

**LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y
Humanidades, Asunción, Paraguay.**

ISSN en línea: 2789-3855, 2025, Volumen VI

Innovación en la enseñanza de matemáticas mediante tecnologías asistivas para estudiantes con discapacidad visual en Colombia

Innovation in mathematics teaching using assistive technologies for
students with visual impairments in Colombia

Rosalba Olaya Pastrana

rositalove09@hotmail.com

<https://orcid.org/0009-0005-7018-767X>

Universidad Americana de Europa.

Institución Educativa Departamental Tierra
de Promisión

Colombia

Fabiola Colmeneros Fonseca

fabiola.colmenero@aulagrupo.es

<https://orcid.org/0000-0003-1901-2725>

Departamento de Formación. Universidad
Americana de Europa

México

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v6i3.4118>

Artículo recibido: 06 de junio de 2025

Aceptado para publicación: 01 de julio de
2025.

Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.



Redilat
Red de Investigadores
Latinoamericanos

NÚMERO

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v6i3.4118>

Innovación en la enseñanza de matemáticas mediante tecnologías asistivas para estudiantes con discapacidad visual en Colombia

Innovation in mathematics teaching using assistive technologies for students with visual impairments in Colombia

Rosalba Olaya Pastrana¹

rositalove09@hotmail.com

<https://orcid.org/0009-0005-7018-767X>

Universidad Americana de Europa. Institución Educativa Departamental Tierra de Promisión
Colombia

Fabiola Colmeneros Fonseca

fabiola.colmenero@aulagrupo.es

<https://orcid.org/0000-0003-1901-2725>

Departamento de Formación. Universidad Americana de Europa
México

Artículo recibido: 06 de junio de 2025. Aceptado para publicación: 01 de julio de 2025.

Conflictos de interés: Ninguno que declarar.

Resumen

El uso de recursos didácticos apoyados en tecnologías emergentes ha demostrado incrementar el interés estudiantil, facilitar la comprensión de contenidos y fortalecer el aprendizaje. No obstante, en contextos de inclusión educativa, los docentes enfrentan desafíos específicos al atender a estudiantes con discapacidad visual. Este estudio de caso evaluó el impacto de tecnologías asistivas en el aprendizaje de matemáticas en dos estudiantes con ceguera total de cuarto grado en una institución pública colombiana. El docente responsable diseñó e implementó una secuencia didáctica adaptada, en el marco de una metodología mixta con enfoque exploratorio-descriptivo. Se emplearon la observación participante, rúbricas pre y post implementación, la técnica de foto-elicitación y la escala SUS (System Usability Scale), generando evidencia cualitativa y cuantitativa sobre la efectividad de las herramientas empleadas. Tecnologías como el lector de pantalla JAWS, la aplicación Mekanta y la impresora Braille demostraron ser recursos clave para facilitar el acceso autónomo a contenidos matemáticos. Se concluye que es necesario fortalecer las políticas educativas inclusivas mediante ajustes estructurales y curriculares que garanticen la accesibilidad universal dentro y fuera del aula.

Palabras clave: ceguera, educación inclusiva, matemáticas, tecnología de la información


Abstract

The use of teaching resources supported by emerging technologies has been shown to increase student interest, facilitate content comprehension, and strengthen learning. However, in inclusive education contexts, teachers face specific challenges when serving students with visual impairments. This case study evaluated the impact of assistive technologies on the mathematics learning of two

¹ Autora de correspondencia.

totally blind fourth-grade students in a Colombian public institution. The teacher in charge designed and implemented an adapted teaching sequence, using a mixed methodology with an exploratory-descriptive approach. Participant observation, pre- and post-implementation rubrics, photo-elicitation, and the System Usability Scale (SUS) were used, generating qualitative and quantitative evidence on the effectiveness of the tools employed. Technologies such as the JAWS screen reader, the Mekanta app, and the Braille printer proved to be key resources for facilitating independent access to mathematical content. It is concluded that it is necessary to strengthen inclusive educational policies through structural and curricular adjustments that guarantee universal accessibility inside and outside the classroom.

Keywords: blindness, inclusive education, mathematics, information technology

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicado en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons. 

Cómo citar: Olaya Pastrana, R., & Colmeneros Fonseca, F. (2025). Innovación en la enseñanza de matemáticas mediante tecnologías asistivas para estudiantes con discapacidad visual en Colombia. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 6 (3), 2379 – 2394.
<https://doi.org/10.56712/latam.v6i3.4118>

INTRODUCCIÓN

Contexto General y Planteamiento del Problema

La educación inclusiva constituye un principio rector en los sistemas educativos contemporáneos, orientado a garantizar el acceso equitativo, la permanencia y el logro académico de todos los estudiantes, independientemente de sus condiciones individuales. En el caso de los estudiantes con discapacidad visual (EDV), la inclusión efectiva exige mucho más que su presencia física en aulas regulares: implica la implementación de estrategias pedagógicas diferenciadas, el uso de tecnologías asistivas adecuadas y una formación docente especializada que posibilite el desarrollo integral de su potencial en condiciones de equidad. Particularmente en el área de matemáticas, los EDV enfrentan barreras significativas debido a la prevalencia de representaciones visuales como gráficos, diagramas, ecuaciones y símbolos espaciales. La enseñanza tradicional, centrada en lo visual, dificulta el acceso autónomo a los contenidos, lo que requiere enfoques alternativos que integren recursos táctiles, software especializado y modelos manipulativos accesibles. La aplicación pertinente de estos recursos no solo mejora la comprensión conceptual, sino que también fortalece el pensamiento lógico y las habilidades de resolución de problemas.

