

EDUCACIÓN CTS EM LA ENSEÑANZA DE LA ÓPTICA GEMÉTRICA DESDE EL TEMA DE LOS DEFECTOS DE LA VISIÓN

STS EDUCATION IN THE TEACHING OF GEOMETRIC OPTICS FROM THE THEME VISION
DEFECTS

EDUCAÇÃO CTS NO ENSINO DE ÓPTICA GEOMÉTRICA A PARTIR DO TEMA DEFEITOS DA
VISÃO

Deusivaldo Aguiar-Santos¹

Manuscrito recibido en: 27 de marzo de 2023.

Aprobado en: 1 de septiembre de 2023.

Publicado en: 23 de octubre de 2023.

Resumen

Este trabajo consiste en un informe de experiencia sobre el enfoque de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) en la enseñanza de la Física, realizado en clases de enseñanza media profesionalizada, en una escuela agrícola pública federal de tiempo completo en el estado brasileño de Maranhão. El objetivo fue analizar la enseñanza de la física en el plan de estudios de óptica geométrica/fenómenos luminosos y sus consecuencias para la salud humana a través del tema de los defectos de la visión. La estrategia didáctico-pedagógica desarrollada fue la dinámica de los Tres Momentos Pedagógicos (3MP), con los datos estructurados según el análisis de contenido. La investigación es de naturaleza cualitativa, con apoyo de elementos cuantitativos cuando es necesario. En la aplicación de los conocimientos, los alumnos realizaron experimentos con espejos planos y simularon la deficiencia visual en un paseo por las principales dependencias de la escuela, además de percibir la dilatación de los alumnos y debatir sus experiencias. El análisis de los resultados muestra que, de hecho, la enseñanza de la óptica a través de temas, en el contexto del enfoque CTS, permitió a los alumnos relacionar los problemas vividos en la vida cotidiana por las personas con deficiencia visual con el conocimiento científico, reflexionando sobre situaciones reales de defectos visuales y las dificultades encontradas por las personas con deficiencia visual en la vida cotidiana, despertándolos para ciudadanía.

Palabras clave: Ciudadanía; CTS; Defectos de visión; Óptica geométrica; Tres momentos pedagógicos.

Abstract

This work consists of a report of experience referring to the Science, Technology and Society (STS) approach in the teaching of Physics carried out in professional high school classes, in a full-time agricultural school of the federal and public network, in the state of Maranhao (Brazil). It aimed to analyze the teaching of Physics in the programmatic content geometric optics/light phenomena and their consequences on human health through the subject defects of vision. The didactic and

¹ Doctor en Educación en Ciencias y Matemáticas por la Universidad Federal de Pará. Profesor del Instituto Federal de Educación, Ciencia y Tecnología de Maranhão. Líder del Grupo de Investigación en Ciencia, Tecnología, Sociedad y Medio Ambiente de Maranhão.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5164-0732> Contactos: deusivaldo@ifma.edu.br / deusepop@gmail.com

pedagogical strategy developed was the dynamic of Three Pedagogical Moments (3MP), with data structured according to content analysis. The research has a qualitative character, supported by quantitative elements, when necessary. In this way, the subject 'geometric optics/study of light' was developed, through the theme 'vision defects and their consequences on human health'. In the work with that theme, students carried out experiments with flat mirrors and simulation of visual impairment on a walk through the main school premises, as well as the work with the perception of pupil dilation, and the debate on those experiences. The analysis of the results suggests that, in fact, the teaching of optics through themes, in the context of the STS approach, enabled students to relate scientific knowledge and the problems experienced in everyday life by a visually impaired person, reflecting on real situations of the defects vision and the difficulties encountered by the visually impaired in everyday life, awakening them to citizenship.

Keywords: Citizenship; STS; Vision defects; Geometric optics; Three pedagogical moments.

Resumo

Este trabalho consiste em um relato de experiência referente à abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), no ensino de Física, realizada em turmas do ensino médio profissionalizante, em uma escola agrícola da rede pública federal, de tempo integral, no estado do Maranhão. Teve como objetivo analisar o ensino do conteúdo óptica geométrica/estudo da luz e suas consequências na saúde humana, bem como observar as possibilidades dessa prática, no contexto da cidadania dos estudantes, por meio da temática 'defeitos da visão'. A estratégia didático-pedagógica desenvolvida foi a dinâmica dos Três Momentos Pedagógicos (3MP), com os dados estruturados de acordo com análise de conteúdo. A pesquisa tem um caráter de natureza qualitativa, com apoio de elementos quantitativos, quando necessário. Na aplicação do conhecimento, os estudantes realizaram experimentos com espelhos planos e simulação de deficiência visual em uma caminhada pelas principais dependências da escola, bem como percepção da dilatação da pupila e debate sobre as experiências vividas. A análise dos resultados evidencia que, de fato, o ensino de óptica através de temas, no contexto da abordagem CTS, possibilitou aos estudantes relacionar os problemas vivenciados no cotidiano por um deficiente visual com o conhecimento científico, refletindo a respeito de situações reais dos defeitos da visão e das dificuldades encontradas por deficientes visuais no cotidiano, despertando-os para cidadania.

