H, como son la interacción con el profesor, la atención grupal y la atención durante la lectura.

En todos los casos, la implementación satisfactoria del hiperescaneo en situaciones reales en el aula pasaría ante todo por la programación de potentes algoritmos que permitan la obtención de parámetros fiables a partir de las señales hemodinámicas derivadas de la actividad neuronal y, en este sentido, se han realizado cuantiosas contribuciones. Por otro lado, y no menos importante, hay que tener en cuenta que actualmente el equipamiento de la fNIRS no siempre resulta confortable y existe una restricción temporal considerable, que no permitiría una monitorización durante sesiones de larga duración, sino más bien durante momentos puntuales para obtener un diagnóstico de una situación concreta a partir de pocas muestras. En el caso particular del alumnado afectado con TDA-H, habría que añadir como dificultad las propias características inherentes a esta población, que pueden hacerles proclives a fatigarse más rápidamente y para los que el montaje de la intervención podría suponer una distracción adicional, además de que quedaría por definir quién formaría parte de los grupos que participen del hiperescaneo.

##### 5. Propuesta para la transferencia del uso de la neurotecnología en TDA-H a los centros educativos

Además de los aspectos técnicos, económicos o funcionales ligados a cada una de las técnicas presentadas y el aparataje necesario, hay cuestiones ligadas a recursos humanos que son igualmente importantes a tener en cuenta. Gestionar adecuadamente la atención a alumnos con necesidades especiales es quizá el mayor de los retos al que se enfrenta actualmente el docente. Articular distintas velocidades de aprendizaje es un excelente ejemplo de las dificultades que entraña.

Desde las instituciones se establecen ratios de alumnos con necesidades especiales, con el fin de que los centros y las aulas no sufran desequilibrios de atención. En el caso de España, el modelo funciona con ratios bajas (2,9% para Educación Primaria y 3% para ESO, en 2019-2020), entendiéndose que con las indicaciones y el apoyo del departamento de orientación que recibe el profesorado es suficiente para atender a este alumnado (Ministerio de Educación y Formación Profesional, 2021). Ahora bien, estas ratios se aplican a trastornos del espectro autista, pero no a los alumnos con TDA-H, lo que puede implicar un porcentaje mayor de alumnado con este diagnóstico.

Cabría preguntarse: ¿cómo percibe el profesorado a los alumnos con TDA-H?, ¿es capaz de valorar la realidad del trastorno que padecen? Para responder afirmativamente, se hará imprescindible que el personal docente tenga información sobre el TDA-H. No se trata de que sea un experto, pero sí debe saber en qué consiste este trastorno. Soroa et al. (2016) concluyen que el nivel de conocimiento del profesorado sobre el TDA-H es bajo o moderado.

Frecuentemente, el profesorado identifica al alumnado con TDA-H como «movido», «inquieto» o incluso «conflictivo». ¿Acaso sabe el profesorado que ese alumnado tiene ciertas características anatómico-cerebrales diferentes a las de sus compañeros? Si no se conocen estas cuestiones, difícilmente se puede encontrar la coherencia necesaria para realizar tanto las adaptaciones curriculares pertinentes, como implementar neurotecnologías cuya fundamentación radica en los hallazgos de la neurociencia. Por lo tanto, la neuroeducación es esencial para avanzar en el conocimiento de la neurodiversidad. Toda esta



realidad apunta a la necesidad de una mayor formación para el profesorado en las bases neuropsicológicas del aprendizaje (Ministerio de Educación y Formación Profesional, 2023).

Con ese objetivo, nuestra propuesta es crear un proyecto piloto con una figura de formación interdisciplinar, procedente del campo de la neurociencia y con un conocimiento profundo de la realidad educativa y de sus actores: alumnado, familias y profesorado, así como los tiempos y dinámicas educativas de los centros: «una clase de profesionales, especialmente capacitados, cuyo papel sería guiar la introducción de la neurociencia cognitiva en la práctica educativa de una manera sensata y ética» (Leisman, 2023: 3).

