



Revisión sobre la enseñanza de la física en estudiantes con diversidad funcional visual

State of the Art on the Teaching of Physics in Students with Visual Functional Diversity

Estado da arte revisão documental sobre o ensino de física com alunos com diversidade funcional visual

Diana-Carolina Castro-Castillo¹

Rosa-Nidia Tuay-Sigua²

Recibido: febrero de 2022

Aceptado: agosto de 2022

Para citar este artículo: Castro-Castillo, D. C. y Tuay-Sigua, R. N. (2023). Revisión sobre la enseñanza de la física en estudiantes con diversidad funcional visual. *Revista Científica*, 46(1), 1-16. <https://doi.org/10.14483/23448350.17577>

Resumen

En la enseñanza de las ciencias se llevan a cabo experiencias que buscan que los estudiantes desarrollen habilidades para describir y comparar fenómenos o realizar mediciones, privilegiando el sentido de la visión, lo cual lleva a reflexionar sobre estrategias particulares cuando se carece de dicho sentido. Por tal razón, en los últimos años se ha emprendido un conjunto de acciones derivadas de la política pública en educación que han posibilitado la inclusión de personas con diversidad funcional visual (DFV) a los procesos de enseñanza y de aprendizaje de la física, lo que ha permitido la reflexión continua sobre aspectos pedagógicos y didácticos en los que se reconocen las condiciones sensoriales de los estudiantes. Para

identificar los avances teóricos y metodológicos de este campo, se realizó una revisión de artículos, con una ventana de observación de 2010 a 2022, utilizando diferentes bases de datos y búsquedas en revistas especializadas en la enseñanza de la física. Se halló que es un campo de investigación emergente en el que se ha avanzado en adaptación, construcción de material didáctico y diseño de software para que esta comunidad pueda acceder a las explicaciones que se dan en el marco de las ciencias sobre fenómenos del mundo natural, usando prioritariamente los sentidos del tacto y la audición.

Palabras clave: diversidad funcional visual; educación inclusiva; enseñanza de la física; revisión bibliográfica.

1. Universidad Pedagógica Nacional (Bogotá-Distrito Capital, Colombia). dccastro@pedagogica.edu.co
2. Universidad Pedagógica Nacional (Bogotá-Distrito Capital, Colombia). rtuay@pedagogica.edu.co

Abstract

In the teaching of science, experiences are carried out which seek for students to develop skills to describe and compare phenomena or make measurements, prioritizing the sense of vision. This leads to reflect on particular strategies when this sense is lacking. For this reason, in recent years, a set of actions derived from the public education policy have been undertaken, which have made it possible to include people with visual functional diversity (VFD) in the teaching and learning processes of physics, thus allowing for continuous reflection on pedagogical and didactic aspects in which the sensory conditions of the students are recognized. To identify the theoretical and methodological advances in this field, a review of articles was carried out, with an observation window from 2010 to 2022, using different databases and searching in journals specialized in the teaching of physics. It was found that it is an emerging field of research in which progress has been made with respect to adaptation, the construction of didactic material, and software design, so that this community can access the explanations given within the framework of science on phenomena of the natural world, making use primarily of the senses of touch and hearing.

Keywords: inclusive education; literature review; physics teaching; visual functional diversity.

Resumo

No ensino de ciências, são realizadas experiências que buscam que os alunos desenvolvam habilidades para descrever, comparar fenômenos, fazer medições, entre outras, privilegiando a grande maioria do sentido da visão, o que leva a refletir sobre estratégias particulares quando esta lhe falta. desse sentido. Por isso, nos últimos anos, tem sido empreendido um conjunto de ações oriundas de políticas públicas em educação que têm possibilitado a inclusão de pessoas com diversidade funcional visual (VFD) nos processos de ensino e aprendizagem de física, o que tem permitido uma reflexão contínua sobre aspectos pedagógicos e didáticos em que são reconhecidas as condições sensoriais dos alunos. Para identificar os avanços teóricos e metodológicos nesse campo, foi realizada uma revisão de artigos, com janela de observação de 2010 a 2022,

utilizando diferentes bases de dados e buscas em periódicos especializados no ensino de física com trajetória e periodicidade nas postagens. Descobrimos que é um campo emergente de pesquisa em que se avançou na adaptação, construção de material didático e design de software para que essa comunidade possa acessar as explicações que são dadas no âmbito da ciência sobre fenômenos do mundo natural, tornando principalmente dos sentidos do tato e da audição.

Palavras-chaves: diversidade funcional visual; educação inclusiva; ensino de física; revisão de literatura.

Introducción

Desde la promulgación de la [Unesco \(1990\)](#) en Jomtien, en la que orienta la propuesta de una “educación para todos”, se ha buscado establecer un conjunto de mecanismos que permitan vincular a los estudiantes a la dinámica de los contextos educativos atendiendo las diferencias a partir del ideal de una educación inclusiva centrada en las oportunidades y el cierre de brechas de desigualdad ([Blanco, 2006](#)). Lo que implica no solo orientaciones desde la política pública sino desde la sensibilidad y la reflexión de los diferentes actores que intervienen en el quehacer educativo, para reconocer las diferencias en el aula y con ello proponer acciones que permitan a los estudiantes acceder a la construcción de conocimiento científico escolar.

En este sentido, se asume la ciencia como una acción humana que posibilita la integración social y cultural ([Ayala-Villamil, 2020](#)), por lo que vincular a los estudiantes en condiciones diversas amplía sus posibilidades de conocer el mundo y de desarrollar habilidades científicas y tecnológicas a través de actividades formativas abiertas y flexibles que potencialicen la curiosidad, la creatividad y sus capacidades ([Gallego, Castro y Rey, 2008](#)).

Uno de los propósitos de la enseñanza de la física para [Adúriz-Bravo \(2017\)](#) es lograr que los estudiantes alcancen competencias, para un saber hacer con criterio, desde una visión comprensiva y contextualizada de sus propias realidades, lo

cual se puede alcanzar desde la modelización de los fenómenos a partir del uso de diferentes recursos: símbolos, gráficas, imágenes, analogías y la argumentación. En este sentido, enseñar física en la diversidad, motiva a desarrollar estrategias que permita a los estudiantes con o sin diversidad funcional visual (DFV) vincularse de manera activa con las actividades que se proponen dentro y fuera del aula, usando los diferentes canales y las habilidades sensoriales, así como la escritura y la lectura en su propio lenguaje (para el caso de los ciegos, el lenguaje braille) y el desarrollo de ejercicios que potencialicen la narrativa y la adaptación de materiales para vincularse a diferentes experiencias prácticas que se adelanten en pro de la formación científica.

Para [Malagón y Castro \(2014\)](#), en los procesos de enseñanza de los diferentes conceptos de la física escolar se deben reconocer las posibilidades perceptuales de los estudiantes, las demandas sensoriales propias del objeto de conocimiento, el uso de un lenguaje que genere posibilidades de construcción de conocimiento científico en diálogo con los estilos de aprendizaje y las capacidades sensoriales.

