

Tecné Episteme y Didaxis

TED 57

Universidad Pedagógica Nacional

Revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología

Investigación y experiencias en didácticas
de las ciencias experimentales, las matemáticas y las tecnologías.

Número 57, primer semestre de 2025

ISSN 2665-3184 para el formato impreso

ISSN 2323-0126 para el formato WEB-Online

Clasificada en Publindex Minciencias en categoría B

Tecné, Episteme y Didaxis: TED. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
Facultad de Ciencia y Tecnología.

No. 57

Semestral

ISSN 2665-3184 (Impreso)

ISSN 2323-0126 (Web-online)

Antes: Revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología. No. 1-2 (1991-1992)

1. Enseñanza de las Ciencias – Publicaciones Periódicas. 2. Didáctica de las Matemáticas – Publicaciones Periódicas. 3. Didáctica de la Biología – Publicaciones Periódicas. 4. Didáctica de la Química – Publicaciones Periódicas. 5. Didáctica de la Física – Publicaciones Periódicas. 6. Didáctica de las tecnologías. 7. Didáctica de las Ciencias. 8. Investigación Educativa.

I. Universidad Pedagógica Nacional. Facultad de Ciencia y Tecnología



**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA
NACIONAL**
Educadora de educadores

Helberth Augusto Choachí González

Rector

Paola Acosta Sierra

Vicerrectora de Gestión Universitaria

Víctor Espinosa Galán

Vicerrector Académico

Yaneth Romero Coca

Vicerrectora Administrativa y Financiera

Gina Paola Zambrano

Secretaria General

Hugo Daniel Marín Sanabria

Decano Facultad de Ciencia y Tecnología

Editora

Doctora Diana Lineth Parga Lozano

Universidad Pedagógica Nacional

Departamento de Química y DIE - UPN

Universidad Pedagógica Nacional

Facultad de Ciencia y Tecnología

Calle 72 No. 11-86, oficina B-230

Tel: (57) 594 1894, ext. 282-256

<http://www.pedagogica.edu.co/revistas/ojs/index.php/TED>

revistated@pedagogica.edu.co

revistated.fct@gmail.com

Revista dirigida a: investigadores, profesores y estudiantes de pregrado y posgrado de Didáctica de las Ciencias Experimentales, las Matemáticas y las Tecnologías.

Indexada en:

Publindex, categoría B

Educational Research Abstract, ERA

Índice de Revistas de Educación Superior

e Investigación Educativa, IRESIE

Catálogo Latindex - Sistema Regional de Información

en Línea para Revistas Científicas de América Latina,

el Caribe, España y Portugal

Biological Abstracts

Biblioteca digital OEI <http://www.campus-oei.org/oeivirt/>

DIALNET

CLASE

SciELO Colombia

Grupo Interno de Trabajo Editorial

Lucía Bernal Cerquera

Coordinadora

Mariel Loaiza

Isabella Rendón Barros

Editoras de revistas

Paula Andrea Cubillos Gómez

Diagramación

Guillermo Castillo

Yaneth Lizarazo

Corrección de estilo

Julián Arcila

Indexación de revistas

Íngrid González

Traducción y corrección de resúmenes en inglés y portugués

Paula Andrea Cubillos Gómez

Portada

Se autoriza la reproducción total o parcial de los materiales publicados en esta revista siempre y cuando sea citada la fuente.

TED no asume necesariamente las opiniones ni los criterios expuestos en los diferentes artículos.

Comité científico/editorial

Doctor Agustín Adúriz-Bravo
Universidad de Buenos Aires, Argentina

Doctor Amparo Vilches
Universidad de Valencia, España

Doctor Bruno D'Amore
Universidad de Bolonia, Italia

Doctora Cristina Conchinha
Faculdade de Ciências e Tecnologia da
Universidade Nova de Lisboa, Portugal

Doctor Edgar Alberto Guacaneme Suárez
Universidad Pedagógica Nacional, Colombia

Doctor Jesús Enrique Pinto Sosa
Universidad Autónoma de Yucatán, México

Doctora Luciana Massi
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil

Doctor Luis Bayardo Sanabria Rodríguez
Universidad Pedagógica Nacional, Colombia

Doctor Otavio Aloisio Maldaner
Universidad Regional UNIJUÍ, Brasil

Doctor Luis Eduardo Ravanal Moreno
Universidad Central de Chile, Chile

Doctor Roberto Nardi
Universidad Estatal Paulista, Brasil

Equipo técnico apoyo editorial

Magister Diana Catalina Carrión Pérez
Universidad Pedagógica Nacional, Colombia

Magister Felipe Jorge Fernández Hernández
Universidad Pedagógica Nacional, Colombia

Doctor Jairo Robles Piñeros
Universidad Pedagógica Nacional, Colombia

Doctor John Alexander Rojas Montero
Universidad Pedagógica Nacional, Colombia

Magister Juan Carlos Castillo Ayala
Universidad Pedagógica Nacional, Colombia

Laura Catalina Pineda Hernández
Estudiante de Licenciatura en Química.
Universidad Pedagógica Nacional, Colombia

Johan Sebastián Rincón Daza
Estudiante de Licenciatura en Física.
Universidad Pedagógica Nacional, Colombia

Contenido

| | | |
|---|------------------|----------------|
| | Editorial | 7-10 |
| Metamodelización en un aula de física universitaria: visiones del estudiantado sobre los modelos científicos | | 11-31 |
| Víctor Julio Useche-Arciniegas, Diana Patricia Rodríguez-Pineda, Agustín Adúriz-Bravo | | |
| Diseño y validación de un instrumento para indagar concepciones sobre razas humanas, esencialismo y biología | | 32-48 |
| Gastón Pérez, Leonardo González-Galli, Fernando Bifano | | |
| El COVID-19: investigación de educación en ciencias y aportes para trabajo de aulas | | 49-64 |
| María del Rocío Hernández-Hernández, Alma Adrianna Gómez-Galindo | | |
| La indagación y el cambio en la argumentación y los modelos explicativos sobre metamorfosis de la mariposa en estudiantes de educación primaria | | 65-83 |
| Francisco Javier Ruiz-Ortega, Luisa Fernanda Pineda-Martínez, Érica Rodríguez-Cárdenas | | |
| El aprendizaje-servicio como referente para potenciar la educación ambiental en Colombia | | 84-100 |
| Alejandro Henao-Castro, Martha Patricia Vives-Hurtado | | |
| El pensamiento tecnológico y sus procesos cognitivos: una revisión del estado del arte | | 101-120 |
| Julián Darío Torres-Sánchez, Pedro Nel Zapata-Castañeda | | |
| Contribuciones a la reflexión sobre la realidad en el proceso de modelación matemática | | 121-137 |
| Andrés Mauricio Martínez-Novoa | | |
| Prácticas interculturales de enseñanza de las ciencias para la inclusión cultural | | 138-155 |
| Julio Cesar Tovar-Gálvez | | |
| La investigación formativa para la enseñanza de la ciencia y la tecnología en la escuela | | 156-171 |
| Camilo Andrés Valderrama-Alarcón, Liliana Rocío Guerrero-Villalobos, Luz Mary Lache-Rodríguez | | |

- Possibilidades didáticas do cinema em sala de aula: **172-190**
educação em saúde e negacionismo científico
Eloisa da Silva Pauletti, Eliane Gonçalves dos Santos
- Historietas conceptuales contextualizadas, una estrategia didáctica **191-215**
para comprender el territorio como construcción social
Ana María Falla-Falla, Edier Hernán Bustos-Velazco, Jaime Duván Reyes-Roncancio
- La relación museo-escuela en la formación inicial de profesores **216-233**
Carlos Arturo Soto-Lombana, Fanny Angulo-Delgado
- Caracterización de cambios didácticos en la **234-255**
práctica docente universitaria de química organometálica
Alexander Cárdenas-Acero, Carlos J. Mosquera, Edwin A. Baquero
- Mapeando as integrações dos componentes do conhecimento **256-278**
pedagógico do conteúdo: um estudo com licenciandos
de Química no programa de residência pedagógica
Luciane Fernandes Goes, Carmen Fernández
- A mobilização do conhecimento didático do conteúdo **279-295**
químico de uma professora/pesquisadora no itinerário
formativo “Ciclo de Vida dos Materiais”
Tavane da Silva Rodrigues, Charlene Barbosa de Paula,
Bruno dos Santos Pastoriza, Fábio André Sangiogo
- Explorando el vínculo entre las emociones y el Conocimiento Didáctico **296-313**
del Contenido (CDC) en la formación inicial docente
Diego Armando Retana-Alvarado, María Ángeles de las Heras-Pérez,
Bartolomé Vázquez-Bernal, Roque Jiménez-Pérez
- Conocimiento didáctico del contenido, un constructo conceptual **314-330**
relevante en la enseñanza de las ciencias básicas
Marcos Campos-Nava, Agustín Alfredo Torres-Rodríguez
- Intereses de los profesores en formación posgradual, **331-347**
una mirada desde el CDC en química
José Armando Delgado-Jiménez, Leidy Gabriela Ariza-Ariza

Editorial

Diana Lineth Parga Lozano
Universidad Pedagógica Nacional
Editora, *Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED*

Investigaciones en educación en ciencias, matemáticas y tecnología: un alto en el CDC

El número 57 de la *Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED* se organizó en dos partes. La *primera parte*, contiene trece artículos de investigación enfocados en temas variados que van desde el contexto de la educación primaria hasta la educación universitaria. Estos se enfocan en aspectos como la meta-modelización en un aula de física universitaria, el diseño y validación de un instrumento para indagar concepciones, la investigación de educación en ciencias, la indagación y el cambio en la argumentación en educación primaria, el *Aprendizaje Servicio* para potenciar la educación ambiental, el pensamiento tecnológico y sus procesos cognitivos, las reflexiones sobre realidad en el proceso de modelación matemática, las prácticas interculturales de enseñanza de las ciencias, la investigación formativa como estrategia pedagógica para la enseñanza de la ciencia y la tecnología, sobre el negacionismo científico, las historietas conceptuales contextualizadas para comprender el territorio como construcción social, y finalmente, un artículo sobre el proyecto político pedagógico analizado desde la idoneidad didáctica ecológica.

A la luz de lo investigado a nivel internacional estos artículos destacan la preocupación por la educación en ciencias (EC), educación matemática y en educación en tecnología, habiendo mayor número de artículos desde la EC.

La *segunda parte* contiene seis artículos temáticos desde el Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) que fueron escritos por autores de Brasil, España, México y Colombia. Los autores de estos hacen análisis sobre el cambio didáctico en la práctica docente universitaria, el mapeamiento de las integraciones de los Componentes del CDC a partir de un estudio con estudiantes de licenciatura en química en un programa de Residencia Pedagógica en Brasil, la caracterización del conocimiento didáctico del contenido químico de un docente investigador en el llamado itinerario Formativo Ciclo de Vida de los Materiales; la exploración del vínculo entre las emociones y el CDC en la formación inicial docente; el conocimiento didáctico del contenido como un constructo conceptual relevante en la enseñanza de las ciencias básicas, y finalmente se presentan los intereses de profesores en formación posgradual, desde el CDC en química.

En seguida se presenta una reseña de estos seis artículos:

- En el artículo sobre Caracterización de cambios didácticos en la práctica docente universitaria de química organometálica, los autores Alexander Cárdenas Acero, Carlos J. Mosquera y Edwin A. Baquero analizan como el análisis del CDC es fundamental para dichas transformaciones en lo conceptual, procedimental, actitudinal y al abordar aspectos de la naturaleza de la ciencia. Se hizo un estudio multiparadigmático y plurimetodológico durante un año en el que la reflexión docente fue fundamental.
- Luciane Fernandes Goes y Carmen Fernandez presentan un análisis del CDC de estudiantes de química en un Programa de Residencia Pedagógica (PRP). Mediante un enfoque cualitativo, se obtuvo información de la observación de la implementación de secuencias didácticas, de reuniones semanales, el análisis de informes semestrales y reflexión a través de entrevistas semiestructuradas respecto a lo planeado e implementado. Se pudo observar de forma directa el CDC en acción y personal, así como del papel del PRP en el fortalecimiento del CDC personal y colectivo, lo que es importante en la formación de los docentes.
- Tavane da Silva Rodrigues - Charlene Barbosa de Paula - Bruno dos Santos Pastoriza y Fábio André Sangiogo analizaron las movilizaciones de los componentes del CDC en Química, de una docente investigadora. Desde un enfoque cualitativo se analizaron diarios de campo, grabaciones, transcripciones de clases y conversaciones con profesores y estudiantes. La movilización se da cuando la docente/investigadora evalúa la praxis del itinerario analizado desde los componentes del CDC siendo fundamentales en la formación profesional docente.
- En el siguiente artículo, Diego Armando Retana Alvarado - María Ángeles de las Heras Pérez - Bartolomé Vázquez Bernal - Roque Jiménez Pérez, plantean que existe un vínculo entre las emociones y el CDC por lo que es necesario que en la formación inicial docente haya una educación emocional dentro de un modelo profesional.
- Marcos Campos Nava y Agustín Alfredo Torres Rodríguez describen las características que le han permitido al CDC ser un constructo conceptual, una herramienta teórico-metodológica para identificar la naturaleza de los conocimientos base para la enseñanza de las ciencias; se describe cómo este se viene robusteciendo y se hacen análisis para su cuantificación como *variable operativa* y de esta forma permitir incidir en los conocimientos del profesorado de ciencias para mejorar su enseñanza y actualización profesional docente.
- José Armando Delgado Jiménez y Leidy Gabriela Ariza Ariza identificaron los intereses de los profesores en formación posgradual, desde

componentes del CDC en química y su influencia en la enseñanza. Se encontró que tales intereses se abordan desde el desarrollo de competencias científicas, el fortalecimiento de habilidades argumentativas, alfabetización científica, estimulación y desarrollo del pensamiento crítico, integración y reformulación de los contenidos químicos. Aspectos que fueron analizados desde componentes del CDC.

Estos cinco artículos de TED hacen análisis del CDC desde la formación inicial (estudiantes de licenciatura) y posgradual, se analiza el marco teórico en sí mismo y su relación con las emociones; y uno de los artículos analiza dicho CDC desde el modelo del consenso refinado. Al contrastar estos trabajos con lo que a nivel internacional se está investigando, en especial en lo publicado en el Handbook de 2023 de Lederman et al. el tema del PCK o CDC se centra en explicar aspectos metodológicos de la investigación al traer ejemplos de conceptos como *validez de contenido* y *validez interna* desde el CDC, asimismo, analiza dicho constructo con la argumentación y la enseñanza de cuestiones sociocientíficas.

- Para la *validez de contenido* entendida como una cuestión de concordancia semántica del instrumento de medición y los supuestos teóricos o constructos, los autores la explican a partir de tres componentes del conocimiento profesional de los profesores de ciencias, como aquello que se va a validar: conocimiento del contenido (CC), conocimiento pedagógico del contenido (CDC) y conocimiento pedagógico (CP), cada uno de ellos debe describirse teóricamente y debe dárseles una definición operativa que sirva como punto de partida para la

construcción de los tres instrumentos de prueba correspondientes.

- En la *validez interna*, considera las relaciones causales entre las variables independientes y dependientes del constructo para eliminar o controlar la influencia de las variables de control o las variables de confusión. En la mayoría de estudios sobre la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, la motivación de los estudiantes y su conocimiento se correlacionan, pero este conocimiento también se correlaciona con el CDC del profesor. Además, la relación entre el conocimiento de los estudiantes y su motivación no es un efecto causal. No está claro si los estudiantes están motivados debido a su buen desempeño o si su motivación conduce a un buen desempeño. Como resultado, no se puede dilucidar por completo la correlación entre la motivación y el rendimiento de los estudiantes.
- En el CDC y la argumentación se identifican dos dimensiones principales. La primera se centra en la evaluación y el apoyo de los docentes a la justificación de los conocimientos de los estudiantes, lo que incluye el apoyo al uso de evidencia de alta calidad e ideas científicas para vincular la evidencia y la afirmación (es decir, el razonamiento). La segunda dimensión enfatiza en cómo los docentes evalúan y apoyan las interacciones verbales de los estudiantes, incluida la construcción y la crítica de las ideas de los demás. Este trabajo propuso una herramienta que mide el CDC de los docentes para la argumentación. Algunos estudios demostraron desconexión entre el conocimiento

de la argumentación narrado por un profesor y el conocimiento de la argumentación representado, incluida una comprensión limitada de la función epistémica de la argumentación. El profesor se centraba continuamente en sí mismo como la autoridad del conocimiento, lo que limitaba la capacidad de acción epistémica de los estudiantes.

- Otros estudios se han centrado en la importancia del conocimiento didáctico del contenido de los docentes, haciendo hincapié en el contenido científico y las habilidades de las cuestiones sociocientíficas (CSC). Se plantea que en la enseñanza de CSC impone a los docentes demandas desconocidas para aprovechar temas y conocimientos fuera de su dominio de contenido inmediato de experiencia (por ejemplo, cuestiones éticas/morales, políticas, económicas y socioculturales); asimismo implica un cambio en las prácticas de enseñanza tradicionales y la necesidad de desarrollo y apoyo profesional para alinear y desarrollar el CDC con la implementación de CSC. Así, hay un potencial para el empoderamiento de los docentes en términos del diseño del currículo y la alineación con visiones de alfabetización científica hacia las visiones II y III, visiones que pueden identificarse en Nielsen *et al.* (2023) y Parga (2022).

Referencias

- Lederman, N.G., Zeidler, D.L., y Lederman, J.S. (Eds.). (2023). *Handbook of Research on Science Education: Volume III* (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780367855758>
- Nielsen, J. A., Evagorou, M., y Dillon, J. (2020). New perspectives for addressing socioscientific issues in teacher education. In M. Evagorou, J. A. Nielsen, & J. Dillon (Eds.), *Science teacher education for responsible citizenship: Towards a pedagogy for relevance through socioscientific issues* (pp. 193–199). Springer Nature Switzerland.
- Parga, D. L. (2022). Del CTSa educativo a la ambientalización del contenido y la formación ciudadana ambiental. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS*, 17(51), 117-140. <https://ojs.revistacts.net/index.php/CTS/article/view/322>



Metamodelización en un aula de física universitaria: visiones del estudiantado sobre los modelos científicos

- Meta-modelling in a University Physics Classroom: Student Views on Scientific Models
- Meta-modelagem em uma sala de aula universitária de física: visões dos alunos sobre modelos científicos

Forma de citar este artículo:







Useche-Arciniegas, V. J., Rodríguez-Pineda, D. P. y Adúriz-Bravo, A. (2025). Metamodelización en un aula de física universitaria: visiones del estudiantado sobre los modelos científicos. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (57), 11 - 31. <https://doi.org/10.17227/ted.num57-20151>

Resumen

Algunos resultados de investigación en didáctica de las ciencias dan a conocer que la incorporación de los modelos científicos en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias es escasa, más aún en la actividad científica escolar universitaria. Por ello, el objetivo de esta investigación es analizar el involucramiento del estudiantado de una clase de física universitaria en actividades de meta-modelización, dirigidas a que comprendan la naturaleza e importancia de los modelos científicos. El proceso investigativo se realizó desde el paradigma interpretativo con enfoque cualitativo, en el marco de una intervención didáctica implementada con 24 estudiantes matriculados en la asignatura de Física Mecánica, orientada por uno de los investigadores en la Universidad Francisco de Paula Santander, ubicada en Norte de Santander, Colombia. Para la recolección de la información, se realizó una intervención de aula que se desarrolló en cuatro fases: exploración de las ideas iniciales de los estudiantes sobre noción de modelo científico, implementación del artefacto didáctico, ajuste de los mapas mentales construidos inicialmente y realización de entrevistas. El análisis de los datos reveló que, inicialmente, algunos estudiantes relacionaban el modelo científico con unos estándares o pasos, es decir, con una forma de investigar. Además, manifestaron que no conocían la importancia de los modelos científicos en la enseñanza de las ciencias.

Palabras clave

actividad científica; cognición; educación superior; enfoque científico; enseñanza

Víctor Julio Useche-Arciniegas*  
Diana Patricia Rodríguez-Pineda**  
Agustín Adúriz-Bravo***  

* Estudiante de Doctorado en Didáctica, Universidad Tecnológica de Pereira. Docente, Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia. victorjulioa@ufps.edu.co

** Doctora en Educación. Profesora del Cuerpo Académico de Educación en Ciencias, Universidad Pedagógica Nacional, Ciudad de México, México. dpineda@upn.mx

*** Doctor en Didáctica de las Ciencias Experimentales. Director del Instituto de Investigaciones CeFIEC de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Argentina. aadurizbravo@cefiec.fcen.uba.ar

Artículo de investigación

Fecha de recepción: 09/10/2023
Fecha de aprobación: 07/05/2024
Fecha de publicación: 01/01/2025



Abstract

Research findings in science education reveals that the incorporation of scientific models in the teaching and learning of sciences is limited, especially in the university-level school science activities. Therefore, the objective of this research is to analyze the engagement of students in a university physics class in meta-modelling activities, aimed at helping them understand the nature and importance of scientific models. The research was carried out from an interpretative paradigm with a qualitative approach, within the framework of a didactic intervention implemented with 24 students enrolled in the Mechanical Physics course, taught by one of the researchers at Universidad Francisco de Paula Santander, located in Norte de Santander, Colombia. Information was collected through a classroom intervention developed in four phases: exploration of the students' initial ideas about the notion of scientific model, implementation of the didactic artifact, adjustment of the initially constructed mental maps, and conducting interviews. Data analysis revealed that initially, some students associated the scientific model with standards or steps, that is, with a way of investigating. Additionally, they stated that they were unaware of the importance of scientific models in science education.

Keywords

scientific activity; cognition; higher education; scientific approach; teaching

Resumo

Algumas pesquisas em didática das ciências revelam que a incorporação de modelos científicos no ensino e na aprendizagem das ciências é limitada, especialmente nas atividades científicas no ensino universitário. Portanto, o objetivo desta investigação é analisar o envolvimento dos alunos de uma turma universitária de física em atividades de meta-modelagem, visando a compreensão da natureza e importância dos modelos científicos. A pesquisa foi realizada a partir do paradigma interpretativo com abordagem qualitativa, no âmbito de uma intervenção didática implementada com 24 alunos inscritos na disciplina de Física Mecânica, ministrada por um dos investigadores na Universidade Francisco de Paula Santander, localizada em Norte de Santander, Colômbia. Para a coleta de informações, foi realizada uma intervenção em sala de aula em quatro fases: exploração das ideias iniciais dos alunos sobre a noção de modelo científico, implementação do artefato didático, ajuste dos mapas mentais construídos inicialmente e realização de entrevistas. A análise dos dados revelou que, inicialmente, alguns alunos relacionavam o modelo científico com padrões ou etapas, ou seja, com uma forma de investigar. Além disso, manifestaram não conhecer a importância dos modelos científicos no ensino das ciências.

Palavras-chave

atividade científica; cognição; ensino superior; abordagem científica; ensino

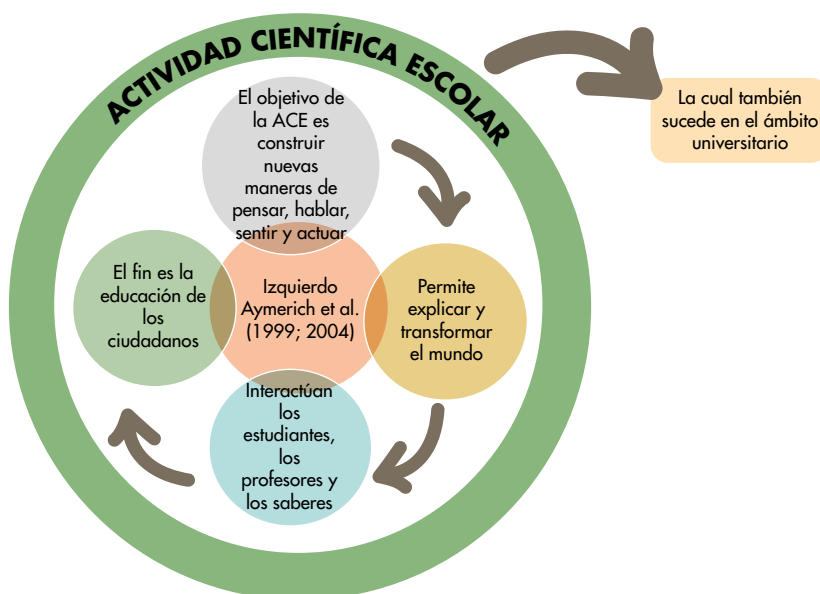
Introducción

A través de la enseñanza de las ciencias se procura que los estudiantes desarrollen una actitud crítica y reflexiva que los conduzca a ser personas responsables y transformadoras ante los problemas que su entorno y la sociedad les presentan. Para lograr este objetivo, múltiples investigadores en didáctica de las ciencias apuestan por una enseñanza de las ciencias basada en modelos (Izquierdo-Aymerich y Adúriz-Bravo, 2003; Figueiredo y Peticarrari, 2022; Marzabal *et al.*, 2024). Estos autores señalan que trabajar en las aulas de ciencias con modelos científicos favorece una formación del estudiantado consistente con las prácticas científicas. Utilizar y evaluar sistemáticamente los modelos permite ilustrar, explicar y predecir fenómenos naturales y, con las precauciones del caso, también realizar procesos metacognitivos, como evaluar la pertinencia del uso de

un determinado modelo en la construcción de la respuesta a una pregunta científica.

El fin educativo central que da forma a lo que se llama “actividad científica escolar” (ACE) es proporcionar a los estudiantes una cultura científica, sin importar si prefieren los estudios tecnológicos, la ingeniería o cualquier otra rama de la educación superior. La meta de la ACE es construir nuevas maneras de pensar, hablar, sentir y actuar que permitan a las personas explicar y transformar su mundo (Izquierdo *et al.*, 1999; 2004; Aliberas *et al.*, 2021). En la ACE, estudiantes, profesores y saberes interactúan para una educación de la ciudadanía con responsabilidad social (Rodríguez-Pineda *et al.*, 2011), lo que implica el uso activo y flexible de modelos científicos. La ACE también se configura en el ámbito universitario, con características comunes a otros niveles y algunas que le son propias (figura 1).

Figura 1. Esquema de la actividad científica escolar universitaria



Fuente: elaboración propia.

Contrario al marco teórico que proponemos, a veces se observa que en algunas instituciones de educación superior no se prepara al estudiantado para trabajar de una manera completamente científica y, antes bien, se pone demasiado énfasis en el aprendizaje mecánico de lenguajes y acciones con poco potencial de transformación. Las prácticas tradicionales, con un fuerte acento en lo declarativo y procedimental, llevan a que los estudiantes no puedan desarrollar a cabalidad unos “modos de pensamiento” semejantes a los de los científicos en actividad, modos que son “basados en modelos” (Adúriz-Bravo y Sans-Pinillos, 2022).

De acuerdo con lo anterior, planteamos las siguientes preguntas de investigación: ¿qué idea de modelo científico tienen los estudiantes universitarios? y ¿se pueden transformar las ideas iniciales que los estudiantes tienen al involucrarlos en las actividades de modelización y metamodelización?

Antecedentes

Según Osborne (2014), la participación activa y comprometida del estudiantado en las prácticas de aula ha ganado enorme relevancia en la didáctica de las ciencias. Por esto, con base en el modelo cognitivo de ciencia y la visión semántica de las teorías científicas (Adúriz-Bravo, 2013; Izquierdo-Aymerich y Adúriz-Bravo, 2021), las prácticas científicas en el aula se consideran una genuina ACE, centrada en la construcción de modelos científicos (Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich, 2009; Garrido-Espeja *et al.*, 2022). En la actividad científica escolar universitaria (ACEU), los jóvenes estudiantes son investigadores en potencia, a quienes sus docentes deberían motivar y orientar en sus actividades académicas mediante el uso extensivo y explícito de modelos y de prácticas de modelización. La idea es que el estudiantado adquiera tempranamente en su carrera hábitos y cualidades investigativas, asociadas a una actitud crítica y reflexiva sobre los diferentes fenómenos naturales y nuestra intervención sobre ellos.

En las clases de física universitaria que nosotros hemos venido analizando, los estudiantes han trabajado con prácticas de ACEU desde sus ideas iniciales para hacerlas progresar hacia ideas científicas, pero no han podido identificar la naturaleza y características del proceso de construcción de modelos. En otras palabras, quizás la perspectiva de modelos y modelización se ha incorporado, pero no así la reflexión explícita y sostenida sobre la función de los modelos científicos en el proceso.

De acuerdo con las revisiones realizadas por Oh y Oh (2011) y Gutiérrez (2014), la idea de modelo que circula en la educación científica puede entenderse de varios modos o admitir distintas interpretaciones. Desde la perspectiva que sigue a Bunge (1985), por ejemplo, un modelo científico es una representación provisoria, perfectible e idealizada de una entidad o fenómeno físico. Una posición superadora de la anterior, la de Giere (2004), supone que el modelo científico

es el constructo que establece el vínculo sustantivo entre las teorías y el mundo, y por lo tanto, permite explicar y predecir fenómenos naturales. Los modelos científicos pueden representarse y funcionar de múltiples formas; en última instancia, pueden pensarse como constituidos por unas entidades con propiedades claras, un conjunto de relaciones entre ellas y unas condiciones válidas de puesta en funcionamiento (Giere, 2004; Chamizo, 2006; Schwarz *et al.*, 2009; Raviolo *et al.*, 2010; Adúriz-Bravo, 2013; Acher, 2014; Gutiérrez, 2014). Esta última idea nos permite postular que es necesario que el estudiantado que modeliza también adquiera experiencia sobre los modelos científicos durante su aprendizaje en las aulas de ciencias del nivel superior.

Marco teórico

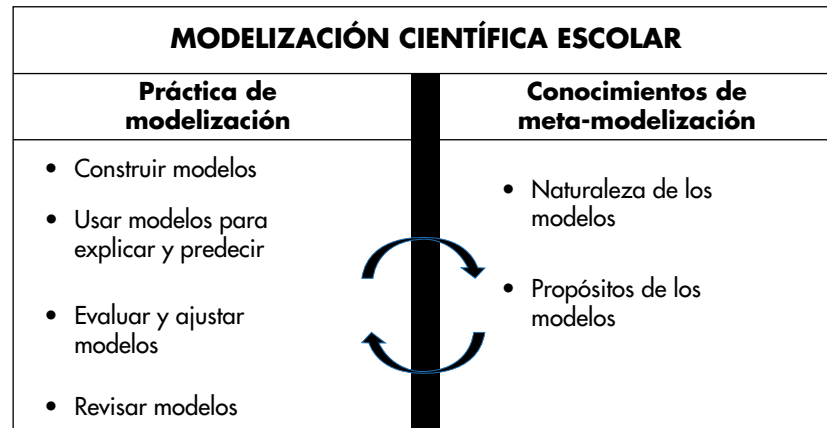
Los estudios de Khan (2011) y Torres y Vasconcelos (2017), entre otros, evidencian que muchos estudiantes —incluso profesores— no han incorporado completamente la perspectiva de modelos en la ciencia escolar. Los estudiantes modelizan con mayor o menor eficacia, pero no tienen una formación sobre lo que “son los modelos, sus características, sus funciones y limitaciones” (Raviolo *et al.*, 2010, p. 593). Si hay poca costumbre de emplear modelos y de fomentar prácticas de modelización en las asignaturas de ciencias, hay aún menos costumbre de explicitar su poder estructurante. Sin embargo, como plantea Acher, los “documentos oficiales continúan comunicando la necesidad de incluir la modelización científica en las aulas siempre de manera más convincente” (2014, p. 65). Por ende, este sigue siendo un foco de trabajo

importante y urgente para la investigación didáctica.

No obstante, incluso cuando los estudiantes participan en la construcción de modelos científicos encaminados a la indagación y argumentación de fenómenos naturales, siguen sin incorporar conocimientos sobre la naturaleza y el propósito de los modelos. A este segundo componente fuerte de una enseñanza basada en modelos lo llamaremos *metamodelización* (Schwarz y White, 2005; Aragón-Méndez y Oliva, 2020). Así, “el conocimiento de meta-modelización supone comprender la naturaleza de los modelos y de la modelización, lo que implica comprensión acerca del rol de los modelos en las ciencias y del acto de modelizar” (Oliva, 2019, p. 11).

La figura 2 representa la interacción constante que, de acuerdo con nuestro posicionamiento teórico, debería existir entre los elementos de la práctica de modelización (construir, usar, evaluar y revisar modelos) y el conocimiento a nivel de metamodelización (naturaleza y propósitos de los modelos). Por lo tanto, modelización y metamodelización no deberían convertirse en asuntos de aprendizaje separados (Schwarz y White, 2005; Nicolaou y Constantinou, 2014; Fortus *et al.*, 2016; Pérez *et al.*, 2018; Aragón-Méndez y Oliva, 2020). Sin metaconocimiento o sin competencias de modelización (Chiu y Lin, 2019), los estudiantes no comprenden aspectos básicos de la naturaleza de la ciencia —entendida aquí como un proceso continuo de proposición y validación de modelos (Gilbert, 1991)—. Esto restringe significativamente su capacidad para utilizar, desarrollar, transferir y aplicar modelos científicos.

Figura 2. Interacción de elementos entre modelización y metamodelización



Fuente: adaptado de Schwarz *et al.* (2009).

Metodología

Enfoque

El paradigma que orientó la investigación fue interpretativo y procuró comprender un aspecto concreto de la realidad educativa a través de significados propios de los estudiantes universitarios. Para ello, se investigaron las percepciones, intenciones y acciones de los sujetos participantes, plasmadas en textos escritos y discurso oral. El estudio se realizó desde un enfoque cualitativo, cuyo desarrollo permitió “obtener una comprensión profunda de los significados y definiciones de la situación tal cual nos la presentan las personas” (Salgado-Lévano, 2007, p. 71) en torno a la idea de modelo científico.

Participantes

Aceptaron participar 24 estudiantes (3 mujeres y 21 hombres), de entre 17 y 20 años de edad, que estaban matriculados en la asignatura de Física Mecánica de los programas de Ingeniería Electrónica y Electromecánica de la Universidad Francisco de Paula Santander (UFPS), sede Cúcuta, en Colombia.

Recolección de la información

La información se recolectó a través del diseño e implementación de una secuencia didáctica (SD) organizada desde la perspectiva de los modelos, la modelización y la metamodelización. La SD estuvo compuesta por diez actividades didácticas, pero para este reporte se toma únicamente una de esas diez actividades, cuya intención fue que el alumnado participante reflexionara sobre la naturaleza e importancia de los modelos científicos en la ACEU. Una

vez concluida la actividad didáctica que aquí se analiza, se realizaron entrevistas que contaron con el consentimiento informado de los participantes. Dichas entrevistas estaban enfocadas en las categorías de la meta-modelización (naturaleza de los modelos y propósitos de los modelos) y fueron validadas en un grupo de discusión conformado por profesores especialistas en metodología de la investigación y didáctica de las ciencias.

Como resultado de la validación del instrumento, los evaluadores recomendaron realizar dos tipos de entrevistas, una para cada categoría de la metamodelización. Con el material recolectado —escrito, gráfico y oral— se llevó a cabo una “comparación constante” (hasta saturación) de las ideas de los estudiantes que permitió la construcción

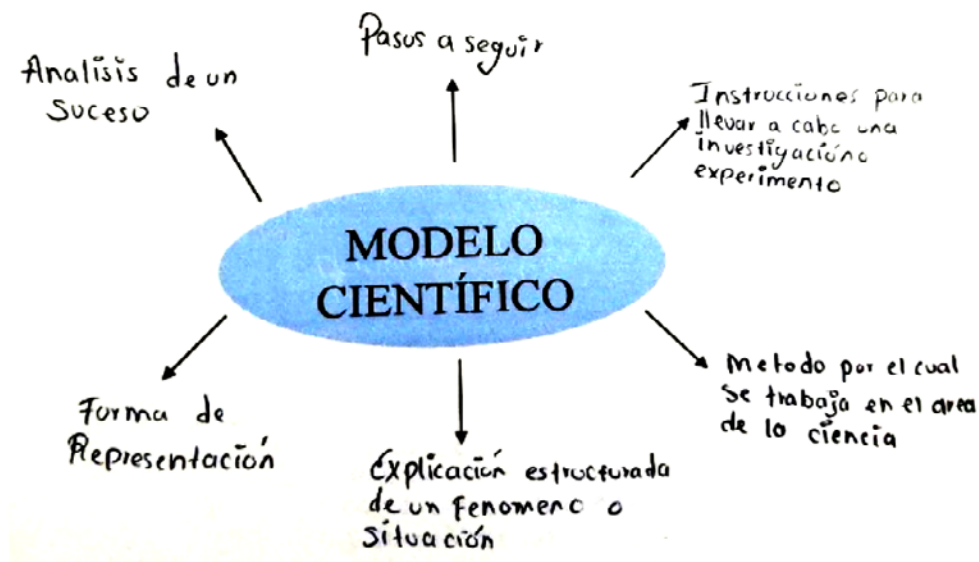
de las categorías y subcategorías (Varela y Sutton, 2021).

Planteamiento del estudio

La intervención de aula se desarrolló en cuatro fases:

1) Exploración de las ideas iniciales de los estudiantes sobre la noción de modelo científico (MC): en esta fase se solicitó a los estudiantes completar de manera individual un mapa mental (figura 3), escribiendo o dibujando lo primero que viniera a su mente sobre la idea de MC. Posteriormente, los estudiantes se organizaron en grupos con la finalidad de socializar, comparar y revisar los mapas mentales construidos de manera individual, y responder la siguiente pregunta: ¿qué entienden o saben acerca de lo que es un modelo científico?

Figura 3. Formato estándar del mapa mental de ideas iniciales de los estudiantes

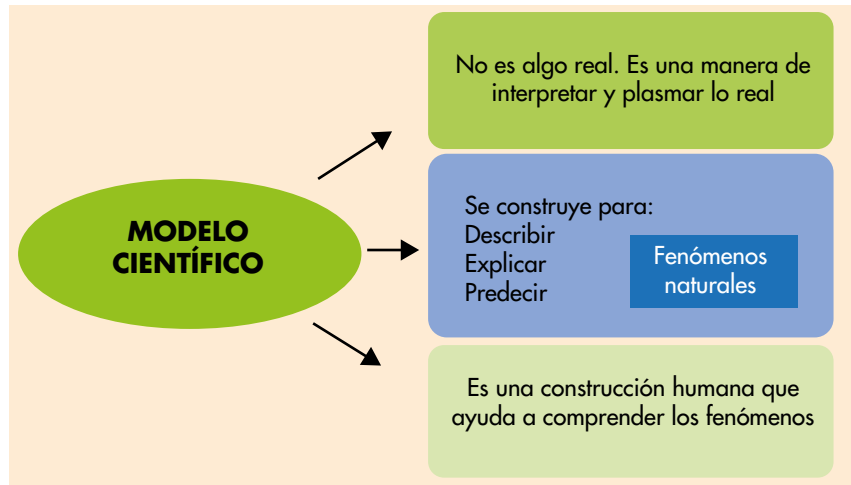


Fuente: mapa elaborado por uno de los participantes.

2) Implementación del artefacto didáctico: al terminar de elaborar el texto grupal, los mismos grupos realizaron la lectura “Ideas sobre los modelos científicos”. Este material fue diseñado ex profeso para ayudar a comprender la naturaleza de los modelos, su importancia y sus propósitos en la ciencia. El docente a cargo planteó, a modo de conclusiones, distintos aspectos centrales de la idea de modelo desde una perspectiva semántica (figura 4). A continuación, analizó junto

con los estudiantes algunos modelos como el geocéntrico propuesto por Ptolomeo, el modelo heliocéntrico propuesto por Copérnico, el modelo atómico de Bohr y el modelo del péndulo simple. Esta actividad propició que reflexionaran y utilizaran explícitamente esas categorías teóricas.

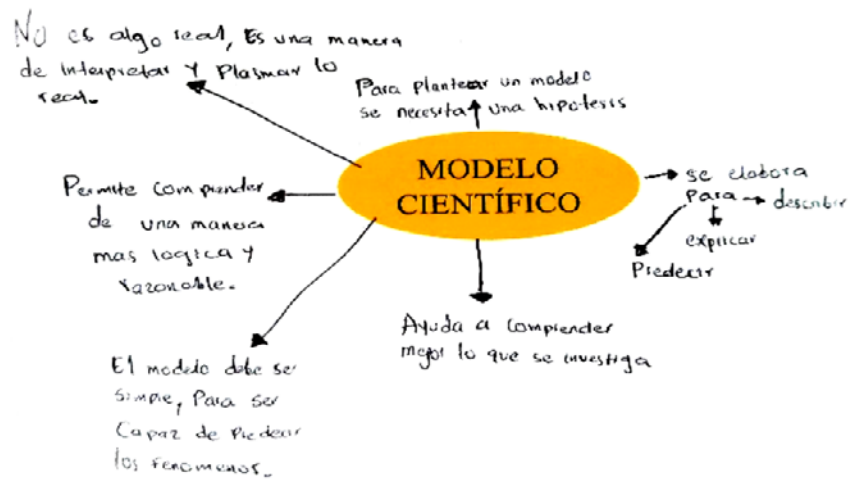
Figura 4. *Puntos centrales de la visión semántica de los modelos científicos*



Fuente: elaboración propia.

3) Ajuste de los mapas mentales construidos inicialmente: en esta fase, los estudiantes, a partir de la información proporcionada por la lectura y las conclusiones, producto del análisis al que se llegó junto con el docente, se dispusieron de forma individual a revisar, ajustar y reconstruir los mapas mentales de MC (figura 5). A través de ellos, expresaron sus ideas sobre el MC, en virtud de su naturaleza y propósitos. Posteriormente, se realizó una discusión plenaria para compartir ideas, aclarar dudas y revisar los modelos.

Figura 5. *Ejemplo de ajuste del mapa mental construido inicialmente*



Fuente: mapa elaborado por uno de los participantes.

4) Realización de entrevistas: sobre los mapas mentales ajustados se realizaron entrevistas semiestructuradas a todos los participantes, con la intención de profundizar y aclarar las ideas expresadas por ellos en sus producciones escritas, particularmente sobre el propósito de los modelos y el uso de los modelos científicos en el aula.

Con la información obtenida se procedió al análisis de contenido, que se desarrolló en tres etapas relacionadas. La primera, de reducción de datos, implicó organizarlos y categorizarlos a partir de las ideas iniciales y finales de los estudiantes, apuntando a la construcción de un sistema de categorías y subcategorías. En la segunda, se formalizaron las interpretaciones que permitieron establecer conclusiones teóricas de esta primera parte de la investigación. En la tercera, se transcribieron y analizaron con detalle las entrevistas realizadas, buscando obtener una interpretación plausible de lo que piensa el estudiantado sobre los modelos científicos.

Los textos escritos y orales codificados fueron sujetos a análisis iterativos, con el método comparativo constante, hasta que el equipo de investigadores estuvo de acuerdo en sus interpretaciones independientes del material.

Resultados y análisis

Para identificar las ideas del estudiantado sobre lo que es un MC, a cada estudiante se le asignó un código conformado por la letra E y un número, seguidos de las letras I o F, que indican ideas iniciales y finales, respectivamente. Todas estas ideas codificadas fueron tabuladas en una hoja de cálculo de Microsoft Excel para facilitar su comparación. Para la agrupación, comparación y categorización

de las ideas, se plantearon unas categorías y subcategorías, las cuales se discuten a partir del sistema categorial previamente construido con base en lo postulado por Schwarz *et al.* (2009) (tabla 1).

Tabla 1. Sistema categorial de la metamodelización siguiendo la propuesta de Schwarz *et al.* (2009)

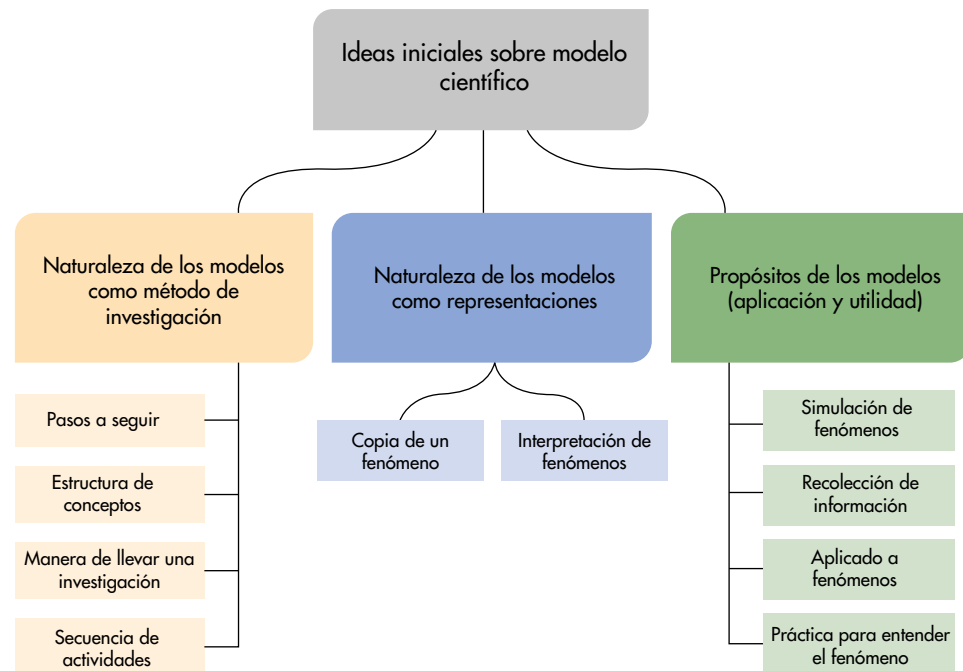
| Categorías de la metamodelización | Subcategorías de la metamodelización |
|-----------------------------------|---|
| Naturaleza de los modelos | Los modelos son representaciones que tienen limitaciones en lo que representan sobre los fenómenos. |
| | Los modelos pueden representar procesos y características no visibles y no accesibles. |
| | Los modelos se pueden cambiar para reflejar la creciente comprensión de los fenómenos. |
| | Existen múltiples tipos de modelos: diagramas, modelos materiales, etc. |
| Propósitos de los modelos | Los modelos son herramientas con sentido para construir conocimiento. |
| | Los modelos se utilizan para ilustrar, explicar y predecir fenómenos. |
| | Los modelos son herramientas de comunicación para transmitir conocimiento. |

Fuente: elaboración propia.

Análisis de las ideas iniciales de los estudiantes sobre el modelo científico

Las ideas iniciales se agruparon en tres categorías: naturaleza de los modelos como un método de investigación (NMM), naturaleza de los modelos como representaciones (NMR) y propósitos de los modelos —aplicación y utilidad— (PM-AU). La figura 6 presenta estas tres categorías con sus subcategorías respectivas antes de la intervención didáctica (ID).

Figura 6. Categorías y subcategorías sobre el concepto de modelo científico antes de la ID



Fuente: elaboración propia.

La categoría de NMM hace referencia al procedimiento o a los pasos que los estudiantes consideran se deben seguir para llevar a cabo una investigación científica que usa modelos. Esta categoría tiene cuatro subcategorías: instrucciones, estructura, procedimiento y proceso. Así, se observa que algunos participantes piensan que trabajar con modelos científicos es seguir un conjunto preciso de instrucciones, pasos o reglas: “[Un MC] son instrucciones para llevar a cabo en una investigación” (E5-I). Otros expresan que un modelo científico es una estructura de conceptos coherentes enlazados entre sí, tal como lo expone este estudiante (E23-I): “[Un MC es] un planteamiento estructurado de conceptos”. Hay quienes manifiestan que un modelo científico es una forma o manera específica de llevar a cabo una investigación: “[Un MC es] un procedimiento a seguir en la investigación” (E2-I). También los hay quienes opinan que el MC se identifica con un proceso realizado para conseguir un fin determinado: “[Un MC es] un proceso adecuado para investigar” (E21-I).

De la información suministrada por los alumnos universitarios, se destaca que, inicialmente, 18 de 24 participantes piensan que el MC es esencialmente el conjunto de pasos a seguir para obtener nuevos conocimientos —método científico—. Asimismo, manifiestan que el uso de un MC cumple con ciertas reglas y sigue unos estándares o pasos en la investigación. En sus ideas iniciales, estos estudiantes confunden el modelo científico con el propio método científico; algo similar se reporta en Windschitl *et al.* (2008).

La segunda categoría que surgió es la de NMR. Esta implica concebir el modelo como medio para dar a conocer una idea a otra persona, por medio de palabras, imágenes o signos. En esta categoría se encontraron dos subcategorías: reproducir e interpretar. Algunos estudiantes señalaron que un modelo se reduce prácticamente a una copia de un fenómeno: “[Un MC es] una manera de reproducir un fenómeno físico” (E17-I). Para otros, “[un MC es] una interpretación de un fenómeno” (E5-I), suponiendo así que el modelo nace para explicar el sentido del fenómeno.

Un grupo relativamente pequeño de estudiantes (6 de 24) se sitúa muy cerca de lo manifestado por *Gilbert et al.* (2000). Ellos expresan que un modelo es una representación de un fenómeno, proceso o sistema, creado con una intención específica —recuérdese que esta definición, de matriz bungeana, es restringida—. Entonces, se puede constatar que, aunque existen estudiantes que reconocen finalidades canónicas a los modelos en la ciencia (*Treagust et al.*, 2007), la mayor parte del grupo no llega a estos cursos con una formación sobre lo que “son los modelos, sus características, sus funciones y limitaciones” (*Raviolo et al.*, 2010, p. 593).

La última categoría analizada, PM-AU, hace referencia a cómo los modelos se usan en la actividad científica. Esta categoría se divide en cuatro subcategorías: simulación, recolección, utilidad y práctica. Algunos participantes afirman que un MC funciona por ser semejante al fenómeno que se quiere estudiar: “[Un MC es] una simulación de la realidad” (E4-I). Para otros, un modelo se usa para reunir o recoger una determinada información: “[Un MC] sirve para recolectar información científica” (E2-I). La mayoría entiende que un modelo se emplea para ser aplicado a fenómenos naturales: “[Un MC] se usa para ser aplicado en fenómenos científicos” (E15-I). En este apartado es común

el solapamiento con las categorías anteriores, sobre todo con la primera: “[Un MC es] una práctica para entender mejor el fenómeno físico” (E21-I).

De los datos obtenidos, se infiere que los estudiantes universitarios de ingeniería con los que trabajamos saben que los modelos científicos se usan para estudiar fenómenos físicos y químicos, obtener datos experimentales, especificar lo que dicen las leyes físicas, observar y sacar conclusiones. Sin embargo, no parecen comprender que los modelos científicos se usan para ejemplificar, explicar y representar fenómenos, como lo plantea *Schwarz et al.* (2009).

Una vez finalizado el proceso de recolección de las ideas iniciales de los 24 participantes sobre MC, se conformaron siete grupos de trabajo —de 2 a 4 estudiantes por grupo— con la finalidad de socializar los mapas mentales construidos previamente y de responder una pregunta abierta: ¿qué entienden o saben acerca de lo que es un modelo científico? Los argumentos obtenidos de las discusiones grupales se codificaron con la letra G y un número, seguido de la letra I, para indicar que son ideas iniciales del estudiantado. Nuevamente, se procedió a un análisis cualitativo del material obtenido.

Al examinar las respuestas de los grupos de trabajo, se encuentra que muchos estudiantes todavía confunden el modelo científico con el método científico: “Los modelos científicos son esos modelos o pasos a seguir para comprobar, rectificar y analizar los fenómenos del universo” (G1-I); “Un MC es aquel que se basa en investigar hechos que siguen una serie de pasos establecidos de acuerdo al tipo de investigación” (G3-I).

Por otra parte, dos grupos de trabajo entienden el MC como una representación de un fenómeno: “El MC es una forma de representar

un fenómeno” (G2-I) y “un MC es una representación abstracta que nos permite describir, explicar y predecir fenómenos o problemas naturales” (G6-I). Los estudiantes del primero de estos grupos (G2) no aciertan con una respuesta elaborada, solo producen una mera identificación. Las ideas del segundo grupo (G6), en cambio, son mucho más elaboradas y encajan en el marco semántico propuesto por Giere (2004). En efecto, estas ideas están muy próximas a la formulación giereana de modelo planteada por Meinardi *et al.* (2002), que lo definen como “una representación abstracta (externa) de un recorte teórico de la realidad, de aquello que pretendemos describir y explicar” (p. 17).

Se encontraron también grupos de trabajo que atribuyen al MC ciertas aplicaciones o usos. Por ejemplo, el grupo G5-I solo contempla una función: “[Un MC se usa] para ser aplicado en fenómenos físicos o científicos, principalmente en el área de la física”. Otro grupo logra relacionar varias aplicaciones: “[Un MC científico nos permite] obtener datos o medidas exactas mediante los procesos de observación, análisis, hipótesis y experimentación” (G4-I). En esta primera parte de la actividad didáctica se observa que, a pesar de que los estudiantes socializan ideas productivas de lo que es un MC, aún siguen muy distantes de la conceptualización recomendada desde la didáctica de las ciencias.

En resumen, las ideas iniciales del alumnado sobre MC giran alrededor de la organización (formal) de la investigación; la comprensión que ellos tienen de la naturaleza y uso de modelos se restringe a tareas estereotipadas como recolectar información para *detallar* un fenómeno. Un número bajo de estudiantes identifica la modelización con la representación del mundo y ninguno se enfoca en la posibilidad que dan los modelos de analizar puntos de vista diferentes sobre un fenómeno para argumentar sobre él. En nuestra población de análisis, los estudiantes universitarios no conocen concepciones de modelo epistemológicamente robustas, que sean más fructíferas para el trabajo en el aula; consecuentemente, estas deben ser enseñadas intencionadamente.

Al comparar el sistema categorial proveniente de las ideas iniciales de los estudiantes sobre modelo científico (figura 6) con el sistema categorial propuesto en la tabla 1, se encontró que la categoría *naturaleza* de los modelos como método de investigación no aparece en los postulados planteados por Schwarz *et al.* (2009). Este hecho llama la atención dado que es un grupo mayoritario de estudiantes (18 de 24) los que asocian o confunden la idea de modelo científico con la de método científico.

Análisis de las ideas finales de los estudiantes sobre el modelo científico

Lo que llamamos aquí *ideas finales* de los estudiantes sobre la naturaleza y función de los modelos es el resultado de una progresión gradual que va desde sus ideas iniciales hasta nuevas concepciones, informadas por la interacción social

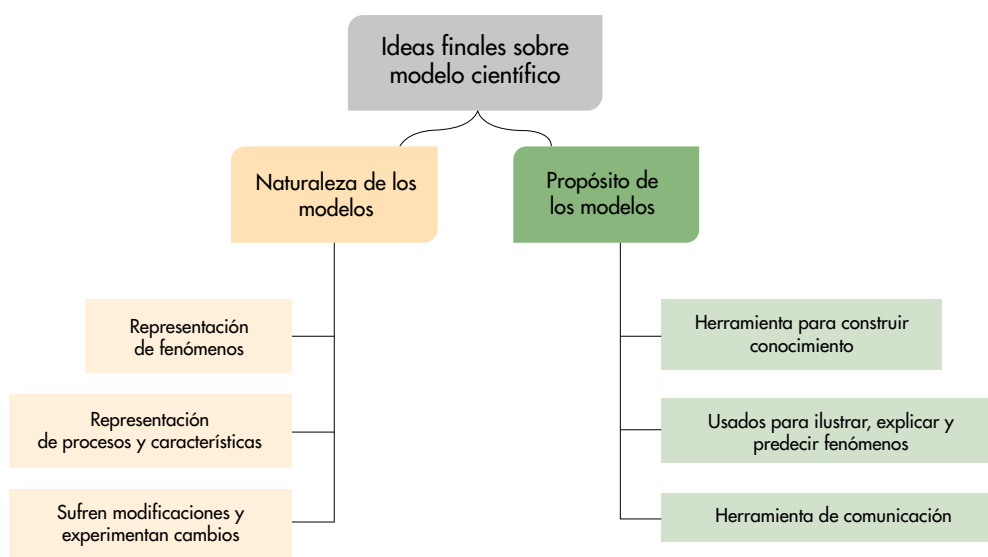
con sus pares, el contacto con el texto académico proporcionado y las ayudas ofrecidas por el docente, que constituyen los tres tipos de contribuciones de la intervención didáctica.

En esta fase de la intervención en el aula, los 24 estudiantes, de manera individual, revisan y ajustan sus mapas mentales iniciales sobre la idea de modelo científico (MC) y responden explícitamente a la pregunta: ¿qué ha cambiado en estos mapas mentales ajustados respecto a los primeros y por qué? Al analizar las nuevas ideas recogidas, se puede

establecer que estas son más completas, detalladas, robustas y coherentes que las iniciales, y progresivamente más consistentes con la visión semántica sostenida desde la didáctica de las ciencias.

Agrupamos estas ideas finales sobre el MC en dos categorías, basadas en la concepción de metamodelización de Schwarz *et al.* (2009): naturaleza de los modelos (NM) y propósitos de los modelos (PM). En la figura 7 se pueden apreciar las categorías y subcategorías elaboradas.

Figura 7. Categorías y subcategorías sobre el concepto de modelo científico después de la ID



Fuente: elaboración propia a partir de la propuesta de Schwarz *et al.* (2009).