A pesar de los avances tecnológicos en el desarrollo de herramientas como lectores de pantalla, impresoras Braille y aplicaciones educativas accesibles, su mera disponibilidad no garantiza su efectividad pedagógica. Muchos docentes carecen de formación específica para integrar estas tecnologías en sus prácticas didácticas de manera significativa y sistemática. En contextos como el colombiano, donde se promueve un modelo educativo incluyente, persisten brechas en infraestructura, capacitación y acompañamiento, lo que obstaculiza una inclusión real y sostenible, especialmente en instituciones públicas de carácter rural. Este artículo deriva de una investigación doctoral centrada en el análisis del impacto de las tecnologías asistivas en el aprendizaje matemático de estudiantes con ceguera total. Se identificó que, si bien el sistema Braille constituye una base esencial para la alfabetización, no responde de forma integral a las demandas cognitivas que implica el aprendizaje de las matemáticas en grados como cuarto de primaria. La dependencia exclusiva de explicaciones verbales tiende a limitar la construcción autónoma del conocimiento, particularmente en temas relacionados con la aritmética, la geometría y la estadística.

A partir de esta problemática, se formuló la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo contribuye la implementación de estrategias pedagógicas apoyadas en tecnologías asistivas digitales y electrónicas al desarrollo de habilidades matemáticas en estudiantes con discapacidad visual en un aula inclusiva de cuarto de primaria? El presente estudio busca aportar evidencia empírica que sustente el diseño e implementación de prácticas pedagógicas inclusivas eficaces en el área de matemáticas, articulando tecnología, accesibilidad y pedagogía para favorecer procesos de aprendizaje más autónomos y equitativos.

METODOLOGÍA

Para alcanzar los propósitos de la investigación, se empleó un diseño mixto que combinó métodos cuantitativos y cualitativos con el objetivo de obtener una comprensión integral del fenómeno analizado (Hernández-Sampieri y Mendoza-Torres, 2018). Este enfoque facilitó la triangulación de datos y fortaleció la validez de los hallazgos. A través del procesamiento de los datos, la triangulación permitió perfilar patrones categóricos relevantes.

En la fase cualitativa se realizó un estudio de caso con dos estudiantes con ceguera total. Participaron la tífloga –especialista en discapacidad visual–, la docente de apoyo y las madres de los dos EDV. Los estudiantes asistieron al aula regular de cuarto grado de una institución educativa oficial ubicada

en la región sur de Colombia durante el año 2024. A todo el alumnado de ese grado se le aplicó una secuencia didáctica diseñada por la docente-investigadora.

Los instrumentos utilizados en esta fase incluyen la observación participante y la entrevista semiestructurada, apoyadas en la técnica de foto-elicitación (Ramón-Rumayor, 2021), que permitió identificar los momentos clave durante la implementación de la secuencia didáctica. A la tiflóloga, a la docente de apoyo y a las madres de los EDV se les aplicó el cuestionario Sistema de Escalas de Usabilidad (SUS), adaptado al español según Hedlefs-Aguilar y Garza-Villegas (2016). Este cuestionario, compuesto por 10 ítems con escala tipo Likert, ha sido validado para medir la facilidad de uso percibida de las tecnologías asistivas, formulando los ítems en sentido positivo. Además, se emplearon rúbricas diseñadas por la docente-investigadora para valorar el estado de los estudiantes antes y después de la secuencia didáctica.

Para garantizar la fiabilidad del estudio, la triangulación metodológica combinó diferentes técnicas de recolección y análisis de datos, lo que permitió contrastar y validar los hallazgos desde múltiples fuentes. El guión utilizado en las entrevistas semiestructuradas fue validado por juicio de expertos para verificar su pertinencia y claridad en el contexto educativo específico.

En cuanto a los criterios éticos, se obtuvo consentimiento informado de las madres, docentes y directivos institucionales, garantizando la confidencialidad de los datos. La investigación se desarrolló respetando los principios éticos propios de estudios con poblaciones vulnerables, asegurando la voluntariedad, el respeto y la protección de los derechos de los EDV que participaron en el estudio.

DESARROLLO

Este apartado desarrolla el sustento teórico de la investigación, con base en literatura científica actualizada sobre tecnologías asistivas, educación inclusiva y la enseñanza de las matemáticas a estudiantes con discapacidad visual (EDV), con especial énfasis en el contexto colombiano. En ese sentido, se abordan los siguientes aspectos: las tecnologías asistivas, la educación inclusiva y la enseñanza de las matemáticas para EDV, finalizando con una referencia específica a JAWS, la impresora Braille y la aplicación Mekanta.

Más que limitarse a una exposición de conceptos clave, el recorrido que se presenta a continuación ofrece una mirada académica sobre la relación entre el uso de tecnologías asistivas y el aprendizaje de las matemáticas en los grados de educación básica primaria, propiciando el reconocimiento de programas informáticos, aplicaciones y dispositivos electrónicos orientados a EDV en el contexto colombiano actual.

Tecnologías asistivas

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el término "Tecnología de Asistencia" (en adelante, TA) hace referencia a un conjunto de sistemas y servicios vinculados al uso de productos diseñados para apoyar la funcionalidad de las personas con discapacidad (OMS, 2001). En Estados Unidos, la Ley de Tecnología de Asistencia de 1998 la define como cualquier dispositivo, equipo o sistema, ya sea adquirido, adaptado o desarrollado de manera personalizada, que contribuya a mejorar, mantener o potenciar las capacidades funcionales de quienes presentan alguna discapacidad (Dos Santos Rodrigues et al., 2024).

Desde la perspectiva de García-Rivas (2024), la TA persigue dos objetivos principales: potenciar las habilidades de una persona para minimizar el impacto de su discapacidad y ofrecer alternativas que faciliten la realización de tareas cuando existan limitaciones funcionales.

Por su parte, con Chávez Granizo et al. (2022) consiguen identificarse las TA dentro del grupo de herramientas basadas en las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) que ayudan a todas las personas a alcanzar competencias básicas y avanzadas, mientras que, a su vez, van permitiéndoles su integración activa a la sociedad. Con dichas herramientas, un cada vez más amplio número de personas pueden ir ejerciendo sus derechos y responsabilidades como ciudadanos libres y responsables.