Palavras-chave: Cidadania; CTS; Defeitos da visão; Óptica geométrica; Três momentos pedagógicos.

Introducción²

Las normas que rigen la educación brasileña, a través de la Ley de Directrices y Bases (LDB) de la Educación, exigen que uno de los propósitos de la educación básica sea formar alumnos para el ejercicio de la ciudadanía, con ética y desarrollo del pensamiento crítico (BRASIL, 1996), lo que significa que la enseñanza de las ciencias

² Este trabajo forma parte de un estudio presentado en parte en el VIII Seminario Iberoamericano. Disponible en: <https://revistapos.cruzeirodosul.edu.br/index.php/siacts/article/view/3607/2018>

debe ir más allá de los parámetros puramente científicos, con el objetivo de proporcionar a los alumnos valores que les ayuden a comprender la ciencia, la tecnología y sus implicaciones para la toma de decisiones en el contexto cotidiano en el que se inserta. Desde esta perspectiva, las Orientaciones Curriculares para la Enseñanza Media (OCEM), en la sección de Ciencias Naturales, Matemáticas y sus Tecnologías, defienden que "en la escuela, una de las características más importantes del proceso de aprendizaje es la actitud reflexiva y autocrítica ante posibles errores" (BRASIL, 2006, p.45). Así, propuestas de la Base Curricular Nacional Común (BNCC) para la enseñanza media, en el contexto de la educación básica, como, por ejemplo, "conocer, apreciar y cuidar de sí mismo, de su cuerpo y de su bienestar, comprenderse en la diversidad humana, respetarse y respetar a los demás, utilizar el conocimiento de las Ciencias Naturales y sus tecnologías" (BRASIL, 2017, p.324) están en consonancia con los principios y objetivos mencionados anteriormente en la LDB y OCEM.

En este sentido, existe la necesidad de involucrar las prácticas ciudadanas y la enseñanza de la ciencia y la física para que puedan hacer una contribución significativa en este campo a través de la educación, en el contexto de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS), porque en la enseñanza de las ciencias en Brasil, "[...] estamos viviendo un momento rico para el avance de las contribuciones a la educación científica en el sentido de la formación para la ciudadanía" (SANTOS, 2012, p.59). Así, se ha difundido progresivamente la importancia y la necesidad de contextualizar e involucrar las prácticas ciudadanas en el campo educativo, a través del enfoque CTS (SOLBES; VILCHES, 2004).

Teniendo en cuenta lo anterior expuesto, este trabajo es un informe de experiencia sobre la enseñanza de la física, con el objetivo de analizar la enseñanza del contenido de la óptica geométrica/el estudio de la luz y sus consecuencias para la salud humana, así como observar las posibilidades de esta práctica en el contexto de la ciudadanía de los estudiantes, a través del tema de los "defectos de la visión", en el ámbito del enfoque CTS y la dinámica de los Tres Momentos Pedagógicos, aplicado en una escuela agrícola federal en la ciudad de Codó, en el estado de Maranhão.

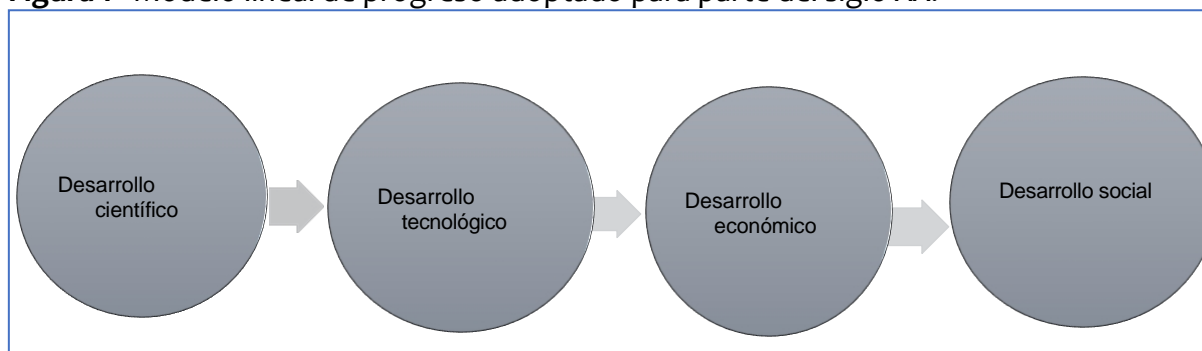
El enfoque de Ciencia, Tecnología y Sociedad en la enseñanza de las Ciencias

El aumento de la generación de ciencia y tecnología a una escala cada vez mayor a partir del siglo pasado ha tenido un enorme impacto en la sociedad, específicamente desde la Segunda Guerra Mundial, de modo que se ha vuelto cada vez más evidente que ambos no sólo eran beneficiosos, sino que también tenían efectos secundarios nocivos, además de utilizarse para construir armas cuyos efectos perjudicaban al hombre y al medio ambiente de muchas maneras, como la contaminación ambiental y las armas de destrucción masiva.

