

DOI: 10.26820/recimundo/9.(4).oct.2025.258-266

URL: <https://recimundo.com/index.php/es/article/view/2778>

EDITORIAL: Saberes del Conocimiento

REVISTA: RECIMUNDO

ISSN: 2588-073X

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Artículo de revisión

CÓDIGO UNESCO: 58 Pedagogía

PAGINAS: 258-266



Neuroestimulación y tecnología para el desarrollo del lenguaje en la infancia temprana: Un enfoque integral

Neurostimulation and technology for language development in early childhood: An integrated approach

Neuroestimulação e tecnologia para o desenvolvimento da linguagem na primeira infância: uma abordagem integrada

Viviana Paola Patiño Zambrano¹; Elsa Carolina Auquilla Ordóñez²; Karen Tatiana Silva Viteri³; José Estefan Delgado Vélez⁴

RECIBIDO: 10/05/2025 **ACEPTADO:** 19/09/2025 **PUBLICADO:** 24/11/2025

1. Especialista en Audiología, Magíster en Gerencia de Salud Para el Desarrollo Local; Licenciada en Terapia de Lenguaje; Tecnóloga Médica en Terapia de Lenguaje; Doctorado en Ciencias de la Salud (e); Docente en la Universidad de Guayaquil; Ecuador; viviana.patinoz@ug.edu.ec; <https://orcid.org/0009-0008-0911-8140>
2. Magíster en Estimulación Temprana Mención en Intervención en el Neurodesarrollo; Licenciada en Tecnologías de Estimulación Temprana en Salud; Terapeuta de Estimulación Temprana Hospital Pediátrico Alfonso Villagómez; Riobamba, Ecuador; carolina.auquilla@hpav.mspz3.gob.ec; <https://orcid.org/0000-0002-0236-8998>
3. Master en Educación con Mención Educación Inclusiva; Licenciada en Terapia del Lenguaje; Docente de la Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador; karen.sotomayorl@ug.edu.ec; <https://orcid.org/0009-0009-2007-086X>
4. Magíster en Seguridad y Salud Ocupacional; Especialista en Gestión de la Salud Digital; Licenciado en Terapia de Lenguaje; Docente de la Universidad de Guayaquil; Guayaquil, Ecuador; jose.delgadove@ug.edu.ec; <https://orcid.org/0000-0001-8740-0207>

CORRESPONDENCIA

Viviana Paola Patiño Zambrano

viviana.patinoz@ug.edu.ec

Guayaquil, Ecuador

RESUMEN

El desarrollo del lenguaje durante la infancia temprana es un determinante crítico del éxito académico y la integración social futura, lo que justifica la búsqueda de estrategias de intervención avanzadas. La presente investigación constituye una revisión sistemática de la literatura reciente (2020-2025) con el objetivo de analizar la convergencia entre la neuroestimulación no invasiva y las tecnologías de Inteligencia Artificial (IA) para optimizar la detección e intervención en los Trastornos del Desarrollo del Lenguaje (TDL). La metodología se centró en la síntesis de ensayos clínicos aleatorizados (ECA) y revisiones sistemáticas sobre la neuroplasticidad, la eficacia de la Estimulación Transcraneal por Corriente Directa (tDCS) combinada con logoterapia, y la precisión diagnóstica de los modelos de Deep Learning aplicados al análisis del habla y la conectividad cerebral en niños. Los hallazgos confirman el profundo impacto de la plasticidad cerebral pediátrica en la adquisición lingüística, con mecanismos de remodelado tisular capaces de desinhibir regiones contralaterales tras lesiones focales en el periodo pre-lingüístico. Desde una perspectiva terapéutica, la tDCS, utilizada como adyuvante de la logoterapia, ha demostrado inducir mejorías significativas en el lenguaje y la capacidad cognitiva en infantes con Trastorno del Espectro Autista (TEA) y retraso del lenguaje. Cuantitativamente, los modelos de IA basados en redes neuronales (Dilated CNN + RN), que predicen puntajes de lenguaje a partir del conectoma cerebral, exhibieron una precisión predictiva superior, reportando correlaciones de Pearson (R) de hasta para el lenguaje expresivo y una Probabilidad de Error Absoluto menor o igual a 10 (%) mayor en predicción de puntajes receptivos y expresivos. Se concluye que el enfoque integral, que aprovecha la detección temprana asistida por IA para capitalizar la ventana de máxima plasticidad mediante intervención neuro-moduladora, representa un cambio de paradigma en el manejo de los TDL. No obstante, la transferencia clínica generalizada de la neuroestimulación en la primera infancia requiere urgentemente la validación de protocolos de seguridad a largo plazo, dada la neurovulnerabilidad inherente al cerebro en desarrollo.