Persisten aún diversos mitos en torno al uso de las TA en el ámbito de la educación formal (MEN, 2017). Uno de los más extendidos es la percepción de que estas herramientas no son realmente accesibles para el alumnado con discapacidad, lo cual refleja un desconocimiento sobre sus múltiples formas y niveles de aplicación. A esta visión errónea se suma la creencia de que las TA implican altos costos y dependen de una financiación limitada, lo que contribuye a restringir su implementación y dificulta el acceso equitativo de los estudiantes con discapacidad a recursos tecnológicos que podrían potenciar significativamente su aprendizaje.

Los expertos han hecho referencia, además de las dos barreras anteriores, a la falta de formación en el uso de dispositivos y plataformas virtuales dentro del gremio de docentes, especialmente en los profesores de la educación primaria (Fernández-Batanero et al., 2022; Franco et al., 2024). Debilidad que debe vencerse frente al compromiso que se tiene con el desarrollo académico de los estudiantes que presentan discapacidad.

Educación inclusiva

Desde el enfoque del modelo social de la discapacidad, la educación inclusiva se concibe no como una respuesta a las limitaciones individuales del estudiante, sino como una acción frente a las barreras estructurales, pedagógicas y actitudinales impuestas por el entorno escolar (Echeita, 2017). En este sentido, el Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) se posiciona como una estrategia transformadora, orientada a eliminar dichas barreras desde la planificación curricular. Al proponer múltiples formas de representación, expresión y participación, el DUA reconoce la diversidad como un valor, y no como una excepción, en concordancia con los principios de equidad e inclusión que promueve el modelo social (Booth y Ainscow, 2002).

Sin embargo, resulta pertinente mencionar la postura de la OCDE, que define la inclusión como la oportunidad que todos deben tener para alcanzar un mínimo grado educativo: un nivel que asegure que las personas sean capaces de leer, escribir y realizar operaciones aritméticas básicas. Para parte de la academia, este concepto sigue siendo difuso y limitado en su alcance (Martínez-Usarralde, 2021).

De ahí que se evidencie, en los discursos políticos de naciones alineadas con las directrices de la OCDE, una tendencia a asociar la inclusión con el acceso al mercado laboral (OCDE, 2014). Esta visión pone de manifiesto una concepción de la inclusión educativa centrada en el factor económico, que tiende a invisibilizar otros aspectos fundamentales del bienestar de las personas y de las comunidades, los cuales no necesariamente se encuentran ligados al desempeño productivo (Martínez-Usarralde, 2021).

Esta convergencia impulsará un cambio de paradigma: la discapacidad deja de ser entendida como una deficiencia a corregir, para asumirse como una condición que requiere ajustes razonables y entornos educativos flexibles que garanticen el aprendizaje efectivo para todos los estudiantes. En este proceso, cobra especial relevancia la actualización de los docentes, tanto en formación inicial como en posgrados (Franco et al., 2024). No obstante, este avance depende, en gran medida, del “compromiso personal de cada docente con su propia formación continua” (Dopico-Rodríguez y Menéndez-Suarez, 2024, p. 19).

En el caso de Colombia, el Ministerio de Educación Nacional (MEN, 2017) ha establecido lineamientos para promover la inclusión educativa de estudiantes con discapacidad, incluyendo aquellos con discapacidad visual. El documento de orientaciones técnicas, administrativas y pedagógicas para la atención educativa a estudiantes con discapacidad, en el marco de la educación inclusiva, ofrece directrices para la adaptación del currículo y las prácticas pedagógicas a las necesidades específicas de estos estudiantes.

Educación inclusiva y discapacidad visual

La actitud del maestro hacia la inclusión ha venido cambiando, en buena medida gracias a las políticas educativas y a los procesos formativos que comienzan a tomar en serio la equidad en el aula. No obstante, la brecha en la inclusión de estudiantes ciegos o con baja visión sigue siendo un desafío para el magisterio en muchos países, entre ellos Colombia (MEN, 2022). En este contexto, las nuevas tecnologías representan un apoyo significativo frente a este gran reto (Ares Iglesias, 2024).

Respecto al acceso a tecnologías asistivas, el MEN (2020) ha implementado programas para fortalecer las capacidades docentes en el uso de herramientas tecnológicas que favorezcan el aprendizaje de estudiantes con discapacidad. Sin embargo, persisten desafíos en su implementación efectiva, especialmente en áreas como las matemáticas, donde la representación visual de conceptos es fundamental.

Aunque existen esfuerzos para promover prácticas inclusivas en matemáticas –como la formación docente en estrategias didácticas adaptadas y el uso de materiales accesibles (MEN, 2022)– su aplicación concreta en el grado cuarto de primaria aún requiere fortalecimiento. La falta de recursos específicos y la necesidad de una mayor capacitación docente son barreras que deben ser superadas para garantizar una inclusión efectiva.

Hablar de discapacidad visual implica referirse a una limitación significativa en la función habitual del sentido de la vista. Dado que gran parte de la información sensorial que llega al cerebro proviene de este sentido, su interacción con el entorno educativo es fundamental. Cada vez más, el docente se concientiza de la necesidad de apropiarse de herramientas pedagógicas y tecnológicas adaptadas (Santos, 2024), combinación que potencializa las oportunidades para que todos los estudiantes accedan al conocimiento.

La enseñanza de las matemáticas para niños con discapacidad visual

Como se ha expuesto, la construcción del conocimiento matemático ha acercado el aula a la tecnología (Ribeiro & Reis, 2025). En otras palabras, la digitalización progresiva del entorno escolar resulta no sólo beneficiosa, sino también esencial para preparar a los estudiantes ante los desafíos del futuro (García-Rivas, 2024). Esto es aún más evidente en el caso de la enseñanza de matemáticas a niños con ceguera total, donde el docente recurre al apoyo tecnológico (Cobeñas et al., 2021; Cardona et al., 2022).