La categoría NM hace referencia a lo que es y cómo surge un modelo científico. Aquí aparecen dos subcategorías cercanas a las enunciadas en el trabajo original que seguimos (Schwarz *et al.*, 2009). En la primera, los estudiantes describen los modelos como un modo de representación de fenómenos: “[Un MC] es una representación simplificada de un proceso o fenómeno” (E7-F). Así, intentan separar el modelo de la realidad misma, lo cual es un punto central en el progreso hacia una concepción más robusta (Chamizo, 2006; Adúriz-Bravo e Izquierdo Aymerich, 2009; Acevedo-Díaz *et al.*, 2017). En la segunda subcategoría, los estudiantes identifican los modelos con representaciones de procesos y características del mundo real: “[Un MC] es una representación abstracta, conceptual, gráfica o visual [de un fenómeno]” (E20-F) y “[Un MC] expresa ideas simples para su conceptualización” (E21-F). Estos resultados, en los que ya aparecen la abstracción y el componente conceptual, son consistentes con lo expresado por varios autores del campo (Oh y Oh, 2011; Pérez *et al.*, 2018).

En la categoría de *PM* hemos construido tres subcategorías. En la primera, los modelos se entienden como herramientas útiles para construir conocimiento: “[Un *MC*] es una herramienta para investigar un tema” (E2-F) y “[Un *MC*] es una forma de investigar y construir conocimiento” (E22-F). Estas ideas son congruentes con lo expuesto por Rosaría Justí (2006) y Raviolo *et al.* (2010), quienes señalan que los modelos se elaboran en el ámbito de la ciencia con el fin de producir conocimiento. Según estos autores, los modelos permiten expresar de manera clara y concisa preguntas de interés científico y ofrecer respuestas más críticas y razonables a dichas preguntas.

La segunda subcategoría se refiere al uso de los modelos científicos para ilustrar, explicar y predecir fenómenos. Varios estudiantes avanzan en esta línea, aunque sus formulaciones aún son tímidas y marcadamente tradicionales: “[Con un *MC*] las entidades se pueden describir, explicar y predecir” (E20-F) y “[Un *MC*] sirve para describir, explicar y predecir resultados” (E23-F). Aunque estas formulaciones son fructíferas, se quedan cortas desde una concepción semántica de modelo, evidenciando la influencia del texto proporcionado a los estudiantes, que reforzó principalmente estos aspectos. Todavía están ausentes los usos relacionados con revisar y evaluar diferentes modelos para aumentar su poder explicativo.

La tercera y última subcategoría, que considera al *MC* como una herramienta de comunicación, aparece en el discurso de varios estudiantes: “[Un *MC*] sirve para comprender y transmitir conocimiento” (E1-F), “[Un *MC*] nos ayuda a describir fenómenos presentados” (E2-F) y “[Un *MC*] es una construcción humana para transmitir conocimiento” (E19-F). Schwarz y *et al.* (2009) destacan que un *MC* sirve para que los alumnos compartan o comuniquen sus ideas con otros, con el fin de comprender el fenómeno natural que están examinando y tratar de persuadir a sus compañeros de su pertinencia. Que nuestros estudiantes puedan identificar esta capacidad de los modelos en la ciencia es un paso auspicioso para que se comprometan de manera más efectiva con la actividad científica escolar y universitaria.

Para cerrar esta fase de la intervención didáctica (*ID*), los estudiantes se organizan nuevamente en siete grupos con la finalidad de responder una pregunta abierta, lo que permitió indagar sobre las percepciones del estudiantado respecto a por qué sus mapas mentales tuvieron que cambiar a lo largo de la actividad didáctica. El grupo G1 entiende que el mapa inicial era insatisfactorio “por desconocimiento del tema, falta de claridad en la conceptualización sobre modelos científicos y desconocer su aplicación en los diferentes campos de la ciencia”. De manera similar, el grupo G5 responde que “por no conocer las propiedades del tema”. Los integrantes del grupo G7, en cambio, dan una respuesta trivial, pero reconociendo que no tenían una noción correcta del modelo: “porque inicialmente no sabíamos claramente qué era el concepto”.

El contraste entre las ideas iniciales y las finales nos permite postular, con evidencias que apoyan tal postulación, la existencia de ganancias conceptuales tras, y muy probablemente a causa de, el proceso de metamodelización llevado a cabo. Algunos estudiantes comienzan a incorporar ideas construidas por la filosofía de la ciencia del último cuarto del siglo *xx* en torno a la naturaleza y propósitos de los modelos, aunque aún queda mucho camino por recorrer.

Al analizar los resultados del segundo trabajo grupal, pudimos observar que surgieron dos nuevas subcategorías —emergentes— en la categoría de *NM*. La primera de ellas es que los modelos científicos sufren modificaciones y experimentan cambios que, a su vez, conducen a mejoras en la comprensión de los fenómenos bajo estudio, una idea sostenida en Oh y Oh (2011), Adúriz-Bravo (2012), y Bravo Torija y Mateo González (2017). Esto fue expresado por dos de los grupos: “Los modelos científicos tienen como objetivo proporcionarnos una mejor idea y entendimiento sobre un fenómeno determinado, el cual puede ser modificado con el tiempo” (G1), y “El fin del *MC* es modelar algo a escala para que sea lo más parecido a la realidad; estos modelos pueden ir cambiando para adoptar nuevas ideas y asimilarse más a algo real” (G3).

La segunda subcategoría emergente que aparece después de la actividad de metareflexión es que existen múltiples maneras de representar un fenómeno—diagramas, esquemas, modelos a escala o maquetas, simulaciones, textos, etcétera—, también ampliamente discutida en la literatura didáctica (Chamizo, 2006; Treagust *et al.*, 2007; Schwarz *et al.*, 2009; Adúriz-Bravo, 2012; 2013). En esta subcategoría se inscriben expresiones de estudiantes como la siguiente: “[Un *MC*] sirve para explicar o representar un objeto o suceso por medio de gráficas, esquemas, dibujos,

textos, ecuaciones matemáticas” (G2). Para la didáctica de las ciencias, la diversidad de maneras en que se puede representar un fenómeno natural al teorizarlo contribuye a que el estudiantado vincule lo usual con lo desconocido, lo sencillo con lo complejo, haciendo un enlace explícito entre el fenómeno observado y una posible descripción científica (Adúriz-Bravo y Sans-Pinillos, 2022).

Al revisar nuevamente las ideas finales de los estudiantes sobre el modelo científico (figura 7) a la luz del sistema categorial planteado inicialmente en la tabla 1, se observa que ya no aparece la categoría *naturaleza* de los modelos como método de investigación. Esto se debe a las diferentes acciones realizadas durante la intervención didáctica, a la conexión o diálogo entre compañeros —donde alternativamente manifiestan sus ideas—, a la lectura del contenido académico provisto y a su análisis —propuesto por el profesor—. Se nota, pues, la progresión en las visiones de los estudiantes sobre los modelos científicos.

Reflexiones de los estudiantes sobre la metamodelización: las entrevistas

Finalmente, las entrevistas realizadas fortalecieron nuestras interpretaciones de que algunos estudiantes empiezan a adquirir un conocimiento significativo sobre la naturaleza y los propósitos de los modelos a través de su participación en el proceso de metamodelización. En estas entrevistas surgió, aunque todavía tímidamente, una cuarta subcategoría dentro de la categoría de *PM*: los modelos se utilizan para desarrollar nuevas comprensiones por analogía (Adúriz-Bravo, 2013; Izquierdo Aymerich y Adúriz-Bravo, 2021). Un estudiante comentó: “Los modelos científicos ayudan a organizar ideas, a realizar un análisis objetivo y a comprender mejor el fenómeno en cuestión cada vez que se analice” (E18-E).

En la tabla 2 se muestran algunas ideas expresadas por los estudiantes durante las entrevistas sobre lo que consideran como MC, a partir de su naturaleza y propósitos. Estas ideas corresponden claramente al sistema categorial propuesto inicialmente en la tabla 1. Entendemos que allí se reflejan los conocimientos de metamodelización construidos a través de la intervención didáctica (ID).

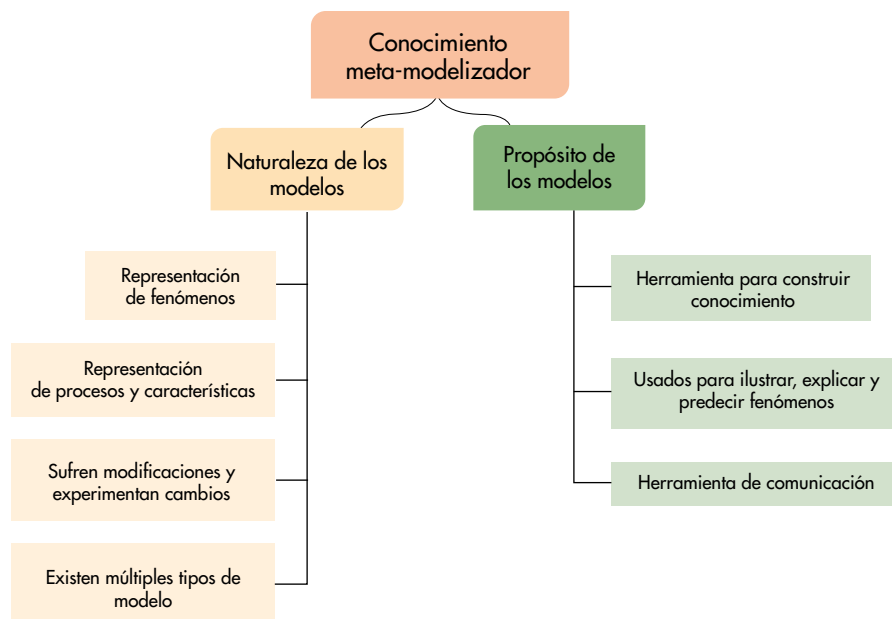
Tabla 2. Ideas de los estudiantes sobre metamodelización a partir de las entrevistas

| Categorías de la metamodelización | Subcategorías de la metamodelización | Ideas de los estudiantes en las entrevistas |
|-----------------------------------|--|---|
| Naturaleza de los modelos | Los modelos son representaciones con limitaciones para representar los fenómenos. | (E9-E) "Con los modelos científicos es más fácil aprender, representar y describir un fenómeno, ya que los modelos son representaciones a escala de sucesos reales". |
| | Los modelos pueden representar procesos y características no visibles y no accesibles. | (E9-E) "[Con los modelos científicos] se trabaja en ciencia, ya que estamos observando un fenómeno para luego hablar sobre él, describirlo y expresar con nuestras palabras lo que observamos en dicho fenómeno". |
| | Los modelos se pueden cambiar para reflejar la creciente comprensión de los fenómenos. | (E7-E) "[Un MC] es muy cercano a la realidad posible y se puede ir modificando; es decir, el modelo que teníamos antes de la universidad, lo vamos ir mejorando hasta que sea lo mejor posible". |
| | Existen múltiples tipos de modelos: diagramas, modelos materiales, etc. | (E1-E) "[Con un MC] se pueden representar fenómenos físicos de diferentes formas, ya sea de manera gráfica, de manera de fórmulas, diagramas, simulaciones, esquemas, o sea de varias maneras". |
| Propósitos de los modelos | Los modelos son herramientas con sentido para construir conocimiento. | (E15-E) "Un MC es poder determinar los aspectos o características de un fenómeno, suceso o cosa en específico, con la intención de construir conocimiento sobre eso". |
| | Los modelos se utilizan para ilustrar, explicar y predecir fenómenos. | (E16-E) "Un MC es usado para explicar o expresar un fenómeno físico, biológico o químico, y así aclarar algo para obtener un resultado final". |
| | Los modelos son herramientas de comunicación para transmitir conocimiento. | (E19-E) "Un MC es una construcción humana que sirve para transmitir conocimiento". |

Fuente: elaboración propia.

En resumen, antes de la intervención didáctica, los estudiantes universitarios de Ingeniería Electrónica y Electromecánica, matriculados en una asignatura de Física Mecánica, mostraban un conocimiento limitado sobre los modelos científicos. Sin embargo, después de la intervención didáctica (ID), se observó que 16 de 24 estudiantes habían incorporado en su concepción de modelo ideas alineadas con las aceptadas por las comunidades de la filosofía de la ciencia y la didáctica de las ciencias, en cuanto a la naturaleza y los propósitos de los modelos. En la figura 8 se pueden observar las categorías y subcategorías del conocimiento de metamodelización construido a lo largo de la ID.

Figura 8. Categorías y subcategorías de metamodelización sobre el concepto de MC



Fuente: elaboración propia a partir de la propuesta de Schwarz *et al.* (2009).

A modo de conclusión

El análisis de contenido realizado sobre las ideas iniciales que los estudiantes tienen sobre los modelos científicos (MC) revelan que estas se centran en constructos marcadamente científicas y positivistas. Estas ideas destacan que un modelo se puede identificar con una serie de pasos o instrucciones para llevar a cabo una investigación. La conexión íntima entre modelos y el método científico está explícita en 18 de 24 participantes, aunque se puede inferir que el resto también comparte esta perspectiva, según sus respuestas. La caracterización de esta *línea de base* inscribe a nuestros estudiantes universitarios en tendencias epistemológicas fuertemente tradicionales, en total acuerdo con los resultados ampliamente reportados en estudios previos (Tregust *et al.*, 2007; Bierema *et al.*, 2017; Lazenby *et al.*, 2020).

Al concluir las actividades de metamodelización, las ideas de los estudiantes se

muestran más elaboradas y coherentes con las concepciones actuales sobre la naturaleza y los propósitos de los modelos científicos. En los mapas mentales ajustados, 16 de 24 participantes incorporaron ideas más sofisticadas en su concepción de modelo. No obstante, muchos no pudieron explicar satisfactoriamente por qué habían introducido esos cambios, lo que evidencia limitaciones en el carácter meta-reflexivo que debería tener el conocimiento de metamodelización que están desarrollando; es necesario seguir trabajando en este aspecto.

Durante la implementación de la actividad de metamodelización, se observó que los estudiantes se sintieron cómodos y motivados a participar. Estamos convencidos de que nuestra propuesta, a pesar de sus limitaciones, fue una herramienta motivadora de aprendizaje, ya que generó actividades positivas para alcanzar la meta didáctica propuesta.

A partir del análisis de los resultados y la reflexión crítica del equipo de investigación, destacamos que el trabajo en grupos y la

introducción del resumen sinóptico, junto con el ejemplo concreto de modelo proporcionado por el docente, fueron los elementos que más contribuyeron a los logros de aprendizaje. Por otro lado, el texto y las imágenes provistos mostraron limitaciones y deben revisarse para futuras implementaciones.

Los resultados indican claramente que el movimiento de las ideas ingenuas sobre modelos científicos hacia concepciones epistemológicamente más robustas requiere una enseñanza explícita. Esto implica que el profesorado de ciencias —en nuestro caso, de nivel universitario— debe revisar críticamente sus propias concepciones de modelo y adoptar las más productivas para su docencia. Según nuestra tesis, estas son las concepciones que se alinean con una visión semántica de las ciencias.

Referencias

- Acevedo-Díaz, J., García-Carmona, A., Aragón-Méndez, M. y Oliva-Martínez, J. (2017). Modelos científicos: significado y papel en la práctica científica. *Revista Científica*, 30(3), 155-166. <https://doi.org/10.14483/23448350.12288>
- Acher, A. (2014). ¿Cómo facilitar la modelización científica en el aula? *Tecné Episteme y Didaxis: TED*, 36, 63-75. <https://doi.org/10.17227/01213814.36ted63.75>
- Adúriz-Bravo, A. (2012). Algunas características clave de los modelos científicos relevantes para la educación química. *Educación Química*, 23(2), 248-256. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(17\)30151-9](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(17)30151-9)
- Adúriz-Bravo, A. (2013). A Semantic View of Scientific Models for Science Education. *Science & Education*, 22(7), 1593-1612. <https://doi.org/10.1007/s11191-011-9431-7>
- Adúriz-Bravo, A. y Izquierdo-Aymerich, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 4(3), 40-49. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273320452005>
- Adúriz-Bravo, A. y Sans-Pinillos, A. (2022). Abduction as a Mode of Inference in Science Education. *Science & Education*, (online first). <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00366-8>
- Aliberas, J., Gutiérrez, R. e Izquierdo, M. (2021). Identifying Changes in a Student's Mental Models and Stimulating Intrinsic Motivation for Learning During a Dialogue Regulated by the Teach Back Technique: A Case Study. *Research in Science Education*, 51(3), 617-645. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9810-z>
- Aragón-Méndez, M. y Oliva, J. (2020). Relación entre la competencia de pensamiento analógico y la competencia de modelización en torno al cambio químico. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 15(1), 83-100. <http://doi.org/10.14483/23464712.14441>
- Bierema, A., Schwarz, C. y Stoltzfus, J. (2017). Engaging Undergraduate Biology Students in Scientific Modeling: Analysis of Group Interactions, sense-making,

- and Justification. *CBE-Life Sciences Education*, 16(4). <https://doi.org/10.1187/cbe.17-01-0023>
- Bravo-Torija, B. y Mateo-González, E. (2017). Visión de los maestros en formación sobre los modelos científicos y sus funciones en las ciencias y en su enseñanza. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 33, 143-160. <http://hdl.handle.net/10550/64991>
- Bunge, M. (1985). *La investigación científica*. Ariel.
- Chamizo, J. (2006). Los modelos de la química. *Educación Química*, 17(4), 476-482. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2006.4.66030>
- Chiu, M. y Lin, J. (2019). Modeling Competence in Science Education. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(1), 1-11. <https://doi.org/10.1186/s43031-019-0012-y>
- Figueiredo, A. y Peticarrari, A. (2022) El aprendizaje basado en modelos mantiene a los alumnos activos y con atención sostenida. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 19(3), 3102. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i3.3102
- Fortus, D., Shwarz, Y. y Rosenfeld, S. (2016). High School Students' meta-modeling Knowledge. *Research in Science Education*, 46, 787-810. <https://doi.org/10.1007/s11165-015-9480-z>
- Garrido-Espeja, A., Soto-Alvarado, M. y Couso-Lagarón, D. (2022). Formación inicial de docentes de ciencia: posibles aportes y tensiones de la modelización. *Enseñanza de las Ciencias*, 40(1), 87-105. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3286>
- Giere, R. (2004). How Models are Used to Represent Reality. *Philosophy of Science*, 71(5), 742-752. <https://doi.org/10.1086/425063>
- Gilbert, J., Boulter, C. y Elmer, R. (2000). Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education. En J. Gilbert y C. Boulter (eds.), *Developing Models in Science Education* (pp. 3-17). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-010-0876-1_1
- Gilbert, S. (1991). Model Building and a Definition of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 73-79. <https://doi.org/10.1002/tea.3660280107>
- Gutiérrez, R. (2014). Lo que los profesores de ciencias conocen y necesitan conocer acerca de los modelos: aproximaciones y alternativas. *Bio-Grafía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*, 7(13), 37-66. <https://doi.org/10.17227/20271034.vol.7num.13bio-grafia37.66>
- Izquierdo M., Espinet, M., García, M., Pujol, R. y Sanmartí, N. (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra, 79-92. <https://www.researchgate.net/publication/283364116>
- Izquierdo-Aymerich, M., Bonil, J., Pujol-Villalonga, R. y Espinet, M. (2004). Ciencia escolar y complejidad. *Revista Investigación en la Escuela*, 53, 21-29. <http://hdl.handle.net/11441/61000>
- Izquierdo-Aymerich, M. y Adúriz-Bravo, A. (2003). Epistemological Foundations of School Science. *Science & Education*, 12(1), 27-43. <https://doi.org/10.1023/A:1022698205904>
- Izquierdo-Aymerich, M. y Adúriz-Bravo, A. (2021). Contribuciones de Giere a la reflexión sobre la educación científica. *ArtefaCToS. Revista de Estudios sobre la Ciencia y la Tecnología*, 10(1), 75-87. <https://doi.org/10.14201/art2021101>

- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 173-184. <http://hdl.handle.net/11162/22332>
- Khan, S. (2011). What's Missing in model-based Teaching. *Journal of Science Teacher Education*, 22(6), 535-560. <https://doi.org/10.1007/s10972-011-9248-x>
- Lazenby, K., Stricker, A., Brandriet, A., Rupp, C., Mauger-Sonnek, K. y Becker, N. (2020). Mapping Undergraduate Chemistry Students' Epistemic Ideas about Models and Modeling. *Journal of Research in Science Teaching*, 57, 794-824. <https://doi.org/10.1002/tea.21614>
- Marzabal, A., Merino, C., Soto, M. y Cortés, A. (2024). Modeling-Based Science Education. En A. Marzabal y C. Merino (eds.), *Rethinking Science Education in Latin-America. Contemporary Trends and Issues in Science Education* (vol. 59) (pp. 245-261). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-52830-9_13
- Meinardi, E., Adúriz-Bravo, A., Morales, L. y Bonana, L. (2002). El modelo de ciencia escolar: una propuesta de la didáctica de las ciencias naturales para articular la normativa educacional y la realidad del aula. *Revista de Enseñanza de la Física*, 15(1), 13-22. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/15875>
- Nicolaou, C. y Constantinou, C. (2014). Assessment of the Modeling Competence: A Systematic Review and Synthesis of Empirical Research. *Educational Research Review*, 13, 52-73. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2014.10.001>
- Oh, P. y Oh, S. (2011). What Teachers of Science Need to Know about Models: An Overview. *International Journal of Science Education*, 33(8), 1109-1130. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.502191>
- Oliva, J. (2019). Distintas acepciones para la idea de modelización en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 37(2), 5-24. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2648>
- Osborne, J. (2014). Teaching Scientific Practices: Meeting the Challenge of Change. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 177-196. <https://doi.org/10.1007/s10972-014-9384-1>
- Pérez, G., Gómez-Galindo, A. y González-Galli, L. (2018). Enseñanza de la evolución: fundamentos para el diseño de una propuesta didáctica basada en la modelización y la metacognición sobre los obstáculos epistemológicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(2), 2102-13. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92053848005>
- Raviolo, A., Ramírez, P. y López, A. (2010). Enseñanza y aprendizaje del concepto de modelo científico a través de analogías. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(3), 591-612. <http://rid.unrn.edu.ar/handle/20.500.12049/2402>
- Rodríguez-Pineda, D., Izquierdo-Aymerich, M. y López-Valentín, D. (2011). ¿Por qué y para qué enseñar ciencias? En A. López y T. Guerra (coords.), *Las ciencias*

- naturales en educación básica: formación de ciudadanos para el siglo XXI (pp. 13-42). SEP.
- Salgado-Lévano, A. (2007). Investigación cualitativa: diseños, evaluación del rigor metodológico y retos. *Liberabit*, 13(13), 71-78. <https://repositorio.usil.edu.pe/handle/usil/1449>
- Schwarz, C. y White, B. (2005). Metamodeling Knowledge: Developing Students' Understanding of Scientific Modeling. *Cognition and Instruction*, 23(2), 165-205. https://doi.org/10.1207/s1532690xci2302_1
- Schwarz, C., Reiser, B., Davis, E., Kenyon, L., Acher, A., Fortus, D. y Krajcik, J. (2009). Developing a Learning Progression for Scientific Modeling: Making Scientific Modeling Accessible and Meaningful for Learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632-654. <https://doi.org/10.1002/tea.20311>
- Torres, J. y Vasconcelos, C. (2017). Desarrollo y validación de un instrumento para analizar las visiones de los profesores sobre modelos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(1), 181-198. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2017.v14.i1.14
- Treagust, D., Chittleborough, G. y Mamiala, T. (2007). La comprensión de los estudiantes sobre el papel de los modelos científicos en el aprendizaje de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(2), 364-366. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2007.v4.i2.17
- Varela, T. y Sutton, L. (2021). La codificación y categorización en la teoría fundamentada, un método para el análisis de los datos cualitativos. *Investigación en Educación Médica*, 10(40), 97-104.
- Windschitl, M., Thompson, J. y Braaten, M. (2008). Beyond the Scientific Method: Model-Based Inquiry as a New Paradigm of Preference for School Science Investigations. *Science Education*, 92(5), 941-967. <https://doi.org/10.1002/sce.20259>



Diseño y validación de un instrumento para indagar concepciones sobre razas humanas, esencialismo y biología

- Design and Validation of an Instrument to Explore Conceptions of Human Races, Essentialism, and Biology
- Desenho e validação de um instrumento para investigar concepções sobre raças humanas, essencialismo e biologia

Forma de citar este artículo:

Pérez, G., González-Galli, L. y Bifano, F. (2025). Diseño y validación de un instrumento para indagar concepciones sobre razas humanas, esencialismo y biología. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (57), 32 - 48. <https://doi.org/10.17227/ted.num57-20706>



Resumen

La cuestión racial suele ser estructural en nuestras sociedades. En relación con la enseñanza, conocer las concepciones sobre la relación entre raza y biología que sostienen los estudiantes permitirá elaborar estrategias acordes para intervenir en este tema tan complejo. En este artículo presentamos un cuestionario, junto con su validación, que permite recolectar información sobre las concepciones de estudiantes de profesorado y docentes en ejercicio sobre la cuestión de las razas o etnias humanas. Además, permite identificar algunos supuestos esencialistas asociados a estas concepciones. Para validar el cuestionario se utilizó una muestra de 552 docentes formados y en formación en el área de biología y ciencias sociales, así como del juicio de once expertos. Se realizaron análisis de consistencia interna y análisis factorial exploratorio. Consideramos que este cuestionario será de importancia para la investigación en didáctica, dado que las concepciones de raza suelen impactar en la manera en que se aborda la temática del racismo en las clases de biología.

Palabras clave

conocimiento previo; esencialismo; raza; enseñanza

Gastón Pérez*  

Leonardo González-Galli**  

Fernando Bifano***  

* Doctor en Biología (UBA). Investigador asistente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Buenos Aires, Argentina. gastonperez@ccpems.exactas.uba.ar

** Doctor en Biología (UBA). Investigador adjunto del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Buenos Aires, Argentina. leomgalli@ccpems.exactas.uba.ar

** Magister en Enseñanza de las Ciencias (Orientación Matemática). Profesor adjunto, Instituto de Investigaciones CeFIEC, FCEN-UBA, Buenos Aires, Argentina. fjbifano@ccpems.exactas.uba.ar

Artículo de investigación

Fecha de recepción: 25/01/2024
Fecha de aprobación: 16/08/2024
Fecha de publicación: 01/01/2025



Abstract

The issue of race is often structural in our societies. In the context of education, understanding students' conceptions about the relationship between race and biology will help develop appropriate strategies to address this complex topic. In this article, we present a questionnaire, along with its validation, that gathers information on the conceptions held by teacher education students and practicing teachers regarding human races or ethnicities. Furthermore, it identifies some essentialist assumptions associated with these conceptions. The questionnaire was validated using a sample of 552 trained and teachers in training in the fields of biology and social sciences, as well as the input of 11 experts. Internal consistency and exploratory factor analyses were conducted. We believe this questionnaire will be valuable for research in didactics, as conceptions of race often influence how the topic of racism is addressed in biology classes.

Keywords

misconceptions; essentialism; race; teaching

Resumo

A questão racial costuma ser estrutural em nossas sociedades. No contexto da educação, compreender as concepções dos estudantes sobre a relação entre raça e biologia permitirá desenvolver estratégias adequadas para intervir nessa complexa questão. Neste artigo, apresentamos um questionário, juntamente com a sua validação, elaborado para coletar informações sobre as concepções de professores em formação e de professores em exercício sobre a questão das raças ou etnias humanas. Além disso, o instrumento permite identificar alguns pressupostos essencialistas associados a essas concepções. O questionário foi validado com uma amostra de 552 professores formados e em formação nas áreas de biologia e ciências sociais, além do julgamento de 11 especialistas. Foram realizadas análises de consistência interna e análise fatorial exploratória. Consideramos que este questionário será de importância para pesquisas em didática, pois as concepções de raça costumam influenciar a forma como o tema racismo é abordado nas aulas de biologia.

Palavras-chave

conhecimento prévio; essencialismo; raça; ensino

Introducción

Visibilizar y poner en discusión las desigualdades a las que son sometidos los grupos racializados debe ser parte de la formación docente, con el propósito de cuestionar el racismo. En este sentido, cabe preguntarse qué puede aportar la enseñanza de la biología a dicho cuestionamiento.

Si bien el racismo es estructural en nuestras sociedades (Fuentes, 2012), muchas veces este se invisibiliza en las aulas. Frases como “la biología demostró que las razas humanas no existen” o “Está mal hablar de razas” fomentan en los¹ estudiantes un *daltonismo* racial que impide reconocer las desigualdades sociales, al considerar que todas las personas son iguales sin evaluar el impacto del racismo en sus múltiples niveles (Duncan *et al.*, 2024). Sostener estas ideas presenta diversos problemas al abordar la complejidad del fenómeno, ya que invisibiliza las desigualdades, no da cuenta de las discusiones actuales sobre esta temática dentro del área de la biología y, además, supone una esencialización de los humanos como raza (Pérez y González-Galli, 2024). Como formadores de docentes, debemos estar atentos a estas ideas, pero también a aquellas que traen consigo los estudiantes de profesorado. Conocer estas concepciones nos puede ayudar a elaborar estrategias pedagógicas que permitan cuestionar estas ideas.

En la actualidad, existen diversos test que ayudan a recabar las ideas que las personas tienen respecto de la cuestión racial. La mayoría de ellos —en idioma inglés y del área de la psicología— intentan identificar el esencialismo racial (Chao *et al.*, 2013; Haslam *et al.*, 2002; Tawa, 2017;

Yaylaci *et al.*, 2021), a veces asociado a desentramar qué relación existe con la biología (Parrott *et al.*, 2005; Williams y Eberhardt, 2008) y, otras veces, contraponiendo el esencialismo racial a concepciones socioconstructivistas de la raza (No *et al.*, 2008; Rodríguez-Torres y Rodríguez-Pérez, 1999; Schudson y Gelman, 2023). La mayoría de estas investigaciones provienen de Europa o Estados Unidos, donde las concepciones respecto de la raza suelen ser diferentes a la manera en que se conceptualiza en Latinoamérica (Identidad Marrón, 2021; Wade, 2000). De esta manera, es problemático *importar* las concepciones que estos estudios identifican en nuestras poblaciones (Johnston-Guerrero, 2016).

El objetivo de este trabajo es comunicar el diseño y la validación de un test que permite recabar información y medir las concepciones que los estudiantes de profesorado y docentes en ejercicio sostienen para explicar la cuestión racial. A diferencia de los test mencionados antes, donde se tiende a asociar el esencialismo solo con lo biológico, el test presentado en este artículo permite asociar distintos supuestos del esencialismo también a las concepciones socioculturales. Además, el test en idioma castellano proveerá información que actualmente no se dispone en el área de la enseñanza de las ciencias en Latinoamérica.

Marco teórico

Concepciones sobre raza

Si bien las categorizaciones propuestas en las investigaciones muestran una variedad de concepciones raciales, en general se agrupan en dos tipos: aquellas que relacionan la raza con la biología y aquellas que la relacionan con aspectos socioculturales.

El primer tipo de concepción, lo que podemos denominar una concepción biológica

¹ Optamos por una escritura en género masculino para una fácil lectura, aunque somos conscientes de que esta forma deja por fuera muchas expresiones de género conocidas o por conocer.

de la raza, se refiere a entender la raza como una agrupación humana en la que los individuos comparten ciertos caracteres físicos transmitidos biológicamente (Abrica y Dorsten, 2020; Aguilar, 2014; Hubbard, 2017; Johnston-Guerrero, 2016; Martin y Parker, 1995; Tawa, 2020; Williams y Eberhardt, 2008). La raza se considera como resultado del linaje o la herencia, íntimamente relacionada con la genética (Johnston-Guerrero, 2016). En ocasiones, este tipo de concepciones supone un determinismo sobre los genes que compartirían los miembros de cada raza. Así, las características del grupo humano se ven como un reflejo de disposiciones profundamente arraigadas genéticamente que no se pueden cambiar (No *et al.*, 2008). A veces, esta concepción de raza está atravesada por una perspectiva epistemológica que asume que la raza es *real* cuando es biológica (Abrica y Dorsten, 2020; Hong *et al.*, 2009; Hubbard, 2017).

El segundo tipo de concepción, que puede denominarse concepción socio-cultural, refiere a entender la raza como una agrupación humana en la que sus individuos comparten costumbres y normas, lo que conlleva la generalización de una forma de ser y actuar (Aguilar, 2014; Johnston-Guerrero, 2016; Martin y Parker, 1995; Tawa, 2020; Williams y Eberhardt, 2008). En algunos casos, se considera que la raza se origina en las dinámicas de poder diferencial entre los grupos de la sociedad y que se corresponde con una función de privilegio y opresión que emerge de una jerarquía racial vinculada a los recursos económicos y al poder (Abrica y Dorsten, 2020; Chao *et al.*, 2013; Hong *et al.*, 2009; Johnston-Guerrero, 2016; Rodríguez-Torres y Rodríguez-Pérez, 1999; Tawa, 2020).

Además de estos dos grandes conceptos de raza, varias investigaciones han mostrado que las personas pueden sostener la idea de que la raza no existe como tal, por lo que no puede definirse. Veeragoudar y Sullivan (2022) denominan esta concepción "liberalismo racial". Muchas veces, esta concepción se asocia con la creencia de que todos pertenecemos a una única raza: la humana. Subyace a esta idea un daltonismo racial y una fe en la meritocracia individual (Aguilar, 2014; Duncan *et al.*, 2024; Veeragoudar y Sullivan, 2022).

Los investigadores coinciden en señalar que las personas pueden sostener más de una concepción sobre la raza humana y que estos conceptos son fluidos, cambian con el tiempo y presentan contradicciones (Abrica y Dorsten, 2020; Johnston-Guerrero, 2016; No *et al.*, 2008; Veeragoudar y Sullivan, 2022).

Cabe destacar que, luego de la Segunda Guerra Mundial, se ha intentado reemplazar el término *raza* con *etnia*. Este término supone hacer hincapié en aspectos históricos, sociales, económicos y culturales de los grupos humanos, diferenciándose de una concepción más bien biológica (Fuentes, 2012; Race, Ethnicity and Genetics Working Group, 2005; Wade, 2000). Sin embargo, según el antropólogo Peter Wade (2000), en Latinoamérica los términos *raza* y *etnia* suelen utilizarse de manera similar, por lo que en el cuestionario que presentaremos adoptaremos ambos términos para profundizar en estas similitudes.

Relaciones entre las concepciones sobre raza, etnia y esencialismo

El esencialismo puede entenderse como una forma de razonar que implica suponer que las categorías que creamos para entender el mundo son reales, poseen límites estrictos e incluyen a miembros que comparten ciertas características inmutables. Se asume que estas características emergen debido a una esencia inmutable (Dar-Nimrod y Heine, 2011; Gelman y Rhodes, 2012). Por tanto, el esencialismo supondría la existencia de categorías discretas, homogeneidad dentro de las mismas, determinismo respecto de las características compartidas y la presunción de una esencia inmutable.

Diversos autores consideran que las concepciones biológicas de la raza son esencialistas por definición (Chao *et al.*, 2013; Dar-Nimrod y Heine, 2011; Tawa, 2020; Williams y Eberhardt, 2008). Cumplirían todos los supuestos mencionados anteriormente, ya que implican asumir que los individuos que pertenecen a una misma raza comparten genes que los hacen física, cognitiva y comportamentalmente homogéneos y distinguibles de otros grupos (categorías discretas). También suponen que el fenotipo de los individuos del grupo estaría determinado por procesos genéticos, independientes de la influencia ambiental o del control individual (determinismo genético). Además, se asume —muchas veces de manera implícita— que los miembros del grupo comparten una esencia inmutable

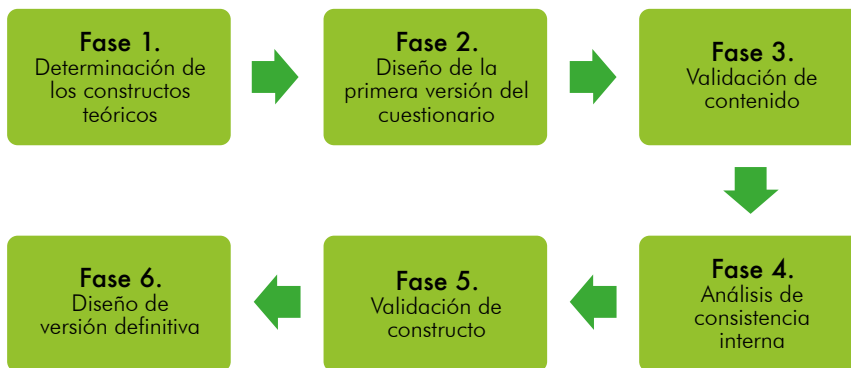
(Chao *et al.*, 2013; Dar-Nimrod y Heine, 2011; Hong *et al.*, 2009; Johnston-Guerrero, 2014; No *et al.*, 2008; Tawa, 2020).

Respecto de las concepciones socioculturales de la raza o las concepciones sobre la etnia, no suele mencionarse su relación con el esencialismo, posiblemente porque no se considera que dichas concepciones puedan ser esencialistas. Distintos autores proponen que las concepciones socioculturales asumen que las categorías raciales son construcciones arbitrarias, no naturales, que pueden cambiar con el tiempo (Martin y Parker, 1995; No *et al.*, 2008; Tawa, 2020). Sin embargo, antropólogos como Peter Wade (2000), quien ha estudiado el tema en la población latina, sugieren que tanto el discurso de raza como el de etnia contienen ideas sobre el origen y la transmisión de esencias a través de las generaciones. Esta mezcla de conceptos respecto a la raza y la etnia coincide con algunas investigaciones que muestran que las concepciones socioculturales suelen ser complejas y, a veces, contradictorias (Haslam *et al.*, 2000; Johnston-Guerrero, 2016). Por lo tanto, no está claro qué supuestos del esencialismo estarían presentes en cada caso.

Metodología

El diseño y validación del test presentado atravesó varias fases, que se detallan en la figura 1. Profundizaremos en cada una de ellas a lo largo del artículo.

Figura 1. Fases del diseño y validación del cuestionario

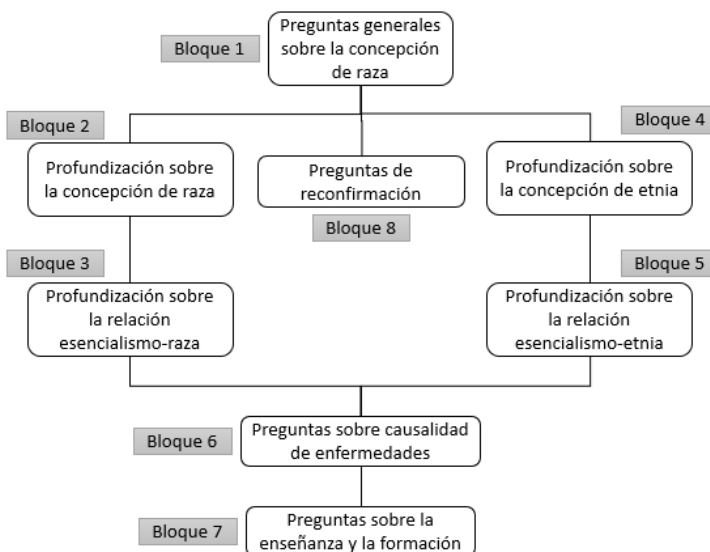


Fuente: elaboración propia.

El objetivo del cuestionario es medir la concepción de raza o etnia que tienen los docentes del área de la biología y las ciencias sociales (formados o en formación), así como su relación con el esencialismo.

El cuestionario² consta de ocho bloques de preguntas. Los bloques 1 a 6 y el bloque 8 contienen preguntas basadas en la escala Likert. El bloque 7, en cambio, incluye preguntas abiertas u opciones múltiples. Para la validación presentada en este trabajo, solo se consideraron las preguntas de tipo Likert. En la figura 2 se presenta la estructura del cuestionario y los posibles caminos que los participantes pueden recorrer.

Figura 2. Dimensiones y bloques del cuestionario



Fuente: elaboración propia.

2 Invitamos a los lectores a ver la versión final del cuestionario, alojado en el repositorio de Open Science Zenodo (<https://zenodo.org/records/12551887/files/Instrumento.docx?download=1>).

El bloque 1 tiene como objetivo caracterizar las concepciones de los encuestados sobre el concepto de raza humana. Hacia el final del bloque, se solicita que indiquen su grado de acuerdo respecto a si la humanidad puede dividirse en razas o etnias. Según la respuesta, se procederá al bloque 2 (si prefieren usar el concepto de raza) o al bloque 4 (si prefieren usar el concepto de etnia). Estos bloques buscan analizar la concepción de raza o etnia, respectivamente, desde los aspectos biológicos y socioculturales. Los bloques 3 y 5 tienen como objetivo analizar qué supuestos del esencialismo aparecen asociados al concepto de raza o etnia, respectivamente. El bloque 6 tiene como propósito analizar el tipo de causa (biológica, sociocultural o una interacción entre ambas) que se prioriza para explicar una condición de enfermedad en relación con la raza. Este bloque no fue objeto de validación en este artículo, dado que sus preguntas no incluyen variables continuas. El bloque 7 permite conocer la formación de los encuestados en esta temática y cómo abordan (o abordarían) este tema en clase. Este bloque tampoco fue objeto de validación, ya que sus preguntas eran de carácter abierto. Por último, el bloque 8 incluye preguntas que responderán solo aquellos participantes que, en el bloque 1, hayan declarado no estar de acuerdo ni con el concepto de raza ni con el de etnia. El objetivo es confirmar que la persona encuestada considera que las categorías de raza o etnia no son válidas.

La muestra utilizada para validar el cuestionario fue de 552 docentes formados y en formación en el área de la biología y las ciencias sociales (historia, antropología, sociología). El 80 % de ellos residía en Argentina, mientras que el 20 % restante estaba en otros países latinoamericanos, como Colombia, Uruguay, México o Perú.

A continuación, presentamos cada una de las fases descritas en la figura 1. Se utilizó el software SPSS para los análisis estadísticos. Todas las tablas generadas por el programa pueden encontrarse en el repositorio de *Open Science Zenodo*.

Fase 1. Determinación de los constructos teóricos a evaluar en el cuestionario

Se relevaron investigaciones que analizaron cuáles eran las concepciones más comunes de los sujetos respecto de las razas humanas. Como se desarrolló en el marco teórico, se menciona un abanico de posibilidades que se han tenido en cuenta en las distintas preguntas del cuestionario.

Fase 2. Diseño de la primera versión del cuestionario

Se diseñó una primera versión del cuestionario, tomando como referencia algunas preguntas de cuestionarios previos (Chao *et al.*, 2013; Hong *et al.*, 2009; Johnston, 2014; Tawa, 2020; Yaylacı *et al.*, 2019). Las más de 500 respuestas a esta primera versión sirvieron para analizar la validez del cuestionario.

La validez refiere al grado en que un instrumento mide realmente la variable que pretende medir (Hernández-Sampieri *et al.*, 2014) e involucra evaluar las interpretaciones de los resultados del cuestionario (American Educational Research Association, American Psychological Association y National Council on Measurement in Education [AERA, APA, NCME], 2014).

Existen diferentes tipos de validaciones. Por un lado, la validez de contenido, que se refiere al grado en que la medición representa al concepto o variable medida. Esta validez se logra a través de un consejo de expertos

(fase 3). Por otro lado, la validez de constructo, que refiere a qué tan bien un instrumento representa y mide un concepto teórico (fase 5), lo cual requiere analizar la fiabilidad a partir de un análisis de consistencia interna (fase 4). Por último, la validez de criterio se refiere a la comparación de los resultados con los de algún criterio externo que pretende medir lo mismo. En nuestro caso, esta evidencia no pudo recolectarse, ya que no se conoce un instrumento que pretenda medir exactamente lo mismo que el nuestro en una población tan particular como la que se tomó en cuenta.

Fase 3. Evidencia relacionada con el contenido

Se validó el contenido a partir del juicio de once expertos que evaluaron la adecuación de los ítems del cuestionario. Este tipo de validación es un método ampliamente utilizado para este tipo de instrumentos, siendo muy frecuente en el terreno de las investigaciones educativas (Abad *et al.*, 2012; Hernández-Nieto, 2002; Pedrosa *et al.*, 2013).

Se solicitó a los expertos que evaluaran cada bloque con base en una escala Likert de cinco puntos. Los criterios considerados fueron la claridad de los ítems en términos de redacción y terminología, así como la coherencia entre los objetivos para cada bloque y los ítems propuestos (Pedrosa *et al.*, 2013). Además, se habilitó un espacio para realizar comentarios que pudieran ayudar a mejorar el instrumento.

Los expertos que participaron en la evaluación fueron tres docentes de biología (Colombia, México y Argentina), dos licenciadas en ciencias de la educación de Argentina, cinco doctores-investigadores en el área de didáctica de las ciencias naturales (dos de Argentina, dos de Colombia y uno de México), y un doctor-investigador en el área de formación docente de México.

Es posible cuantificar la validez de contenido a través de ciertos estadísticos, tales como el coeficiente de validez de contenido (CVC) (Hernández-Nieto, 2002; Pedrosa *et al.*, 2013). Este coeficiente permite valorar el grado de acuerdo de los expertos. El CVC de cada bloque fue superior a 0,80, lo que indicó un alto grado de acuerdo entre los expertos respecto de la coherencia y claridad de los ítems. En función de esto, se mantuvieron todos los bloques del cuestionario para iniciar la fase 4.

Fase 4. Análisis de consistencia interna

La fiabilidad se entiende como el grado en que diferentes subconjuntos de ítems covarían, correlacionan o son consistentes entre sí. Esta fiabilidad se relaciona con el grado de error aleatorio, por lo que cuanto mayores sean las fluctuaciones aleatorias en las respuestas, menor será la fiabilidad, y viceversa. Una medición será fiable cuando proporcione resultados consistentes o estables, ya sea en el

tiempo o bien en las respuestas a los diversos ítems (Abad *et al.*, 2012; AERA *et al.*, 2014; Hernández-Sampieri *et al.*, 2014).

Un modo de establecer la fiabilidad es a partir del análisis de la consistencia interna de los ítems. Este análisis se realizó a través del coeficiente alfa de Cronbach (Cronbach, 1951), que mide el grado de correlación entre los ítems que forman el cuestionario. Cuando los ítems están correlacionados entre sí, el valor de alfa se acerca a uno; si los ítems fuesen independientes entre sí —es decir, que no miden el constructo en el mismo sentido—, el alfa se acerca a cero (Hernández-Sampieri *et al.*, 2014).

Diversos autores sugieren que, para calcular el alfa en cuestionarios con muchos ítems, se puede calcular el alfa de cada bloque de ítems por separado y así determinar su consistencia interna (Abad *et al.*, 2012; Streiner, 2003). Siguiendo a estos autores, se calculó el alfa de cada bloque. En la tabla 1 se muestran los valores de alfa, así como los ítems que fueron eliminados para aumentar la consistencia interna del cuestionario. Estos ítems correlacionaban en menor grado con los otros ítems del bloque. Los valores próximos a 1 indican una alta fiabilidad. Alfas por encima de 0,7 indican una consistencia interna aceptable (Hernández-Sampieri *et al.*, 2014).

Tabla 1. Alfa de Cronbach para cada bloque

| Bloque | Alfa | Número de ítem eliminado |
|--------|------|---|
| 1 | 0,54 | Ítem 6. El racismo es un problema del pasado. |
| 2 | 0,81 | Ítem 2a5. Si una persona nace perteneciendo a una raza específica, luego no podrá modificar dicha pertenencia. Ítem 2b6. Los miembros de una raza comparten ciertas costumbres, tradiciones o valores propios que son diferentes a las que comparten los miembros de otras razas. |
| 3 | 0,76 | Ninguno |
| 4 | 0,80 | Ítem 4a1. Las etnias son algo real. Ítem 4a3. Podemos dividir a los humanos en etnias de manera confiable si consideramos rasgos meramente culturales. Ítem 4b1. La idea de etnia es una construcción social. Ítem 4b6. Los miembros de una etnia comparten ciertas costumbres, tradiciones o valores propios que son diferentes a los que comparten los miembros de otras etnias. |
| 5 | 0,66 | Ninguno. |
| 8 | 0,77 | Ninguno. |

Fuente: elaboración propia.

El bloque con fiabilidad más baja fue el bloque 1 ($\alpha = 0,54$). A manera de hipótesis, esto puede deberse a que incluye preguntas generales que ofrecen ideas de distinto grado de generalidad respecto de la concepción de raza. El resto de los bloques presenta una fiabilidad aceptable. A pesar de esto, cabe destacar que este coeficiente no constituye un indicador de unidimensionalidad, ya que se pueden estar midiendo distintas dimensiones, pero correlacionadas. La covariación promedio puede llegar a ser alta, incluso si un

conjunto reducido de ítems no covaría con los demás. Por tanto, y como conclusión sobre las dimensiones del test, es aconsejable aplicar otras técnicas estadísticas, como el análisis factorial (Abad *et al.*, 2012).

Fase 5. Validación de constructo

La validez de constructo se refiere a qué tan bien un instrumento representa y mide un determinado concepto teórico (Hernández-Sampieri *et al.*, 2014). Para analizar dicha validez,

se puede emplear el análisis factorial, una técnica de reducción de datos que examina la interdependencia de variables y proporciona conocimiento de la estructura subyacente de los datos. Del análisis se obtiene una matriz factorial que expresa la relación entre los ítems y los factores comunes o dimensiones subyacentes no directamente observables. Se trata de encontrar un conjunto de factores que expliquen suficientemente las variables observadas, perdiendo el mínimo de información, de modo que sean fácilmente interpretables y que sean los menos posibles (Abad *et al.*, 2012; Barbero-García *et al.*, 2013; Gil-Pascual, 2015; Pérez-López, 2004).

Existen dos tipos de análisis factoriales: el exploratorio (AFE) y el confirmatorio (AFC). En nuestro caso, realizamos el primero de ellos, que busca identificar un conjunto de factores hipotéticos que pueden explicar las correlaciones observadas entre los ítems del test. Con este método, no tenemos una hipótesis previa sobre las saturaciones de los ítems en los factores, sino que los factores que emergen son derivados de abstracciones matemáticas. Su significado sustantivo se construye examinando el contenido de los ítems que saturan en cada factor y los supuestos teóricos con los que fue construido el instrumento. Se espera que los factores detectados expliquen una importante proporción de la varianza, de forma que puedan ser utilizados para representar las variables (Abad *et al.*, 2012; Alaminos y Castejón, 2006; Barbero-García *et al.*, 2013).

El AFE se realizó para cada bloque y no se utilizaron los ítems descartados en la fase 4. Se realizaron dos contrastes necesarios previamente a la extracción de los factores: el contraste de esfericidad de Barlett y la medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (κ_{MO}) (Pérez-López, 2004). El primero es una prueba de chi cuadrado, cuya finalidad es establecer si existen correlaciones distintas de cero en la matriz de correlaciones de todas las variables incluidas en el análisis. Si no estuvieran correlacionadas, no existirían factores comunes y, por lo tanto, no tendría sentido aplicar el análisis factorial. En esta prueba partimos de la hipótesis nula de que las correlaciones encontradas en nuestra muestra se han obtenido por azar, pero que realmente en la población las variables son independientes, por lo que no merece la pena factorizar la matriz de correlaciones. La hipótesis alternativa sería que las variables muestran correlaciones significativas, por lo que el proceso de factorización es útil (Alaminos y Castejón, 2006; Barbero-García *et al.*, 2013; Gil-Pascual, 2015; Pérez-López, 2004). Por su parte, el segundo contraste (κ_{MO}) es una prueba de bondad de ajuste que permite medir la adecuación muestral global al modelo factorial, basada en los coeficientes de correlación observados de cada par de variables y en sus coeficientes de correlación parcial. De acuerdo con el modelo de análisis factorial, los coeficientes de correlación teóricos calculados entre cada par de factores únicos son nulos por hipótesis, y como los coeficientes de correlación parcial constituyen una aproximación a dichos coeficientes teóricos, deben estar próximos a cero. Valores pequeños en este índice (cerca de cero) indican que no es recomendable usar el análisis factorial, ya que las correlaciones entre

pares de variables no son explicadas por las otras variables. Mientras más cercanos a 1 estén los valores de KMO, mejor será la adecuación de los datos a un modelo factorial (Gil-Pascual, 2015; Pérez-López, 2004). En la tabla 2 se muestran ambos contrastes para cada bloque.

Tabla 2. Pruebas de contraste: esfericidad de Barlett y medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin

| Bloque | KMO | Barlett |
|--------|------|---------------|
| 1 | 0,64 | Significativa |
| 2 | 0,66 | Significativa |
| 3 | 0,62 | Significativa |
| 4 | 0,71 | Significativa |
| 5 | 0,74 | Significativa |
| 8 | 0,70 | Significativa |

Fuente: elaboración propia.

En todos los bloques, el KMO fue mayor a 0,5 y, en general, cercano a 1, lo que indica la adecuación de los datos a un modelo factorial. En el caso de la prueba de esfericidad de Bartlett, en todos los bloques resultó significativa, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se asume que existen relaciones relevantes entre las variables. Con base en estas pruebas, se asumió la pertinencia del AFE y se aplicó para cada uno de los bloques.

Para el bloque 1, presentamos la tabla 3 de la varianza total explicada, donde se muestra la cantidad de factores que el programa ha detectado y qué porcentaje de la varianza total explica cada uno de ellos (Abad *et al.*, 2012). En este caso, encontramos que el bloque 1 está compuesto por dos factores con autovalores mayores a 1, que entre ambos explican el 57,462 % de la varianza total de este bloque.

Tabla 3. Varianza total explicada del AFE para el bloque 1

| Componente | Autovalores iniciales | | | Sumas de cargas al cuadrado de la extracción | | | Sumas de cargas al cuadrado de la rotación | | |
|------------|-----------------------|---------------|-------------|--|---------------|-------------|--|---------------|-------------|
| | Total | % de varianza | % acumulado | Total | % de varianza | % acumulado | Total | % de varianza | % acumulado |
| 1 | 1,805 | 36,094 | 36,094 | 1,805 | 36,094 | 36,094 | 1,567 | 31,333 | 31,333 |
| 2 | 1,068 | 21,368 | 57,462 | 1,068 | 21,368 | 57,462 | 1,306 | 26,129 | 57,462 |
| 3 | 0,842 | 16,836 | 74,298 | | | | | | |
| 4 | 0,691 | 13,829 | 88,127 | | | | | | |
| 5 | 0,594 | 11,873 | 100,000 | | | | | | |

Fuente: elaboración propia.

Para analizar las cargas factoriales (pesos específicos de cada uno de los ítems del bloque en cada uno de los factores), se utilizó la matriz de componentes rotados (tabla 4). La rotación de factores permite identificar factores substancialmente importantes. Esta matriz da cuenta de la relación de cada una de las variables con los distintos factores, que son

independientes entre sí y se generan a través de la rotación. En todos los casos, se utilizó como método de extracción el análisis de componentes principales y un tipo de rotación ortogonal a través del método Varimax (Abad *et al.*, 2012; Alaminos y Castejón, 2006; Barbero-García *et al.*, 2013; Gil-Pascual, 2015; Pérez-López, 2004).

Tabla 4. Matriz de componente rotado del AFE para el bloque 1

| | Componente | |
|--|------------|--------|
| | 1 | 2 |
| Crear que la humanidad se puede dividir en razas es racista | 0,768 | |
| Si bien las personas de distintas poblaciones difieren en varias de sus características, esto es irrelevante para distinguir razas | 0,758 | |
| Solo existe una raza: la raza humana | 0,615 | |
| Todos los humanos somos iguales biológicamente hablando | | 0,748 |
| Todos los humanos somos iguales socioculturalmente hablando | | -0,728 |

Fuente: elaboración propia.

Según la tabla 4, podemos inferir que el bloque 1 se compone de dos factores. Esto sugiere que los participantes no están interpretando en una única dimensión lo propuesto en los ítems de dicho bloque. Esto es consistente con el análisis de fiabilidad de la fase anterior, donde el alfa de Cronbach fue relativamente bajo ($\alpha = 0,54$). Más allá de esto, puede considerarse que este bloque posee elementos que, a pesar de no correlacionar todos entre sí, ofrecen información cualitativa sobre la concepción de raza de los participantes.

Respecto al bloque 2, la tabla de la varianza total explicada indica que el bloque se compone de dos factores que explican un 59,27 % de la varianza total. En la matriz de componentes rotados (tabla 5) podemos observar que los dos factores que se distinguen matemáticamente podrían asociarse teóricamente con los dos conceptos de raza: *biológico* (factor 2) y *sociocultural* (factor 1). Aunque el ítem “La idea de raza es una construcción social” parece estar más asociado a una concepción de tipo sociocultural, esto indicaría las dificultades de caracterizar tajantemente una concepción como biológica o sociocultural. Incluso Wade (2000) menciona que las personas pueden sostener una concepción de raza más ligada a lo fenotípico, pero asumiendo que es una categoría construida socialmente porque así lo conciben o porque es lo políticamente correcto.

Tabla 5. Matriz de componente rotado del afe para el bloque 2

| | Componente | |
|---|------------|-------|
| | 1 | 2 |
| Las razas humanas son algo real | | 0,805 |
| Podemos dividir a los humanos en razas de manera confiable si consideramos rasgos fenotípicos (como el color de la piel o la forma del cabello) | | 0,599 |
| Podemos dividir a los humanos en razas de manera confiable si consideramos rasgos genotípicos (como ciertas variantes de genes que aparecen en unos grupos y no en otros) | | 0,742 |
| Los miembros de una raza comparten ciertas características biológicas propias que son diferentes a las que comparten los miembros de otras razas | | 0,682 |
| La idea de raza es una construcción social | | 0,605 |
| La idea de raza es una construcción realizada por personas blancas en posiciones de poder | 0,644 | |
| La idea de raza tiene como finalidad legitimar sistemas sociales injustos | 0,846 | |
| La idea de raza sirve para establecer jerarquías entre los grupos humanos | 0,868 | |
| La idea de raza sirve para que unos grupos opriman a otros | 0,873 | |

Fuente: elaboración propia.

En el caso del bloque 3, se encontraron tres factores que explican el 58,54 % de la varianza total, tal como se muestra en la matriz de componentes rotados asociada (tabla 6).