En diferentes investigaciones se ha hecho evidente que parte de la organización de la experiencia sensible que permite la comprensión de fenómenos está relacionada con la experiencia visual de los sujetos, por lo que se deben proponer nuevas formas que permitan brindar otras oportunidades de acceso a los contenidos disciplinares a esta comunidad. [Torres y Mendes \(2017\)](#) señalan, por ejemplo, que en la enseñanza de la física existe un predominio de información visual, debido a que se involucran tablas, gráficos y relaciones matemáticas, por lo que se requiere la adaptación de materiales para ampliar los alcances en esta disciplina.

En consecuencia, el objetivo de este estudio es establecer un estado del arte sobre investigaciones que se hayan desarrollado en el campo de la enseñanza de la física con personas con DFV para conocer los avances teóricos y prácticos, así como

los obstáculos que se han dado en este proceso en los diferentes escenarios académicos.

Antecedentes

La educación inclusiva, una oportunidad para el reconocimiento de las capacidades sensoriales de los estudiantes

La educación inclusiva es un proceso con el cual se busca promover espacios respetuosos, desde el reconocimiento de la diferencia, para garantizar la participación de todos los ciudadanos de manera equitativa en la escuela, posibilitando la construcción de conocimiento a partir de las capacidades que poseen los estudiantes. Este aspecto es fundamental, teniendo en cuenta que las estrategias de enseñanza que se promuevan en el aula se configuren desde las características de las poblaciones y de los contextos. Este artículo centra su atención en las personas con DFV, ciegos. Se considera pertinente adoptar la expresión “diversidad funcional”, empleada por [Romañach y Lobato \(2005\)](#) en el Foro de Vida Independiente, debido a que busca establecer nuevas posibilidades para las personas en condición de discapacidad, reduciendo de este modo algunas expresiones peyorativas como “discapacitado”, “impedido”, “deficiente”, que crean barreras en el desarrollo integral de la persona en su entorno social.

Conviene especificar que, a lo largo de la historia, la vinculación de personas con diversidad funcional física, auditiva, visual, cognitiva a los contextos educativos ha estado marcada por diferentes modelos que surgían de la forma como se concebía la discapacidad, entre los que se destacan: la exclusión, la segregación, la integración y la inclusión ([Dussan, 2011](#)). En diferentes culturas predominaba un enfoque de exclusión o prescindencia, asociado a dos razones: la causa de la discapacidad se concebía como castigo o advertencia de los dioses y las personas con diversidad funcional era consideradas improductivas y se convertían en carga para sus padres y la sociedad en general,

por lo que las prácticas estaban asociadas a prescindir de la vida de los niños y a la eugenesia ([Velarde, 2012](#)).

También, los avances en el campo de la medicina permitieron conocer algunas formas de diagnosticar y tratar a las personas en condición de discapacidad, colocando en escena la necesidad de realizar intervenciones donde se brindara apoyo pedagógico, dándose el proceso de segregación, es decir, separándolos de los demás grupos por su condición diversa. En esta perspectiva, [Torres \(2010\)](#) justifica esta acción desde la ciencia positivista y desde actitudes sociales, señalando que estas comunidades requieren ayuda, atención y por lo tanto educación, para mitigar los riesgos sociales generados por las conductas que presentan.

Posteriormente, con la institucionalización de la educación para estas comunidades y los procesos de rehabilitación, surge la idea de “normalización” donde se buscaba que la sociedad garantizara igualdad de derechos de acceso a la educación y se hiciera responsable de su formación. Para [Cangelosi \(2006\)](#) por primera vez se establecía una relación entre las personas en condición de discapacidad y su contexto para determinar el estilo de vida al que podían acceder, por lo que se consideró sacar a los estudiantes de los centros educativos especializados (teniendo en cuenta que hasta el momento eran excluidos de la sociedad) para que vivieran las dinámicas de los contextos sociales y escolares a los que pertenecían.

Con este proceso de normalización surge la idea de integración escolar configurando un cambio social, pues las escuelas debían prestar el servicio y promover el desarrollo integral de los niños y jóvenes. Para [Vélez y Manjarrés \(2020\)](#) la integración implica grandes responsabilidades para los actores educativos como la dotación de recursos físicos y humanos, el cambio de actitudes o las oportunidades de perfeccionamiento para el desarrollo profesional, entre otros aspectos.

De la integración se vinculan acciones que evidencian la necesidad de realizar procesos que

demanden más que una socialización. Por lo que se establece la inclusión, con lo que se busca reconocer la diferencia y, a partir de ella, identificar posibilidades didácticas para favorecer el aprendizaje y estimular la autonomía. [Belgich \(1998\)](#) precisa la autonomía como la capacidad que tendrá el niño para insertarse en la vida social y laboral, con las habilidades necesarias para comunicarse con los otros y con la determinación necesaria para enfrentar las situaciones de su vida cotidiana. Pero la inclusión es un término difícil de definir, ya que implica procesos, identidades, derechos y oportunidades ([Echeita y Ainscow, 2011](#)). Al respecto, en el *Informe de seguimiento de la educación en el mundo* de la [Unesco \(2020\)](#) se reconoce esa complejidad:

La inclusión [...] Se trata de un proceso: medidas y prácticas que abarcan la diversidad y crean un sentido de pertenencia, basado en la convicción de que cada persona tiene valor y encierra un potencial y debe ser respetada. Sin embargo, la inclusión es también un estado de cosas, un resultado, cuya índole polifacética dificulta su definición. (p. 11)

La educación en ciencias para personas con diversidad funcional visual

Desde los diferentes campos del conocimiento se han emprendido acciones que permiten establecer caminos pedagógicos y didácticos para aproximar a las personas con diversidad funcional al estudio de las diferentes disciplinas, con reflexiones sobre lo que demanda el abordaje y la pertinencia de sus propios objetos de conocimiento a partir de la diversidad funcional, cultural, entre otras. Este es el caso de las ciencias naturales. El mayor avance que se ha dado en producción académica se enfoca en la elaboración de materiales didácticos, recursos y metodologías accesibles para estos estudiantes ([Silva y Camargo, 2018](#)).

Sobre el aprendizaje de las ciencias en niños ciegos y deficientes visuales, [Bermejo, Fajardo y Mellado \(2002\)](#) enuncian que si se realizan

adaptaciones curriculares para las personas con DFV pueden acceder a la construcción de conocimiento científico escolar en todos los niveles académicos. Afirman que se requiere de una enseñanza multisensorial, que utilice todos los sentidos posibles, para que los estudiantes puedan percibir la mayor parte de la información del medio y, de esta manera, interrelacionar los datos para generar un aprendizaje significativo. Asimismo, recomiendan investigar y profundizar en los problemas de enseñanza y aprendizaje de contenidos específicos de ciencias naturales para estudiantes ciegos y de baja visión. Así mismo, [Naranjo y Candela \(2006\)](#) señalan que, para la aproximación al estudio de los conceptos de las ciencias naturales, el docente debe privilegiar la experiencia táctil y la estrategia pedagógica de la compensación para que los estudiantes puedan estar en igualdad de condiciones con sus compañeros de clase.

