

TECNOLOGÍAS DE ASISTENCIA EN LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE LAS MATEMÁTICAS PARA ESTUDIANTE CIEGO: INVESTIGANDO LA PRESENCIA DEL DISEÑO UNIVERSAL Y EL DISEÑO UNIVERSAL PARA EL APRENDIZAJE

TECNOLOGIAS ASSISTIVAS NO ENSINO E APRENDIZAGEM DE MATEMÁTICA PARA ESTUDANTE CEGO: INVESTIGANDO A PRESENÇA DO DESENHO UNIVERSAL E DO DESENHO UNIVERSAL PARA APRENDIZAGEM

ASSISTIVE TECHNOLOGIES IN TEACHING AND LEARNING MATHEMATICS FOR BLIND STUDENTS: INVESTIGATING THE PRESENCE OF UNIVERSAL DESIGN AND UNIVERSAL DESIGN FOR LEARNING

Sandra María Ferreira JEREMÍAS¹
Anderson Roges Teixeira GÓES²
Sonia María Chaves HARACEMIV³

RESUMEN: Este artículo presenta análisis de investigaciones stricto sensu que abordan las tecnologías de asistencia en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas dirigidas a estudiantes ciegos. Con eso, se verifica si estos recursos se conciben en la perspectiva del Diseño Universal (DU) y, aún, si las metodologías señaladas en la investigación tienen enfoque de Diseño Universal de Aprendizaje (DUA). La metodología de investigación es de carácter cualitativo, siendo una investigación de revisión sistemática e integradora en diferentes ubicaciones de búsqueda, como el Catálogo de Tesis y Disertaciones de la Coordinación para el Perfeccionamiento del Personal de Educación Superior (CAPES). Los resultados demuestran que hay poca investigación sobre el enfoque DUA. Pero las practicas que hacen uso de la perspectiva DUA permite a los estudiantes ciegos participar de manera efectiva, con equidad, en procesos educativos inclusivos en el ambiente del aula.

PALABRAS CLAVE: Enseñanza de las matemáticas. Diseño universal de aprendizaje. Estudiante ciego.

RESUMO: O presente artigo apresenta análises de pesquisas stricto sensu que abordam as tecnologias assistivas no ensino e aprendizagem de matemática voltada ao estudante cego.

¹ Secretario de Estado de Educación (SEED), Será José de los Pinares – PR – Brasil. Profesor de sala de recursos. Estudiante de Maestría del Programa de Posgrado en Educación: Teoría y Práctica Docente (PPGE-PAPEL HIGIÉNICOEn/UFPR). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9066-1934>. E-mail: sandra.jeremias@escola.pr.gov.br

² Universidad Federal de Paraná (UFPR), Curitiba – PR – Brasil. Profesor del Programa de Posgrado en Educación: Teoría y Práctica de la Enseñanza (PPGE-TPEn) y el Programa de Posgrado en Educación en Ciencias y Matemáticas (PPGECM). Doctor en Métodos Numéricos en Ingeniería (UFPR). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8572-3758>. E-mail: artgoes@ufpr.br

³ Universidad Federal de Paraná (UFPR), Curitiba – PR – Brasil. Profesora del Programa de Posgrado en Educación: Teoría y Práctica de la Enseñanza (PPGE-TPEn) y el Programa de Posgrado en Educación (PPGE). Doctor en Historia y Filosofía de la Educación (PUC/SP). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9305-5227>. E-mail: sharacemiv@gmail.com

Com isso, verifica-se se esses recursos são concebidos na perspectiva do Desenho Universal (DU) e, ainda, se as metodologias indicadas nas pesquisas possuem abordagem do Desenho Universal para Aprendizagem (DUA). A metodologia da pesquisa é de natureza qualitativa, constituindo-se como revisão sistemática e integrativa em diferentes locais de buscas, como o Catálogo de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Os resultados demonstram a existência de poucas pesquisas na abordagem DUA. No entanto, as práticas que fazem uso do DUA possibilitam ao estudante cego a participação efetiva, com equidade, nos processos educacionais inclusivos no ambiente de sala de aula.