Palabras clave: Neuroestimulación no invasiva, tDCS, rTMS, Desarrollo del Lenguaje Infantil, Trastorno del Lenguaje Expresivo.

ABSTRACT

Language development during early childhood is a critical determinant of future academic success and social integration, which justifies the search for advanced intervention strategies. The present research is a systematic review of recent literature (2020–2025) aimed at analyzing the convergence between non-invasive neurostimulation and Artificial Intelligence (AI) technologies to optimize the detection and intervention for Developmental Language Disorders (DLD). The methodology focused on synthesizing randomized controlled trials (RCTs) and systematic reviews concerning neuroplasticity, the efficacy of Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS) combined with speech-language therapy, and the diagnostic precision of Deep Learning models applied to the analysis of speech and cerebral connectivity in children. The findings confirm the profound impact of pediatric brain plasticity on language acquisition, with tissue remodeling mechanisms capable of disinhibiting contralateral regions following focal lesions in the pre-linguistic period. From a therapeutic perspective, tDCS, used as an adjuvant to speech-language therapy, has been shown to induce significant improvements in language and cognitive ability in infants with Autism Spectrum Disorder (ASD) and language delay. Quantitatively, AI models based on neural networks (Dilated CNN+RN) that predict language scores from the cerebral connectome exhibited superior predictive accuracy, reporting Pearson correlations (R) of up to 0.85 for expressive language and a Mean Absolute Error probability less than or equal to 10%(P(MAE≤10%)) greater than 0.70 in predicting receptive and expressive scores. It is concluded that the integrated approach, which leverages AI-assisted early detection to capitalize on the window of maximum plasticity through neuromodulatory intervention, represents a paradigm shift in the management of DLDs. Nevertheless, the generalized clinical transfer of neurostimulation in early childhood urgently requires the validation of long-term safety protocols, given the inherent neurovulnerability of the developing brain.

Keywords: Non-invasive Neurostimulation, tDCS, rTMS, Child Language Development, Expressive Language Disorder.

