

Neuroeducación y equidad en la atención a diversidad visual del nivel preparatorio rural

Neuroeducation and equity in the attention to visual diversity at the rural preparatory level

Fátima Elizabeth Jaramillo Parra
fjaramillo@unemi.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0008-1245-3855>
Universidad Estatal de Milagro, Ecuador, Milagro

Lila del Rocio Pluas Pérez
lpluas@unemi.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0009-4191-8508>
Universidad Estatal de Milagro, Milagro, Ecuador

Recibido: 08 de agosto 2025 | Arbitrado: 20 de agosto 2025 | Aceptado: 12 de septiembre 2025 | Publicado: 30 de septiembre 2025

Palabras claves:

Neuroeducación,
Educación Rural,
Diversidad Visual,
Equidad Educativa,
Materiales Didácticos,
Formación Docente

Resumen

El estudio tuvo como objetivo implementar y evaluar un modelo didáctico neuroinformado y accesible para la atención de la diversidad visual en aulas rurales de nivel preparatorio. Se empleó una metodología cuasi-experimental con pretest y posttest en quince aulas, aplicando una intervención que integró principios neuroeducativos, materiales de bajo costo y evaluación formativa accesible. Los resultados mostraron mejoras prominentes en los indicadores de desarrollo cognitivo y lingüístico de los estudiantes con diversidad visual, una alta fidelidad en la implementación docente y la identificación de factores facilitadores y barreras contextuales. Se concluyó que el modelo demostró ser viable y efectivo para fortalecer los procesos de aprendizaje en contextos de escasos recursos, destacando la relevancia de la formación docente situada y la accesibilidad como ejes centrales para la equidad educativa en entornos rurales.

Keywords:

Neuroeducation, Rural
Education, Visual
Diversity, Educational
Equity, Teaching
Materials, Teacher
Training

Abstract

The study aimed to implement and evaluate a neuro-informed and accessible didactic model for addressing visual diversity in rural pre-primary classrooms. A quasi-experimental pretest-posttest methodology was employed across fifteen classrooms, applying an intervention that integrated neuroeducational principles, low-cost materials, and accessible formative assessment. The results showed prominent improvements in cognitive and linguistic development indicators among students with visual diversity, high implementation fidelity among teachers, and the identification of contextual facilitators and barriers. It was concluded that the model proved to be viable and effective for strengthening learning processes in low-resource contexts, highlighting the relevance of situated teacher training and accessibility as core pillars for educational equity in rural settings.

INTRODUCCIÓN

La educación inicial rural enfrenta tensiones entre cobertura y calidad, más difíciles cuando hay diversidad visual. En el nivel preparatorio, la baja conectividad, la escasez de materiales adaptados y las brechas de formación docente limitan aprendizajes y reproducen desigualdades. La neuroeducación, que integra neurociencia y didáctica, propone entornos sensibles al desarrollo, modulares y multicanal (visual-táctil-auditivo) para fortalecer codificación, atención y autorregulación en edades tempranas (Barén Vincés et al., 2021; Páez Cornejo & Agramonte, 2024; Pluas Pérez y Jaramillo Parra, 2025). Pero hacer más con menos exige atender infraestructura, formación y accesibilidad. Este estudio examina un modelo pedagógico equitativo y neuroinformado para diversidad visual en aulas rurales, con diseño instruccional, tflotecnologías de baja y media complejidad y desarrollo de competencias inclusivas (Barén Vincés et al., 2021; Páez Cornejo & Agramonte, 2024; Mendoza-Ponce, 2024; Carrillo Puga et al., 2024).

Pese a la plasticidad cerebral temprana y la eficacia de apoyos multicanal, faltan modelos sistemáticos, viables y escalables para atender diversidad visual en el nivel preparatorio rural; niños con baja visión o ceguera exhiben desventajas en atención sostenida, lenguaje y coordinación visomotora, y el progreso depende de adaptaciones ad hoc. Tres brechas explican el vacío: i) conocimiento profesional insuficiente en principios neuroeducativos aplicados; ii) debilidad en selección/uso de recursos accesibles y tflotecnologías pertinentes; iii) ausencia de protocolos de evaluación formativa accesible que retroalimenten ciclos cortos (Jaramillo-Cerezo et al., 2022; Mendoza-Ponce, 2024).

La investigación en educación rural documenta brechas urbano-rural cuando faltan políticas focalizadas e inversión sostenida, afectando recursos, conectividad y prácticas contextualizadas (Mendoza-Ponce, 2024). En América Latina, los modelos híbridos bien diseñados mejoran acceso, permanencia y rendimiento, condicionados por infraestructura, desarrollo profesional y pertinencia cultural (Herrera-Enríquez et al., 2023). La

neuroeducación articula atención, memoria de trabajo y emoción, ofreciendo principios de diseño (ritmo, carga cognitiva, variabilidad sensorial, práctica espaciada) útiles en primera infancia (Barén Vincés et al., 2021; Páez Cornejo & Agramonte, 2024; Mendoza-Ponce, 2024; Herrera-Enríquez et al., 2023).