Tabla 6. Matriz de componente rotado del AFE para el bloque 3

| | Componente | | |
|--|------------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 |
| Hace más de mil años existieron razas puras | 0,432 | 0,529 | |
| Si alguien pertenece a una determinada raza, no puede pertenecer a otra | | | 0,767 |
| Si se realiza un análisis genético a los restos de huesos de una persona fallecida, puede inferirse la raza de esta persona | 0,557 | | |
| Los miembros de una raza pueden cambiar su pelo o su vestimenta, pero siempre pertenecerán a su raza de origen | | | 0,658 |
| Todos los miembros de una raza son prácticamente iguales | 0,676 | | |
| Las personas de una misma raza comparten genes que las hacen físicamente distinguibles de otros grupos | | 0,478 | |
| Las personas de una misma raza comparten genes que las hacen cognitivamente distinguibles de otros grupos | 0,799 | | |
| Las personas de una misma raza comparten genes que las hacen comportamentalmente distinguibles de otros grupos | 0,685 | | |
| Si a una persona se le realiza un análisis genético y se encuentran genes asociados al color de piel blanca, entonces la persona es de raza blanca | | 0,793 | |
| Ciertas razas humanas tienen mejores atletas que otras, debido a su genética | | 0,762 | |

Fuente: elaboración propia.

Para analizar teóricamente estos tres factores, se recurrió a los supuestos del esencialismo. El factor 1 incluye ítems que corresponden con el supuesto de homogeneidad. El factor 2 contiene ítems que responden al supuesto determinista, de los cuales dos son expresiones claras de este estilo (“si a una persona se le realiza...” y “ciertas razas humanas tienen...”), mientras que los otros dos ítems no parecen ser deterministas, aunque los encuestados los estén interpretando en conjunto. Finalmente, el factor 3 agrupa ítems que no son todos representantes claros de un mismo supuesto del esencialismo. En función de lo anterior, podemos decir que este bloque permite identificar al menos dos

supuestos del esencialismo (determinismo y homogeneidad), aunque no evalúa bien los otros dos (esencia y categorías discretas).

Para el bloque 4, se encontraron dos factores que explican el 60,82 % de la varianza total. En la matriz de componentes rotados (tabla 7), observamos que el factor 1 incluye tres ítems que podrían asociarse teóricamente con una concepción más biológica de la etnia. Por su parte, el factor 2 incluye cuatro ítems que podrían asociarse a una concepción más sociocultural. En este sentido, este bloque permite identificar ideas específicas de los participantes donde la concepción de etnia no se limita a una cuestión cultural.

Tabla 7. Matriz de componente rotado del AFE para el bloque 4

| | Componente | |
|--|------------|-------|
| | 1 | 2 |
| Podemos dividir a los humanos en etnias de manera confiable si consideramos rasgos fenotípicos (como el color de la piel o la forma del cabello) | | 0,781 |
| Los miembros de una etnia comparten ciertas características biológicas propias que son diferentes a las características que comparten los miembros de otras etnias | | 0,809 |
| Si una persona nace perteneciendo a una etnia específica, luego no podrá modificar dicha pertenencia | | 0,657 |
| La idea de etnia es una construcción realizada por personas blancas en posiciones de poder | 0,756 | |
| La idea de etnia tiene como finalidad legitimar sistemas sociales injustos | 0,653 | |
| La idea de etnia sirve para establecer jerarquías entre los grupos humanos | 0,882 | |
| La idea de etnia sirve para que unos grupos opriman a otros | 0,876 | |

Fuente: elaboración propia.

En el caso del bloque 5, se encontraron dos factores que explican el 47,77 % de la varianza total. En la matriz de componentes rotados (tabla 8) se observan las variables específicas que se agrupan en cada factor.

Tabla 8. Matriz de componente rotado del AFE para el bloque 5

| | Componente | |
|--|------------|-------|
| | 1 | 2 |
| Hace más de mil años existieron etnias puras | | 0,608 |
| Si alguien pertenece a una determinada etnia, no puede pertenecer a otra | | 0,703 |
| Los miembros de una etnia pueden cambiar su pelo o su vestimenta, pero siempre pertenecerán a su etnia de origen | | 0,703 |
| Todos los miembros de una etnia son prácticamente iguales | | 0,667 |
| Las personas de una misma etnia comparten una cultura que las hace físicamente distinguibles de otros grupos | 0,613 | |
| Las personas de una misma etnia comparten una cultura que las hace cognitivamente distinguibles de otros grupos | 0,709 | |
| Las personas de una misma etnia comparten una cultura que las hace comportamentalmente distinguibles de otros grupos | 0,753 | |
| Ciertas etnias tienen mejores atletas que otras, debido a su cultura | 0,633 | |

Fuente: elaboración propia.

Al igual que con el bloque 3, recurrimos a los supuestos del esencialismo para analizar los factores que se detectaron. El factor 1 incluye ítems que expresan el supuesto de homogeneidad (por ejemplo, "las personas de una misma etnia..."), pero también una frase que refleja el determinismo subyacente al esencialismo ("ciertas etnias tienen..."). El factor 2, por su parte, agrupa ítems que podrían entenderse como expresiones de los supuestos de categorías discretas, esencia inmutable y homogeneidad. En función de lo anterior, podemos decir que hay un grupo de ítems que correlacionan entre sí, pero teóricamente no proporcionan información clara sobre qué supuestos del esencialismo se cumplen cuando las personas optan por hablar de etnia.

Por último, se analizó el bloque 8, en el cual se encontró que se compone de un único factor que explica el 69,1 % de la varianza total, incluyendo los tres ítems del cuestionario. Esto indica que quienes responden están entendiendo este grupo de preguntas de la misma manera.

Fase 6. Elaboración definitiva del cuestionario

En función de las fases anteriores, se reelaboró el cuestionario, teniendo en cuenta los análisis previos, eliminando aquellos ítems propuestos en la fase 4 y manteniendo todos los ítems utilizados en la fase 5.

Conclusiones

En este trabajo, desarrollamos y validamos un cuestionario para recolectar información sobre las concepciones de los estudiantes de profesorado y docentes en ejercicio respecto a la cuestión de las razas o etnias humanas. Este cuestionario permite identificar supuestos esencialistas (como la homogeneidad y el determinismo) en las concepciones sobre la raza, aunque no en relación con la etnia, algo que no está disponible en los test actuales. Además, el cuestionario tiene la virtud de recabar información diversa sobre las concepciones, no encasillándolas meramente como biologicistas o socioculturales, sino brindando un abanico de posibilidades diversas. Esto es consistente con las investigaciones que muestran que las concepciones sobre la raza son fluidas y presentan contradicciones (Abrica y Dorsten, 2020; Haslam *et al.*, 2000; Johnston-Guerrero, 2016; No *et al.*, 2008; Veeragoudar y Sullivan, 2022).

Consideramos que este cuestionario será de importancia para la investigación en didáctica, dado que las concepciones sobre la raza tienen impacto en la manera en que

se desenvuelven los docentes en sus contextos (Abrica y Dorsten, 2020; Chao *et al.*, 2013; Rodríguez-Torres y Rodríguez-Pérez, 1999; Williams y Eberhardt, 2008). Pero también será valioso para la docencia, ya que el cuestionario se constituye como un recurso que puede utilizarse para recabar información sobre las distintas concepciones de los estudiantes en esta temática y, así, elaborar actividades de enseñanza que permitan reconocer las desigualdades sociales, considerando el impacto del racismo en sus múltiples niveles (Duncan *et al.*, 2024).

Referencias

- Abad, F., Olea, J., Ponsoda V. y García, C. (2012). *Medición en ciencias sociales y de la salud*. Síntesis.
- Abrica, E. y Dorsten, A. (2020). How Students Think about Race: Exploring Racial Conceptions and their Implications for Student Success among Latino Male Community College Students. *New Directions for Community Colleges*, 190, 69-85. <https://doi.org/10.1002/cc.20388>
- Aguilar, J. (2014). Creencias sobre el concepto de raza en profesionales de la educación en Baja California. *Alteridades*, 24(48), 123-136. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-70172014000200011
- Alaminos, A. y Castejón, J. (2006). *Elaboración, análisis e interpretación de encuestas, cuestionarios y escalas de opinión*. Universidad de Alicante.
- American Educational Research Association, American Psychological Association y National Council on Measurement in Education. (2014). *The Standards for Educational and Psychological Testing*. American Educational Research Association.

- Barbero-García, M., Vila-Abad, E. y Holgado-Tello, F. (2013). *Introducción básica al análisis factorial*. UNED.
- Chao, M., Hong, Y. y Chiu, C. (2013). Essentializing Race: Its Implications on Racial Categorization. *Journal of Personality and Social Psychology*, 104(4), 619. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23397967/>
- Cronbach, L. (1951). Coefficient Alpha and the Internal Structure of Test. *Psychometrika*, 16(3), 297-334. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02310555>
- Dar-Nimrod, I. y Heine, S. (2011). Genetic Essentialism: On the Deceptive Determinism of DNA. *Psychological Bulletin*, 137(5), 800-818. <https://doi.org/10.1037/a0021860>
- Duncan, R., Krishnamoorthy, R., Harms, U., Haskel-Ittah, M., Kampourakis, K., Gericke, N., Hammann, M., Jimenez-Aleixandre, M., Nehm, R., Reiss, M. y Yarden, A. (2024). The Sociopolitical in Human Genetics Education. *Science*, 383(6685), 826-828. <https://doi.org/10.1126/science.adi8227>
- Fuentes, A. (2012). *Race, Monogamy, and other Lies They Told You: Busting Myths about Human Nature*. University of California Press.
- Gelman, S. y Rhodes, M. (2012). Two-Thousand Years of Stasis. How Psychological Essentialism Impedes Evolutionary Understanding. En K. Rosengren, S. Brem, E. Evans y G. Sinatra (eds.), *Evolution Challenges. Integrating Research and Practice in Teaching and Learning about Evolution* (pp. 3-21). Oxford University Press.
- Gil-Pascual, J. (2015). *Metodología cuantitativa en educación*. UNED.
- Haslam, N., Rothschild, L. y Ernst, D. (2000). Essentialist Beliefs about Social Categories. *British Journal of Social Psychology*, 39(1), 113-127. <https://doi.org/10.1348/014466600164363>
- Hernández-Nieto, R. (2002). *Contributions to Statistical Analysis*. Universidad de los Andes.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C. y Baptista-Luciano, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.º ed.). Mc Graw Hill.
- Hong, Y., Chao, M. y No, S. (2009). Dynamic Interracial/Intercultural Processes: The Role of Lay Theories of Race. *Journal of Personality*, 77(5), 1283-1310. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19686456/>
- Hubbard, A. (2017). Testing Common Misconceptions about the Nature of Human Racial Variation. *The American Biology Teacher*, 79(7), 538-543. <https://doi.org/10.1525/abt.2017.79.7.538>
- Identidad Marrón. (2021). *Marrones escriben. Perspectivas antirracistas desde el sur global*. Universidad Nacional de San Martín.
- Johnston-Guerrero, M. (2016). The Meanings of Race Matter: College Students Learning about Race in a not-so-postracial Era. *American Educational Research Journal*, 53(4), 819-849. <https://doi.org/10.3102/0002831216651144>

- Martin, C. y Parker, S. (1995). Folk Theories about Sex and Race Differences. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 21(1), 45-57. <https://doi.org/10.1177/0146167295211006>
- No, S., Hong, Y., Liao, H., Lee, K., Wood, D. y Chao, M. (2008). Lay Theory of Race Affects and Moderates Asian Americans' Responses toward American Culture. *Journal of Personality and Social Psychology*, 95, 991-1004. <https://doi.org/10.1037/a0012978>
- Parrott, R., Silk, K., Dillow, M., Krieger, J., Harris, T. y Condit, C. (2005). Development and Validation of Tools to Assess Genetic Discrimination and Genetically based Racism. *Journal of the National Medical Association*, 97(7), 980-990. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2569300/>
- Pedrosa, I., Suarez-Álvarez, J. y García-Cueto, E. (2013). Evidencias sobre la validez de contenido: avances teóricos y métodos para su estimación. *Acción Psicológica*, 10(2), 3-18. <http://dx.doi.org/10.5944/ap.10.2.11820>
- Pérez, G. y González-Galli, L. (2024). Metacognitive Reflections on Essentialism during the Learning of the Relationship between Biology and the Human Race. *Metacognition Learning*, 20. <https://doi.org/10.1007/s11409-024-09394-x>
- Pérez-López, C. (2004). *Técnicas de análisis multivariante de datos aplicaciones con SPSS*. Pearson Educación.
- Race, Ethnicity, and Genetics Working Group. (2005). The Use of Racial, Ethnic, and Ancestral Categories in Human Genetics Research. *The American Journal of Human Genetics*, 77(4), 519-532. <https://doi.org/10.1086/491747>
- Rodríguez-Torres, R. y Rodríguez-Pérez, A. (1999). Diseño de un cuestionario para la medición de las creencias sobre las diferencias raciales. *Revista de Psicología Social*, 14(1), 41-54. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=111909>
- Schudson, Z. y Gelman, S. (2023). Social Constructionist and Essentialist Beliefs about Gender and Race. *Group Processes & Intergroup Relations*, 26(2), 406-430. <https://doi.org/10.1177/13684302211070792>
- Streiner, D. (2003). Being Inconsistent About Consistency: When Coefficient Alphas Does and Doesn't Matter. *Journal of Personality Assessment*, 80(3), 217-222. https://doi.org/10.1207/S15327752JPA8003_01
- Tawa, J. (2017). The Beliefs About Race Scale (BARS): Dimensions of Racial Essentialism and their Psychometric Properties. *Cultural Diversity and Ethnic Minority Psychology*, 23(4). <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28333476/>
- Tawa, J. (2020). Does Social Constructionist Curricula Both Decrease Essentialist and Increase Nominalist Beliefs About Race? *Science & Education*, 29, 1452-1480. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00125-7>
- Veeragoudar, S. y Sullivan, F. (2022). Equity-based cs Case Study: An Approach to Exploring White Teachers' Conceptions of Race and Racism in a Professional Development Setting. *ACM Transactions on Computing Education*, 22(3), 1-32. <https://doi.org/10.1145/3487332>
- Wade, P. (2000). *Raza y etnicidad en Latinoamérica*. Abya-Yala.
- Williams, M. y Eberhardt, J. (2008). Biological Conceptions of Race and the Motivation to Cross Racial Boundaries. *Journal of Personality and Social Psychology*, 94(6), 1033-1047. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18505316/>
- Yaylacı, Ş., Roth, W. y Jaffe, K. (2021). Measuring Racial Essentialism in the Genomic Era: The Genetic Essentialism Scale for Race (GESR). *Current Psychology*, 40, 3794-3808. <https://www.proquest.com/docview/2246545019?sourcetype=Scholarly%20Journals>



El COVID-19: investigación de educación en ciencias y aportes para trabajo de aulas

- COVID-19: Science Education Research and Contributions for Classroom Practice
- COVID-19: pesquisa em educação em ciências e contribuições para sala de aula

Forma de citar este artículo:

Hernández-Hernández, M. del R. y Gómez-Galindo, A. A. (2025). El COVID-19: investigación de educación en ciencias y aportes para trabajo de aulas. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (57), 49 - 64. <https://doi.org/10.17227/ted.num57-20707>

Resumen





Desde una mirada compleja, exploramos cómo se podría abordar el contenido de la pandemia por COVID-19 en las aulas de educación básica. Para responder a este interrogante, se realizó una revisión documental de literatura especializada con un corpus de veinticinco textos. Los resultados apuntan a la distinción entre los conceptos de *infección* y *pandemia* para esclarecer las esferas sociales, políticas y económicas que esta última engloba. Se posicionan la combinación de múltiples modelos, la multirreferencialidad y las controversias sociocientíficas como marcos clave para el desarrollo de esta mirada compleja en las aulas. Se discuten cinco dimensiones sociales que son abordadas en estos artículos. Esta revisión forma parte de una investigación más amplia en la que se analiza el tratamiento de la pandemia en el currículo y el aula en el contexto mexicano de reforma educativa actual, por lo que discutimos el reto de concretar estas ideas en las aulas.

Palabras clave

educación científica; enfermedad infecciosa; COVID-19; educación básica

Abstract

From a complex perspective, we explore how the content of the COVID-19 pandemic could be addressed in elementary school classrooms. To answer this question, a documentary review of specialized literature was conducted, analyzing a corpus of 25 texts. The results highlight the need to distinguish between the concepts of *infection* and *pandemic* to clarify the social, political, and economic spheres encompassed by the latter. The combination of multiple models, multi-referentiality, and socio-scientific controversies is positioned as

María del Rocío Hernández-Hernández*  
Alma Adrianna Gómez-Galindo**  

* Doctorante en el Departamento de Investigaciones Educativas, Cinvestav, Ciudad de México, México. rocio.hdz@cinvestav.mx

** Investigadora del Cinvestav, Unidad Monterrey, Apodaca NL, México. agomez@cinvestav.mx

Artículo de investigación

Fecha de recepción: 25/01/2024
Fecha de aprobación: 16/08/2024
Fecha de publicación: 01/01/2025



key frameworks for developing this complex perspective in classrooms. Five social dimensions addressed in these articles are discussed. This review is part of a broader research project that examines how the pandemic is approached in the curriculum and classroom within the context of current Mexican educational reform, leading to a discussion on the challenge of implementing these ideas in classrooms.

Keywords

scientific education; infectious disease; COVID-19; elementary school

Resumo

A partir de uma perspectiva complexa, exploramos como o conteúdo da pandemia de COVID-19 poderia ser abordado nas salas de aula da Educação Básica. Para responder a essa questão, foi realizada uma revisão documental da literatura especializada, analisando um corpus de 25 textos. Os resultados destacam a necessidade de distinguir entre os conceitos de *infecção* e *pandemia* para esclarecer as esferas sociais, políticas e econômicas que esta última abrange. A combinação de múltiplos modelos, a multirreferencialidade e as controvérsias sociocientíficas são posicionadas como marcos-chave para o desenvolvimento dessa perspectiva complexa nas salas de aula. São discutidas cinco dimensões sociais abordadas nesses artigos. Esta revisão faz parte de uma pesquisa mais ampla que analisa a tratamento da pandemia no currículo e na sala de aula no contexto da atual reforma educacional mexicana, o que leva à discussão sobre o desafio de concretizar essas ideias nas salas de aula.

Palavras-chave

educação científica; doença infecciosa; COVID-19; educação básica

Introducción

En México, desde el año 2018 y hasta el 2024, nos encontramos inmersos en una reforma educativa conocida como la *Nueva Escuela Mexicana*, que postula un currículo integrado. Este pretende abordar temas transversales relacionados con problemáticas complejas de las comunidades en las que habitan las y los estudiantes (SEP, 2022a). En este contexto, la enfermedad causada por el coronavirus SARS-CoV-2, que produce el síndrome agudo respiratorio severo, conocido como COVID-19, representó uno de los problemas contemporáneos más significativos y complejos de la humanidad. En el marco de una investigación más amplia, en la que exploramos este tema en el currículo y en el aula, nos preguntamos: ¿cómo se podría abordar el contenido de la pandemia por COVID-19 en las aulas de educación básica?

Con el objetivo de dar respuesta a esta pregunta y rescatar lo analizado hasta el momento, ya sean reflexiones teóricas o investigaciones empíricas, realizamos, para este artículo, una revisión de la literatura desde la educación en ciencias sobre el abordaje de la pandemia. En el campo de la educación, este tipo de revisiones es útil, pues proporciona una visión general de lo que se sabe sobre un tema específico, destaca áreas que requieren más investigación —guiando futuros estudios—, analiza enfoques y métodos de investigación que han resultado favorables y facilita la comunicación entre investigadores y educadores —fomentando la colaboración e intercambio de ideas— (Reyes, 2023).

La enfermedad por COVID-19 evidenció la condición de fragilidad en la que nos encontramos como especie y como sociedad. No estamos únicamente frente a una guerra de la humanidad contra el virus —esta concepción se reduce a la relación entre los

microorganismos patógenos y las enfermedades infecciosas—. De acuerdo con Henao-Kaffure y Peñaloza (2021), al mirar la enfermedad solo desde el aspecto biológico, los Estados y sus instituciones actúan en la implementación de barreras microbiológicas que impiden la convergencia entre el coronavirus y los humanos, como si estas medidas resolvieran los problemas estructurales en los que se entretuje, entre ellas, las relaciones de poder mundiales y la desigualdad.

Desde este punto de vista, y dado que varios autores coinciden en que el COVID-19 no será el último problema de salud global que enfrentaremos como humanidad (Kafai *et al.*, 2022; Leung y Cheng, 2020; Rezende *et al.*, 2021; Valladares, 2021; Zucker y Noyce, 2020), la educación en ciencias tiene el desafío de construir una perspectiva compleja al respecto. Lo que la pandemia de COVID-19 ha dejado al descubierto es que enseñar a la niñez y juventud sobre enfermedades infecciosas no debe ser un lujo, sino una necesidad social, ya que no se trata más de enfermedades que asolan lugares distantes o que sucedieron en un pasado lejano. Los jóvenes necesitan la oportunidad de participar en la ciencia y aprender sobre la epidemiología de las enfermedades infecciosas en el entorno del aula (Kafai *et al.*, 2022).

¿Dejando atrás la mirada biologicista?

Hacia una comprensión de la complejidad de la pandemia

Cabe aclarar que no estamos en contra de que la educación en ciencias se ocupe del abordaje del COVID-19 como enfermedad infecciosa. Distinguiremos, entonces, la enfermedad infecciosa ocasionada por el SARS-CoV-2, que abordaría cómo operan los

virus, cuáles son los mecanismos de transmisión, cómo funcionan las vacunas y cuáles son las formas en que se puede evitar el contagio, ya sea entre personas o, dada la naturaleza de la enfermedad, entre animales y humanos, debido a que lo consideramos fundamental. Sin embargo, la infección por SARS-CoV-2 no ocurre en el vacío, por lo que utilizaremos el concepto de *pandemia* para abordar los aspectos sociales, económicos y políticos en los que esta enfermedad se desarrolla.

Esta perspectiva no sugiere que los contenidos se aborden de forma aislada: por un lado, la infección y, por otro lado, la pandemia. Por el contrario, pretendemos que esta distinción contribuya a tener claridad sobre la unificación de las dos miradas en el aula, enfatizando que la infección por SARS-CoV-2, que desató una pandemia, no ocurrió solo por la transmisión zoonótica de un murciélago en Wuhan, sino en medio de estructuras sociales, políticas y económicas mundiales. En consonancia con Revel y Adúriz-Bravo (2022), consideramos que el enfoque biomédico dominante de este contenido, que alude a explicaciones monocausales, resulta reduccionista y un obstáculo para comprender los problemas de salud pública.

Kafai *et al.* (2022) llevaron a cabo una búsqueda exhaustiva de artículos en bases de datos y revistas internacionales de educación en ciencias para identificar todas aquellas intervenciones de enseñanza sobre enfermedades respiratorias infecciosas con estudiantes de primaria y secundaria en los últimos veinte años. En las investigaciones actuales relacionadas con el COVID-19, encontraron que la mayor proporción de artículos se refería al impacto que este tuvo en la administración escolar y la reapertura de escuelas, en lugar de una educación sobre enfermedades infecciosas. Respecto a los artículos relacionados con las intervenciones educativas sobre enfermedades respiratorias, encontraron muy pocas, tan solo 23 en 20 años, y la mayoría se apegaba únicamente a la biología básica de la enfermedad infecciosa, que cubre los gérmenes, los virus y la actividad a nivel del sistema inmunitario, todo lo relacionado con lo que sucede dentro del cuerpo humano o entre dos cuerpos humanos. Esta investigación evidencia la necesidad de intervenciones de enseñanza que aludan a las enfermedades zoonóticas y a la pandemia, no solo a la infección.

Alternativas a la mirada biologicista

Tres de las líneas propuestas por diversos autores para el abordaje del COVID-19 en las aulas son considerarlo desde las controversias sociocientíficas, la multirreferencialidad y a partir de la combinación de múltiples modelos. Estas miradas parecen ser una contribución significativa para que los estudiantes comprendan cómo una infección se configura como pandemia, pues abordan el aspecto biológico y social del fenómeno.

Para Reiss (2020), los desafíos de abordar una enfermedad de origen zoonótico, como lo es el COVID-19, se resuelven mediante la combinación de múltiples modelos y enfoques de modelado que aclaran los diversos procesos epidemiológicos, ecológicos y sociales en juego. Estos modelos no deben entenderse como una ciencia neutral que informa la política de manera lineal, sino que tienen vida social y política: normas y valores sociales, culturales y políticos que dan forma a su desarrollo. Kafai *et al.* (2022) explican que necesitamos comprender y enseñar la ciencia de las enfermedades infecciosas en la educación, no solo en lo que respecta a la protección de un individuo o de una pequeña comunidad, sino también en lo que respecta a nuestras responsabilidades sociales comunitarias para detener la propagación de enfermedades. Esto apunta a la necesidad de una comprensión específicamente sociocientífica de las enfermedades infecciosas en todos los niveles educativos.

En consonancia con estas propuestas, Revel y Adúriz-Bravo (2022) plantean que las múltiples dimensiones de la enfermedad deben examinarse en las aulas si apuntamos a un aprendizaje de las ciencias que permita a los estudiantes utilizar de manera competente el conocimiento científico frente a un problema sociocientífico de la magnitud del COVID-19. Esas dimensiones sociales, culturales, económicas e incluso psicológicas pueden introducirse a través de narrativas cuidadosamente construidas sobre la pandemia, con sus elementos constitutivos que se completan

utilizando información multirreferencial sobre la enfermedad.

Metodología

Para conocer qué nos dice la investigación en educación en ciencias sobre la complejidad del abordaje del COVID-19 en las aulas, se realizó una revisión sistemática de tipo cualitativo (Sánchez *et al.*, 2022) sobre la literatura especializada en el periodo de 2020 a 2022. Este periodo se justifica con el inicio de la pandemia, declarado en marzo de 2020. La búsqueda de artículos se llevó a cabo en diciembre de 2022 y las bases de datos consultadas fueron EBSCO y Springer.

Criterios de selección de artículos

Los criterios de selección de la literatura fueron: a) que la reflexión o propuesta tuviera una mirada crítica e integradora que concibiera al COVID-19 más allá de su aspecto biológico; b) que el escrito incluyera principalmente una reflexión o propuesta pedagógica para educación básica (primaria o secundaria) sobre el COVID-19, vinculada con la educación en ciencias. Se realizó un análisis de contenido cualitativo de los trabajos encontrados en función de dos preguntas de investigación: 1) ¿Cómo se podría abordar el contenido de la pandemia por COVID-19 en las aulas de educación básica? 2) ¿Cuáles son los elementos o dimensiones propuestas desde la educación en ciencias para abordar la pandemia por COVID-19 en la escuela? Los criterios se pueden resumir en la siguiente tabla.

Tabla 1. Criterios de inclusión y exclusión

| Criterios de inclusión | Criterios de exclusión |
|--|--|
| Estudios en educación en ciencias con una mirada crítica o integradora que considere a la pandemia más allá de su aspecto biológico. | Estudios que no son de educación en ciencias o que, si lo son, no analicen los aspectos sociales de la infección por SARS-CoV-2. |
| Artículos publicados entre marzo de 2020 y noviembre de 2022. | Artículos publicados fuera del intervalo de tiempo mencionado. |
| Estudios en revistas indexadas y en formato de texto completo. | Estudios no disponibles en formato de texto completo. |
| Estudios realizados o sugeridos en contextos educativos formales. | Estudios realizados o sugeridos en contextos educativos informales. |

Fuente: elaboración propia.

Se decidió incluir los trabajos de educación básica pensando en el contexto de la reforma educativa mexicana en curso, ya que en este nivel se están proponiendo los cambios más importantes en términos de organización curricular y de fundamentos epistemológicos. Destacan entre ellos las epistemologías del sur, las pedagogías críticas, decoloniales y populares, entre otras (Frade, 2022). Por eso, consideramos importante conocer lo que nos dice la literatura sobre el abordaje de la pandemia en este nivel educativo y cuáles son las propuestas que surgen después de una crisis sanitaria tan importante a nivel mundial.

Elaboración de corpus de lectura y de categorías de análisis

El corpus de lectura se consolidó en diciembre de 2022, cuando se identificaron, eligieron y organizaron los artículos. La creación de categorías se realizó entre enero y abril de 2022, y se incorporaron a la discusión los textos.

1) Los términos empleados para la búsqueda fueron: *(COVID-19) AND (science education) AND (elementary education) OR (elementary school) OR (K-12) OR (primary school) OR (basic education); (pandemic) AND (science education) AND (elementary education) OR (elementary school) OR (K-12) OR (primary school) OR (basic education); (COVID-19) AND (science education) AND (teaching) OR (teaching strategies); (pandemic) AND (science education) AND (teaching) OR (teaching strategies)*. Aunque la mayoría de los artículos encontrados con la búsqueda de estas palabras hacían referencia a los efectos del COVID-19 en la educación, la elección se efectuó con base en aquellos que lo consideraran un contenido curricular. Este criterio redujo el número de artículos; no obstante, la intención era tener exclusivamente aquellos que se relacionaran con el objetivo de la búsqueda. Para llevar a cabo esta elección, primero se leyeron los títulos de cada artículo, y si el título evocaba alguna reflexión sobre la enseñanza y aprendizaje de la pandemia o alguna intervención, se procedía a leer el resumen. Con base en la lectura del resumen, se seleccionaron aquellos artículos que tuvieran alguna reflexión sobre la pandemia como contenido curricular y los que se relacionaran con la educación básica. Se elaboraron carpetas para la descarga de este corpus, de acuerdo con el tipo de artículos encontrados: unos

con propuestas de intervenciones, los cuales se centran en reflexiones de tipo teórico, y otros con datos empíricos acerca de intervenciones educativas ya realizadas.

Tabla 2. Resumen de artículos obtenidos por tipo

| Tipo de artículo | Propuestas de intervenciones | Datos empíricos |
|--------------------------------|------------------------------|-----------------|
| N.o de artículos seleccionados | 16 | 9 |

Fuente: elaboración propia.

2) Dada la especificidad de la búsqueda y selección, se obtuvieron veinticinco artículos. Para estudiarlos, se empleó un análisis documental cualitativo (Bernete, 2013). Se encontraron una serie de elementos coincidentes discutidos por autores de varios países, los cuales consideran necesarios para abordarse en las aulas. Para organizar los datos obtenidos de este análisis, se clasificaron los elementos o dimensiones abordadas de la pandemia en cinco apartados: 1) explotación de recursos naturales; 2) desigualdades sociales que originó y en las que se desencadenó; 3) historia de esta y otras pandemias; 4) desconfianza en la ciencia, y 5) temas controversiales sobre el surgimiento y cura.

Resultados

Explotación de recursos

En este apartado se retoman discusiones de tres de los artículos del corpus analizado para ejemplificar los elementos que se sugiere analizar en las aulas y que relacionan la explotación de recursos naturales con el surgimiento de la pandemia:

De acuerdo con Sousa-Santos (2020), los efectos negativos de la pandemia sobre la Tierra y la humanidad se vieron exacerbados por las dimensiones planetarias que ha tomado el capitalismo. La crisis sanitaria actual

está conectada con la crisis ecológica, ya que ambas son manifestaciones de este modelo de sociedad que se basa en la explotación ilimitada de los recursos naturales.

Rezende *et al.* (2021) imaginan una educación científica que luche por la preservación del planeta, sea crítica con el modelo capitalista de sociedad y valore el conocimiento del sur global. Los autores plantean situar la explotación humana descontrolada de los recursos del planeta como factor responsable de la degeneración del medio ambiente, así como del surgimiento de la pandemia. Su propuesta se basa en la experiencia vivida en Brasil, segundo país con más muertes a causa del COVID-19, detrás de Estados Unidos de América (EUA). Según los autores, Brasil fue responsable de un tercio de la pérdida de bosques tropicales del mundo en 2020, y los incendios en la Amazonia aumentaron significativamente. Desde entonces, el gobierno perdió inversionistas internacionales debido al desmantelamiento de la política ambiental impulsada por la gestión administrativa de ese momento. Brasil se convirtió en caldo de cultivo de nuevas variantes del coronavirus y en una amenaza para los esfuerzos de vacunación de todos los países. Con base en esa experiencia, los autores enfatizan que la educación científica debe reconocer cómo la actividad humana puede reducir la biodiversidad y hacer que las especies se conviertan en los mejores anfitriones de patógenos que pueden infectar a los humanos.

La propuesta de Forsythe y Chan (2021) es abordar la pandemia como tema sociocientífico desde una educación centrada en la justicia, que considere los aportes de la educación ambiental (EA). Esta postura se enriquece con pedagogías centradas en la justicia, por ejemplo, al pensar en los impactos negativos en la salud de la mayoría de los contaminantes, que a menudo se concentran alrededor de los

almacenes de entrega, generalmente ubicados en vecindarios económicamente desfavorecidos. Por lo tanto, las decisiones tomadas por algunas personas para proteger su salud al quedarse en casa y pedir productos en línea probablemente hayan causado que otras personas menos favorecidas enfrenten mayores amenazas para su salud en sus respectivos hogares. Resolver estos problemas mientras se abordan las desigualdades requiere la aplicación integrada del conocimiento científico-ambiental y las preocupaciones sociopolíticas.

Como se puede apreciar, este último estudio también aborda aspectos de desigualdad social que desencadenaron la pandemia. Al respecto, en el siguiente apartado se discuten otros tres artículos que, junto al mencionado, sumarían cuatro de los que aborda la dimensión de desigualdades.

Desigualdades sociales que originó y en las que se desencadenó la pandemia

Tebeck (2021) realiza una analogía sobre las partículas en la atmósfera, que se mueven al azar, y el movimiento de los virus, que es semejante; por lo tanto, se esperaría que la tasa de propagación del coronavirus fuera la misma entre las personas, sin importar su condición económica. Sin embargo, está lejos de ser igual: las tasas de propagación del coronavirus aumentan con una alta densidad de población. Algunas comunidades viven en hogares con un alto nivel de hacinamiento, por lo que es poco probable que implementen reglas de distanciamiento social. Otras personas no tienen suficientes fondos en sus ahorros para cubrir emergencias de salud, lo que amplifica las desigualdades socioeconómicas. Henao-Kaffure y Peñaloza (2021) explican que, más que un ataque y colonización de células de muchas personas al mismo tiempo por algún tipo de microorganismo patógeno, las pandemias se configuran como procesos históricos que se materializan en nuestra corporeidad humana como sujetos y como sociedad, en medio del dolor, la enfermedad y la muerte, generalmente de forma diferencial entre clases sociales, géneros y etnias. Tener esta mirada permitiría emprender esfuerzos con un sentido y una dirección más transformadores.

Ke *et al.* (2021) proponen que los estudiantes, además de ser capaces de explicar cómo el virus infecta el cuerpo humano mediante el desarrollo de modelos, también es importante que comprendan qué tan contagioso es el COVID-19 y reflexionen sobre las áreas densamente pobladas. Para ello, pueden usar un modelo que les ayude a predecir en qué medida un bajo nivel de distanciamiento social dentro de un área densamente poblada puede aumentar la propagación viral. Desde un punto de vista de modelado matemático y de datos, la noción de crecimiento exponencial es un concepto importante para dar sentido al contagio del COVID-19. Es crucial que los estudiantes comprendan cómo el COVID-19 es relevante para los diferentes sectores de la sociedad (economía, política, salud pública). Además, es importante que los estudiantes reconozcan

que sus decisiones personales podrían afectar otros elementos del sistema relacionados con el problema.

Historia de esta y otras pandemias

En este apartado se alude a tres investigaciones que plantean la importancia de situar la historia de esta y otras pandemias en las aulas para conocer las medidas antes tomadas y observar la pandemia como un proceso de configuración.

Erduran (2020) hace un llamado a mirar la historia de la ciencia, ya que esta se encuentra repleta de innumerables lecciones sobre las pandemias en términos de sus dimensiones sociales, éticas, científicas y médicas. Reiss (2020), por su parte, considera que la forma más obvia en que un educador de biología podría ver el papel de la historia de la ciencia en la época del COVID-19 es considerando pandemias pasadas. Por ejemplo, existe una implementación de medidas similares entre la pandemia de influenza y el COVID-19; en ambas se usaron máscaras, se prohibieron las reuniones públicas, se cerraron escuelas y negocios, se recomendaron buenas prácticas de higiene, se establecieron hospitales improvisados y se hicieron intentos desesperados de fabricar una vacuna.

Desde una perspectiva histórico-territorial sobre el COVID-19, Henao-Kaffure y Peñalosa (2021) explican la necesidad de mirar a la pandemia como un proceso de configuración desde una cronología detallada de los coronavirus en China. A raíz de la liberalización de su economía socialista en 1980, surge un mercado de vida silvestre con el objetivo de terminar con las hambrunas campesinas; sin embargo, este se convirtió en un mercado de lujo para consumidores adinerados del mundo. Los autores describen las epidemias ocurridas en 2002 y 2010, ambas relacionadas

con un tipo de coronavirus en ciudades de China. Además, presentan las relaciones entre países del Medio Oriente y África sobre el transporte de dromedarios, que formaron parte de la cadena de propagación del virus. Estos animales son transportados desde países como Somalia y Sudán hacia Egipto y el Medio Oriente para el turismo, justificado con narrativas de desarrollo económico para los pastores de los países africanos.

Gracias a estos artículos podemos apreciar los aspectos políticos, económicos e ideológicos de la pandemia en perspectiva histórica. A través de la historia se puede conducir a los estudiantes a examinar datos y cuestionar prácticas humanas de esta y otras épocas.

Desconfianza en la ciencia

Una dificultad explorada por diversos autores con respecto a la educación en ciencias es la creciente desconfianza en la ciencia por parte de la población. En este apartado discutimos seis artículos del corpus que abordan este elemento, el cual consideramos clave para su tratamiento en las aulas (Allchin, 2020; Estigarríbia *et al.*, 2022; Leung y Cheng, 2020; Rosenberg *et al.*, 2022; Willig y Monteiro, 2022; Zeynep *et al.*, 2022).

De acuerdo con Kafai *et al.* (2022), la noción mal informada de que la ciencia debe ser absoluta, cuando la naturaleza misma de la ciencia está enraizada en su provisionalidad, indica una urgencia creciente para que los educadores ayuden a involucrar a un público más informado y educado. Al respecto, Willig y Monteiro (2022) explican que el nacimiento de la ciencia moderna está marcado por la búsqueda de un rigor metodológico y una verdad absoluta. Más adelante, durante el siglo xx, se puso bajo sospecha esta imagen, así como los ideales epistemológicos y sociales

que inspiraba. En particular, los estudios sobre los impactos ambientales del progreso modernista, así como el peligro evidente de los conflictos geopolíticos, revelaron que la ciencia no podía considerarse una práctica neutral o inofensiva. Durante este periodo, diferentes estudios comenzaron a señalar los aspectos sociales, políticos, económicos y no racionales de la ciencia, algunos de los cuales se conocieron con la etiqueta general de *posmodernismo*.

Rosenberg *et al.* (2022) coinciden en que la incertidumbre es omnipresente en la ciencia, por lo que proponen que un enfoque bayesiano puede ayudar a los estudiantes a comprender la incertidumbre y generar confianza en la ciencia. Este enfoque permitiría concebir el conocimiento científico no como correcto o incorrecto, o verdadero o falso, sino con los grados de creencia que uno podría expresar considerando información previa y nueva evidencia. Una parte central de las contribuciones de los métodos bayesianos es ver la incertidumbre de forma probabilística, ya que las probabilidades pueden proporcionar un lenguaje para expresar el grado de incertidumbre en nuestro conocimiento en una amplia gama de dominios.

Leung y Cheng (2020) explican que la ciencia escolar convencional se enfoca en gran medida en la confiabilidad de los datos y la evidencia, más que en la confiabilidad de las personas que hacen afirmaciones científicas. Esta falta de consideración del factor humano hace que la ciencia escolar convencional sea inadecuada para ayudar a los estudiantes a emitir juicios informados sobre cómo otorgar confianza. Sin embargo, se ha demostrado que, cuando las personas toman decisiones sobre temas controvertidos que están indisolublemente ligados a sus visiones del mundo o puntos de vista políticos, incluso aquellos que tienen un gran conocimiento numérico tienden a interpretar los datos de una manera que afirmarían o protegerían sus puntos de vista existentes.

Erduran (2020) expone que la creciente desconfianza en la ciencia es, a veces, promovida deliberadamente con fines políticos, como la negación del cambio climático. Allchin (2020) explica cómo muchos líderes cívicos caracterizaron el virus como nada más grave que la gripe estacional y aseguraron al público que las cosas estaban “totalmente bajo control”. Matuk *et al.* (2021) llevaron a cabo una investigación donde exploraron cómo los estudiantes de educación básica expresaron su aprecio por la ciencia en un fenómeno emergente como el COVID-19. Algunos estudiantes participantes en el estudio señalaron explícitamente la información contradictoria sobre COVID-19 que se comunicó al público y describieron su desconfianza en ciertas fuentes. Otros estudiantes señalaron que solo confiaban en la información de los sitios web científicos o de fuentes de noticias acreditadas o agencias gubernamentales.

Como podemos ver, la confianza en la ciencia puede erosionarse cuando los científicos cambian de forma individual o colectiva sus puntos de vista, como ocurrió durante la primera fase de la crisis de COVID-19. Las críticas hacia la ciencia por parte del público, los medios y los políticos, por cambiar sus

recomendaciones en función de nuevos datos y hallazgos, pueden ser abordadas en las aulas para otorgar un lugar a la argumentación científica.

Temas controvertidos sobre el surgimiento y la cura del SARS-CoV-2

En este apartado se abordan algunos temas controversiales que surgieron durante la pandemia, a partir del análisis de seis artículos que conforman el corpus de esta investigación, los cuales son sugeridos por los autores para formar parte de las discusiones en las aulas.

Entre estos temas, tenemos el caso de la hidroxiclороquina como cura para la enfermedad del COVID-19. Allchin (2020) explica que un médico rural informó resultados notables usando una mezcla de hidroxiclороquina (un medicamento contra la malaria), azitromicina (un antibiótico) y sulfato de zinc. Fue una historia inspiradora de descubrimiento científico: un médico local, modesto, que se enfrenta a un aluvión repentino de casos de COVID-19 prueba una cura de la que se informa de manera oscura y descubre que parece funcionar milagrosamente en todos sus pacientes. Esa fue la narrativa que atrajo la atención de Donald Trump, entonces presidente de Estados Unidos, quien, el 20 de marzo, la promocionó durante una rueda de prensa televisada a nivel nacional, sin tener certeza sobre su eficacia. Anthony Fauci, uno de los principales funcionarios del país en enfermedades infecciosas, observó que la evidencia de la cura era anecdótica en el mejor de los casos y advirtió de los posibles peligros. Mientras tanto, varios estudios clínicos se iniciaron rápidamente para abordar la cuestión. A principios de abril, se detuvo un estudio con 81 pacientes en Manaus, Brasil, cuando se desarrollaron complicaciones cardíacas fatales en muchos de ellos

(Allchin, 2020). Mientras tanto, en Brasil (Rezende *et al.*, 2021), el expresidente Jair Bolsonaro, siguiendo a Trump, comenzó a promover la hidroxiclороquina como la solución para el COVID-19 y a financiar su producción a gran escala por parte del ejército brasileño. Si bien los estudios desarrollados durante la pandemia indicaron la ineficacia del fármaco, el gobierno continuó promoviéndolo. A medida que se sabía más sobre la pandemia, el ministro de salud y el presidente brasileño tomaron lados opuestos: el ministro se puso del lado de la ciencia, mientras que el presidente la negó y defendió la hidroxiclороquina.

Otra controversia suscitada a raíz de la pandemia fue la afirmación de que la radiación de la tecnología 5G estaba correlacionada con el debilitamiento del sistema inmunológico de las personas, haciéndolas más vulnerables al COVID-19, y que la radiación 5G transmitía directamente el SARS-CoV-2. Un artículo científico en PubMed reafirmaba estas declaraciones; sin embargo, detrás había una revista que publicaba artículos solo por pagar una cuota, sin evaluarlos. Por ello, PubMed tuvo que retirar ese artículo de sus publicaciones, ya que no tenía validez científica (Leung y Cheng, 2020). Sobre este caso, Allchin (2020) explica que las personas, al leer esta noticia, pudieron haberse preguntado si, en realidad, la tecnología 5G podría estar comprometiendo el sistema inmunológico y haciendo que un virus común fuera más mortal. Concluye que cada uno aplica el razonamiento científico por su cuenta, y alguien con una buena formación en ciencias recordaría que la correlación no implica causalidad.

Leung y Cheng (2020) afirman que confiar en la evidencia empírica es una práctica científica clave. Sin embargo, esta es limitada como base para la evaluación cuando los estudiantes se enfrentan a afirmaciones

científicas para las cuales la evidencia es demasiado complicada y los fundamentos teóricos demasiado sofisticados. Los autores proponen ante ello: identificar las credenciales de los expertos, por ejemplo, el nivel y la relevancia de la experiencia; determinar si existe consenso en la comunidad científica, y examinar si las plataformas de publicación y los canales de difusión incluyen mecanismos de evaluación, verificación o filtrado, es decir, revisión por pares. Estos procesos epistémicos son intrínsecos al contexto social en el que se genera el conocimiento científico y se ha encontrado que están dentro de las capacidades de entendimiento de los estudiantes.

Porras (2021) expone la necesidad de una educación científica emancipatoria y propone desarrollarla por medio de un pensamiento crítico que permita a los estudiantes aplicar rigurosidad a la hora de evaluar tanto la información y las fuentes como las concepciones sobre la ciencia y la tecnología que circulan en el contexto escolar, lo que permitiría favorecer un pensamiento racional y complejo en torno a concepciones como la ineficacia de las vacunas. Si bien las vacunas no resuelven los problemas estructurales de la pandemia, sí ayudan a controlar la infección por el SARS-CoV-2. Cabe destacar que, aunque la búsqueda incesante de la vacuna fue una promesa de salvación, también tuvo sus inconvenientes. De acuerdo con Zeynep *et al.* (2022), aunque estas han sido aceptadas históricamente como una solución segura para las enfermedades por la comunidad científica, las vacunas contra el COVID-19 plantearon varios problemas, como sus efectos secundarios y su eficacia. Esto puede deberse a que el proceso de desarrollo de la vacuna pandémica del COVID-19 fue más rápido y con menos ensayos clínicos. En tales situaciones, una persona debe sopesar el riesgo de vacunarse bajo tanta incertidumbre o el de infectarse con COVID-19.

Willig y Monteiro (2022) explican que es poco probable que la divulgación científica por sí sola pueda cambiar la opinión de una persona sobre la efectividad de las vacunas; incluso debatir el papel de la ciencia en el aula, desde la perspectiva de los profesores de ciencias en la resolución de problemas, tampoco es suficiente para convencer a los estudiantes. De acuerdo con Reiss (2020), las objeciones a la vacunación comenzaron casi tan pronto como se introdujo la práctica. Las objeciones del siglo XIX incluían argumentos de que no funcionaban y eran inseguras, o que su introducción obligatoria violaba las libertades personales. Hasta el día de hoy, algunos rechazan la vacunación por las mismas razones. Tales individuos a menudo son castigados por expertos en atención médica y retratados como egoístas.

Como podemos ver, la pandemia por COVID-19 brinda a los docentes una oportunidad para contextualizar los contenidos científicos a enseñar. En particular, si queremos que los alumnos puedan explicar el surgimiento y la expansión global del SARS-CoV-2, necesitamos una noción multidimensional de los conceptos de *salud* y *enfermedad*, examinada mediante el uso de explicaciones *multicausales* y con la ayuda de múltiples referentes disciplinarios (Revel y Adúriz-Bravo, 2022).

Discusión y conclusiones

Con el análisis cualitativo de esta revisión, podemos notar en primer lugar que hay una mayor tendencia a realizar reflexiones y propuestas sobre el abordaje de la pandemia en las aulas desde una mirada compleja, y un menor número de reportes de intervenciones en educación básica que lleven estas ideas al aula. En segundo lugar, vemos que los temas más abordados son la desconfianza en la ciencia o las controversias acerca de las causas o la cura de la enfermedad. No obstante, hace falta documentar un mayor número de propuestas o intervenciones en las que se exploren las desigualdades estructurales en las que la pandemia se desencadenó, o las que se desataron a partir de esta. También hacen falta investigaciones que aborden la relación entre la explotación de recursos naturales y el surgimiento de la pandemia. Asimismo, contamos con pocas investigaciones que se apoyen en la historia de esta y otras pandemias para ayudarnos a elaborar una mirada compleja del fenómeno.

Los estudiantes necesitan comprender la complejidad de la pandemia y otras enfermedades no solo desde la esfera biológica, sino también desde la social, política y económica; debido a que no es el primer desafío de salud al que nos enfrentamos, ni será el último. Reconocer la distinción entre infección por SARS-CoV-2 y pandemia es un acercamiento que consideramos útil para analizar cómo la infección ocurre en un contexto que no siempre desencadenará una pandemia, pero que, cuando lo hace, es porque las condiciones sociales, políticas y económicas lo propician.

El marco curricular de la *Nueva Escuela Mexicana* posiciona a la pandemia como un parteaguas del que se tomaron muchos aprendizajes para sus postulados (SEP, 2022a). Se espera que la propuesta de currículo integrado contribuya a superar la visión biologicista de

las enfermedades. Cabe señalar que en los *Libros de Texto Gratuito* se destaca la enunciación de metodologías sociocríticas y, para el caso particular del campo “Saberes y pensamiento científico”, se menciona la indagación y el enfoque STEAM (SEP, 2022b).

Ante esta situación, una serie de investigaciones que se decidió omitir de esta revisión fue precisamente la de STEAM. Su significado proviene de un acrónimo que se refiere a las áreas de conocimiento: *Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics* (ciencia, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas); también se emplea como STEM, sin involucrar a las artes. Aunque estas investigaciones parecen tener una visión integradora del COVID-19, las críticas abordadas por diversos autores coinciden en que los currículos basados en STEAM (como el de Brasil o EE. UU.) se enfocan en formar profesionales competitivos para la economía global (Rezende *et al.*, 2021). Smith (2022), por su parte, plantea que la agenda de educación STEM en Australia tiene un fuerte tono instrumental, asociado a una agenda neoliberal. STEM domina la educación científica australiana, aunque los datos muestran que esta dirección política no está logrando los resultados deseados. En cambio, se planea una cartera de STEM bien preparada que garantizará un suministro listo de empresarios y trabajadores para la industria. Finalmente, Forsythe y Chan (2021) explican cómo algunas respuestas a los problemas sociocientíficos se dan principalmente dentro de las prácticas STEM, que piden a los estudiantes imaginar soluciones a las causas de los impactos desproporcionados de la pandemia, sin cuestionar directamente los sistemas de poder e injusticia que crearon esas causas subyacentes. Si bien el análisis de estas posturas sobre STEAM merecería la escritura de otro artículo, nos parece pertinente señalar algunas en esta revisión para justificar nuestra decisión de omitirlas.

Aprender sobre la historia y naturaleza de la ciencia nos acerca a una visión realista de ella, lo que nos permite mantener la confianza en su desarrollo y convivir tranquilos con la incertidumbre. Que los estudiantes de educación básica tengan esta visión debería ser una prioridad en las aulas de ciencias, dado el imaginario social que prevalece, el cual sitúa a la ciencia como inamovible, precisa, neutral, absolutista e inofensiva. Comprender que la práctica de la ciencia se desarrolla en contextos sociales, políticos y económicos cambiantes permitiría caracterizarla de una forma flexible y comprenderla de manera efectiva.

Entre las propuestas e intervenciones analizadas en esta revisión, destacaron aquellas que consideran la pandemia como un tema sociocientífico. ¿Por qué se considera así? Los problemas sociocientíficos se distinguen porque (Valladares, 2021):

a) Son problemas controvertidos y abiertos que requieren de un razonamiento basado en evidencia científica para informar las decisiones asociadas a estos. Como pudimos precisar en las dimensiones sobre la pandemia, las decisiones sobre las medidas para el abordaje del COVID-19, aunque casi siempre son de corte político, deben tener un sustento científico.

b) Usan de forma deliberada temas científicos en sus dimensiones sociales, que exigen que los estudiantes participen en diálogo, discusión, debate y argumentación para su resolución. Como también apreciamos en los temas controvertidos surgidos durante la pandemia, se utilizan deliberadamente temas científicos que, de no ser discutidos, pueden resultar en tragedias.

c) Tienen componentes éticos implícitos y explícitos que requieren algún grado de razonamiento moral. Las decisiones respecto a las políticas de cuarentena y reapertura a menudo sopesaron las preocupaciones económicas y el posicionamiento político sobre la evidencia científica (Forsythe y Chan, 2021).

Situar a la pandemia como un problema sociocientífico nos permite tener aportes de otras disciplinas o propuestas pedagógicas, como la educación centrada en la justicia, la educación ambiental o la educación en salud. Esta revisión nos conduce a un panorama de las aproximaciones críticas e integradoras sobre la pandemia y nos ayuda a enfocar algunos elementos mencionados recurrentemente para su inserción en las aulas. No obstante, el reto que enfrentamos es concretar todas estas ideas planteadas por los autores en los planes y programas de estudio y en los libros de texto, para que los docentes puedan implementarlas en sus clases. Y, particularmente en el caso mexicano, habría que buscar congruencia entre los planteamientos del marco curricular y los materiales didácticos. Aunque el planteamiento inicial retoma las pedagogías críticas y parece tener una visión integradora entre ciencias sociales y naturales, el aterrizaje de estas posturas amplias parece diluirse o simplificarse al momento de posicionarse en los planes y programas de estudio y en los libros de texto, lo cual puede llevar a confusiones para los docentes en las aulas.