Esta figura cubrirá dos necesidades. En primer lugar, dar cursos de formación en los centros sobre cuestiones de neuroeducación. Ello permitirá no sólo explicar los hallazgos de la neurociencia aplicados a las nuevas formas pedagógicas de enseñanza-aprendizaje mediante procesos de metacognición, sino también entender la realidad de los alumnos con necesidades especiales y las posibles estrategias pedagógicas susceptibles de ser implementadas (Gavin et al., 2023). Por otra parte, la finalidad de estas charlas es la de combatir aspectos tan importantes como los neuromitos o los estigmas de determinados trastornos, como el TDA-H. Impartir estos cursos de formación a profesores, familias y alumnos es esencial, pues es la única manera de articular la intervención de forma transversal.

En segundo lugar, esta figura puede ser fundamental para implementar nuevas técnicas en el aula procedentes del campo de la neurotecnología, siempre que las mismas respeten los principios básicos de la neuroética (Simoes & Nogaro, 2019). La puesta en marcha de estas pruebas exige un conocimiento dual, de las técnicas neurocientíficas y su impacto en los niños a los que se les aplique, así como de la realidad del entorno educativo en su totalidad. No se trata únicamente de saber aplicar una determinada técnica, sino que habrá que realizar un trabajo de información previo a profesores, alumnos y familias sobre la aplicación, el impacto y los beneficios que esta técnica comporta. Sólo de esta manera podremos implementar con éxito la neurotecnología en las aulas. Sin dicho proceso de información se podría incurrir en problemas básicos, como el aumento de la estigmatización de estos alumnos, con las cuestiones éticas asociadas que ello implica, o el rechazo de dichas técnicas.

En cuanto a las técnicas que podrían implementarse actualmente en el aula, la revisión paraguas realizada aporta información relevante al respecto. De las tres técnicas, entendemos que la única susceptible de ser implementada en la actualidad es el neurofeedback, pues no sólo no es invasiva, sino que es la que más desarrollo ha tenido en el ámbito clínico y, por tanto, la más testada, con resultados muy favorables para personas con TDA-H. Además, el dispositivo es discreto, lo que permite evitar estigmas e introducir la neurotecnología de forma discreta en el entorno escolar. Finalmente, su fácil manejo permite que el alumno sea autónomo, sin implicaciones directas para el profesorado.

La segunda técnica con mayor impacto en la revisión ha sido la estimulación eléctrica transcraneal, sin embargo, entendemos que esta técnica aún no se encuentra en una fase de desarrollo suficiente como para ser implementada en el aula. Varias razones así lo avalan: en primer lugar, se trata de una técnica que posee variables de aplicación (edad, tiempo de aplicación, etc.) aún por matizar. En segundo lugar, el aparataje que exige esta técnica, a pesar de estar muy simplificado, puede aumentar el estigma entre los compañeros. En tercer lugar, exige un nivel de monitorización que no puede asumir el profesor. Entendemos, por tanto, que es necesario que la aplicación de esta técnica esté más desarrollada en el ámbito clínico y sea más simplificada su aplicación en el entorno escolar, el cual debe estar más familiarizado con la neurotecnología y con el TDA-H, antes de implementar esta técnica.

Finalmente, podemos destacar algunas limitaciones de la revisión realizada, dado que las bases de datos utilizadas recogen casi exclusivamente resultados significativos de las intervenciones, las revisiones sistemáticas adolecen de señalar intervenciones no eficaces. Además, las revistas pueden sufrir un sesgo de publicación en el que dejen al margen la inclusión de nuevos abordajes o métodos. Un ejemplo de ello puede ser el hiperescaneo (fNIRS), que a pesar de ser una técnica no invasiva y de resultados prometedores, no está recogida en la revisión realizada, lo que indica una falta evidente de datos al respecto.