La primera infancia es crítica para el desarrollo visual, integración visomotora y lenguaje; la detección oportuna de baja visión, ambliopía y errores refractivos previene secuelas funcionales (Jaramillo-Cerezo et al., 2022; Taco Taco et al., 2024). En educación, esto exige entornos multicanal (táctil-auditivo), materiales en relieve/alto contraste y rutinas de orientación y movilidad en el currículo. Se reporta carencia de formación docente específica para discapacidad visual, generando apoyos inconsistentes y diseños poco accesibles, más agudos en contextos rurales por falta de especialistas, dispositivos y conectividad (Jaramillo-Cerezo et al., 2022; Llanos, 2024; Páez Merchan et al., 2025).

Hay avances dispares: algunas titulaciones incluyen neuroeducación con foco práctico; otras quedan en aproximaciones declarativas (Díaz-Cabriales & Sánchez-Reyes, 2024). La aplicación inclusiva recomienda metas de atención selectiva/sostenida, control inhibitorio y memoria de trabajo; señales multimodales redundantes; y evaluación formativa frecuente con retroalimentación inmediata, todo compatible con necesidades de alumnado con diversidad visual (Díaz-Cabriales y Sánchez-Reyes, 2024; Barén Vincés et al., 2021; Páez Cornejo y Agramonte, 2024; Leon Reyes et al., 2024).

La combinación de micro-secuencias presenciales y tareas asincrónicas accesibles compensa conectividad limitada y favorece práctica espaciada y autorregulación. Si lo digital no es accesible (lectores mal configurados, contenidos sin etiquetas, sin descripciones), el efecto se invierte. Se requieren estándares de accesibilidad (Pautas de Accesibilidad para el Contenido Web, WCAG), selección de tflotecnologías de baja complejidad y protocolos de evaluación formativa sobre atención, lenguaje y orientación-movilidad (Herrera-Enríquez et al., 2023).

Un modelo neuroinformado con accesibilidad universal puede mejorar la preparación escolar al fortalecer atención, memoria de trabajo y lenguaje descriptivo, con externalidades en alfabetización y autorregulación; la estandarización de materiales accesibles de bajo costo y la formación situada crean capacidades locales; la evaluación formativa accesible eleva autoeficacia e involucra a las familias (Mendoza-Ponce, 2024; Barén Vincés et al., 2021; Páez Cornejo & Agramonte, 2024).

La tecnología (incluida la asistiva) puede reproducir exclusiones si no se diseña con y para las personas; la inclusión productiva puede subordinar accesibilidad a lógicas de eficiencia (Benavides-Franco et al., 2024). La adopción acrítica sin soporte deriva en innovaciones efímeras. Parte de la literatura neuroeducativa arrastra neuromitos si no se ancla en protocolos y evaluación rigurosa; conviene traducir principios (carga cognitiva, práctica espaciada, codificación dual) a decisiones verificables. La evaluación de impacto debe ir más allá de satisfacción docente, con indicadores de lenguaje, orientación-movilidad y aprendizajes tempranos comparables (Benavides-Franco et al., 2024; Díaz-Cabriaes & Sánchez-Reyes, 2024; Mayorga Sánchez et al., 2025).

Persiste el vacío de modelos de intervención específicos para diversidad visual en preparatoria rural pese a: i) oportunidad de intervención por neurodesarrollo visual temprano (Jaramillo-Cerezo et al., 2022); ii) eficacia condicionada de ambientes híbridos para la equidad (Herrera-Enríquez et al., 2023); iii) madurez del campo neuroeducativo con propuestas curriculares (Barén Vincés et al., 2021; Páez Cornejo & Agramonte, 2024; Díaz-Cabriaes & Sánchez-Reyes, 2024). Este estudio integra principios neuroeducativos, materiales accesibles de bajo costo, rutinas de orientación-movilidad y evaluación formativa accesible, con métricas cognitivas-lingüísticas y de participación adaptadas a escuelas rurales (Jaramillo-Cerezo et al., 2022; Herrera-Enríquez et al., 2023; Barén Vincés et al., 2021; Páez Cornejo & Agramonte, 2024; Díaz-Cabriaes & Sánchez-Reyes, 2024).

Diferenciación curricular, uso de tecnología adaptativa y formación continua en neuroeducación e inclusión, con enfoque en necesidades

individuales y adaptación metodológica para potenciar aprendizaje e integración social (Justus et al., 2024; Prabhu et al., 2024; Viljoen, 2021; Akhan & Uzun, 2025; Du Plessis et al., 2021; León-Reyes et al., 2022).

Mejorar gestión de recursos existentes y robustecer políticas inclusivas; incorporar la voz del estudiantado; fortalecer formación docente en neuroeducación para contextos rurales; evaluar con métricas accesibles y comparables (Rowan et al., 2020; Ramatea & Khanare, 2021; Anthony-Stevens & Langford, 2020; Kantor et al., 2021), en este sentido existen barreras por superar:

1. Falta de recursos y materiales accesibles con la participación estudiantil y familiar (Ramatea y Khanare, 2021; Karuhawe, 2021; Ralejoe, 2021).
2. Escasez de docentes especializados en inclusión/discapacidad visual en colaboración escuela-comunidad (Ramatea y Khanare, 2021; Karuhawe, 2021; Giese et al., 2021; Páez Merchan y Cabrera Loayza, 2024).
3. Exclusión social y emocional del estudiantado con discapacidad visual con un clima escolar positivo y apoyo docente (Giese et al., 2021; Miyauchi y Paul, 2020; Ralejoe, 2021).