Como resultado, el Movimiento CTS surgió a mediados del siglo pasado como un reflejo de la forma en que se generaban la ciencia y la tecnología tradicionales (GARCIA et al., 1996). En este sentido, se iniciaron movimientos de protesta en diversos sectores sociales de todo el mundo, que adquirieron gran fuerza y acabaron influyendo en una nueva forma de enseñar las ciencias. De esta forma, el enfoque CTS en la enseñanza de las ciencias es una consecuencia del movimiento CTS. En este sentido, la ciencia desde una perspectiva CTS significa "enseñar sobre los fenómenos naturales de tal manera que la ciencia esté integrada en el entorno social y tecnológico del alumno" (AIKENHEAD, 1994, p.48).

Hasta entonces, la forma actual de progreso se basaba en el modelo lineal o tradicional, en el que "el desarrollo científico (DS) genera desarrollo tecnológico (DT), que genera desarrollo económico (DE), que a su vez determina el desarrollo social (DS) - bienestar social" (AULER, 2007, p. 8), como se muestra en la figura 1.

Figura 1 - Modelo lineal de progreso adoptado para parte del siglo XX.



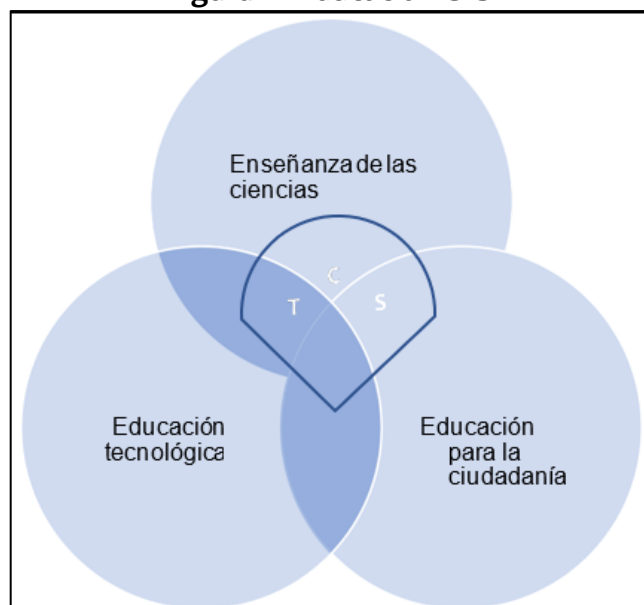
Fuente: Auler (2007), (adaptado).

Este modelo de desarrollo lineal no resultó, en la práctica, en el progreso social esperado y, por lo tanto, sufrió muchas críticas.

En el campo educativo, los documentos oficiales brasileños enfatizan la formación orientada al ejercicio de la ciudadanía, como lo recomienda la LDB, en sus artículos 2, 22, 35 y 36 (BRASIL, 1996). Este propósito está en concordancia con los presupuestos en la educación en el campo CTS, ya que “las propuestas curriculares para la enseñanza de las ciencias desde la perspectiva de la ciencia, la tecnología y la sociedad tienen como objetivo principal preparar a los estudiantes para el ejercicio de la ciudadanía” (SANTOS; MORTIMER, 2001, p.95).

Los estudios en el contexto CTS se han caracterizado por la conectividad de las relaciones entre “la enseñanza de las ciencias, la educación, tecnológica y la educación ciudadana en el sentido de participación en la sociedad” (SANTOS, 2012, p.51), como se muestra en la Figura 2.

Figura 2 - Educación CTS.



Fuente: Santos (2012, p.51).

En el contexto actual, existen nuevas orientaciones para la educación, a través de los nuevos lineamientos de la Base Curricular Nacional Común (BNCC), que integran en sus fundamentos la enseñanza en el campo de las CTS. En este sentido, la educación secundaria, como parte del ciclo de educación básica, presenta el área de Ciencias Naturales y sus Tecnologías, que establece que:

La contextualización social, histórica y cultural de la ciencia y la tecnología es fundamental para que puedan ser entendidas como empresas humanas y sociales. En el BNCC, por tanto, se propone también discutir el papel del conocimiento científico y tecnológico en la organización social, las cuestiones ambientales, la salud humana y la formación cultural, es decir, analizar las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y medio ambiente (BRASIL, 2017, p. 549, énfasis mío)

Así, en este trabajo, consideraremos el enfoque CTS, que, en línea con la educación para la formación ciudadana, defiende que "educar para la ciudadanía significa preparar al individuo para participar en una sociedad democrática, garantizando sus derechos y comprometiéndose con sus deberes" (SANTOS; SCHNETZLER, 2010, p.30).