Consideramos, por tanto, que la implementación de la neurotecnología en el ámbito escolar se debe escalonar en dos fases. Una primera fase de información en la que participen los tres actores del ámbito

educativo (alumnado, docentes y familias); y una segunda fase de implementación de las técnicas, en la que actualmente sólo el neurofeedback cumple con los requisitos pertinentes. La necesidad de implementar este tipo de propuestas en el aula se hace evidente cuando se compara con otros sectores, como en la publicidad o la creación de contenidos audiovisuales que recurren a los hallazgos de la neurociencia para mejorar su eficacia (Ferrés & Masanet, 2017).

### Notas

<sup>1</sup><https://www.tdcs.com>.

### Contribución de Autores

Idea, A.R.H.M., C.T.U; Revisión de literatura (estado del arte), A.R.H.M., D.A.V., A.G.P., C.T.U; Metodología, A.R.H.M., D.A.V; Análisis de datos, A.R.H.M., D.A.V., A.G.P; Resultados, A.R.H.M., C.T; Discusión y conclusiones, A.R.H.M., C.T; Redacción (borrador original), A.R.H.M., D.A.V., A.G.P; Revisiones finales, A.R.H.M., C.T; Diseño del Proyecto y patrocinios, A.R.H.M., C.T.

### Apoyos

Grupos de Investigación Reconocidos de la Universidad de Salamanca (GIR-PROMOSALUD y GIR-NAES); Unidad de Investigación Consolidada de la Junta de Castilla y León (UIC-249); Proyecto de investigación (Ref TED2021-130924B-I00) financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación, Gobierno de España.

### Referencias

- Antle, A.N., McLaren, E.S., Fiedler, H., & Johnson, N. (2019). Evaluating the impact of a mobile neurofeedback app for young children at school and home. In *Proceedings of the 2019 CHI Conference on human factors in computing systems* (pp. 1-13). <https://doi.org/10.1145/3290605.3300266>
- Arns, M., Heinrich, H., & Strehl, U. (2014). Evaluation of neurofeedback in ADHD: The long and winding road. *Biological Psychology*, *95*, 108-115.
- Barreto, C., & Soltanlou, M. (2022). Functional near-infrared spectroscopy as a tool to assess brain activity in educational settings: An introduction for educational researchers. *South African Journal of Childhood Education*, *12*(1). <https://doi.org/10.4102/sajce.v12i1.1138>
- Brauer, H., Breiting-Ziegler, C., Moliadze, V., Galling, B., & Prehn-Kristensen, A. (2021). Transcranial direct current stimulation in attention-deficit/hyperactivity disorder: A meta-analysis of clinical efficacy outcomes. *Progress in Brain Research*, *264*, 91-116. <https://doi.org/10.1016/bs.pbr.2021.01.013>
- Brockington, G., Balardin, J.B., Zimeo-Morais, G.A., Malheiros, A., Lent, R., Moura, L.M., & Sato, J.R. (2018). From the laboratory to the classroom: the potential of functional near-infrared spectroscopy in educational neuroscience. *Frontiers in Psychology*, *9*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01840>
- Camacho-Conde, J.A., Gonzalez-Bermudez, M.D.R., Carretero-Rey, M., & Khan, Z.U. (2022). Brain stimulation: A therapeutic approach for the treatment of neurological disorders. *CNS Neuroscience & Therapeutics*, *28*(1), 5-18. <https://doi.org/10.1111/cns.13769>
- Cannon, R.L. (2015). Editorial perspective: Defining neurofeedback and its functional processes. *NeuroRegulation*, *2*(2), 60-69. <https://doi.org/10.15540/nr.2.2.60>
- Cerrillo-Urbina, A.J., García-Hermoso, A., Martínez-Vizcaíno, V., Pardo-Guijarro, M.J., Ruiz-Hermosa, A., & Sánchez-López, M. (2018). Prevalence of probable attention-deficit/hyperactivity disorder symptoms: Result from a Spanish sample of children. *BMC Pediatrics*, *18*(111), 1-7. <https://doi.org/10.1186/s12887-018-1083-1>
- Che, X., Jong-Hwan, C., & Shang, X. (2021). Comparative efficacy and acceptability of nonpharmacotherapy in the treatment of inattention for ADHD: A network meta-analysis. *Complexity*, *2021*, 1-14. <https://doi.org/10.1155/2021/9435262>
- Coch, D., & Daniel, D.B. (2020). Lost in translation: Educational psychologists as intermediaries between neuroscience and education. *Frontiers in Education*, *5*, 618464-618464. <https://doi.org/10.3389/feduc.2020.618464>
- Cosmo, C., Dibiasi, M., Lima, V., Grecco, L.C., Muszkat, M., Philip, N.S., & Sena, E.P. (2020). A systematic review of transcranial direct current stimulation effects in attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of Affective Disorders*, *276*, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2020.06.054>
- Dikker, S., Wan, L., Davidesco, I., Kaggen, L., Oostrik, M., McClintock, J., Rowland, J., Michalareas, G., Vanbavel, J.J., Ding, M., & Poeppel, D. (2017). Brain-to-brain synchrony tracks real-world dynamic group interactions in the classroom. *Current Biology*, *27*(9), 1375-1380. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.04.002>
- Evans, S.W., Owens, J.S., & Bunford, N. (2014). Evidence-based psychosocial treatments for children and adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of Clinical Child & Adolescent Psychology*, *43*(4), 527-551. <https://doi.org/10.1080/15374416.2013.850700>
- Ferrés, J., & Masanet, M. (2017). Communication efficiency in education: Increasing emotions and storytelling. [La eficacia comunicativa en la educación: Potenciando las emociones y el relato]. *Comunicar*, *52*, 51-60. <https://doi.org/10.3916/C52-2017-05>
- Francés, L., Quintero, J., Fernández, A., Ruiz, A., Caules, J., Fillon, G., Hervás, A., & Soler, C.V. (2022). Current state of knowledge on the prevalence of neurodevelopmental disorders in childhood according to the DSM-5: a systematic review in