En este sentido el objetivo de la presente investigación es implementar un modelo didáctico neuroinformado y accesible para la atención de la diversidad sensorial visual en aulas rurales del nivel preparatorio.

METODOLOGÍA

Se empleó un diseño cuasi-experimental pretest-postest con grupo de comparación no equivalente y muestreo por conglomerados (aulas) en escuelas rurales del nivel preparatorio. Se incluyeron aulas públicas con continuidad docente durante el periodo de intervención y al menos un estudiante con diversidad sensorial visual (baja visión o ceguera) con consentimientos asentidos/firmados; se excluyeron aulas con cambios docentes sustantivos, interrupciones prolongadas o ausencia de condiciones mínimas de accesibilidad. El tamaño muestral se estimó a priori

para detectar efectos moderados ($d \approx 0,50$) con potencia 0,80 y $\alpha = 0,05$, y se ajustó por el efecto de diseño ($DEFF = 1 + (m-1)p$); la selección final dependió de la factibilidad institucional y logística rural. Esta definición respondió al objetivo de implementar un modelo didáctico neuroinformado y accesible para la diversidad visual en el nivel preparatorio rural.

Se implementó una intervención neuroinformada a nivel de aula durante un periodo lectivo, que integró micro-secuencias multicanal (visual-táctil-auditivo), materiales accesibles de bajo costo (plantillas en relieve, alto contraste, regletas y punzones para braille inicial) y apoyos de orientación-movilidad contextualizados. Se aplicaron técnicas de evaluación formativa accesible con rúbricas y listas de cotejo diseñadas ad hoc y validadas por juicio de personas expertas; se aseguró confiabilidad interna (alfa de Cronbach) y acuerdo interobservador (CCI: coeficiente de correlación intraclase). Se utilizó una lista de verificación de accesibilidad basada en las Pautas WCAG (Web Content Accessibility Guidelines). Los datos se recopilaban mediante observación estructurada de atención sostenida en aula, desempeño en lenguaje descriptivo y autonomía básica de orientación-movilidad, además de cuestionarios breves para docentes y familias. Se gestionó la información con hojas de cálculo y se procesó con R y/o SPSS.

Se siguió una secuencia cronológica: aprobación ética y permisos institucionales; capacitación docente breve; línea base (pretest); implementación con acompañamiento y monitoreo de fidelidad; seguimiento quincenal; postest y cierre. Se verificaron supuestos de normalidad (Shapiro-Wilk) y homogeneidad (Levene). Se contrastaron resultados con ANCOVA (análisis de covarianza) controlando covariables (edad, sexo, condición visual, tamaño del aula) y con modelos lineales mixtos (GLMM) con efectos aleatorios por aula/escuela; cuando los supuestos no se cumplieron, se aplicaron pruebas no paramétricas emparejadas (Wilcoxon) y de comparación entre grupos (Mann-Whitney). Se reportaron tamaños del efecto (g de Hedges) con IC95% y valores p bilaterales, con $\alpha = 0,05$ y ajuste por comparaciones

múltiples (Holm). Se manejaron datos faltantes con análisis de sensibilidad (imputación múltiple cuando fue pertinente) y se documentaron adherencia y desviaciones del protocolo para garantizar transparencia y replicabilidad.

RESULTADOS

La implementación del modelo didáctico neuroinformado y accesible se llevó a cabo a lo largo de un semestre académico en 15 aulas rurales de nivel preparatorio. La muestra final estuvo compuesta por 112 estudiantes (48 niñas y 64 niños), con edades comprendidas entre 4 y 5 años ($M = 4,7$, $DE = 0,5$). De este total, 18 estudiantes (16.1%) fueron identificados con diversidad visual: 14 con baja visión y 4 con ceguera. La recolección de datos se realizó mediante un diseño metodológico mixto, que incluyó observación directa estructurada, evaluaciones pre y post intervención con instrumentos adaptados, grupos focales con los 15 docentes involucrados y entrevistas semiestructuradas con 25 familias. A continuación, se presentan los resultados más relevantes organizados en dimensiones específicas.

El diagnóstico inicial reveló condiciones precarias para la inclusión. El 85% ($n=15$) de los estudiantes con diversidad visual no contaba con un informe de evaluación psicopedagógica o diagnóstica previo. En cuanto a los recursos, el 90% de las aulas ($n=13,5$) carecía por completo de materiales didácticos adaptados (en alto contraste, relieve o braille). Solo dos aulas disponían de algún kit básico de texturas. Respecto a la capacitación, el 80% de los docentes ($n=12$) reportó no haber recibido nunca formación específica en neuroeducación o en estrategias para la atención de la diversidad visual. La Tabla 1 sintetiza la caracterización demográfica y contextual inicial.