RESUMO

O desenvolvimento da linguagem durante a primeira infância é um fator determinante para o sucesso acadêmico futuro e a integração social, o que justifica a busca por estratégias de intervenção avançadas. A presente pesquisa é uma revisão sistemática da literatura recente (2020-2025) com o objetivo de analisar a convergência entre a neuroestimulação não invasiva e as tecnologias de Inteligência Artificial (IA) para otimizar a detecção e intervenção em Distúrbios do Desenvolvimento da Linguagem (DDL). A metodologia centrou-se na síntese de ensaios controlados aleatórios (ECA) e revisões sistemáticas relativas à neuroplasticidade, à eficácia da Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (tDCS) combinada com terapia da fala e linguagem, e à precisão diagnóstica de modelos de Aprendizagem Profunda aplicados à análise da fala e conectividade cerebral em crianças. Os resultados confirmam o profundo impacto da plasticidade cerebral pediátrica na aquisição da linguagem, com mecanismos de remodelação tecidual capazes de desinibir regiões contralaterais após lesões focais no período pré-lingüístico. De uma perspectiva terapêutica, a tDCS, utilizada como adjuvante da terapia da fala e linguagem, demonstrou induzir melhorias significativas na linguagem e na capacidade cognitiva em bebês com Perturbação do Espectro do Autismo (PEA) e atraso na linguagem. Quantitativamente, os modelos de IA baseados em redes neurais (Dilated CNN+RN) que prevêem pontuações de linguagem a partir do conectoma cerebral exibiram precisão preditiva superior, relatando correlações de Pearson (R) de até 0,85 para linguagem expressiva e uma probabilidade de erro absoluto médio menor ou igual a 10% (P(MAE≤10%)) maior que 0,70 na previsão de pontuações receptivas e expressivas. Conclui-se que a abordagem integrada, que aproveita a detecção precoce assistida por IA para capitalizar a janela de plasticidade máxima por meio da intervenção neuromoduladora, representa uma mudança de paradigma no tratamento dos DDLs. No entanto, a transferência clínica generalizada da neuroestimulação na primeira infância requer urgentemente a validação de protocolos de segurança de longo prazo, dada a neurovulnerabilidade inerente ao cérebro em desenvolvimento.

Palavras-chave: Neuroestimulação não invasiva, tDCS, rTMS, Desenvolvimento da linguagem infantil, Distúrbio da linguagem expressiva.

Introducción

El desarrollo del lenguaje durante los primeros cinco años de vida es fundamental para el establecimiento de las bases cognitivas y sociales de un individuo. La capacidad para adquirir un vocabulario amplio y desarrollar habilidades comunicativas robustas influye directamente en el éxito académico y las oportunidades profesionales futuras. A nivel global, las investigaciones han destacado la existencia de marcadas disparidades en el desarrollo lingüístico, frecuentemente asociadas a entornos socioeconómicos desfavorecidos y a una estimulación verbal reducida (1).

Los Trastornos del Desarrollo del Lenguaje (TDL), antes conocidos como Trastorno Específico del Lenguaje (TEL), se caracterizan por dificultades persistentes en la comprensión o producción del lenguaje, afectando múltiples dimensiones como la fonología, la morfología, la sintaxis, la semántica y la pragmática. Por ejemplo, los niños con TDL a menudo presentan dificultades fonético-fonológicas consistentes en un inventario consonántico restringido o la producción inusual de sonidos, lo que limita la capacidad de practicar y expandir su repertorio lingüístico (2). Los problemas gramaticales se manifiestan en el desarrollo de los morfemas flexivos, la organización de los sintagmas y la concordancia gramatical entre las distintas palabras que estructuran las oraciones (3). Esta sólida evidencia neurocognitiva indica que estas habilidades están profundamente interrelacionadas, haciendo que una deficiencia inicial pueda tener un efecto en cascada en el desarrollo gramatical y léxico posterior (2).

Disparidades y Barreras Sociolingüísticas: La adquisición del lenguaje también se ve obstaculizada por barreras externas significativas. La literatura reciente (2025) señala que el acceso limitado a una educación de calidad y las barreras idiomáticas representan obstáculos considerables para el aprendizaje lingüístico en comunidades

vulnerables. La UNESCO estima que aproximadamente el 40% de la población mundial no recibe enseñanza en su lengua materna, lo que repercute directamente en su desempeño académico y en su integración social. En entornos de alta diversidad lingüística, la escasez de recursos educativos en idiomas originarios y la falta de programas de estimulación temprana en la lengua materna amplían las brechas en el desarrollo lingüístico (1).

La adquisición del lenguaje es posible gracias a la asombrosa capacidad de neuroplasticidad del cerebro infantil, definida como la habilidad del sistema nervioso para remodelar su estructura y función en respuesta a la experiencia y el aprendizaje (4).