Las Prácticas Pedagógicas de los Tres Momentos Pedagógicos

Las prácticas pedagógicas que utilizan los Tres Momentos Pedagógicos (3MP) se basan en la concepción de Paulo Freire (1975) de generar temas, y se transponen al conocimiento sistematizado o educación formal para la enseñanza de las ciencias a través de las obras "Física" de Delizoicov y Angotti (1990), y posteriormente "Metodología de la enseñanza de las ciencias" de Delizoicov y Angotti (2001), que se estructuran en tres momentos distintos, a saber:

i. **Problematización inicial:** En la problematización introductoria se presentan temas o hechos que los alumnos conocen y que están relacionados con el contenido que se va a estudiar. En este momento de la enseñanza, se anima a los alumnos a exteriorizar lo que entienden sobre la situación. La problematización se caracteriza, por tanto, por la comprensión y asimilación del tema por parte de los alumnos.

ii. **Organización del conocimiento:** A la hora de organizar los conocimientos, es necesario estudiar y sistematizar los conocimientos de física bajo la dirección de un profesor. En este punto, es necesario profundizar en las definiciones, conceptos, leyes y posibles apropiaciones del conocimiento científico para resolver los problemas mencionados en la fase introductoria.

iii. **Aplicación de los conocimientos:** Y, en el último momento, la aplicación de los conocimientos, el intento de analizar e interpretar científicamente los problemas de estudio iniciales, así como otras situaciones no directamente relacionadas con la motivación inicial; se evalúa si el alumno ha adquirido la capacidad de justificar y

participar críticamente en las cuestiones inicialmente planteadas (MUNCHEN, 2010; DELIZOICOV; ANGOTTI, 2001).

Por lo tanto, el estudio a través de temas, en el contexto del enfoque CTS, y de los Tres Momentos Pedagógicos tienen acciones que integran los contenidos de la ciencia, en la vida cotidiana del alumno, con el objetivo de contribuir al diálogo, a la problematización y a una concepción humanista de la educación (SANTOS, 2008; DAGNINO, 2008).

Procedimientos Metodológicos

Esta investigación se llevó a cabo en una institución originaria del modelo de escuelas agrícolas federales, que se incorporaron a los actuales institutos federales, situada en la ciudad de Codó, en el este del estado de Maranhão, a unos 300 kilómetros de la capital São Luís, al borde de la Amazonia legal (Fig.3). Abarca un área de cerca de 210 hectáreas, con edificaciones compuestas por estructuras ligeras y elementos huecos, integrando el espacio construido con el entorno natural, caracterizado por el bosque típico de la interfaz entre el bosque de cocoteros y el entorno amazónico. Entre los diferentes espacios del entorno, hay módulos administrativos y pedagógicos, con aulas, laboratorios y una amplia zona para actividades agrícolas y agroindustriales típicas.

Figura 3 - Mapa de Brasil mostrando la Amazonia legal y la localización del municipio de Codó-MA.



Fuente: Instituto Brasileño de Geografía y Estadística. Colores y dimensiones ilustrativos. Adaptado por Nuno Santa Rosa.

Para cumplir el objetivo de esta investigación, optamos por un enfoque cualitativo, apoyado en subsidios cuantitativos, de tipo exploratorio, que pretende proporcionar una visión general de un hecho, según Gil (1999).

Esta investigación tuvo lugar entre noviembre de 2018 y enero de 2019, en la Asignatura Física II: Estudio de Óptica Geométrica, en cuatro clases de segundo año de enseñanza media profesional (Cuadro 1), en una institución pública federal de Codó, en el estado de Maranhão.

Gráfico 1 - Clases de segundo curso de Enseñanza Media profesional.

Clases - Cursos Técnicos Profesionales	Número de alumnos
Agropecuaria	37
Agroindustria	38
Medio Ambiente	39
Informática	35

Fuente: Datos de investigación (2019).

En este sentido, en la primera clase, se mostró a los alumnos un texto motivador titulado *UNA VISITA AL OFTALMÓLOGO: un tema para la enseñanza de la Física*, de Sales (2008), momento en el que se plantearon las preguntas y dudas de los alumnos. La obra aborda el tema de una visita al oftalmólogo, en un proyecto de investigación para un curso de fin de grado, explorando los conceptos físicos: estudio de los fenómenos de la visión, reflexión y refracción de la luz, espejos planos y esféricos, lentes y defectos de la visión. El texto cuenta la historia de un padre que se resiste a visitar a un oftalmólogo para tratar su vista, pero que, con la ayuda de su mujer, decide ir a la consulta y lleva consigo a su hijo de 11 años, un niño listo y curioso que quiere saber por parte del médico qué significan esos procedimientos y aparatos (SALES, 2008).

La Secuencia Didáctica se construyó en 7 encuentros de 90 minutos cada uno (Cuadro 2), una vez por semana, utilizando pizarra, pincel, proyector multimedia y ordenador portátil (propiedad del profesor), texto fotocopiado y libro de texto del Programa Nacional de Libros de Texto (PNLD) utilizado por el alumno.