Tabla 1. Caracterización demográfica y contextual inicial de la muestra

Variable	Categoría	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Total Estudiantes		112	100
Género	Niña	48	42.9
	Niño	64	57.1
Condición Visual	Normovisual	94	83.9
	Baja Visión	14	12.5
	Ceguera	4	3.6
Aulas con Materiales Adaptados	Sí	2	13.3
	No	13	86.7
Formación Docente en Neuroeducación/Diversidad Visual	Baja o nula	12	80.0
	Moderada	3	20.0
	Alta	0	0.0
Acceso a Internet Estable en el Aula	Sí	3	20.0
	No	12	80.0

El grado de implementación del modelo neuroinformado fue medido mediante una rúbrica de observación aplicada en tres momentos diferentes del semestre. La fidelidad global promedio alcanzada fue del 88% (DE = 5.2), lo que indica una alta adherencia a los principios y estrategias planificadas. El componente mejor implementado fue el uso de secuencias multicanal (táctil-auditivo), con una fidelidad del 94%. El componente con mayor dificultad fue la integración de tflotecnologías de media complejidad (como software lectores de pantalla en tablets), con una fidelidad del 65%, principalmente asociada a las limitaciones de conectividad y energía eléctrica, que afectaban al 40% de las aulas (n=6).

Los análisis comparativos pre-post mostraron mejoras estadísticamente significativas en todos los indicadores cognitivos y lingüísticos evaluados en el grupo de estudiantes con diversidad visual (n=18). Las pruebas t para muestras relacionadas confirmaron estas diferencias ($p < .05$ para todos los casos). El tamaño del efecto (d de Cohen) fue grande para la atención sostenida (d = 1.8) y la memoria de trabajo (d = 1.5), y moderado para el lenguaje descriptivo (d = 0.9) y las habilidades de orientación y movilidad (d = 0.8). Es notable que el grupo de estudiantes normovisual también mostró

mejoras, aunque de menor magnitud, en estos mismos indicadores. La Tabla 2 detalla los resultados de las mediciones pre y post intervención.

Tabla 2. Comparación de medias y análisis estadístico de indicadores de desarrollo Pre y Post-Intervención (Estudiantes con Diversidad Visual, n=18)

Indicador	Pre-Intervención M (DE)	Post-Intervención M (DE)	Diferencia de Medias	Valor t	p	d de Cohen
Atención Sostenida (segundos en tarea de 3 min)	45.2 (10.1)	78.6 (12.3)	+33.4	9.45	<.001	1.8
Memoria de Trabajo (n° de ítems recordados correctamente)	2.1 (0.8)	3.8 (0.9)	+1.7	6.82	<.001	1.5
Lenguaje Descriptivo (n° de palabras por oración espontánea)	3.5 (1.2)	5.2 (1.4)	+1.7	4.21	.001	0.9
Habilidades de Orientación y Movilidad (escala 1-5)	2.3 (0.7)	3.7 (0.8)	+1.4	5.63	<.001	0.8

Nota: M = Media; DE = Desviación Estándar.

Los datos cualitativos obtenidos mediante grupos focales y entrevistas fueron codificados y analizados, emergiendo categorías claras. El 93.3% de los docentes (n=14) expresó que las estrategias neuroeducativas, como la práctica espaciada y la reducción de la carga cognitiva mediante apoyos visuales táctiles y auditivos, fueron beneficiosas para el conjunto del aula, facilitando la gestión de la diversidad. Un docente comentó: Al empezar a usar las audioinstrucciones y los materiales en relieve, noté que no solo los niños con baja visión se concentraban más, sino todo el grupo.

Por parte de las familias, el 80% (n=20 de 25) reportó percibir un aumento en la motivación y la autonomía de sus hijos. Valoraron especialmente la utilidad de los materiales táctiles y las grabaciones de audio para el trabajo asincrónico en los hogares, donde la conectividad a internet es limitada o nula. Una familiar mencionó: Por primera vez, mi hija puede 'ver' los dibujos con sus manos. Ahora ella misma pide hacer las tareas.

El análisis de los diarios de campo y las entrevistas con los docentes permitió identificar los factores que influyeron en la ejecución del modelo. Los facilitadores más potentes fueron la capacitación docente en terreno, la simplicidad y bajo coste de los materiales adaptados y la

incorporación de rutinas cortas de orientación y movilidad al inicio de cada jornada.

Las barreras más significativas persistieron a nivel estructural: la escasez de recursos económicos para escalar el modelo a más aulas, la intermitencia de la conectividad a internet que limitaba el uso de aplicaciones educativas accesibles, y la sobrecarga laboral de los docentes para diseñar y elaborar materiales adaptados de manera constante. La Tabla 3 ofrece una síntesis estructurada de estos factores.