- accordance with the PRISMA criteria. *Child and Adolescent Psychiatry and Mental Health*, 16, 1-15. <https://doi.org/10.1186/s13034-022-00462-1>
- Gavin, B., Twomey, C., Minihan, E., O'reilly, G., & Mcnicholas, F. (2023). Parenting interventions, ADHD and homework: a systematic review. *Irish Educational Studies*, (pp. 1-21). <https://doi.org/10.1080/03323315.2023.2174572>
- González-Rodríguez, D., Vieira, M.J., & Vidal, J. (2019). La percepción del profesorado de Educación Primaria y Educación Secundaria sobre las variables que influyen en el Abandono Escolar Temprano. *Revista de Investigación Educativa*, 37(1), 181-200. <https://doi.org/10.6018/rie.37.1.343751>
- Goode, A.P., Coeytaux, R.R., Maslow, G.R., Davis, N., Hill, S., Namdari, B., Lapointe, N.M.A., Befus, D., Lallinger, K.R., Bowen, S.E., Kosinski, A., Mcbroom, A.J., Sanders, G.D., & Kemper, A.R. (2018). Nonpharmacologic treatments for attention-deficit/hyperactivity disorder: A systematic review. *Pediatrics*, (6), 141-141. <https://doi.org/10.1542/peds.2018-0094>
- Gossé, L.K., Bell, S.W., & Hosseini, S.M. (2021). Functional near-infrared spectroscopy in developmental psychiatry: a review of attention deficit hyperactivity disorder. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*, 272, 273-290. <https://doi.org/10.1007/s00406-021-01288-2>
- Graziano, P.A., Fabiano, G., Willoughby, M.T., Waschbusch, D., Morris, K., Schatz, N., & Vujnovic, R. (2017). Callous-unemotional traits among adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD): Associations with parenting. *Child Psychiatry & Human Development*, 48, 18-31. <https://doi.org/10.1007/s10578-016-0649-0>
- Guan-Lim, C., Lim-Ashworth, N.S., & Fung, D.S. (2020). Updates in technology-based interventions for attention deficit hyperactivity disorder. *Current Opinion in Psychiatry*, 33(6), 577-585. <https://doi.org/10.1097/YCO.0000000000000643>
- Hodgson, K., Hutchinson, A.D., & Denson, L. (2014). Nonpharmacological treatments for ADHD: a meta-analytic review. *Journal of Attention Disorders*, 18(4), 275-282. <https://doi.org/10.1177/1087054712444732>
- Hurtado-Parrado, C., Pfaller-Sadovsky, N., Medina, L., Gayman, C.M., Rost, K.A., & Schoffill, D. (2022). A systematic review and quantitative analysis of interteaching. *Journal of Behavioral Education*, 31, 157-185. <https://doi.org/10.1007/s10864-021-09452-3>
- Janssen, T.W., Grammer, J.K., Bleichner, M.G., Bulgarelli, C., Davidesco, I., Dikker, S., Jasinska, K.K., Siugzdaitė, R., Vassena, E., Vataki, A., Zion-Golumbic, E., & Van-Atteveldt, N. (2021). Opportunities and limitations of mobile neuroimaging technologies in educational neuroscience. *Mind, Brain, and Education*, 15(4), 354-370. <https://doi.org/10.1111/mbe.12302>
- Krell, J., Todd, A., & Dolecki, P.K. (2019). Bridging the gap between theory and practice in neurofeedback training for attention. *Mind, Brain, and Education*, 13, 246-260. <https://doi.org/10.1111/mbe.12220>
- Kruppa, J.A., Reindl, V., Gerloff, C., Weiss, E.O., Prinz, J., Herpertz-Dahlmann, B., Konrad, K., & Schulte-Rüther, M. (2021). Brain and motor synchrony in children and adolescents with ASD-a fNIRS hyperscanning study. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 16(1-2), 103-116. <https://doi.org/10.1093/scan/nsaa092>