Gráfico 2 - Secuencia Didáctica de los Tres Momentos Pedagógicos aplicada al contenido "Óptica Geométrica " en las clases de Enseñanza Media Profesional.

Tres momentos pedagógicos	Lecciones	Actividades
Problematización inicial	Clase 1	El tema se introdujo mediante la lectura del texto " <i>Una visita al oftalmólogo</i> ", seguida de una encuesta en la que los alumnos presentaron preguntas, curiosidades y comentarios sobre el texto de Óptica Geométrica. De este modo, fue posible tener una idea resumida de la percepción del texto por parte de los alumnos sobre el tema.
Organización (4 lecciones)	1 clase	Exploración de los conceptos físicos de la óptica geométrica: Rayos y haces de luz; Medios transparentes, translúcidos y opacos; Fenómenos cuarto oscuro estenopeico (principio básico de la cámara fotográfica) y eclipses.
	1 clase	Reflexión en espejos planos y construcción de imágenes, algunas aplicaciones en la vida cotidiana.
	1 clase	Reflexión en espejos esféricos, construcción geométrica de imágenes, algunas aplicaciones tecnológicas e implicaciones para la sociedad. Practicando formación de imágenes en espejos planos.
	1 clase	Refracción de la luz. Defectos de visión e instrumentos ópticos. Experimentos de refracción en un vaso de agua. Aplicaciones tecnológicas e implicaciones sociales.
Aplicación de los conocimientos (2 lecciones)	1 clase	Clase práctica: i. Comprobación de la dilatación pupilar. ii. Simulación de una persona con discapacidad visual y debate.
	1 clase	Finalización de contenidos con evaluación.

3MP = Tres momentos pedagógicos (2019).

Los análisis de datos se realizaron teniendo en cuenta la perspectiva de análisis de contenido de Bardin (2011).

Resultados y Discusiones

La relación interrogativa y dialógica entre el enfoque CTS y los 3MP muestra que ambos están estrechamente vinculados, proporcionando un importante proceso didáctico-metodológico. Así, como provocación inicial, se animó a los alumnos a comentar diversos problemas relacionados con el tema de la óptica geométrica.

Así, en un primer momento, en el aula, se enumeraron 70 preguntas y curiosidades sobre el texto. Sin embargo, por razones de espacio e importancia, destacaremos a continuación cinco de ellas (Cuadro 3):

Gráfico 3 - Principales preguntas de los alumnos sobre óptica geométrica.

	Preguntas
I	¿Cuál es la diferencia entre reflexión y refracción?
II	¿Cuál es la diferencia entre un espejo plano y un espejo esférico?
III	¿Cuáles son las causas de la miopía, la hipermetropía, el astigmatismo y las lentes adecuadas para corregir estos defectos?
IV	¿Qué es el test de Snellen?
V	¿Existen otros defectos de visión aparte de los mencionados en el texto?

Fuente: Datos de investigación (2019).

Después, en la segunda etapa, trabajaron los conceptos, las leyes y sus aplicaciones técnicas, así como la relación entre la asignatura y la vida cotidiana. En este sentido, los alumnos conocieron las leyes de los espejos planos y esféricos, así como algunos defectos de la visión. En la figura 4, los alumnos experimentan con la formación de imágenes en espejos planos para comprobar los conceptos y leyes que rigen estos espejos. Este experimento consiste en fijar un espejo plano/vidrio sobre una superficie plana, luego colocar una vela encendida (objeto) a cierta distancia frente al espejo, luego colocar una vela sin encender con características de tamaño diferentes detrás del espejo, y luego otra con el mismo tamaño que el objeto, y a la misma distancia y perpendicular al espejo. Esto da la impresión de que la vela apagada del mismo tamaño que el objeto está encendida, que muestra que en ese punto está la imagen de la vela colocada delante del espejo. Este experimento muestra al alumno los principios de la óptica en un espejo plano: imagen y objeto equidistan del espejo, tienen el mismo tamaño y son de naturalezas opuestas, es decir, para un objeto real la imagen es virtual y viceversa, además de ser figuras con formas opuestas. En general, el efecto en el alumno es de encantamiento y sensación de euforia al reconocer las leyes de la ciencia en situaciones cotidianas.

Figura 4 - Experimento en clase sobre la formación de imágenes en espejos planos.



Fuente: el autor.