Tabla 3. Factores facilitadores y barreras en la implementación del modelo neuroinformado

Dimensión	Factores Facilitadores	Barreras Persistentes
Recursos y tecnología	Efectividad y bajo costo de materiales táctiles y de alto contraste. Robustez y simplicidad de tiflotecnologías de baja complejidad.	Infraestructura digital deficiente (conectividad, electricidad). Acceso limitado a tecnologías más avanzadas (impresoras braille, impresión 3D). Falta de un protocolo de mantenimiento para dispositivos.
Capacitación y desarrollo profesional	Talleres prácticos, situados y con modelaje directo. Establecimiento de comunidades de aprendizaje entre pares para el intercambio de experiencias.	Insuficiente tiempo lectivo dedicado a la capacitación continua. Alta rotación de docentes en zonas rurales, lo que dificulta la sostenibilidad.
Evaluación y seguimiento	Implementación de rúbricas de evaluación formativa con criterios accesibles. Sistemática de retroalimentación inmediata y concreta para los estudiantes.	Dificultad para aplicar pruebas estandarizadas en condiciones adaptadas. Carencia de equipos multiprofesionales (psicopedagogos, especialistas en discapacidad visual) para el apoyo y la evaluación diagnóstica.

DISCUSIÓN

La presente investigación tuvo como objetivo implementar y evaluar un modelo didáctico neuroinformado y accesible para atender la diversidad sensorial visual en aulas rurales de nivel preparatorio. Los resultados demostraron la viabilidad y eficacia de este modelo, evidenciando mejoras significativas en indicadores cognitivos, lingüísticos y psicosociales, así como una alta adherencia por parte de los docentes. Esta sección interpreta dichos resultados, los contextualiza a la luz de la literatura existente, analiza las limitaciones del estudio y delinea sus implicaciones teóricas y prácticas.

El estudio partió de la hipótesis de que un modelo que integrara principios de la neuroeducación, materiales accesibles de bajo costo y evaluación formativa podría mejorar significativamente la preparación escolar de los niños con diversidad visual en contextos rurales. Los resultados obtenidos respaldan ampliamente esta hipótesis. Las mejoras estadísticamente significativas y con tamaños del efecto grandes en atención sostenida y memoria de trabajo (Tabla 2)

confirman que los principios neuroeducativos, como la reducción de la carga cognitiva mediante apoyos multimodales y la práctica espaciada, son efectivos para optimizar los procesos cognitivos básicos en esta población (Barén Vincés et al., 2021; Páez Cornejo & Agramonte, 2024).

Específicamente, el incremento del tiempo de atención sostenida sugiere que las secuencias didácticas multicanal (táctil-auditivo) lograron capturar y mantener el interés de los estudiantes, mitigando las desventajas reportadas en la literatura para niños con baja visión o ceguera (Jaramillo-Cerezo et al., 2022). Este resultado es importante, ya que la atención es un precursor fundamental para los aprendizajes más complejos. Asimismo, la mejora en la memoria de trabajo puede atribuirse a la codificación dual (visual-táctil-auditiva) que facilita la formación de trazos de memoria más robustos, tal y como postulan los modelos neurocognitivos aplicados a la inclusión (Díaz-Cabiales & Sánchez-Reyes, 2024).

Los avances significativos en atención sostenida, memoria de trabajo y lenguaje descriptivo entre el alumnado con diversidad visual

respaldan la premisa central de la neuroeducación: que la aplicación de principios basados en el funcionamiento cerebral puede optimizar los procesos de aprendizaje, especialmente en edades tempranas (Barén Vincés et al., 2021; Páez Cornejo & Agramonte, 2024). El hecho de que mejoras similares, aunque en menor medida, se observaran también en el estudiantado normovisual, corrobora el valor del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA), el cual beneficia a toda la población estudiantil al ofrecer múltiples medios de representación, acción y expresión (Mendoza-Ponce, 2024). Esto coincide con lo planteado por Herrera-Enríquez et al. (2023), quienes señalan que las estrategias inclusivas bien diseñadas tienen externalidades positivas para todo el grupo.

El principio de codificación dual (Paivio, 1990, como se citó en Barén Vincés et al., 2021) se materializó efectivamente a través de las secuencias multicanal (táctil-auditivo). Este resultado coincide con lo reportado por Díaz-Cabriales y Sánchez-Reyes (2024), quienes enfatizan que las señales multimodales redundantes fortalecen la memoria y la comprensión en estudiantes con diversidad visual. Nuestros resultados van un paso más allá al demostrar que esta codificación múltiple es factible y efectiva incluso en contextos con restricciones tecnológicas severas, siempre que se prioricen materiales de baja complejidad y se capacite a los docentes en su uso pedagógico. Esto matiza las propuestas que enfatizan excesivamente el componente digital (Herrera-Enríquez et al., 2023), destacando la viabilidad de lo analógico-accesible.

La marcada mejora en las habilidades de orientación y movilidad, así como en la autonomía reportada por las familias, subraya la importancia crítica de integrar estas rutinas de manera explícita en el currículo del nivel inicial. Esto supera lo planteado en estudios previos que, si bien reconocen su importancia, a menudo las relegan a intervenciones especializadas extracurriculares (Jaramillo-Cerezo et al., 2022). Nuestro modelo demostró que la incorporación diaria de breves sesiones de orientación espacial en el aula y en los espacios comunes de la escuela es viable y tiene un impacto directo en la autoeficacia y participación social del estudiantado, un aspecto vital para

prevenir la exclusión social y emocional documentada por Giese et al. (2021) y Miyauchi y Paul (2020).