Lo anteriormente expuesto demanda repensar la enseñanza de la física cuando se tienen contextos de inclusión educativa, reconociendo la creación de un campo de conocimiento referido a las didácticas para la inclusión, conformado por procedimientos adecuados y orientaciones de los aspectos organizativos, teóricos y prácticos para favorecer la participación efectiva de todos los alumnos con o sin diversidad funcional. Así mismo, los investigadores identifican barreras y oportunidades de los procesos de inclusión con esta comunidad, resaltando la importancia de crear ambientes comunicativos propicios y la necesidad de reflexionar sobre aspectos cognitivos asociados a la ceguera ([Camargo, 2008](#); [Camargo, Nardi y Rodríguez, 2012](#); [Camargo, Scalvi y Braga, 2007](#)).

Teniendo en cuenta que uno de los objetos de conocimiento de la física es el espacio, se han emprendido investigaciones en las que se intenta dar una aproximación sobre la forma como las personas con DFV configuran este concepto, si bien pueden verse desde el campo de la psicología, aportan de manera significativa a las comprensiones que se pueden alcanzar en la disciplina. Algunos autores resaltan la necesidad de

avanzar en las investigaciones sobre el papel que cumplen los modelos mentales espaciales para lograr las competencias básicas en las áreas de ciencias naturales en estudiantes con DFV ([Malagón y Restrepo, 2016](#)), la exteriorización del conocimiento espacial ([Huertas, 1989](#)), la caracterización de algunos modelos mentales espaciales que construyen los niños y las niñas ciegos de nacimiento durante actividades de la vida cotidiana ([Malagón, 2020](#)) y las exploraciones sobre las representaciones espaciales y su movilidad ([Ochaíta y Huertas, 1988](#)).

Metodología

La metodología que se empleó para configurar el estado del arte fue la revisión sistemática, que consiste en tomar como unidad de análisis estudios de investigación primarios, con el fin de sintetizar la información que se encuentra a través de diferentes fuentes y obtener una visión más amplia de la temática objeto de estudio. Para [Manterola et al. \(2013\)](#): “Los investigadores luego de recolectar los artículos de interés, los analizan, y comparan la evidencia que aportan con la de otros similares” (p. 114). Asimismo, señalan que es un diseño de investigación eficiente, donde se puede determinar la consistencia de los resultados. Las etapas en la conducción de una revisión sistemática son: la formulación del problema, la localización y la selección de los estudios primarios, la evaluación de la calidad metodológica de los estudios, la extracción de datos y el análisis y la presentación de los resultados.

Se estableció como problema la necesidad de conocer los avances que se han dado en la enseñanza de la física a personas con DFV para determinar metodologías que favorezcan los procesos de enseñanza y de aprendizaje con estas comunidades. Posteriormente, se procedió a la búsqueda de artículos de investigación, con una ventana de observación de los últimos doce años (de 2010 a agosto de 2022), teniendo en cuenta que la política pública sobre educación inclusiva ha avanzado

en las reflexiones que surgen desde el contexto de las disciplinas en la última década.

La localización y selección de los estudios primarios se organizó de la siguiente manera: se rastreó y se realizó un registro de los documentos existentes sobre la temática haciendo uso de las siguientes bases de datos: Scopus, Web of Science, Dialnet, Scielo, y la búsqueda en revistas especializadas en enseñanza de la física: *The Physics Teacher*, *Physics Education*, *Latin-American Journal of Physics Education*, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, *Enseñanza de la Física*, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, que tienen periodicidad en sus publicaciones y trayectoria en el campo objeto de estudio. Para esto se emplearon las palabras clave: “enseñanza de la física” y “ciegos” (*physics teaching* y *blind*), usando el operador boleano *and* para conectar las palabras clave en las búsquedas, aplicadas particularmente al título y resumen en

las bases de datos y solo el título en las revistas especializadas.

Para la evaluación de la calidad metodológica de los estudios y la extracción de datos se seleccionaron y clasificaron los documentos que aportan al propósito del presente estudio. Se leyó a profundidad cada uno de los artículos con el fin de extraer elementos de análisis, los cuales fueron registrados en una matriz de mapeo bibliográfico, haciendo referencia a: título, año, país, autor, resumen, palabras claves, tema de la disciplina abordado, elementos relevantes de la investigación, tipo de investigación, tendencias, población. Finalmente, se estableció una lectura en forma cruzada y comparativa de los hallazgos encontrados, con la intención de construir una síntesis comprensiva del estado actual de las investigaciones. En la [figura 1](#) se presenta el diagrama de flujo que representa la manera como se desarrolló la revisión sistemática.

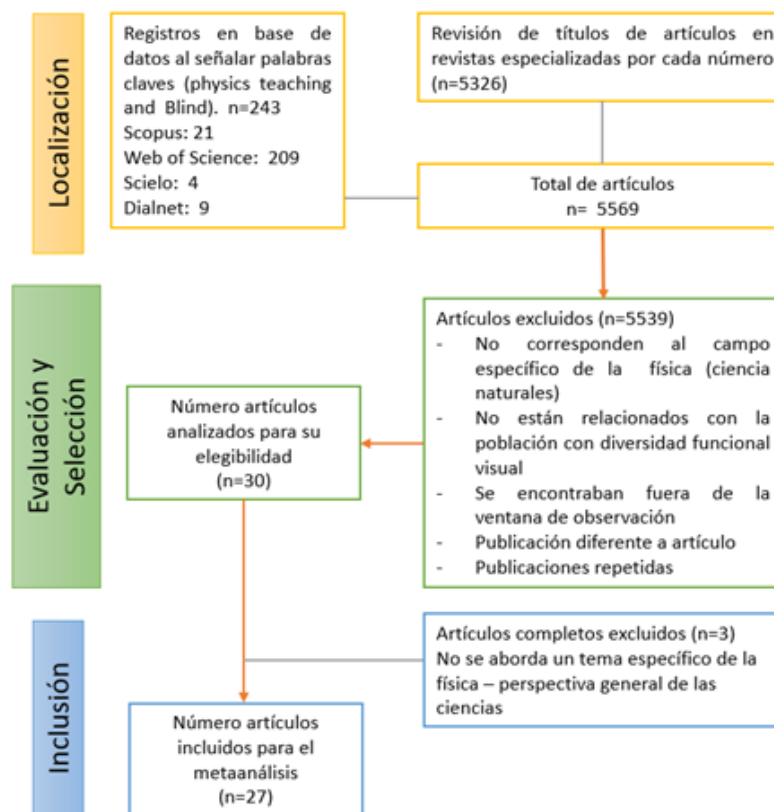


Figura 1. Diagrama de flujo de revisión sistemática.

Resultados y discusión

A continuación se presentan los resultados de la aproximación del estado del arte desde artículos de investigación empírica publicados en diferentes revistas científicas. Para esto se realizará una descripción de los hallazgos en cada uno de los siguientes aspectos: cantidad de artículos reportados por año, producción académica por país y por revista, investigadores sobresalientes en el campo, temáticas de la física abordadas, metodologías de investigación empleadas; finalmente se establece una discusión de los resultados

y una clasificación de los artículos por medio de algunas categorías emergentes a partir de la búsqueda.