La aplicación de los conocimientos se desglosa en dos fases. En primer lugar, se realizó una evaluación de los contenidos trabajados en este proceso: se comprobó si se habían comprendido diversas cuestiones y dudas planteadas en un primer momento y si se habían apropiado de estos conocimientos. El gráfico 1 muestra los resultados de las preguntas mencionadas en el cuadro 3, en forma de test de elección múltiple (preguntas cerradas P1, P2, P3, P4 y P5), sobre un total de 86 evaluaciones. En resumen:

P1: está relacionado con los fenómenos ópticos de reflexión y refracción: el alumno debe diferenciar entre estos fenómenos y conocer científicamente su significado;

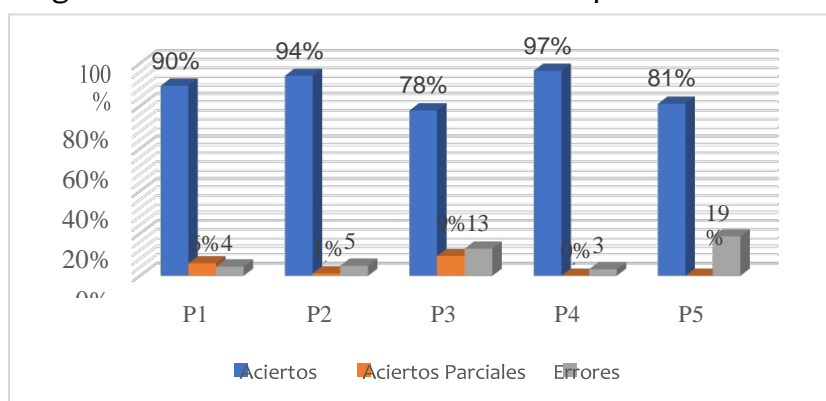
P2: trata de espejos planos y esféricos: el alumno debe diferenciarlos.

P3: analiza algunos de los defectos de la visión: miopía, hipermetropía y astigmatismo, contenidos en el texto estudiado en la problematización inicial.

P4: se refiere al test de Snellen³, utilizado por los oftalmólogos en las consultas para evaluar la agudeza visual de los pacientes.

P5: analiza otros defectos de la visión que no figuran en el texto tratado en clase y que causaron curiosidad entre los alumnos. Son los siguientes: presbicia, estrabismo, daltonismo y cataratas.

Gráfico 1 - Resultados de las pruebas sobre contenidos relacionados con la óptica geométrica en las clases de formación profesional secundaria.



Fuente - Datos de la investigación

³ Prueba en la que el paciente se coloca a cierta distancia de una escala/tabla optométrica con letras normalizadas. El método fue desarrollado por el médico holandés Herman Snellen para medirla agudeza visual del paciente. La prueba se realiza en un ojo cada vez (ZAPPAROLI; KLEIN; MOREIRA, 2009).

Al analizar las respuestas de los alumnos a las preguntas P1, P2, P3, P4 y P5, destinadas a conocer el proceso de enseñanza-aprendizaje de las cuestiones I, II, III, IV y V (tabla 3), se observa que la mayoría de los alumnos respondió favorablemente a la comprensión de las cuestiones planteadas al inicio del proceso, lo que demuestra la contribución del proceso pedagógico 3MP y del enfoque CTS al desarrollo de la enseñanza de las ciencias.

La evaluación final también incluía una pregunta "abierta", en la que se ofrecía un breve informe sobre los contenidos de óptica estudiados en clase. A este respecto, se obtuvieron algunas respuestas, como las mencionadas por los alumnos E₁, E₂ y E₃, que se presentan a continuación:

La miopía, por ejemplo, se caracteriza porque la imagen se forma antes de la retina, por lo que hay que utilizar una lente divergente. La hipermetropía es cuando la imagen se forma después de la retina, es decir, lo contrario de lo que ocurre en la miopía. En este caso, se utilizan lentes convergentes (E₁).

La reflexión de la luz es el fenómeno que se produce cuando la luz incide sobre una superficie y vuelve a su medio original. La refracción se produce cuando la luz pasa de un medio a otro (E₂).

En clase, el contenido sobre óptica era para que entendiéramos qué son los espejos planos y esféricos. Los espejos planos significan que el objeto y la imagen están a la misma distancia del espejo y que la imagen producida tiene siempre el mismo tamaño que el objeto. En los espejos esféricos, la imagen producida no es igual al objeto (E₃).

Las respuestas "abiertas" están en consonancia con las "cerradas", lo que indica que los alumnos comprendieron el aspecto científico y, al mismo tiempo, consiguieron responder a preguntas y resolver algunos de los problemas enumerados en el debate inicial, contemplando la aplicación de los conocimientos científicos, como se afirma en el tercer momento del 3MP (DELIZOICOV; ANGOTTI, 2001).

En la segunda fase de aplicación de los conocimientos, se realizaron dos prácticas por parejas. En la primera práctica, el alumno comprobó la pupila de su compañero en dos situaciones, lejos de la luz y en un entorno totalmente iluminado, con el objetivo de observar la influencia de la luz en el tamaño de la pupila (Figura 5). En este punto, los participantes coincidieron en general: cuando se expone a la luz, la pupila se contrae en comparación con cuando no está iluminada, protegiendo así al ojo de la incidencia de los rayos ultravioleta, nocivos para el ojo humano.

Figura 5 - Comprobación de la influencia de la luz en el tamaño de la pupila.



Fuente: el autor.