- Kuznetsova, E., Veilahiti, A.V.P., Akhundzadeh, R., Radev, S., Konicar, L., & Cowley, B.U. (2022). Evaluation of neurofeedback learning in patients with ADHD: A systematic review. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 48, 1-15. <https://doi.org/10.1007/s10484-022-09562-2>
- Leisman, G. (2023). Neuroscience in education: a bridge too far or one that has yet to be built: introduction to the "Brain goes to school. *Brain Science*, 13(1). <https://doi.org/10.3390/brainsci13010040>
- Lipka, R., Ahlers, E., Reed, T.L., Karstens, M.L., Nguyen, V., Bajbouj, M., & Kadosh, R.C. (2021). Resolving heterogeneity in transcranial electrical stimulation efficacy for attention deficit hyperactivity disorder. *Experimental Neurology*, 337. <https://doi.org/10.1016/j.expneurol.2020.113586>
- Liu, J., Zhang, R., Geng, B., Zhang, T., Yuan, D., Otani, S., & Li, X. (2019). Interplay between prior knowledge and communication mode on teaching effectiveness: interpersonal neural synchronization as a neural marker. *NeuroImage*, 193, 93-102. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.03.004>
- Lu, K., Qiao, X., Yun, Q., & Hao, N. (2021). Educational diversity and group creativity: Evidence from fNIRS hyperscanning. *NeuroImage*, 243, 118564-118564. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2021.118564>
- Márquez, C., & Indarramendi, C. (2022). La prevención del fracaso escolar en educación secundaria desde el programa de mejora del rendimiento y del aprendizaje. *Revista Internacional de Educación para la Justicia Social*, 11(1), 157-173. <https://doi.org/10.15366/riejs2022.11.1.009>
- Meisel, V., Servera, M., García-Banda, G., Cardo, E., & Moreno, I. (2014). 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>
- Ministerio de Educación y Formación Profesional (Ed.) (2021). *Datos y cifras. Curso escolar 2021-2022: Informe español. Secretaría General Técnica*. <https://bit.ly/3L0VNYq>
- Ministerio de Educación y Formación Profesional (Ed.) (2023). *Neurociencia aplicada a la educación*. <https://bit.ly/3SREvAU>
- Moreno-García, I., Cano-Crespo, A., & Rivera, F. (2022). Results of neurofeedback in treatment of children with ADHD: A systematic review of randomized controlled trials. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 47, 145-181. <https://doi.org/10.1007/s10484-022-09547-1>
- Nam, C.S., Choo, S., Huang, J., & Park, J. (2020). Brain-to-brain neural synchrony during social interactions: A systematic review on hyperscanning studies. *Applied Sciences*, 10(19), 6669-6669. <https://doi.org/10.3390/app10196669>
- Nejati, V., Rasanian, A.H.H., Rad, J.A., Alavi, M.M., Haghi, S., & Nitsche, M.A. (2022). Transcranial direct current stimulation (tDCS) alters the pattern of information processing in children with ADHD: Evidence from drift diffusion modeling. *Neurophysiologie Clinique*, 52(1), 17-27. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2021.11.005>
- Nigg, J.T. (2017). Annual Research Review: On the relations among self-regulation, self-control, executive functioning, effortful control, cognitive control, impulsivity, risk-taking, and inhibition for developmental psychopathology. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 58(4), 361-383. <https://doi.org/10.1111/jcpp.12675>