De la revisión sistemática sobre la enseñanza de la física para poblaciones con DFV se tiene como resultado que es un campo de investigación emergente; sin embargo, se evidencia la preocupación de varios autores por reportar investigación empírica en la que se reflejan diferentes intereses de intervención y de abordaje conceptual para esta población. Se encontró un total de 27 artículos relacionados con la temática, los cuales se presentan en la [Tabla 1](#).

Tabla 1. Artículos seleccionados en la revisión sistemática

Título	Autores	Año	País	Revista
Hands-on electricity remote teaching to a blind student during pandemic of 2020	Velloso, Arana, Acioly y Santos	2021	Brasil	
Improving physics teaching materials on sound for visually impaired students in high school	Toenders, Putter-Smits, Sanders y den Brok	2017	Países Bajos	
Simple pendulum for blind students	Goncalves, Cena, Alves, Errobidart, Jardim y Queiros	2017	Brasil	
Analysing the physics learning environment of visually impaired students in high schools	Toenders, Putter-Smits, Sanders y den Brok	2017	Países Bajos	<i>Physics Education</i>
Teaching light reflection and refraction to the blind	Azevedo, Vieira, Aguiar y Santos	2015	Brasil	
Adapting diagrams from physics textbooks: A way to improve the autonomy of blind students	Dickman, Martins, Ferreira y Andrade	2014	Brasil	
Teaching optics to blind pupils	Azevedo y Santos	2014	Brasil	
Lâminas em alto-relevo para ensinar fenômenos ondulatórios a deficientes visuais	Silva y Santos	2018	Brasil	
Audiotermômetro: um termômetro para a inclusão de estudantes com deficiência visual	Cordova, Aguiar, Amorim, Sathler y Santos	2018	Brasil	<i>Revista Brasileira de Ensino de Física</i>
Ciclos de aprendizagem no ensino de física para deficientes visuais	Azevedo y Santos	2014	Brasil	
Making physics courses accessible for blind students: Strategies for course administration, class meetings, and course materials	Holt, Gillen, Nandlall, Setter, Thorman, Kane, Miller, Cook y Supalo	2019	Estados Unidos	<i>Physics Teacher</i>
Making visual illustrations of physics accessible to blind students	Torres y Mendes	2017	Brasil	
Teaching labs for blind students: Equipment to measure standing waves on a string	Lisboa, Peña, Negrete y Dib	2021	Chile	
Teaching labs for blind students: Equipment to measure the thermal expansion coefficient of a metal	Negrete, Lisboa, Peña, Dib y Vargas	2020	Chile	<i>European Journal of Physics</i>

Continúa...

Uma análise sobre o papel da escola na formação de conceitos científicos para alunos com deficiência visual	Monteiro, Castro y Barbosa-Lima	2021	Brasil	<i>Investigações em Ensino de Ciências</i>
Esquemas básicos de conceptualización sobre lo espacial en estudiantes ciegos de educación básica y media en aulas inclusivas en Bogotá	Tuay, Malagón y Bautista	2013	Colombia	<i>Enseñanza de las ciencias</i>
Contextos comunicacionales adecuados e inadecuados para la inclusión de alumnos con discapacidad visual en clases de física moderna	Camargo y Nardi	2013	Brasil	
Literatura e arte no ensino de ciências: a formação de professores para alunos com deficiências visuais no ensino fundamental	Barbosa-Lima	2020	Brasil	<i>Caderno Brasileiro de Ensino de Física</i>
Propostas didáticas no ensino de física para deficientes visuais: análise de trabalhos em periódicos e eventos nacionais (2000-2018)	França y Siqueira	2019	Brasil	<i>Latin-American Journal of Physics Education</i>
Utilizando a audiodescrição como um recurso de ensino	Cozendey y Costa	2018	Brasil	<i>Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação</i>
Duplicidad del discurso oficial sobre la inclusión de los niños, niñas y jóvenes ciegos en las aulas regulares y el tratamiento del espacio en los documentos curriculares del Ministerio de Educación de Colombia	Malagón y Vasco	2016	Colombia	<i>Hologramática</i>
Conhecer as cores sem nunca tê-las visto	Bianchi, Ramos y Barbosa-Lima	2016	Brasil	<i>Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências</i>
The audio description as a physics teaching tool	Cozendey y Costa	2016	Brasil	<i>Journal of Research in Special Educational Needs</i>
Oral history: A method for investigating physics education of blind students	Ferreira y Dickman	2015	Brasil	<i>Revista Brasileira de Educação Especial</i>
Experimenting with automatic text-to-diagram conversion: A novel teaching aid for the blind people	Mukherjee, Garain y Biswas	2014	India	<i>Educational Technology and Society</i>
Os licenciandos frente a uma nova disciplina: ensino de física e inclusão social	Barbosa-Lima y Delgado	2012	Brasil	<i>Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias</i>
Contextos comunicacionais adequados e inadequados à inclusão de alunos com deficiência visual em aulas de termologia	Camargo, Nardi y Peralta	2010	Brasil	<i>Revista de Enseñanza de la Física</i>

Cantidad de artículos reportados por año

De la información obtenida, se hace evidente que la producción de investigaciones se ha mantenido en la última década. En los años 2017 y 2014 se reportan cuatro artículos, siendo esta la mayor frecuencia de publicación. En los años 2010 y 2022 no se hallan reportes en las búsquedas realizadas, como se muestra en la [Figura 2](#). Se considera necesario precisar que la fecha de corte de la búsqueda en el año 2022 fue al mes de agosto.

Producción académica por país

La mayor parte de las investigaciones se localizan en Brasil (con el 70.37 % de los artículos, es decir, 19 artículos), con el reporte de dos artículos se encuentran Colombia, Chile y Países Bajos, con un solo artículo, India y Estados Unidos. El reporte se registra en la [Figura 3](#).

Consideramos pertinente aclarar que, aunque la búsqueda se realizó en dos revistas especializadas en enseñanza de la física de Brasil (*Caderno*

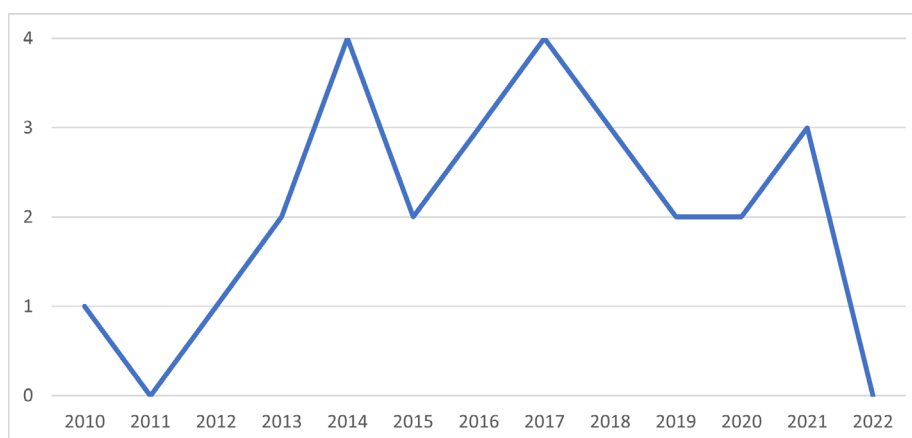


Figura 2. Reporte de investigaciones por año.