Referencias

- Allchin, D. (2020). The COVID-19 Conundrum. *The American Biology Teacher*, 82(6), 429-433. <https://doi.org/10.1525/abt.2020.82.6.429>
- Bernete, F. (2013). Análisis de contenido. En A. Lucas y A. Noboa (coords.), *Conocer lo social: estrategias y técnicas de construcción y análisis de datos* (pp. 221-262). Universidad Complutense de Madrid.
- Erduran, S. (2020). Science Education in the Era of a Pandemic: How Can History, Philosophy, and Sociology of Science Contribute to Education for Understanding and Solving the COVID-19 Crisis? *Science & Education*, 29, 233-235. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00122-w>
- Estigarribia, L., Torrico, J., Cisnero, K., Wajner, M. y García, L. (2022). Co-design of a Teaching-Learning Sequence to Address COVID-19 as a Socio-Scientific Issue in an Infodemic Context. *Science & Education*, 31, 1585-1627. <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00362-y>
- Forsythe, M. y Chan, Y. (2021). Justice-centered Education Amid the COVID-19 Pandemic. *The Journal of Environmental Education*, 52(5), 347-357. <https://doi.org/10.1080/00958964.2021.1981208>
- Frade, L. [SMSEMmx] (2022). Bases históricas, filosóficas y epistemológicas del marco curricular 2022 [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=S91WKEfuczA>
- Henao-Kaffure, L. y Peñaloza, G. (2021). A Critical Perspective on Pandemics and Epidemics: Building a Bridge between Public Health and Science Education. *Cultural Studies of Science Education*, 16, 1029-1045. <https://doi.org/10.1007/s11422-021-10074-4>
- Kafai, Y., Xin, Y., Fields, D. y Tofel-Grehl, C. (2022). Teaching and Learning about Respiratory Infectious Diseases: A Scoping Review of Interventions in K-12 Education. *Journal of Research in Science Teaching*, 59, 1274-1300. <https://doi.org/10.1002/tea.21797>
- Ke, L., Sadler, T., Zangori, L. y Friedrichsen, P. (2021). Developing and Using Multiple Models to Promote Scientific Literacy in the Context of Socio-Scientific Issues. *Science & Education*, 30, 589-607. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00206-1>
- Leung, J. y Cheng, M. (2020). Trust in the Time of Corona: Epistemic Practice Beyond Hard Evidence. *Cultural Studies of Science Education*, 16, 327-336. <https://doi.org/10.1007/s11422-021-10045-9>
- Matuk, C., Martin, R., Vasudevan, V., Burgas, K., Chaloner, K., Davidesco, I., Sadhukha, S., Shevchenko, Y., Bumbacher, E. y Dikker, S. (2021). Students Learning about Science by Investigating an Unfolding Pandemic. *AERA Open*, 7(1), 1-19. <https://doi.org/10.1177/23328584211054850>
- Porrás, Y. (2021). La educación en ciencias en un escenario de pandemia (editorial). *Tecné Episteme, Didaxis: TED*, 49, 7-14. <http://orcid.org/0000-0002-7111-0632>
- Reiss, M. (2020). Science Education in the Light of COVID-19: The Contribution of History, Philosophy and Sociology of Science. *Science & Education*, 29, 1079-1092. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00143-5>
- Revel, A. y Adúriz-Bravo, A. (2022). In Sickness and in Health: Narratives on Epidemics as Tools for Science Teaching in Secondary Schools. *Science & Education*, 31, 269-291. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00258-3>

- Reyes, A. (2023). ¿Revisiones sistemáticas en educación? *Revista de Ciencias Sociales*, 29(4), 509-520. <https://doi.org/10.31876/rcs.v29i4.41273>
- Rezende, F., Ostermann, F. y Guerra, A. (2021). South Epistemologies to Invent Post-Pandemic Science Education. *Cultural Studies of Science Education*, 16, 981-993. <https://doi.org/10.1007/s11422-021-10091-3>
- Rosenberg, J., Kubsch, M., Wagenmakers, E. y Dogucu, M. (2022). Making Sense of Uncertainty in the Science Classroom: A Bayesian Approach. *Science & Education*, 31, 1239-1262. <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00341-3>
- Sánchez, M., Navarro, F. y Sánchez, J. (2022). Las revisiones sistemáticas y la educación basada en evidencias. *Espiral. Cuadernos del Profesorado*, 15(30), 108-120. <https://doi.org/10.25115/ecp.v15i30.7860>
- SEP. (2022a). *Plan de estudios de la educación básica 2022*. Dirección General de Materiales Educativos.
- SEP. (2022b). *De la Nueva Escuela Mexicana al Plan y los Programas de Estudio hasta los Libros de Texto Gratuitos de primaria 1.º a 6.º*. Documento informativo utilizado en el Consejo Técnico Escolar en noviembre del 2022.
- Smith, D. (2022). The Problem of Trust without Intimacy: Education for Handling Expert Knowledge in a Neoliberal Marketplace. *Science & Education*, 31, 1449-1474. <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00329-z>
- Sousa-Santos, B. (2020). *La cruel pedagogía del virus*. (trad. P. Vasile). Clacso. <https://www.clacso.org/la-cruel-pedagogia-del-virus/>
- Tebeck, C. (2021). The Potency of Evidence Shining the Light on Inequities that Have Surfaced Due to COVID-19. *The Science Teacher*, 58-61. www.nsta.org/highschool
- Valladares, L. (2021). Pedagogías del riesgo: alfabetización científica en tiempos de pandemia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 19(1), 130101-130115. <https://doi.org/10.25267/>
- Willig, N. y Monteiro, M. (2022). Not Only Why but Also How to Trust Science: Reshaping Science Education Based on Science Studies for a Better Post-pandemic World. *Science & Education*, 31, 1363-1382. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00303-1>
- Zeynep, E., Kaymaz, Z., Emin, M. y Laçın-Şimşek, C. (2022). Exploring the Role of Trust in Scientists to Explain Health-Related Behaviors in Response to the COVID-19 Pandemic. *Science & Education*, 31, 1281-1309. <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00323-5>
- Zucker, A. y Noyce, P. (2020). Lessons from the Pandemia about Science Education. *Phi Delta Kappan*, 102(2), 44-49. <https://www.jstor.org/stable/26977164>



La indagación y el cambio en la argumentación y los modelos explicativos sobre metamorfosis de la mariposa en estudiantes de educación primaria







- Inquiry and Change in the Argumentation and Explanatory Models on Butterfly Metamorphosis in Primary School Students
- Indagação e mudança na argumentação e modelos explicativos sobre a metamorfose da borboleta em alunos do Ensino Fundamental

Forma de citar este artículo:

Ruiz-Ortega, F. J., Pineda-Martínez, L. F. y Rodríguez-Cárdenas, É. (2025). La indagación y el cambio en la argumentación y los modelos explicativos sobre metamorfosis de la mariposa en estudiantes de educación primaria. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (57), 65 - 83. <https://doi.org/10.17227/ted.num57-18948>

Resumen

Uno de los grandes retos planteados en la enseñanza de las ciencias es cómo desarrollar la argumentación científica. En esta investigación, se asume que la argumentación es una actividad epistémica y un proceso dialógico, dialéctico, situado y con características multimodales. El propósito se focalizó en identificar la incidencia de la indagación sobre la habilidad argumentativa y el cambio en los modelos explicativos sobre el concepto de *metamorfosis* de la mariposa. El trabajo, de carácter cualitativo y con un alcance descriptivo interpretativo, se desarrolló con estudiantes de grado primero de básica primaria. El análisis se realizó sobre las representaciones gráficas y discusiones realizadas por los estudiantes sobre el tema antes y después de la aplicación de la intervención didáctica sustentada en la indagación. Estos procesos de debate ofrecidos a los estudiantes no solo facilitaron la comprensión del fenómeno de la metamorfosis, sino también la estructuración de afirmaciones apoyadas en pruebas que justificaron sus perspectivas sobre lo discutido. Estos resultados respaldan

Francisco Javier Ruiz-Ortega*  
Luisa Fernanda Pineda-Martínez**  
Érica Rodríguez-Cárdenas***  

* Docente, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia. francisco.ruiz@ucaldas.edu.co

** Magíster en Educación. Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia. lucristamen19@gmail.com

** Magíster en Educación. Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia. casiopea0329@gmail.com

Artículo de investigación

Fecha de recepción: 02/09/2023
Fecha de aprobación: 11/11/2023
Fecha de publicación: 01/01/2025



que la indagación promueve el desarrollo de la habilidad argumentativa y favorece el cambio en los modelos explicativos de los estudiantes, en la medida en que estos pueden interactuar con sus pares y con el conocimiento.

Palabras clave

debate en grupo; modelos; enseñanza; aprendizaje; indagación

Abstract

One of the major challenges in science education is how to develop scientific argumentation skills. This research considers argumentation as an epistemic activity and a dialogical, dialectical, situated process with multimodal characteristics. The study aimed to identify the impact of inquiry on argumentative skills and changes in explanatory models regarding the concept of butterfly metamorphosis. This qualitative study, with a descriptive-interpretative approach, was conducted with first-grade elementary students. The analysis focused on the graphical representations and discussions the students engaged in before and after the implementation of didactic intervention based on inquiry. These debate processes facilitated not only the understanding of the metamorphosis phenomenon but also the structuring of claims supported by evidence that justified their perspectives on the topics discussed. These results support the notion that inquiry promotes the development of argumentative skills and facilitates changes in students' explanatory models as they interact with peers and knowledge.

Keywords

group discussions; models; teaching; learning; inquiry

Resumo

Um dos grandes desafios na educação científica é como desenvolver habilidades de argumentação científica. Esta investigação pressupõe que a argumentação é uma atividade epistêmica e um processo dialógico, dialético, situado e com características multimodais. O objetivo foi identificar o impacto da investigação na habilidade argumentativa e nas mudanças nos modelos explicativos sobre o conceito de metamorfose da borboleta. Este estudo qualitativo, com abordagem descritivo-interpretativa, foi realizado com alunos do primeiro ano do Ensino Fundamental. A análise focou nas representações gráficas e nas discussões realizadas pelos alunos antes e depois da implementação de uma intervenção didática baseada na investigação. Esses processos de debate facilitaram não apenas a compreensão do fenômeno da metamorfose, mas também a estruturação de afirmações apoiadas por evidências que justificaram suas perspectivas sobre os tópicos discutidos. Esses resultados apoiam a ideia de que a investigação promove o desenvolvimento da habilidade argumentativa e facilita mudanças nos modelos explicativos dos estudantes à medida que interagem com seus pares e com o conhecimento.

Palavras-chave

argumentação; modelos; ensino; aprendizagem; investigação

Introducción

Con el paso de los años, la educación ha experimentado cambios en los modelos de enseñanza; sin embargo, no ha logrado transformaciones profundas que desarrollen, en los estudiantes, competencias necesarias para enfrentarse a los diferentes contextos en los que se desenvuelven (Landazábal y Gamboa, 2018). Actualmente, la argumentación es una de las más relevantes (Lourenço *et al.*, 2016; Cutrera y Stipcich, 2015). Para alcanzar dicha transformación, es preciso que los estudiantes aprendan a formular explicaciones y argumentar puntos de vista, pues, como lo menciona Candela (1991), son centrales para la formación científica. Si estas competencias no se desarrollan desde los primeros años de escolaridad, se pierde la etapa más importante en el desarrollo cognitivo de los niños, puesto que es en este periodo donde se consolida la posibilidad de permitir el desarrollo de procesos de pensamiento indispensables para el aprendizaje y uso responsable de los conocimientos que se adquieren en los escenarios formales de educación.

A pesar de la gran relevancia que se ha identificado en el trabajo de la argumentación en la educación primaria, son pocos los estudios que se han desarrollado en este nivel educativo. En ellos, en primer lugar, se ratifica que la argumentación es posible en estos escenarios. En segundo lugar, se demanda la formación de docentes que, además de conocer lo que se asume es argumentar en clase de ciencias, adapten sus discursos, métodos y procesos evaluativos al nivel de escolaridad de los niños y niñas (Donggil *et al.*, 2016; Chen *et al.*, 2019; Kim y Roth, 2018; Convertini, 2021).

Focalizar los esfuerzos en el desarrollo de la argumentación en el nivel de la educación primaria es uno de los propósitos de esta investigación. La razón es que la

argumentación, desde hace ya varias décadas, se viene reconociendo como una competencia de orden cognitivo, lingüístico y epistémico indispensable para los procesos de enseñanza y aprendizaje en diferentes dominios de conocimiento (Jiménez *et al.*, 2017; Erduran *et al.*, 2004; Ruiz y Ocampo, 2019; Sadler y Fowler, 2006; Blanco, 2015; Walker *et al.*, 2016). Además, es un proceso caracterizado por ser dialógico, dialéctico, social-situado, multimodal y epistémico (Osborne *et al.*, 2019). Es dialógico porque exige la interacción entre sujetos que exponen sus puntos de vista; dialéctico porque, necesariamente, un proceso argumentativo requiere la presencia de puntos de vista diferentes que permitan contrastar razones, exponer pruebas y justificaciones para decidir la fortaleza y validez de los mismos argumentos; social-situado porque todo proceso argumentativo debe considerar como eje central para la estructuración y presentación de los argumentos al auditorio y el contexto donde suceden los debates; multimodal, dada la exigencia y presencia de múltiples modos de lenguajes que ayudan a dar solidez a los argumentos; y epistémico porque la argumentación es una actividad que permite la co-construcción de conocimiento.

Otro tema que se discute en esta investigación está vinculado con los modelos explicativos. En primer lugar, se asume que el modelo explicativo es una herramienta artefactual que posibilita, además de la representación de un fragmento de la realidad, la construcción de significados; es decir, es un artefacto epistémico (Knuuttila, 2011). Es, además, una “herramienta de representación teórica del mundo, auxiliares para explicarlo, predecirlo y transformarlo” (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001, p. 239). Pero, ¿por qué el adjetivo de *explicativo*? La respuesta, precisamente, está en la intencionalidad de la expresión de esa construcción interna: comunicar la comprensión

de un tema, concepto o fenómeno. Esta comunicación, además del reconocimiento de diferentes lenguajes, expone implícita o explícitamente posibles obstáculos que ayudarían al docente en el diseño de estrategias didácticas para su efectiva intervención (Cardozo *et al.*, 2019).

En la tabla 1 se muestran los modelos explicativos sobre el concepto de *metamorfosis* de la mariposa utilizados para el análisis de la información obtenida en este estudio.

Tabla 1. Modelos explicativos

| Modelo | Característica | | | | | | |
|----------------------------|--|--|--|---|--|--|--|
| | a | b | c | d | e | f | g |
| Mitológico (M1) | Utiliza el mito para explicar el proceso de la metamorfosis. | Atribuye dones sobrenaturales a las mariposas. | Relaciona las mariposas con fenómenos naturales. | | | | |
| Generación espontánea (M2) | Un organismo se origina a partir de materia inerte. | Un organismo se origina a partir de materia en descomposición. | La planta genera seres vivos. | | | | |
| Biogénesis (M3) | Un organismo se origina de otro organismo del mismo tipo. | Representa el nacimiento como el de animales vivíparos. | Representa el nacimiento como el de animales ovíparos. | | | | |
| Biológico (M4) | Reconoce el huevo como origen de la oruga. | Reconoce la etapa larvaria. | Reconoce que la oruga forma el capullo. | Reconoce la etapa pupal en el proceso de la metamorfosis. | Reconoce la planta como el lugar adecuado para la formación de la crisálida. | Reconoce que del capullo sale la mariposa. | Representa que la oruga se transforma en mariposa. |

Fuente: adaptado de Parra (2009), Ortega (2014) y Mérida (2013).

El tercer tema que sustentó el desarrollo de este estudio fue la *indagación* (Romero-Ariza, 2017). Sobre este término, la literatura advierte la sorprendente polisemia que existe y que, quizás, lleva a que en el aula se asuma como indagación una de las capacidades que se deben desarrollar en los estudiantes, un proceso implicado en el avance de las ciencias o una estrategia de enseñanza y aprendizaje que debe ser asumida en las aulas de ciencias (Couso, 2014). Para la autora, independientemente de la concepción que se asuma de la indagación, hay dos elementos clave que no pueden desvincularse cuando se pretende incorporar la indagación al aula:

La primera, que hay que llevar la autenticidad de la práctica científica al aula, de forma que la actividad de los alumnos al aprender ciencia se parezca a la actividad de los científicos en el mundo real. La segunda, que hay que motivar e involucrar a los alumnos y para ello la actividad que se haga en el aula debe ser *engaging* (motivadora, involucrante). (p. 3)

En este mismo sentido, la indagación puede convertirse en una estrategia de enseñanza multifuncional porque aporta herramientas al estudiante para que, además de aprender ciencia, aprenda procedimientos sobre qué y cómo se construye, y, algo muy importante, aprenda a emocionarse con la ciencia—elemento indispensable para lograr motivar a los estudiantes hacia los campos científicos— (Jiménez-Liso, 2020). De ahí que la indagación cumpla un papel fundamental en el aprendizaje de la ciencia, en la medida en que evita la memorización y el aprendizaje repetitivo, para ubicarse en un escenario de enseñanza y aprendizaje que propone, como intención básica, desarrollar habilidades y destrezas pertinentes para la construcción de su aprendizaje.

Dicho lo anterior, la indagación se utiliza en este estudio como estrategia multifuncional proyectada al aprendizaje, asumido desde la perspectiva del cambio en los modelos explicativos de los estudiantes, y, a su vez, para desarrollar la habilidad argumentativa de los estudiantes.

Objetivo

Identificar la incidencia de la indagación como estrategia de enseñanza y aprendizaje en el cambio de los modelos explicativos sobre el concepto de la metamorfosis de la mariposa y en el nivel argumentativo de los niños de básica primaria.

Metodología

La investigación tiene un enfoque cualitativo y un alcance descriptivo-interpretativo. Es cualitativa, ya que la escuela y el aula de clase son escenarios de interacción entre sujetos, en donde la comprensión profunda de sus interacciones, desde la aplicación de propuestas cualitativas de investigación, podría aportar a la observación, sistematización e interpretación de los fenómenos que en ella ocurren (Paz, 2003; Goetz y Lecompte, 1988; Pérez, 2010); esto, con el fin de apoyar el diseño de escenarios más pertinentes y eficientes (Durango, 2016). Es descriptiva e interpretativa porque interesa, no solo identificar o caracterizar un fenómeno (vinculado en este caso a la argumentación y el aprendizaje), sino también comprender cómo ocurre dicho fenómeno en un contexto educativo particular, en este caso el cambio en los modelos explicativos y en los niveles argumentativos de los estudiantes.

La institución educativa en la cual se desarrolló esta investigación se ubica en una región rural del departamento de Risaralda, Colombia. Dicha institución ofrece una formación académica en todos los niveles de escolaridad a una población aproximada de 2.500 estudiantes. Como población objeto de la presente investigación, se eligieron los estudiantes matriculados en los grados 1-A y 1-B. Las edades de los estudiantes participantes oscilan entre los 5 y 7 años. De ellos, se seleccionaron 12 estudiantes, teniendo en cuenta criterios como: estar en el rango de 5 a 7 años, haber elaborado la representación gráfica que dio cuenta del modelo explicativo inicial y final, y haber participado en todo el proceso de enseñanza y aprendizaje del concepto abordado (metamorfosis).

Para esta investigación, se utilizaron dos fuentes de información: la primera, las gráficas

elaboradas por los niños al inicio y al final del proceso de enseñanza y aprendizaje. Aquí, la actividad concreta fue solicitar la elaboración de un dibujo sobre el proceso de la metamorfosis de la mariposa. En la investigación, las imágenes y específicamente los dibujos construidos por los estudiantes se utilizaron como posibilidad para consolidar la identificación de sus modelos explicativos y, también, como herramienta socio-constructivista que ayuda, desde la crítica e interacción colectiva, a aclarar contenidos y significados sobre los fenómenos que se comunican en el aula de clase (Barak, 2017; Kaya *et al.*, 2019; Katz, 2017). Las discusiones orales, registradas en audio, fueron la segunda fuente de información. Se obtuvieron luego de proponer a los estudiantes discusiones sobre sus propias elaboraciones gráficas o escritas.

El análisis de la información se orientó hacia dos aspectos: identificar antes y después del proceso los modelos explicativos sobre el concepto y, de igual manera, caracterizar los niveles argumentativos de los estudiantes al iniciar y finalizar el proceso. Para el primer aspecto, la información se analizó aplicando la perspectiva del análisis de contenido directo-deductivo de Hsieh y Shannon (2005). En otras palabras, se utilizaron los criterios de los modelos explicativos expuestos en la tabla 1 para ubicar, en las expresiones orales de los estudiantes, descriptores que permitieran identificar el o los modelos explicativos sobre el concepto estudiado al inicio y al final del proceso. El análisis anterior se complementó con la interpretación de las representaciones gráficas. En este punto, se aplicaron los criterios expuestos en la tabla 2.

Tabla 2. *Categorías de análisis de gráficas*

| Categoría | Característica |
|---|--|
| Iconicidad (1): se refiere al grado de complejidad de las imágenes | (1A) Dibujo figurativo: es una representación que imita la realidad. (1B) Dibujo esquemático: se representan relaciones y omite detalles. |
| Funcionalidad (2): hace referencia al uso que le podemos dar a las imágenes | (2A) Operativas elementales: contienen elementos de representaciones universales. (2B) Operativas sintácticas: contienen elementos que exigen conocimientos específicos. |
| Etiquetas verbales (3): Los textos incluidos en las ilustraciones | (3A) Nominativas: que son letras o palabras que dan cuenta de algunos elementos de la gráfica. (3B) Relacionales: textos que describen la relación entre los elementos. (3C) Sin etiquetas: la gráfica no contiene ningún texto. |

Fuente: adaptado de Perales y Jiménez (2002).

Ahora, para el análisis de la argumentación en el aula, el contexto de evaluación y la complejidad de una estructura que responda a la perspectiva Toulminiana invitan a proponer alternativas que posibiliten la valoración de los argumentos desde una mirada más flexible. En este sentido, se utilizó la propuesta de Sadler y Fowler (2006) para valorar el razonamiento que realizan los estudiantes cuando intentan apoyar una afirmación (tabla 3).

Tabla 3. Adaptación de los niveles de argumentación

| Nivel | Característica |
|-------|---|
| 0 | No justifica |
| 1 | Presenta justificaciones, pero sin fundamento que las apoyen |
| 2 | Proporciona justificación, pero con fundamentos simples |
| 3 | Presenta justificación con apoyo de varios argumentos más elaborados |
| 4 | Presenta justificación con apoyo de argumentos elaborados y, además, es capaz de considerar perspectivas diferentes a las propias |

Fuente: Sadler y Fowler (2006, p. 994).

Es importante señalar que la investigación se desarrolló en tres momentos. El primero consistió en la recolección de las representaciones gráficas que permitieron evidenciar los modelos explicativos de los estudiantes sobre la metamorfosis de la mariposa. El segundo fue el proceso de enseñanza y aprendizaje del concepto de *metamorfosis*; este proceso se concretó en una intervención didáctica apoyada en el desarrollo de espacios argumentativos incorporando la metodología de la indagación (ver anexo al final). El tercer momento fue la caracterización de los cambios en la argumentación y en los modelos explicativos de los estudiantes al final del proceso.

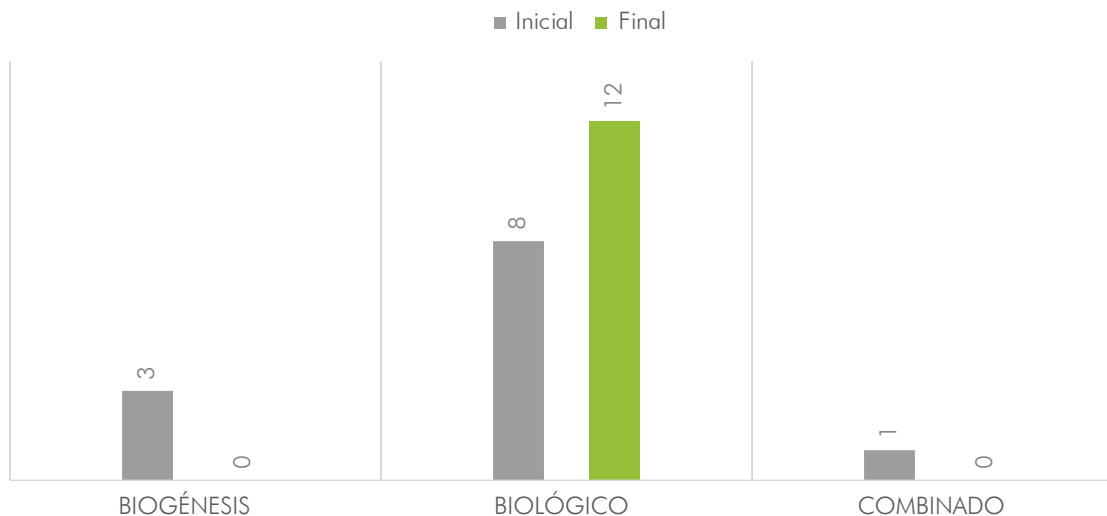
Discusión y resultados

En primer lugar, se expone la discusión descriptiva sobre los modelos explicativos y los

niveles argumentativos iniciales y finales. Luego, se ejemplifica la identificación del modelo explicativo y del nivel argumentativo desde la interpretación de las respuestas elaboradas por un estudiante durante el proceso.

La figura 1 presenta los resultados obtenidos sobre los modelos explicativos antes y después de la intervención didáctica. De ella se puede inferir que, al inicio del proceso, el 25 % de los estudiantes se ubicó dentro del modelo de la biogénesis propuesto por Pasteur (citado por Ortega, 2014), quien, en oposición a la teoría de la generación espontánea propuesta por Aristóteles, afirma que todos los seres vivos se originan a partir de otros organismos vivos del mismo tipo.

Figura 1. Modelos explicativos



Fuente: elaboración propia.

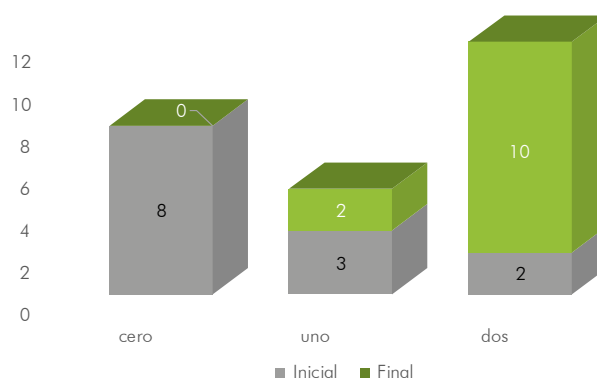
De los estudiantes participantes, ocho mostraron una tendencia hacia el modelo biológico propuesto por John Lubbock (citado por Bellés, 2009), quien explica la metamorfosis holometábola de los insectos. Uno de ellos evidenció que su modelo explicativo combina dos modelos (biogénesis y biológico). Los otros tres estudiantes se ubicaron en el modelo denominado *biogénesis*. Según la gráfica, al final del proceso, los doce estudiantes lograron ubicarse en el modelo biológico, lo que sugiere la eficacia de la indagación como estrategia de enseñanza y aprendizaje del concepto de *metamorfosis*.

Dentro del modelo biológico, seis estudiantes identificaron solo la etapa de la crisálida, uno identificó dos etapas (crisálida y mariposa), y los otros cinco identificaron tres: oruga, crisálida y mariposa adulta. Ninguno de ellos logró identificar el huevo dentro de este proceso (figura 2), lo que indica que su modelo explicativo inicial sobre la metamorfosis está incompleto. Es importante señalar que este modelo, desarrollado por John Lubbock en 1883 (citado por Bellés, 2009), define dos tipos de metamorfosis para los insectos y ubica a la mariposa dentro de la metamorfosis holometábola, compuesta por cuatro etapas: huevo, oruga, pupa o crisálida y adulto. Al finalizar el proceso de intervención, los doce estudiantes se ubicaron en el modelo explicativo biológico.

En la figura 3, se observa que los estudiantes incluyen los indicadores *a*, *b*, *d*, *f*, *g* y *h* de dicho modelo (tabla 1). Al explicar su representación, identifican las cuatro fases de la metamorfosis de la mariposa: “Que la mamá pone el huevo y la oruga sale de ahí y va a la bolsa y se mete ahí, y la oruga se va convirtiendo en mariposa y ella sale y va a ser libre”. Sin embargo, los criterios *c* (reconocer que la oruga forma el capullo) y *e* (reconocer la planta como lugar adecuado para la formación del capullo) no están claramente representados en ninguno de los lenguajes utilizados. Por lo tanto, podría suponerse que aún no han logrado construir completamente el modelo explicativo propuesto por Lubbock (Bellés, 2009).

En relación con la argumentación, es importante recordar que la fuente de información fueron los registros de las discusiones desarrolladas por los estudiantes. La figura 2 muestra lo sucedido antes y después de la intervención.

Figura 2. Niveles argumentativos



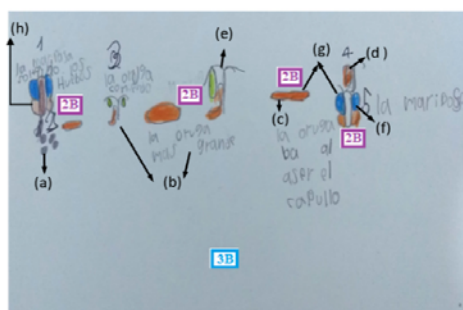
Fuente: elaboración propia.

Inicialmente, se encontró que ocho estudiantes mostraban una tendencia a un nivel bajo en su argumentación, ya que, al intervenir, sus justificaciones se limitaban a observaciones y ejemplificaciones como apoyo a sus afirmaciones. Al inicio del proceso, se encontró que tres estudiantes mostraban tendencia hacia el nivel 1, presentando justificaciones sin un respaldo fundamentado. Posiblemente, estas justificaciones provenían de experiencias previas, sentido común o interacciones con el entorno que habían establecido un modelo explicativo inicial carente de soporte científico. Por último, se identificó que un estudiante mostraba tendencia al nivel 2. En algunas intervenciones ofrecía fundamentos simples como: “Una oruga es como un gusanito”. En otras, lograba justificar con argumentos más cercanos al concepto científico de la metamorfosis: “La oruga se metió en un saco y se volvió una mariposa... Porque si no se mete, no se puede convertir en una mariposa”.

Al final del proceso de intervención, ningún estudiante fue ubicado en el nivel 0; dos se ubicaron en el nivel 1, al lograr justificar desde sus percepciones las respuestas, y los diez restantes se ubicaron en el nivel 2 dentro de la escala argumentativa, al ofrecer fundamentos más elaborados, acordes con la teoría propuesta por Lubbock.

Como se mencionó anteriormente, el siguiente análisis ejemplifica (figura 3) la identificación e interpretación de los modelos y niveles argumentativos desde un caso específico.

Figura 3. Ejemplificación de los registros utilizados para la identificación del modelo explicativo y el nivel argumentativo durante el proceso



Modelo Explicativo
ME4: Modelo explicativo Biológico: indicador (a): reconoce el huevo como origen de la oruga; (b): reconoce la etapa larvaria; (c): reconoce que la oruga forma la crisálida; (d): reconoce la etapa pupal en el proceso de la metamorfosis; (e): reconoce la planta como el lugar adecuado para la formación de la crisálida; (f): reconoce que de la crisálida sale la mariposa; (g): representa que la oruga se transforma en mariposa; (h): reconoce la mariposa como un organismo ovíparo.

Tipología de la gráfica:
LA: Dibujo figurativo: es una representación que imita la de la realidad
OB: Operativas sintácticas: contienen elementos que exigen conocimientos específicos.
RB: Relacionales: textos que describen la relación entre los elementos.

FRAGMENTOS MODELO EXPLICATIVO FINAL

SESIÓN 7 fragmento 5

P: mira bien, ¿Qué logras entender?, algo deberás entender
 E6B: nada, porque acá hay una mariposa y no están los huevos y esta raya va así
 P: entonces que opinión tienes tu sobre ese dibujo
 E6B: que está mal
 P: ¿por qué?
 E6B: no sé, porque tiene una raya y está así
 P: ¿solamente porque tiene una raya?
 E6B: y porque no hay huevos, y adentro de esta mariposa hay otra mariposa.
 P: ahí y ¿cómo sería entonces?
 E6B: no sé
 P: ¿Qué crees tú que signifique que adentro de una mariposa hay otra mariposa?
 E6B: que es imposible, porque una mariposa no puede crear a otra mariposa.
 P: ¿entonces cómo debería ser?
 E6B: tiene que poner los huevos, y de esas huevos sale una oruga.

SESIÓN 7 fragmento 6

P: ¿Qué le hace falta a este dibujo para que esté completa la metamorfosis?
 E6B: los huevos, la crisálida, la oruga

SESIÓN 7 fragmento 7

P: E6, cuéntame tú ¿qué diferencias encuentras en esos dibujos?
 E6B: que aquí no están los huevos y aquí sí, y que aquí no está la mariposa y aquí sí.
 P: ¿tú cómo ves este dibujo con respecto a éste? ¿cuál es mejor?
 E6B: éste (señala el último dibujo)
 P: ¿por qué?
 E6B: porque tiene la mariposa, los huevos, la oruga y la crisálida.
 P: ¿y eso por qué los hace diferentes?
 E6B: que este tiene todo el proceso de la mariposa.

SESIÓN 7 fragmento 8

P: ¿Cómo es que nacen las mariposas?
 E6B: La mariposa Deja los huevos y después sale La oruga, la oruga después de nacer va a comer y después de comer va a otro árbol... Se hace más grande y va a comer a otro árbol, después de que ya hizo todos los procesos ya va a otro árbol de diferentes hojas a ponerse ella a hacer el capullo y sale la mariposa.
 P: ¿y ella para que tiene que hacer el capullo?
 E6B: para convertirse en mariposa
 P: ¿Y cómo hace para convertirse en mariposa?
 E6B: ella de comer tanto le salen alas, yo los cachitos y se vuelve en mariposa.
 P: ¿y dónde pasa eso?
 E6B: en los árboles ellas se convierten en mariposa

SESIÓN 7 fragmento 9

P: ¿cuál de estas etapas es la más importante?
 E6B: la cuando nace la mariposa, porque de ahí de ella hacerse mariposa va a buscar a la mamá para estar juntas.
 P: vas a comparar estos dos dibujos y me vas a decir cuál es la diferencia entre éste y éste dibujo.
 E6B: la diferencia de este con este es que, en este yo no hice la mariposa soltando los huevos y que acá (señala el primer dibujo) sólo hice la Oruga yendo a hacerse el capullo, acá la hice comiendo, las etapas y volviéndose mariposa.
 P: ¿y cuáles son las etapas de la mariposa?
 E6B: primero son los huevos, la segunda es la Oruga, la tercera es que ella va a comer, la cuarta es el capullo, y la quinta es la mariposa.
 P: ¿porque tú crees que en este dibujo no hiciste lo mismo de acá, no hiciste todas las etapas?
 E6B: porque en el dibujo no estaba pensando bien como en éste.

La indagación y el cambio en la argumentación y los modelos explicativos sobre metamorfosis de la mariposa en estudiantes de educación primaria
 Francisco Javier Ruiz-Ortega, Luisa Fernanda Pineda-Martínez, Erica Rodríguez-Cárdenas



En el esquema elaborado por el estudiante y representado en la figura 3, se pueden identificar varios elementos que muestran los cambios presentados por E6B respecto al modelo biológico (Lubbock, citado por Bellés, 2009). En primer lugar, logra representar de manera secuencial el proceso de la metamorfosis con cada una de sus etapas, identificando en ella la presencia de todos los indicadores propuestos para este modelo (M4 a, b, c, d, e, f, g y h). Un segundo elemento se relaciona con la utilización de etiquetas que complementan la gráfica: “mariposa soltando los huevos”, “oruga comiendo”, “la oruga más grande”, “la oruga va a hacer el capullo”, “la mariposa”. Estas etiquetas apoyan la interpretación gráfica del proceso y describen cada fase representada. Además, el estudiante utiliza números para indicar el orden de cada etapa. Como tercer elemento, se encuentran datos que respaldan la gráfica mediante explicaciones orales, corroborando la complementación que E6B logra hacer en su modelo explicativo al incluir la etapa inicial del huevo, ausente en el primer análisis: “Es imposible, porque una mariposa no puede crear a otra mariposa... tiene que poner los huevos, y de esos huevos sale una oruga” (fragmento 5, sesión 7). Con esto se evidencia que al finalizar la intervención, el estudiante ha interiorizado el primer indicador (M4-a) como el inicio del proceso de metamorfosis.

Se reconocen otros elementos que muestran una construcción mucho más elaborada sobre el concepto. Cuando se le pregunta cómo nacen las mariposas, E6B describe detalladamente cada fase: “La mariposa deja los huevos y después sale la oruga, la oruga después de nacer va a comer y después de comer va a otro árbol... Se hace más grande y va a comer a otro árbol, después de que ya hizo todos los procesos ya va a otro árbol de diferentes hojas a ponerse ella a hacer el capullo y sale la mariposa” (fragmento 8, sesión 7). Esta respuesta muestra una descripción secuencial de cada fase de la metamorfosis, utilizando la palabra *después* como señal de transición entre etapas, e identifica todos los indicadores del ME4 (h, a, b, c, d, e y f), añadiendo nuevos elementos conceptuales que reflejan una metamorfosis holometábola completa.

Otro aspecto importante es que E6B establece diferencias entre sus dos modelos explicativos (inicial y final), mencionando, por ejemplo, en el fragmento 7: “Aquí no están los huevos y aquí sí, y que aquí no está la mariposa y aquí sí”. Y en el fragmento 9: “La diferencia de este con este es que (señala el primer dibujo) en este yo no hice la mariposa soltando los huevos y que acá solo hice la oruga yendo a hacerse el capullo, acá la hice comiendo las etapas y volviéndose mariposa”. Mediante esta comparación, el estudiante identifica los elementos que inicialmente le faltaban para completar el modelo.

En cuanto al análisis de la gráfica, se observa un cambio en el tipo de representación utilizado para el modelo, considerando las categorías propuestas por Perales y Jiménez (2002). El primer cambio identificado es que, aunque mantiene una iconografía figurativa, ahora se representa en forma de proceso, mostrando cada etapa de la metamorfosis de manera secuencial. El segundo

cambio tiene que ver con la funcionalidad, pasando de una operativa elemental (2A) a una funcionalidad operativa sintáctica (2B). Este hecho indica la apropiación de un conocimiento específico sobre el tema tratado. En tercer lugar, se mantiene una etiqueta verbal de tipo nominativo (3B) que explica cada etapa representada, pero en esta última gráfica se incluyen números para indicar la relación y secuencialidad entre los elementos ilustrados.

Finalmente, con respecto a la argumentación, se evidencia en sus respuestas orales una mayor tendencia hacia el nivel 2 (NA2), logrando exponer argumentos más amplios y fundamentados en el saber científico. Esto se refleja, por ejemplo, en el siguiente fragmento:

P: ¿Por qué son importantes las mariposas en la naturaleza?

E6B: No sé. Porque, de pronto, las mariposas hacen... Otro animal se las come y de ahí sigue, otro animal se la come y ese animal se lo come otro y así van alimentándose los animales para que no se deshidraten. J (NA2)

P: Y ¿qué es deshidratarse?

E6B: Que se quedan sin comida y se mueren. J

P: Y ¿qué pasaría si se mueren esos animales?

E6B: Si se mueren otros, otro animal que se come a ese animal también se muere por hambre. J (NA2)

En el diálogo, se identifica cómo el estudiante hace referencia al proceso de la cadena trófica para explicar la importancia de las mariposas en el ecosistema, reconociendo relaciones de causa y efecto al mencionar el impacto que podría tener la ausencia de alguno de los componentes en la red para la supervivencia de otras especies. Tales afirmaciones se acercan al

conocimiento científico; sin embargo, carecen de la utilización de un lenguaje más especializado para fundamentarlas.

Otro ejemplo del avance hacia el nivel NA2 se observa a continuación, cuando se plantea el cuestionamiento sobre los colores de la mariposa:

P: Y ¿tú qué crees que pasaría con una mariposa verde sobre una planta de color verde y una mariposa azul que se ponga sobre una planta de color verde? ¿Qué crees que pasaría?

E6B: La mariposa de color verde en la planta verde nadie la vería, pero una azul sí se ve porque es de color azul y la otra es verde y la mata es verde, entonces como que se camuflaría. J (NA2)

P: Y ¿para que se camufla?

E6B: Para que otros animales no las maten ni se las coman. J (NA2)

P: Entonces, ¿para qué les sirven esos colores a las mariposas?

E6B: Para camuflarse, para que no se las coman, entonces ella, con los colores, se esconde de los animales para que no se las coman. J (NA2)

De acuerdo con los planteamientos que realiza el estudiante en el diálogo anterior, logra argumentar su conocimiento desde la biología utilizando el término *camuflarse*, lo cual podría indicar un entendimiento más específico sobre el tema tratado. Además, proporciona razones simples para respaldar sus afirmaciones, demostrando un avance no solo conceptual, sino también en la forma en que E6B expresa su conocimiento.

Finalmente, al proponer establecer una diferenciación entre dos tipos de mariposas, el estudiante utiliza explicaciones que, aunque sencillas, muestran su progreso hacia el nivel

dos de la escala argumentativa propuesta por Sadler y Fowler (2006), como se observa en el siguiente fragmento:

P: Tú has dicho que las mariposas tienen diferentes colores, ¿cierto? Y tú has visto mariposas en el jardín, ¿cierto? Y ¿has visto mariposas que salen de día y algunas salen en la noche...?

E6B: Porque las de noche algunas son nocturnas y otras son polillas. J (NA2)

P: Y ¿qué diferencia hay entre una mariposa y una polilla?

E6B: Que la polilla sale de noche y solo tiene un color y la mariposa tiene varios colores. J (NA2)

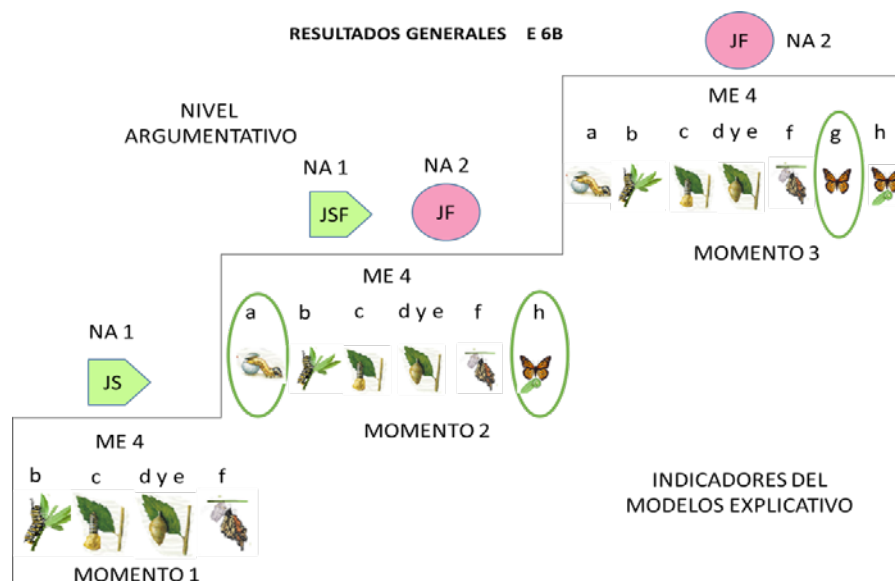
P: Y ¿por qué saldrán por la noche y no en el día?

E6B: Porque a las polillas les gusta la luz de los bombillos, porque les atrae la luz. J (NA)

Aquí se observa cómo E6B identifica las diferencias entre mariposas y polillas, y es capaz de justificar dicha diferenciación mediante argumentos simples. También establece relaciones entre algunas características de estos organismos y su estilo de vida, por ejemplo: “que la polilla sale de noche y solo tiene un color...”, lo cual asocia con el hecho de que “a las polillas les gusta la luz de los bombillos...”. Es posible que logre establecer estas diferencias a partir del conocimiento adquirido durante la intervención y relacionarlo con sus concepciones previas.

En la siguiente figura se pueden apreciar los cambios que experimentó el estudiante a lo largo de los tres momentos de intervención, incorporando indicadores que complementaron su modelo explicativo inicial para finalizar con un modelo explicativo biológico completo (ME4), al tiempo que se muestra el desarrollo en cuanto a la argumentación.

Figura 4. Síntesis de los cambios en los modelos y niveles argumentativos

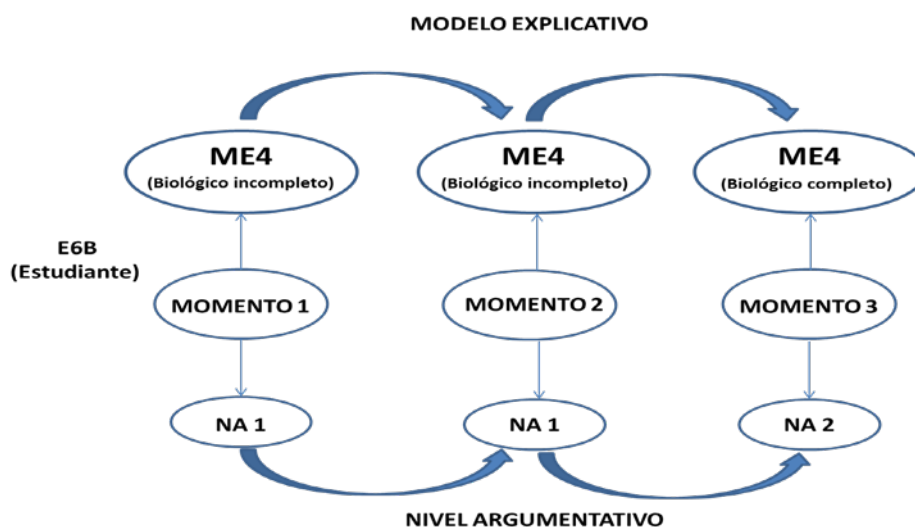


Fuente: elaboración propia.

Finalmente, se puede concluir que a medida que el estudiante avanza en el proceso de aprendizaje mediante la indagación, también logra utilizar esos nuevos conocimientos para

construir respuestas con un mayor respaldo conceptual. Esto permite evidenciar cambios no solo en su modelo explicativo, sino también en la argumentación (figura 5).

Figura 5. Modelo explicativo-nivel argumentativo (E6B)



Fuente: elaboración propia.

Conclusiones y consideraciones finales

Los escenarios de la educación básica primaria continúan representando un desafío para aquellos que se comprometen con la investigación y la transformación del aula de clases. En esta investigación, la indagación como estrategia didáctica propuesta tuvo un impacto significativo en la transformación de los modelos explicativos y los niveles argumentativos, dos categorías que, debido a su complejidad o al nivel de formación del docente, podrían no ser fácilmente incorporadas en estos contextos educativos. Sin embargo, se evidenció no solo su viabilidad, sino también cómo puede materializarse en el aula.

Los cambios identificados se lograron porque los estudiantes pudieron interiorizar el proceso al vivenciar y experimentar directamente el saber científico. Se dejaron de lado los procesos meramente memorísticos para fomentar una mayor apropiación del conocimiento y sustentar con un bagaje conceptual más sólido sus discusiones sobre el fenómeno abordado en el aula. Abrir la posibilidad de debatir con otros compañeros, defender posturas sobre el tema y relacionar otros conocimientos con la temática propuesta se reveló como una herramienta esencial que puede incorporarse desde los primeros niveles de la educación.

En relación con el modelo explicativo, se encontró que la intervención fundamentada en la indagación facilitó el aprendizaje del concepto de la metamorfosis, generando cambios en los modelos explicativos iniciales y avanzando hacia una concepción en la cual los estudiantes lograron identificar la mayoría de las etapas del modelo biológico.

En cuanto a la argumentación, se observó que al generar espacios de discusión a través de la reflexión, confrontación y análisis apoyados en la indagación, los estudiantes lograron avanzar en la escala de valoración propuesta por Sadler y Fowler (2006). Se evidenció que la estructura de sus argumentos fue más compleja y, además, más coherente.

Finalmente, esta investigación consolida la idea de que en la actualidad es crucial estudiar los procesos de aprendizaje de nuestros estudiantes, reconociendo sus representaciones externas como fuente de información sobre sus representaciones internas. Esto es especialmente relevante al trabajar con poblaciones del nivel educativo de la básica primaria. Por lo tanto, los resultados obtenidos subrayan la importancia de reconocer otros tipos de lenguajes en el aula más allá de los tradicionalmente privilegiados, como el lenguaje oral y escrito.

Referencias

- Alan, S. (2019). The Impact of Argumentation-Based Teaching and Scenario-Based Learning Method on the Students' Academic Achievement. *Journal of Baltic Science Education*, 18(2), 171-183. <https://doi.org/10.33225/jbse/19.18.171>
- Ayala, C. (2013). *Estrategia metodológica basada en la indagación guiada con estudiantes de grado séptimo de la Institución Educativa Rafael J. Mejía del municipio de Sabaneta* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/21034?show=full>
- Barak, M. (2017b). Reflective Drawings as Means to Depict the Roles of ICT in Science and Engineering Learning in the 21st Century. En P. Katz (ed.), *Drawing for Science Education: An International Perspective* (pp. 31-40). Sense Publishers.
- Bellés, X. (2009). Origen y evolución de la metamorfosis de los insectos. En SESBE (eds.), *Desarrollo, morfología y evolución* (pp. 191-199). Sociedad Española de Biología Evolutiva.
- Blanco, P. (2015). *Modelización y argumentación en actividades prácticas de Geología en secundaria* [Tesis de doctorado, Universidad de Santiago de Compostela]. Portal de Investigación Universidad Santiago de Compostela. <https://investigacion.usc.gal/documentos/5d9732a9299952736850301b?lang=de>
- Candela, M. (1991). Argumentación y conocimiento científico escolar. *Revista Infancia y aprendizaje*, 55, 13-28.
- Cardozo, M., López, A. y Tamayo, O. (2019). Modelos de inmunidad en estudiantes universitarios: su evolución como resultado de un proceso de enseñanza. *Educação e Pesquisa*, 45, pp. 1-21. <http://dx.doi.org/10.1590/S1678-4634201945184698>
- Chen, H., Wang, H., Lu, Y. y Hong, Z. (2019). Bridging the Gender Gap of Children's Engagement in Learning Science and Argumentation through a Modified

- Argument-Driven Inquiry. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17, 635-655. <https://doi.org/10.1007/s10763-018-9896-9>
- Convertini, J. (2021). An Interdisciplinary Approach to Investigate Preschool children's Implicit Inferential Reasoning in Scientific Activities. *Research in Science Education*, 51, 171-186. <https://doi.org/10.1007/s11165-020-09957-3>
- Couso, D. (2014). De la moda de "aprender indagando" a la indagación para modelizar: una reflexión crítica. En M. Héras, A. Lorca, B. Vázquez, A. Wamba y R. Jiménez (eds.), *Investigación y transferencia para una educación en ciencias: un reto emocionante* (pp. 1-28). Universidad de Huelva.
- Cutrerá, G. y Stipcich, S. (2015). La explicación en el aula de ciencias: cómo enseñamos a explicar. Un estudio centrado en el discurso de un docente en formación. En F. Campos (coord.), *Investigación educativa en Latinoamérica* (pp. 199-208). Cenid Editorial.
- Donggil, S., Arafeh, K. y Paul, K. (2016). A Remotely Operated Science Experiment Framework for Under-Resourced Schools. *Interactive Learning Environments*, 24(7), 1706-1724. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10494820.2015.1041407>
- Durango, Z. (2016). ¿Por qué es importante la investigación cualitativa en educación? *Portal de las Palabras*, 1, 43-46. <https://revistas.uninenez.edu.co/index.php/portaldelaspalabras/article/view/595>
- Erduran, S., Osborne, J. y Simón, S. (2004). TAPPING into Argumentation: Developments in the Application of Toulmin's Argument Pattern for Studying Science Discourse. *Science Education*, 88(6), 915-933. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sce.20012>
- Galagovsky, L. y Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 239-242.
- Goetz, M. y Lecompte, J. (1988). *Etnografía y diseño cualitativo en investigación cualitativa*. Morata.
- Hsieh, H. y Shannon, S. (2005). Three Approaches to Qualitative Content Analysis. *Qualitative Health Research*, 15(9), 1277-1288. <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1049732305276687>
- Jiménez, M., Álvarez, V. y Lago, J. (2017). La argumentación en los libros de texto de ciencias. *Tarbiya. Revista de Investigación e Innovación Educativa*, 36, 35-58.
- Jimenez-Liso, M. (2020). Aprender ciencia escolar implica aprender a buscar pruebas para construir conocimiento (indagación). En D. Couso, M. Jiménez-Liso, C. Refojo y J. A. Sacristán (eds.), *Enseñando ciencia con ciencia* (pp. 60-69). Penguin Random House.
- Katz, P. (2017). *Drawing for Science Education: An International Perspective*. Sense Publishers.
- Kaya, E., Erduran, S., Aksoz, B. y Akgun, S. (2019). Reconceptualised Family Resemblance Approach to Nature of Science in pre-service Science Teacher Education. *International Journal of Science Education*, 41, 21-47.
- Kim, M. y Roth, W. (2018). Dialogical Argumentation in Elementary Science Classrooms. *Cultural Studies of Science Education*, 13, 1061-1085. <https://doi.org/10.1007/s11422-017-9846-9>
- Knuuttila, T. (2011). Modelling and Representing: An Artefactual Approach to Model-Based Representation. *Studies in History and Philosophy of Science*, 42(2), 262-271.

- Kolb, D. (1984). *Experiential Learning Experiences as the Source of Learning Development*. Prentice Hall.
- Landazábal, D. y Gamboa, M. (2018). *El proceso de argumentación en la formación inicial de docentes: una experiencia mediada por Dígalo y Simas*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Lourenço, A., Abib, M. y Murillo, F. (2016). Aprendendo a ensinar e a argumentar: saberes de argumentação docente na formação de futuros professores de química. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 16(2), 295-316. <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4376>
- Mérida, A. (2013). *Mitos y creencias sobre mariposas* [entrada de blog]. <https://fotosdeaquiydealla.wordpress.com/2013/02/04/mitos-y-creencias-sobre-mariposas-por-antonio-merida-villar-2/>
- Ortega, G. (2014). La generación espontánea y la biogénesis. *Ciencias de la naturaleza y de la salud*. <http://www.abc.com.py/edicion-impresa/suplementos/escolar/la-generacion-espontanea-y-la-biogenesis-1266099.html>
- Osborne, J., Borko, H., Fishman, E., Gomez, F., Berson, E., Busch, K. y Tseng, A. (2019). Impacts of a Practice-Based Professional Development Program on Elementary Teachers' Facilitation of and Student Engagement with Scientific Argumentation. *American Educational Research Journal*, 20(10), 1-46. <https://journals.sagepub.com/doi/10.3102/0002831218812059>
- Parra, S. (2009). Generación espontánea de seres vivos. *Xataka Ciencia*. <https://www.xatakaciencia.com/biologia/generacion-espontanea-de-seres-vivos>
- Paz, M. (2003). *Investigación cualitativa en educación: fundamentos y tradiciones*. McGraw Hill.
- Perales, F. y Jiménez, J. (2002). Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 369-386.
- Pérez, A. (2010). El sentido del *practicum* en la formación de docentes. La compleja interacción de la práctica y la teoría. En A. Pérez, (coord.), *Aprender y enseñar en la práctica: procesos de innovación y prácticas de formación en educación secundaria* (pp. 89-106). Graó.
- Romero-Ariza, M. (2017). El aprendizaje por indagación, ¿existen suficientes evidencias sobre sus beneficios en la enseñanza de las ciencias? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(2), 286-299.
- Ruiz, F. y Ocampo, L. (2019). Relaciones de cooperación y especialización entre la argumentación y múltiples lenguajes en la clase de Ciencias. *Didacticae*, 5, 57-72.
- Sadler, T. y Fowler, S. (2006). A Threshold Model of Content Knowledge Transfer for Socioscientific Argumentation. *Wiley InterScience*, 90(6), 986-1004. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sce.20165>

Uzcátegui, Y. y Betancourt, C. (2013). La metodología indagatoria en la enseñanza de las ciencias: una revisión de su creciente implementación a nivel de Educación Básica y Media. *Revista de Investigación*, 37(78), 109-127.

Walker, J., Sampson, V., Southerland, S. y Enderle, P. (2016). Using Laboratory to Engage All Students in Science Practices. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(4), 1098-1113.

Anexo

Intervención didáctica

Tiempo para desarrollar el trabajo: dos meses

Etapa de la indagación: focalización

Tema 1. ¿Qué sabemos sobre las mariposas?

Primer taller Actividades

1. Ubicación, en el tablero, de imágenes de diferentes clases de mariposas y discusión sobre las siguientes preguntas: ¿Dónde creen que viven las mariposas? ¿De qué se alimentan las mariposas? ¿Cuántas patas creen que tienen las mariposas? ¿Por qué creen que son de tantos colores?
 2. Lectura del cuento “Piluca, la mariposa artista”: <http://lceei.blogspot.com/2017/01/piluca-la-mariposa-artista.html>
 3. Socialización de la lectura y diagramación, por parte de los estudiantes del “nacimiento de Piluca”.
-

Tema 2. ¿Qué sabemos sobre la metamorfosis de la mariposa?

Segundo taller Actividades

4. Retroalimentación de la sesión anterior, en donde se retomarán los dibujos realizados por los estudiantes.
 5. Discusión sobre aspectos relacionados con el proceso de metamorfosis. Las preguntas que orientarán la discusión serán: ¿De dónde nacen las mariposas? ¿Cómo pasa el gusano a ser mariposa? ¿De dónde sale el gusano que se convertirá en mariposa? ¿Qué pasa cuando se abre el capullo? ¿Por qué hicieron el capullo en el árbol y no en otra parte?
-

Etapa de la indagación: exploración

Tema 3. ¿De dónde salen las orugas?

Tercer taller Actividades

6. Observación de orugas y de huevos de mariposa. Preguntas orientadoras: ¿Qué hay ahí? ¿De dónde saldrían esos gusanos? ¿Cómo nacieron? ¿Quién pondría estos huevos? ¿Qué animal saldrá de estos huevos?
 7. Observación del video y discusión: <https://www.youtube.com/watch?v=wwRMU6-pMJE>
 8. Discusión sobre la siguiente situación: si hace demasiado frío, ¿qué pasaría con los huevos que pone la mariposa?
 9. Lectura y discusión grupal sobre la migración de las mariposas: <http://samiraaltamirano.blogspot.com/2016/11/el-ciclo-de-la-mariposa-introduccion-el.html>
-

Tema 4. El impacto de las orugas en los cultivos de alimentos

Cuarto taller Actividades

10. Observación de la transformación de las orugas. Pregunta orientadora: ¿Cómo podría afectar el desarrollo de la metamorfosis el tipo de planta donde se depositan los huevos?
 11. Observación y discusión de dos videos: <https://www.youtube.com/watch?v=a9zB8Tw4BOs> y www.youtube.com/watch?v=6YDIFRX8xMg&t=115s. Además, se complementará con la lectura: “Nacimiento de las orugas”, tomado de: <https://www.comosereproducen.com/como-nacen-las-orugas/>
 12. Discusión sobre ¿cuál es el impacto de las orugas en los cultivos de alimentos? ¿salvarían a las orugas o salvarían los cultivos?
-

Etapa de la indagación: exploración y comparación

Tema 5. Lo que ocurre al interior de la crisálida. Pregunta orientadora: ¿Cuál es la utilidad de la crisálida para la metamorfosis de la mariposa?

Quinto taller Actividades

13. Discusión sobre de los cambios que han tenido las orugas hasta formar la crisálida. Preguntas para orientar la discusión: ¿La crisálida y el capullo son diferentes? ¿Por qué piensas eso?
14. Observación del video sobre la crisálida: <http://www.sopitas.com/222371-que-es-lo-que-ocurre-al-interior-de-una-crisalida/> y la lectura: “La transformación” (<http://www.mariposapedia.com/ciclo-vida-mariposas/>)
15. Presentación por parte de los estudiantes de las características que se puedan identificar tanto del video como de la lectura.