PALAVRAS-CHAVE: *Ensino da matemática. Desenho universal para aprendizagem. Estudante cego.*

ABSTRACT: *This article presents analyzes of stricto sensu researches that address assistive technologies in the teaching and learning of mathematics aimed at blind students. With that, it is verified if these resources are conceived in the perspective of Universal Design (DU) and, still, if the methodologies indicated in the research have approach of Universal Design for Learning (DUA). The research methodology is of a qualitative nature, being a systematic and integrative review research of the findings in different search sites, such as the Catalog of Theses and Dissertations of the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES). The results demonstrate little amount of research in the DUA perspective. However, the practices that make use of the DUA enables blind students to effectively participate, with equity, in inclusive educational processes in the classroom environment.*

KEYWORDS: *Mathematics teaching. Universal design for learning. Blind student.*

Introducción

La inclusión escolar es una discusión de acontecimientos importantes, siendo el más visible el ocurrido en 1994, en España, promovido por la UNESCO, la Conferencia Mundial sobre Necesidades Educativas Especiales: Acceso y Calidad. En ese momento, se firmaron varios países, entre ellos Brasil, uno de los documentos más importantes, la Declaración de Salamanca (UNESCO, 2004), reafirmando el derecho a la educación de cada individuo, estableciendo principios, políticas y prácticas en Educación Especial. La Declaración de Salamanca también recomienda la inclusión de niños y jóvenes con necesidades educativas especiales en las escuelas ordinarias, llevando la discusión del concepto de escuela inclusiva, desafiando el desarrollo de una pedagogía que respete las diferencias individuales, rompiendo barreras que hacen que los estudiantes sean momentáneamente incapaces.

En cuanto a las barreras que impiden la inclusión real de los estudiantes en el entorno escolar, no se refiere solo a las barreras descritas en la ley 13.146 de 2015, la ley brasileña para la inclusión de las personas con discapacidad o el estatuto de las personas con discapacidad,

sino a los recursos, servicios y / o metodologías que cubren a todos los estudiantes y proporcionan un proceso de enseñanza y aprendizaje con equidad. El hecho de que los estudiantes estén matriculados en una escuela llamada "regular" no garantiza necesariamente la inclusión educativa, ya que es necesario utilizar recursos didácticos y equipos especializados que satisfagan las necesidades educativas de los estudiantes, con o sin discapacidades (MANTOAN, 2003, p. 24), como se garantiza en la legislación brasileña,

III - proyecto pedagógico que institucionalice la atención educativa especializada, así como otros servicios y adaptaciones razonables, para satisfacer las características de los estudiantes con discapacidad y asegurar su pleno acceso al currículo en igualdad de condiciones, promoviendo la conquista y el ejercicio de su autonomía (BRASIL, 2015, Art. 28).

La inclusión escolar no prevé el uso de la práctica docente para hacer frente a dificultades específicas de aprendizaje, ya que entiende que "los estudiantes aprenden dentro de sus límites y si la enseñanza es, de hecho, de buena calidad, el profesor tendrá en cuenta estos límites explorando adecuadamente las posibilidades de cada uno" (MANTOAN, 2003, p. 36). Por lo tanto, cuando uno piensa en la diversidad que compone la escuela, uno debe tener un plan de estudios que pueda servir a todos por igual a través de diferentes caminos, con metas a alcanzar por todos los estudiantes.

En esta perspectiva, el objetivo de este texto es analizar la investigación *stricto sensu* que presenta tecnologías de asistencia para ⁴ la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas, utilizadas por estudiantes ciegos. Con esto, se trató de verificar si estos recursos están concebidos desde la perspectiva del Diseño Universal (DU) y también si las metodologías indicadas en las investigaciones tienen un enfoque del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA).

Por lo tanto, para apoyar las discusiones de los análisis, en este artículo, presentamos a continuación las concepciones de Diseño Universal y Diseño Universal para el Aprendizaje.

Diseño Universal para el Aprendizaje

El término *Diseño Universal* fue concebido por el arquitecto Ron Mace en la década de 1980 en los Estados Unidos para designar pautas para diseños arquitectónicos y productos que

⁴ III - tecnología asistencial o ayuda técnica: productos, equipos, dispositivos, recursos, metodologías, estrategias, prácticas y servicios que tienen como objetivo promover la funcionalidad, relacionada con la actividad y participación de las personas con discapacidad o movilidad reducida, apuntando a su autonomía, independencia, calidad de vida e inclusión social; (BRASIL, 2015, Art. 3).

satisfagan a todas las personas, independientemente de sus condiciones físicas. El DU tiene siete principios que buscan derribar barreras (GABRILLI, 2007): igualitario; adaptable; obvio; notable; seguros; sin esfuerzo; comprensivo.

En cuanto al uso igualitario o comparable – "son espacios, objetos y productos que pueden ser utilizados por personas con capacidades diferentes, haciendo que los ambientes sean iguales para todos" (GABRILLI, 2007, p. 12) – como ejemplo, "Puertas con sensores que se abren sin requerir fuerza física o alcance de usuarios de diferentes alturas" (GABRILLI, 2007, p. 12).

El uso adaptativo se refiere a aspectos que pueden cambiar su forma o están diseñados para adaptarse a todos, como las tijeras para uso tanto de diestros como zurdos o computadora con teclado y mouse, que ayudan a una persona con discapacidad visual a hacer uso de microcomputadoras mediante el uso de un sintetizador de voz (GABRILLI, 2007).