En este sentido, Ghunaimat (2024) confirma en su investigación que la enseñanza de matemáticas a estudiantes con discapacidad visual (EDV) requiere el uso de estrategias pedagógicas específicamente adaptadas. Su estudio evidencia beneficios significativos cuando estos estudiantes son incluidos en entornos escolares inclusivos, ya que se promueve tanto su desarrollo académico como social. Por tanto, es fundamental asegurar que en estos contextos se apliquen métodos adecuados a sus necesidades.

Según Río Castellón (2023), las secuencias didácticas para enseñar matemáticas a EDV requieren adaptaciones específicas en los recursos del entorno. Sin embargo, se reconoce la existencia de cierto desconocimiento en torno al enfoque del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA), lo que lleva a que algunos docentes basen sus adaptaciones en la experiencia personal, lo que puede derivar tanto en

inclusión como en exclusión de estos estudiantes por falta de capacitación. Este panorama subraya la urgencia de formar al profesorado en metodologías inclusivas respaldadas por los principios del DUA.

En Colombia, el interés del docente por actualizarse (Franco et al., 2024), así como iniciativas como las de González et al. (2022), han contribuido a otorgar relevancia a la tiflotecnología en la formación de futuros licenciados. Este énfasis se centra en los procesos de enseñanza y aprendizaje adecuados para EDV, con el apoyo de herramientas asistivas (Chávez Granizo et al., 2022).

En esa medida, se reconoce la necesidad de que el docente adquiera habilidades básicas como la producción de textos en Braille utilizando sistemas autónomos, así como el conocimiento de la generación de archivos digitales accesibles en formatos como Word, PDF y PowerPoint (González et al., 2022). Esto abre un abanico de oportunidades para lograr que el maestro propicie el acceso al cálculo matemático de todos sus estudiantes, incluidos los EDV.

El uso de tecnologías específicas

La apropiación de tecnologías específicas en la enseñanza de matemáticas para EDV implica considerar el uso de programas informáticos y dispositivos electrónicos (De Oliveira, 2024; Santos, 2024). En los últimos años, se ha reconocido que la adaptación de materiales didácticos mediante herramientas de tecnología asistiva (TA) mejora significativamente el aprendizaje de estos estudiantes.

González et al. (2022) destacan cómo herramientas como el Braille permiten facilitar el acceso al cálculo, coincidiendo con lo señalado por Cobañas et al. (2021), quienes subrayan la importancia de diseñar apoyos que promuevan la participación de todos los alumnos, valorando la diversidad como una riqueza en el aula.

Recientemente, Ribeiro y Reis (2025) enfatizaron la importancia de generar evidencia científica que oriente a los investigadores sobre los desafíos y posibilidades del uso de software y dispositivos electrónicos para EDV. A su vez, hacen un llamado a incrementar la concienciación y formación docente, destacando el valor de la inclusión y la autonomía en los estudiantes con discapacidad visual.

De Souza et al. (2024) analizaron el impacto de los programas informáticos de TA en la accesibilidad digital y concluyeron que, entre los más utilizados, se encuentran JAWS y NVDA. Estas herramientas ofrecen funciones como lectura de texto, compatibilidad móvil, soporte para Braille y navegación por voz, lo cual mejora la autonomía y la accesibilidad digital, fortaleciendo el papel de las TA en la inclusión.

JAWS, la impresora Braille y la aplicación Mekanta

El análisis de herramientas tecnológicas dirigidas a la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas en educación primaria para estudiantes ciegos permite evidenciar los aportes del lector de pantalla JAWS, la impresora Braille y la aplicación Mekanta. Estas tres herramientas, en conjunto, ayudan a superar barreras de acceso al aprendizaje y posibilitan estrategias pedagógicas inclusivas que favorecen la participación activa y el desarrollo de competencias.

Zambrano y Zea (2021) explican que JAWS es un lector de pantalla diseñado para personas con discapacidad visual, con opciones de personalización como la configuración de la voz (Martín Abad, 2023), lo que facilita su uso individualizado.

En cuanto a las impresoras Braille, Haz et al. (2024) señalan que, mediante diversas tecnologías, permiten la lectura táctil de documentos, mientras que otros dispositivos electrónicos para la enseñanza del Braille ofrecen retroalimentación táctil, visual y auditiva, brindando mayor autonomía.

El software Mekanta, por su parte, es una herramienta diseñada para permitir un uso autónomo del teclado y del computador (Lafuente, 2011). Está dirigida a personas con baja visión, ceguera total o sordoceguera con restos funcionales visuales o auditivos (González-Gálvez, 2023), cumpliendo con estándares de accesibilidad visual y auditiva.

A través de una interfaz accesible basada en audio y retroalimentación táctil, el software Mekanta responde a los principios del DUA, permitiendo múltiples formas de representación de los conceptos matemáticos. Ofrece ejercicios interactivos con enunciados sonoros, comandos accesibles y retroalimentación inmediata, lo cual favorece la participación activa y autónoma en el aprendizaje (Lafuente, 2011; Martín Abad, 2023). Esta herramienta no solo reduce barreras sensoriales, sino que también impulsa el desarrollo de habilidades lógico-matemáticas en contextos escolares en proceso de transformación inclusiva.

Además, el software Mekanta considera los intereses de los niños mediante lecciones breves, juegos y recursos didácticos que promueven el uso del teclado. Incluye capacitación docente y guías pedagógicas para optimizar su uso (Ares Iglesias, 2024).