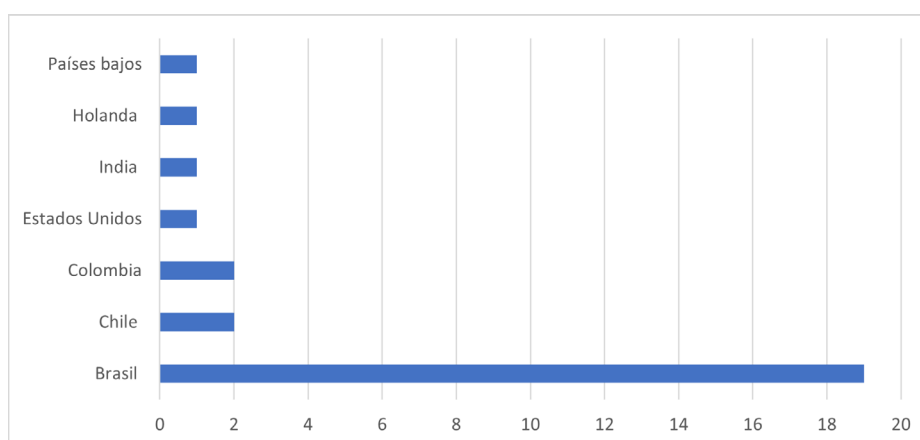


Figura 3. Producción académica por país.

Brasileiro de Ensino de Física y de la *Revista Brasileira de Ensino de Física*), este factor no influye en la producción académica que se reporta para este país, ya que se han realizado publicaciones en otros lugares a través de diferentes espacios de divulgación, como se expone en el siguiente apartado.

Producción académica por revista

La revista que registra el mayor número de investigaciones en el campo es *Physics Education* de Reino Unido con 7 de los 27 artículos (25,92 %). Sigue *Revista Brasileira de Ensino de Física* con 3 documentos (11,1 %), posteriormente, se encuentran *Physics Teacher* de Estados Unidos, *European*

Journal of Physics de Reino Unido y *Enseñanza de las ciencias*, con 2 artículos. A continuación en la [Tabla 2](#) se citan en detalle las revistas, el país de procedencia y la cantidad de artículos de investigación.

Investigadores sobresalientes en el campo

Se destacan varios investigadores en el campo, quienes han hecho sus contribuciones desde diferentes perspectivas en calidad de autor principal o colaboradores y se encuentran vinculados, la gran mayoría, a diferentes escenarios académicos en Brasil. Los autores que hasta el momento reportan el mayor número de publicaciones en el tema han sido Santos con cinco publicaciones, seguido por

Tabla 2. Producción académica en revistas, por país y número de artículos.

Revista	País	Número de artículos
<i>Physics Education</i>	Reino Unido	7
<i>Revista Brasileira de Ensino de Física</i>	Brasil	3
<i>Physics Teacher</i>	Estados Unidos	2
<i>European Journal of Physics</i>	Reino Unido	2
<i>Enseñanza de las ciencias</i>	España	2
<i>Investigacoes em Ensino de Ciencias</i>	Brasil	1
<i>Caderno Brasileiro de Ensino de Física</i>	Brasil	1
<i>Latin-American Journal of Physics Education</i>	México	1
<i>Revista Ibero-Americana de Estudos em Educacao</i>	Brasil	1
<i>Hologramática</i>	Argentina	1
<i>Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências</i>	Brasil	1
<i>Journal of Research in Special Educational Needs</i>	Reino Unido	1
<i>Revista Brasileira de Educacao Especial</i>	Brasil	1
<i>Educational Technology and Society</i>	Taiwan	1
<i>Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias</i>	España	1
<i>Revista de Enseñanza de la Física</i>	Argentina	1

Barbosa-Lima con cuatro investigaciones, luego se encuentra Azevedo con tres artículos. Con dos documentos están Ferreira, Dickman, Cozendey, Costa, Camargo, Nardi y Malagón, de Colombia y Negrete, Lisboa, Peña y Dib de Chile.

Temáticas de la física abordadas

En cuanto a los temas de la física más abordados se encuentran los relacionados con óptica (color, luz, reflexión y refracción), termodinámica (dilatación térmica), concepción del espacio, movimiento, sonido, fuerza, trabajo y potencia, oscilaciones, fenómenos ondulatorios y nociones de física moderna y de electricidad, en los cuales se han implementado diferentes estrategias con los estudiantes con DFC para vincularlos al procesos de enseñanza y de aprendizaje de la disciplina.

Metodologías de investigación empleadas

En la revisión se encuentra que los tipos de investigación que predominan en los estudios de la

enseñanza de la física en estudiantes con DFV se enmarcan en enfoques cualitativos, a través de técnicas de estudio de caso, revisión documental y análisis de la narrativa. Se ha privilegiado la comprensión de los contextos y la interacción con uso de materiales concretos adaptados a las condiciones sensoriales. Además, la recolección de información se ha realizado a través de observaciones participantes y no participantes, entrevistas a los actores involucrados, asociación de palabras, registros en diarios, grabaciones de videos, etcétera.

Discusión de los resultados

La mayor parte de las investigaciones se localizan en Brasil. Se asume que se da esta situación por las siguientes razones: en el país se ha dado un avance frente a la política pública y a la normatividad establecida para la atención a la educación especial y la inclusión de personas en condición de discapacidad, además, se ha generado una serie de programas escolares que se adaptan a las necesidades de los estudiantes ([Cordova et al, 2018](#)), sumado

a esto, existen varios grupos de investigación, uno de ellos cuenta con la experiencia de un maestro con DFV, el doctor Eder Pires de Camargo, quien ha centrado su interés en configurar investigación en el campo en términos didácticos y comunicativos; asimismo, [Azevedo y Santos \(2014b\)](#) y [Silva y Santos \(2018\)](#) se han preocupado por la fabricación de recursos táctiles que permiten la inclusión de estudiantes con DFV en clase de física. Por otro lado, el investigador [Barbosa-Lima \(2012, 2020\)](#) ha establecido diferentes estrategias, basadas en el arte, la narrativa, el lenguaje, que permiten la aproximación de estas comunidades al estudio de los fenómenos que se enmarcan en la disciplina.

Las temáticas que se abordan son de diferente tipo, están relacionadas con la cinemática, la dinámica, la óptica, la termodinámica, la electricidad, entre otras. Frente al estudio de la óptica se ha cuestionado en algunos escenarios la pertinencia de su enseñanza en poblaciones que no han tenido un contacto directo con el fenómeno de la luz, como es el caso de los estudiantes con DFV, sin embargo, autores como [Azevedo y Santos \(2014b\)](#) han encontrado la manera de aproximar a estos estudiantes a través de materiales que proporcionan una percepción táctil para el estudio de estos conceptos, basados en la idea de que los modelos físicos son análogos a representaciones simplificadas y objetivas de características físicas de algunos fenómenos, lo que contribuye a la comprensión de los mismos. [Bianchi, Ramos y Barbosa-Lima \(2016\)](#) consideran que introducir al estudiante a la compleja naturaleza de la luz, en hitos previamente colocados, contribuye a la formación del razonamiento científico basado en el pensamiento crítico, investigativo, deductivo e inductivo y, principalmente creativo. Las importantes contribuciones de científicos como Hertz, Einstein, Bohr y Planck demuestran que la limitación de nuestras percepciones sensoriales no impide la decodificación de medidas y cantidades invisibles para cualquier vidente, y, así, se conoce, por ejemplo, el efecto fotoeléctrico, contenido indispensable de la enseñanza de la física hoy (p. 152).