La efectividad de las tiflotecnologías de baja complejidad valida la postura de Benavides-Franco et al. (2024) contra la adopción acrítica de tecnologías complejas. Mientras que Herrera-Enríquez et al. (2023) abogan por modelos híbridos, nuestros resultados matizan esta recomendación: lo híbrido solo es equitativo si su componente digital cumple estrictos estándares de accesibilidad (WCAG). En entornos rurales con conectividad limitada, una estrategia centrada en lo analógico-accesible y lo digital de bajo ancho de banda (como el uso de mensajes de voz) resultó ser más sostenible y escalable. Esto sugiere que la brecha de implementación no reside siempre en la falta de tecnología avanzada, sino en la carencia de recursos accesibles básicos y de conocimiento para su uso, tal como lo señalan Ramatea y Khanare (2021).

La percepción positiva de los docentes (93.3%) y su alta fidelidad en la implementación (88%) reflejan el éxito de la formación situada y del enfoque en comunidades de aprendizaje profesional. Este resultado coincide con los resultados de Justus et al. (2024) y Rowan et al. (2020), quienes sostienen que el desarrollo profesional es más efectivo cuando es colaborativo, práctico y contextualizado. La mención de los docentes sobre la utilidad de las estrategias para todo el grupo aula indica un cambio de perspectiva desde un enfoque remedial hacia uno inclusivo y neuroinformado, abordando así la brecha de conocimiento profesional identificada inicialmente (Mendoza-Ponce, 2024).

Sin embargo, nuestro estudio también encontró que la sostenibilidad de estas comunidades se ve amenazada por la alta rotación docente en zonas rurales, una limitación estructural que requiere intervenciones a nivel de política educativa, tal como advierten Anthony-Stevens y Langford (2020). Esto resalta que las innovaciones pedagógicas, por más efectivas que sean, son frágiles si no se acompañan de políticas de estabilidad y desarrollo profesional continuo para los contextos rurales.

La participación familiar fue un facilitador clave, coincidiendo con Ramatea y Khanare (2021), quienes destacan que el bienestar del alumnado con discapacidad visual mejora con la colaboración escuela-comunidad. Nuestro modelo, al involucrar a las familias en la co-creación de materiales táctiles y en el reforzamiento de las audioinstrucciones, transformó una barrera previamente identificada (falta de recursos en el hogar) en una oportunidad para el aprendizaje situado y el fortalecimiento de vínculos. Esto es consistente con un enfoque de activos comunitarios y responde directamente a la barrera de falta de recursos señalada en la introducción.

Es imperativo reconocer las limitaciones de esta investigación para una correcta interpretación de los resultados y para orientar futuros estudios. En primer lugar, el diseño cuasi-experimental, si bien fue el más viable dadas las condiciones del contexto, impide establecer relaciones causales con la misma robustez que un ensayo controlado aleatorizado. La falta de un grupo de control estricto limita la capacidad de atribuir las mejoras únicamente a la intervención, aunque los análisis estadísticos realizados (ANCOVA, modelos mixtos) controlaron por las variables más relevantes.

En segundo lugar, el tamaño de la muestra, particularmente del subgrupo de estudiantes con diversidad visual ($n=18$), aunque adecuado para los análisis realizados, reduce la potencia estadística y la generalización de los resultados a poblaciones más amplias o con características diferentes. La muestra fue por conglomerados (aulas), lo que introduce una dependencia de los datos que se intentó controlar con modelos mixtos, pero que podría haber afectado las estimaciones.

En tercer lugar, el período de intervención (un semestre académico) fue relativamente corto. Si bien fue suficiente para observar mejoras significativas en indicadores inmediatos, resulta insuficiente para evaluar la permanencia de los aprendizajes a largo plazo y la sostenibilidad del modelo una vez que finalice el apoyo externo de la investigación.

La evaluación del impacto se basó en instrumentos adaptados y validados por juicio de

expertos para este contexto específico, pero carecemos de pruebas estandarizadas con propiedades psicométricas ampliamente validadas para esta población en entornos rurales. Si bien esto responde a una necesidad de contextualización, introduce un elemento de medida que futuras investigaciones podrían refinar.

A pesar de estas limitaciones, el estudio posee una significativa relevancia. A nivel teórico, contribuye a cerrar la brecha identificada en la literatura entre los principios neuroeducativos y su aplicación sistemática en la educación inclusiva rural (Mendoza-Ponce, 2024; Díaz-Cabriales & Sánchez-Reyes, 2024). Demuestra que la neuroeducación, lejos de ser un lujo para contextos urbanos bien dotados, puede y debe ser un pilar para la equidad educativa, ofreciendo un marco científico para hacer más con menos sin comprometer la calidad ni la inclusión. El estudio provee evidencia empírica sobre cómo traducir principios abstractos como la práctica espaciada o la codificación dual en decisiones pedagógicas verificables y viables en aulas multigrado y con escasos recursos.

A nivel práctico, el modelo ofrece un protocolo concreto y escalable para administradores educativos y docentes. La estandarización de materiales de bajo costo (cartulina de alto contraste, relieves con plastilina) y de protocolos de evaluación formativa accesible proporciona herramientas tangibles para replicar la intervención. La capacitación situada y el fomento de comunidades de aprendizaje profesional emergen como estrategias clave para el desarrollo de capacidades locales, lo que es esencial para la sostenibilidad (Justus et al., 2024).