El mundo académico se esfuerza en desarrollar estrategias pedagógicas inclusivas, pero es igualmente necesario contar con docentes comprometidos con la apropiación de las TA. Esto requiere fortalecer sus competencias en el manejo de herramientas y en la identificación de las necesidades individuales de los estudiantes, con el fin de adaptar sus enfoques pedagógicos (Polizello et al., 2025).

La inclusión de tecnologías asistivas debe ser planificada cuidadosamente para favorecer un aprendizaje activo, reflexivo y socialmente significativo (Dos Santos Rodrigues et al., 2024; Narciso et al., 2024). Por tanto, las estrategias educativas deben incluir herramientas clave como los sintetizadores de voz, que ofrecen una alternativa auditiva frente al predominio del estímulo visual en la enseñanza tradicional de las matemáticas (Ribeiro y Reis, 2025).

Propósitos del estudio

El objetivo principal de esta investigación fue evaluar el impacto de las tecnologías asistivas en el aprendizaje de matemáticas en estudiantes con discapacidad visual (EDV). Para ello, inicialmente se describió la usabilidad de dichas tecnologías asistivas. Posteriormente, se analizó cómo se implementan en el aula, y finalmente, se midió su efecto sobre el aprendizaje.

Hipótesis descriptiva

Tratándose de una investigación de enfoque mixto, la hipótesis de trabajo que guió este estudio plantea que el diseño e implementación de una secuencia didáctica inclusiva, apoyada en tecnologías asistivas digitales y electrónicas —como el lector de pantalla JAWS, junto con el apoyo de la impresora Braille, permite a los EDV de cuarto grado desarrollar habilidades matemáticas, evidenciadas en el desarrollo del pensamiento lógico y la resolución de problemas.

El efecto de la secuencia didáctica sobre las habilidades matemáticas de los estudiantes se evaluó mediante métodos cuantitativos y cualitativos, tales como la observación participante, la foto-elicitación, la evaluación de usabilidad con el Sistema de Escalas de Usabilidad (SUS) y las rúbricas, con el fin de valorar la capacidad del aula inclusiva para superar las barreras relacionadas con la percepción visual.

La validación de la hipótesis permitió una comprensión integral del fenómeno estudiado. Por un lado, el análisis cuantitativo midió el impacto de la implementación de la secuencia didáctica apoyada en tecnologías asistivas sobre el desarrollo de habilidades matemáticas en los EDV, a través de las rúbricas aplicadas antes y después de la intervención y del cuestionario SUS. Por otro lado, el

componente cualitativo, basado en la técnica de foto-elicitación y en entrevistas semiestructuradas, aportó información contextualizada sobre las percepciones, experiencias y dinámicas de inclusión en el aula regular.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados y la discusión del estudio de caso (Vizcaíno-Zúñiga et al., 2023). La muestra, definida por conveniencia, estuvo conformada por dos estudiantes que cumplieran un único criterio: estar cursando el cuarto grado de la educación básica primaria en la Institución Educativa Tierra de Promisión, en la ciudad de Neiva, y contar con diagnóstico de ceguera total. Los resultados responden al objetivo de la investigación, consistente en analizar la implementación de secuencias didácticas apoyadas en tecnologías asistivas digitales y electrónicas, con el fin de optimizar el desarrollo de habilidades matemáticas y garantizar la accesibilidad al aprendizaje en un aula inclusiva de cuarto grado con estudiantes con discapacidad visual (EDV).

Este enfoque permitió analizar los resultados obtenidos a través de entrevistas con apoyo en la técnica de foto-elicitación, el cuestionario SUS y las rúbricas diseñadas por la docente-investigadora. La secuencia didáctica apoyada en tecnologías asistivas no solo mejoró el desempeño matemático de las estudiantes con ceguera, sino que también fomenta su autonomía y participación activa en el aula inclusiva. Así lo confirma el testimonio de la madre de una de las niñas con discapacidad visual, quien también presenta esta condición:

“Ahorita existen esas herramientas, es cuestión de buscarlas para que ellos, en un futuro, puedan trabajar o ser autónomos en cuanto al tema de las matemáticas desde la tecnología” (Madre de familia_2, 269-271).

Puede destacarse lo expuesto por de Oliveira (2024) sobre la importancia de características de accesibilidad y compatibilidad con lectores de pantalla, idea que también sostiene el software Mekanta. La docente de apoyo refiere que:

“Es muy lúdico, permite al niño desarrollar la habilidad en el conocimiento del teclado, uso del computador y manejo de todo lo relacionado al momento de escribir con su computadora” (Docente de apoyo, 111-113).

Las entrevistas evidencian valoraciones desde la técnica de la foto-elicitación, como las siguientes:

“Mekanta es una herramienta que le abre las puertas al niño ciego para poder desenvolverse de manera independiente en el computador. La impresora Braille ayuda bastante porque es otro aparato, otro instrumento tecnológico que facilita tanto al docente como al niño tener material a su disposición para trabajar desde el área de matemáticas diferentes situaciones de interpretación, poderlas leer... sean historias, sean cuentos relacionados.” (Docente de apoyo, 115-121).

“La única barrera que podría presentarse sería el estado y actualización de los equipos informáticos, pues generalmente en las escuelas públicas muchas veces no están en buenas condiciones.” (Madre de familia_1, 132-136).

“En ningún momento se observa discriminación... parece una clase normal para todos los estudiantes, en igualdad de condiciones, con acceso a la información y contenidos. Ellas participan y realizan las mismas actividades que los otros niños, trabajan en equipo... en grupos. A veces, si tienen alguna duda, se ve que pueden aclararla, y hay niños que les ayudan guiándoles el proceso. Es un trabajo integrado, donde todos colaboran y se apoyan.” (Docente de apoyo, 148-155).

“Los lectores de pantalla verbalizan mucho más información que hace 10 o 12 años, cuando aún estaban en desarrollo. Actualmente, la tecnología es un facilitador muy grande para el ámbito educativo y el apoyo a las personas ciegas.” (Madre de familia_2, 135-138).