En relación con el uso obvio, también definido como simple e intuitivo, se considera un aspecto que se reconoce claramente, "independientemente de su experiencia, conocimiento, habilidades lingüísticas o nivel de concentración" (GABRILLI, 2007, p. 14). A modo de ejemplo, señales indicativas de inodoro femenino o inodoro masculino para el uso de personas con discapacidad.

La información fácilmente perceptible está relacionada con la idea de cuándo se transmite la información para satisfacer las necesidades del receptor. Gabrilli (2007) ilustra este principio mencionando diferentes medios de comunicación, como símbolos y letras en relieve, Braille, señalización auditiva, entre otros.

El principio de seguridad consideró el pronóstico para minimizar los riesgos y posibles consecuencias de acciones accidentales o no intencionales, como ascensores con sensores a varias alturas que permiten a las personas con diferentes estaturas hacer uso sin riesgo de que la puerta se cierre al entrar o salir del ascensor. El principio de esfuerzo sin esfuerzo está relacionado con la necesidad de minimizar el esfuerzo para el manejo, como los grifos con un sensor que no requiere torsión en su manejo, lo que proporciona tanto ahorro de agua como esfuerzo físico (GABRILLI, 2007).

El último principio del DU, denominado integral, trae la idea de dimensionar el espacio para su aproximación y uso, evaluando la extensión adecuada para el acceso, la manipulación independientemente del tamaño corporal, la postura o la movilidad del usuario, como sillones que pueden ser utilizados por personas obesas (GABRILLI, 2007, p. 17).

Pensando en el elemento arquitectónico que aporta en su diseño los principios del DU, destacamos las rampas de acceso a diferentes niveles de altura. A través de este elemento

arquitectónico, las personas con locomoción limitada pueden acceder a niveles más altos, así como una persona que no tiene limitaciones en su locomoción, brindando accesibilidad de manera efectiva.

En el ámbito escolar, además del espacio físico, indicamos que los principios del DU se aplican a los recursos educativos y estos, a su vez, deben ser utilizados en metodologías que se dirijan a todos los alumnos.

Las metodologías y prácticas educativas que incluyen a todos los estudiantes conforman el enfoque llamado *Diseño Universal para el Aprendizaje* (DUA) (del inglés, *Universal Design for Learning*), desarrollado por David Rose, Anne Meyer y otros investigadores del *Center for Applied Special Technology* (CAST) en la década de 1990, Massachusetts. El DUA tiene tres principios:

Principio I - Proporcionar múltiples medios de compromiso que abarquen la autorregulación, la persistencia y el esfuerzo y el reclutamiento de intereses. Sebastián-Heredero (2020) afirma que el aprendizaje está vinculado a las emociones y afectividad de las personas, a partir de esto, los estudiantes difieren notoriamente en las formas en que pueden ser provocados y motivados para aprender. Algunos estudiantes están interesados y curiosos, mientras que otros muestran desinterés y resistencia a participar en actividades desafiantes, prefiriendo actividades más rutinarias, eligiendo trabajar solos, en lugar de trabajar colectivamente. Estos hechos demuestran que no existe una sola forma de trabajar con todos los estudiantes, y es necesario desarrollar múltiples modos.

Principio II - Proporcionar múltiples medios de representación, que involucren la percepción, el lenguaje, la expresión y la comprensión de símbolos, por ejemplo, matemáticos. Algunos estudiantes aprenden más rápido, otros aprenden de manera más efectiva a través de recursos visuales o auditivos en lugar de texto impreso. Así, cuantas más oportunidades de aprendizaje se utilicen, mayores serán las posibilidades de los estudiantes de hacer conexiones interiores, como entre conceptos (SEBASTIAN-HEREDERO, 2020).

Principio III - Proporcionar múltiples medios de acción y expresión para abarcar la función ejecutiva, la expresión y la comunicación y la actividad física. Sebastián-Heredero (2020) advierte sobre la necesidad de reconocer las especificidades del aprendizaje, enfatizando que algunos estudiantes se expresan a partir de un texto escrito y otros de manera oral, lo que denota diferentes procesos en las formas en que conciben el conocimiento y así expresan lo que saben. A partir de esto, es necesario desarrollar diferentes estrategias para la aprehensión de contenidos.

Los principios del DUA se dividen en pautas que cuentan con puntos de control con sugerencias más detalladas, presentadas en la Figura 1, siendo la base para el establecimiento de metas de aprendizaje, aplicadas desde el reclutamiento de intereses, percepción y acción física, con el fin de alcanzar las metas de aprendizaje.