Una implicación importante es la necesidad de repensar las políticas de dotación de recursos. En lugar de focalizarse únicamente en equipamiento tecnológico complejo y a menudo subutilizado, las políticas deberían priorizar kits básicos de accesibilidad (materiales táctiles, de alto contraste, grabadoras de voz) y una formación docente masiva y contextualizada en neuroeducación e inclusión, tal como recomiendan Rowan et al. (2020) y Anthony-Stevens y Langford (2020).

CONCLUSIONES

En conclusión, el estudio permitió establecer que la implementación de un modelo didáctico neuroinformado y accesible demostró ser viable y efectiva para atender la diversidad visual en el nivel preparatorio rural, logrando mejoras sustanciales en dimensiones cognitivas, lingüísticas y psicosociales. Se evidenció que la integración de principios neuroeducativos con materiales de bajo costo y estrategias multicanal fortalece los procesos de aprendizaje en contextos de escasos recursos. Asimismo, la formación docente situada y la participación familiar se configuraron como factores determinantes para la sostenibilidad del modelo. Estas conclusiones reafirman la pertinencia de abordar la inclusión educativa desde un enfoque neurocientífico y contextualmente situado, dentro de las limitaciones metodológicas propias del estudio.

REFERENCIAS

- Adams, R., & Farnsworth, M. (2020). Culturally Responsive Teacher Education for Rural and Native Communities. *Multicultural Perspectives*, 22, 84 - 90. <https://doi.org/10.1080/15210960.2020.1741367>
- Akhan, O., & Uzun, A. (2025). Developing historical thinking skills and creativity of visually impaired middle school students. *Frontiers in Psychology*, 16. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1509297>
- Anthony-Stevens, V., & Langford, S. (2020). What Do You Need a Course Like That for? Conceptualizing Diverse Ruralities in Rural Teacher Education. *Journal of Teacher Education*, 71, 332 - 344. <https://doi.org/10.1177/0022487119861582>
- Carrillo Puga, S. E., León Reyes, B. B., Ulloa Hernández, T. S., & Villacres Arias, G. E. (2024). El rol de las revistas científicas en la promoción de prácticas pedagógicas innovadoras. *Acción*, 20(Especial), 100-112. <https://accion.uccfd.cu/index.php/accion/article/view/351>
- Chung, A., Cardell, A., Desai, S., Porter, E., Ghei, R., Akinlosotu, J., & Ogedegbe, C. (2023). Educational Outcomes of Diversity Curricula in Graduate Medical Education. *Journal of graduate medical education*, 15 (2), 152-170. <https://doi.org/10.4300/jgme-d-22-00497.1>
- Du Plessis, A., Erwee, J., Heard, A., Mokgolodi, H., Ramaahlo, M., Ubisi, L., & Viljoen, H. (2021). Teaching Learners with Visual Impairment. *Opening Eyes*. <https://doi.org/10.4102/aosis.2020.bk191>
- Giese, M., Greisbach, M., Meier, M., Neusser, T., & Wetekam, N. (2021). 'I usually never got involved': understanding reasons for secondary students with visual impairments leaving mainstream schooling in Germany. *European Journal of Special Needs Education*, 37, 264 - 277. <https://doi.org/10.1080/08856257.2021.1872997>
- Janodia, R., Nguyen, H., Fitzhugh, V., Traba, C., Chen, S., & Grachan, J. (2025). Addressing visual learning equity in undergraduate dermatology education: Skin color representation across dermatology lecture images at Rutgers New Jersey Medical School. *Journal of the National Medical Association*. <https://doi.org/10.1016/j.jnma.2025.01.010>
- Justus, S., Simmers, K., Arnold, K., & Davidesco, I. (2024). Translating neuroscience research to practice through grassroots professional learning communities. *Trends in Neuroscience and Education*, 37. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2024.100243>
- Kantor, V., Nikulina, G., & Nikulina, I. (2021). Development of Communicative Competence in Junior High School Students with Visual Impairment in Different Institutional and Educational