De este mismo modo, en el estudio realizado por [Velloso et al. \(2021\)](#) se precisa que es posible el trabajo de la física experimental con esta comunidad, por lo tanto, se puede usar instrumentos de medida como multímetros, realizar montajes de circuitos eléctricos, tomar medidas e incluso producir gráficos, teniendo en cuenta que las estrategias de enseñanza deben configurarse a partir de creer en el potencial de los estudiantes, sin embargo, se precisa que estas acciones fueron realizadas por un estudiante ciego, que participaba en un proceso de educación superior (universitario). En esta misma línea, [Lisboa et al. \(2021\)](#) consideran que los estudiantes con DFV pueden realizar mediciones con facilidad, obteniendo resultados dentro de los rangos de error esperados, en su caso, usando una adaptación de un sistema de medición de distancia con un sensor de posición conectado a una plataforma Arduino.

A manera de síntesis, las investigaciones encontradas se pueden clasificar en las siguientes categorías emergentes de la propia revisión: i) diseño y adaptación de ambientes de aprendizaje y de materiales de trabajo (17 artículos), ii) reconocimiento de aspectos comunicativos y de interacción con el entorno en las clases de física (2 artículos), iii) formación de profesores que atienden la inclusión con personas con DFV (3 artículos), iv) revisión documental para configurar estados del arte y análisis de la política pública existente (2 artículos), v) representaciones de los estudiantes ciegos frente a determinada temática relacionada con la física o sobre la inclusión en las clases de física (3 artículos).

En la primera categoría, diseño y adaptación de ambientes de aprendizaje y de material de trabajo, agrupamos aquellas investigaciones centradas en estrategias que buscan explorar otros canales sensoriales para lograr que los estudiantes accedan a la información usando la experiencia háptica o la audición. La adaptación no solo está enfocada al uso del sistema braille, sino a cambios en el currículo que lleven a los estudiantes a desarrollar otras capacidades para proponer nuevas actividades en

el aula, tanto de forma teórica como práctica. En este orden de ideas, se tienen lineamientos, materiales de clase y software que facilitan las condiciones de trabajo ([Negrete et al., 2020](#)), planes de estudios que incluyen las percepciones de los estudiantes ciegos ([Holt et al., 2019](#)), ciclos de aprendizaje ([Azevedo y Santos, 2014a](#)), uso de herramientas que permitan representar los diferentes diagramas, tablas o información de los libros de texto mediante modelos 3D y de alto relieve ([Dickman et al., 2014](#); [Torres y Mendes, 2017](#); [Toenders et al., 2017b](#)), empleo de videos o audios descriptivos ([Cozendey y Costa, 2016](#)), adaptación de material de laboratorio como termómetros ([Silva y Santos, 2018](#)), y realización de maquetas y modelos físicos ([Goncalves et al., 2017](#)).

Con referencia a la segunda categoría, reconocimiento de los aspectos comunicativos e interacción con el entorno en las clases de física, se agrupan artículos relacionados con la caracterización del lenguaje, para [Camargo y Nardi \(2013\)](#), la comunicación representa la variable central para la inclusión escolar y la participación efectiva dependerá de la construcción de entornos de aprendizaje para el desarrollo de habilidades comunicativas y condiciones estructurales básicas del lenguaje. Asimismo, [Monteiro, Castro y Barbosa-Lima \(2021\)](#) establecen que el aprendizaje de la física se da por interacciones con el ambiente, los objetos donde el sujeto, a través de estas relaciones, construye su propio pensamiento, por lo tanto, este no resulta solo de la asimilación directa de la información.

En relación con la tercera categoría, la formación de profesores que atiendan la inclusión con personas con DFV, se establecen aquellos trabajos en los que se hace énfasis en las acciones concretas que puede emprender el maestro en el aula. En este sentido, [Azevedo et al. \(2015\)](#) proponen un conjunto de estrategias, actividades y recursos para ser empleados por los docentes dentro de los laboratorios utilizando dispositivos láser. Sugieren, además, que las prácticas de laboratorio se realicen desde la construcción de modelos para estimular

el interés y la participación de los estudiantes. Por otro lado, [Barbosa-Lima y Delgado \(2012\)](#) señalan la necesidad de incluir diversas estrategias para la educación inclusiva en los programas de formación inicial de maestros que aporten al reconocimiento de las diferencias y la integración de esta población a los procesos educativos.

En el ejercicio de su práctica educativa los docentes se enfrentan a desafíos al momento de preparar y desarrollar una clase con un estudiante con DFV, atendiendo la adaptación de materiales didácticos y estableciendo una comunicación asertiva, lo que conlleva a modificar los entornos de aprendizaje privilegiando la motivación y la capacidad de aprender ([Toenders et al., 2017a](#))

En la cuarta categoría, revisión documental para configurar el estado del arte, se encuentran trabajos como el de [França y Siqueira \(2019\)](#) donde configuran propuestas didácticas y pedagógicas centradas en los materiales y las prácticas, abordados en diferentes investigaciones relacionadas con los conceptos de física para estudiantes con discapacidad visual, registradas en revistas y en eventos realizados en Brasil. En cuanto al análisis de políticas públicas, se revisan documentos que promueven la construcción de conocimiento científico escolar en la escuela, particularmente, la noción de espacio desde diferentes campos del conocimiento ([Malagón y Vasco, 2016](#)), llegando a la conclusión de que se desconocen y omiten las particularidades sensoriales de los niños, las niñas y los jóvenes ciegos en cuanto al manejo seguro y autónomo de la espacialidad.

En la última categoría, las representaciones de los estudiantes ciegos frente a determinada temática relacionada con la física o sobre la inclusión en las clases de física, se registran investigaciones que permiten al estudiante con DFV exteriorizar los imaginarios que posee frente a temas desarrollados en la disciplina. En el estudio de [Tuay, Malagón y Bautista \(2013\)](#) reportan algunas exploraciones en el aula inclusiva con estudiantes ciegos para establecer los esquemas básicos de conceptualización sobre el espacio que poseen los estudiantes

ciegos de la educación básica y media. Así mismo, [Bianchi et al. \(2016\)](#) realizan un estudio donde emplean un test de conceptos para analizar las representaciones que tienen los estudiantes sobre el color, tomando como base, que la formación de conceptos es un proceso sociolingüístico que no depende exclusivamente del sentido de la vista. Por otro lado, [Ferreira y Dickman \(2015\)](#) realizan una investigación basada en la historia oral que permitió conocer la experiencia en el aprendizaje y la enseñanza de la física tanto de estudiantes con DFV como de los maestros que acompañan los procesos.