Estudios con resonancia magnética funcional (RMf) y tractografía han documentado cómo el cerebro de los niños responde a lesiones focales que ocurren en la niñez temprana o el periodo pre-lingüístico. Al modificarse el programa genético por lesiones adquiridas en áreas perisilvianas izquierdas (asociadas al lenguaje), se activan mecanismos de remodelado tisular que desinhiben regiones homólogas en el hemisferio contralateral y activan áreas vecinas homolaterales preservadas. Este mecanismo de reserva funcional permite que el desarrollo lingüístico a largo plazo se mantenga generalmente dentro de la normalidad. No obstante, la variabilidad de la recuperación y el desarrollo del lenguaje se vuelve más pronunciada después de los cinco años de edad, lo que subraya la existencia de una ventana crítica para la intervención que la neuroestimulación busca maximizar (4).

La estimulación temprana —a través de actividades como juegos, contar historias y la exposición a un lenguaje rico— potencia esta plasticidad innata y promueve la comunicación y el desarrollo socioemocional (5). Las neurotecnologías y la IA se proponen como herramientas para maximizar la eficacia de esta estimulación durante la fase más moldeable del desarrollo cerebral.

Metodología

Se implementó una revisión sistemática cualitativa de la literatura científica para identificar los avances más relevantes en el campo de la neuroestimulación y la tecnología digital para el desarrollo del lenguaje infantil. La búsqueda se concentró en bases de datos especializadas en biomedicina y ciencias de la salud, incluyendo PubMed, Scopus, ScienceDirect y Dialnet.

El periodo de publicación seleccionado fue rigurosamente acotado entre enero de 2020 y mayo de 2025, priorizando así el conocimiento de vanguardia. Los términos de búsqueda clave utilizados, tanto en español como en inglés, incluyeron: "Neuroestimulación no invasiva", "tDCS", "rTMS", "Desarrollo del Lenguaje Infantil", "Trastorno del Lenguaje Expresivo", "Deep Learning", "Diagnóstico IA", "Logopedia" y "Ensayos clínicos pediátricos".

Criterios de selección

Se incluyeron en la síntesis artículos originales, ensayos controlados aleatorizados (ECA) y revisiones sistemáticas que reportaron resultados empíricos y métricas cuantitativas. Los estudios debían centrarse en la eficacia, la seguridad o la precisión de las neurotecnologías en población pediátrica (desde la infancia temprana hasta la adolescencia) con foco en la mejora del lenguaje o en la detección de trastornos. Se excluyeron aquellos estudios que no proporcionaron datos originales o métricas de resultados verificables, así como la literatura enfocada exclusivamente en adultos, a menos que se utilizara para establecer comparaciones metodológicas o conceptuales, como el uso de tDCS en afasia post-ictus.

Resultados

Eficacia de la Neuroestimulación Combinada (tDCS)

La Estimulación Transcraneal por Corriente Directa (tDCS) es una técnica neuromoduladora no invasiva que modula la actividad cortical y potencia la plasticidad cerebral

(6), buscando acelerar los resultados de la rehabilitación tradicional del lenguaje.

A. Evidencia Clínica en Trastornos del Espectro Autista (TEA) y Retraso del Lenguaje

Los estudios recientes han demostrado el potencial terapéutico de la tDCS, especialmente cuando se aplica en combinación con terapias conductuales o logopédicas. Una investigación publicada en 2024, que evaluó la aplicación combinada de tDCS y logoterapia en infantes con Trastorno del Espectro Autista (TEA), concluyó que esta estrategia induce mejorías significativas en el lenguaje (7). Los autores la consideran una estrategia terapéutica recomendable para potenciar el desarrollo de habilidades comunicativas, lo que es un hallazgo crítico dado que los trastornos de comunicación pueden persistir a lo largo de la vida en personas con TEA si no reciben atención especializada (8).