Tema 6. Aproximándonos al mundo de las mariposas. Pregunta orientadora: ¿Qué pasaría con el ecosistema si se acababan las mariposas?

| | |
|--------------|---|
| Sexto taller | <p>Actividades</p> <ol style="list-style-type: none"> 16. Salida de campo a un mariposario. Antes de la salida de campo programada al mariposario de la ciudad, a cada grupo de trabajo se le pedirá que plantee algunas preguntas de su interés acerca del tema de las mariposas y su metamorfosis. 17. Se realizará un recorrido guiado por el mariposario. 18. Discusión sobre las preguntas planteadas en el primer punto. |
|--------------|---|

Etapa de la indagación: comparación y evaluación

Tema 7. El ciclo de vida de la mariposa. Pregunta orientadora: ¿Son los colores importantes para la vida de las mariposas?

| | |
|----------------|---|
| Séptimo taller | <p>Actividades</p> <ol style="list-style-type: none"> 19. Lectura: “Piluca, la mariposa artista”, con la cual se trabajó en la primera sesión, y discusión sobre el siguiente interrogante: ¿Son los colores importantes para la vida de las mariposas y por qué? Aquí, los estudiantes deben proponer una conclusión y una justificación. 20. Diagramación, por parte de los estudiantes, del “nacimiento de Piluca”. 21. Intercambio de las representaciones y discusión sobre ellas. 22. Comparación de las representaciones iniciales y finales. Cada estudiante frente a sus compañeros expresará cuáles aspectos se mantienen igual y cuáles cambiaron en la representación. Es necesario que sobre los aspectos que encuentren diferentes, argumenten por qué los cambiaron en la representación actual. |
|----------------|---|



El aprendizaje-servicio como referente para potenciar la educación ambiental en Colombia

- Service Learning as Reference to Enhance Environmental Education in Colombia
- Aprendizagem por serviço como referência para potenciar a educação ambiental na Colômbia

Forma de citar este artículo:



Henao-Castro, A. y Vives-Hurtado, M. P. (2025). El aprendizaje-servicio como referente para potenciar la educación ambiental en Colombia. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (57), 84-100. <https://doi.org/10.17227/ted.num57-19074>

Resumen

El presente artículo aborda la problemática de la educación ambiental en el sector educativo de básica secundaria y media en Colombia. Este profundiza en los aciertos y desaciertos de algunas estrategias de la Política Nacional de Educación Ambiental como la institucionalización de los Proyectos Ambientales Escolares (PRAE) en las Instituciones Educativas (IE) de secundaria y media. Adicionalmente, plantea que algunos de los errores más recurrentes en la implementación de los PRAE se deben a la poca relación de estos con los currículos de áreas como ciencias naturales y los PEI, así como a la falta de multidisciplinariedad. Después del diagnóstico de las problemáticas, el artículo se centra en describir las bondades y usos más comunes de la estrategia metodológica del aprendizaje-servicio (ApS) a partir de la búsqueda exhaustiva de literatura científica en Colombia, Latinoamérica, Norteamérica y Europa. A partir de lo anterior, se reflexiona sobre el uso de esta estrategia metodológica en el nivel educativo de básica y media, la cual implícitamente precisa de una articulación con el currículo. En este caso, se propone que dicha articulación curricular se realice con diferentes áreas del conocimiento, como ciencias naturales y sociales, una vez que estén alineadas con los PEI, al paso que se plantea utilizarlo para la implementación de los PRAE. Esto permitiría cumplir con los objetivos principales de la educación ambiental, transformando estudiantes de básica secundaria y media a partir de la experiencia de aprender-sirviendo.

Palabras clave

aprendizaje; servicio; educación ambiental; proyecto de educación; currículo

Alejandro Henao-Castro*  
Martha Patricia Vives-Hurtado**  

* Doctor en Educación y Cultura Ambiental. Docente de cátedra del Programa de Biología, Universidad de Cartagena, Bolívar, Cartagena de Indias, Colombia. Docente de aula en Ciencias Naturales, Institución Educativa Luis Carlos López, Secretaría de Educación de Cartagena, Cartagena de Indias, Colombia. hhenao@unicartagena.edu.co

** Doctora en Sociología Jurídica e Instituciones Políticas. Docente de carrera de la Escuela Superior de Administración Pública ESAP, Risaralda, Dosquebradas, Colombia. martha.vives@esap.edu.co - vivesmp@gmail.com

Artículo de investigación

Fecha de recepción: 21/04/2023
Fecha de aprobación: 07/05/2024
Fecha de publicación: 01/01/2025



Abstract

This article addresses the issue of Environmental Education in the middle and high school education sectors in Colombia. It delves into the successes and shortcomings of some strategies in the National Environmental Education Policy, such as the institutionalization of School Environmental Projects (PRAE) in middle and high schools. Furthermore, it states that some of the most common errors in the implementation of the PRAES stem from their weak integration with curricula in areas like Natural Sciences and the Institutional Educative Projects (PEI), as well as the lack of interdisciplinarity. Following a diagnosis of these issues, the article focuses on describing the benefits and most common uses of the Service Learning methodological strategy based on an exhaustive review of scientific literature from Colombia, Latin America, North America, and Europe. It reflects on the use of this methodological strategy in middle and high school education, which implicitly requires alignment with the curriculum. In this case, it is proposed that such curriculum alignment be carried out across different areas of knowledge, such as Natural and Social Sciences, once they are in sync with the PEI. The use of this approach for implementing PRAE is suggested, enabling the fulfillment of the main objectives of Environmental Education by transforming secondary and high school students through the experience of learning by serving.

Keywords

learning; service; environmental education; education project; curriculum

Resumo

Este artigo aborda a questão da Educação Ambiental nos setores educacionais do Ensino Secundário e Médio na Colômbia. Aprofunda-se nos sucessos e falhas de algumas estratégias da Política Nacional de Educação Ambiental, como a institucionalização dos Projetos Ambientais Escolares (PRAE) em escolas de Ensino Secundário e Médio. Além disso, sugere que alguns dos erros mais recorrentes na implementação dos PRAES decorrem da fraca integração destes com os currículos em áreas como Ciências Naturais e os Projetos Educativos Institucionais (PEI), bem como da falta de multidisciplinaridade. Após um diagnóstico dessas questões, o artigo se concentra em descrever os benefícios e os usos mais comuns da estratégia metodológica da Aprendizagem por Serviço, com base em uma revisão exaustiva da literatura científica na Colômbia, América Latina, América do Norte e Europa. Reflete-se sobre a utilização desta estratégia metodológica no Ensino Secundário e Médio, que implicitamente exige uma articulação com o currículo. Neste caso, propõe-se que essa articulação curricular seja realizada com diferentes áreas do conhecimento como as Ciências Naturais e Sociais, uma vez que estejam alinhadas com os PEI. Sugere-se a utilização dessa abordagem para a implementação dos PRAES, permitindo o cumprimento dos principais objetivos da Educação Ambiental, transformando os alunos do Ensino Secundário e Médio a partir da experiência de aprender servindo.

Palavras-chave

aprendizagem; serviço; educação ambiental; projeto educativo; currículo

Introducción

A partir del desarrollo del pensamiento ambiental latinoamericano (PAL), es posible evidenciar actualmente que la educación ambiental (EA), como eje transversal en la educación básica secundaria de Colombia, se desarrolla principalmente por medio de la implementación de los proyectos ambientales escolares (PRAE) priorizados por cada institución educativa. No obstante, diversos estudios reportan que estos proyectos se limitan a trabajar aspectos básicos como el ahorro de energía, la disminución del consumo de agua, el reciclaje de basuras y la siembra de plantas dentro de los establecimientos y sus alrededores (los casos más significativos). Tampoco ha sido evidente la incidencia en la conciencia ambiental y el comportamiento proambiental en los estudiantes, lo cual se refleja en una desconexión entre los contenidos escolares de educación ambiental del área de Ciencias Naturales y sus actitudes, aptitudes, valores y comportamientos. Dentro de las posibles causas de esta problemática, se destacan la falta de articulación con las diferentes áreas del conocimiento, la escasez de apoyo con recursos económicos, y la poca o nula disponibilidad de tiempo de los docentes líderes, entre otras.

En el presente artículo de revisión, a partir de una consulta sistemática de literatura científica en bases de datos, se realiza un diagnóstico general sobre la problemática de la educación ambiental (EA) en las instituciones educativas. También se indaga sobre las bondades del aprendizaje-servicio (ApS) como metodología para la EA, ya que puede contribuir al fortalecimiento de una cultura ambiental en los estudiantes y alcanzar los objetivos planteados por la Política Nacional de Educación Ambiental en Colombia. En el presente trabajo, se entiende por ApS una

actividad o programa de servicio solidario que tiene como eje principal a los estudiantes, orientada a atender eficazmente las necesidades de una comunidad y planificada de forma integrada con los contenidos curriculares con el objetivo de optimizar los aprendizajes.

Para esta revisión, se consultaron bases de datos como Redalyc, Latindex, SciELO, Google Académico, Dialnet, Clacso, ScienceDirect y Scopus. Adicionalmente, se tuvieron en cuenta categorías (palabras clave) tales como: *aprendizaje-servicio*, *proyecto ambiental escolar*, *educación ambiental*, *currículo*, *problemática*, *educación básica secundaria* y *media*, así como sus posibles combinaciones por medio de operadores booleanos (AND, OR, NOT), ya que estos se encuentran presentes en todas las bases de datos y son básicos para poder unir de manera lógica los términos de búsqueda de la pregunta.

Tesis y argumentos

La educación ambiental (EA) es el proceso esencial cuyo objetivo es concienciar y desarrollar nuevos patrones de conducta del ser humano en una estrecha relación con el medio ambiente (Osuna, 2020). Es de vital importancia que dentro del desarrollo de la EA se reconozcan valores, se aclaren conceptos y se fomenten actitudes y aptitudes que permitan comprender y apreciar las interrelaciones entre el hombre, la cultura y el medio (Flórez-Yepes, 2015).

Los cambios en los patrones de conducta y conciencia social frente a los recursos naturales no pueden pensarse de manera individual; debe ser un proceso colectivo que lleve a solucionar o mitigar los grandes impactos ambientales que se están presentando a nivel mundial y que han generado una serie de consecuencias sociales significativas (Flórez-Yepes, 2015; Osuna, 2020). Por este

motivo, la educación es vital, pues permitirá encontrar el camino que lleve a entender los problemas ambientales globales y, asimismo, contribuirá a generar las habilidades que posibiliten encontrar soluciones conjuntas desde una visión de futuro (Flórez-Yepes, 2015).

La visión de la educación para un desarrollo sostenible debe incluir una transformación educativa desde la estructura, gestión, currículos, espacios y estrategias de formación y aprendizaje, es decir, un cambio sistémico (Macedo y Salgado, 2007). Adicionalmente, al ser una educación centrada en la acción, la EA toma muy en cuenta el papel de quienes aprenden, por lo que no solo plantea hacer llegar ciertos conocimientos a los estudiantes, sino que también incluye la participación de todos los miembros de la comunidad de aprendizaje, de forma que puedan adquirirse actitudes y aptitudes proambientales (Bautista-Cerro *et al.*, 2019).

De acuerdo con Roque (2001), el concepto de *educación ambiental* ha evidenciado una dinámica que está estrechamente relacionada con el medio ambiente y el desarrollo, aunque no con la misma celeridad. Esto implica un ajuste del concepto de EA al desarrollo del pensamiento ambiental basado en una educación orientada a: 1) la preservación de la naturaleza, 2) la protección del medio ambiente y 3) el desarrollo sostenible. Asimismo, esta autora resalta que la EA exhibe una concepción conservacionista, lo cual, a pesar de los esfuerzos de adherir la EA al desarrollo sostenible, es evidente (en la práctica, los discursos y programas) que existe un sesgo en el que la concepción de medio ambiente se agota en la noción de naturaleza.

A través de la historia, el pensamiento latinoamericano se ha ceñido al pensamiento europeo, por lo que referentes como Augusto Ángel-Maya (Colombia) y Enrique Leff (México) han promovido una interpelación a ese modo de pensamiento, el cual inicialmente debe considerar una descolonización para generar una identidad propia que considere la pluralidad de culturas y la diversidad que caracteriza a América Latina (Ángel-Maya, 1990; Noguera, 2007; Noguera, 2011; Cruz-Herrera, 2020). A partir de esto, surge el pensamiento ambiental latinoamericano (PAL), que no sigue los paradigmas europeos y transgrede el eurocentrismo a partir de un pensamiento crítico y situado denominado como propio (Leff, 2012). Asimismo, Leff (2009) manifiesta que es precisamente en la educación ambiental donde se ha anidado el pensamiento ambiental latinoamericano, considerándolo su nicho, en el que se viene desarrollando desde hace medio siglo aproximadamente (Noguera, 2007).

De acuerdo con Franco *et al.* (2017), existen al menos tres posturas sobre la relación entre el pensamiento decolonial y el pensamiento ambiental latinoamericano. La primera es la crítica al paradigma eurocéntrico, la cual no se limita a negar el pensamiento europeo, sino más bien desplazar la visión eurocéntrica del mundo y el modo de contar las historias. La segunda se refiere a la concepción de vinculaciones indisolubles de la racionalidad-modernidad con la colonialidad.

Finalmente, la descolonización como única salida y la relevancia de una educación (descolonizada) como vía para deseurocentrar o desentrañar el colonialismo interno (Corbetta, 2019; 2021).

A pesar del progreso emancipador del PAL, la degradación de los ecosistemas y la aparición de nuevas problemáticas ambientales en los territorios siguen siendo comunes. Por lo tanto, la EA como el PAL deben continuar fomentando los cambios necesarios en actitudes, aptitudes y costumbres, priorizando el contexto territorial, la pluriculturalidad y su complejidad. Esto debería conducir a una descolonización que ayude a mitigar los efectos de las problemáticas ambientales o, en su defecto, evitar que persistan (Noguera y Echeverry, 2001; Ángel-Maya, 2008). Para esto, Leff plantea que el pensamiento ambiental es el proceso a través del cual la ecología se vuelve política y, simultáneamente, la política se ecologiza. Esto implica una relación bidireccional que abre la totalidad sistémica de la naturaleza al ámbito simbólico y cultural, así como a la ética y la justicia (Leff, 2003; Condeza-Marmentini y Flores-González, 2019). Además, al entender la ecología como un proceso dinámico e inclusivo que considera tanto lo natural como lo no natural y sus interacciones, se hace necesario contemplar una ecología de saberes y promover el diálogo desde esa pluralidad de saberes. Esto asegura el criticismo que caracteriza el pensamiento ambiental latinoamericano y transgrede la colonialidad eurocéntrica, conduciendo a una emancipación desde el Sur (Leff, 2007; Corbetta, 2021).

Finalmente, vale la pena destacar la reflexión de Noguera (2021):

La propuesta ética del pensamiento ambiental Sur es, entonces, construir saberes en el amor de tierra, de la tierra y por la

tierra, para enfrentar estos tiempos de penuria y estas geografías de la miseria, la guerra, el destierro y el desarraigo. (p. 7)

En esta se clama por continuar permeando ese pensamiento ambiental latinoamericano en la investigación (por ejemplo, desde las universidades), que reconozca el mundo diverso de culturas, vida y políticas territoriales, y que se planteen alternativas de solución alejadas del centralismo y eurocentrismo que se ha hegemonizado por la colonización, pues es a partir de todo esto que se logrará un mejor trámite de la crisis ambiental actual. Adicionalmente, Tobasura (2009), en su síntesis sobre las contribuciones de Ángel-Maya al pensamiento ambiental en Colombia, concluyó que

sus aportes se pueden sintetizar en dos: la reflexión teórica y conceptual para entender lo ambiental desde una perspectiva política, social y cultural; y la creación de herramientas de trabajo político como la educación ambiental y el impulso a la organización nacional del Movimiento Ambiental (MA). (p. 59)

Además del desarrollo del PAL, en Colombia se han venido introduciendo algunas acciones de educación ambiental a partir de los años setenta, luego de que se llevara a cabo la conferencia de Estocolmo, y su propósito ha sido, hasta el momento, preparar al ser humano para el desarrollo desde una mirada de protección al medio ambiente. En este sentido, el Ministerio del Medio Ambiente diseñó un Proyecto Colectivo Ambiental en el que se determinan las acciones encaminadas a generar criterios de ética, responsabilidad y conocimiento a los ciudadanos, así como la capacidad para identificar y enfrentar conjuntamente la solución de los problemas ambientales, dándole vital importancia a la participación y a la educación ambiental, en

el marco de la Política Ambiental del Plan de Desarrollo: “Cambio para construir la paz” (MEN y MAVDT, 2003).

Basado en lo anterior, hablar de currículo ambiental ciertamente no es un tópico nuevo en Colombia. De hecho, en el país se ha planteado la educación ambiental como un componente transversal en los niveles de educación básica primaria, secundaria y media desde 1993. Es así como el Ministerio de Educación Nacional firma el decreto 1743 del 3 de agosto de 1994 que instituye los proyectos ambientales escolares (PRAE) como componente fundamental de la educación en los niveles de básica primaria, secundaria y media en todas las instituciones educativas (IE) del país, incluyendo públicas y privadas (Decreto proyecto de educación ambiental, Decreto 1743 de agosto de 1994). Además, propone y define los PRAE como “proyectos pedagógicos que promueven el análisis y la comprensión de los problemas y las potencialidades ambientales locales, regionales y nacionales, generando espacios de participación para implementar soluciones acordes con las dinámicas naturales y socioculturales” (Mora-Ortiz, 2013, p. 68).

Además de la propuesta de los PRAE como mecanismo de inclusión de la educación ambiental en el currículo de los niveles educativos de básica secundaria y media, la Política Nacional de Educación Ambiental (PNEA) en el año 2002 contempla diversas estrategias para el posicionamiento de la EA en las instituciones educativas del país. Desafortunadamente, sigue siendo evidente que, pese a todos los esfuerzos mencionados, es común encontrar que existe una desarticulación entre estas estrategias y los currículos de los establecimientos educativos (Arévalo, 2020). Otra problemática curricular de la educación ambiental en las IE de básica y media es la falta de multidisciplinariedad, puesto que en la mayoría de las situaciones se delega a los docentes del área de ciencias naturales (Gutiérrez, 2015). Asimismo, esta problemática también se atribuye al nivel de formación investigativa que presentan los docentes de estos establecimientos educativos; en general, pocos tienen nivel académico de magísteres y doctores, y el número de docentes con trabajos de investigación es aún más reducido (Arévalo, 2020).

Después de llevar a cabo un análisis crítico sobre los proyectos ambientales escolares en Colombia, las investigaciones han demostrado que existen falencias en la implementación de estos en las instituciones educativas. De hecho, en la mayoría de los casos, se limitan a actividades sencillas que se realizan simplemente por cumplir la norma, por lo que se deslindan de su principal objetivo e implementan métodos que no generan el impacto esperado. No obstante, todas las investigaciones coinciden en resaltar la importancia de dicha estrategia para promover la cultura ambiental en los más jóvenes del país. De este modo, el seguimiento a la implementación de los proyectos ambientales escolares se hace relevante para cumplir con los objetivos para los cuales se crearon e institucionalizaron en las escuelas y colegios (Mora-Ortiz, 2013; Obando, 2011; MMA, 2016; Ojeda y Castro, 2023).

En consecuencia, el contexto de los establecimientos educativos frente a las problemáticas ambientales que los rodean, la transversalización del PRAE en las diferentes áreas del conocimiento y su articulación curricular, así como el posicionamiento dentro de los Planes Educativos Institucionales (PEI), le confieren a los proyectos ambientales escolares todo el potencial para generar cultura ambiental —o reforzarla— y transformar sujetos sociales a través de la investigación, participación y educación ambiental (Barreiro, 2019). En este sentido, tras revisar las estrategias metodológicas propuestas para la implementación de los PRAE en Colombia, se tiene un universo de posibilidades, pues cada institución educativa podría considerarse como única debido a su contexto local y regional. Sin embargo, la investigación-acción participativa (IAP) aparece con frecuencia en estudios que sugieren casos exitosos de implementación de los PRAE. Por ejemplo, a través del desarrollo y fortalecimiento de los PRAE, Holguín (2014) realizó una evaluación del impacto ambiental y social de los proyectos ambientales escolares en la localidad de Suba (Bogotá) entre los años 2002 y 2012 basado en investigación-acción participativa. Dentro de sus resultados más destacables, evidenció que se logró promover el liderazgo de los docentes y cualificar los procesos académicos y administrativos en las instituciones educativas en el ámbito ambiental, a la vez que se fortaleció la investigación. Todo esto involucrando a los distintos estamentos de la comunidad educativa. Otros investigadores como Céspedes *et al.* (2009) proponen estrategias pedagógicas a partir de investigación cualitativa y mixta para elaborar e implementar el PRAE en una IE de la localidad de Kennedy (Bogotá). Para esto, los autores realizaron una fase de diagnóstico a partir de aplicaciones de matrices DOFA, VESTER y GOFFIN y, posteriormente, aplicaron estrategias

pedagógicas como conversatorios, carreras de observación, estudio de caso con solución de problemática ambiental y salida de campo. De este modo, se logró formular e implementar el PRAE institucional, así como involucrar a estudiantes, docentes y vecinos del plantel educativo, lo que, según los autores, asegura una mayor probabilidad de darle continuidad a la implementación del proyecto ambiental escolar formulado.

Este escenario de casi tres décadas de implementación de los PRAE permite entonces ver en retrospectiva los aciertos y desaciertos de las instituciones educativas en el desarrollo de estos, generando una oportunidad única para repensar las estrategias metodológicas empleadas. Es decir, se tiene la oportunidad de mejorar a partir de la experiencia del país. No obstante, estandarizar un método, considerando los contextos locales, sin duda se vuelve un reto significativo para la investigación educativa. Asimismo, es probable que el intento de imponer una metodología única podría afectarse directa o indirectamente uno de los rasgos más importantes de Colombia: su diversidad cultural, social y biológica. Debido a esto, es pertinente aclarar que la propuesta de revisar el ApS como metodología para la EA de este artículo se suma a las propuestas existentes y no pretende en ningún momento desestimar otras estrategias didácticas que, en diferentes contextos, han resultado exitosas.

Se sabe que los proyectos ambientales escolares se basan en el trabajo comunitario y, de cierta manera, pretenden generar un bien a la sociedad dentro de las instituciones educativas como en sus alrededores, sin que se deslinden de las problemáticas ambientales, sociales o culturales de su localidad y región. Es así como los estudiantes se vuelven sujetos activos que, desde la investigación, pueden promover la educación y cultura ambiental

en su comunidad educativa y trascender al ámbito familiar. Pensando en esto y, revisando distintas estrategias metodológicas que incluyan componentes como comunidad, servicio, investigación, enseñanza, currículo y aprendizaje, se propone el uso de la estrategia aprendizaje-servicio (ApS) como una alternativa a ser usada en la implementación de los PRAE de instituciones educativas de básica secundaria y media.

A partir de una revisión rigurosa de la literatura, es posible evidenciar que la definición del método ApS no es tan sencilla como se cree (Billig *et al.*, 2005; Wilczenski y Coomey, 2007; Furco y Root, 2010; Celio *et al.*, 2011). De hecho, existe una gran diversidad de autores que realizan esfuerzos significativos por definir este método y, al mismo tiempo, explican cómo se diferencia de conceptos hermanos como el *voluntariado*, las *pasantías*, el *servicio comunitario*, entre otros (Witmer y Anderson, 1994; Ward y Zlotkowski, 1999; Bringle *et al.*, 2004; Fay y Whitehead, 2004; Furco, 2011). En general, el aprendizaje-servicio despertó un gran interés a nivel mundial a mediados de la década de 1990 y, desde entonces, se ha diversificado su uso, atribuido a sus beneficios (Speck y Hoppe, 2004; Rodríguez-Gallego, 2013; Chiva-Bartoll *et al.*, 2019; Ochoa y Pérez, 2019) y la posibilidad de ser implementado como estrategia innovadora de educación en los diferentes niveles educativos (Pegalajar y Cámara, 2014).

Para efectos del presente trabajo, se adoptará la definición de ApS de Tapia (2008), quien indica que es una actividad o programa de servicio solidario que tiene como eje principal a los estudiantes y que está orientada a atender eficazmente las necesidades de una comunidad, y planificada de forma integrada con los contenidos curriculares con el objetivo de optimizar los aprendizajes. En otras palabras, podría definirse como una educación basada en las vivencias, en la que el individuo es el protagonista de la acción y del proceso, es decir, de aprendizaje y enseñanza. Asimismo, el éxito de aprendizaje de esta metodología se resume desde tres planos de actuación: 1) la cooperación entre los compañeros para dar un servicio a la comunidad, 2) la acción de servicio hacia un grupo con una necesidad existente y, 3) la responsabilidad social propia como el deber ciudadano (Puig y Palos, 2006).

En palabras sencillas, Farber (2011) sugiere que el ApS tiene el potencial de transformar estudiantes en solucionadores de problemas, pensadores críticos y experimentadores. Esto quiere decir que se aleja del proceso enseñanza-aprendizaje tradicional, en el que convencionalmente los estudiantes se limitan a ser receptores de conocimiento. Un gran número de artículos y libros publicados reiteradamente hace énfasis en la defensa de esta estrategia de enseñanza que, a todas luces, puede transformar sujetos sociales en diversas disciplinas. Si bien la intención del presente artículo no se centra en defender la estrategia de ApS, sí es preciso destacar que uno de los principales componentes de ésta —y que la diferencia de otras— es que debe estar conectada con el currículo, algo fundamental en la implementación de los proyectos ambientales escolares como se ha mencionado. Además, el ApS se

enfoca en el estudiante y otorga al docente un papel en el que actúa de guía, orientador y facilitador del proceso (Farber, 2011; Chiva-Bartoll *et al.*, 2016). Esto último le da relevancia a la estrategia, puesto que el sujeto de cambio o de transformación es el mismo estudiante: por el hecho de adquirir un papel protagónico, se espera que apropie con mayor facilidad los valores y el conocimiento adquirido durante el proceso.

De otra parte, si bien existe una alta gama de estrategias metodológicas para el proceso de enseñanza-aprendizaje, en la mayoría de los casos se excluye el componente cívico y humano del currículo. Por esto, surge la necesidad de complementar los procesos educativos actuales con el estudio de los contextos sociales de los estudiantes. Estos contextos pueden incluir conflictos de distinta índole, incluyendo conflictos y problemáticas ambientales (Álvarez-Muñoz *et al.*, 2021). En esta medida, el aprendizaje-servicio realiza aportaciones importantes, pues como ha sido expuesto anteriormente, fomenta el pensamiento crítico a través de la reflexión y la vivencia de experiencias individuales y colectivas, teniendo como horizonte la praxis liberadora de perspectiva freiriana. De este modo, se asegura una fuerza transformadora del estudiante que, a su vez, le permite adquirir competencias y habilidades necesarias para desempeñarse como ciudadano sensible a las problemáticas que afectan su entorno y a la humanidad en general. Esto último redundando en que el estudiante no solo reconoce y aprende sobre las problemáticas, sino que se sensibiliza y se hace consciente de estas, buscando, proponiendo e implementando soluciones a las problemáticas. De este modo, el ApS promueve la resolución de problemas en un mundo que sufre los efectos de la falta de conciencia, responsabilidad y respeto por el entorno natural.

En ese orden de ideas, se ha sugerido la estrategia ApS como una metodología para trabajar la educación ambiental (EA) (Durán, 2002; Pérez *et al.*, 2019; Álvarez-Muñoz *et al.*, 2021), pues es importante en EA sensibilizar, conocer (tener conocimientos), analizar las problemáticas a partir de diagnósticos y experimentar para comprobar causas y consecuencias de los fenómenos. Según Durán (2002, p. 11), el aprendizaje-servicio “mejora la calidad educativa de las experiencias de educación ambiental que siempre están relacionadas con una demanda socioambiental”. Además, la EA y el ApS confluyen en una variedad de principios generales que siempre deben estar implícitos en el diseño de los proyectos y sus experiencias. Estos principios se refieren a distintos conceptos (*solidaridad, comunidad, complejidad e interdisciplinariedad, sustentabilidad, actividad o experiencia, orientación hacia los valores y proyectos*) que las sustentan y a los fundamentos de sus respectivas prácticas educativas (Durán, 2002).

En Colombia, es común que algunas universidades implementen la metodología de aprendizaje-servicio, especialmente en facultades de educación y de salud. En las primeras, los estudiantes en formación prestan un servicio a instituciones educativas de básica primaria y básica secundaria, mientras ponen en práctica la teoría desarrollada en sus asignaturas (Roldán *et al.*, 2012; Duque, 2018). En las facultades de salud ocurre algo similar, no obstante, el principal objetivo son los centros hospitalarios o población vulnerable que no puede acceder al servicio de salud (Godoy-Pozo *et al.*, 2019). A pesar de lo anterior, y después de revisar la literatura disponible sobre la implementación de la estrategia de aprendizaje-servicio en niveles educativos de básica secundaria y media en el país, se encontraron pocas investigaciones en estos niveles educativos, dentro de las que

se hallaron algunos trabajos de grado y tesis de maestría que abordaron problemáticas sociales desde el ApS (López, 2014).

Aunque existe un programa que ubica al servicio comunitario como eje central en estudiantes de básica media llamado Programa de Servicio Social Estudiantil Obligatorio (MEN, 1996), este se diferencia en gran medida del ApS por otorgarle mayor peso al servicio, es decir, que presenta un desbalance significativo entre lo que se aprende y el servicio que se presta por parte de los estudiantes, y tampoco tiene en cuenta el componente curricular para su implementación. Todo esto sin contar con que no está dirigido a fortalecer la educación y cultura ambiental en los estudiantes. Adicionalmente, aunque el programa de servicio social estudiantil obligatorio abre la posibilidad de insertar el servicio de estudiantes de básica media en los PRAE, dicho servicio será prestado por parte de los estudiantes solo con el fin de cumplir con las 80 horas obligatorias. Esto último le resta valor a ese servicio y, seguramente, no contribuye en cambios positivos significativos en la implementación de los proyectos ambientales de las instituciones educativas.

Con base en lo anterior, la propuesta de revisar el ApS como metodología para la EA se basa en experiencias documentadas en la literatura de revistas indexadas, especialmente de estudios de caso en otros países. Por ejemplo, Estados Unidos ha sido uno de los pioneros en aplicar el ApS en estudiantes de básica secundaria, y diversos investigadores han documentado y evidenciado los beneficios de dicha estrategia, a tal punto que es común encontrar guías de implementación de ApS en instituciones en este nivel educativo (Celio *et al.*, 2011; Jacoby y Howard, 2015). Algo similar ocurre en países como España (Echarri, 2010; Fernández y García, 2017) y de Latinoamérica como Ecuador, Argentina y México (Durán, 2002).

Investigaciones como las de Folgueira *et al.* (2014) respaldan la idea del posible éxito del ApS en los PRAE. En su estudio, reportaron que más del 90% de los estudiantes participantes manifestaron una gran acogida de esta metodología en sus escuelas, y reconocieron un mayor aprendizaje de las temáticas curriculares abordadas. Además, según encuestas realizadas a docentes en Wisconsin (EE. UU.), el ApS permitió a los estudiantes aprender más en comparación con la enseñanza tradicional, con un 46,6 % de los docentes afirmando que las calificaciones de los estudiantes habían aumentado y que el absentismo había disminuido significativamente. De hecho, más del 50 % de los estudiantes encuestados dijeron que sus calificaciones mejoraron. Aunque el estudio de Folgueira *et al.* (2014) no se centra en la educación ambiental, sus resultados sugieren la gran utilidad que el ApS podría tener en los proyectos ambientales escolares en Colombia.

Otro estudio que respalda la propuesta de revisar el ApS como metodología para la EA es el realizado por Mayor y Rodríguez (2015). En su investigación, llevada a cabo en la ciudad de Almería, España, examinaron las ventajas de aplicar la metodología ApS simultáneamente en tres ámbitos distintos:

universitario, educación básica primaria y comunitario. Los investigadores concluyeron que tanto estudiantes, docentes como la comunidad en general reconocieron haber aprendido significativamente de la experiencia. Además, los universitarios encontraron un mayor sentido en su profesión, y los docentes observaron una transformación positiva en sus estudiantes. Finalmente, los autores

afirmaron que sus resultados sientan las bases para seguir investigando cuestiones clave del aprendizaje-servicio.

Tras considerar los casos de éxito descritos, es posible concebir el ApS en una serie de fases y actividades sencillas y replicables en la educación básica y media en Colombia, las cuales se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 1. Propuesta de fases de implementación de ApS en básica secundaria y media para fomentar la EA

| Componente | fase | Descripción | Actividad |
|------------|-----------------------------|---|-------------------|
| Pedagógico | Sensibilización | Pretende generar un estado emocional en los estudiantes que contribuya a la motivación y sensibilización sobre la problemática ambiental a tratar. | Talleres |
| | Formación crítica | Busca promover el desarrollo y fortalecimiento de habilidades analíticas, inferenciales, evaluativas, explicativas e interpretativas, para llevar a cabo procesos metacognitivos y sociales en los estudiantes. | Conversatorios |
| Servicio | Diagnóstico de problemática | Consiste en que los estudiantes realicen diagnósticos de problemáticas ambientales contextualizadas, es decir, en la institución educativa y sus alrededores, en sus hogares o en su barrio o municipio. En esta fase, el componente de servicio consiste en realizar los diagnósticos y, al mismo tiempo, mitigar la problemática ambiental identificada, como, por ejemplo, recoger y clasificar la basura. | Proyectos de aula |
| | Experimentación | Pretende promover habilidades investigativas mientras los estudiantes plantean posibles soluciones a la problemática abordada. Esto se realiza mediante la experimentación científica. En esta fase se plantea el desarrollo de uno o dos experimentos que requieren poco material y son de fácil obtención. El componente de servicio se basa en que los estudiantes realicen estos experimentos con otras poblaciones o actores de su comunidad académica o social, siendo ellos los líderes del proceso. | Experimentos |

Fuente: elaboración propia.

Por lo anterior, es interesante no solo proponer la implementación del aprendizaje y servicio (ApS) en un nivel educativo que normalmente no ha sido priorizado en Colombia, sino también plantear que este se alinee con el proyecto ambiental escolar de las instituciones educativas. Tal vez no será tarea fácil, pero los resultados parecen prometedores, especialmente en un país como Colombia, considerado uno de los más biodiversos del planeta y con problemáticas ambientales en todo su territorio. Además, proponer el uso de una estrategia metodológica que generalmente se

limita a niveles educativos superiores, aunque resulte arriesgado, es lo que la hace innovadora y prometedora para ser aplicada con los jóvenes. De hecho, Gutiérrez (2015) propuso la implementación del método Delphi, que en Colombia se utiliza exclusivamente en el nivel de educación superior, y lo aplicó en la educación básica secundaria para estudiar la problemática de la educación ambiental. Entre los resultados más destacados registrados por el autor, se propuso ajustar ese método al contexto y a las problemáticas particulares de los docentes de básica secundaria en Colombia.

Con este antecedente, se considera que arriesgarse con métodos adaptados al contexto puede ser clave para potenciar la investigación educativa, al abordar la problemática curricular ambiental y lograr aportes significativos para el posicionamiento de la educación ambiental entre los jóvenes de nuestro país.

Por otra parte, retomando el vacío de conocimiento encontrado, urge ampliar el espectro de uso del aprendizaje y servicio en la población más joven, lo que seguramente redundaría en el fortalecimiento de los proyectos ambientales escolares y en el cumplimiento de sus objetivos. Lo anterior, considerando que el ApS brinda la oportunidad de fortalecer la educación y cultura ambiental a partir de la experiencia vivida por los estudiantes, ya que, en la medida en que ellos ofrezcan su servicio, se retribuirá el aprendizaje significativo en torno a la problemática ambiental que se pretenda abordar.

Un aspecto que inquieta y que podría generar efectos negativos sobre la implementación del aprendizaje y servicio dentro de los PRAE es que los problemas detectados en investigaciones sobre el éxito de los proyectos ambientales no se excluyen por el simple hecho de usar esta estrategia. Es decir, persistirían problemas como la falta de apoyo presupuestal en los proyectos, la poca disponibilidad de tiempo que los docentes pueden dedicar a los PRAE, la falta de capacitación en el uso adecuado de la metodología y el mal diagnóstico de problemáticas ambientales, sociales y culturales por parte de los docentes. Estas problemáticas podrían ser abordadas en otro escrito; sin embargo, se considera que un seguimiento adecuado y mejores garantías por parte de las secretarías de educación (entes territoriales) podrían contribuir al incremento del éxito en la implementación de los PRAE en conjunto con la estrategia metodológica de aprendizaje-servicio.

Conclusiones

Los cambios paradigmáticos en América Latina sobre cuestiones ambientales invitan a los gobiernos y secretarías de educación a repensar sus políticas y metodologías de educación ambiental. Una educación en la que la ecología se convierte en política, se asume la visión sistémica, y la ética y la justicia con la tierra se priorizan, sugiere a los docentes explorar nuevos horizontes y buscar o adaptar nuevas estrategias educativas y didácticas para garantizar un cambio en las actitudes de los estudiantes hacia la conservación de la vida.

Colombia ha estado hablando de educación ambiental durante más de cinco décadas. A pesar de los resultados positivos obtenidos con las diferentes estrategias estipuladas en la Política Nacional de Educación Ambiental, el esfuerzo realizado desde diversos sectores sociales y educativos sigue siendo insuficiente. Esto se debe al incremento de problemáticas ambientales en todo el territorio nacional, que afectan el bienestar de las personas y continúan degradando los ecosistemas marinos y continentales.

Por otro lado, los proyectos ambientales escolares (PRAES) requieren ser redimensionados para abordar problemáticas situadas y contextualizadas en los territorios, articularse mejor con los currículos de las instituciones educativas y lograr cambios significativos en la conciencia ambiental. En este sentido, la innovación en las estrategias metodológicas asociadas a la educación ambiental, especialmente cuando se aplican a los ciudadanos más jóvenes, se vuelve crucial y debe ser promovida en todos los niveles educativos y en los diferentes sectores socioeconómicos del país. Por ello, es fundamental que los docentes conozcan y apliquen la metodología de aprendizaje y servicio (ApS), ya que esta permite realizar un trabajo comunitario y participativo, abordar las problemáticas sentidas por una comunidad, encontrar soluciones, desarrollar el pensamiento crítico, favorecer el aprendizaje, promover habilidades socioemocionales y despertar una mayor sensibilidad en los estudiantes sobre las situaciones del entorno inmediato, lo cual podría contribuir directamente a la educación ambiental.

Referencias

- Álvarez-Muñoz, J., Bernández-Gómez, A. y Belmonte, M. (2021). Trabajando la educación ambiental desde la metodología aprendizaje-servicio. *South Florida Journal of Development*, 2(1), 105-118.
- Ángel-Maya, A. (1990). Perspectivas ambientales y alternativas del desarrollo. *Revista de la Universidad Nacional (1944-1992)*, 6(23), 17-22.
- Ángel-Maya, A. (2008). Medio ambiente urbano. *Gestión y Ambiente*, 11(1), 21-51. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/9212>
- Arévalo, L. (2020). Propuesta curricular interdisciplinar en investigación y educación ambiental dirigida a un grupo de estudiantes de básica secundaria. *Revista Papeles*, 12(23), 112-124. <https://doi.org/10.54104/papeles.v12n23.637>
- Barrero, J. (2019). *El Proyecto Ambiental Escolar (PRAE) como herramienta pedagógica para fortalecer la Educación Ambiental en dos Instituciones Educativas públicas en el municipio de El Espinal, Tolima* (investigación en curso). *Boletín Divulgativo*. Universidad del Tolima.
- Bautista-Cerro, M., Murga-Menoyo, M. y Novo, M. (2019). La Educación Ambiental en el s. XXI (página en construcción, disculpen las molestias). *Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad*, 1(1), 1103. <https://revistas.uca.es/index.php/REAyS/article/view/4979/5412>
- Billig, S., Root, S. y Jesse, D. (2005). *The Impact of Participation in service-learning on High School Students' Civic Engagement*. Circle working.
- Bringle, R., Phillips, M. y Hudson, M. (2004). *The Measure of Learning-Research Scales to Assess Student Experiences*. American Psychological Association.
- Celio, C., Durlak, J. y Dymnicki, A. (2011). A Meta-analysis of the Impact of Service Learning on Students. *Journal of Experiential Education*, 34(2), 164-181. <https://doi.org/10.1177/105382591103400>
- Céspedes, N., Romero, Z. y Martínez, L. (2009). Cómo formular una propuesta para la elaboración de un proyecto ambiental escolar (PRAE) a través del estudio de las situaciones ambientales del Instituto Comercial Loreto, ubicado en la localidad octava de Bogotá. *Papeles*, 1(1), 95-105. <https://revistas.uan.edu.co/index.php/papeles/article/view/771>

- Chiva-Bartoll, O., Ruiz-Montero, J., Marín, R., Pérez, I., Giles, J., García-Suarez, J. y Rivera-García, E. (2019). University service-learning in Physical Education and Sport Sciences: A Systematic Review. *Revista Complutense de Educación*, 30(4), 1147-1164. <https://doi.org/10.5209/rced.60191>
- Condeza-Marmentini, A. y Flores-González, L. (2019). Teachers' Transgressive Pedagogical Practices in Context: Ecology, Politics, and Social Change. *Sustainability*, 11(21), 6145. <https://doi.org/10.3390/su11216145>
- Corbetta, S. (2019). Education and Environment in University Higher Education; Tendencias in Latin American Critical Perspective Keys. *Revista Educación*, 43(1), 546-574. <http://dx.doi.org/10.15517/revedu.v43i1.29143>
- Corbetta, S. (2021). Educación Ambiental y Educación Intercultural: hacia una construcción de puentes desde un pensamiento ambiental y latinoamericano crítico. *Gestión y Ambiente*, 24(suplemento 1), 107-130. <https://doi.org/10.15446/ga.v24nsupl1.91903>
- Cruz-Herrera, L. (2020). *Lineamientos para la resignificación de la educación ambiental en las instituciones educativas públicas de la ciudad de Neiva-Huila, con enfoque de identidad con el territorio y articulación de la escuela con el entorno regional* [Tesis de doctorado, Universidad Surcolombiana].
- Duque, E. (2018). Evaluando una experiencia de aprendizaje servicio en torno al aprendizaje de conceptos de la ciudadanía digital. *Revista Iberoamericana de Aprendizaje Servicio*, 5, 12-23. DOI10.1344/RIDAS2018.5.2
- Duran, D. (2002). *Escuela, ambiente y comunidad: "Integración de la educación ambiental y el aprendizaje-servicio"*. Fundación Educambiente.
- Echarri, F. (2010). Los programas de escuela taller. Una aproximación conceptual al modelo educativo del aprendizaje-servicio. *REOP*, 21(1), 143-151. 10.5944/reop.vol.21.num.1.2010.11519
- Farber, K. (2011). *Change the World with Service Learning How to Organize, Lead, and Assess Service-Learning Projects*. Rowman and Littlefield.
- Fay, F. y Whitehead, G. (2004). *Serve and Learn: Implementing and Evaluating Service Learning in Middle and High Schools*. Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Fernández, C. (2015). Incidencia de los componentes de participación y territorialización de la "Herramienta PRAE de la secretaría de educación distrital (SED) de Bogotá D. C.", en el diseño de los PRAES de las instituciones educativas de la localidad de San Cristóbal Sur. En *Memorias del VIII Encuentro Nacional de Experiencias en Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental*. III Congreso Nacional de Investigación en Enseñanza de la Biología.
- Fernández, E. y García, R. (2017). La producción científica en tesis doctorales sobre aprendizaje servicio en España (2000-2016). *RIDAS*, 3, 90-104. DOI10.1344/RIDAS2017.3.7

- Flórez-Yepes, G. (2015). La educación ambiental y el desarrollo sostenible en el contexto colombiano. *Revista Electrónica Educare*, 19(3), 1-12.
- Folgueiras, P. (2014). El aprendizaje y servicio en educación secundaria. *Revista Iberoamericana de Educación*, 64(2), 1-15. <https://doi.org/10.35362/rie642365>
- Franco, D., Corbetta, S., Blanco, B. y Fernández, N. (2017). Habitar el Estado, más allá de sus instituciones. Militancia y Pensamiento Ambiental Latinoamericano (PAL) en y desde la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (UNPSJB). Grupo de Educación Ambiental (EA) y Pensamiento Ambiental Latinoamericano (PAL)(UNPSJB). En N. Fernández (comp.), *Inclusión de la formación de la Educación Ambiental en la Educación Superior. Un estado de la cuestión en la Argentina y Uruguay*. Buenos Aires. Argentina (pp. 219-227). Editorial La Bicicleta.
- Furco, A. (2011). El aprendizaje-servicio: un enfoque equilibrado de la educación experiencial. *Educación Global Research*, 0, 64-70. <https://educacionglobalresearch.net/wp-content/uploads/03-Furco-1-Castellano.pdf>
- Furco, A. y Root, S. (2010). Research Demonstrates the Value of Service-Learning. *Pennsylvania State University*, 91(5), 16-20.
- Godoy-Pozo, J., Illesca-Pretty, M., Seguel-Palma, F. y Salas-Quijada, C. (2019). Desarrollo y fortalecimiento de competencias genéricas en estudiantes de enfermería a través de la metodología aprendizaje-servicio. *Revista de la Facultad de Medicina*, 67(3), 449-458. <https://doi.org/10.15446/revfacmed.v67n3.69014>
- Gutiérrez, L. (2015). Problemática de la educación ambiental en las instituciones educativas. *Revista Científica*, 23, 57-76. <https://doi.org/10.17227/20271034.vol.0num.0bio-grafia547.596>
- Holguín, M. (2014). La experiencia de la Mesa de Educación Ambiental como estrategia para fortalecer el desarrollo de los PRAE en la localidad de Suba, Bogotá D. C., Colombia. *Asuntos*, 27, 287-303. https://www.researchgate.net/profile/Martha-Ortiz/publication/281594148_DIFERENCIA_DESIGUALDAD_Y_PERSISTENCIA_INSTITUCIONAL_EN_MEXICO/links/55ef70bf08ae0af8ee1b24ed/DIFERENCIA-DESIGUALDAD-Y-PERSISTENCIA-INS-TITUCIONAL-EN-MEXICO.pdf#page=287
- Jacoby, B. y Howard, J. (2015). *Service-learning Essentials: Questions, Answers and Lessons Learned*. Jossey-Bass.
- Leff, E. (2003). La ecología política en América Latina. Un campo en construcción. *Polis. Revista Latinoamericana*, 5, 1-16. <http://polis.revues.org/6871>
- Leff, E. (2007). Complejidad, racionalidad ambiental y diálogo de saberes: hacia una pedagogía ambiental. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 16, 11-19.
- Leff, E. (2009). *Universidad, saber ambiental y sustentabilidad*. Pontificia Universidad Javeriana.
- Leff, E. (2012). Pensamiento ambiental latinoamericano: patrimonio de un saber para la sustentabilidad. *Environmental Ethics*, 34(Supplement), 97-112. <https://doi.org/10.5840/enviroethics201234Supplement58>
- López, D. (2014). *Aprendizaje para servicio solidario: "una estrategia pedagógica para obtener valores sociales e individuales en estudiantes de secundaria"*. Estudio de caso Colegio Jorge Washington [Tesis de maestría, Universidad de Cartagena].

- Macedo, B. y Salgado, C. (2007). Educación ambiental y educación para el desarrollo sostenible en América Latina. *Revista Forum de Sostenibilidad*, 1, 29-37. http://www.ehu.es/cdsea/web/revista/numero_1/01_03macedo.pdf
- Mayor, D. y Rodríguez, D. (2015). Aprendizaje-servicio: construyendo espacios de intersección entre la escuela-comunidad-universidad. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 19(1), 262-279. <https://www.ugr.es/~recfpro/rev191ART11.pdf>
- Ministerio de Educación Nacional (MEN). (12 de septiembre de 1996). Resolución 4210 de 1996: Por la cual se establecen reglas generales para la organización y el funcionamiento del servicio social estudiantil obligatorio en Colombia. https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-96032_archivo_pdf.pdf
- Ministerio de Educación Nacional de Colombia (MEN), Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia (MAVDT). (2003). *Política Nacional de Educación Ambiental*. <https://www.uco.edu.co/extension/prau/Biblioteca%20Marco%20Normativo/Politica%20Nacional%20Educacion%20Ambiental.pdf>
- Ministerio de Medio Ambiente (MMA). (2016). *Los proyectos ambientales escolares PRAE en Colombia: Viveros de la nueva ciudadanía ambiental de un país que se construye en el escenario del posconflicto y la paz*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Mora-Ortiz, J. (2013). Los proyectos ambientales: herramientas de gestión ambiental. *Bitácora*, 25(2), 67-74. <https://doi.org/10.15446/bitacora.v2n25.39975>
- Noguera, A. (2007). Complejidad ambiental: propuestas éticas emergentes del pensamiento ambiental latinoamericano. *Gestión y Ambiente*, 10(1), 5-30. <https://www.redalyc.org/pdf/1694/169419796001.pdf>
- Noguera, A. (2011). *Homenaje a Carlos Augusto Ángel Maya. La aventura estética del pensamiento ambiental*. Instituto de Estudios Ambientales (IDEA).
- Noguera, A. (2021). Geo-ético-poéticas onto-coreo-gráficas emergentes de los habitares sures: una propuesta ética emergente del pensamiento ambiental sur. *Gestión y Ambiente*, 24(suplemento 1), 39-59. <https://doi.org/10.15446/ga.v24nsupl1.92379>
- Noguera, A. y Echeverry, J. (2001). La razón de la vida. *Gestión y Ambiente*, 4(2), 155-156. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/88883>
- Obando, L. (2011). Anatomía de los PRAE. *Luna Azul*, 32, 178-193. <https://www.redalyc.org/comocitar.oe?id=321727235014>
- Ochoa, A. y Pérez, L. (2019). El aprendizaje servicio, una estrategia para impulsar la participación y mejorar la convivencia escolar. *Psicoperspectivas*, 18(1), 1-13. <http://dx.doi.org/10.5027/psicoperspectivas-vol18-issue1-fulltext-1478>
- Ojeda, G. y Castro, A. (2023). Los proyectos ambientales escolares (PRAE) y la educación ambiental comunitaria (EAC): encuentros y desencuentros en las orientaciones

- curriculares colombianas. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 54, 84-101. <https://doi.org/10.17227/ted.num54-17608>
- Osuna, L. (2020). La educación ambiental una estrategia metodológica en el contexto educativo. *Revista Seres y Saberes*, 55-61. <https://core.ac.uk/download/288209212.pdf>
- Pegalajar, M. y Cámara, A. (2014). Aprendizaje-servicio: una propuesta pedagógica para la formación en competencias en educación superior. *Revista Educativa Hekademos*, 16, 83-90. <https://investigacion.ujaen.es/documentos/608a721ee4bbc72e75304a0b>
- Pérez, N., Cleveland, M., Lleras, S., Cortes, N. y Cortes, E. (2019). Educación ambiental mediante la metodología aprendizaje-servicio: percepción de adquisición de competencias e impacto en la comunidad. *Universidad y Sociedad*, 11(4), 154-162. <http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus>
- Presidencia de la República de Colombia. (3 de agosto de 1994). Decreto 1743 de 1994: Por el cual se instituye el Proyecto de Educación Ambiental para todos los niveles de educación formal, y se fijan criterios para promoción de la educación ambiental no formal e informal y se establecen los mecanismos de coordinación entre el Ministerio de Educación Nacional y el Ministerio del Medio Ambiente. DO: 41476. <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/1342748>
- Puig, J. y Palos, J. (2006). Rasgos pedagógicos del aprendizaje-servicio. *Cuadernos de Pedagogía*, 357, 60-63. <http://hdl.handle.net/11162/34781>
- Rodríguez-Gallego, M. (2013). El aprendizaje-servicio como estrategia metodológica en la Universidad. *Revista Complutense de Educación*, 25(1), 95-113. https://doi.org/10.5209/rev_RCED.2014.v25.n1.41157
- Roldán, V., Villanueva, J. y Álvarez, C. (22 de agosto de 2012). *Aprendizaje-servicio en lengua extranjera. Reflecting in English to Aid Community Transformation: Proyecto React* (ponencia). II Jornada de Investigadores sobre Aprendizaje-Servicio, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Buenos Aires.
- Roque, M. (2001). La educación ambiental: acerca de sus fundamentos teóricos y metodológicos. *Cub@: Medio Ambiente y Desarrollo; Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente*, 1(1), 1-12. <https://cmad.ama.cu/index.php/cmada/article/view/20>
- Speck, B. y Hoppe, S. (2004). *Service-Learning: History, Theory, and Issues*. Praeger.
- Tapia, M. (2008). *Aprendizaje y servicio solidario*. Ciudad Nueva.
- Tobasura, I. (2009). Augusto Ángel Maya: aportes de Caldas al pensamiento y movimiento ambiental colombiano. *Luna Azul*, 28, 57-67. <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n28/n28a06.pdf>
- Ward, H. y Zlotkowski, E. (1999). *Acting Locally: Concepts and Models for Service-Learning in Environmental Studies*. Stylus.
- Wilzenski, F. y Coomey, F. (2007). *A Practical Guide to Service Learning: Strategies for Positive Development in Schools*. Springer.
- Witmer, J. y Anderson, C. (1994). *How to Establish a High School Service-Learning Program*. ASCD.



El pensamiento tecnológico y sus procesos cognitivos: una revisión del estado del arte

- Technological Thinking and its Cognitive Processes: a Review of the State of the Art
- pensamento tecnológico e seus processos cognitivos: uma revisão do estado da arte

Forma de citar este artículo:





Torres-Sánchez, J. y Zapata-Castañeda, P. (2025). El pensamiento tecnológico y sus procesos cognitivos: una revisión del estado del arte. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (57), 101 - 120. <https://doi.org/10.17227/ted.num57-19661>

Resumen

El presente artículo tiene como objetivo establecer un marco de referencia para la caracterización de los procesos cognitivos que subyacen al pensamiento tecnológico (PT), mediante una revisión de diversas fuentes documentales orientadas al estudio de los procesos cognitivos y a la enseñanza de la tecnología. El propósito de esta revisión fue caracterizar los procesos cognitivos que intervienen cuando se piensa tecnológicamente. En este sentido, se recopilaron, seleccionaron y organizaron diferentes fuentes documentales relacionadas con el PT y los procesos cognitivos implicados en este tipo de pensamiento. Adicionalmente, se contrastaron los diversos postulados teóricos de diferentes autores frente al tema y, finalmente, se planteó una interpretación propia de los procesos cognitivos que estructuran el PT. Los resultados de la revisión se presentan en tres apartados: procesos cognitivos asociados al pensamiento tecnológico, procesos cognitivos asociados a la solución de problemas (SP) tecnológicos y procesos cognitivos relacionados con el uso de herramientas tecnológicas. Entre los hallazgos más importantes se destaca la ubicación de los procesos de razonamiento tecnológico en el área frontoparietal dentro del lóbulo parietal inferior izquierdo y la existencia de procesos cognitivos exclusivos de la especie humana dentro del contexto tecnológico. Como conclusión, en este texto se finaliza reconociendo nueve procesos cognitivos que subyacen al PT.

Palabras clave

pensamiento; tecnología; proceso cognitivo; solución de problemas

Julián Darío Torres-Sánchez*  
Pedro Nel Zapata-Castañeda**  

* Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia. jdtorres@upn.edu.co

** Profesor, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia. pzapata@pedagogica.edu.co

Artículo de investigación

Fecha de recepción: 21/06/2023
Fecha de aprobación: 07/05/2024
Fecha de publicación: 01/01/2025



Abstract

This article aims to establish a reference framework for characterizing the cognitive processes underlying technological thinking (π), through a review of various documentary sources oriented towards the study of cognitive processes and the teaching of technology. This review aimed to characterize the cognitive processes involved in thinking technologically. In this regard, different documentary sources related to π and the cognitive processes involved in this type of thinking were collected, selected, and organized. Additionally, the theoretical postulates of different authors on the topic are contrasted, and a personal interpretation of the cognitive processes structuring π is proposed. The results of the review are presented in three sections: cognitive processes associated with technological thinking, cognitive processes associated with technical problem-solving, and cognitive processes related to the use of technological tools. Among the most important findings, the location of technological reasoning processes in the frontoparietal area within the left inferior parietal lobe is highlighted, as well as the existence of species-specific cognitive processes within the technological context. In conclusion, this text concludes by recognizing nine cognitive processes underlying π .

Keywords

thinking; technology; cognitive process; problem solving

Resumo

Este artigo tem como objetivo estabelecer um quadro de referência para identificar os processos cognitivos subjacentes ao pensamento tecnológico (PT), por meio de uma revisão de diversas fontes documentais voltadas para o estudo dos processos cognitivos e o ensino de tecnologia. Essa revisão teve como objetivo caracterizar os processos cognitivos envolvidos no pensamento tecnológico. Nesse sentido, foram coletadas, selecionadas e organizadas diferentes fontes documentais relacionadas ao PT e aos processos cognitivos envolvidos nesse tipo de pensamento. Além disso, são contrastados os diversos postulados teóricos de diferentes autores sobre o tema e, por fim, é apresentada uma interpretação própria dos processos cognitivos que estruturam o PT. Os resultados da revisão são apresentados em três seções: processos cognitivos associados ao pensamento tecnológico, processos cognitivos associados à solução de problemas técnicos e processos cognitivos relacionados ao uso de ferramentas tecnológicas. Entre as descobertas mais importantes, destaca-se a localização dos processos de raciocínio tecnológico na área frontoparietal dentro do lobo parietal inferior esquerdo e a existência de processos cognitivos exclusivos da espécie humana dentro do contexto tecnológico. Em conclusão, neste texto, reconhecem-se nove processos cognitivos subjacentes ao PT.

Palavras-chave

pensamento; tecnologia; processo cognitivo; resolução de problemas

Introducción

Pensar puede considerarse una actividad mental intencional (en diferentes niveles) inherente a la existencia humana, que se basa en la inteligencia (procesos y componentes) y la experiencia, y surge como respuesta para actuar en una situación dada (Vega, 1990; Edelman, 1992; Sternberg, 1997; Hund, 1997; Seung-Kwon, 2010; Holyoak y Morrison, 2012; Aguirre y Moreira, 2015). Desde este marco de referencia, el pensamiento tecnológico puede definirse como “una forma específica de operar cognitivamente” (Arenas *et al.*, 2005, p. 132), donde intervienen un sujeto y un objeto con el fin de proyectar ideas de orden técnico. Por su parte, Merchán (2018) señala que el PT es una actividad mental “de orden epistemológico (estructural), psicológico (funcional) y dinámico (histórico y contextual)” (p. 15).

En el contexto anterior, pensar tecnológicamente (PT) toma cada vez más relevancia en un mundo donde tanto la ciencia como la tecnología son responsables de numerosas transformaciones en diversos espacios de la sociedad. A la ciencia y la tecnología se les atribuyen efectos importantes sobre la sociedad contemporánea, específicamente en campos como la producción industrial, las ciencias de la información y la biotecnología, entre muchos otros. Es de resaltar que, en la actualidad, la tecnología y la ciencia se consideran determinantes en el desarrollo económico de los países y en la calidad de vida de las personas (Martín y Osorio, 2003).