Las participantes reconocen la importancia de las estrategias de apoyo implementadas durante la intervención, como expresan en los siguientes testimonios:

“Se hicieron los ajustes, trabajaron con el computador, con Mekanta... Llegaban felices a casa diciendo: ‘Yo puedo manejar el computador’. Es una motivación inmensa para los niños, sobre todo en esta época, donde la tecnología es parte fundamental del aprendizaje.” (Madre de familia_2, 46-49).

“Se observa un ambiente inclusivo, donde la estudiante con discapacidad utiliza la herramienta tecnológica para acceder al aprendizaje y facilitar este proceso. No hay diferencia con los demás estudiantes, porque todos tienen acceso a la información y trabajan en lo mismo. Pienso que la tecnología actúa como un puente para superar barreras y fomentar la participación de todos.” (Docente de apoyo, 28-33).

“Desarrollar otras habilidades y prepararlas para el futuro es fundamental, pues realmente esto les facilitará desenvolverse en muchos ámbitos y situaciones.” (Madre de familia_1, 52-54).

Tras explorar las percepciones recogidas mediante entrevistas, se presentan ahora los resultados del análisis cuantitativo. En el cuestionario SUS, los puntajes obtenidos permiten valorar la usabilidad de las herramientas implementadas desde una perspectiva complementaria. Los puntajes se expresan en una escala de 0 a 100, según el algoritmo de conversión del SUS. Dado que el máximo teórico es 100, las puntuaciones sugieren que la calidad percibida está por encima del nivel aceptable (Pincay-Ponce et al., 2021), lo que indica la ventaja de cada una de las herramientas evaluadas: JAWS, impresora Braille y el software Mekanta.

La escala se aplicó vía Google Forms, obteniendo respuestas totales para el software JAWS, la impresora Braille y la aplicación Mekanta. La evaluación general de la usabilidad percibida se muestra en la Tabla 1, mientras que la Tabla 2 presenta el análisis cuantitativo de las respuestas.

Según la Tabla 2, los estudiantes con ceguera total reportaron menos dificultades al usar el software Mekanta. Los usuarios no encontraron complejo el uso del software JAWS ni reportaron problemas con la impresora Braille. Sin embargo, en relación con la impresora Braille, la pregunta 7 –que indaga sobre la facilidad con la que la mayoría de las personas ciegas podrían aprender a usarla– solo obtuvo una respuesta “totalmente de acuerdo”.

Tabla 1

Visión general de la evaluación de usabilidad según la escala SUS

Número de ítem	Descripción
1	Considero que me gustaría usar este sistema con frecuencia.
2	Considero que el sistema es innecesariamente complejo.
3	Considero que el sistema fue fácil de usar.
4	Pienso que necesitaría el apoyo de una persona con conocimientos técnicos para poder usar este sistema.
5	Considero que las funciones del sistema están bien integradas.
6	Considero que hay demasiada inconsistencia en este sistema.
7	Considero que la mayoría de las personas aprendería a usar este sistema rápidamente.
8	Considero que el sistema es muy engorroso de usar.

9	Me sentí muy seguro usando este sistema.
10	Necesité aprender muchas cosas antes de poder usar el sistema.

Tabla 2

Análisis de las respuestas obtenidas con la escala SUS

Muestra Participante	Software JAWS	Impresora Braille	Aplicación Mekanta
Madre 1	82,5	90,0	90,0
Madre 2	87,5	70,0	87,5
Docente de apoyo	90,0	90,0	90,0
Tiflóloga	90,0	90,0	90,0

Las preguntas 2 y 4 del cuestionario indican que los usuarios no presentaron dificultades significativas con la aplicación Mekanta, considerándola la mejor opción entre las tres herramientas, aunque todas mostraron excelente usabilidad. En las preguntas 1 y 3, los usuarios no percibieron complejidad en el uso de JAWS, la impresora Braille ni el software Mekanta.

Las respuestas a los ítems 5 y 6 fueron similares entre las cuatro participantes: la mayoría estuvo de acuerdo en que las funciones están bien integradas y en desacuerdo con la idea de que el sistema presenta demasiada inconsistencia. En el ítem 7, tres participantes estuvieron en desacuerdo y una estuvo totalmente de acuerdo en que la mayoría aprendería a usar el sistema rápidamente.

Las preguntas 8 y 10 evidencian cierta prevención ante el uso de las tecnologías: una participante consideró difícil la aplicación del software Mekanta para niños ciegos, mientras que las otras tres fueron neutrales. En el ítem 9, dos participantes se mostraron neutrales y dos estuvieron de acuerdo en sentirse seguros usando el sistema.

Para valorar el impacto de la secuencia didáctica en el desarrollo de habilidades matemáticas y en el uso de tecnologías asistivas, se diseñaron y aplicaron dos rúbricas observacionales a los 22 niños del aula inclusiva. La primera mide el progreso en competencias matemáticas básicas (Tabla 3) y la segunda valora el grado de autonomía y apoyo requerido en el manejo de tecnologías como JAWS, el software Mekanta y la impresora Braille (Tabla 4). Ambas se aplicaron al finalizar la unidad didáctica mediante observación directa de la docente-investigadora y se registraron en el diario de campo.