Esta revisión pone en escena la necesidad de seguir indagando sobre cómo los diferentes objetos de las disciplinas pueden ser accesibles a todos los estudiantes a partir de sus capacidades sensoriales. Adicionalmente pone un punto de partida frente a investigaciones que se pueden llevar a cabo para avanzar en los aspectos cognitivos, principalmente sobre la forma como construyen conocimiento científico escolar los estudiantes con DFV.

Conclusiones

Los resultados obtenidos con la revisión documental reiteran el avance en la construcción, adaptación e implementación de materiales y softwares especializados que les permite a las personas con diversidad funcional visual (DFV) acceder a la información a través del sentido háptico y auditivo, lo que conlleva a conocer diferentes caminos didácticos para propiciar la educación inclusiva, aportando se este modo a la interacción con estas comunidades y a la forma como estas comprenden los fenómenos del mundo físico.

Desde la enseñanza de la física se abre la posibilidad de revisar, analizar y proponer estrategias que permitan aproximar a los estudiantes a vivir experiencias desde sus capacidades sensoriales, propiciando la participación de todos los estudiantes en las aulas y la construcción de conocimiento científico escolar, a partir de las dimensiones cognitiva, afectiva y sociocultural.

Se observa que la mayor parte de la población beneficiada con las investigaciones son jóvenes que se encuentran inscritos en la educación secundaria o en algunos casos en cursos iniciales de la educación superior, sería interesante emprender acciones en la educación primaria que permitan caracterizar cómo en los primeros años de edad y de escolaridad los niños y las niñas ciegos se aproximan al conocimiento científico escolar, lo cual contribuye a escenarios inclusivos en los que se reconoce la diversidad ([Castro, 2019](#))

La configuración del estado de arte se constituye en un referente para la tesis doctoral *Formulación de lineamientos curriculares para la inclusión de niños con diversidad funcional visual en la educación primaria*, de la Universidad Pedagógica Nacional, ya que permitió reconocer los alcances teóricos y metodológicos establecidos a través de investigación empírica sobre la enseñanza de la física, lo que permite establecer acciones concretas para ampliar el panorama investigativo en el campo.

Contribución de Autoría

Diana-Carolina Castro-Castillo: Investigación, Análisis formal, Redacción-Borrador original.
Rosa-Nidia Tuay-Sigua: Investigación, Conceptualización, Escritura-Revisión y edición.

Referencias

- Adúriz-Bravo, A. (2017). Pensar la enseñanza de la física en términos de “competencias”. *Revista de Enseñanza de la Física*, 29(2), 21-31
- Ayala-Villamil, L. A. (2020). Conceptualización de naturaleza de la ciencia: el desarrollo de dos enfoques. *Noria: Investigación Educativa*, 2(6), 105-128
- Azevedo, A. C., Santos, A. F. (2014a). Ciclos de aprendizagem no ensino de física para deficientes visuais. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 36(4), e17. <https://doi.org/10.1590/S1806-11172014000400017>
- Azevedo, A. C., Santos, A. F. (2014b). Teaching optics to blind pupils. *Physics Education*, 49(4), 383-386. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/49/4/383>

- Azevedo, A. C., Vieira, L. P., Aguiar, C. E., Santos, A. F. (2015). Teaching light reflection and refraction to the blind. *Physics Education*, 50(1), 15-18. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/50/1/15>
- Barbosa-Lima, M. (2020). Literatura e Arte no ensino de ciências: a formação de professores para alunos com deficiências visuais no ensino fundamental. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 37(2), 718-729. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2020v37n2p718>
- Barbosa-Lima, M. C., Delgado, M. A. (2012). Os licenciandos frente a uma nova disciplina: ensino de física e inclusão social. *Revista Eletrônica de Ensino de las Ciencias*, 11(2), 298-315
- Belgich, H. (1998). *Niños en integración escolar hacia una lógica democrática de los procesos de inclusión*. Homo Sapiens
- Bermejo, M. L., Fajardo, M. I., Mellado, V. (2002). El aprendizaje de las ciencias en niños ciegos y deficientes visuales. *Integración: Revista digital sobre discapacidad visual*, 38, 25-34
- Bianchi, C., Ramos, K., Barbosa-Lima, M. C. (2016). Conhecer as cores sem nunca tê-las visto. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 18(1), 147-164. <https://doi.org/10.1590/1983-21172016180108>
- Blanco, R. (2006). La equidad y la inclusión social: uno de los desafíos de la educación y la escuela hoy: uno de los desafíos de la educación y la escuela hoy. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en la Educación*, 4(3), 1-15
- Camargo, E. (2008). *Ensino de física e deficiência visual: Dez anos de investigações no Brasil*. Plêiade
- Camargo, E., Nardi, R. (2013). Contextos comunicacionales adecuados e inadecuados para la inclusión de alumnos con discapacidad visual en clases de física moderna. *Enseñanza de las ciencias*, 31(3), 155-175
- Camargo, E., Nardi, R., Peralta, D. (2010). Contextos comunicacionais adequados e inadeguados à inclusão de alunos com deficiência visual em aulas de terminologia. *Revista de Enseñanza de la Física*, 23(1-2), 21-40
- Camargo, E., Nardi, R., Rodrigues, E. (2012). Análisis del proceso inclusivo del alumno ciego en clase de física moderna. *Góndola*, 7(1), 6-31
- Camargo, E., Scalvi, L., Braga, T. (2007). Concepciones alternativas sobre reposo y movimiento, modelos históricos y deficiencia visual. *Enseñanza de las ciencias*, 25(2), 171-182
- Cangelosi, D. (2006). *La integración escolar del niño discapacitado visual*. Noveduc Libros
- Castro, D. (2019). Revisión documental sobre la inclusión de estudiantes con diversidad funcional visual DFV, ciegos, en clases de ciencias naturales En *Actas del X Congreso Iberoamericano de Educación Científica (CIEDUC 2019)*. <http://cieduc.org/2019/actas/LibroCieduc2019-Volumen4.pdf>
- Cordova, H., Aguiar, C., Amorim, H., Sathler, K., Santos, A. (2018). Audiometer: um termômetro para a inclusão de estudantes com deficiência visual. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 40(2), e299. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2017-0299>
- Cozendey, S., Costa, M. (2016). The audio description as a physics teaching tool. *Journal of Research in Special Educational Needs*, 16, 1031-1034
- Cozendey, S., Costa, M. (2018). Utilizando a audiodescrição como um recurso de ensino. *Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação*, 13(3), 1164-1186
- Dickman, A., Martins, A., Ferreira, A., Andrade, L. (2014). Adapting diagrams from physics textbooks: A way to improve the autonomy of blind students. *Physics Education*, 49(5), 526-531. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/49/5/526>
- Dussan, C. P. (2011). La educación inclusiva: un modelo de diversidad humana. *Educación y Desarrollo Social*, 5(1), 139-150
- Echeita, G., Ainscow, M. (2011). La educación inclusiva como derecho: marco de referencia y pautas de acción para el desarrollo de una revolución pendiente. *Tejuelo*, 12, 26-46
- Ferreira, A., Dickman, A. (2015). Oral history: A method for investigating physics education of blind students. *Revista Brasileira de Educação Especial*, 21(2), 245-258. <https://doi.org/10.1590/S1413-65382115000200006>
- França, S., Siqueira, M. (2019). Propostas didáticas no ensino de física para deficientes visuais: análise de trabalhos em periódicos e eventos nacionais