Es así que, desde las actividades tecnológicas, se deben afrontar retos como la sostenibilidad alimentaria, el mayor acceso al agua, la eficiencia energética, el crecimiento exponencial de la población mundial, el cambio climático, el desarrollo sustentable, la satisfacción de las crecientes necesidades básicas, la aparición de nuevas pandemias

y el suministro de empleos a una población mundial creciente, entre otros no menos importantes.

En este mismo sentido, la escuela está llamada a proveer la formación necesaria para atender dichos retos desde los currículos, planes de estudio y actividades de aula. Esta responsabilidad suscita diversos cuestionamientos, por ejemplo: ¿Qué tipo de actividades propician el PT en el aula? ¿Qué tipo de procesos cognitivos subyacen al PT? Algunos de estos cuestionamientos han sido motivo de investigación para profesionales en el campo de la educación en tecnología; sin embargo, frente a los procesos cognitivos que subyacen al pensamiento tecnológico no se cuenta con la misma claridad. En contraste, con referencia a lo que ocurre con el denominado “pensamiento científico”, autores como Fugelsang y Dunbar (2005), Dunbar y Klahr (2012) y Zimmerman y Croker (2014), entre otros, han realizado diversos aportes.

Por otro lado, Seung-Kwon (2010) señala la necesidad de investigar en el campo del pensamiento tecnológico y, específicamente, en torno a sus características fundamentales, principalmente por el hecho de que la población a nivel global está ingresando a una era donde la tecnología se encuentra omnipresente (Unesco, 2022) en múltiples actividades humanas. Así, el contexto educativo está llamado a responder a aspectos como la cuarta revolución industrial, liderada por las TIC, el internet de las cosas, el *big data*, los vehículos autónomos, la nanotecnología y la inteligencia artificial, entre otros.

En consecuencia, el entendimiento de los procesos cognitivos necesarios para resolver problemas tecnológicos en la sociedad actual es fundamental a la hora de diseñar currículos y planes de estudio eficaces que favorezcan el aprendizaje, tanto de los contenidos disciplinares

como de los procesos cognitivos, teniendo en cuenta que el conocimiento tecnológico es de corta duración y cambia constantemente, mientras que los procesos cognitivos permanecen relativamente estables en el tiempo. En otras palabras, independientemente de los cambios en el tipo de tecnología o de herramientas, las metas curriculares esenciales siguen siendo consistentes (Wicklein y Rowjewski, 1999).

Perspectiva metodológica

La indagación propuesta se realizó tanto en literatura nacional como internacional (en inglés, coreano y español), así como en bases de datos (ResearchGate, Educational Source, SciELO, Springer, Scopus), revistas especializadas, tesis, *handbooks*, *papers* y libros, los cuales cuentan con una versión digital para su revisión. Entre estas fuentes se destacan: *Journal of Industrial Teacher Education*, *Journal of Technology Studies*, *Research in Science & Technical Education*, *Journal of Engineering Education*, *Journal of Technology Education*, *Journal of Cognitive Education and Psychology*, *Journal of Research in Science Teaching*, *Frontiers in Psychology*, *Journal of Neurotherapy*, *Journal of Korean Practical Arts Education*, *The Cambridge Handbook of Thinking and Reasoning*, *The Oxford Handbook of Thinking and Reasoning*, *Handbook of Quantitative Electroencephalography* y *EEG Biofeedback*.

La revisión se llevó a cabo mediante la búsqueda de palabras clave, títulos y resúmenes, utilizando además operadores booleanos como AND y OR, con el fin de obtener resultados relacionados con los temas de la revisión. La indagación inicialmente se realizó en dos idiomas (español e inglés) y posteriormente en un tercer idioma (coreano), a partir de los resultados obtenidos en una primera búsqueda. En cuanto a los criterios de búsqueda, se plantearon tres, que surgieron del proceso de revisión de antecedentes respecto a los elementos que caracterizan al PT:

- Investigaciones cuyo objeto de estudios son los procesos cognitivos que subyacen al PT.
- Investigaciones cuyo objeto de estudio es el PT y su desarrollo.
- Investigaciones en la línea de cognición cuyo objeto de estudio es la solución de problemas tecnológicos.

En el marco de estos criterios, se llevó a cabo la indagación en español utilizando las expresiones “procesos cognitivos del pensamiento tecnológico” y “procesos cognitivos en solución de problemas tecnológicos”. De igual manera, se realizó una búsqueda específica en inglés con expresiones como “cognitive processes of technological thinking” y “cognitive processes in solution of technological problems”. En cuanto al idioma coreano, se utilizó la expresión “기술적 사고”.

Posteriormente, se filtraron los resultados según los tres criterios; sin embargo, el material encontrado al respecto fue escaso. A la fecha, en el contexto de estos criterios se hallaron diecinueve (19) artículos de investigación: doce (12) para el tercer criterio, cinco (5) para el segundo y dos (2) para el primero. De estos diecinueve (19) artículos, tres (3) se encuentran en español, tres (3) en coreano y los demás en inglés. Estos documentos seleccionados fueron leídos, interpretados, desglosados y organizados en una matriz en torno a la siguiente información: autor-autores, año de publicación, referencias, título del artículo, resumen, origen, idioma, criterio de selección y aspectos relevantes respecto a los procesos cognitivos. De igual manera, se llevó a cabo un análisis comparativo en torno a los postulados teóricos frente a los procesos cognitivos subyacentes al PT y a los empleados en la solución de problemas tecnológicos.

Es importante resaltar que la ausencia de un mayor número de estudios relacionados puede atribuirse a la limitada atención prestada por parte de las ciencias cognitivas a los procesos que subyacen al pensamiento tecnológico. Así lo plantea Stout (2021), quien resalta el significativo interés tanto de los filósofos como de los científicos sociales por pensar profundamente sobre la naturaleza y la importancia de la tecnología, interés que, en contraste con las ciencias psicológicas y evolutivas, ha sido limitado.

Resultados de la revisión

Los resultados se presentan en tres apartados: procesos cognitivos asociados al pensamiento tecnológico, procesos cognitivos asociados a la solución de problemas tecnológicos y procesos cognitivos relacionados con el uso de herramientas tecnológicas.

Es importante aclarar que en esta revisión se asume la postura propuesta por Simpson (1995), quien considera que la técnica podría considerarse como tecnología antigua y, en consecuencia, los desarrollos actuales en el campo se consideran tecnología moderna. Con base en lo anterior, en adelante solo se utilizará el término *tecnología*.

Procesos cognitivos asociados al pensamiento tecnológico

Frente a los procesos cognitivos que pueden asociarse al PT, Seung-Kwon (2010) desarrolla un instrumento para medir la propensión al pensamiento tecnológico a partir del estudio de los procesos cognitivos que intervienen en dicho pensamiento. Como resultado de dicho estudio, Seung-Kwon (2010) estableció 156 procesos enmarcados en una síntesis de elementos del pensamiento y propensión a pensar. Posteriormente, tras una serie de análisis factoriales Delphi con 25 participantes, estos procesos se redujeron a 38. Como resultado del análisis factorial, Seung-Kwon (2010) determinó los factores que componen la propensión al pensamiento tecnológico (tabla 1).

Tabla 1. Factores que componen la propensión al pensamiento tecnológico Seung-Kwon (2010) y ejemplo de preguntas asociadas

| Factor | Ejemplo de pregunta asociada |
|---|--|
| Propensión al análisis técnico (6) | <ul style="list-style-type: none"> • Cuando me encuentre con un producto nuevo, tengo muchas preguntas sobre cómo se fabricó. |
| Propensión a la curiosidad tecnológica (4) | <ul style="list-style-type: none"> • Intento conocer el principio de funcionamiento de productos como computadoras y automóviles. |
| Creatividad tecnológica y propensión a la expresión (8) | <ul style="list-style-type: none"> • Cuando arreglo las cosas, trato de resolverlas con nuevas ideas en lugar de la forma habitual. |
| Predisposición de manipulación tecnológica(7) | <ul style="list-style-type: none"> • Cuando se me ocurre una idea para un producto, tiendo a dibujarla o hacerla de inmediato. |
| Predisposición de identificación de problemas técnicos y solución (7) | <ul style="list-style-type: none"> • Sé manipular o hacer cosas. |
| Predisposición de reflexión y planificación tecnológica (6) | <ul style="list-style-type: none"> • Tiendo a pensar en el proceso de antemano antes de hacer las cosas. |

Fuente: traducción de Seung Kwon (2010, pp. 128-129).

En esta misma línea, Cárdenas (2013), en el marco de su conceptualización acerca del PT, valida nueve atributos aplicando el método conocido como ábaco de Régnier (metodología de consulta a expertos sobre actitudes frente a un determinado tema). En su estudio, Cárdenas (2013) señala que el pensamiento tecnológico está conformado por un conjunto de raciocinio que los seres humanos realizan con los materiales, los objetos y los hechos de la naturaleza para modificar su estado, innovarlos o crearlos. Dichos atributos son: análisis y síntesis, analogía y contraste, causa-efecto, sistema mental, ponderación, mentalidad proyectual, racionalidad tecnológica e incorporación de conocimiento. Además de validar estos nueve atributos que componen el PT, Cárdenas (2013) propone 21 indicadores que permiten validar la presencia o ausencia de cada atributo.

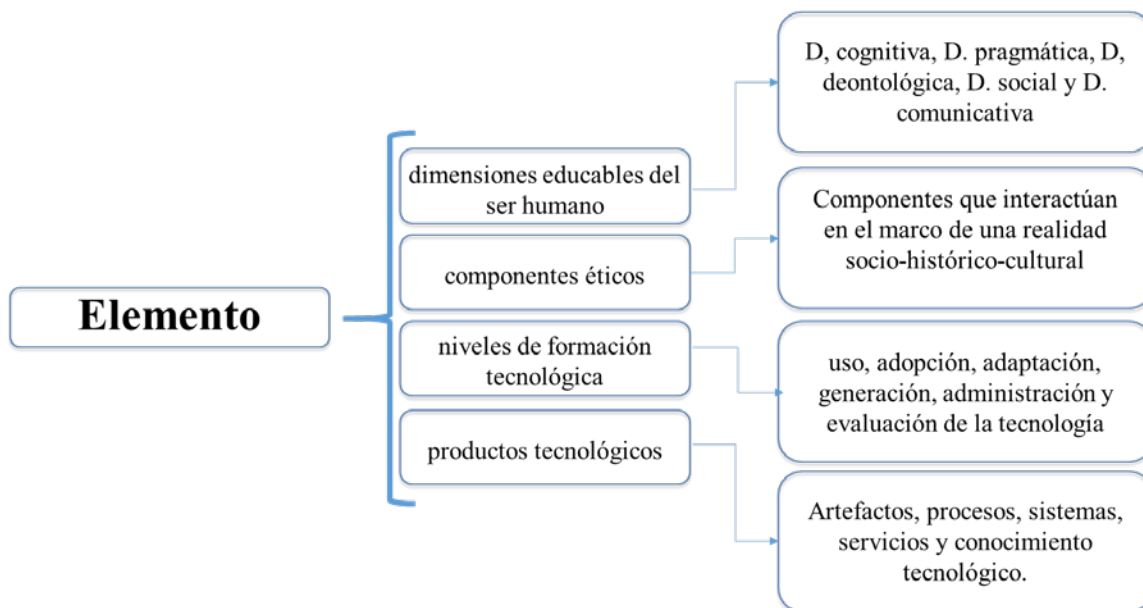
En resumen, de los seis factores propuestos por Seung-Kwon (2010), se reconocen nueve procesos cognitivos presentes tanto en el PT como en su predisposición. Estos son: análisis técnico, curiosidad técnica, creatividad técnica, expresión, manipulación técnica, identificación de problemas técnicos, solución técnica, reflexión técnica y planificación técnica.

Por otro lado, en el esbozo que Merchán (2018) realiza sobre los componentes del PT, en el componente relacionado con las acciones tecnológicas que median entre la construcción de conocimiento tecnológico y la materialización de los productos tecnológicos, se identifican diez procesos cognitivos: analizar, problematizar, conceptualizar, planear, investigar, experimentar, diseñar, fabricar, resolver problemas y evaluar. Es de resaltar que estos procesos cognitivos se componen de otros procesos; por ejemplo, referirse a un proceso de evaluación implica procesos de metacognición. De manera similar, planear conlleva procesos como la anticipación, simulación y visualización mental.

De los aportes más importantes que hace Merchán (2018) respecto a los procesos cognitivos asociados al pensamiento tecnológico, se destacan los elementos que condicionan cada

uno de ellos (descritos en la figura 1). Los niveles de formación tecnológica son un elemento definitivo en la manifestación o no de uno o varios de los diez procesos cognitivos identificados.

Figura 1. Elementos que condicionan los procesos cognitivos asociados al PT



Fuente: elaboración propia.

En torno a los postulados de Merchán (2018), Cárdenas (2013) y Seung-Kwon (2010), se identificó que el único proceso cognitivo común a los tres autores es el análisis. Merchán (2018) y Seung-Kwon (2010) coinciden en procesos cognitivos tales como: analizar, problematizar, planear, investigar y manipulación técnica (diseñar y fabricar). Por su parte, Merchán (2018) y Cárdenas (2013) resaltan la influencia de un componente ético en los procesos cognitivos asociados al PT. Por otro lado, Seung-Kwon (2010) plantea la existencia de una predisposición al PT que puede estar condicionada por el fortalecimiento previo de procesos cognitivos en el contexto formal de la educación en tecnología.

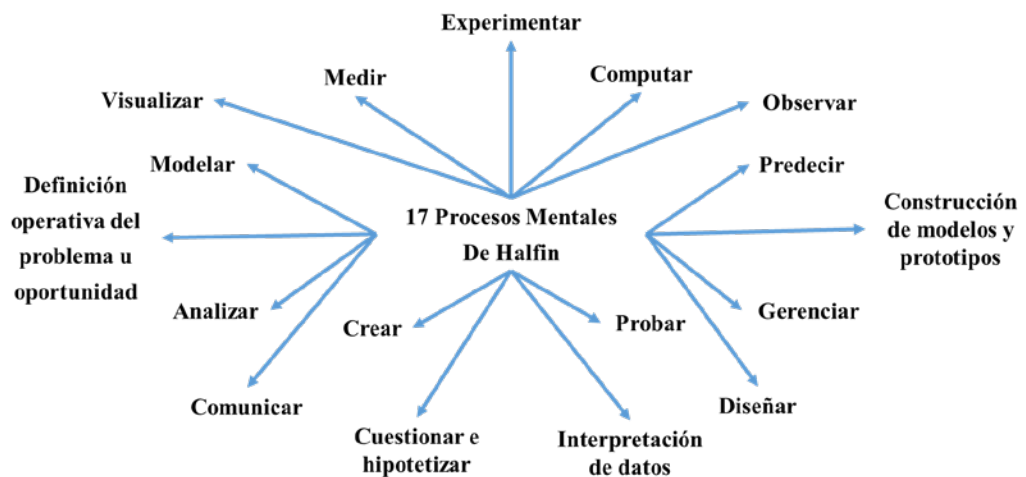
Procesos cognitivos asociados a la solución de problemas tecnológicos

A diferencia del apartado anterior, en el caso de la solución de problemas tecnológicos, los estudios hallados son más específicos y se enfocan en uno de los atributos más relevantes en el estudio del PT: la solución de problemas tecnológicos. Si bien la habilidad de solucionar problemas es inherente a la naturaleza humana y no es exclusiva del PT, la solución de problemas de orden tecnológico involucra un mayor protagonismo de ciertos procesos cognitivos en comparación con otros tipos de problemas. Al respecto, Custer (1995) distinguió la solución de problemas tecnológicos de

otras formas de solución de problemas, señalando las características distintivas con respecto a los recursos, los procesos primarios y el objetivo. Proporcionó, además, una razón clara para incluir la habilidad de solución de problemas como un componente esencial en la educación en tecnología.

En el contexto anterior, la mayor parte de los estudios revisados se desarrollaron en el marco de la solución de problemas tecnológicos. El trabajo de Halfin (1973) es uno de los más relevantes, dada su contribución a los estudios posteriores en el campo (Hill, 1997; Hill y Wicklein, 1999; Kelley *et al.*, 2010; Strimel, 2014). Halfin (1973), con ayuda del método Delphi (técnica de predicción que obtiene y refina las apreciaciones de un grupo de expertos sobre un problema complejo), identificó 17 procesos cognitivos y métodos de indagación utilizados de forma reiterativa por tecnólogos en la resolución de problemas de orden tecnológico. Su estudio consistió en la revisión de los escritos de diez tecnólogos de alto nivel, entre los cuales se destacan personajes como Buckminster Fuller (diseñador, arquitecto, escritor e inventor estadounidense), Thomas Edison (inventor, científico y empresario estadounidense) y Frank Lloyd Wright (arquitecto, diseñador de interiores, escritor y educador estadounidense). Los 17 procesos cognitivos identificados por Halfin (1973) se presentan en la figura 2.

Figura 2. *Procesos cognitivos identificados por Halfin*



Fuente: adaptado de Halfin (1973).

En estudios posteriores, Wicklein y Rojewski (1999) revalidaron y actualizaron el trabajo original de Halfin (1973). Mediante un estudio Delphi con 25 profesionales de diferentes ramas del conocimiento, como ingeniería, mecánica y diseño, confirmaron los 17 procesos cognitivos y los métodos de investigación analizados por Halfin (1973). Además, identificaron en su estudio 10 procesos cognitivos adicionales considerados necesarios para la resolución de problemas tecnológicos: contextos, investigación, búsqueda de soluciones, revisión de tecnología, transferencia-transformación, valores, análisis del cliente, innovación,

seguimiento de datos y establecimiento de la necesidad.

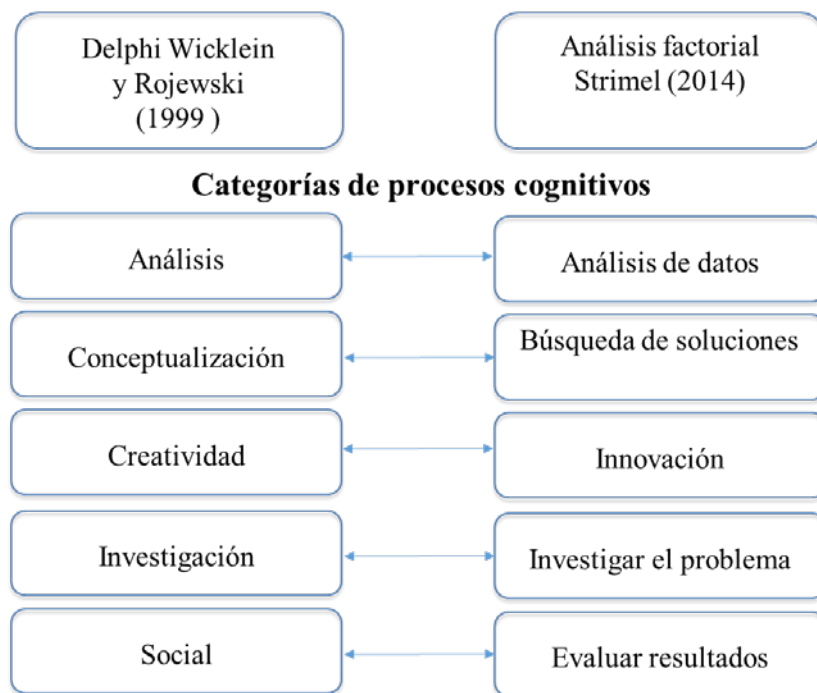
Por otro lado, Hill (1997), con base en el trabajo de Halfin (1973), desarrolló un instrumento basado en un programa de computadora cuyo propósito era registrar y analizar, mediante la codificación en dos letras, la duración y frecuencia del uso de los 17 procesos cognitivos por parte de los estudiantes. La técnica propuesta por Hill (1997) consistía en observar a los estudiantes mientras completaban actividades de resolución de problemas tecnológicos para determinar la duración y frecuencia de los diversos procesos empleados. Esta técnica se denominó Procedimiento de Observación para los Procesos Cognitivos de Educación Tecnológica (OPTEMP, por sus siglas en inglés).

Con el objetivo de establecer un conjunto de procesos cognitivos más conciso, que atienda la dificultad del uso práctico de los procesos

cognitivos propuestos por Halfin (1973) y Wicklein y Rojewski (1999), Strimel (2014), tras un análisis factorial, identificó sistemáticamente los temas o constructos clave representativos de los procesos cognitivos necesarios para la resolución de problemas tecnológicos y redujo la lista a cinco categorías.

Entre los hallazgos descritos en el trabajo de Strimel (2014), es de resaltar la similitud de sus resultados de clasificación con las cinco categorías que señalan Wicklein y Rojewski (1999) en su estudio Delphi sobre la identificación y priorización de los procesos cognitivos fundamentales utilizados por los tecnólogos para resolver problemas técnicos. En la figura 3 se presentan las cinco categorías establecidas tanto en el estudio de Wicklein y Rojewski (1999) como en el de Strimel (2014). Aunque los títulos difieren en ambas investigaciones, los conceptos siguen siendo muy similares (Strimel, 2014).

Figura 3. Categorías comparadas entre Wicklein y Rojewski (1999) y Strimel (2014)



Fuente: elaboración propia.

En general, los trabajos de Halfin (1973), Wicklein y Rojewski (1999), y Hill (1997) establecieron la base para estudios posteriores (Hill y Wicklein, 1999; Strimel, 2014) relacionados con los procesos cognitivos que subyacen a la solución de problemas de orden tecnológico y representan un punto de partida para la evaluación de currículos, planes de estudio y estrategias de enseñanza-aprendizaje en el campo de la educación en tecnología.

Procesos cognitivos asociados al uso de herramientas tecnológicas

En los apartados anteriores se revisaron trabajos relacionados con los procesos cognitivos asociados al ámbito tecnológico en dos contextos diferentes. El primero, de manera general, abarcó las dimensiones más relevantes del pensamiento tecnológico (PT); el segundo, en un marco más específico, se desarrolló en el contexto de la solución de problemas tecnológicos. Este tercer apartado se desarrolla en el campo de la neurocognición a partir de dos líneas de estudio: la primera dirigida al análisis correlacional entre daño cerebral y el uso y fabricación de herramientas, y la segunda orientada al análisis comparativo entre humanos y grandes primates en el uso y fabricación de herramientas.

Es de resaltar que ambas líneas de estudio han propiciado la teorización frente al razonamiento tecnológico (Osiurak *et al.*, 2009; Osiurak *et al.*, 2021), la cognición causal (McCormack *et al.*, 2012; Rodríguez y Maldonado, 2021), la acumulación tecnológica cultural, la introducción del concepto de *intoelligence* (Osiurak y Heinke, 2018) y la conformación de un nuevo campo de estudio en ciencias cognitivas, al cual Osiurak *et al.* (2020) denominan *tecnición*.

En primer lugar, es importante establecer por qué el uso de herramientas es tan determinante al hablar de PT. Desde una perspectiva antropológica, para el ser humano, todo el entorno natural representa un entorno hostil, dado que ningún hábitat le pertenece, en términos antropomórficos y biológicos (Chaquea y Chamorro, 2013). Así pues, “el hombre es un animal incapaz de vivir naturalmente en cualquier lugar del planeta... el hombre no posee un entorno que le sea particular y específico a su especie” (González y Hernández, 2000, p. 14).

En consecuencia, el hombre está obligado a elaborar un ambiente artificial que responda a sus necesidades, a moldear su entorno natural mediante la transformación tecnológica del medio donde pretende vivir. Su precariedad lo condena a ser *práxico*, a no poder vivir sin inventar “tecnologías para así descargar, reemplazar y superar cada una de las partes que faltan en su organismo o que simplemente no posee” (González y Hernández, 2000, p. 11). Por lo tanto, la fabricación y el uso de herramientas de todo nivel han permitido que el hombre domine cada vez más la naturaleza a favor de su conveniencia. Cabe entonces preguntarse: ¿cuáles son las bases cognitivas que subyacen al uso de herramientas?

Así como en muchos otros tópicos de la neurociencia, los estudios de patologías cerebrales han abierto las puertas a una mayor comprensión del funcionamiento del cerebro. El uso de herramientas no ha sido ajeno a estas formas de entendimiento.

En la tabla 2 se presentan algunos de los estudios más relevantes sobre el uso de herramientas y su relación con diversas situaciones de daño cerebral.

Tabla 2. Hallazgos sobre al uso de herramientas y daño cerebral (DC)

| Autor(es) del estudio | Hallazgos |
|---|---|
| Heilman <i>et al.</i> (1997); Ochipa <i>et al.</i> (1989, 1992) | Los pacientes con daño cerebral (DC) son incapaces de usar objetos (UO) normalmente debido a la pérdida del conocimiento conceptual sobre la función del objeto. |
| Goldenberg y Hagmann (1998) | Existe una asociación entre las habilidades de razonamiento espacial y la capacidad para usar objetos en pacientes con daño cerebral en el lóbulo izquierdo. |
| Hodges <i>et al.</i> (1999) y posteriormente Spatt <i>et al.</i> (2002) | La degeneración corticobasal se manifiesta con el deterioro en el desarrollo de actividades relacionadas con el UO. |
| Hodges <i>et al.</i> (2000) | Correlación entre el grado de deterioro del conocimiento conceptual y la capacidad para demostrar el UO. |
| Bartolo <i>et al.</i> (2007) | El uso de objetos no solo depende de la capacidad de inferir la función estructural del objeto, sino también de otros procesos cognitivos como el conocimiento conceptual o el razonamiento causal. |
| Buxbaum y Saffran (2002); Buxbaum <i>et al.</i> (2003); Buxbaum <i>et al.</i> (2005a) | Los pacientes con dificultades para producir y reconocer pantomimas tienen un conocimiento reducido de la manipulación hábil de objetos. |
| Hartmann <i>et al.</i> (2005), previamente Buxbaum <i>et al.</i> (1997) | El conocimiento conceptual intacto no es garantía de utilización en acciones de uso de varios objetos. |
| Osiurak <i>et al.</i> (2009) | Los pacientes con daño cerebral en el hemisferio izquierdo tienen más dificultades en pruebas de uso inusual de objetos en comparación con los controles. Los hallazgos apoyan el modelo de razonamiento tecnológico. |

Fuente: elaborado a partir de Osiurak *et al.* (2009).

En los hallazgos anteriores se evidencia la importancia de procesos cognitivos como el conocimiento conceptual, el razonamiento causal y el razonamiento tecnológico en el uso de objetos, tanto familiares como inusuales. También se resalta el área izquierda del cerebro como la región donde se llevan a cabo dichos procesos.

En cuanto al conocimiento conceptual, se refiere a la comprensión de las características, propiedades y relaciones de los objetos en función de sus categorías y conceptos. Este tipo de conocimiento implica la identificación de los rasgos y atributos comunes que definen una categoría de objetos y cómo estos se relacionan entre sí. Se adquiere a través de la

experiencia y la exposición a diferentes objetos y categorías a lo largo del tiempo.

Respecto al razonamiento causal, Vaensen (2012) lo define como la covarianza entre una causa (por ejemplo, la acción de cortar con una herramienta) y un efecto (por ejemplo, el corte de un alimento). Advierte que el razonamiento causal también implica inferir los mecanismos que relacionan tanto la causa como el efecto; es decir, comprender la relación causal que explica la ocurrencia de dicha covarianza.

En relación con el razonamiento tecnológico, Gagnepain (1990) y Gall (1998) señalan que el uso de los objetos está orientado por un razonamiento basado en dos principios

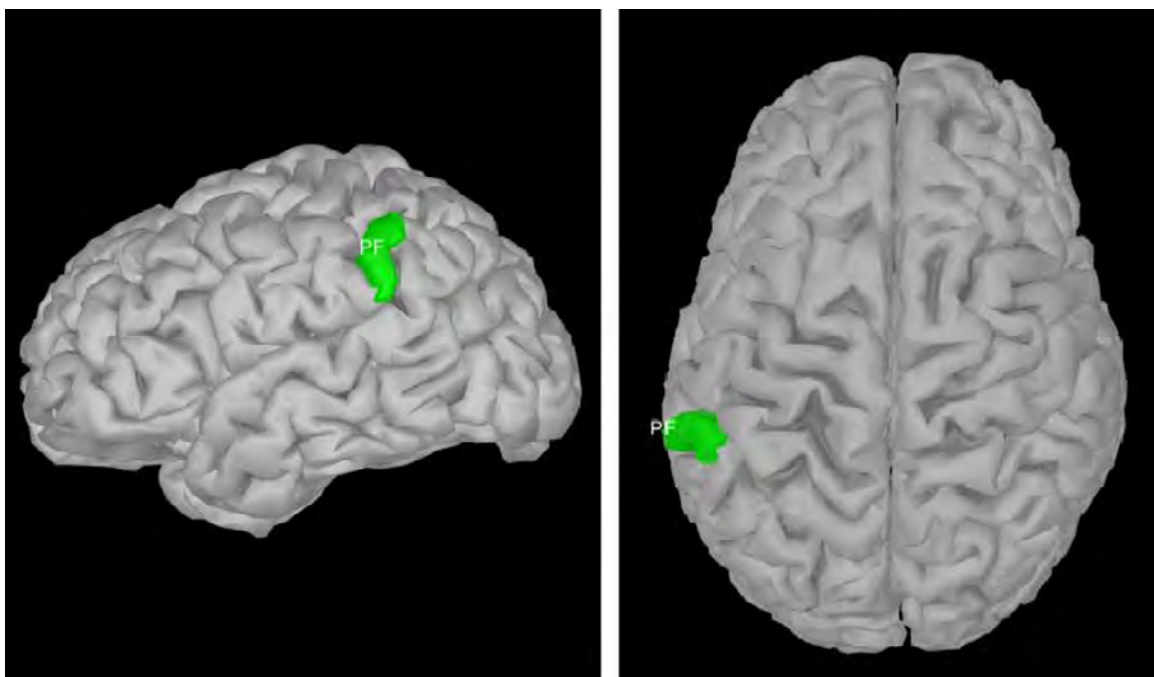
tecnológicos abstractos: el primero es la capacidad de reconocer o identificar medios tecnológicos en la materia física. Esta perspectiva se basa en el supuesto de que no hay superposición entre la realidad técnica y la realidad física (Osiurak *et al.*, 2009). El segundo principio es la capacidad de combinar medios tecnológicos, los cuales, por cierto, son principios abstractos adquiridos mediante la experiencia y que no están vinculados con ninguna representación específica del objeto (Osiurak *et al.*, 2009). Cabe destacar que la capacidad de combinar medios podría estar en el origen del progreso tecnológico (Osiurak *et al.*, 2009).

Con base en el modelo de razonamiento tecnológico desarrollado originalmente por Gagnepain (1990), Remigereau *et al.* (2016) sugieren que los procesos subyacentes del razonamiento tecnológico son parcialmente operativos a partir de los 6 años. Por su parte, Osiurak *et al.* (2020) postulan que la mente tecnológica se origina en habilidades neurocognitivas, habilidades que, además, tienen alta probabilidad de ser exclusivas de los humanos —aunque aún faltan estudios concluyentes con cuervos, pinzones, delfines, nutrias y elefantes— (Vaensen, 2012). En este mismo contexto, Osiurak *et al.* (2020) añaden que, en el razonamiento tecnológico, está involucrado el entendimiento de las relaciones existentes entre herramienta y objeto, lo cual permite a la especie humana reconocer y seleccionar las herramientas más relevantes para realizar las acciones mecánicas apropiadas según sea necesario, en el uso o elaboración de herramientas familiares y novedosas.

En cuanto al uso de herramientas (físicas, imaginadas, observadas o virtuales), Witt (2021) plantea que esta acción influye en procesos de percepción de distancia y velocidad (percepción espacial), así como en la atención visual y la identificación de objetos. Afirmar, además, que la influencia de las herramientas en la percepción espacial se basa en una larga historia que ha demostrado que las herramientas están encarnadas e incorporadas al esquema corporal de quien las usa. Cabe agregar que los procesos psicológicos involucrados en el uso de herramientas se encuentran a nivel de percepción y acción; en particular, la tarea funcional demanda establecer y mantener una interfaz mecánica. En este sentido, el uso de herramientas depende de los procesos perceptomotores relacionados con la percepción de las relaciones espaciales entre objetos y superficies, el desarrollo de la gestión sobre los objetos adheridos al cuerpo (la distanciaci3n del objeto o efector final) y el control de los grados de libertad corporales para satisfacer las exigencias de las tareas funcionales (Mangalam *et al.*, 2022).

Por otro lado, la evidencia neuropsicol3gica ubica la base neural de este razonamiento en el l3bul3 parietal inferior izquierdo, particularmente en el 3rea frontoparietal (PF) (seg3n la parcelaci3n de Glasser *et al.*, 2016), y existe evidencia de que su grosor predice su rendimiento (Federico *et al.*, 2022).

Figura 4. Área PF de acuerdo a la parcelación de Glasser (2016)



Fuente: elaboración propia.

A modo de resumen de este apartado, se plantea la existencia de un razonamiento destinado a la manipulación, abstracción y transformación del mundo físico, denominado razonamiento tecnológico (Gagnepain, 1990; Gall, 1998). Este se define como una habilidad para solucionar problemas físicos sobre la base de principios abstractos adquiridos por medio de la experiencia (Osiurak *et al.*, 2020). Este razonamiento es de orden analógico y causal. Sus bases neurológicas pueden localizarse en el área PF dentro del lóbulo parietal inferior izquierdo (Osiurak *et al.*, 2020).

En cuanto a la segunda línea de estudio de este apartado, orientada al análisis comparativo entre humanos y primates no humanos, Vaesen (2012) realiza una comparación sistemática entre ambos grupos en torno a nueve capacidades cognitivas consideradas definitivas para el uso de herramientas: coordinación mano-ojo, plasticidad del esquema

corporal, razonamiento causal, representación de funciones, control ejecutivo, aprendizaje social, enseñanza, inteligencia social y lenguaje. Adicionalmente, Vaesen (2012) muestra cómo el análisis de cada una de estas nueve capacidades cognitivas ayuda a explicar por qué la acumulación tecnológica ha evolucionado de manera notoria en los humanos en comparación con los simios.

Respecto a la comparación realizada por Vaesen (2012), esta se centra en las siguientes capacidades cognitivas: coordinación mano-ojo, plasticidad del esquema corporal, razonamiento causal, control ejecutivo, aprendizaje social, enseñanza, inteligencia social y lenguaje.

De sus hallazgos, Vaesen (2012) concluye que el uso de herramientas por parte de los humanos aún marca una importante discontinuidad cognitiva (tanto en términos de inteligencia social como no social) entre la especie

humana y sus parientes más cercanos. Agrega que solo los seres humanos han sido capaces de producir tecnologías complejas como sistemas de navegación por satélite, comunicación inalámbrica o *nanobots*, entre otros desarrollos significativos. Resalta, además, la notable contribución de la sofisticación cognitiva social y no social en la acumulación tecnológica.

Por otro lado, la literatura indica que el uso de herramientas tiene fundamentos neurocognitivos distintos que no se comparten, al menos en primates, con otras actividades típicamente clasificadas como uso de herramientas (Colbourne *et al.*, 2021).

Es importante destacar este tipo de estudios comparativos por su capacidad para proporcionar un marco de referencia respecto a la evolución de la cognición humana. Un ejemplo de ello es cómo, gracias al mejoramiento de la capacidad de la memoria de trabajo en los primeros homínidos y humanos, se dio paso al desarrollo de secuencias cada vez más complejas en la fabricación de herramientas (Haidle, 2010; Wynn y Coolidge, 2007, como se cita en Osiurak *et al.*, 2020). Al respecto, Sterelny (2021) afirma que en el Holoceno y el Pleistoceno tardío, la respuesta adaptativa a la variación ambiental se considera la principal causa de la variación en el tamaño y la complejidad de las herramientas humanas.

Conclusiones

De la revisión presentada hasta aquí, se pueden caracterizar tres líneas de investigación en las cuales se ha procurado un acercamiento a la comprensión de los procesos cognitivos implicados en el pensamiento tecnológico. La primera línea se orienta al estudio de los procesos cognitivos asociados al pensamiento tecnológico, destacando el trabajo de Halfin (1973), quien, con su clasificación de 17 procesos cognitivos, estableció las bases para estudios posteriores en torno al pensamiento tecnológico. La segunda línea está dirigida al estudio de los procesos cognitivos asociados a la solución de problemas tecnológicos, considerando que algunos procesos cognitivos pueden ser compartidos con otros tipos de pensamiento. Esta situación, en cierta medida, dificulta la identificación de procesos cognitivos específicos para el pensamiento tecnológico. Esto puede evidenciarse en personas con diferentes niveles de experiencia; así, los expertos emplean estrategias cognitivas distintas que incrementan el uso de sus experiencias, conocimientos previos y estrategias metacognitivas, lo cual facilita un mayor enfoque en la solución de problemas (Jonassen, 2011).

La tercera línea se orienta al estudio de los procesos cognitivos relacionados con el uso de herramientas tecnológicas. Esta se destaca por proporcionar elementos más precisos a la hora de estudiar los procesos cognitivos que subyacen al pensamiento tecnológico. Aunque los trabajos revisados hasta aquí establecen orientaciones consistentes y brindan aportes notablemente representativos respecto a dichos procesos, Vaesen (2012) y Osiurak *et al.* (2020) proporcionan, en el

marco de la evolución humana como especie y la neurocognición, evidencia de la existencia de procesos cognitivos exclusivos de la especie humana dentro del contexto tecnológico. Ejemplos de estos son la capacidad para realizar razonamientos sobre medios técnicos proporcionados por los objetos (Gagnepain, 1990) y la capacidad de los individuos para analizar sus acciones físicas sobre el mundo, ya sea como fin (pilar del razonamiento tecnológico) o como medio (Osiurak *et al.*, 2020).

En este mismo sentido, Osiurak *et al.* (2020) señalan que una presunción clave es que el razonamiento tecnológico determina los medios técnicos adecuados para llevar a cabo la actividad deseada. Además, este razonamiento es abstracto, ya que no se basa en ninguna representación del objeto, y, en consecuencia, una vez finalizado el análisis técnico, el producto mental solo se materializa en objetos físicos disponibles en el entorno.

Por otro lado, entre los hallazgos más importantes a resaltar se encuentran la ubicación de los procesos de razonamiento tecnológico en el área parietal frontal dentro del lóbulo parietal inferior izquierdo (Osiurak *et al.*, 2020), la notoria discontinuidad cognitiva entre la especie humana y sus parientes más cercanos (Vaesen, 2012), y la sofisticación cognitiva social y no social, la cual ha contribuido a la acumulación tecnológica (Osiurak *et al.*, 2018; Osiurak *et al.*, 2021; Vaesen, 2012).

En cuanto a la pregunta que compete a esta reflexión, ¿cuáles son los procesos cognitivos que subyacen al pensamiento tecnológico?, aunque Osiurak y Vaesen señalan una serie de procesos subyacentes al uso y fabricación de herramientas, aún se requieren más investigaciones sobre las bases neurocognitivas del pensamiento tecnológico en otros ámbitos, más allá del uso y fabricación de herramientas. Esto es especialmente relevante

cuando la evolución de las tecnologías físicas hacia formas sofisticadas y simbióticas tiende a reprimir progresivamente el razonamiento tecnológico y práctico (Osiurak *et al.*, 2018). Cabe agregar que la interacción con herramientas puede presentarse en varios niveles, desde los más específicos, como la observación, hasta procesos más complejos como la evaluación ética (Merchán, 2018). En este mismo sentido, el uso de herramientas depende de los procesos cognitivos, el agenciamiento sobre los objetos adheridos al cuerpo y el control de los grados de libertad corporales que ocurren en el sistema cuerpo-objeto-tarea-ambiente. Asimismo, en conjunto, estos procesos distinguen el uso de herramientas de otras soluciones instrumentales a problemas (Mangalam *et al.*, 2022).

A la luz de la presente revisión, se pueden considerar nueve procesos cognitivos que subyacen al pensamiento tecnológico, en los cuales la mayoría de los autores coinciden al hacer referencia a ellos de manera directa o indirecta dentro de sus postulados. Estos son: razonamiento tecnológico, razonamiento causal, conceptualización, creatividad (innovación), investigación (cultura tecnológica acumulativa), habilidades de la teoría de la mente (habilidades pedagógicas-imitación), memoria de trabajo (secuenciación compleja), control motor (coordinación ojo-mano) e hipotetizar (prever).

Asimismo, como lo propone Osiurak *et al.* (2020), también se requiere la creación de un nuevo campo dentro de las ciencias cognitivas, denominado *tecnición*, cuyo objetivo sea reunir toda la investigación interesada en las bases neurocognitivas de la capacidad humana para resolver problemas y transformar significativamente el entorno físico.

Hasta aquí, la revisión ha arrojado elementos importantes respecto a los procesos

cognitivos subyacentes al pensamiento tecnológico. Sin embargo, aún se requieren más investigaciones que proporcionen relatos neuronales sobre aspectos como el uso de herramientas opacas, los niveles de formación tecnológica, el razonamiento técnico en ambientes virtuales, entre otros aspectos igualmente relevantes.

Por otro lado, los hallazgos presentados respaldan el postulado de Osiurak *et al.* (2020) y Osiurak (2020) sobre la necesidad de dedicar más esfuerzos al estudio de la mente tecnológica del ser humano en relación con las bases de la cultura tecnológica acumulativa, la cual puede considerarse como un conjunto de múltiples redes interconectadas, cada una con su propia historia evolutiva (Osiurak *et al.*, 2020; Vaesen, 2012).

En este mismo sentido, entre las diferentes funciones cognitivas, solo el lenguaje y el uso de herramientas se caracterizan por una lateralización muy marcada en el hemisferio izquierdo (Osiurak, 2020). Actualmente se considera de gran relevancia el estudio de la evolución de la cognición tecnológica, hasta el punto de que se han formulado dos grandes hipótesis sobre el desarrollo humano del lenguaje: la primera plantea que el razonamiento tecnológico brindó las bases neuronales para el desarrollo del lenguaje; la segunda señala que tanto el razonamiento tecnológico como el lenguaje se desarrollaron simultáneamente (Osiurak *et al.*, 2021).

Cabe mencionar que, actualmente, como resultado de un estudio doctoral, también se está investigando sobre los procesos cognitivos que caracterizan el pensamiento científico y el pensamiento tecnológico, basándose en la actividad cortical del cerebro y el uso de la electroencefalografía. Es importante destacar que este estudio surge de la necesidad de establecer criterios de comparación entre ambos tipos de pensamiento y, además, de orientar el diseño de actividades escolares que fomenten el desarrollo de procesos mentales específicos en la enseñanza de la tecnología.

Referencias

- Aguirre, R. y Moreira, K. (2015). Pensamiento y lenguaje. En A. Vázquez (ed.) *Manual de introducción a la psicología cognitiva* (pp. 147-178). Universidad de la Rioja.
- Arenas, A., Ortiz, C. y Álvarez, L. (2005). Transferencia del conocimiento tecnológico al aula: estructuración del pensamiento tecnológico mediante la enseñanza del diseño. *Revista UIS Ingenierías*, 4(2), 129-138. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=553756895003>
- Bartolo, A., Daumuller, M., Della Sala, S. y Goldenberg, G. (2007). Relationship between object-related Gestures and the Fractionated Object Knowledge System. *Behavioural Neurology*, 18(3), 143-147. <https://doi.org/10.1155/2007/241670>
- Buxbaum, L. y Saffran, E. (2002). Knowledge of Object Manipulation and Object Function: Dissociations in Apraxic and Nonapraxic Subject. *Brain and Language*,

- 82(2), 179-199. [https://doi.org/10.1016/S0093-934X\(02\)00014-7](https://doi.org/10.1016/S0093-934X(02)00014-7)
- Buxbaum, L., Johnson-Frey, S. y Bartlett-Williams, M. (2005). Deficient Internal Models for Planning hand-object Interactions in Apraxia. *Neuropsychologia*, 43(6), 917-929. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2004.09.006>
- Buxbaum, L., Schwartz, M. y Carew, T. (1997). The Role of Memory in Object Use. *Cognitive Neuropsychology*, 14(2), 219-254. <https://doi.org/10.1080/026432997381565>
- Buxbaum, L., Sirigu, A., Schwartz, M. y Klatzky, R. (2003). Cognitive Representations of Hand Posture in Ideomotor Apraxia. *Neuropsychologia*, 41(8), 1091-1113. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(02\)00314-7](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(02)00314-7)
- Cárdenas, E. (2013). Pensamiento tecnológico en una muestra de estudiantes del área de Tecnología e Informática. *Informador Técnico*, 77(2), 125-135. <https://doi.org/10.23850/22565035.53>
- Chaquea, D. y Chamorro, C. (2013). Aproximación conceptual de técnica y tecnología en un marco de desarrollo de proyectos. *Revista Nexus Comunicación*, 13(1), 148-173. <https://doi.org/10.25100/nc.v1i13.766>
- Colbourne, J., Auersperg, A., Lambert, M., Huber, L. y Völter, C. (2021). Extending the Reach of Tooling Theory: A Neurocognitive and Phylogenetic Perspective. *Topics in Cognitive Science*, 13(4), 548-572. <https://doi.org/10.1111/tops.12554>
- Custer, R. (1995). Examining Dimensions of Technology. *International Journal of Technology and Design Education*, 5, 1-25. <https://doi.org/10.1007/BF00769905>
- Dunbar, K. y Klahr, D. (2012). Scientific Thinking and Reasoning. *The Oxford Handbook of Thinking and Reasoning* (pp. 701-718). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199734689.001.0001>
- Edelman, G. (1992). *Bright, Air, Brilliant Fire: On the Matter of the Mind*. Basic Books.
- Federico, G., Reynaud, E., Navarro, J., Lesourd, M., Gaujoux, V., Lambertson, F., Ibarrola, D., Cavaliere, C., Alfano, V., Aiello, M., Salvatore, M., Seguin, P., Schnebelen, D., Brandimonte, M., Rossetti, Y. y Osiurak, F. (2022). The Cortical Thickness of the Area PF of the Left Inferior Parietal Cortex Mediates technical-reasoning Skills. *Scientific Reports* 12(1), 11840. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-15587-8>
- Fugelsang, J. y Dunbar, K. (2005). Causal Thinking in Science: How Scientists and Students Interpret the Unexpected. En M. Gorman, R. Tweney, D. Gooding y A. Kincannon (eds.), *Scientific and Technological Thinking* (pp. 57-79). Lawrence Erlbaum Associates.
- Fugelsang, J. y Dunbar, K. (2005). Scientific Thinking and Reasoning. En K. Holyoak y R. Morrison (eds.), *The Cambridge Handbook of Thinking and Reasoning* (pp. 705-725). Cambridge University Press.
- Gagnepain, J. (1990). *Du vouloir dire. Du signe, de l'outi*. De Boeck Université.
- Gall, D. le. (1998). *Des apraxies aux atechnies. Propositions pour une ergologie clinique*. De Boeck Université.
- Glasser, M., Coalson, T., Robinson, E., Hacker, C., Harwell, J., Yacoub, E., Ugurbil, K., Andersson, J., Beckmann, C., Jenkinson, M., Smith, S. y Essen, D. van. (2016). A multi-modal Parcellation of Human Cerebral Cortex. *Nature*, 536(7615), 171-178. <https://doi.org/10.1038/nature18933>
- Goldenberg, G. y Hagmann, S. (1998). Tool Use and Mechanical Problem Solving in Apraxia. *Neuropsychologia*, 36(7), 581-589. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(97\)00165-6](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(97)00165-6)

- González, W. y Hernández, L. (2000). Tecnología y técnica: tres perspectivas. *Energía y Computación*, 9(1), 6-19. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/server/api/core/bitstreams/ea93d993-d126-45b3-bdc7-589d05c0f721/content>
- Halfin, H. (1973). *Technology: A process Approach* [Tesis de doctorado, Universidad del Este de Virginia].
- Hartmann, K., Goldenberg, G., Daumuller, M. y Hermsdorfer, J. (2005). It Takes the Whole Brain to Make a Cup of Coffee: the Neuropsychology of Naturalistic Actions Involving Technical Devices. *Neuropsychologia*, 43(4), 625-637. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2004.07.015>
- Hill, R. (1997). The Design of an Instrument to Assess Problem Solving Activities in Technology Education. *Journal of Technology Education*, 9(1), 31-46. <https://doi.org/10.21061/jte.v9i1.a.3>
- Hill, R. y Wicklein, R. (1999). A Factor Analysis of Primary Mental Processes for Technological Problem Solving. *Journal of Industrial Teacher Education*, 36(2), 87-100. <https://scholar.lib.vt.edu/ejournals/JITE/v36n2/hill.html>
- Hodges, J., Bozeat, S., Lambon-Ralph, M., Patterson, K. y Spatt, J. (2000). The Role of Knowledge in Object Use: Evidence from Semantic Dementia. *Brain*, 123(9), 1913-1925. <https://doi.org/10.1093/brain/123.9.1913>
- Hodges, J., Spatt, J. y Patterson, K. (1999). What and How: Evidence for the Dissociation of Object Knowledge and Mechanical problem-solving Skills in the Human Brain. *National Academy of Sciences of the USA*, 96(16), 9444-9448. <https://doi.org/10.1073/pnas.96.16.9444>
- Holyoak, K. y Morrison, R. (2012). Thinking and Reasoning: A Reader's Guide. En K. Holyoak y R. Morrison (eds.), *The Oxford Handbook of Thinking and Reasoning* (pp. 1-7). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/OXFORD-HB/9780199734689.013.0001>
- Hund, E. (1997). Nature vs. Nurture: The Feeling of *vujá de*. En R. Sternberg y E. Grigorenko (eds.), *Intelligence, Heredity, and Environment* (pp. 531-551). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139174282.020>
- Jonassen, D. (2011). Supporting Problem Solving in PBL. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 5, 95-119. <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1256>
- Kelley, T., Daniel, M., Brenner, C., High, B., Jon, S. y Pieper, T. (2010). Two Approaches to Engineering Design: Observations in Stem Education. *Journal of Stem Teacher Education*, 47(2), 5-40. <https://ir.library.illinoisstate.edu/jste/vol47/iss2/4/>
- Lammi, M. y Becker, K. (2013). Engineering Design Thinking. *Journal of Technology Education*, 24(2), 55-77. <https://jte-journal.org/articles/10.21061/jte.v24i2.a.5>
- Lawson, B. (2005). *How Designers Think: The Design Process Demystified*. Architectural Press.

- Mangalam, M., Frigaszy, D., Wagman, J., Day, B., Kely-Stephen, D., Bongers, R., Stout, D. y Osiurak, F. (2022). On the Psychological Origins of Tool Use. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 134, 104521. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2022.104521>
- Martín, M. y Osorio, C. (2003). Educar para participar en ciencia y tecnología. Un proyecto para la difusión de la cultura científica. *Revista Iberoamericana de Educación*, 32, 165-210. <https://doi.org/10.35362/RIE320927>
- McCormack, T., Hoerl, C. y Butterfi, S. (2012). Tool Use and Causal Cognition. An Introduction. En T. McCormack (ed.), *Tool Use and Causal Cognition* (pp. 1-17). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199571154.003.0001>
- Merchán, C. (2018). *Orientaciones para el uso de estrategias didácticas en el desarrollo del pensamiento tecnológico*. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC).
- Ochipa, C., Rothi, L. y Heilman, K. (1989). Ideational Apraxia: A Deficit in Tool Selection and Use. *Annals of Neurology*, 25(2), 190-193. <https://doi.org/10.1002/ana.410250214>
- Ochipa, C., Rothi, L. y Heilman, K. (1992). Conceptual Apraxia in Alzheimer's Disease. *Brain*, 115(4), 1061-1071. <https://doi.org/10.1093/brain/115.4.1061>
- Oliveira, E. de., Reynaud, E. y Osiurak, F. (2019). Roles of Technical Reasoning, Theory of Mind, Creativity, and Fluid Cognition in Cumulative Technological Culture. *Human Nature*, 30, 326-340. <https://doi.org/10.1007/s12110-019-09349-1>
- Osiurak, F. (2020). *The Tool Instinct*. Wiley Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9781119720348>
- Osiurak, F. y Badets, A. (2016). Tool Use and Affordance: manipulation-based versus reasoning-based Approaches. *Psychological Review*, 123(5), 534-568. <https://doi.org/10.1037/rev0000027>
- Osiurak, F. y Heinke, D. (2018). Looking for Intoolelligence: A Unified Framework for the Cognitive Study of Human Tool Use and Technology. *American Psychologist*, 73(2), 169-185. <https://doi.org/10.1037/amp0000162>
- Osiurak, F., Crétel, C., Uomini, N. y Bryche, C. (2021). On the Neurocognitive co-evolution of Tool Behavior and Language: Insights from the Massive Redeployment Framework. *Topics in Cognitive Science*, 13(4), 684-707. <https://doi.org/10.1111/tops.12577>
- Osiurak, F., Jarry, C. y Gall, D. le. (2010). Grasping the Affordances, Understanding the Reasoning: toward a Dialectical Theory of Human Tool Use. *Psychological Review*, 117(2), 517-540. <https://doi.org/10.1037/a0019004>
- Osiurak, F., Jarry, C., Allain, P., Aubin, G., Etcharry-Bouyx, F., Richard, I., Bernard, I. y Gall, D. le. (2009). Unusual Use of Objects After Unilateral Brain Damage. The Technical Reasoning Model. *Cortex*, 45(6), 769-783. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2008.06.013>
- Osiurak, F., Lasserre, S., Arbanti, J., Brogniart, J., Bluet, A., Navarro, J. y Reynaud, E. (2021). Technical Reasoning is Important for Cumulative Technological Culture. *Nature Human Behaviour*, 5(12), 1643-1651. <https://doi.org/10.1038/s41562-021-01159-9>
- Osiurak, F., Lesourd, M., Navarro, J. y Reynaud, E. (2020). Technition: When Tools Come Out of the Closet. *Perspectives on Psychological Science*, 15(4), 880-897. <https://doi.org/10.1177/1745691620902145>
- Remigereau, C., Roy, A., Costini, O., Osiurak, F., Jarry, C. y Gall, D. le. (2016). Involvement of Technical Reasoning more than Functional

Knowledge in Development of Tool Use in Childhood. *Frontiers in Psychology*, 7, 1-11. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01625>

Rodríguez, A. y Maldonado, J. (2021). Causal Cognition and Skillful Tool Use. *Techne: Research in Philosophy & Technology*, 25(3). <https://doi.org/10.5840/techne2021118148>

Seung-Kwon, N. (2010). *The Development of the Technological Thinking Disposition Measurement Instrument*. Chungnam National.

Simpson, L. (1995). *Technology, Time, and the Conversations of Modernity*. Routledge. <https://www.routledge.com/Technology-Time-and-the-Conversations-of-Modernity/Simpson/p/book/9780415907729>

Sterelny, K. (2021). Foragers and their Tools: Risk, Technology and Complexity. *Topics in Cognitive Science*, 13(4), 728-749. <https://doi.org/10.1111/tops.12559>

Sternberg, R. (1997). *Thinking Styles*. Cambridge University Press.

Stout, D. (2021). The Cognitive Science of Technology. *Trends in Cognitive Sciences*, 25(11), 964-977. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2021.07.005>

Strimel, G. (2014). *Engineering Design: A Cognitive Process Approach* [Tesis de doctorado, Old Dominion University]. <https://doi.org/10.25777/zzbj-b616>

Unesco. (2022). *Reimaginar juntos nuestros futuros: un nuevo contrato social para la educación*. Autor.

Vaesen, K. (2012). The Cognitive Bases of Human Tool Use. *Behavioral and Brain Sciences*, 35(4), 203-218. <https://doi.org/10.1017/S0140525X11001452>

Vega, M. de. (1990). *Introducción a la psicología cognitiva*. Alianza.

Wicklein, R. y Rojewski, J. (1999). Toward a Unified Curriculum Framework for Technology Education. *Journal of Industrial Teacher Education*, 36(4), 38-56. <https://scholar.lib.vt.edu/ejournals/JITE/v36n4/wicklein.html>

Witt, J. (2021). Tool Use Affects Spatial Perception. *Topics in Cognitive Science*, 13(4), 666-683. <https://doi.org/10.1111/tops.12563>

Zimmerman, C. y Croker, S. (2014). A Prospective Cognition Analysis of Scientific Thinking and the Implications for Teaching and Learning Science. *Journal of Cognitive Education and Psychology*, 13(2), 245-257. <https://doi.org/10.1891/1945-8959.13.2.245>



Contribuciones a la reflexión sobre la realidad en el proceso de modelación matemática

- Contributions to Reflection on Reality in the Mathematical Modelling Process
- Contribuições para a reflexão sobre a realidade no processo de modelagem matemática

Forma de citar este artículo

Martínez-Novoa, A. M. (2025). Contribuciones a la reflexión sobre la realidad en el proceso de modelación matemática. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (57), 121-137. <https://doi.org/10.17227/ted.num57-20051>

Resumen

El presente artículo pretende contribuir a la reflexión sobre la pregunta: ¿qué caracteriza las referencias de los estudiantes respecto a la realidad en un proceso de modelación matemática en el enfoque realístico? Esta parte de inquietudes desde la experiencia docente en el aula con un curso de grado octavo y la revisión teórica acerca de la modelación matemática (MM). Por consiguiente, se llevó a cabo una indagación enmarcada en el estudio de casos a partir de una propuesta en el contexto del "Día sin IVA", en la cual, por medio de instrumentos como la pregunta abierta y el análisis de producciones, fue posible dilucidar las referencias de los estudiantes frente a lo que consideran real y encontrar una aproximación de tales referencias con la noción de la perspectiva de modelación. Además, a partir de los fragmentos de las conversaciones y de las elaboraciones escritas de los estudiantes, se identificó cómo las referencias de lo real pueden llegar a influir en el proceso de creación de modelos algebraicos, con base en las alusiones al contexto del que emerge el espacio de modelación.