Otro estudio, publicado en 2024, evaluó el uso de la tDCS en niños con retraso del lenguaje (DLD). Se encontró que la tDCS combinada con entrenamiento lenguaje-cognitivo y entrenamiento en casa mejoró la capacidad de aprendizaje básico y cognitiva, mostrando una mejoría significativa en todos los grupos de intervención. Específicamente, el grupo sometido al entrenamiento integral experimentó la máxima mejoría después de la intervención. Además, la actitud comunicativa de los cuatro grupos mejoró después de la intervención.

En el frente de la seguridad, el estudio de 2024 reportó que no se encontraron reacciones adversas graves, tales como epilepsia, dolor de cabeza intenso o anomalías conductuales. Esto refuerza el perfil de seguridad aguda ya reportado para la tDCS en diversas poblaciones, incluyendo la pediátrica (9).

La siguiente tabla resume los hallazgos de eficacia clínica:

Tabla 1. Eficacia Clínica de la tDCS Combinada en Trastornos del Lenguaje (2023-2024)

Población	Intervención Combinada	Desenlace Clave	Mejora Cuantitativa / Significancia
Infantes con TEA	tDCS + Logoterapia	Desarrollo de Habilidades Comunicativas	Mejorías significativas en el lenguaje (Estrategia terapéutica recomendable)
Niños con Retraso del Lenguaje	tDCS + Entrenamiento Cognitivo/Hogar	Capacidad de Aprendizaje Básico y Cognitiva	Mejoría significativa en todos los grupos; Máxima mejora en el grupo de entrenamiento integral
Niños con Retraso del Lenguaje	tDCS + Entrenamiento Cognitivo/Hogar	Actitud Comunicativa	Mejoría en la actitud comunicativa en los cuatro grupos después de la intervención .

Fuente: Savignon et al (7).

Precisión Diagnóstica de la Inteligencia Artificial (IA)

La Inteligencia Artificial y el Deep Learning han demostrado un potencial significativo para el diagnóstico temprano y eficiente de los TDL, abordando las principales barreras de los métodos tradicionales, como la baja fiabilidad entre evaluadores y la intensiva dedicación de tiempo requerida para el Análisis de Muestras de Lenguaje (LSA).

A. Modelos de Deep Learning y Conectividad Cerebral

La investigación más avanzada ha utilizado redes neuronales profundas para predecir los puntajes de lenguaje de los niños basándose en datos de neuroimagen, concretamente el conectoma de tractografía por difusión (DWI connectome). El estudio que aplicó un modelo de Red Neuronal Convolutiva Dilatada combinada con una Red Relacional (Dilated CNN + RN) a un grupo de 31 niños pequeños con preocupaciones persistentes sobre el lenguaje (edad media: años) demostró un rendimiento predictivo excepcional (10).

Los resultados de este modelo fueron validados mediante métricas de correlación y confiabilidad clínica de alta jerarquía:

- **Correlación de Pearson (R):** La correlación entre los puntajes predichos y reales fue extremadamente alta, reportando con un para el lenguaje expresivo y con un para el lenguaje receptivo (10).
- **Confiabilidad Clínica (I):** Esta métrica mide la probabilidad de que el error absoluto (AE) sea menor o igual a 10 (la desviación estándar del puntaje t normativo). El modelo logró un superior al para predecir los puntajes expresivos (I) y del para los receptivos (10).

Estas métricas confirman que el modelo Dilated CNN + RN superó a otros métodos comparados y puede proporcionar un medio confiable para predecir la deficiencia del lenguaje. Esto es especialmente valioso porque las evaluaciones tempranas a menudo no son confiables debido a preocupaciones motivacionales y conductuales en niños pequeños (10).