Figura 1 - Principio y directrices de DUA



Fuente: adaptado y traducido de CAST (2019) (Traducción nuestra)

Por ello, es necesario que el docente se esfuerce por captar la atención e implicación de los alumnos, utilizando otras formas y recursos diversos en la construcción del aprendizaje, ya sea mediante el uso del lenguaje, símbolos, expresión y otros, posibilitando a los alumnos realizar las tareas propuestas con autonomía a través de situaciones.

Entendidas las concepciones sobre DU y DUA, en la siguiente sección, se presenta la metodología de investigación, indicando cómo y qué investigaciones fueron seleccionadas para el análisis.

Metodología de la investigación

La investigación es de naturaleza cualitativa, con una revisión sistemática e integradora, buscando producciones científicas sobre el tema, analizando la *investigación stricto sensu* que se ocupa de las tecnologías de asistencia utilizadas en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas de los estudiantes ciegos. Así, se busca verificar si estos recursos fueron

concebidos desde la perspectiva de (DU), así como si las metodologías indicadas en las investigaciones abordan el DUA.

Las búsquedas de producciones científicas se realizaron en la *página web* del Programa de Postgrado en Educación: Teoría y Práctica Docente (PPGE:TPEn) de la Universidad Federal de Paraná (UFPR), donde se insertan los autores de este estudio; y en el Catálogo de Tesis y Disertaciones de la Coordinación para el Perfeccionamiento del Personal de Educación Superior (CAPES). También se buscó la investigación que dio origen al material didáctico multiplano, ampliamente conocido y utilizado por los profesores de matemáticas.

En la *página web* de PPGE:TPEn de la UFPR se analizaron los títulos de todas las disertaciones, buscando aquellas que evidenciaran el análisis y desarrollo de material didáctico para estudiantes ciegos, y se encontró el trabajo de Berbetz (2019), que presenta el desarrollo, aplicación y evaluación de un material didáctico.

En el Catálogo de Tesis y Disertaciones de Capes se realizaron dos búsquedas, y en la primera los descriptores utilizados fueron "material didáctico", "matemáticas" y "ciego", de forma asociada, con el operador booleano *AND*. Se encontraron dos artículos, y después de leer los títulos y resúmenes, uno de ellos fue descartado. Esta búsqueda es la investigación seleccionada de Vita (2012), en la que el autor evalúa la construcción y potencialidad de un material didáctico, un modelo táctil, construido a partir de cinco prototipos con miras a la aprehensión de conceptos básicos de probabilidad para cumplir con los objetivos de aprendizaje de los estudiantes ciegos.

La segunda búsqueda en el catálogo de la CAPES, cuyos descriptores utilizados fueron "tecnología asistencial", "matemáticas" y "ciego", de manera asociada al operador booleano *AND*, dio como resultado la selección de cuatro búsquedas. Al analizar el título y resumen de los hallazgos se descartó uno de ellos por no estar en el área de Educación o Enseño. Después de analizar los títulos y resúmenes de los otros tres estudios, solo Salvino (2017) fue seleccionado, porque presenta tecnologías de asistencia utilizadas durante el proceso de enseñanza de las matemáticas por estudiantes con ceguera adquirida. Entre las tecnologías presentadas, sea para la comprensión de conceptos matemáticos u operaciones y cálculos, el autor destaca: la *regleta* y la *punción*; la *máquina perkins*; la *impresora braille*; la *línea braille*; el *libro con lectura táctil o audible*; el *soroban*; la *calculadora de sonido*.

En cuanto al Multiplano, este recurso se desarrolló en la práctica docente del profesor Rubens Ferronato (2002), discutida en su tesis de maestría, que posteriormente tuvo una versión comercial ampliamente difundida. Debido a los beneficios que Multiplano proporciona para el

libro y el aprendizaje de las matemáticas, este se utiliza como un recurso educativo para estudiantes con discapacidades, especialmente personas ciegas.

Así, cuatro son los estudios *stricto sensu* analizados en este estudio: Placas algebraicas (BERBETZ, 2019); Multiplano (FERRONATO; 2002); Maqueta Táctil (VITA, 2012); y Tecnologías de Asistencia citadas por Salvino (2017).

Resultados y análisis

El recurso utilizado por Berbetz (2019) fue desarrollado para la enseñanza de operaciones con polinomios, surgiendo así las Placas Algebraicas (FIGURA 2), inspiradas en el material dorado de la educadora Maria Montessori, quien desarrolló materiales manipulativos, destinados al aprendizaje de matemáticas para niños.