Palabras clave

modelo matemático; estudio de caso; enseñanza de las matemáticas; educación básica; álgebra

Andrés Mauricio Martínez-Novoa*  

* Magíster en Educación, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia. Docente de la Gobernación de Cundinamarca. ammartinezn@correo.udistrital.edu.co

Artículo de reflexión

Fecha de recepción: 29/08/2023
Fecha de aprobación: 07/05/2024
Fecha de publicación: 01/01/2025



Abstract

This article aims to contribute to the reflection on the question, "What characterizes students' references to reality in a mathematical modeling process within the realistic approach?" This question arises from concerns based on teaching experience with an eighth-grade class and a theoretical review of mathematical modeling (MM). Consequently, an investigation framed in case studies was carried out based on a proposal in the context of the "Tax-Free Day" event. Using tools such as open-ended questions and analysis of students' productions, it was possible to elucidate students' references to what they consider real and to find an approximation of these references with the notion of modeling perspective. Furthermore, from fragments of the conversations and the students' written elaborations, it was identified how references to reality can influence the process of creating algebraic models, based on allusions to the context from which the modeling space emerges.

Keywords

mathematical models; case studies; mathematics education; basic education algebra

Resumo

Este artigo pretende contribuir para a reflexão sobre a questão "O que caracteriza as referências dos alunos em relação à realidade em um processo de modelagem matemática na abordagem realista?" Essa questão surge de preocupações baseadas na experiência docente com uma turma do oitavo ano e na revisão teórica sobre a modelagem matemática (MM). Consequentemente, foi realizada uma investigação enquadrada em estudos de caso com base numa proposta no contexto do "Dia sem IVA". Utilizando ferramentas como perguntas abertas e a análise das produções dos alunos, foi possível elucidar as referências dos estudantes sobre o que consideram real e encontram uma aproximação dessas referências com a noção de perspectiva de modelagem. Além disso, a partir de trechos das conversas e das elaborações escritas dos alunos, identificou-se como as referências ao real podem influenciar o processo de criação de modelos algébricos, com base nas alusões ao contexto do qual emerge o espaço de modelagem.

Palavras-chave

modelo matemático; estudo de caso; ensino de matemática; ensino básico; álgebra

Introducción

A partir de la experiencia como maestros de matemáticas en la ciudad de Bogotá, resulta común encontrar cuestionamientos por parte de los estudiantes como: ¿Para qué me va a servir esto que estoy viendo? o ¿Tienen alguna utilidad real para mi vida lo que hago en la clase? Estos cuestionamientos reflejan la tensión entre la puesta en marcha de procesos y actividades desarrolladas por los profesores en el aula y la forma en la que los estudiantes se refieren a lo real.

En educación matemática, el campo de investigación acerca de la modelación matemática (MM) ha venido tomando fuerza por sus potencialidades y virtudes (Blum, 2015; Bassanezi, 2002; Bassanezi y Biembengut, 1997; Posada y Villa-Ochoa, 2006; Villa-Ochoa, 2007; Kaiser *et al.*, 2006; Mancera y Camelo, 2020; Gaisman, 2009; Ministerio de Educación Nacional, 1998, 2006; Parra-Zapata y Villa-Ochoa, 2016). Sin embargo, la tensión señalada no es ajena al campo de la MM, ya que se encuentra en la línea de investigaciones que han brindado énfasis a esta contemplación de la realidad en espacios de modelación (Villa-Ochoa *et al.*, 2010; Villa-Ochoa *et al.*, 2017; Villa-Ochoa, 2013, 2015; Villa-Ochoa *et al.*, 2009).

Para indagar sobre la tensión planteada, este documento tiene como objetivo caracterizar las referencias de los estudiantes acerca de lo real.¹ Para ello, se ha asumido la perspectiva de MM conocida como realística o aplicada (Kaiser y Sriraman, 2006), cuyos principales objetivos están guiados en la creación de modelos en el aula desde contextos reales (Villa-Ochoa *et al.*, 2010). Esto con el fin de

aportar a los estudiantes modelos que sirvan de herramientas para situaciones a futuro, tanto en sus profesiones como en su papel de ciudadanos (Burkhardt, 2006).

El documento inicia con una revisión de los antecedentes que abrieron el camino para plantear inquietudes respecto a la realidad y la MM. La siguiente sección, el marco conceptual, profundiza sobre la noción de *realidad* en la perspectiva realística y las categorías utilizadas en el análisis. El tercer apartado, la metodología del estudio, aborda los instrumentos y técnicas utilizadas para la recolección de los datos. En la siguiente sección, se exploran los datos obtenidos a partir de la experiencia, con su correspondiente análisis frente a las categorías de realidad. Por último, en las conclusiones, se presentan las reflexiones y aportes obtenidos de la experiencia.

Antecedentes

Villa-Ochoa *et al.* (2010) presentan en su trabajo un interés por indagar sobre la realidad y el proceso de MM. Según sus palabras,

incorporarse en las clases de matemáticas ofrece diversas ventajas debido a las relaciones que establece entre las matemáticas y la *realidad* asociada a los contextos extraescolares. Sin embargo, el término *realidad* trae consigo un cúmulo de diversos significados e interpretaciones que de una u otra forma inciden en la concepción sobre lo que es la modelación y por tanto su papel en las aulas de clase. (p. 3)

Respecto a la anterior preocupación planteada, en el artículo de Ochoa y Vahos (2009) los autores ponen el foco sobre lo que se entiende por “situaciones reales”, debido a que, en los ejemplos planteados en los lineamientos curriculares (MEN, 1998), tales situaciones pueden contener contextos artificiales o puramente matemáticos, lo que dificulta

¹ Este artículo expone resultados de un proyecto de trabajo de grado realizado en la Maestría en Educación, énfasis en Educación Matemática, de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

reconocer si se trata de una actividad de MM o de resolución de problemas. El documento concluye con una diferenciación marcada en la noción de realidad de los contextos utilizados en espacios de modelación, en los cuales se procura que tales contextos resulten lo más cercanos a las situaciones reales.

En línea con lo anterior, el documento de Mesa *et al.* (2014) aporta a la reflexión de las situaciones reales en procesos de modelación, brindando ventajas y virtudes. En sus palabras,

las situaciones enmarcadas en contextos que le son familiares a los estudiantes desencadenan múltiples ideas, propuestas y análisis sobre esa “porción de realidad” que se busca modelar mediante relaciones matemáticas; tales situaciones e ideas otorgan un papel al estudiante de empoderamiento sobre ellas, pues su conocimiento de uso y funcionamiento se transforman en una necesidad digna de pensarse desde construcciones matemáticas. (p. 66)

De esta manera, los autores proponen que las situaciones sean próximas al contexto real y cotidiano de los estudiantes, pues esto desencadena oportunidades dentro de los procesos de modelación. En otro trabajo relacionado con la categoría de *realidad* y desde la perspectiva del maestro, Villa-Ochoa *et al.* (2009) desarrollaron un estudio de caso sobre cómo el profesor Alberto se refiere a lo real. En él, concluyeron que es necesario indagar en aspectos como: 1) las formas en las que el profesor interpreta la realidad; 2) las formas en las que el profesor piensa que una situación “armoniza” el contexto escolar; 3) la forma en la que el profesor considera que una situación se ajusta a la realidad escolar; 4) el nivel de comodidad y apropiación que el profesor tiene sobre el contexto sociocultural; 5) La *racionalidad* que el profesor le imprime al fenómeno en relación con el concepto a construir, y 6) el nivel de *entrenamiento* que el profesor posee frente al proceso de modelación (p. 171).

En el anterior estudio se puede evidenciar la necesidad de producir investigaciones enfocadas en la categoría de *realidad*. Sin embargo, hasta ahora se ha centrado la discusión en el sentido de realidad de los profesores, en las referencias por parte de los maestros y no tanto por parte de los estudiantes. Frente a esto, existe el registro de la investigación realizada por Pires de Rocha (2015), quien indaga por las interpretaciones de realidad y matemáticas que hacen los estudiantes inmersos en un proceso de MM desde la perspectiva sociocrítica, en un contexto educativo de Brasil. El estudio presenta la siguiente conclusión:

Entiendo que algunas dimensiones planteadas en esta investigación pueden provocar reflexiones en el docente respecto a la incorporación de una situación con referencia a la realidad en las clases de matemáticas, como por ejemplo, reflexiones sobre la forma en que elegimos un problema de la realidad, cómo orientamos a los estudiantes en el desarrollo de las actividades, cómo incorporamos las matemáticas, sobre el uso de los recursos tecnológicos en el desarrollo de las actividades de modelización y, principalmente, si la forma en que enseñamos

las matemáticas refleja las referencias que los estudiantes hacen de ellas. (p. 178)

De acuerdo con la autora, esta reflexión acerca de la realidad en espacios de MM permite observar la tensión entre la interpretación del maestro y las referencias que poseen los estudiantes, debido a que esto puede guardar relación con la elaboración y construcción de modelos.

La presente investigación busca contribuir al camino trazado por los trabajos anteriores, que han puesto en la mira el desarrollo de espacios de reflexión sobre la realidad desde diferentes perspectivas. En este caso, se fija la atención en las referencias de los estudiantes en un proceso con un enfoque realístico de modelación. Con este fin, el siguiente apartado expone el marco conceptual con las bases teóricas a tratar en el análisis.

Marco teórico

En este apartado se expone la base teórica acerca de las categorías MM y *realidad*. Sobre la primera, entendida como proceso a partir de documentos legales en Colombia, como los *Lineamientos Curriculares en Matemáticas* (MEN, 1998) y los *Estándares Básicos de Competencias* (MEN, 2006), es posible observar la promoción de la MM como proceso general a desarrollar en el aula. En este, los estudiantes encuentran estructuras, regularidades y patrones a partir del abordaje de situaciones reales, de preferencia desde su propio contexto, con el fin de construir un modelo matemático que permita analizar y comunicar el comportamiento de la situación (MEN, 1998).

Existen múltiples y variadas formas de concebir el proceso de modelación matemática. Los trabajos de Biembengut y Hein (2004) o Bassanezi (2002) son ejemplo de ello, por lo que también existen diferentes perspectivas. En estudios como el de Kaiser y Sriraman

(2006) o Kaiser, Blomhøj y Sriraman (2006) se plantean cinco diferentes vertientes de la modelación matemática, de acuerdo con los propósitos de implementación en aulas de clase. Para este artículo, se tomará el camino de la perspectiva de MM realística o aplicada, estudiada en trabajos como el de Villa-Ochoa *et al.* (2010), cuyo objetivo está asociado con las metas de uso, o pragmáticas, de la educación matemática.

En este enfoque, se busca crear espacios de MM que surjan de situaciones necesariamente reales, que provengan del entorno de los estudiantes o de contextos de diferentes áreas científicas (Burkhardt, 2006). Por su parte, la creación de los modelos está orientada al desarrollo de dos objetivos principales: 1) que puedan ser utilizados por los estudiantes en situaciones externas al aula de clase —lo cual pretende dar significado a los objetos matemáticos utilizados a partir de su practicidad en la vida cotidiana—, y 2) a partir de su aplicación, deben permitir a los estudiantes tomar decisiones óptimas frente a las problemáticas que puedan enfrentar como ciudadanos o profesionales en el futuro.

Acerca de las situaciones reales y de la segunda categoría, la *realidad*, Burkhardt precisa que, al momento de aterrizar las ideas de la matemática aplicada al aula de clase, conviene que tales situaciones *reales* se entiendan como fenómenos constituidos del entorno o el contexto: los niños “aprenden a comprobar su dinero antes de entrar en una tienda y verificar el cambio. Como adultos, pueden planificar sus finanzas y el diseño de muebles cuando se mudan a casa” (Burkhardt, 2006, p. 181). En esta cita se presenta una noción de realidad que se puede generar a través de la percepción de fenómenos cotidianos o del entorno de nuestras vidas. En correspondencia con lo anterior, Villa-Ochoa *et al.* (2010) consideran que “la noción de

realidad se encuentra cercana al estudio de los contextos en la vida cotidiana, el entorno o las demás ciencias” (p. 51).

Sobre esta forma de concebir la realidad, existen investigaciones desde el campo de la educación matemática (Guerrero-Ortiz y Ferri, 2022; Arcos *et al.*, 2018; Ochoa y Vahos, 2009) en las que se especula sobre las maneras de percibir lo real y su influencia en el aprendizaje de las matemáticas. Estudios como el de Alsina (2007) aportan una consideración en la misma línea de lo hasta ahora planteado. Según el autor, la concepción de realidad refiere a entender el mundo real por todo lo que tiene que ver con la naturaleza, sociedad o cultura, en lo que se inmiscuye. Además, abarca la vida cotidiana, así como los temas institucionales de las escuelas o las universidades y de las disciplinas diferentes a las matemáticas (Alsina, 2007, p. 87).

Alsina (2007) propone diferentes categorías respecto a la noción de *realidad* a la que referimos los profesores en las propuestas que llevamos al aula, y los problemas que se presentan en los libros de texto. Las categorías son las siguientes:

- Realidades falsas o manipuladas: se refieren a situaciones que aparentan ser reales, utilizando datos cotidianos o verídicos, pero que han sido deformadas para presentar ejercicios matemáticos.
- Realidades inusuales: son aquellas que poseen un carácter extraordinario, muy fuera de lo apreciable con frecuencia, aunque se presentan como de orden cotidiano.
- Realidades caducadas: corresponden a situaciones que resultan lejanas en el tiempo; importantes en su época, pero anecdóticas en tiempos actuales.
- Realidades lejanas: pertenecen a esta categoría los asuntos de culturas alejadas espacialmente o hechos particulares o exóticos, que distan de los contextos locales y contemporáneos.
- Realidades ocultas: consisten en hechos que no pueden ser experimentados porque son creados a partir de la ficción, de los cuales no puede haber ningún tipo de cercanía, ya que desembocan en modelos que no pueden contrastarse.
- Realidades no adecuadas: refieren a contextos que, por la edad de los estudiantes o las características de su medio, les resulten ofensivos o confusos, además de poco interesantes.
- Realidades inventadas: como indica su nombre, y según Alsina (2006), de las más usuales, son aquellas que brindan panoramas de apariencia real y posible; sin embargo, están plagadas de datos o medidas erróneas, generalmente situaciones que no pueden darse en el planeta Tierra. Suelen provocar futuras dificultades y el reflejo de errores.

De estas caracterizaciones sobre la realidad, se pretende aportar algunas reflexiones sobre cómo los estudiantes pueden estar interpretando la realidad, en el marco de la modelación matemática realística.

Metodología

Esta propuesta está enmarcada en el paradigma cualitativo de investigación (Ramírez, 2011). Para dar ruta al estudio de caso, se han tenido en cuenta los requerimientos expuestos en el marco desarrollado en trabajos como los de Durán (2012) y Stake (2008), junto con las fases propuestas por Martínez-Bonafé (1988, p. 46) en su trabajo sobre el estudio de caso:

- Fase preactiva: comprende la estructuración a partir de creencias previas, fundamentos teóricos, objetivos, cantidad de casos, influencia del contexto, recursos, técnicas y el tiempo estimado.
- Fase interactiva: consiste en la aplicación de la propuesta de modelación matemática y la recolección de datos acorde con las técnicas e instrumentos. Para esta investigación,

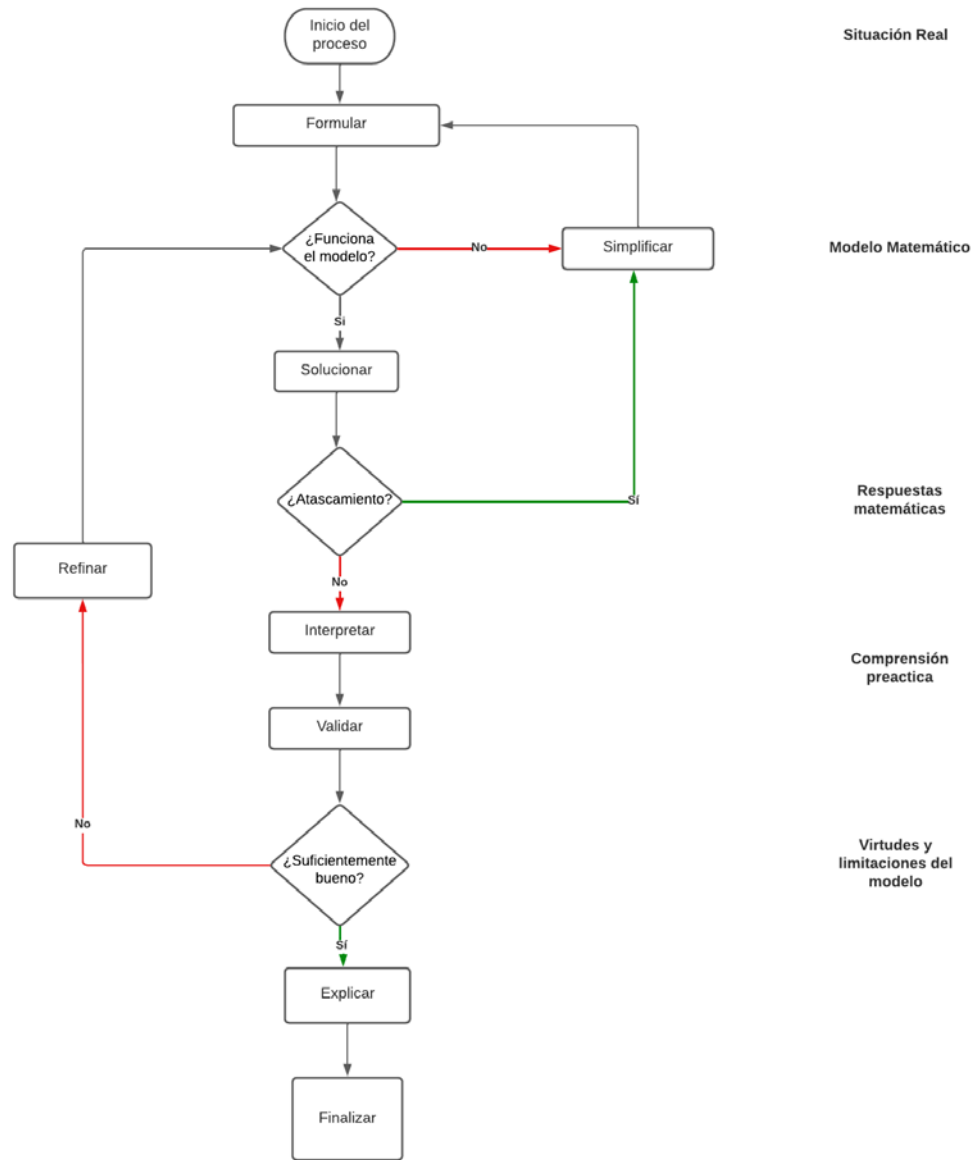
serán el cuestionario y la grabación de audio y vídeo de las sesiones de trabajo.

- Fase postactiva: comprende la elaboración del informe final, el estudio de los datos y la reflexión crítica de los resultados.

En un primer momento, se planteó a los estudiantes la siguiente pregunta: “¿Qué entiende usted por realidad?”. Esta fue contestada en una producción breve y escrita, con el fin de recabar las posibles creencias al inicio de la propuesta y generar un contraste con el referente sobre la noción de realidad, planteado por Burkhardt (2006) o Villa-Ochoa *et al.* (2010), que funcionaron como base para después detectar referencias en el proceso de MM.

Para el segundo momento, en la puesta en marcha de la presente investigación, se llevó a cabo una prueba piloto de una propuesta desde la perspectiva realística, de acuerdo con los procesos planteados por Burkhardt (2006), expuestos en la figura 1, que han servido para el diseño de la tarea.

Figura 1. Procesos de modelación matemática desde la perspectiva realística



Fuente: Burkhardt (2006, p. 181).

Con el ánimo de aclarar mejor el planteamiento, al partir de una situación real resulta importante que el maestro realice delimitaciones sobre variables que puedan complejizar aún más la creación del modelo matemático, dependiendo de factores como el tiempo o la profundidad del contenido a tratar. Además, en la elaboración del modelo, Burkhardt (2006) plantea que el maestro debe concebir su papel como acompañante y guía del proceso de modelación de los estudiantes, suscitar preguntas y contribuir a las indagaciones, discusiones y demás ejercicios que se desenvuelven en medio de la clase.

El estudio de caso se desarrolló con un grupo de 38 estudiantes de grado octavo de una institución educativa de Bogotá, ubicada en la localidad² de Bosa Piamonte. He trabajado con este grupo como docente en el área de matemáticas desde el año 2020, compartiendo espacios presenciales y formatos virtuales debido a la pandemia de COVID-19. Con el grupo se han llevado a cabo diferentes espacios de modelación matemática, en los cuales fue posible detectar inquietudes por las situaciones que acontecen a nivel del colegio, a nivel local e incluso de carácter nacional. Por ello, la puesta en marcha de esta propuesta emerge en gran parte desde la iniciativa del grupo por tratar temáticas referentes a contextos reales.

La indagación tomó un total de 8 sesiones, cada una de 45 minutos. Cada sesión se desarrolló en diferentes clases de matemáticas durante el primer semestre del año 2020. La actividad de modelación matemática abordada con los estudiantes se planteó a partir de una controvertida situación de carácter cultural, que se desprende de una iniciativa del Ministerio de Hacienda en Colombia de incluir los artículos de la canasta familiar en la lista de aquellos que se encuentran con el Impuesto de Valor Agregado (IVA).³ Esta situación ha detonado diferentes reacciones dentro de las clases de matemáticas y en el entorno educativo en general, recordando que tal propuesta se dio justo en los tiempos de la pandemia causada por el virus SARS-COVID-19 y su influencia

en la situación económica. Con el contexto de la noticia, se conversó con los estudiantes respecto a las posibles ventajas o desventajas que podría traer la aplicación de la estrategia sobre la exclusión del impuesto de algunos productos. De estas conversaciones surgió la pregunta inicial: ¿Cómo se puede saber el precio con o sin IVA de un producto cualquiera?

Con esta pregunta, el grupo de estudiantes podría crear estrategias para solucionar el problema y contribuir a la reflexión sobre el impacto que podría traer si se diera por válida la propuesta, aterrizando los planteamientos en diferentes niveles como el educativo, familiar, local, nacional, o el de mayor importancia para los estudiantes. En el siguiente apartado se exponen los resultados de la propuesta, los contrastes encontrados respecto a las evidencias de realidad y al proceso de modelación matemática desde la perspectiva realística.

Resultados y análisis

A partir del marco de referencia planteado y de la metodología llevada a cabo, se recabaron fragmentos de grabaciones y producciones del trabajo con los estudiantes, con el fin de vislumbrar un panorama respecto a las referencias que ellos otorgan sobre la realidad en un proceso de modelación matemática. En consecuencia, en un primer momento se analizarán los escritos emergentes de la primera etapa del proceso, en la cual se pidió a los estudiantes escribir una respuesta a la pregunta: “¿Qué entiende usted por la palabra *realidad*?”. En un segundo momento, se presentarán referencias a la realidad mencionadas por los estudiantes en la actividad central en la que se desarrolló el proceso de modelación matemática desde una perspectiva realística.

2 Según el Decreto 0007 de 2010 de la Presidencia de la República de Colombia, la *localidad* corresponde a la entidad territorial en la que se prestan los servicios públicos domiciliarios, en los términos que trata el artículo 11 de la Ley 505 de 1999.

3 En Colombia, este impuesto, que aplica a la mayoría de productos de la canasta familiar, agrega el 19 % al valor original del producto.

Primer momento: escritos emergentes

Algunas de las producciones de los estudiantes en esta etapa preliminar reflejan expresiones que resultan aproximadas a una interpretación de la realidad hecha por Villa-Ochoa *et al.* (2010) o Burkhardt (2006). Por ejemplo, en la tabla 1 es posible captar una comprensión de lo real relacionada con el entorno en el cual se vive o de las experiencias con el medio.

Tabla 1. *Producto de la estudiante Daniela con referencia a la realidad desde el entorno*

| Transcripción |
|--|
| La realidad es lo que vivimos, lo que nos rodea y lo que existe. |

Fuente: elaboración propia.⁴

Aunque también puede destacarse de la producción anterior una constitución de lo real en aquello que *existe*, en la que se alude a las cosas que se pueden ver o tocar. En la tabla 2 también es apreciable una referencia cercana a la realidad desde lo entendido en la modelación matemática realista (Burkhardt, 2006). Sin embargo, el estudiante expande su contemplación a todo aquello que nos rodea y a lo que pueda pertenecer a su imaginación. De hecho, es notable la separación entre una realidad *imaginada* y una realidad que puede construirse a partir de esta. Tal realidad *imaginada* podría estar en la misma línea que la realidad oculta, falsa o inventada (Alsina, 2007) debido a su carácter imperceptible y no experimentable.

Tabla 2. *Escrito del estudiante Miguel sobre realidad e imaginación*

| Transcripción |
|---|
| Pienso que la realidad es todo lo que vemos a nuestro alrededor, o todo lo que exista en el mundo y que podamos percibir. La imaginación pienso que es una realidad porque por medio de una idea puedo construir algo que se puede volver realidad. |

Fuente: elaboración propia.

Concepciones como la anterior también se replicaron y resultaron frecuentes en algunas elaboraciones de otros estudiantes. El ejemplo de la tabla 3 refleja este caso, aunque esta interpretación otorga más fuerza a la idea de que la imaginación puede ser considerada como una realidad.

Tabla 3. *Escrito del estudiante Andrés G. sobre la realidad y la imaginación*

| Transcripción |
|---|
| La realidad en sí lo es todo, todo lo que veamos o vivamos, todo lo que queramos puede ser realidad solo hay que usar la imaginación. |

Fuente: elaboración propia.

⁴ Para preservar la identidad de los estudiantes, sus nombres fueron cambiados en concordancia con los que ellos mismos sugirieron.

En expresiones como la ejemplificada en la tabla 4, se destaca una concepción en la que interviene el entorno (como ya se ha mencionado), pero que resulta repetitiva o uniforme. En esta concepción, las personas que comparten esa realidad le otorgan un sentido y un propósito. Este tipo de consideraciones añade matices diferentes a los planteados hasta ahora, ya que, aunque en las interpretaciones de Burkhardt (2006) o Alsina (2007) la realidad está cercana a lo que nos rodea, no es tan claro el papel que desempeñan las demás personas en ese entorno. A futuro, esto puede abrir nuevas líneas de investigación.

Tabla 4. Escrito de Mariana sobre la realidad y el papel de las demás personas

| Transcripción |
|--|
| Es una realidad algo <i>monótona</i> : siempre son las mismas cosas y los mismos hechos, o casi siempre lo mismo. Mi realidad tiene personas que me hacen sentir feliz y completa porque me gusta como es mi vida. Mi realidad es simple y siento que la llevo como me gustaría. |

Fuente: elaboración propia.

De esta manera, las apreciaciones realizadas por los estudiantes en esta primera etapa, antes del proceso de modelación, muestran afinidades y amplitudes con los referentes consultados sobre la perspectiva. Esto se evidencia en los casos mencionados, respecto a las consideraciones de la realidad como entorno (Burkhardt, 2006) o la apreciación de posibles escenarios imaginarios que podrían ser válidos como reales, aludiendo a realidades como las planteadas por Alsina (2007). En el siguiente apartado, se reservará un espacio para observar las posibles relaciones entre tales referencias y lo llevado a cabo en el proceso de modelación desarrollado en el aula de clase.

Segunda etapa: actividad central

Como primer elemento de análisis, se presenta un fragmento de una conversación con un

grupo de trabajo en torno a la necesidad de conocer el valor de los artículos con descuento, como el ofrecido en el día sin IVA en las cadenas de supermercados. En este contexto, una de las estudiantes, Ana, desarrolla una estrategia para calcular el valor final con el descuento, utilizando un ejemplo que aplica un 35 % en lugar del 19 % del IVA:

Ana: Pues yo cojo el valor neto —o sea el valor que dice antes, tal precio— y a ese precio le resto el 35 % y pues voy a saber cuánto es ...⁵ y al valor le resto lo que me dé menos el 35 % y ahí sí voy a saber si le están restando eso. ¿No?

Profesor: ¡Ajá! Exacto, esa sería la mejor opción que uno siempre debería hacer. ¿No? Pues, o si no, te están timando. ¿Cierto? Esa sería la recomendación.

Ana: Ya sabemos, el profe cuando va a hacer compras lleva su calculadorcita; para que no lo roben cuando hay descuentos.

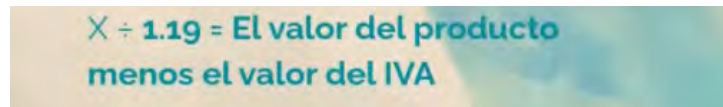
En la conversación anterior entre una estudiante del grupo y el profesor, surge una interpretación de lo real relacionada con el ejercicio de hacer compras. La estudiante, en tono de broma, lleva esta interpretación hacia el campo de una realidad inusual (Alsina, 2007), sugiriendo que la acción de usar una calculadora ocurre rara vez fuera del aula. Esto podría reflejar, por un lado, la necesidad de reconocer habilidades matemáticas y, por otro, el uso de tecnología para el cálculo de porcentajes y su obtención. ¿Acaso no hemos visto personas haciendo cálculos en los pasillos de un mercado? Con esto, en el proceso de modelación matemática (Villa-Ochoa et al., 2010), se pretende abordar la creación de modelos y el desarrollo de herramientas

5 El símbolo de puntos suspensivos (...) es usado para representar que se dio una pequeña pausa.

matemáticas para que el uso de dispositivos no sea visto con desconfianza, sino que permita la toma de decisiones conscientes.

Más adelante en el proceso de modelación, el mismo equipo liderado por Ana elabora y presenta un modelo para determinar el valor de un producto sin el IVA, como se puede observar en la figura 2, tomada de la presentación desarrollada.

Figura 2. Modelo para determinar el valor de un producto sin IVA creado por el grupo de Ana, Mafe, Sharick, Lina y Sara


$$X \div 1.19 = \text{El valor del producto menos el valor del IVA}$$

Fuente: producción del grupo.

Respecto a lo anterior, el grupo expone en voz de la estudiante Ana lo que ha querido plasmar en su ejercicio:

Ana: Bueno, tercer punto, equis, ah, pues no expliqué, equis es el valor del producto [...] equis es el valor del producto, claramente. Entonces, en el tercero, equis lo divido por el 1,19 que es valor del producto menos el valor del IVA. Ehhh... ¿Por qué es 1,19? 1,19 es porque hay dos maneras: uno porque 1 es el producto y 19 porque 19 es el valor del IVA; o, ehhh, 1 porque pues es el valor neto de toda la compra y se divide sobre esa compra y el 19 vuelvo y repito porque es el valor del IVA.

En este episodio es posible apreciar un modelo para calcular el valor de un producto sin el impuesto. En la explicación, Ana justifica la división entre 1,19 porque el número 1 representa el valor neto de toda la compra y el 0,19 al valor del IVA. Esto queda plasmado en una expresión algebraica estrechamente vinculada con la situación, ya que la fórmula “da igual” a “el valor del producto menos el valor del IVA”. Este tipo de modelos funcionan como herramientas para el futuro ciudadano. Según las ideas de Burkhardt (2006), puede tener un significado en el contexto cercano de los días sin IVA. Por ello, se posibilitan situaciones en las que el uso de estos cálculos en el día a día no pertenezca a una realidad inusual o inventada (Alsina, 2007), sino a una habilidad necesaria para evitar pérdidas o malas compras.

Además, se lograron recabar conversaciones durante el proceso de creación de los modelos matemáticos que reflejan no solo cómo los estudiantes pueden suscitar realidades inusuales, sino también la posibilidad de percibir situaciones como realidades falsas, tal como describe Alsina (2007). A continuación, se presenta una charla entre el profesor y un grupo de estudiantes, en la cual es posible detectar tales referencias sobre lo real:

Laura: Bueno, profe, es que ayer [a? nosotras casi se nos explota la cabeza, porque ... Ay, Isabela, usted sabe explicar mejor.

Isabela: Porque es que nosotros nos metimos, estábamos investigando pues de cuánto era el IVA y pues es del 19 %, pero decía que en algunos productos era del 5 % y pues decía, por ejemplo, que si un producto vale 50 000 pesos eh... más el IVA eran 59 500, entonces yo, ... pues no puede ser todo eso el IVA ¿no, profe? Es mentira.

Profesor: Hagamos algo entonces, 50 000 pesos ¿no? cierto y quieren saber cuánto vale con IVA. Vale 59 500.

Isabela: ¿En serio?

Profesor: En serio, Isabela.

Sofía: ¿Profe puede repetir cuánto vale sin y cuánto vale con IVA?

Laura: ¿O sea, son nueve mil pesos más?

Profesor: Son nueve mil quinientos pesos más.

Laura: Nosotras pensábamos que era mentira.

Del momento anterior, surgieron los comentarios de Isabela y Laura respecto a la sorpresa y posible indignación por el aumento con el impuesto, lo cual las llevó a un ejemplo de cómo se podía agregar el IVA a un valor de 50,000 pesos. A partir de esto, las dos estudiantes expresan una posible referencia al ejemplo como una realidad falsa o manipulada (Alsina, 2007), en la que los valores encontrados parecen alterados. Sin embargo, el encuentro con la respuesta del profesor genera un cambio en la noción, como se puede apreciar en el ejemplo. Según lo planteado por Burkhardt (2006), el proceso de modelación debe ir encaminado a una realidad que emerja del contexto. En este caso, las estudiantes enfrentan situaciones reales que pueden

asimilar como legítimas o no, en parte porque las matemáticas les permiten percibir las como falsas o verdaderas.

De igual forma que ocurre con el grupo de Ana, el grupo de Isabela desarrolla su presentación y establece un modelo, o como ellas lo llaman, una *fórmula* para encontrar el valor de un producto agregando el impuesto. Tal modelo se puede observar en la figura 3, tomada de su presentación.

Figura 3. Modelo para determinar el valor de un producto agregando el valor del IVA, creado por el grupo de Isabela, Sofía y Laura

Tomamos el valor del producto sin iva y multiplicamos con 0.19 para tener el producto final con iva

$$\text{ACEITE: } 8.000 * 0.19 = 1.520 + 8.000 = 9.520$$

Formula: $Z * 0.19$

Fuente: producción del grupo.

Sofía: Hola, yo voy a decir la fórmula para poner el IVA a los productos. Primero, tomamos el valor del producto sin IVA y lo multiplicamos con el 0,19 para tener el producto final con IVA. Por ejemplo, el aceite vale 8000 pesos y lo multiplicamos por 0,19, el 0,19 en este caso es 1520 y eso lo sumamos con el precio inicial del aceite; nos daría un resultado de 9520 pesos colombianos. ¿No? Y la fórmula es Z por o multiplicado por 0,19.

En esta parte de la exposición, se puede notar cómo las estudiantes elaboran un modelo utilizado en el ejemplo de un aceite, cuyo precio parece referirse al de la vida cotidiana, conforme a la noción de la perspectiva de modelación (Villa-Ochoa et al., 2009). En el cálculo, podemos ver cómo lo explicado por Sofía —primero hacer la multiplicación y luego sumar el valor inicial— concuerda con los procedimientos. Sin embargo, esto no se refleja en el modelo planteado de forma algebraica o en el escrito en la parte superior.

Según lo planteado por Burkhardt (2006), debe existir una validación interna que funcione matemáticamente, pero también una validación externa respecto a la situación real. De allí puede parecer que las estudiantes comprenden cómo proceder al desarrollar un ejemplo o ejercicio con un precio real. No obstante, en su proceso, se observa un uso inadecuado del signo igual, ya que no representa una relación, sino el paso de una operación a otra. Esto puede estar obstaculizando la creación adecuada de la expresión algebraica.

Los resultados presentados anteriormente constituyen la base y el apoyo para varias reflexiones en el desarrollo de la propuesta de investigación. En el siguiente apartado, se retoma lo expuesto en los resultados y se presentan las conclusiones de la propuesta.

Conclusiones

Con el objetivo de contribuir a la reflexión sobre las referencias de los estudiantes respecto a la realidad en un proceso de modelación matemática (MM) desde una perspectiva realista, a partir de lo encontrado en el proceso y lo presentado en el análisis, se han establecido tres conclusiones.

La primera conclusión se refiere a la similitud en las referencias encontradas acerca de la realidad por parte de los estudiantes, con el marco establecido por Burkhardt (1964, 2006) y Villa-Ochoa *et al.* (2010) desde la perspectiva de MM, así como las categorías ideadas por Alsina (2007). Estas referencias aluden a nuestro entorno cotidiano, del día a día y a lo explorado a partir de diferentes ciencias, del contexto social o de la naturaleza, como se detalla en las expresiones presentadas en los escritos elaborados por los estudiantes (tabla 1). Además, se detectaron casos en los que algunos estudiantes incluyen la imaginación como un campo en el cual también se puede hablar de lo real (tablas 2 y 3). En estos casos, las categorías de realidades falsas, manipuladas o inventadas planteadas por Alsina (2007) pueden considerarse cercanas a lo real.

Sin embargo, el análisis también reveló referencias que amplían esta forma de ver la realidad e incluyen en la discusión el papel de las demás personas en las interpretaciones, como se observa en la tabla 4. Esto destaca el significado que la estudiante atribuye a su interpretación a partir de las personas con las que interactúa.

La segunda conclusión concierne al proceso de modelación matemática realista y a la consideración de los contextos a los que los maestros podemos referirnos en nuestras clases, o lo que Villa-Ochoa *et al.* (2010) denominan el “sentido de realidad”. Como se observó en el apartado de resultados, estos contextos no están necesariamente alineados con las formas en que los estudiantes se refieren a la realidad, ya que pueden considerar la realidad de maneras diversas a las nuestras. Por ejemplo, manifestándose dentro de las categorías propuestas por Alsina (2007).

La tercera conclusión busca contribuir a la comprensión de cómo los estudiantes conceptualizan la realidad en el proceso de MM, permitiendo concebir formas diferentes de caracterizar sus referencias a la realidad y de reconocer si estas son verdaderas o falsas. Esto se evidencia en el fragmento de la conversación con el grupo de Sofía, Laura e Isabela, donde Laura dice: “Nosotras pensábamos que era mentira”. Este hecho dota a las discusiones generadas en el espacio de MM de un carácter transformador, en concordancia con los objetivos del enfoque utilizado (Burkhardt, 2006).

De acuerdo con lo anterior, en los modelos elaborados por los grupos se pudo detectar en sus expresiones en lenguaje natural alusiones al contexto del día sin IVA. Usaban referencias como “el precio del producto” o “el valor del producto sin IVA”, lo cual refleja cómo los estudiantes pueden empezar a describir variables y formular expresiones cuya relación con lo real otorga un significado al modelo, tal como defienden Mesa *et al.* (2014). Además, se observó que el tránsito de tales referencias a la simbolización algebraica requiere un trabajo de investigación más amplio, que se impulsa a llevar a cabo en el futuro.

En la misma línea, el trabajo de guiar un espacio de MM en este enfoque ha resultado ser una tarea exigente, ya que ha demandado la importancia de discernir sobre los contextos que resulten significativos o reales para los estudiantes, y la necesidad de ejercitar la habilidad denominada *sentido de realidad* (Villa-Ochoa *et al.*, 2010). Las referencias de los estudiantes aportadas por este estudio posibilitan nuevas rutas de indagación y propuestas para el aula.

Referencias

- Alsina, C. (2007). Si Enrique VIII tuvo 6 esposas ¿cuántas tuvo Enrique IV? El realismo en educación matemática y sus implicaciones docentes. *Revista Iberoamericana de educación*, 43, 85-101. <https://rieoei.org/RIE/article/view/752>
- Arcos, J., Borromeo-Ferri, R. y Mena-Lorca, J. (2018). El conocimiento de la modelación matemática desde la reflexión en la formación inicial de profesores de matemática. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 36(1), 99-115. <https://ensciencias.uab.cat/article/view/v36-n1-huincahue-borromeo-mena>
- Bassanezi, R. y Biembengut, M. (1997). Modelación matemática: una antigua forma de investigación, un nuevo método de enseñanza. *Números. Revista de Didáctica de las Matemáticas*, 32, 13-25. <https://funes.uniandes.edu.co/funes-documentos/modelacion-matematica-una-antigua-forma-de-investigacion-un-nuevo-metodo-de-ensenanza/>
- Bassanezi, R. (2002). *Ensino-aprendizagem com modelagem matemática: uma nova estratégia* [Teaching and Learning with Mathematical Modelling]. Editora Contexto.
- Biembengut, M. y Hein, N. (2004). Modelación matemática y los desafíos para enseñar matemática. *Educación Matemática*, 16(2), 105-125. <https://www.redalyc.org/pdf/405/40516206.pdf>
- Burkhardt, H. (1964). *Modelling with Mathematics* (unpublished lecture notes). University of Birmingham, Department of Mathematical Physics.

- Burkhardt, H. (2006). Modelling in Mathematics Classrooms: Reflections on Past Developments and the Future. *ZDM*, 38(2), 178-195. https://www.researchgate.net/publication/226388981_Modelling_in_Mathematics_Classrooms_reflections_on_past_developments_and_the_future
- Blum, W. (2015). Quality Teaching of Mathematical Modelling: What do we Know, What Can We Do? En Sung Je Cho (ed.), *The Proceedings of the 12th International Congress on Mathematical Education* (pp. 73-96). Springer.
- Durán, M. (2012). El estudio de caso en la investigación cualitativa. *Revista Nacional de Administración*, 3, 121-134. <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/rna/article/view/477>
- Gaisman, M. (2009). El uso de la modelación en la enseñanza de las matemáticas. *Innovación Educativa*, 9(46), 75-87. <https://www.redalyc.org/pdf/1794/179414894008.pdf>
- Guerrero-Ortiz, C. y Ferri, R. (2022). Los desafíos de los profesores en formación en la implementación de la modelación matemática. Una mirada en torno a la realidad. *PNA*, 16(4), 309-341. <https://revistaseug.ugr.es/index.php/pna/article/view/21329>
- Ochoa, J. y Vahos, H. (2009). Modelación en educación matemática: una mirada desde los lineamientos y estándares curriculares colombianos. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, 27, 1-21. <https://www.redalyc.org/revista.oa?id=1942>
- Kaiser, G. y Sriraman, B. (2006). A Global Survey of International Perspectives on Modelling in Mathematics Education. *ZDM*, 38(3), 302-310. https://www.researchgate.net/publication/225805678_A_global_survey_of_international_perspectives_on_modelling_in_mathematics_education
- Kaiser, G., Blomhøj, M. y Sriraman, B. (2006). Towards a Didactical Theory for Mathematical Modelling. *ZDM*, 38(2), 82-85. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02655882>
- Mancera, G. y Camelo, F. (2020). Un panorama de la modelación matemática en los Encuentros Colombianos de Matemática Educativa entre 2012-2015. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 15(2), 24. <https://doi.org/10.14483/23464712.14350>
- Martínez-Bonafé, J. (1988). El estudio de caso en la investigación educativa. *Revista Investigación en la Escuela*, 6, 41-50. <https://doi.org/10.12795/IE.1988.i06.03>
- Mesa, L., Orrego, S., López, C. y Villa-Ochoa, J. (2014). Contextos auténticos y la producción de modelos matemáticos escolares. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, 42, 48-67. <https://hdl.handle.net/10495/6509>
- Ministerio de Educación Nacional (MEN). (1998). *Lineamientos curriculares: matemáticas*. Magisterio.

- Ministerio de Educación Nacional (MEN). (2006). *Estándares básicos de competencias*. Magisterio.
- Parra-Zapata, M. y Villa-Ochoa, J. (2016). Interacciones y contribuciones. Forma de participación de estudiantes de quinto grado en ambientes de modelación matemática. *Actualidades Investigativas en Educación*, 16(3), 283-310. <https://hdl.handle.net/10495/5290>
- Posada, F. y Villa-Ochoa, J. (2006). El razonamiento algebraico y la modelación matemática. En *Pensamiento variacional y razonamiento algebraico* (pp. 127-163). Universidad de Antioquia y Gobernación de Antioquia.
- Pires de Rocha, A. (2015). *Realidade, Matemática e Modelagem: as referências feitas pelos alunos* [Tesis de maestría, Universidade Federal de Minas Gerais]. <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUBD-A7DHKX>
- Ramírez, E. (2011). La investigación cualitativa en educación. Balance y retos en el contexto colombiano. *Revista Interamericana de Investigación, Educación y Pedagogía*, 4(1), 81-91. <https://doi.org/10.15332/s1657-107X.2011.0001.05>
- Stake, R. (2008). Qualitative Case Studies. En *The SAGE Handbook in Qualitative Research* (pp. 433-466). Thousand Oaks.
- Villa-Ochoa, J. (2007). La modelación como proceso en el aula de matemáticas: un marco de referencia y un ejemplo. *Tecnológicas*, 63-86. <https://doi.org/10.22430/22565337.505>
- Villa-Ochoa, J. (2013). *Contextos, intereses y sentido de realidad en la modelación matemática: una experiencia con el profesor de matemáticas* (Conferencia). VII Conferência Nacional sobre Modelagem Matemática na Educação Matemática, Santa Maria-RS, Brasil.
- Villa-Ochoa, J., Bustamante, C. y Berrio, M. (2010). Sentido de realidad en la modelación matemática. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa ALME*, 23, 1087-1096. <https://core.ac.uk/download/pdf/12341434.pdf>
- Villa-Ochoa, J., Bustamante, C., Berrio, M., Osorio, J. y Ocampo, D. (2009). El proceso de modelación matemática. Una mirada a la práctica del maestro. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*, 22, 1443-1452. <https://core.ac.uk/download/pdf/12341441.pdf>
- Villa-Ochoa, J., Rojas, C. y Cuartas, C. (2010). ¿Realidad en las matemáticas escolares?: reflexiones acerca de la "realidad" en modelación en educación matemática. *Revista Virtual Universidad católica del Norte*, 29, 1-17. <https://www.redalyc.org/pdf/1942/194214466004.pdf>
- Villa-Ochoa, J., Castrillón-Yepes, A. y Sánchez-Cardona, J. (2017). Tipos de tareas de modelación para la clase de matemáticas. *Espacio Plural*, 18(36), 219-251. https://funes.uniandes.edu.co/wp-content/uploads/tainacan-items/32454/1146871/19718-72370-1-PB_1.pdf
- Villa-Ochoa, J., Quintero, C., Arboleda, M., Castaño, J. y Ocampo, D. (2009). Sentido de realidad y modelación matemática: el caso de Alberto. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 2(2), 159-180. <https://hdl.handle.net/10495/4551>
- Villa-Ochoa, J. (2015). Modelación matemática a partir de problemas de enunciados verbales: un estudio de caso con profesores de matemáticas. *Magis. Revista Internacional de Investigación en Educación*, 8(16), 133-148. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.m8-16.mmpe>



Prácticas interculturales de enseñanza de las ciencias para la inclusión cultural

- Intercultural Science Teaching Practices for Cultural Inclusion
- Práticas interculturais de ensino de ciências para inclusão cultural

Forma de citar este artículo:

Tovar-Gálvez, J. C. (2025). Prácticas interculturales de enseñanza de las ciencias para la inclusión cultural. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 57, 138-155. <https://doi.org/10.17227/ted.num57-21291>

Resumen

El profesorado de ciencias necesita apoyo didáctico para llevar la inclusión cultural al aula. Hay políticas, teoría y conciencia sobre la diversidad y la inclusión cultural, pero el profesorado necesita aprender a implementarlas. Una solución son las Prácticas Interculturales de Enseñanza de las Ciencias (PIEC) para incluir diversas epistemologías en el aula. Metodológicamente, la investigación basada en el diseño guía el desarrollo de las PIEC a través de tres ciclos iterativos. El resultado es una PIEC de planificación y otra de implementación. En conclusión, la evidencia demuestra que la profesora guía al estudiantado a construir explicaciones desde diversas epistemologías.

Palabras clave



diálogo intercultural; enseñanza de las ciencias; epistemología; formación de docentes, pluralismo

Abstract

Science teachers need instructional support to bring cultural inclusion into the classroom. While there are policies, theories, and awareness regarding diversity and cultural inclusion, teachers need to learn how to implement them effectively. One solution is the Intercultural Teaching Practices for Science Education (ITPSE), designed to incorporate diverse epistemologies in the classroom. Methodologically, design-based research guides the development of ITPSE through three iterative cycles. The outcome is one ITPSE for planning and another for implementation. In conclusion, the evidence suggests that the teacher guides students in constructing explanations from various epistemological perspectives.

Keywords

intercultural communication; science teaching; epistemology; teacher education; pluralism

Julio César Tovar-Gálvez*  

* Doctor en Ciencias de la Educación por la Universidad Martin-Luther Halle-Wittenberg, Halle, Sajonia-Anhalt, Alemania. joule_tg@yahoo.com

Artículo de investigación

Fecha de recepción: 09/03/2024
Fecha de aprobación: 16/08/2024
Fecha de publicación: 01/01/2025



Resumo

Os professores de ciências precisam de apoio didático para trazer a inclusão cultural para a sala de aula. Existem políticas, teorias e consciência sobre a diversidade e a inclusão cultural, mas os professores precisam aprender a implementá-las. Uma solução são as Práticas Interculturais de Ensino de Ciências (PIEC) para incluir diversas epistemologias na sala de aula. Metodologicamente, a pesquisa baseada em design orienta o desenvolvimento de PIECs por meio de três ciclos iterativos. O resultado é um PIEC de planejamento e outra PIEC de implementação. Em conclusão, a evidência mostra que a professora orienta os alunos na construção de explicações a partir de diversas epistemologias.

Palavras-chave

comunicação intercultural; ensino de ciências; epistemologia; formação de professores; pluralismo

Introducción

El profesorado de ciencias necesita apoyos didácticos específicos para llevar la inclusión cultural al aula. La palabra apoyos hace referencia a estrategias, modelos, actividades, rutinas, prácticas, herramientas y demás elementos que ayuden a llevar las teorías a la práctica. Aunque existen políticas educativas sobre inclusión cultural en el aula, estas no son claras para el profesorado (Stefoni *et al.*, 2016) o presentan una visión de inclusión reduccionista (Rodríguez y Morrison, 2019). Por otro lado, la investigación educativa muestra que el profesorado es consciente de la diversidad cultural, pero manifiesta no saber cómo incluirla en la práctica o cómo usar la teoría en el aula (Cépeda *et al.*, 2019; Díez-Gutiérrez *et al.*, 2012; Lund, 2022; Orduz *et al.*, 2018; Tarozzi, 2012). En el campo de la didáctica de las ciencias hay avances que reconocen los conocimientos de comunidades no hegemónicas como contenido a enseñar (Castaño-Cuellar, 2021), pero es necesario avanzar en cómo enseñarlos. Finalmente, la didáctica de las ciencias aporta múltiples modelos o propuestas; sin embargo, unos están más cercanos a la inclusión cultural que otros (Tovar-Gálvez y Acher, 2019).

Antecedentes

Ante la pregunta: ¿a través de qué apoyos didácticos podemos ayudar al profesorado a llevar la inclusión cultural al aula de ciencias?, este artículo propone las Prácticas Interculturales de Enseñanza de las Ciencias (PIEC). En otras publicaciones sobre este tema se presentó el proceso de diseño de las PIEC, por lo que son publicaciones dirigidas a profesionales de la investigación educativa, docencia universitaria y legislación. En cambio, este artículo presenta al profesorado la dimensión didáctica de las PIEC, sin negarle su posibilidad de investigación

en el aula. Para ello, el artículo no se centra en el proceso investigativo de diseño de las PIEC, sino en las PIEC en sí mismas, las razones, uso y perspectivas. La presentación de las PIEC se hace a través de un caso real de una profesora colombiana que las usó en su clase de química.

Diseñar y divulgar unas PIEC contribuye a la transformación didáctica, educativa y social que requiere el contexto culturalmente diverso. Existe diversidad cultural por la composición de la población en los países y por la inmigración. En el caso de Colombia, esta es una nación cultural y étnicamente diversa (Constitución Política de Colombia, 1991). Aproximadamente el 4,4 % de la población se autoidentifica como indígena; alrededor del 7 % se identifica como negro(a), mulato(a), afrodescendiente, afrocolombiano(a), raizal o palenquero(a); y el resto de los habitantes como mestizo(a), blanco(a) o sin etnia (DANE, 2018). Adicionalmente, el 31,8 % de la población colombiana se identifica como campesino(a) (DANE, 2020). Sin embargo, es un hecho que los currículos oficiales excluyen a las comunidades no hegemónicas (Baronnet y Morales, 2018; Martínez *et al.*, 2021; Ocoró, 2021). Ello se evidencia en que las culturas no hegemónicas no hacen parte de lo que se enseña en el aula. Mientras que las asignaturas del currículo oficial, incluida la ciencia, representan a las culturas occidentales u occidentalizadas (de tradición europea moderna).

Las PIEC son una alternativa para llevar la inclusión cultural a la práctica, pues el profesorado cuenta con un apoyo que le guía a: a) reconocer la existencia de otros saberes y formas de saber diferentes a los de la ciencia escolar (Olivé, 2009); b) validar dichos saberes y formas de saber no hegemónicos por su valor intrínseco y aporte a la comprensión e intervención en la realidad (El-Hani y Souza, 2008); y c) usar dichos saberes y formas de

saber como contenido a enseñar, involucrando al estudiantado a participar en esos saberes y formas de saber (López y Küper, 1999).

Marco teórico

El puente epistemológico como referente para la inclusión cultural

Para Tovar-Gálvez (2021), quien parte de la idea inicial de Castaño-Cuellar (2009), el puente epistemológico es la descripción del proceso didáctico (planificación, enseñanza, aprendizaje y evaluación) desde una relación inclusiva entre la epistemología de las ciencias y epistemologías no hegemónicas. Una epistemología es el sistema de saberes o ideas, procedimientos o prácticas, normas o valores, dispositivos o instrumentos, entre otros elementos, a través de los cuales una comunidad produce conocimiento, bienes y servicios. El profesorado puede tomar el puente epistemológico como referente para involucrar al estudiantado en aprendizajes desde una relación inclusiva entre epistemologías. Algunos productos de aprendizaje pueden ser la construcción de explicaciones, modelos, soluciones a problemas o desarrollo de proyectos, entre otros.

En la metáfora, los puentes conectan lugares distantes a través de una pasarela común. Así, en lo didáctico, cada epistemología a enseñar, la de las ciencias y las de otras comunidades, corresponde a un punto final y distante del puente. Cada epistemología posee su dominio, lo que la hace independiente, y está compuesta por ideas, prácticas y normas, entre otros elementos. Mientras que la pasarela corresponde al conjunto de elementos que tienen un objetivo similar entre las diversas epistemologías y que motivan el intercambio o comunicación. De esta forma, el estudiantado cruza las fronteras del dominio epistemológico de su cultura, transita por el camino común de intercambio y se adentra en el nuevo dominio (de la ciencia y otras comunidades). Esto puede ocurrir en cualquier momento y en cualquier dirección. El sustento de los puntos finales del puente es el pluralismo epistemológico, que reconoce la existencia de diferentes epistemologías válidas en sí mismas, además de la epistemología de las ciencias (Cobern y Loving, 2001; El-Hani y Mortimer, 2007; Olivé, 2009; Sedano, 2013). El sustento de la pasarela del puente es la interculturalidad, entendida como diálogos e intercambios simétricos entre diversas epistemologías (Aikenhead y Michell, 2011; Castaño-Cuellar, 2009; Teo, 2013; Walsh, 2009).

Existen diferentes posiciones respecto al tránsito entre epistemologías (culturas). En primer lugar, para autores como Kuran y Sandholm (2008), los individuos pueden moverse entre culturas. Específicamente, Bang y Medin (2010) argumentan que los estudiantes pueden navegar entre epistemologías y adoptarlas simultáneamente. Desde otra perspectiva, los sujetos pueden adaptarse a diferentes contextos culturales (Berray, 2019; Seiler, 2013). Sin embargo, otras

posiciones argumentan que los individuos pueden hibridar culturas (Grimberg y Gummer, 2013) o construir identidades culturales permanentemente (Anzaldúa, 2016).

El puente epistemológico ha sido expresado en dos principios prácticos que ayudan a diseñar diferentes tipos de apoyos a la enseñanza (como las PIEC), pero que también aportan a evaluar la contribución de esos apoyos diseñados.

Principio de independencia epistemológica

Este principio declara que existen diversas epistemologías, además de las científicas, con su propia naturaleza, dominio y validez interna. Desde este principio, el profesorado identifica los diferentes dominios epistemológicos independientes que conformarán los puntos finales del puente. Dichos dominios epistemológicos son lo que se enseñará de cada cultura en el aula. Además de identificar cada dominio, la relación inclusiva se garantiza cuando una epistemología no es asumida como la *real* o no es más privilegiada que la(s) otra(s), o cuando no es usada para estudiar, criticar, evaluar o validar-invalidar a las demás epistemologías.

Principio de similitud epistemológica

Este principio declara que existen elementos con un objetivo similar entre los diferentes dominios epistemológicos, lo que facilita el intercambio y diálogo. Desde este principio, el profesorado identifica las ideas, prácticas y normas, entre otros elementos, de cada epistemología que pueden tener un objetivo similar. Estos conformarán la pasarela común del puente. Reconocer y hacer uso de los elementos similares no va en detrimento de

la independencia de cada dominio epistemológico. Estos elementos son los que motivan la comunicación e interacción en la relación inclusiva entre culturas.

Las explicaciones de situaciones como producto del aprendizaje

Las explicaciones son el producto de aprendizaje hacia el cual el profesorado guiará al estudiantado a través de las PIEC en esta ocasión. Una explicación es el significado que un sujeto o comunidad asigna a las cosas y fenómenos desde unos referentes ontológicos y epistemológicos particulares (Tovar-Gálvez, 2021). Así, al reconocer la diversidad cultural y la diversidad epistemológica, es posible aceptar la diversidad de explicaciones sobre un mismo fenómeno. Desde esta perspectiva y desde el puente epistemológico, el profesorado propone al estudiantado un fenómeno que les motive a participar en las diferentes epistemologías. Finalmente, el estudiantado propone explicaciones desde cada dominio epistemológico sobre tal fenómeno.