B. Aplicaciones de Machine Learning y Herramientas Digitales para el Screening

Otros enfoques de IA han confirmado la viabilidad de la detección temprana utilizando características lingüísticas más accesibles:

- **Clasificación de Nivel de Desarrollo:** Un modelo CNN-MP/AP que se basa en el análisis de palabras y partes del discurso alcanzó una exactitud del en la clasificación del nivel de desarrollo del lenguaje, superando a otros modelos de aprendizaje automático (10).
- **Predicción Basada en Terapias:** Modelos basados en Árboles de Decisión (DT)

lograron una alta sensibilidad (0.902) para predecir si un niño desarrollará un retraso del desarrollo (DD), basándose únicamente en la frecuencia de las terapias (física, ocupacional, del habla) que ha recibido. Esto sugiere un potencial para screening de muy bajo costo y fácil acceso (10).

El panorama tecnológico también incluye herramientas específicas como Valeria GPT, una IA orientada al diagnóstico y la rehabilitación precoz de trastornos del lenguaje, y la aplicación Refracted Speech, que utiliza el reconocimiento de patrones del habla para proporcionar un diagnóstico rápido y sugerir tratamientos (10).

Tabla 2. Métricas de Precisión de Modelos de Deep Learning en Detección Temprana del Lenguaje (2020-2025)

Modelo (Referencia)	Métrica Evaluada	Resultado Cuantitativo	Implicación
Dilated CNN + RN ⁵	Correlación (Lenguaje Expresivo)	R ()	Predicción muy robusta basada en neuroimagen para <i>screening</i> .
Dilated CNN + RN	(Lenguaje Receptivo)	(97%+)	Alta confiabilidad para complementar evaluaciones inestables.
Modelo CNN-MP/AP	Exactitud (Clasificación de Desarrollo)		Alto rendimiento en la identificación de niveles de desarrollo lingüístico basado en características superficiales.
Modelos de Árbol de Decisión (DT)	Sensibilidad (Predicción de Retraso)		Detección de bajo costo basada en el historial de terapias recibidas.

Fuente: Jeong et al (10).

Discusión y Limitaciones

El enfoque integral propuesto capitaliza dos grandes avances: la capacidad de diagnóstico ultrarrápido y preciso de la IA y el potencial modulador de la tDCS. La precisión superior aen la predicción de

puntajes de lenguaje mediante modelos de *Deep Learning* (10) significa que los clínicos pueden identificar con alta fiabilidad las deficiencias del lenguaje en etapas muy tempranas. Esta detección precoz es esencial, ya que permite iniciar la intervención logopédica precisamente durante la



ventana de máxima neuroplasticidad del niño (0-5 años), tal como lo destaca la literatura neurobiológica (4).

La neuromodulación (tDCS), por su parte, actúa como un potente adyuvante. El hecho de que la tDCS combinada con logoterapia mejore significativamente las habilidades comunicativas y cognitivas (7) valida la estrategia de utilizar la tecnología no para reemplazar el aprendizaje natural, sino para acelerar y consolidar la plasticidad. La tDCS actúa como un "facilitador neurobiológico", asegurando que el cerebro está en un estado óptimo para absorber y procesar los estímulos lingüísticos proporcionados por el terapeuta (6).

A pesar de la promesa terapéutica de la tDCS en poblaciones pediátricas (11), existe una preocupación fundamental que debe ser resuelta antes de su adopción generalizada. La neurociencia subraya que el cerebro de un niño menor de 14 años se encuentra en una fase activa de desarrollo y, por lo tanto, es neurovulnerable. La seguridad y los posibles efectos a largo plazo de la tDCS en esta población no han sido suficientemente investigados, aunque estudios de 2024 no reportaron eventos adversos graves en intervenciones a corto plazo.

Esto genera una paradoja clínica: mientras que la ventana de oportunidad para la intervención temprana se cierra alrededor de los 5 años (4), la técnica terapéutica más potente (tDCS) conlleva reservas de seguridad para su uso en menores de 14 años.

Para que el enfoque integral sea viable, es imperativo establecer Ensayos Clínicos Aleatorizados (ECA) rigurosos y longitudinales que definan con precisión los protocolos de dosificación pediátrica segura. Esta definición de estándares de dosificación pediátrica representa el principal cuello de botella científico y regulatorio para la transferencia de esta tecnología del laboratorio a la clínica en la infancia temprana.