Generalmente, el contenido de óptica en los libros de texto tiene como epílogo los defectos de visión. En este sentido, en la segunda y última práctica de aplicación de conocimientos, se realizó una actividad simulada: los alumnos se convirtieron en deficientes visuales (ciegos totales), en una práctica realizada con el objetivo de experimentar una parte de la inclusión social como deficiente visual. Los alumnos se colocaron en parejas, uno de ellos totalmente ciego, con unavenda en los ojos, y el otro era su guía. Dieron un paseo por el recinto escolar (Figura 6) y, a la vuelta, las parejas invirtieron la situación del ciego y el guía.

Figura 6 - Experiencia de los alumnos como discapacitados visuales.



Fuente: el autor.

El recorrido requería experimentar tres situaciones diferentes. El recorrido era de aproximadamente 300 metros, desde el aula hasta el campo de fútbol del colegio. En la primera parte, el compañero-guía indicaba a la persona ciega el camino a seguir sin tocarla físicamente (del aula al patio/comedor); en la segunda parte (del patio al pasillo del auditorio), el compañero-guía cogía del brazo a la persona ciega y la guiaba. En la tercera parte del trayecto (del pasillo al campo de fútbol), la persona ciega se cogía del brazo o del hombro del guía y caminaban juntos. Después, se repetía el proceso a la vuelta, cambiando los papeles en la experiencia: ahora el compañero- guía se convertía en el "discapacitado visual" y viceversa.

Después de esta experiencia de la última etapa de la aplicación del conocimiento, regresamos al aula, donde sostuvimos un breve debate. Algunos alumnos argumentaron que la escuela no cuenta con la infraestructura para atender a los discapacitados visuales, aunque se han realizado algunas acciones, como lugares con baldosas que indican la ruta que debe seguir el discapacitado, pero en la mayoría de los espacios no existen estas indicaciones. La figura 7 muestra el creciente uso de baldosas para discapacitados visuales en la institución, con el fin de adaptarse a las normas. Esto ha ocurrido sobre todo después de que los alumnos se concientizaran en las clases de física: óptica geométrica.

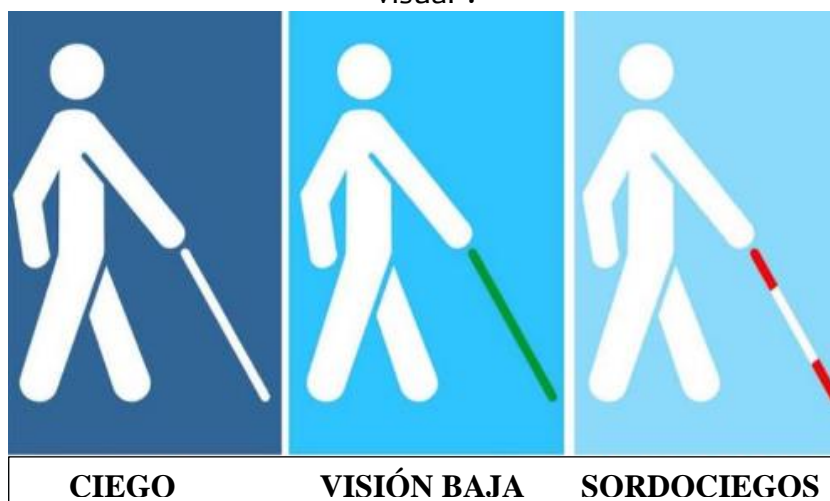
Figura 7 - Colocación de baldosas para facilitar la movilidad de los discapacitados visuales.



Fuente: el autor.

A la pregunta de cuál de las tres opciones para guiar a una persona totalmente ciega era la más adecuada, la mayoría de las respuestas (60%) fue aquella en la que el discapacitado se agarra al brazo o al hombro del guía. Tras esto, se incorporó al debate un técnico especializado en braille, invitado a dar consejos sobre cómo guiar a una persona con discapacidad visual. El especialista señaló la 3ª situación, en la que el discapacitado se agarra al hombro o al brazo del guía, como la adecuada. También aclaró que un discapacitado visual (ciego) suele utilizar un bastón blanco; cuando tiene baja visión, usa un bastón verde; y cuando es totalmente discapacitado visual y sordo, el bastón es a rayas rojas y blancas (Figura 8).

Figura 8 - Tipos de bastones según la condición de una persona con discapacidad visual⁴.



Fuente: Ayuntamiento de São Paulo.

El especialista también dijo que nunca hay que hacer bromas pesadas cuando se conoce a un discapacitado visual, ya que su autoestima puede quedar dañada. Y que es habitual que acepten ayuda, aunque algunos no reaccionan bien ante esta situación porque no aceptan sus limitaciones o porque han vivido situaciones desagradables con desconocidos que se han aprovechado de la situación para enviarles, por ejemplo, en una dirección distinta a la que pidieron ayuda.