Figura 2 - Placas algebraicas



Fuente: Berbetz (2019, p. 63)

La autora indica que el material está compuesto por seis placas de madera con formas rectangulares y cuadradas, consistentes en código Braille y cara texturizada, que representan placas positivas y placas negativas. Los puntos del Código Braille estaban representados por media perla de artesanías, indicando las dimensiones, longitud, anchura y altura de las placas, dimensiones variables en las actividades propuestas. Con esto, el estudiante ciego puede manipular el material a través del tacto, percibiendo la forma, el tamaño, las texturas, construyendo imágenes mentales resultantes de la percepción táctil.

Vita (2012) elaboró una maqueta táctil con el objetivo de promover la comprensión de los conceptos de probabilidad por parte de estudiantes ciegos (FIGURA 3).

Figura 3 - Maqueta táctil

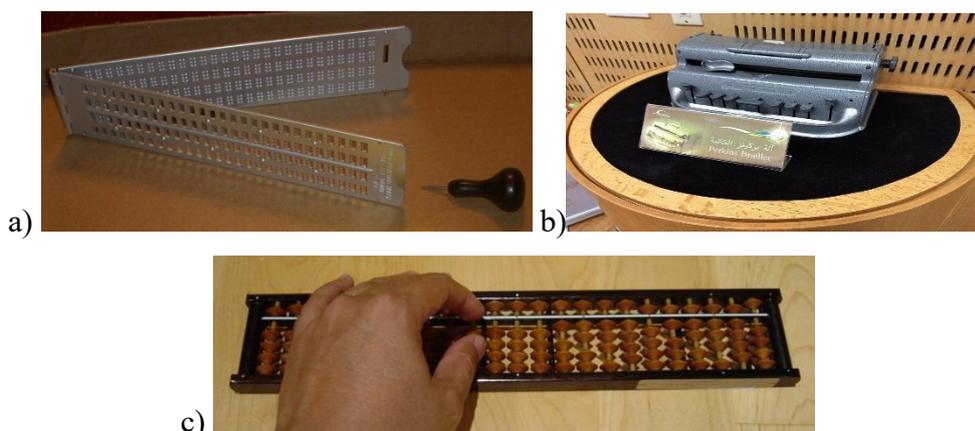


Fuente: Vita (2012, p. 157)

Cada construcción siguió los cinco pasos de la Metodología de Diseño Centrado en el Usuario, un proceso en el que el enfoque está en las necesidades y limitaciones de los usuarios. El análisis instrumental de cada prototipo relacionó cuatro polos del modelo de situaciones de actividades colectivas: estudiante ciego, modelo táctil, investigadores y especialistas. Dichos modelos fueron adaptados, a partir del modelo de la ergonomía, "sobre la interacción entre el hombre y la tecnología, adaptando las tareas, los sistemas, los productos y los entornos a las capacidades y limitaciones físicas y mentales de las personas" (VITA, 2012, p. 50).

Salvino (2017) presenta varios recursos para ayudar a la enseñanza y el aprendizaje de estudiantes ciegos, tales como: en la Figura 4a se puede observar la "Regleta" y "Punción"; la figura 4b muestra la máquina Perkins; la figura 4c muestra a Soroban; Impresora Braille, línea/pantalla Braille, libro con lectura táctil o audible y calculadora de sonido.

Figura 4 – a) Regleta y Punch, b) Perkins Machine, c) Soroban



Fuente: Enlaces en el pie de página⁵

Regleta y Punción tienen la función de alfabetización discapacitada y "a nivel educativo tiene posibilidades reales de una progresión real como cualquier otro estudiante que usa cuaderno y lápiz para escribir" (SALVINO, 2017, p. 15). La máquina Perkins es una tecnología de asistencia que facilita la escritura en Braille, reduciendo el esfuerzo y el tiempo que dedicarían los estudiantes ciegos a la escritura a mano. Soroban tiene la función de ayudar en el desarrollo de habilidades matemáticas en operaciones básicas, y también puede ser utilizado por psíquicos. Sin embargo, la impresora Braille sigue la función de las impresoras tradicionales, permitiendo la impresión en ambos lados del papel, así como dibujos y escritura braille. La *Línea* o *Display* Braille es un equipamiento electrónico que cuando se conecta a un ordenador tiene la función de leer el texto que se muestra en la pantalla del ordenador. El autor también discute el uso de DOSVOX, un sistema informático que está destinado a facilitar el acceso de las personas con discapacidad visual a través de la síntesis de voz, permitiendo la autonomía de los estudiantes.

Ferronato (2002) creó la función Multiplano, como se puede ver en la Figura 5, pensando, inicialmente, en el estudiante ciego.

⁵ a) Disponible en: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/eb/Slate_and_Stylus_3_cropped.jpg. Acceso: 10 de mayo de 2021.; b) Disponible en: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/29/Biblioteca_Braille_Taha_Hussein_05.jpg. Acceso: 10 de mayo de 2021.; c) Disponible en: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/72/Soroban.JPG>. Acceso: 10 de mayo de 2021.