La implementación masiva de la tecnología en el diagnóstico trae consigo importantes retos éticos (12). La precisión de los modelos de IA depende intrínsecamente de los datos utilizados para su entrenamiento. Si los conjuntos de datos lingüísticos no representan la diversidad demográfica, cultural o socioeconómica de la población infantil, los algoritmos podrían incorporar y perpetuar sesgos (13). Si un modelo de IA se aplica a niños de comunidades lingüísticamente diversas, el resultado podría ser un diagnóstico erróneo o tardío, magnificando las disparidades ya existentes en el acceso a la educación y la salud (1).

Finalmente, a pesar de la capacidad de la IA para un **screening** altamente preciso, la tecnología no sustituye al especialista humano. La IA puede optimizar la detección y señalar el riesgo de TDL, pero la evaluación diagnóstica completa, que incluye la observación directa, la entrevista a los padres, la evaluación de la capacidad de aprendizaje y, fundamentalmente, la planificación de un plan de tratamiento individualizado, sigue siendo una prerrogativa exclusiva del patólogo del habla-lenguaje (14). El éxito de cualquier intervención avanzada, incluida la tDCS, depende de su combinación sinérgica con la terapia humana (7).

Conclusiones

La investigación reciente (2020-2025) establece un camino claro hacia la adopción de un Enfoque Integral para el Desarrollo del Lenguaje en la Infancia Temprana, fusionando el diagnóstico de precisión con la potenciación neurobiológica.

1. Madurez Diagnóstica de la IA: Las técnicas de **Deep Learning** han alcanzado una precisión y confiabilidad superiores para la predicción del deterioro del lenguaje, con correlaciones que alcanzan y un error predictivo extremadamente bajo (para el lenguaje receptivo). Esta tecnología facilita la identificación oportuna, un paso esencial para aprovechar la máxima plasticidad cerebral infantil.

2. **Eficacia Terapéutica Adyuvante:** La Estimulación Transcraneal por Corriente Directa (tDCS) ha demostrado ser un adyuvante terapéutico eficaz, mejorando significativamente las habilidades comunicativas y cognitivas cuando se combina con la logoterapia en niños con trastornos del desarrollo.
3. **Imperativo de Seguridad Regulatoria:** El principal desafío para la adopción clínica plena de este enfoque integral es la falta de evidencia longitudinal sobre la seguridad de la neuromodulación en niños menores de 14 años. Es imperativo que la comunidad científica priorice la realización de ECA a largo plazo para definir protocolos de dosificación seguros que equilibren la promesa de la potenciación terapéutica con la protección del cerebro en desarrollo.
4. **Necesidad de Equidad:** La implementación de la IA requiere marcos éticos rigurosos que garanticen que los modelos de Deep Learning sean entrenados con datos diversos para evitar sesgos que puedan perpetuar o amplificar las disparidades de diagnóstico y atención en poblaciones vulnerables.