- Page, M.J., McKenzie, J.E., Bossuyt, P.M., Boutron, I., Hoffmann, T.C., Mulrow, C.D., & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *International Journal of Surgery, 88*. <https://doi.org/10.1016/j.ijso.2021.105906>
- Patil, A.U., Madathil, D., Fan, Y.T., Tzeng, O.J., Huang, C.M., & Huang, H.W. (2022). Neurofeedback for the education of children with ADHD and specific learning disorders: A Review. *Brain Sciences, 12*(9), 1238-1238. <https://doi.org/10.3390/brainsci12091238>
- Quintero, J., & Castaño-De-La-Mota, C. (2014). Introducción y etiopatogenia del trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDA-H). *Pediatría integral, 18*, 600-608. <https://bit.ly/3yjkjPy>
- Razoki, B. (2018). Neurofeedback versus psychostimulants in the treatment of children and adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder: a systematic review. *Neuropsychiatric Disease and Treatment, 14*, 2905-2913. <https://doi.org/10.2147/NDT.S178839>
- Rubio, B., Boes, A.D., Laganieri, S., Rotenberg, A., Jeurissen, D., & Leone, A. (2016). Noninvasive brain stimulation in pediatric attention-deficit hyperactivity disorder (ADHD) a review. *Journal of Child Neurology, 31*(6), 784-796. <https://doi.org/10.1177/0883073815615672>
- Rusca-Jordán, F., & Cortez-Vergara, C. (2020). Trastorno por déficit de atención con hiperactividad (TDA-H) en niños y adolescentes. Una revisión clínica. *Revista de Neuro-Psiquiatría, 83*(3), 148-156. <https://doi.org/10.20453/rnp.v83i3.3794>
- Salehinejad, M.A., Nejati, V., Mosayebi-Samani, M., Mohammadi, A., Wischniewski, M., Kuo, M.F., Avenanti, A., Vicario, C.M., & Nitsche, M.A. (2020). Transcranial direct current stimulation in ADHD: A systematic review of efficacy, safety, and protocol-induced electrical field modeling results. *Neuroscience Bulletin, 36*, 1191-1212. <https://doi.org/10.1007/s12264-020-00501-x>
- Schlechter, F., Calzado, I.W., Siemann, J., Krauel, K., Pereira, H.C., Luckhardt, C., Salvador, R., Puonti, O., Dempfle, A., & Siniatchkin, M. (2023). Personalized transcranial direct current stimulation at home in patients with ADHD: feasibility and efficacy. *Brain Stimulation: Basic, Translational, and Clinical Research in Neuromodulation, 16*(1), 199-200. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2023.01.255>
- Sibley, M.H., Kuriyan, A.B., Evans, S.W., Waxmonsky, J.G., & Smith, B.H. (2014). Pharmacological and psychosocial treatments for adolescents with ADHD: An updated systematic review of the literature. *Clinical Psychology Review, 34*(3), 218-232. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2014.02.001>
- Siciliano, R., Hirata, Y., & Kelly, S.D. (2016). Electrical stimulation over left inferior frontal gyrus disrupts hand gesture's role in foreign vocabulary learning. *Educational Neuroscience, 1*, 2377616116652402. <https://doi.org/10.1177/2377616116652402>