Tabla 3

Tabla resumen resultados de la Rúbrica 1: Habilidades matemáticas

Criterio	Inicial	En desarrollo	Consolidado
Reconocimiento de números y cantidades	2	3	17
Resolución de problemas simples	2	2	18
Uso de representaciones táctiles o sonoras - diagrama de barras	0	3	19
Comprensión de operaciones básicas (suma y resta)	1	1	20

En cuanto al reconocimiento de números y cantidades, dos estudiantes se ubicaron en el nivel "inicial", tres en el nivel "En desarrollo", mientras que 17 lograron el nivel "Consolidado". En la resolución de problemas, el desempeño fue así: dos estudiantes del grado cuarto se quedaron en el nivel "Inicial", el mismo número en el nivel "En desarrollo", mientras que 18 lograron el nivel "Consolidado". Las dos estudiantes ciegas se ubicaron entre los niveles "En desarrollo" y "Consolidado". Se observa un patrón

de avance progresivo en el uso de representaciones táctiles y sonoras frente a la interpretación y representación de gráficas de barras, así como en la comprensión de operaciones básicas.

Tabla 4

Tabla resumen resultados de la Rúbrica 2: Uso de tecnologías asistivas

Criterio	Inicial	En desarrollo	Consolidado
Manejo de software llevado a clase (JAWS)	0	1	21
Interacción con aplicaciones tecnológicas	0	1	21
Uso de materiales concretos (material del medio, pinturas, lenguaje Braille, etc.)	0	0	22
Participación tecnológica	1	1	20

Nota: Las Rúbricas valoran el progreso del total de estudiantes en aspectos clave del aprendizaje matemático, considerando criterios adaptados a sus formas de acceso y expresión.

Los resultados muestran que el manejo de programas informáticos como el lector de pantalla JAWS fue mayoritariamente independiente o con apoyo consolidado por la inmensa mayoría de los estudiantes. Una de las madres participantes, lo expresa en su entrevista puntualmente: "(...) en el computador interpretar y resolver es fácil para Juliana siempre cuando los signos matemáticos sean interpretados por el lector de pantalla, que yo sé que sí, yo no ví inconveniente en que ella pueda resolver un problema matemático" (Madre de familia_2, 102-105). El software Mekanta presentó iguales resultados, con un estudiante aún en nivel "en Desarrollo". El uso de materiales en Braille fue una fortaleza, con el total de los 22 estudiantes en nivel "Consolidado". La participación en actividades tecnológicas reflejó progresos importantes, aunque aún se requiere apoyo en ciertos momentos.

CONCLUSIÓN

Los resultados alcanzados con esta investigación permiten evidenciar el impacto positivo de la secuencia didáctica en el desarrollo de habilidades matemáticas, con el apoyo de las tecnologías asistivas (Chávez-Granizo et al., 2022; Cobeñas et al., 2021; del Río Castrellón, 2023), en coherencia con el primer objetivo del estudio. Asimismo, confirman que la integración de este tipo de tecnologías facilitó la participación activa de los estudiantes (De Oliveira, 2024; García-Rivas, 2024), alineándose con principios del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) y los aportes de la educación inclusiva (Mejía Marengo, 2024).

En cuanto a los datos arrojados por el cuestionario SUS y por las rúbricas creadas para el presente estudio de caso, puede afirmarse que, tanto Jaws como el software Mekanta, en simultánea con el aprovechamiento de la impresora Braille, se convierten en herramientas que contribuyen al desarrollo de soluciones más inclusivas y efectivas, brindando una mejor experiencia de usuarios ciegos, como otros casos de EDV, sin negar los logros entre pares, así sean videntes (Martín-Abad, 2023). Estas herramientas asistivas no discriminan, ni impiden el aprendizaje para todos los usuarios; por el contrario, lo potencializan.

Estos hallazgos sugieren que, cuando los entornos educativos incorporan tecnologías asistivas como el software Mekanta, el software JAWS y la impresora Braille, de manera pertinente y accesible, los estudiantes con ceguera total pueden participar en igualdad de condiciones en el proceso de aprendizaje. Para la práctica docente inclusiva, esto implica reconocer que la barrera no está en la discapacidad, sino en la ausencia de recursos y adaptaciones adecuadas. Por tanto, es fundamental que los educadores estén capacitados no solo en el uso técnico de estas herramientas, sino también

en su integración pedagógica, con el fin de diseñar secuencias didácticas u otro tipo de experiencias de aprendizaje que respondan efectivamente a la diversidad del aula.

REFERENCIAS

- Ares Iglesias, D. (2024). El aprendizaje de la lectoescritura del alumnado con discapacidad visual. Valladolid: Universidad de Valladolid. .
- Booth, T., & Ainscow, M. (2002). Index for inclusion: developing learning and participation in schools. Centre for Studies on Inclusive Education (CSIE), Rm 2S203 S Block, Frenchay Campus, Coldharbour Lane, Bristol BS16 1QU, United Kingdom, England (24.50 British pounds).
- Cardona, M., Uglez, R., & Cañadas, M. (2022). Adaptación de Tareas para Detectar el Talento Matemático en Personas con Discapacidad Visual Basada en el Análisis de las Habilidades de Visualización y la Generalización. *Revista Brasileira de Educação Especial*, 28, 507-526. 10.1590/1980-54702022v28e0048
- Chávez Granizo, G., Naspud Espinoza, M., Mosquera Cadena, D., Orozco Holguín, J., & Delgado Cabanilla, M. (2022). Los tics y su aporte para la inclusión de personas no videntes en la educación. *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 6(46), 127-134. 10.29018/issn.2588-1000vol6iss46.
- Cobeñas, P., Grimaldi, V., Broitman, C., Sancha, I., & Escobar, M. (2021). La enseñanza de las matemáticas a alumnos con discapacidad. La Plata, Argentina: - 1a ed. EDULP.
- De Oliveira, S. B. (2024). La interacción de estudiantes con discapacidad visual con la plataforma Moodle: un análisis basado en supuestos de usabilidad y accesibilidad. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande.
- De Souza, A., Pta, B., Da Silva Cândido, H., De Souza, U., & Gomes, A. (2024). El uso de la tecnología como herramienta de inclusión: un estudio sobre lectores de pantalla. Simposio de Excelencia en Gestión y Tecnología (págs. 1-16). Braganca: FATEC.
- Del Río Castellón, M. (2023). Estrategias Didácticas del Profesor de Matemáticas en un Aula Inclusiva de Secundaria con Alumnos con Discapacidad Visual. Zacatecas: Universidad Autónoma de Zacatecas.
- Dopico-Rodríguez, E., & Menéndez-Suarez, C. (2024). Obstáculos formativos a la inclusión educativa. *IJNE: International Journal of New Education*(14), 19-35. 10.24310/ijne.14.2024.20403
- Dos Santos Rodrigues, A., Gusmao, D. J., & Rodrigues, A. A. (2024). Teconología asistiva en el proceso de alfabetización en el proceso de alfabetización de personas de personas con discapacidad visual: En busca de un proceso de enseñanza y de aprendizaje inclusivo y significativo. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação – REASE*, 3786-3800. 10.51891/rease.v10i9.15824
- Echeita Sarrionandia, G. (2017). Educación inclusiva. Sonrisas y lágrimas. *Aula abierta*, 46(2), 17-24
- Fernández-Batanero, J. M., Montenegro-Rueda, M., Fernández-Cerero, J., & García-Martínez, I. (2022). Tecnología de asistencia para la inclusión de estudiantes con discapacidad: una revisión sistemática. *Investigación y desarrollo en tecnología educativa*,. *Investigación y desarrollo en tecnología educativa*, 70(5), 1911-1930.
- Franco, S., Cobo, I., González, V., Montoya, V., & Rojas, L. (2024). Educación inclusiva desde la discapacidad visual: Estrategias orientadoras para el profesorado en formación de la primera infancia. *Revista Boletín Redipe*, 76-99.