- (2000-2018). *Latin-American Journal of Physics Education*, 13(4), e001.
- Gallego, A., Castro, J., Rey, J. (2008). El pensamiento científico en los niños y niñas: Algunas consideraciones e implicaciones. *Investigación e Innovación en Enseñanza de las Ciencias*, 2(3), 22-29
- Goncalves, A., Cena, C., Alves, D., Errobidart, N., Jardim, M., Queiros, W. (2017). Simple pendulum for blind students. *Physics Education*, 52(5), e79. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/aa79c2>
- Holt, M., Gillen, D., Nandlall, S., Setter, K., Thorman, P., Kane, S., Miller, C. H., Cook, C., Supalo, C. (2019). Making physics courses accessible for blind students: Strategies for course administration, class meetings, and course materials. *Physics Teacher*, 57(2), 94-98. <https://doi.org/10.1119/1.5088469>
- Huertas, J. A. (1989). *Estudio evolutivo microgenético de la representación espacial y la movilidad del entorno, en los niños y adolescentes ciegos* [Tesis de doctorado]. Universidad Autónoma de Madrid, España. <https://repositorio.uam.es/handle/10486/4447>
- Lisboa, A., Peña, F., Negrete, O., Dib, C. (2021). Teaching labs for blind students: Equipment to measure standing waves on a string. *European Journal of Physics*, 42(6), e18. <https://doi.org/10.1088/1361-6404/ac18b6>
- Malagón, R., Castro, D. (2014). Formación de maestros en física en la Universidad Pedagógica Nacional: una apuesta que contribuye a la inclusión educativa en Colombia. En *VI Congreso Iberoamericano de Pedagogía*, Santiago, Chile.
- Malagón, R., Vasco, C. (2016). Duplicidad del discurso oficial sobre la inclusión de los niños, niñas y jóvenes ciegos en las aulas regulares y el tratamiento del espacio en los documentos curriculares del Ministerio de Educación de Colombia. *Hologramática*, 24(2), 3-29
- Malagón, R., Restrepo, F. (2016). Revisión teórica sobre las relaciones entre la condición sensorial de niñas y niños con diversidad funcional visual y los modelos mentales espaciales. *Inclusiones: Revista de Humanidades y Ciencias Sociales*, 3(extra 3), 16-35.
- Malagón, R. (2020). *Modelos mentales espaciales que las niñas y niños ciegos de nacimiento construyen en actividades de la vida cotidiana en la casa y en la escuela* [Tesis de doctorado]. Universidad de Manizales, Colombia.
- Manterola, C., Astudillo, P., Arias, E., Claros N. (2013). Revisiones sistemáticas de la literatura: qué se debe saber acerca de ellas. *Cirugía Española*, 91(3), 149-155. <https://doi.org/10.1016/j.ciresp.2011.07.009>
- Monteiro, A., Castro, S., Barbosa Lima, M. (2021). Uma análise sobre o papel da escola na formação de conceitos científicos para alunos com deficiência visual. *Investigações em Ensino de Ciências*, 26(3), 331-347. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2021v26n3p331>
- Mukherjee, A., Garain, U., Biswas, A. (2014). Experimenting with automatic text-to-diagram conversion: A novel teaching aid for the blind people. *Educational Technology and Society*, 17(3), 40-53
- Naranjo, G., Candela, A. (2006). Ciencias naturales en un grupo con un alumno ciego: los saberes docentes en acción. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 11(30), 821-845
- Negrete, O., Lisboa, A., Peña, F., Dib, C., Vargas, P. (2020). Teaching labs for blind students: Equipment to measure the thermal expansion coefficient of a metal. *European Journal of Physics*, 41(3), e7. <https://doi.org/10.1088/1361-6404/ab7c6b>
- Ochaíta, E., Huertas, J. A. (1988). Conocimiento del espacio, representación y movilidad de las personas ciegas. *Infancia y Aprendizaje*, 11(43), 123-138. <https://doi.org/10.1080/02103702.1988.10822213>
- Romañach, J., Lobato, M. (2005). Diversidad funcional, nuevo término para la lucha por la dignidad en la diversidad del ser humano. http://forovidaindependiente.org/wp-content/uploads/diversidad_funcional.pdf
- Silva, A., Santos, A., (2018). Lâminas em alto-relevo para ensinar fenômenos ondulatórios a deficientes visuais. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 40(4), e89. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2018-0089>
- Silva, M., Camargo, E. (2018). O atendimento pedagógico especializado e o ensino de física: uma investigação acerca do processo de ensino e aprendizagem de uma aluna cega. *Ensaio Pesquisa*

- em Educação em Ciências*, 20, e102. <https://doi.org/10.1590/1983-21172018200102>
- Toenders, F., Putter-Smits, Sanders, W., den Brok, P. (2017a). Analysing the physics learning environment of visually impaired students in high schools. *Physics Education*, 52(4), e737. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/aa737c>
- Toenders, F. Putter-Smits, L, Sanders, W., den Brok, P. (2017b). Improving physics teaching materials on sound for visually impaired students in high school. *Physics Education*, 52(5)e,7969. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/aa7969>
- Torres, J. A. (2010). Pasado, presente y futuro de la atención a las necesidades educativas especiales: hacia una educación inclusiva. *Perspectiva Educacional*, 49(1), 62-89
- Torres, J., Mendes, E. (2017). Making visual illustrations of physics accessible to blind students. *Physics Teacher*, 55(7), 398-400. <https://doi.org/10.1119/1.5003738>
- Tuay, R., Malagón, R., Bautista, G. (2013). Esquemas básicos de conceptualización sobre lo espacial en estudiantes ciegos de educación básica y media en aulas inclusivas en Bogotá. *Enseñanza de las ciencias*, Extra 0, 3566-3569
- Unesco. (1990). *Declaración Mundial sobre Educación para Todos y Marco de Acción para Satisfacer las Necesidades Básicas de Aprendizaje*. Jomtien, Tailandia. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000127583_spa
- Unesco. (2020). *Informe de seguimiento de la educación en el mundo, 2020. Inclusión y educación: todos y todas sin excepción*. París, Francia. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374817>
- Velarde, V. (2012). Los modelos de la discapacidad: un recorrido histórico. *Empresa y Humanismo*, 15(1), 115-136
- Vélez Latorre, L., Manjarrés Carrizalez, D. (2020). La educación de los sujetos con discapacidad en Colombia: abordajes históricos, teóricos e investigativos en el contexto mundial y latinoamericano. *Revista Colombiana de Educación*, 78, 253-297. <https://doi.org/10.17227/rce.num78-9902>
- Velloso, M., Arana, M., Acioly, V., Santos, A. (2021). Hands-on electricity remote teaching to a blind student during pandemic of 2020. *Physics Education*, 56(5), e10. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ac10bb>