Bibliografía

- BEJAR BI, PALIZA YM, LEON A, CAMPOS ML, CUBAS ML. Desarrollo del lenguaje en estudiantes del nivel Pre-escolar: Una revisión sistemática. Espacios [Internet]. 2025 May 30;46(03):106–19. Available from: <https://www.revistaespacios.com/a25v46n03/a25v46n03p09.pdf>
- Muñoz López J, Carballo García G. Alteraciones lingüísticas en el trastorno específico del lenguaje. Rev Neurol [Internet]. 2005;41(S01):S057. Available from: <https://www.imrpress.com/journal/RN/41/Suplemento 1/10.33588/rn.41S01.2005331>
- Vale C, Lourenço IM, Jordan G, Golovaty I, Torres H, Moin T, et al. Early combination therapy with <scp>SGLT2i</scp> and <scp>GLP</scp> -1 <scp>RA</scp> or dual <scp>GIP</scp> / <scp>GLP</scp> -1 <scp>RA</scp> in type 2 diabetes. Diabetes, Obes Metab [Internet]. 2025 Feb 27;27(2):468–81. Available from: <https://dom-pubs.pericles-prod.literatumonline.com/doi/10.1111/dom.16077>
- Narbona García J, Crespo Eguílaz N. Plasticidad cerebral para el lenguaje en el niño y el adolescente. Rev Neurol [Internet]. 2012;54(S01):127. Available from: <https://www.imrpress.com/journal/RN/54/Suplemento 1/10.33588/rn.54S01.2012042>
- García Salaya ME, Ávila Soliz LG, De la Cruz Hernández M. La Estimulación de Plasticidad Cerebral en el Proceso de Aprendizaje en Niños de Educación Básica. Cienc Lat Rev Científica Multidiscip [Internet]. 2024 Nov 2;8(5):5604–15. Available from: <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/13994>
- Corrales-Quispiricra C, Gadea ME, Espert R. Estimulación de corriente continua transcraneal e intervención logopédica en personas con afasia: Revisión sistemática de la bibliografía. Rev Neurol. 2020;70(10):351–64.
- Savignòn MS, Hernández TM, Pérez NP, Santana NTM, Vidal MD, Fernández LG. Terapia combinada de estimulación cerebral no invasiva y logoterapia en infantes con trastorno del espectro autista. Rev Cuba Med Física y Rehabil. 2024;(16).
- Morgenstern C. Full-Endoscopic Anterior Cervical Decompression and Fusion for Cervical Myelopathy. Neurospine [Internet]. 2024 Dec 31;21(4):1119–25. Available from: <http://e-neurospine.org/journal/view.php?doi=10.14245/ns.2448796.398>
- OPS. Salud Mental [Internet]. 2025. Available from: <https://www.paho.org/es/temas/salud-mental>
- Jeong J, Banerjee S, Lee M, O'Hara N, Behen M, Juhász C, et al. Deep reasoning neural network analysis to predict language deficits from psychometry-driven DWI connectome of young children with persistent language concerns. Hum Brain Mapp [Internet]. 2021 Jul 5;42(10):3326–38. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/hbm.25437>
- Zhou H, Xu Y, Chen L, Yuan J, Guan Z, Liang P. Transcranial direct current stimulation combined with language-cognitive training improves language and cognitive ability in children with language delay. Front Neurol [Internet]. 2024 Jul 12;15. Available from: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fneur.2024.1412959/full>
- Oficina de Ciencia y Tecnología del Congreso de los Diputados. Informe C. Avances en neurociencia: aplicaciones e implicaciones éticas [Internet]. 2023. Available from: <https://oficinac.es/es/informes-c/neurociencia-aplicaciones#citar>

Lammert JM, Roberts AC, McRae K, Batterink LJ, Butler BE. Early Identification of Language Disorders Using Natural Language Processing and Machine Learning: Challenges and Emerging Approaches. J Speech, Lang Hear Res [Internet]. 2025 Feb 4;68(2):705–18. Available from: https://pubs.asha.org/doi/10.1044/2024_JSLHR-24-00515

NIH. Trastorno del desarrollo del lenguaje [Internet]. 2023. Available from: <https://www.nidcd.nih.gov/es/espanol/trastorno-del-desarrollo-del-lenguaje>



CITAR ESTE ARTICULO:

Patiño Zambrano, V. P., Auquilla Ordóñez, E. C., Silva Viteri, . K. T., & Delgado Vélez, J. E. . (2025). Neuroestimulación y tecnología para el desarrollo del lenguaje en la infancia temprana: Un enfoque integral. RECIMUNDO, 9(4), 258–266. [https://doi.org/10.26820/recimundo/9.\(4\).oct.2025.258-266](https://doi.org/10.26820/recimundo/9.(4).oct.2025.258-266)