García-Rivas, N. E. (2024). Tecnología Asistiva para la Inclusión Educativa en Ecuador. *Ciencia Latina: Revista Multidisciplinar*, 8(3), 417-433. 10.37811/cl_rcm.v8i3.11228

Ghunaimat, A. (2024). Teaching Mathematics To Students With Visual Impairment In Inclusive Education Schools In Jordan. *Journal of Innovation and Research in Primary Education*, 3(2), 121–132. 10.56916/jirpe.v3i2.849

González, A., Villadiego, J., & Rodríguez, E. (2022). Tiflotecnología en el Aprendizaje de las Matemáticas en Estudiantes con Discapacidad Visual. *Conocimiento, Investigación y Educación CIE*, 2(15), 41-54.

Hedlefs-Aguilar, M. I., & Garza-Villegas, A. A. (2016). Análisis comparativo de la Escala de Usabilidad del Sistema (EUS) en dos versiones/Comparative analysis of the System Usability Scale (SUS) in two versions. *ECL Revista Iberoamericana De Las Ciencias Computacionales e Informática*, 44-58. www.reci.org.mx/index.php/reci/article/view/48

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza-Torres, C. (2018). *Metodología de la Investigación*. México: Editorial Mc Graw-Hill.

Lafuente, Á. (2011). Mekanta, herramienta para el aprendizaje del teclado del ordenador, accesible a niños y niñas con discapacidad visual. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 61, 109-126.

Martín Abad, J. (2023). *Desarrollo de un simulador de lector de pantallas*. Alicante: Escuela Politécnica Superior Universidad de Alicante.

Martínez-Usarralde, M. J. (2021). Inclusión educativa comparada en UNESCO y OCDE desde la cartografía social. *Educación XX1*, 24(1), 93-115. 10.5944/educXX1.26444

Ministerio de Educación Nacional. (2017). Documento de orientaciones técnicas, administrativas y pedagógicas para la atención educativa a estudiantes con discapacidad en el marco de la educación inclusiva. https://www.mineduacion.gov.co/1759/articles-360293_foto_portada.pdf

Ministerio de Educación Nacional. (2020). Informe de Gestión 2021. Informe de Gestión a 31 de diciembre de 2021. https://www.mineduacion.gov.co/1759/articles-385377_recurso_21.pdf

Ministerio de Educación Nacional. (2022). Coalición Latinoamericana para la Excelencia Docente, Universidad de los Andes & Universidad de La Sabana. (2022). *La formación docente en Colombia: nota técnica*. ISBN: 978-958-785-364-3 Bogotá, D.C., mayo de 2022.

OCDE. (2014). *Equidad, Excelencia e Inclusión en Educación: Lecciones de Políticas de todo el mundo*. OCDE.

Organización Mundial de la Salud. (2001). *Clasificación Internacional del Funcionamiento, la Discapacidad y la Salud: CIF*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.


Pincay-Ponce, J., Herrera-Tapia, J., & Delgado-Muentes, W. (2021). La usabilidad y la escala diferencial de emociones en aplicaciones para Android. Un estudio de caso. *Mikarimin. Revista Científica Multidisciplinaria*, 7(1), 79-86.

Ramón-Rumayor, L., Romero-Iruela, M. J., de las Heras Cuenca, A. M., Torrego-González, A., & García-Vera, A. B. (2021). Foto-Elicitación e indagación narrativa visual en estudio de casos y grupos de discusión. *New Trends in Qualitat*, 5, 41-56. 10.36367/ntqr.5.2021.41-56

Ribeiro, M. G., & Reis, H. M. (2025). Sintetizadores de voz: tecnología y accesibilidad para estudiantes. *Rein-revista educación inclusiva*, 10(2), 39-52.

Santos, S. M. (2024). Estrategias de enseñanza-aprendizaje para estudiantes con discapacidad visual. *Observatório de la economía latinoamericana*, 22(2), e3471-e3471.

Vizcaíno-Zúñiga, P. I.-C., & Maldonado-Palacios, I. (2023). Metodología de la investigación científica: guía práctica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(4), 9723-9762. 10.37811/cl_rcm.v7i4.7658

Todo el contenido de **LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades**, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia [Creative Commons](#) .