⁴ Material publicitario del Ayuntamiento de São Paulo destinado a informar a la población sobre el uso de bastones por personas con deficiencias visuales y auditivas. Obtenido de: <https://pt-br.facebook.com/PrefSP/posts/1032424250289345/>. Consultado el 25.01.2022

En este sentido, algunos alumnos manifestaron espontáneamente que, cuando se les pedía que guiaran a una persona con discapacidad visual, sus acciones consistían en cogerla del brazo y conducirla, pero que a partir de ahora sabrían cómo se haría. De esta forma, la aplicación del conocimiento de la dinámica 3MP a través del debate está en consonancia con los supuestos del enfoque CTS sustentados por Santos y Mortimer (2001), en los que afirman que para desarrollar la toma de decisiones es fundamental que los alumnos discutan problemas de la vida real. Así, el enfoque CTS debería conducir a una "educación para la acción social responsable" (SANTOS; MORTIMER, 2001, p. 102).

Consideraciones finales

Esta práctica pedagógica formuló la enseñanza de la física a través de las acciones dinámicas de Tres Momentos Pedagógicos y preguntas temáticas en un enfoque de ciencia, tecnología y sociedad, creando una afinidad entre el currículo y el contexto cotidiano de los alumnos.

El tema de la lección "visita al oftalmólogo", que trata de la resistencia masculina a ir al médico, proporcionó un amplio estudio de la óptica geométrica, que trajo consigo la importancia científica del estudio de la luz y sus consecuencias sociales en la vida cotidiana.

De este modo, la enseñanza de la óptica geométrica se documentó a través de la problematización, en la que fue posible verificar argumentos y registrar consideraciones y preguntas en un primer momento, así como aprender conocimientos científicos. Tras la experiencia simulada de una persona con discapacidad visual, que forma parte de una minoría no siempre incluida en la sociedad, se llevó a los alumnos a reflexionar sobre las actitudes cívicas en la escuela y en la ciudad donde viven.

Desde esta perspectiva, fue posible ver el poder transformador de la enseñanza de las ciencias a través de los procesos didácticos de los Tres Momentos Pedagógicos y la interrelación con el enfoque CTS. De esta forma, los alumnos expresaron su comprensión de los defectos de la visión, diciendo que había alguien en su casa o en su barrio con un defecto visual. Los principales defectos que identificaron fueron las

cataratas, la presbicia/ojos cansados y la miopía. También afirmaron que cambiarían sus hábitos en relación con la interacción social con los discapacitados visuales y la concienciación sobre la protección de los ojos frente a la luz, lo que caracteriza una mayor comprensión de la ciudadanía.

Referencias

AIKENHEAD, G. What is STS science teaching? In: SOLOMON, J., AIKENHEAD, G. (Org). **STS Education: international perspectives on reform**. New York: Teachers College Press, 1994. p. 47-59.

AULER, D. Enfoque ciência tecnologia sociedade: pressupostos para o contexto brasileiro. **Ciência & Ensino**, v.1, n. esp., p. 1-19, 2007.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BRASIL. **Lei nº 9394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as leis de diretrizes e bases da educação nacional. Brasília: Presidência da República, 1996. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1996/lei-9394-20-dezembro-1996-362578-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em: 25 de agosto de 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Volume 2. Brasília, 2006. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf. Acesso: 02 de fevereiro de 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2017. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso em: 25 de agosto de 2023.

DAGNINO, R. P. As Trajetórias dos Estudos sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade e da Política Científica e Tecnológica na Ibero-América. **Alexandria**, v.1, n.2, p.3-36, 2008.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Física**. São Paulo: Cortez, 1990.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Metodologia do ensino de ciências**. São Paulo: Cortez, 2001.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1975.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1999.

MUENCHEN, C. **A disseminação dos três momentos pedagógicos: um estudo sobre práticas docentes na região de Santa Maria/RS**. 2010. 273 f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Centro de Ciências em Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

SALES, M. A. C. **Uma visita ao oftalmologista:** um tema para o ensino de Física. 2008. 45 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Física Licenciatura) - Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Faculdade de Física, Universidade Federal do Pará, 2008.

SANTOS, W. L. P. dos. Educação científica humanística em uma perspectiva freireana: resgatando a função do ensino de CTS. **Alexandria**, v.1, n.1, p.109-131, 2008.

SANTOS, W. L. P. Educação CTS e cidadania: confluências e diferenças. **Amazônia - Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v.9, n.17, p.49-62, 2012.

SANTOS, W. L. P. dos; MORTIMER, E. F. Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de ciências. **Ciência & Educação**, v.7, n.1, p.95-111, 2001.

SANTOS, W. L. P. e SCHNETZLER, R. P. **Educação em Química:** compromisso com a cidadania. Ijuí: Editora Ijuí, 2010.

SOLBES, J.; VILCHES, A. Papel de las Interacciones Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente en la formación ciudadana. **Enseñanza de las Ciencias**, v.22, n.3, p. 337-347, 2004.

ZAPPAROLI, M.; KLEIN, F.; MOREIRA, H. Avaliação da acuidade visual Snellen. **Arquivos brasileiros de oftalmologia**, v.72, n.6, p.783-788, 2009.