Figura 5 - Versión comercial del Multiplano



Fuente: Multiplano⁶

El autor explica que, con el fin de acercar la disciplina a la realidad del estudiante ciego, después de varios intentos de enseñar contenidos matemáticos, surgió la idea del Multiplano, inicialmente hecho con una tabla de madera con varias perforaciones, comprada en una tienda de materiales de construcción.

En una búsqueda de más información sobre el Multiplano, encontramos que en 2018 esta tecnología asistencial fue aprobada como un recurso pedagógico ⁷para conformar la guía de tecnologías educativas, atendiendo a estudiantes con diversas dificultades de aprendizaje relacionadas con las Matemáticas y también con algunos conceptos de la Física.

Al relacionar las tecnologías presentadas en esta sección con el DU es posible verificar que todas tienen tamaños adecuados de muebles, lo que permite su manejo, satisfaciendo el principio integral. Además, tales recursos didácticos son seguros, no requieren esfuerzo físico de quienes los manejan y encajan fácilmente, denotando la idea de flexibilidad.

Sin embargo, los recursos presentados por Salvino (2017), regleta y punción, máquina Perkins, impresora braille, *línea/display* braille y libro con lectura táctil son tecnologías asimilativas, que no tienen todos los principios de du, ya que su uso está restringido a estudiantes ciegos o aquellos que entienden el código braille. Así, con la excepción de estas tecnologías, las otras permiten la experimentación sin la exigencia de conocimientos previos para el manejo, permitiendo la exploración táctil de la textura en relieve, aportando información perceptible a los alumnos independientemente de su edad, haciendo referencia a la idea de lo obvio.

El Multiplano, las placas algebraicas, los modelos táctiles, el soroban, el libro audible y la calculadora de sonido cumplen con todos los principios. Además, las Placas Multiplanas y

⁶ Disponible en: <http://multiplano.com.br>. Acceso: 10 de mayo de 2021.

⁷ Disponible en: <https://tecnologiaeducacional.mec.gov.br/assets-plataforma-evidencias/1545309628-Portaria%2052.pdf> Acceso: 10 de mayo de 2021.

Algebraicas, combinadas con las metodologías expuestas por las investigaciones, proporcionan el DUA, cumpliendo con los tres principios.

El principio de compromiso se verifica en la investigación de Berbetz (2019), cuando el autor afirma que esta tecnología proporcionó oportunidades para que todos los participantes interactuaran en diferentes contextos, favoreciendo la construcción del conocimiento. Este principio también se verifica en la investigación de Ferronato (2002, p. 74), cuando informa de que "incluso los alumnos ciegos, y especialmente ellas, pudieron participar en los grupos y analizar los resultados de forma efectiva y no como meros espectadores".

Las pautas del principio de representación se explican en los comentarios de Berbetz (2019) y Ferronato (2000) afirmando que la "abstracción de conceptos y propiedades son evidentes en el momento en que el PQ [investigador] modela representaciones para productos de acuerdo con las reglas de signos de multiplicación" (BERBETZ, 2019, p. 87) y que el Multiplano "es un recurso que ayuda en la abstracción y, cuando se hace efectiva, se vuelve prescindible" (FERRONATO, 2000, p. 41).

En cuanto al principio de acción y expresión, se verifica en la interacción del estudiante ciego "con el material sin barreras, accediendo al conocimiento previo de la propiedad asociativa en relación con las operaciones de suma y resta, y también transformando la información en conocimiento" (BERBETZ, 2019, p. 82), lo que despertó diferentes habilidades intrínsecas del participante. Ferronato corrobora este pensamiento afirmando que "la abstracción de conceptos puede facilitarse cuando se trabaja con concreto, con el palpable" (FERRONATO, 2000, p. 41).

Se observa que estos dos recursos didácticos producidos son materiales manipulables, siendo modelos de demostración flexibles que permiten proporcionar información sobre el aprendizaje de los estudiantes en tiempo real en la práctica docente-estudiantil, demostrando que los estudiantes puedan apropiarse de conceptos matemáticos a partir de la manipulación de recursos didácticos concretos, vistos como facilitadores del proceso de enseñanza y aprendizaje a través de la mediación docente. Así, es posible afirmar que las actividades propuestas promovieron la interacción entre los participantes, posibilitando el intercambio de experiencias y la socialización del conocimiento, reforzando que el aprendizaje ocurre cuando el individuo, participante de un grupo social, vive con otras personas, provocando intercambios de información (BERBETZ, 2019, p. 74).

Tales experiencias están en línea con la Declaración de Salamanca, que establece que el aprendizaje debe adaptarse al alumno y no al alumno para adaptarse al aprendizaje, efectuando

la educación inclusiva como un derecho que debe tener en cuenta las especificidades de los alumnos, respetando los diferentes ritmos de aprendizaje.