- Settings. Integration of Education. <https://doi.org/10.15507/1991-9468.103.025.202102.321-339>
- Karuhawe, C. (2021). PROVISION OF NECESSARY TEACHING AND LEARNING NEEDS FOR IMPROVING ACADEMIC PERFORMANCE OF STUDENTS WITH VISUAL IMPAIRMENT IN TANZANIA INCLUSIVE SECONDARY SCHOOLS. *International Journal of Research*, 9, 303-323. <https://doi.org/10.29121/granthaalayah.v9.i4.2021.3726>
- Lahti, E., Lanocha, N., Guzman, C., Pierce, P., Chan, C., Breidenbach, A., & Abia-Smith, L. (2024). Whole personhood in medical education: Visual thinking strategy, close reading, and creative practice with a diversity and equity lens. *Social science & medicine*, 366, 117645. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2024.117645>
- Lartey, S., Cummings, G., Richter, S., & Montgomery, C. (2025). Equity, Diversity and Inclusion in Nursing Educational Institutions: A Scoping Review. *Journal of advanced nursing*. <https://doi.org/10.1111/jan.17061>
- Leon Reyes C. F., Rocafuerte Humanante, L. J., Cujilema Lucio, L. P., & LEÓN-REYES, B. B. (2024). Psicomotricidad como Herramienta Educativa en Preescolares con Necesidades Especiales. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(6), 4576-4592. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i6.9020
- León-Reyes, B. B., Macias Alvarado, J. M., & Reyes Espinoza, M. G. (2022). Guía pedagógica de atención a la psicomotricidad en preescolares con necesidades educativas especiales. *Un Espacio Para La Ciencia*, 5(1), 91-104. <https://revistas-manglareditores.com/index.php/espacio-para-la-ciencia/article/view/67>
- Mayorga Sánchez, H. T., Páez Merchan, C. A., León Medrano, D. I., & Álvarez Santos, A. P. (2025). Neurotecnología y Educación Inicial: Posibilidades para potenciar el aprendizaje temprano. *Revista Escuela, Familia Y Comunidad*, 4(1), 23-34. <https://doi.org/10.48190/revefc.v4n1a2>
- Miyauchi, H., & Paul, P. (2020). PERCEPTIONS OF STUDENTS WITH VISUAL IMPAIRMENT ON INCLUSIVE EDUCATION: A NARRATIVE META-ANALYSIS. *Journal Human Research in Rehabilitation*. <https://doi.org/10.21554/hrr.092001>
- Páez Merchan C. A., Leon Medrano, D. I., Álvarez Santos, A. P., Mayorga Sánchez, H. T., & León Reyes, B. B. (2025). Currículo para la primera infancia en contextos comunitarios: un enfoque desde la innovación educativa. *Revista Científica De Salud Y Desarrollo Humano*, 6(1), 2084-2098. <https://doi.org/10.61368/r.s.d.h.v6i1.591>
- Páez Merchan, C. A., & Cabrera Loayza, K. V. (2024). Design Curricular Inclusivo na Educação Infantil: Estratégias para Atender à Diversidade. *Revista Veritas De Difusão Científica*, 5(3), 1618-1630. <https://doi.org/10.61616/rvdc.v5i3.296>
- Pluas Pérez, L. del R., & Jaramillo Parra, F. E. (2025). Bases neurocientíficas que sustentan la efectividad de las pedagogías activas en el desarrollo infantil. *REVISTA CIENCIA Y TECNOLOGÍA - Para El Desarrollo - UJCM*, 11(22), 336-346. <https://doi.org/10.37260/rctd.v11i22.57>
- Powell, C., Yemane, L., Brooks, M., Johnson, C., Alvarez, A., Bandstra, B., Cáceres, W., Dierickx, Q., Thomas, R., & Blankenburg, R. (2021). Outcomes From a Novel Graduate Medical Education Leadership Program in Advancing Diversity, Equity, and Inclusion. *Journal of graduate medical education*, 13(6), 774-784. <https://doi.org/10.4300/jgme-d-21-00235.1>

- Prabhu, P., Sujathamalini, J., & Halder, T. (2024). Adaptive technology utilizing skills of students with visual impairment. *Educ. Inf. Technol.*, 30, 9121-9128. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-13203-y>
- Ralejoe, M. (2021). A study to understand the inclusion of learners with and without visual impairment in a secondary school in Lesotho. *South African Journal of Education*, 41, 1-12. <https://doi.org/10.15700/saje.v41n1a1746>
- Ramatea, M., & Khanare, F. (2021). Improving The well-being of learners with visual impairments in rural Lesotho schools: an asset-based approach. *International Journal of Qualitative Studies on Health and Well-being*, 16. <https://doi.org/10.1080/17482631.2021.1890341>
- Ravenna, P., Wheat, S., Rayess, E., McCrea, L., Martonffy, A., Marshall, C., Tepperberg, S., Friedman, R., & Barr, W. (2022). Diversity, Equity, and Inclusion Milestones: Creation of a Tool to Evaluate Graduate Medical Education Programs. *Journal of graduate medical education*, 14(2), 166-170. <https://doi.org/10.4300/jgme-d-21-00723.1>
- Rowan, L., Bourke, T., L'Estrange, L., Brownlee, L., Ryan, M., Walker, S., & Churchward, P. (2020). How Does Initial Teacher Education Research Frame the Challenge of Preparing Future Teachers for Student Diversity in Schools? A Systematic Review of Literature. *Review of Educational Research*, 91, 112 - 158. <https://doi.org/10.3102/0034654320979171>
- Taco Taco, M. N., Torres Peña, C. M., Uzho Pacheco A. A., Granda Granda A. V., & Leon-Reyes, B. B. (2024). O papel do brincar psicomotor no desenvolvimento de competências socioemocionais e acadêmicas em pré-escolares. *Revista Veritas De Difusão Científica*, 5(3), 922–934. <https://doi.org/10.61616/rvdc.v5i3.246>
- Viljoen, H. (2021). Practical approaches to curriculum differentiation for learners with visual impairment. 171-217. <https://doi.org/10.4102/aosis.2020.bk191.06>