- Sierawska, A., Prehn-Kristensen, A., Moliadze, V., Krauel, K., Nowak, F., Freitag, C.M., Siniatchkin, M., & Buyx, A. (2019). Unmet Needs in children with attention deficit hyperactivity disorder-can transcranial direct current stimulation fill the gap? Promises and ethical challenges. *Frontiers in Psychiatry, 10*. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2019.00334>
- Simoes, E.M., & Nogaro, A. (2019). Ética, neuroética y prácticas de enseñanza. *Revista Bioética, 27*(2), 268-75. <https://doi.org/10.1590/1983-80422019272309>
- Sjövall, D., Roth, L., Lindqvist, S., & Thorell, L.B. (2013). Multiple deficits in ADHD: Executive dysfunction, delay aversion, reaction time variability, and emotional deficits. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 54*(6), 619-627. <https://doi.org/10.1111/jcpp.12006>
- Smith, V., Devane, D., Begley, C.M., & Clarke, M. (2011). Methodology in conducting a systematic review of systematic reviews of healthcare interventions. *BMC Medical Research Methodology, 11*, 1-6. <https://doi.org/10.1186/1471-2288-11-15>
- Soroa, M., Gorostiaga, A., & Balluerka, N. (2016). Conocimiento de los docentes sobre el TDA-H: Relevancia de la formación y de las percepciones individuales. *Revista de Psicodidáctica, 21*(2), 205-226. <https://doi.org/10.1387/RevPsicodidact.14023>
- Steiner, N.J., Frenette, E.C., Rene, K.M., Brennan, R.T., & Perrin, E.C. (2014). In-school neurofeedback training for ADHD: Sustained improvements from a randomized control trial. *Pediatrics, 133*(3), 483-492. <https://doi.org/10.1542/peds.2013-2059>
- Sudnawa, K.K., Chirdkiatgumchai, V., Ruangdaraganon, N., Khongkhatithum, C., Udomsubpayakul, U., Jirayucharoensak, S., & Israsena, P. (2018). Effectiveness of neurofeedback versus medication for attention-deficit/hyperactivity disorder. *Pediatrics International, 60*(9), 828-834. <https://doi.org/10.1111/ped.13641>
- Van-Doren, J., Arns, M., Heinrich, H., Vollebregt, M.A., Strehl, U., & Loo, S. (2019). Sustained effects of neurofeedback in ADHD: a systematic review and meta-analysis. *European Child & Adolescent Psychiatry, 28*, 293-305. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2013.11.013>
- Weinstein, C.S. (1994). Cognitive remediation strategies: An adjunct to the psychotherapy of adults with attention-deficit hyperactivity disorder. *The Journal of Psychotherapy Practice and Research, 3*(1), 44-57. <https://bit.ly/3F8A8MN>
- Willis, W.G., Weyandt, L.L., Lubiner, A.G., & Schubart, C.D. (2011). Neurofeedback as a treatment for attention-deficit/hyperactivity disorder: A systematic review of evidence for practice. *Journal of Applied School Psychology, 27*(3), 201-227. <https://doi.org/10.1080/15377903.2011.590746>
- Zhang, L., Xu, X., Li, Z., Chen, L., & Feng, L. (2022). Interpersonal neural synchronization predicting learning outcomes from teaching-learning interaction: A meta-analysis. *Frontiers in Psychology, 637*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.835147>