En cuanto a la investigación de Vita (2012), el estudio no tiene el enfoque DUA, ya que no se ajusta al principio de compromiso debido a que se ha producido en un espacio fuera del entorno de la sala regular, sin la participación de otros estudiantes, restringiendo la experiencia de la composición táctil al grupo de estudiantes en la sala de recursos multifuncional. Sin embargo, la investigación se considera dentro del tema de la tecnología de asistencia, porque el producto se utilizó para la autonomía e independencia de los estudiantes. Del mismo modo, la investigación desarrollada por Salvino (2017) retrata un estudio de caso, que permitió al autor observar al estudiante ciego en dos espacios: la sala de recursos multifuncional y el aula regular. Aunque el autor aboga por el uso de la tecnología de asistencia, se observa a lo largo del estudio que la escuela investigada no hace uso de recursos didácticos para promover el aprendizaje de los estudiantes ciegos. El autor enfatiza la atención en la necesidad de que las escuelas se preparen para servir a los estudiantes de inclusión, buscando la capacitación continua de los maestros. Así, el estudio concluye reafirmando que "como consecuencia de la negación de la discapacidad, existe la negación de la inclusión" (SALVINO, 2017, p. 89).

Consideraciones finales

El respeto a la diversidad en el contexto escolar dirige la necesidad de buscar referencias metodológicas y recursos didácticos que cumplan con las especificidades de aprendizaje de los estudiantes de inclusión en propuestas que vayan más allá de los conceptos preconcebidos y discutan la ruptura de las barreras existentes en el aula que impiden a muchos estudiantes comprender los conceptos y contenidos curriculares. Es necesario pensar en estos aspectos, porque solo la inserción de estudiantes con alguna necesidad educativa en salas regulares no garantiza el acceso al aprendizaje, y en ocasiones puede generar segregación, señalando la exclusión institucionalizada.

La educación inclusiva ha mostrado avances, pero aún tiene un camino por seguir. Por lo tanto, este estudio analizó la investigación *stricto sensu* que presentó tecnologías de asistencia que son utilizadas por estudiantes ciegos para la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas. Así, se buscó verificar si estos recursos indicados por las investigaciones están concebidos desde la perspectiva del Diseño Universal (DU) y también si las metodologías indicadas en las investigaciones tienen un enfoque de Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA).

Salvino (2017) explica la necesidad de explorar el potencial de aprendizaje de los estudiantes, porque las dificultades de aprendizaje no están exactamente en las asignaturas, sino a menudo en la denegación de acceso a los contenidos por parte de los profesores. Para ello, los profesores necesitan transformar su mundo interno y externo para diseñar una educación fuera de las líneas tradicionales, transgrediendo y remodelando la enseñanza, visualizando una visión del mundo diferente al estudiante ciego basada en una práctica pedagógica reflexiva que posibilite un nuevo modelo de enseñanza y aprendizaje a partir de materiales concretos (SALVINO, 2017). Con esto, es necesario que las escuelas se preparen para atender a los estudiantes de inclusión, buscando ofrecer capacitación continua a los docentes, orientando sobre la necesidad del uso de tecnologías asistenciales que satisfagan las demandas de aprendizaje de los estudiantes (MANTOAN, 2003). Además, se entiende que para efectuar estos cambios es necesario cambiar la visión en relación con la inclusión de los estudiantes, no es suficiente utilizar tecnologías de asistencia específicas para el público objetivo, ya que, como se ha dicho, muchas de estas tecnologías a veces pueden proporcionar segregación. Es necesario pensar en tecnologías que satisfagan a todos los estudiantes, por lo tanto, este estudio buscó presentar el DU.

El uso de tecnologías de asistencia combinadas con metodologías que abordan el DUA permite a los estudiantes acceder al contenido del currículo, a diferencia de los materiales para el uso exclusivo de un individuo, lo que lo excluye de la socialización y el aprendizaje colectivo en el entorno común del aula. Sobre esto, Bebertz (2019) señala que para efectuar el proceso de inclusión, es fundamental que los docentes comprendan la función didáctica de cada material utilizado y proporcionen prácticas inclusivas con ellos. Corroborando este pensamiento, Ferronato (2002) advierte que el estudiante ciego necesita situaciones adecuadas, sin precipitación e impaciencia por parte de quienes aplican las tareas, proponiendo que los docentes utilicen los mismos procedimientos, lenguaje, cálculos, algoritmos y métodos que utilizarían en la pizarra/piloto con los estudiantes psíquicos. Reafirmando que "el maestro no necesita cambiar sus procedimientos cuando tiene un estudiante con discapacidad visual en su aula, sino solo intensificar el uso de materiales concretos" (FERRONATO, 2002, p. 48).

Así, los resultados presentados en este estudio nos permiten afirmar que es necesario difundir el DU y el DUA entre los docentes de los diversos niveles educativos, pues estas perspectivas brindan la posibilidad de utilizar metodologías y la adopción de recursos de tecnología asistencial que satisfagan las necesidades de la educación inclusiva, haciendo que todos los estudiantes participen efectivamente en los procesos educativos con equidad en el ambiente común del aula.

REFERENCIAS

- BERBETZ, M. R. S. **Educación Matemática Inclusiva - El Material Didáctico en la Perspectiva del Diseño Universal para el Área Visual**. 2019. 148 f. Tesis (Maestría en Educación: Teoría y Práctica Docente, Sector Educación) - Universidad Federal de Paraná, Curitiba, 2019. Disponible en: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/66305>. Acceso: 15 feb. Año 2021.
- BRASIL. **La Ley No. 9.394, 20 de diciembre de 1996**. Ley de Lineamientos y Bases de la Educación Nacional. Brasilia, DF, 1996. Disponible en: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm. Acceso: 02 ene. 2021
- BRASIL. **La Ley No. 13.146 de 6 de julio de 2015**. Establece la ley brasileña de inclusión de las personas con discapacidad (estatuto de las personas con discapacidad). Brasilia, Df, 2015. Disponible en: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/113146.htm. Acceso: 02 ene. Año 2021.
- Diseño **para pautas de aprendizaje**: diseño universal para el aprendizaje. Massachusetts: CAST Inc., 2011. Disponible en: www.cast.org. Acceso: 14 de enero. Año 2021.
- FERRONATO, R. A. **Construcción de un instrumento de inclusión en la enseñanza de las matemáticas**. 2002. Disertación (Maestría en Ingeniería de Producción) - Universidad Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- GABRILLI. M. **Guía sobre la Ley Brasileña de Inclusión (LBI)**. Año 2016. Disponible en: https://www.maragabrigli.com.br/wp-content/uploads/2016/01/universal_web-1.pdf. Acceso: 14 feb. Año 2021.
- MANTOAN, M. T. E. **Inclusión Escolar: ¿Qué es? ¿Por qué? ¿Cómo hacerlo?** Uno, lo siento. Ed. Editorial Moderna, 2003.
- SALVINO, L. G.M. **Tecnología de asistencia en la enseñanza de las matemáticas a un estudiante ciego de primaria: desafíos y posibilidades**. Año 2017. Disertación (Maestría Profesional en Enseñanza de Ciencias e Institución Educativa de Matemáticas) - Universidad Estatal de Paraíba, Campina Grande, 2017. Disponible en: [http://tede.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/tede/2906/2/PDF%20-%20Ligiane%20Go mes%20Marinho%20Salvino.pdf](http://tede.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/tede/2906/2/PDF%20-%20Ligiane%20Go%20mes%20Marinho%20Salvino.pdf). Acceso: 15 Mar. Año 2021.
- SEBASTIAN-HEREDERO, E. Directrices para el Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA).. **Revista Brasileira de Educação Especial**, Bauru, v. 26, n. 4, p. 733-768, Oct. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1980-54702020v26e0155>
- UNESCO. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. **Declaración de Salamanca y Marco de Actuación en materia de necesidades educativas especiales**. Salamanca, España, 1994. Disponible en: <http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/salamanca.pdf>. Acceso: 5 abr. 2020.

VITA, A.C. **Análisis instrumental de un Maquete Táctil para el Aprendizaje probabilístico en estudiantes ciegos.** Año 2012. Tesis (Doctorado en Educación Matemática) - Pontificia Universidad Católica de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponible desde: <https://tede.pucsp.br/bitstream/handle/10906/1/Aida%20Carvalho%20Vita.pdf> Acceso: 01 Mar. Año 2021.

Cómo hacer referencia a este artículo

JEREMÍAS, S.M. F.; GÓES, A. R. T.; HARACEMIV, S.M.C. Tecnologías de asistencia en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas para estudiantes ciegos: investigando la presencia del diseño universal y el diseño universal para el aprendizaje. **Revista Iberoamericana de Estudios en Educación**, Araraquara, v. 16, n. esp. 4, p. 3007-3022, dic. 2021. e-ISSN: 1982-5587. DOI: <https://doi.org/10.21723/riaee.v16iesp.4.16064>

Enviado: 15/10/2021

Revisiones requeridas: 30/10/2021

Aprobado: 10/12/2021

Publicado el: 30/12/2021

Gestión de traducciones y versiones: Editora Ibero-Americana de Educação

Traductor: Fábio Vinicius Alves - [Lattes](#)

Revisora de la traducción: Mariana Bulegon