Para el diseño de las PIEC se toma la estructura que McNeill y Krajcik (2012) proponen para una explicación científica, y aquí se generaliza para cualquier dominio epistemológico. Los autores describen que una explicación se compone de una conclusión, evidencia y razonamientos. La conclusión es un enunciado o conjunto de enunciados que dan cuenta de una situación desconocida o problema. La evidencia es el conjunto de datos o información recolectada empíricamente o a través de la experiencia, y que está relacionada con la situación problema. Los razonamientos son la interpretación de la evidencia desde las ideas o saberes de la epistemología empleada.

Metodología

Fundamento metodológico para el diseño de las PIEC

El diseño de las PIEC se realizó a través de la investigación basada en el diseño (*Design-Based Research-DBR*). La DBR es un intermedio entre la investigación y el diseño (Sloane, 2006) para producir soluciones prácticas a problemas educativos prácticos (Akker *et al.*, 2006). El problema de esta investigación es la falta de apoyos prácticos para la enseñanza intercultural de las ciencias, y la solución son las PIEC. Además, el diseño de estas soluciones vincula a la comunidad en busca de sus metas, a través de la validación de su experiencia (Walke, 2006). En este caso, dos profesoras y un profesor, de diferentes instituciones educativas, aportaron evidencia sobre su propio desempeño usando las PIEC en el aula, pero también reflexionando y retroalimentando el funcionamiento de las PIEC para su rediseño.

Por otro lado, para Mckenny y Reeves (2012), la DBR consiste en una serie de ciclos iterativos. Los ciclos consisten en diseño-ensayo-rediseño, hasta que la propuesta orienta a las comunidades al resultado esperado. En este caso, fueron necesarios tres ciclos, cada uno en una institución educativa diferente.

Además, según Edelson (2006), la DBR produce no solo innovaciones educativas, sino también resultados teóricos y metodológicos. En esta investigación: a) la innovación educativa es una PIEC de planificación y otra de implementación, junto con las herramientas guía; b) el resultado teórico es el puente epistemológico, las explicaciones como producto del aprendizaje y las situaciones que motivan al estudiantado a transitar entre epistemologías; y c) el resultado metodológico es la descripción de la trayectoria de diseño de las PIEC. La sección de resultados de este artículo es la versión final de las PIEC, para que el profesorado las pueda usar, para que formadores de profesorado las enseñen y para que sean estudiadas en diferentes contextos.

Trayectoria del diseño de las PIEC

A lo largo del primer ciclo (Tovar-Gálvez y Acher, 2021) se diseñó el primer conjunto de PIEC utilizando el puente epistemológico (Tovar-Gálvez, 2021). Un profesor de química de un colegio público en Landázuri, Santander, Colombia, implementó estas PIEC. El profesor, junto con sus estudiantes de entre 14 y 16 años, necesitó 4 clases (2 horas cada una) para implementar la propuesta. La evidencia indicó la debilidad del diseño para orientar al profesorado en concretar las explicaciones de los estudiantes. Así, se introdujo una teoría auxiliar sobre las explicaciones (McNeill y Krajcik, 2012) y se creó un segundo diseño de PIEC.

Durante el segundo ciclo (Tovar-Gálvez, 2023a), una profesora de química de un colegio público en Bogotá, Colombia, implementó el segundo conjunto de PIEC.

La profesora, con sus estudiantes de entre 12 y 14 años, necesitó 8 clases (1 hora cada una) para implementar la propuesta. Nuevamente, la evidencia indicó la debilidad del diseño para guiar al profesorado en conectar el contenido con el resultado del aprendizaje. Por ello, se introdujo una teoría auxiliar sobre las situaciones a explicar por parte del estudiantado (Eder y Adúriz-Bravo, 2008; Wartha *et al.*, 2013) y se creó un tercer diseño de PIEC.

Durante el tercer ciclo (Tovar-Gálvez, 2023b), una nueva profesora de química en otro colegio público de Bogotá implementó el tercer conjunto de PIEC. La profesora, junto con sus estudiantes de entre 11 y 12 años, necesitó 4 clases (2 horas cada una). La evidencia mostró que las herramientas guía no brindaban indicaciones claras para conectar los contenidos a enseñar y las explicaciones. Como solución, las herramientas guía para planificación y explicaciones se refinaron con los aportes de Sandoval (2003).

Contexto del tercer ciclo que ilustra los resultados a presentar

Para ilustrar los resultados se elige el tercer ciclo, ya que es allí donde el diseño de las PIEC muestra solidez en la definición de desempeño, tareas e indicaciones. Es decir, la evidencia reportada por la profesora muestra que no es necesario rediseñar las PIEC, sino profundizar en los instrumentos guía de planificación y explicaciones.

La institución se ubica en una zona marginalizada de Bogotá, a donde llegan personas de diferentes zonas del país y del extranjero, desplazadas por las limitaciones económicas, la inestabilidad política o el conflicto armado. La diversidad del país se refleja tanto en la zona como en la institución educativa. La profesora reconoce la diversidad cultural en su aula y manifiesta que algunos estudiantes

se identifican como indígenas y otros como afrocolombianos. Ella también menciona que los niños(as) nacidos en la ciudad están cada vez más alejados de la cultura de sus familias y no muestran interés en regresar al territorio original de sus comunidades.

Resultados y análisis

El resultado que se presenta a continuación es el diseño final de las PIEC, el cual se logra al finalizar el ciclo 3 de implementación. Cada PIEC incluye la descripción del desempeño docente esperado, las tareas para lograr dicho desempeño y las indicaciones.

Versión final de la PIEC de planificación. Construyendo el puente epistemológico

El objetivo es construir el puente epistemológico entre la epistemología de la ciencia y las epistemologías no hegemónicas durante la planificación del proceso de enseñanza y aprendizaje. Algunas epistemologías no hegemónicas podrían pertenecer a culturas afrodescendientes, indígenas, campesinas, inmigrantes y otras comunidades. Las culturas no hegemónicas pueden ser llamadas “tradicionales” o “no occidentales”, como una expresión más reconocible para el estudiantado. El profesorado cuenta con tres tareas para lograr este desempeño:

Tarea de planificación 1

Proponga una situación cotidiana para involucrar al estudiantado en su explicación utilizando diversas epistemologías. El objetivo de aprendizaje del estudiantado es participar en ambas epistemologías. El resultado de aprendizaje del estudiantado es la explicación de la misma situación desde cada epistemología.

- Indicación 1: la epistemología es un sistema de saberes o ideas, valores y normas, experiencias o prácticas, materiales y dispositivos o instrumentos que las comunidades utilizan para producir conocimientos, bienes y servicios. La ciencia es una epistemología emergente de la cultura occidental. Las culturas diferentes a la occidental u occidentalizadas tienen otras epistemologías.
- Indicación 2: el fenómeno se contextualiza presentándolo al estudiantado como una situación. La situación que explicará el estudiantado es un evento, experiencia, acontecimiento, anécdota o actividad del contexto cotidiano. La situación debe ser fácilmente comprensible para el estudiantado, narrada de forma sencilla y describir un fenómeno que no puedan explicar fácilmente desde ninguna de las epistemologías de la clase. Al final, una pregunta guía motivará al estudiantado a proponer explicaciones utilizando el contenido de cada epistemología. Los contenidos a enseñar y las actividades didácticas se centran en explicar la situación. Recuerde: contexto + fenómeno + pregunta.

En el caso estudiado, a partir de esta tarea, la profesora propuso a sus estudiantes una situación cotidiana que es de interés para ellos y, por ende, tienen información al respecto:

En los últimos años se ha incrementado la moda de las perforaciones corporales o comúnmente denominados *piercing*. Muchos perforadores en diversos lugares del mundo recomiendan el uso de la sal marina (en proporciones específicas) durante el proceso de curación debido a sus propiedades como cicatrizante. ¿Por qué se usa la sal marina? [Extraído de la guía de planificación].

Según se observa, la profesora identifica el fenómeno de absorción del agua por parte de la sal (propiedad higroscópica) y lo pone en el contexto de la sanación de las heridas de *piercing*, creando así una situación. Además, plantea una pregunta motivadora.

Tarea de planificación 2

Organice los saberes y experiencias de cada cultura como contenidos independientes, según las categorías: ideas, prácticas de producción y prácticas de legitimación, para involucrar al estudiantado en la propuesta de explicaciones del fenómeno descrito en la situación.

- Indicación 3: una *idea* es una conexión entre conceptos, valores y prácticas que tiene el poder de describir o dar cuenta de fenómenos. Las *prácticas de producción* son todas las experiencias que las comunidades realizan a partir del conocimiento para originar información, bienes, productos, servicios o nuevos conocimientos. Por ejemplo, en un ámbito indígena, los rituales sagrados o la elaboración de productos (ropa, medicina, cerámica y otros) serían prácticas de producción. En ciencia,

los procedimientos de laboratorio son prácticas de producción. Las *prácticas de legitimación* son todas las experiencias que las comunidades realizan a partir de normas para apoyar, regular, normalizar, reconocer y difundir sus conocimientos y productos. Esas normas delimitan el dominio de cada epistemología. Por ejemplo, en un ámbito indígena, las comunidades legitiman (incorporan) saberes cuando los jóvenes escuchan la sabiduría de una persona mayor. En ciencia, las comunidades legitiman (validan) el conocimiento utilizando protocolos estandarizados para regular los procedimientos. Recuerde que cada idea y práctica que planea enseñar debe proporcionar elementos para que los estudiantes expliquen la situación de estudio. También puede replantearse si los alumnos pueden explicar la situación propuesta a partir de esos contenidos (de ambas epistemologías) e introducir cambios.

- Indicación 4: usted pone en práctica la *independencia epistemológica* cuando define los contenidos propios de cada cultura (ideas y prácticas). Asimismo, esto también sucede cuando se les da a ambas epistemologías la misma relevancia para fines de enseñanza y aprendizaje (producir explicaciones). Finalmente, usted también pone en práctica este principio cuando aborda y utiliza dichos contenidos con el estudiantado sin mezclarlos, sin explicar uno desde el otro y sin evaluarlos uno desde el otro.

A partir de esta tarea, la profesora planificó los contenidos de química y de las comunidades indígenas (Wayú y Muisca) y campesinas

colombianas. La siguiente tabla es una síntesis de lo que ella planificó:

Tabla 1. Planificación de la profesora basado en la herramienta de planificación

| Idea científica | Idea tradicional |
|--|--|
| Estructura y propiedades de la materia: sustancias y mezclas. Capacidad de la sal para absorber agua (propiedad higroscópica). | Propiedades de la sal marina como curativo. Conocimiento asociado a las comunidades indígenas Wayú y Muisca, y a campesinos colombianos. |
| Práctica de producción científica | Práctica de producción tradicional |
| Determinación de la propiedad higroscópica de la sal. Pesar antes y después de calentarla en microondas. | Salazón de carne cruda para ver si la carne se preserva o no al cabo de unos días. |
| Práctica de legitimación científica | Práctica de legitimación tradicional |
| Identificación de posibles errores procedimentales al pesar. Comparar entre grupos los datos de las réplicas de pesaje realizadas. | Preguntar a adultos cómo se conservaba la carne cuando no había refrigerador. Compartir lo aprendido con compañeros de clase. |

Fuente: adaptado de la herramienta de planificación diligenciado por la profesora.

En la tabla 1, se puede ver que la profesora organiza saberes y prácticas de las comunidades indígenas y campesinas colombianas y de la química en las mismas categorías. De esta manera, diferencia los dominios epistemológicos a enseñar y desde donde el estudiantado construirá las explicaciones.

Tarea de planificación 3

Identifique similitudes entre las prácticas científicas y las prácticas de otras culturas para involucrar al estudiantado en el cruce de fronteras epistemológicas, el tránsito entre epistemologías y la participación en cada dominio para construir explicaciones.

- Indicación 5: las diferentes comunidades tienen puntos en común en los procesos de producción de

conocimiento. Algunos elementos similares o comunes son prácticas de observación, prácticas de comunicación, normas de regulación, valores, metas y deseos, lenguajes específicos, expertos, prácticas de producción y prácticas de legitimación.

- Indicación 6: usted pone en práctica la *similitud epistemológica* cuando identifica los elementos comunes entre las diferentes culturas, que tienen objetivos equivalentes. Asimismo, logra esto cuando involucra a sus estudiantes en reconocer dichas similitudes y a usarlas como un motivo para moverse entre epistemologías. Por ejemplo, la observación es una práctica empleada por comunidades afro, indígenas, campesinas y científicas. Aunque dicha práctica es diferente para cada comunidad o cultura (independiente en su procedimiento), las diferentes versiones tienen un objetivo similar: que las personas la utilicen para recolectar información sobre un fenómeno. Esa información obtenida puede ser usada para explicar una situación.
- Indicación 7: recuerde que durante todo el proceso del puente epistemológico tenemos el objetivo de hacer uso del principio de independencia epistemológica. Algunos de los errores más comunes son que los estudiantes usen el lenguaje de la ciencia para hablar de lo tradicional y viceversa. Asimismo, puede suceder que los estudiantes usen la instrumentaria y herramientas del laboratorio de ciencias para llevar a cabo las prácticas tradicionales. Teniendo esto en cuenta, por favor recuerde que, durante el proceso de participar en las prácticas que son similares entre sí, también se conserva la independencia.

Retomando el caso, la profesora mostró a los estudiantes la similitud de las epistemologías en su estructura, ya que ambas tienen ideas, prácticas de producción y prácticas de legitimación, aunque sean diferentes entre sí. Para ello, sugirió a los estudiantes que usaran tablas comparativas; por ejemplo: a) una tabla mostraba la idea de cada epistemología; b) otra tabla mostraba, en una columna, los datos de la determinación de la propiedad higroscópica de la sal y, en otra columna, información sobre la salazón de la carne; c) otra tabla registraba, en una columna, los resultados de comparación y rechazo de datos por desviación de la media y, en otra, información recolectada de la comunicación con la comunidad.

Versión final PíEC de implementación. Enseñando a producir explicaciones desde el puente epistemológico

El objetivo es enseñar al estudiantado a producir explicaciones desde el puente epistemológico. Para lograr este objetivo, el profesorado debe involucrar al estudiantado en la puesta en práctica de los contenidos planificados desde cada epistemología y enfocarlos hacia el objetivo y resultado del aprendizaje.

El profesorado cuenta con tres tareas para lograr este desempeño.

Tarea de implementación 1

Involucre a los estudiantes en prácticas de producción científicas y de otras culturas para obtener evidencias sobre el fenómeno a explicar.

Siguiendo esta tarea, la profesora guio a los estudiantes en una práctica de laboratorio en la que los grupos de trabajo pesaron la sal, luego la pusieron en el microondas y, posteriormente, la pesaron de nuevo. Una vez hallada la diferencia de peso, obtuvieron el peso del agua evaporada, evidenciando que la sal absorbe agua. Cada grupo realizó varias réplicas del experimento. Asimismo, la profesora guio al estudiantado en una experiencia de salazón de pedazos de carne cruda, como era la tradición popular para preservar la carne cuando no había refrigerador. A unos pedazos les pusieron sal y a otros no, y los guardaron en un lugar a la sombra. Al cabo de unos días, los grupos observaron los pedazos de carne comprobando su estado a través del olor y color.

Tarea de implementación 2

Involucre a los estudiantes en prácticas de legitimación del conocimiento científico mediante la validación interna y social, y prácticas de legitimación del conocimiento de otras culturas mediante la incorporación a la comunidad.

Para cumplir con esta tarea, la profesora propuso al estudiantado entrevistar a personas adultas de la comunidad sobre la conservación de la carne a través de la salazón. Así, el estudiantado recibió el conocimiento tradicional a través de la palabra. Posteriormente, intercambió ese conocimiento en el salón de

clases. Algunos compartieron el audio de las respuestas, otros presentaron pósteres o carteles explicando el proceso, y otros narraron lo escuchado. De igual manera, durante una clase, los estudiantes presentaron las tablas de datos obtenidas durante la práctica de laboratorio. Conjuntamente analizaron cuáles datos estaban más alejados del promedio y, a partir de ello, reflexionaron sobre posibles errores de procedimiento.

Tarea de implementación 3

Involucre al estudiantado en la producción de explicaciones sobre un mismo fenómeno y desde cada epistemología, haciendo uso de la información obtenida con el desarrollo de las prácticas de cada comunidad y las respectivas ideas.

- Indicación 8: las explicaciones deben contener una conclusión, evidencia y razonamiento. Una *conclusión* es una afirmación, proposición, declaración u oración que da cuenta de la situación estudiada. La conclusión es una construcción que el estudiantado produce después de participar en las diversas epistemologías para estudiar la situación. La *evidencia* es información o datos sobre la situación que el estudiantado ha recogido durante las prácticas de producción y legitimación. El *razonamiento* es el conjunto de interpretaciones de datos utilizando la idea correspondiente a cada epistemología.

La profesora decidió llevar a cabo esta tarea por medio de una construcción colectiva de las explicaciones (tabla 2), ya que era la primera vez que sus estudiantes lo hacían. Al inicio de todo el proceso, ella había mostrado al estudiantado la estructura de las explicaciones con el objetivo de que estuvieran conscientes

de a dónde se llegaría y qué se necesitaría para ello. Y antes de empezar la construcción colectiva de las explicaciones, presentó a los estudiantes un ejemplo provisto por el investigador.

Tabla 2. Explicación construida colectivamente en la herramienta de explicaciones

| Situación a explicar | |
|--|---|
| ¿Cómo la sal marina ayuda a cicatrizar las heridas del piercing? | |
| Explicaciones desde cada cultura | |
| Conclusión desde el punto de vista científico | Conclusión desde el punto de vista tradicional |
| La sal extrae el agua y limpia la perforación. Protege y desinfecta la herida, ya que al absorber agua los microorganismos no sobreviven. | La sal evita que se pudra porque la sal no permite que crezcan bichos. |
| Evidencias desde la práctica de producción científica | Evidencias desde la práctica de producción tradicional |
| 1) Tubo de ensayo con sal 2) Tubo de ensayo con sal deshidratada 3) Tubo de ensayo con sal en ambiente durante 8 días Grupo 1 1) 29,8g 2) 28g 3) 30g Grupo 2 1) 30,3g 2) 28,9g 3) 30,7g Grupo 3 1) 30g 2) 20,7g 3) 28,4g Grupo 4 1) 30g 2) 28g 3) 29,4g Grupo 5 1) 30g 2) 29,2g 3) 29,4g Grupo 6 1) 28,6g 2) 27,5g 3) 30,1g Grupo 7 1) 33,4g 2) 30,5g 3) 33,7g | Grupo 1. Con sal: no se pudrió Sin sal: se pudrió Grupo 2. Con sal: no se pudrió Sin sal: se pudrió, huele mal Grupo 3. Con sal: no se pudrió, pero hay mal olor Sin sal: se pudrió y tiene mal olor Grupo 4. Con sal: no se dañó, pero huele mal Sin sal: se pudrió y huele mal Grupo 5. Con sal: no se pudrió Sin sal: se pudrió Grupo 6. Con sal: no se pudrió Sin sal: se pudrió Grupo 7. Con sal: no se pudrió Sin sal: se pudrió, se ve negra y huele mal |
| Resultados de la validación del conocimiento científico | Resultados de la incorporación del conocimiento tradicional |
| Comprobamos que la sal absorbe agua, ya que la mezcla aumentó de peso cuando estuvo 8 días en la nevera, y ese peso corresponde a la humedad del aire de la nevera. Existieron errores de manipulación de los materiales y proceso de peso. | La sal ayuda a que no se pudra la carne, lo que se evidencia en la apariencia (olor, aspecto). Las personas que transmiten el conocimiento lo hacen de generación en generación. |
| Interpretación desde la idea científica | Interpretación desde la idea tradicional |
| Se comprobó que la sal es una mezcla higroscópica y absorbe agua y humedad. Podemos repetir varias veces el procedimiento para minimizar los errores. | La sal ayuda a que la carne no se pudra. La sal no solo se utilizaba en la cocina, sino también como moneda de trueque. La sal era tan valiosa como el petróleo. Quien tenía sal, tenía poder. |
| Similitudes entre las culturas | |
| ¿Qué aspectos hay en común entre ambas formas de producir conocimiento? | |
| Ambas tienen sus propios procedimientos. Para producir conocimiento desde la química, se realizó la experimentación frente a mezclas y propiedad higroscópica. Y desde lo tradicional, se saló la carne para comprobar que no se daña. | |

¿Qué aspectos hay en común entre ambas formas de legitimar conocimiento?

Existen normas y reglas: en el caso de lo químico, comparamos los datos por grupos, seguimos un procedimiento específico; en lo tradicional, se sala la carne, se comprueba si se pudrió o no, y se pregunta a la familia, al carnicero y cocineros acerca de la sal y sus efectos en la carne.

¿Qué otros procesos en común hay entre ambas formas de producir conocimiento?

Cada uno tiene su propio lenguaje: en lo científico, usamos términos como *mezcla*, *descomposición*, *higroscópico*; en lo tradicional, *pudrir*, *color*, *olor*. Ambos tienen que comprobarlo y transmitirlo: en lo científico, a través de artículos científicos y medios de comunicación, repitiendo varias veces para garantizar los resultados; en lo tradicional, por observación, preguntando y contando.

Fuente: tomado del reporte enviado por la profesora al investigador.

El cuadro anterior muestra que la profesora guio al estudiantado en la construcción de explicaciones desde la química y desde el conocimiento indígena y campesino colombiano. El formato ayuda a visualizar los principios del puente epistemológico. Así, verticalmente se encuentran los elementos que estructuran la explicación independiente desde cada epistemología, mientras que, horizontalmente, se evidencian las similitudes estructurales de las dos epistemologías. Adicionalmente, al responder las preguntas finales, el estudiantado identifica otras similitudes entre las epistemologías. Por otro lado, las posibles limitaciones de los estudiantes en el reporte de datos y los razonamientos respectivos son entendibles, ya que era la primera vez que incursionaban en este tipo de producto de aprendizaje.

Discusión

¿Por qué la profesora del caso logra la inclusión cultural a través de las PIEC?

La profesora logró inclusión cultural a través del uso de las PIEC, teniendo en cuenta lo dicho sobre la inclusión cultural en la introducción: a) reconocer (Olivé, 2009), b) validar (El-Hani y Souza, 2008) y c) usar (López y Küper, 1999) otras epistemologías como contenido curricular. Ello es evidente, pues a través del proceso de planificación e implementación, la profesora reconoció la existencia de otros sistemas

de pensamiento diferentes a la ciencia. En este caso, identificó el conocimiento proveniente de comunidades indígenas (Wayú y Muisca) y campesinas colombianas sobre la sal. Asimismo, la profesora validó esos sistemas de pensamiento como referentes para explicar la realidad, al igual que la ciencia. Finalmente, utilizó los sistemas de pensamiento indígena y campesino como contenidos a enseñar.

¿Por qué las PIEC guían a la profesora a implementar el puente epistemológico en el aula?

Las PIEC guiaron a la profesora a planificar y llevar a la práctica el puente epistemológico entre la ciencia escolar y las epistemologías de comunidades indígenas y campesinas colombianas. Las PIEC describen objetivos y proponen tareas con indicaciones para guiar al profesorado a implementar los dos principios prácticos del puente epistemológico.

Así, la profesora del caso logró plasmar en su planificación y acción el *principio de independencia epistemológica*. Esto se evidencia porque definió para cada epistemología una idea (mezclas en química y sal para indígenas y campesinos), una práctica de producción (determinar propiedades higroscópicas y salazón de la carne) y una práctica de legitimación (comparación de datos y compartir en comunidad). De igual manera, no mezcló, explicó, subordinó ni validó o invalidó una

epistemología desde la otra, lo que asegura la independencia de cada dominio a enseñar. La evidencia de lo anterior se aprecia en la tabla 1, basada en la herramienta de explicaciones. Asimismo, la herramienta de planificación (tabla 2) muestra que el estudiantado y la profesora construyeron colectivamente una explicación de la situación desde la química y otra desde lo indígena y campesino.

Por otro lado, la profesora también logró plasmar el *principio de similitud epistemológica*. Esto se evidencia porque propuso actividades comunes o similares entre las epistemologías, motivando el cruce de fronteras y tránsito entre sistemas de pensamiento. Este es el camino o pasarela que une a los puntos finales del puente. Específicamente, la profesora propuso una situación a explicar desde los contenidos indígenas y campesinos que ella conocía y desde los contenidos de la química del currículo oficial. Este objetivo común entre las epistemologías de explicar una situación fue la primera motivación para que el estudiantado se movilizara entre epistemologías para obtener los elementos necesarios para construir las explicaciones. Asimismo, la profesora involucró al estudiantado en prácticas de producción y legitimación de la química escolar y las comunidades colombianas elegidas por ella. Cuando el estudiantado participa en las actividades de ambos sistemas de pensamiento, están transitando entre las epistemologías. De igual manera, la herramienta guía para las explicaciones (tabla 2) preguntó al estudiantado por similitudes entre epistemologías, obteniendo respuestas coherentes respecto a las prácticas y lenguaje especializado.

¿Cuál es la contribución de las PIEC a la inclusión cultural?

Aquello que el profesorado logra con el uso de las PIEC contribuye a la inclusión cultural. Primero, de manera general, las PIEC son un apoyo para que el profesorado rompa con el problema descrito por Ocoró (2021) en torno al currículo como una forma de perpetuar la exclusión étnico-racial. Si bien el profesorado no puede modificar el currículo oficial, al implementar en sus clases las PIEC logra *reconocer, validar y usar* sistemas de pensamiento de comunidades no representadas en el currículo. Este es un paso para romper con la exclusión estructural e institucionalizada, pero desde el aula de clase y por decisión del profesorado.

Por otro lado, las PIEC contribuyen a que el profesorado lleve la interculturalidad al aula y no se quede solo en actividades generales para ofrecer información, celebrar o conmemorar en ciertos días o el folclore de las comunidades. Estas PIEC se apoyan, en parte, en el reconocimiento del pluralismo epistemológico propuesto por Olivé (2009). Asimismo, la interculturalidad se hace específica en términos de relaciones simétricas entre sistemas de pensamiento de comunidades culturalmente diferenciadas (Walsh, 2009). En el caso de las PIEC, el profesorado pone en diálogo intercultural a dos epistemologías en torno al producto de aprendizaje del estudiantado.

Conclusión

Las PIEC son una opción para apoyar al profesorado de ciencias a llevar la inclusión cultural al aula. Los motivos por los cuales las PIEC aportan a tal objetivo son que están diseñadas: a) desde el referente del puente epistemológico, que describe el proceso didáctico desde el pluralismo y la interculturalidad; b) desde el referente de las prácticas de enseñanza, lo cual garantiza que están dirigidas a la realidad del profesorado; c) desde evidencia empírica provista por el profesorado en servicio; y d) para ser flexibles y adaptables, porque el profesorado elige las actividades a través de las cuales desarrolla las tareas.

El caso a través del cual se ilustran las PIEC muestra que la profesora logró planificar e implementar el puente epistemológico. Así, a través de las tareas de las PIEC, la profesora: a) propuso una situación cotidiana que motivó al estudiantado a participar en las diferentes epistemologías para explicarla; b) organizó como contenidos a enseñar la epistemología de la química y la epistemología de comunidades indígenas (Wayú y Muisca) y campesinas colombianas; c) involucró al estudiantado en prácticas de producción y legitimación de ambas epistemologías para recolectar información respecto a la situación a explicar; y d) involucró al estudiantado en la construcción de explicaciones sobre la situación desde cada epistemología.

Referencias

- Aikenhead, G. y Michell, H. (2011). *Bridging Cultures: Indigenous and Scientific Ways of Knowing Nature*. Pearson Education.
- Akker, J. van den., Gravemeijer, K., McKenney, S. y Nieveen, N. (2006). Introduction to Educational Design Research. En J. van den Akker, et al. (eds), *Educational Design Research* (pp. 1-8). Routledge.
- Anzaldúa, G. (2016). *Borderlands/La Frontera. The New Mestiza*. Capitan Swing Libros.
- Bang, M. y Medin, D. (2010). Cultural Processes in Science Education: Supporting the Navigation of Multiple Epistemologies. *Science Education*, 94(6), 1008-1026. <https://doi.org/10.1002/sce.20392>
- Baronnet, B. y Morales-González, M. (2018). Racismo y currículum de educación indígena. *Ra Ximhai*, 14(2), 19-32. <https://bit.ly/3DGiexA>
- Berray, M. (2019). A Critical Literary Review of the Melting Pot and Salad Bowl Assimilation and Integration Theories. *Journal of Ethnic and Cultural Studies*, 6, 142-151. <https://doi.org/10.29333/ejecs/217>
- Castaño-Cuéllar, N. (2009). Construcción social de universidad para la inclusión: la formación de maestros con pertinencia y en contexto, desde una perspectiva intercultural. En D. Mato (coord.), *Educación superior, colaboración intercultural y desarrollo sostenible/buen vivir. Experiencias en América Latina* (pp. 183-206). IESALC y Unesco.
- Castaño-Cuéllar, N. (2021). Perspectivas ontológicas y epistemológicas en las concepciones acerca de la vida desde la cosmogonía Muruy en La Chorrera, Amazonas, Colombia. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 50, 77-93. <https://doi.org/10.17227/ted.num50-12732>
- Céspedes, N., Castro, D. y Lamas, P. (2019). Concepciones de interculturalidad y práctica en aula: estudio con maestros de comunidades shipibas en el Perú. *Educación*, 28(54), 61-86. <https://dx.doi.org/10.18800/educacion.201901.004>

- Cobern, W. y Loving, C. (2001). Defining "Science" in a Multicultural World: Implications for Science Education. *Science Education*, 85, 50-67. [https://doi.org/10.1002/1098-237X\(200101\)85:1%3C50::AID-SCE5%3E3.0.CO;2-G](https://doi.org/10.1002/1098-237X(200101)85:1%3C50::AID-SCE5%3E3.0.CO;2-G)
- Constitución Política de Colombia. (1991). Artículos 1, 7 y 10. 7 de julio de 1991 (Colombia).
- DANE. (2018). *Results of the National Population and Housing Census*. DANE.
- DANE. (2020). *Encuesta de Cultura Política (ECP). Identificación subjetiva de la población campesina 2019*. DANE.
- Díez-Gutiérrez, E., Salas, A., Urbano, C., Prada, E., Palomar, V. y Guatierri, J. (2012). La educación intercultural: percepciones y actitudes del profesorado. *Revista Iberoamericana de Educación*, 58(1), 1-15. <https://doi.org/10.35362/rie5811464>
- Edelson, D. (2006). What We Learn When We Engage in Design: Implications for Assessing Design Research. En J. van den Akker, K. Gravemeijer, S. McKenney y N. Nieveen (eds), *Educational Design Research* (pp. 156-165). Routledge.
- Eder, M. y Adúriz-Bravo, A. (2008). La explicación en las ciencias naturales y en su enseñanza: Aproximaciones epistemológica y didáctica. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 4(2), 101-133. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8667902>
- El-Hani, C. y Souza, F. de. (2008). Valuing Indigenous Knowledge: To Call It "Science" Will not Help. *Cultural Studies of Science Education*, 3, 751-779. <https://doi.org/10.1007/s11422-008-9129-6>
- El-Hani, Ch. y Mortimer, E. (2007). Multicultural Education, Pragmatism, and the Goals of Science Teaching. *Cultural Studies of Science Education*, 2, 657-702. <https://doi.org/10.1007/s11422-007-9064-y>
- Grimberg, B. y Gummer, E. (2013). Teaching Science from Cultural Points of Intersection. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(1), 12-32. <https://doi.org/10.1002/tea.21066>
- Kuran, T. y Sandholm, W. (2008). Cultural Integration and its Discontents. *The Review of Economic Studies*, 75(1), 201-228. <https://doi.org/10.1111/j.1467-937X.2007.00469.x>
- López, L. y Küper, W. (1999). La educación intercultural bilingüe en América Latina: balance y perspectivas. *Revista Iberoamericana de Educación*, 20, 17-85. <https://doi.org/10.35362/rie2001041>
- Lund, D. (2022). *Interculturalidad en la enseñanza : visiones, prácticas y relevancia en Perú* [Tesis de maestría, Linköping University]. Digitala Vetenskapliga Arkivet. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:liu:diva-182999>
- Martínez-Tovar, J., Pomares, D., Sierra, M. y Martínez, M. (2021). Racismo y segregación en Colombia: salud, educación y trabajo en la población afrodescendiente

- del pacífico. *Trans-Pasando Fronteras*, 16, 93-122. <https://doi.org/10.18046/ref.i16.4102>
- McKenny, S. y Reeves, T. (2012). *Conducting Educational Design Research*. Routledge.
- McNeill, K. y Krajcik, J. (2012). *Supporting Grade 5-8 Students in Constructing Explanations in Science: The Claim, Evidence, and Reasoning Framework for Talk and Writing*. Pearson.
- Ocoró, A. (2021). El papel del currículo en la reproducción de desigualdades étnico-raciales. Una mirada al caso argentino en perspectiva latinoamericana. *Revista INTEREDU*, 1(4), 41-68. <http://dx.doi.org/10.32735/S2735-65232021000490>
- Olivé, L. (2009). Por una auténtica interculturalidad basada en el reconocimiento de la pluralidad epistemológica. En L. Tapia (coord.), *Pluralismo epistemológico* (pp. 19-30). CLACSO y CIDES-UMSA.
- Orduz, F., Acevedo, O. y Ramírez, M. (2018). La interculturalidad en las aulas: hacia una pedagogía de paz. En S. Carrillo, B. Sanabria, V. Bermúdez y J. Espinosa (eds.), *Actores en la educación: una mirada desde la psicología educativa* (pp. 62-82). Universidad Simón Bolívar.
- Rodríguez, A. y Morrison, D. (2019). Expanding and Enacting Transformative Meanings of Equity, Diversity and Social Justice in Science Education. *Cultural Studies in Science Education*, 14(2), 265-281. <https://doi.org/10.1007/s11422-019-09938-7>
- Sandoval, W. (2003). Conceptual and Epistemic Aspects of Students' Scientific Explanations. *The Journal of the Learning Sciences*, 12(1), 5-51. <https://www.jstor.org/stable/1466633>
- Sedano, W. (2013). La enseñanza de la química orgánica desde la perspectiva de la interculturalidad. *Nousitz. Revista de Investigación Científica y Tecnológica*, 54, 821-831. https://www.researchgate.net/publication/349870233_La_ensenanza_de_la_quimica_organica_desde_la_perspectiva_de_la_interculturalidad
- Seiler, G. (2013). New Metaphors about Culture: Implications for Research in Science Teacher Preparation. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(1), 104-121. <https://doi.org/10.1002/tea.21067>
- Sloane, F. (2006). Normal and Design Sciences in Education: Why Both are Necessary. En J. van den Akker et al. (eds), *Educational Design Research* (pp. 9-44). Routledge.
- Stefoni, C., Stang, F. y Riedemann, A. (2016). Educación e interculturalidad en Chile: Un marco para el análisis. *Estudios Internacionales*, 48(185), 153-182. <https://dx.doi.org/10.5354/0719-3769.2016.44534>
- Tarozzi, M. (2012). Intercultural or Multicultural Education in Europe and the United States. En B. Della Chiesa, J. Scott y Ch. Hinton (eds.), *Languages in a Global World: Learning for Better Cultural Understanding* (pp. 393-406). OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264123557-28-en>
- Teo, T. (2013). Different Perspectives of Cultural Mediation: Implications for the Research Design on Studies Examining its Effect on Students' Cognition. *Cultural Studies of Science Education*, 8, 295-305. <https://doi.org/10.1007/s11422-012-9437-8>
- Tovar-Gálvez, J. (2021). The Epistemological Bridge as a Framework to Guide Teachers to Design Culturally Inclusive Practices. *International Journal of Science Education*, 43(5), 760-776. <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1883203>
- Tovar-Gálvez, J. (2023a). Bringing Cultural Inclusion to the Classroom through Intercultural Teaching Practices for Science

Education (ITPSE) and Guiding Tools. *Science Education*, 107(5), 1-25. <https://doi.org/10.1002/sce.21798>

Tovar-Gálvez, J. (2023b). Intercultural Teaching Practices for Science Education to Support Teachers in Culturally Diverse Classrooms. *Teaching Education*, 34(4). <https://doi.org/10.1080/10476210.2023.2167975>

Tovar-Gálvez, J. y Acher, A. (2019, 4-5 de julio). *Relaciones entre la epistemología de las ciencias y las epistemologías tradicionales: contribuciones a la práctica didáctica* [ponencia]. #CIMIE19. VIII Congreso Internacional Multidisciplinar de Investigación Educativa, Lleida, España. <https://bit.ly/3r1hbVQ>

Tovar-Gálvez, J. y Acher, A. (2021). Diseño de prácticas interculturales de enseñanza de las ciencias basado en evidencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 39(1), 99-115. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2891>

Walke, D. (2006). Toward Productive Design Studies. En J. Van den Akker *et al.* (eds.), *Educational Design Research* (pp. 9-18). Routledge.

Walsh, C. (2009). *Interculturalidad, estado, sociedad: luchas (de)coloniales de nuestra época* (pp. 61-152). Universidad Andina Simón Bolívar y Abya-Yala.

Wartha, E., Silva, E. y Bejarano, N. (2013). Cotidiano e Contextualização no Ensino de Química. *Química Nova na Escola*, 35(2), 84-91. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3627.0243>



La investigación formativa para la enseñanza de la ciencia y la tecnología en la escuela

- Formative Research for Teaching Science and Technology in school
- Pesquisa formativa para o ensino de ciências e tecnologia na escola

Forma de citar este artículo:







Valderrama-Alarcón, C. A., Guerrero-Villalobos, L. R. y Lache-Rodríguez, L. M. (2025). La investigación formativa para la enseñanza de la ciencia y la tecnología en la escuela, *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (57), 156 - 171. <https://doi.org/10.17227/ted.num57-20205>

Resumen

La investigación formativa (IF) es una estrategia pedagógica que tradicionalmente ha estado asociada a la formación universitaria, sin embargo, desde hace un par de décadas está siendo implementada a nivel de educación básica y media para la enseñanza de la ciencia y la tecnología, sin que hasta el momento existan suficientes estudios acerca de sus potencialidades y de cómo está siendo desarrollada y apropiada por los docentes de estos niveles educativos. En este artículo de investigación se realiza un análisis acerca de la implementación de la IF en algunas instituciones educativas oficiales de educación básica y media en el Departamento de Cundinamarca y Bogotá D. C., Colombia. Es un estudio cualitativo desde un paradigma interpretativo, en el que se identificaron y reconocieron junto con los maestros elementos relevantes en sus prácticas en relación con la IF: sus implicaciones para el rol del maestro y su quehacer, el carácter interdisciplinar de las líneas temáticas trabajadas y las dinámicas de gestión institucional para trabajar bajo esta estrategia. Desde los resultados es posible evidenciar que, en la escuela la IF toma un carácter más amplio que la definición tradicional del investigar desde las prácticas o el investigar investigando, porque además de promover el ejercicio de la lógica del proceso investigativo, también permite llevar a la práctica procesos de innovación pedagógica que articulan el reconocimiento de contextos, fortalecimiento de competencias, el trabajo inter y transdisciplinar en ciencias y tecnología y la gestión de proyectos escolares orientados a la transformación social en los territorios.

Palabras clave

investigación pedagógica; escuela; práctica pedagógica; enseñanza; contexto

Camilo Andrés Valderrama-Alarcón*  
Liliana Rocío Guerrero-Villalobos**  
Luz Mary Lache-Rodríguez***  

* Magíster en Desarrollo Educativo y Social. Docente investigador de planta, Departamento de Tecnología, Universidad Pedagógica Nacional. Grupo de investigación Educación y Regionalización en CTeI. cvalderrama@pedagogica.edu.co

** Magíster en Ciencias-Química. Docente investigadora, Departamento de Química, Universidad Pedagógica Nacional. Grupo de investigación Educación y Regionalización en CTeI. lguerrero@pedagogica.edu.co

*** Magíster en Educación. Docente investigadora Departamento de Posgrado, Universidad Pedagógica Nacional. Grupo de investigación Educación y Regionalización en CTeI. lmacher@pedagogica.edu.co

Artículo de investigación

Fecha de recepción: 30/12/2023
Fecha de aprobación: 20/09/2024
Fecha de publicación: 01/01/2025



Abstract

Formative Research (FR) is a pedagogical strategy traditionally linked to higher education; however, in the last two decades, it has been progressively adopted in primary and secondary education to enhance the teaching of science and technology. Despite this shift, there is still a lack of studies exploring its potential and how it is being developed and embraced by teachers in these educational levels. This research article presents an analysis of the implementation of FR in some public primary and secondary schools in the Department of Cundinamarca and Bogotá D.C., Colombia. This qualitative study, framed within an interpretative paradigm, involved identifying and analyzing, in collaboration with teachers, key elements of their practices related to FR: the implications for teachers' roles and responsibilities, the interdisciplinary nature of the thematic areas covered, and the institutional management dynamics required to work with this strategy. The findings reveal that within schools, FR assumes a broader role than the traditional definition of research as either "learning through practice" or "learning through investigating." In addition to fostering an investigative mindset, it enables the practical implementation of pedagogical innovation processes that integrate contextual awareness, skills development, interdisciplinary and transdisciplinary approaches in science and technology, and the management of school projects aimed at promoting social transformation within communities.

Keywords

pedagogical research; school; pedagogical practice; teaching; context

Resumo

A Pesquisa Formativa (PF) é uma estratégia pedagógica tradicionalmente associada à formação universitária; entretanto, nas últimas décadas, vem sendo implementada na educação básica e secundária para o ensino de ciência e tecnologia. Apesar dessa mudança, ainda existem poucos estudos que explorem suas potencialidades e a forma como está sendo desenvolvida e apropriada pelos professores nesses níveis de ensino. Este artigo apresenta uma análise sobre a implementação da PF em algumas escolas públicas de educação básica e secundária no Departamento de Cundinamarca e em Bogotá D.C., Colômbia. O estudo foi qualitativo, sob um paradigma interpretativo, e envolveu a identificação e o reconhecimento, juntamente com os professores, de elementos relevantes em suas práticas relacionadas à PF: as implicações para o papel e as funções dos professores, o caráter interdisciplinar das áreas temáticas abordadas e as dinâmicas de gestão institucional necessárias para trabalhar com essa estratégia. Os resultados mostram que, no ambiente escolar, a PF assume um papel mais amplo do que a definição tradicional de pesquisa como "aprender na prática" ou "aprender pesquisando." Além de promover a lógica investigativa, a PF permite a aplicação prática de processos de inovação pedagógica que integram o reconhecimento de contextos, o fortalecimento de competências, o trabalho inter e transdisciplinar em ciência e tecnologia e a gestão de projetos escolares voltados para a transformação social nos territórios.

Palavras-chave

pesquisa pedagógica; escola; prática pedagógica; ensino; contexto

Introducción

En Colombia las entidades territoriales y la nación, desde hace algunos años, financian con recursos económicos proyectos que buscan fortalecer capacidades y habilidades regionales en investigación en temas de ciencia y tecnología, con el fin de contribuir a la solución de problemáticas locales a partir del desarrollo de investigaciones en el marco de macroproyectos (regalías, programa Ondas de Colciencias —hoy Minciencias—, entre otros). Los proyectos a los que hace referencia este estudio son aquellos que tienen como escenario la escuela y es el profesor quien convoca e incentiva la investigación en sus estudiantes a través de diversas actividades. Sin embargo, no se ha generado una reflexión académica acerca de los procesos de investigación formativa (IF) que adelantan los profesores en dichos proyectos, lo que deriva en un desconocimiento sobre las realidades y contribuciones de esta estrategia en la escuela, la academia y las comunidades.

En este artículo se presentan los resultados de una investigación de tipo cualitativo que buscó identificar las percepciones y concepciones de los profesores sobre la implementación de la IF, a partir de un diseño abierto y contextualizado de las situaciones y experiencias particulares de los participantes. El estudio permitió identificar junto con los profesores algunos elementos relevantes de la IF en relación con sus prácticas educativas para la enseñanza de las ciencias y la tecnología, sus implicaciones dentro del rol del maestro y su quehacer, el carácter interdisciplinar de las líneas temáticas de los proyectos y las dinámicas de gestión institucional. Con tal propósito, se diseñaron diferentes instrumentos para la recolección de información (encuestas, entrevistas y grupos focales), que posteriormente fue triangulada, interpretada y analizada a

través de categorizaciones elaboradas con la ayuda del software Atlas.Ti y SPSS, las cuales arrojaron elementos importantes relacionados con los procesos de aprendizaje, las prácticas de los profesores, la interdisciplinariedad de la estrategia y su gestión. Estos resultados fueron presentados en un encuentro de diálogo y socialización con los maestros participantes en el estudio.

El trabajo investigativo adelantado muestra que la IF tiene efectos muy positivos en la educación básica y media porque con ella se construyen escenarios de aprendizaje inicial propicios para la enseñanza de las ciencias y la tecnología, lo cual aporta en el fortalecimiento de futuros procesos para la generación de conocimiento y formación de talento humano que son esenciales en el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación del país.

Antecedentes

La revisión bibliográfica fue dividida en dos grupos, el primero aborda conceptualizaciones expuestas por diversos autores acerca de la IF, el segundo corresponde a estudios que exponen el impacto de esta en educación superior y algunos en educación básica y media, lo cual permitió identificar las maneras como se ha abordado la IF y el gran potencial de dicha estrategia para la enseñanza de las ciencias y la tecnología.

En lo referente a las conceptualizaciones, se encuentra que la IF se ha concebido tradicionalmente dentro del contexto de la educación universitaria, al respecto los trabajos de Hernández (2003), Restrepo (2003), Parra (2004), González (2017), Campos (2020), Espinoza (2020), Asis *et al.* (2022), Salguero *et al.* (2023), entre otros, definen la IF como una estrategia pedagógica que involucra un conjunto de prácticas bajo la guía del docente, con las cuales el estudiante desarrolla y fortalece

competencias investigativas asociadas al trabajo en equipo, la observación, la búsqueda, selección y sistematización de información y el trabajo interdisciplinar, en otras palabras, es investigar investigando. Para los autores hay una diferenciación explícita entre la IF, la formación en investigación (FI) y la creación o generación de conocimiento. En cuanto a la FI, se asocia a la metodología tradicional en la que, a través de un conjunto de asignaturas, el estudiante se aproxima a los métodos y técnicas de la investigación; el modelo pedagógico tiene un carácter vertical donde el maestro posee un conocimiento y los estudiantes de manera pasiva incorporan estos conocimientos a su estructura cognoscitiva.

En relación con la creación de conocimiento, coinciden en que es una tarea exclusiva de los docentes “expertos” y uno de los ejes misionales de las universidades, que no puede ser sustituida por una estrategia de formación para “novatos”. En síntesis, la IF es una estrategia pedagógica importante en cuanto contribuye a formar una cultura investigativa que posibilita el desarrollo y gestión de nuevos conocimientos y no únicamente la de consumidores de información.

En cuanto a estudios de caso, desde metodologías de tipo cualitativo o cuantitativo que analizan el impacto de la IF en estudiantes universitarios, Barrios *et al.* (2019) identifican diferencias significativas entre los que se formaron bajo la IF frente a los de la FI. Ellos encontraron que en el primer grupo de estudiantes hay mayor claridad en los conceptos, perspectivas generales más razonables sobre el proceso investigativo, mejor identidad como investigadores y una visión más ética de la investigación. En el mismo sentido, Flores *et al.* (2022) analizaron el impacto de la IF en estudiantes universitarios, para esto se aplicó la prueba U de Mann-Whitney la cual permite contrastar muestras poblacionales. Se encontró que hay un mejor aprendizaje en los estudiantes con los que se trabajó bajo la estrategia de la IF que con los que no.

Por su parte, García *et al.* (2018), en su investigación, midieron el efecto de la IF en el mejoramiento de habilidades investigativas y comunicativas, la conclusión fue que, a nivel universitario, la IF tiene efectos positivos relacionados con el habla y la escritura. En cuanto a las habilidades investigativas muestran que los estudiantes pueden interpretar, analizar, observar y describir mejor que los estudiantes del grupo de control, y resaltan el rol del docente como factor fundamental en los logros alcanzados por los estudiantes.

En el estudio realizado por Rubio *et al.* (2015), en la Universidad de Barcelona, se concluye que la estrategia fortalece el desarrollo de competencias transversales como es el trabajo cooperativo, la reflexión, la autonomía y la autocrítica. También se menciona que la IF no solo permite que el estudiante profundice en los conocimientos de un tema sino que además posibilita a corto y largo plazo la creación de nuevo conocimiento.

En lo que respecta a estudios de la IF en educación básica y media, se encuentra el de Andino *et al.* (2022), en Ecuador, que analizó la estrategia pedagógica

de la IF durante la pandemia de la covid-19. En el estudio se concluye que los estudiantes de bachillerato desarrollaron y fortalecieron habilidades y competencias relacionadas con la búsqueda de información académica, redacción de textos, estructuración de estudios de caso, uso de herramientas informáticas, entre otras.

En esta misma dirección, Ruiz (2014) realizó un estudio sobre el impacto de la estrategia pedagógica de IF en la Institución Educativa Inca Garcilaso de la Vega, en Perú, con estudiantes de secundaria, en el que trabajó habilidades tanto comunicativas como propias del proceso investigativo asociadas a la identificación de problemas contextualizados, organización de información para la construcción de marcos conceptuales, formulación de hipótesis y conclusiones. Estos estudios mostraron la conveniencia de la IF también en estos escenarios educativos y la necesidad de ampliar las reflexiones e investigaciones en torno a sus dinámicas y resultados en la escuela, como nicho inicial para el desarrollo y fortalecimiento de habilidades investigativas.

Marco teórico

La investigación es una actividad central para el desarrollo de todos los países, Marroquín y Ríos (2012) afirman que “la educación, la capacitación y la investigación constituyen un conjunto intangible de habilidades y capacidades para elevar y conservar la productividad, la innovación y el propio crecimiento económico” (p. 15). En tal sentido, se considera que es a través de la educación y principalmente de la investigación que es posible generar nuevos conocimientos y con ello innovación a nivel productivo y social.

En el contexto actual el sistema productivo se basa cada día más en el conocimiento, lo que significa que la inversión en talento

humano es estratégica para los países dado que, según la nueva teoría del crecimiento (De la Fuente, 2003; Destinobles, 2006; Elías, 2004; Sen, 1998), el aumento productivo de una nación no es un elemento exógeno sino endógeno, que está relacionado con la acumulación de factores asociados a la producción y al nivel social de conocimientos. De esta manera, el capital humano es considerado como uno de los factores de mayor trascendencia en los análisis acerca del desarrollo de la ciencia y la tecnología y sus efectos en la competitividad de las economías. La relación profunda que guarda el desarrollo económico y social con la educación y la investigación hace que los países le den una especial atención al diseño e implementación de estrategias que contribuyan en la construcción de una cultura investigativa desde edades tempranas, con el fin de asegurar la formación de talento humano en el campo de la investigación y la innovación.

La investigación formativa es una propuesta pedagógica que surge en Colombia en la segunda mitad de los años 90 (Restrepo, 2003), asociada en particular con la educación superior, dado que es en ella donde se produce gran parte de la investigación y el conocimiento. Sin embargo, en Colombia las instituciones educativas de educación básica y media han adelantado experiencias de IF importantes, desde iniciativas regionales o nacionales, por ejemplo, las iniciativas ciudadanas de transformación de realidades —Incitar— o el Programa Ondas de Minciencias, el cual busca promover en edades tempranas el interés por la investigación, a través del desarrollo de actitudes y habilidades que los involucre activamente en una cultura de la ciencia, la tecnología y la innovación (Cajiao *et al.*, 2018).

De este último, se han reportado impactos importantes en la población escolarizada, asociados a la reducción de la

deserción escolar y repitencia, mejores resultados en las pruebas estandarizadas y una mayor proporción de ingreso y permanencia en la educación superior (Núñez, 2017). Lo anterior, valida la pertinencia de la IF en todos los niveles educativos, ya que no solo fortalece habilidades propias de la lógica investigativa y sus metodologías, sino que además favorece la configuración de condiciones para la construcción de una cultura investigativa, que potencia la capacidad de asombro, el relacionamiento con metodologías propias del método científico, el fortalecimiento de capacidades comunicativas y argumentativas, y el desarrollo de funciones complejas de pensamiento desde roles específicos que asumen los actores de la escuela.

Por su parte, Asis *et al.* (2022), Campos (2020) y Restrepo (2003) consideran que la IF se inscribe dentro del modelo pedagógico constructivista porque ubica al estudiante en la construcción activa de su propio aprendizaje y le permite aprender a investigar investigando, pero, sobre todo, busca incentivar el gusto por investigar, lo cual es una de las diferencias principales con la investigación científica propiamente dicha, que tiene como objetivo fundamental generar nuevo conocimiento.

También se argumenta que la IF propicia la integración curricular y la práctica pedagógica del maestro a través del planteamiento de situaciones problemáticas presentes en el contexto. Al respecto, Parra (2004) menciona que la IF permite integrar la investigación con la enseñanza, desde una aproximación más directa y dinámica con los contenidos de una o varias asignaturas, porque se estimula el aprendizaje autónomo, el desarrollo de estructuras mentales lógicas, el pensamiento holístico y crítico, así como el fortalecimiento de competencias comunicativas. En la misma línea, Marín y Mosquera (2018) destacan que en los procesos de enseñanza aprendizaje es fundamental para el estudiante que el maestro relacione la teoría con la práctica, para así dar sentido y aplicabilidad a los temas abordados en las aulas. Esto significa que el maestro tiene el reto de realizar actividades científicas–investigativas que involucren el reconocimiento de situaciones problemáticas contextualizadas, las estrategias para abordar dichos problemas, las posibles soluciones y las dinámicas de comunicación y divulgación de sus resultados.

Metodología

En la investigación fueron identificadas y caracterizadas 1841 experiencias pedagógicas de IF en colegios oficiales del departamento de Cundinamarca y Bogotá, llevadas a cabo durante el periodo 2015-2021. El estudio se desarrolló bajo un enfoque metodológico mixto que tuvo en cuenta cuatro fases: la primera, orientada a recopilar los informes de proyectos pedagógicos realizados, en bases de datos del Ministerio de Educación, MEN, y el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, Minciencias, así como en universidades que han apoyado la IF en los colegios a través de diversos programas estatales; la segunda fase se centró

en la construcción, validación y aplicación de instrumentos de recolección de información a 30 docentes investigadores (entre profesores y directivos).

La tercera consistió en el análisis e interpretación de información a través de la triangulación y categorización con el software Atlas.ti y SPSS que facilitó la gestión de textos, audios, fotos y videos. Finalmente, se realizó un encuentro de diálogo de experiencias significativas durante la formación en investigación en la escuela con los maestros participantes, para socializar resultados y divulgar sus experiencias.

Resultados y Análisis

En primer lugar, el estudio permitió corroborar que desde el punto de vista de los maestros, la IF es una estrategia pedagógica que trasciende la concepción tradicional de enseñar a los estudiantes a investigar mediante su participación en proyectos de investigación. Los profesores piensan que además de contribuir a la formación bajo las lógicas propias de la investigación, enriquece la práctica pedagógica, aporta en la formación de competencias en ciencia y tecnología de los niños y jóvenes, y contribuye a la transformación de los contextos inmediatos de la escuela, porque rompe con la enseñanza tradicional de las disciplinas. El 100 % de los docentes participantes en el estudio consideraron que el desarrollo de los proyectos les exigió un trabajo interdisciplinario, el cual los llevó a organizarse con otros colegas de la institución, lo que a su vez propició un nivel de integración curricular, dado que el trabajo en el proyecto implica tener una mirada holística de las diferentes variables que intervienen en el estudio de la ciencia y la tecnología.

También se encontró que los temas abordados y las preguntas de investigación surgen

mayoritariamente del interés de los estudiantes y el maestro es quien guía el proceso, así lo manifestó el 48 % de los docentes frente a un 12 % que expresó que el proyecto y el problema de investigación es propuesto por ellos. El porcentaje restante corresponde a otros casos menos comunes, como decisión de la rectoría, sugerencia de la comunidad, proyectos institucionales, entre otros. Se destaca que el 62 % de los maestros consideran que el trabajo realizado por los estudiantes se asemeja al de un coinvestigador y un 31 % al de participante, razón de ello es que los estudiantes son los encargados de consultar bibliografía, recolectar evidencia empírica y avanzar en el respectivo análisis; estas actividades siempre son guiadas por los maestros, lo cual muestra que el estudiante dentro de la IF deja de ser un actor pasivo y se transforma en un agente activo en la construcción de su propio conocimiento.

Lo anterior además evidencia que en la IF el rol del maestro está asociado al de facilitador o mediador del aprendizaje y no al de expositor “experto” que presenta unos conocimientos ya establecidos, en ese sentido, para los maestros lo más importante es que el estudiante se interrogue, cree hipótesis, busque información y la cualifique, identifique posibles explicaciones y/o soluciones a las problemáticas planteadas y que socialice sus resultados. Su papel entonces es el de potenciar en los estudiantes habilidades, competencias y destrezas propias de la actividad investigativa. Al respecto, Guerra (2017) afirma que “el docente asume un rol orientador, un guía experto que acompaña y respeta los diferentes puntos de vista de los estudiantes, provocando así aprendizajes autónomos en ellos” (p. 8), por lo que el maestro tiene el reto de propiciar un ambiente estimulante para que construyan un conocimiento de la ciencia y/o tecnología a través de la exploración de su

entorno. En dicho sentido, la profesora Luby Yara del municipio de Guatavita, Cundinamarca, afirma que:

El rol de la investigación en el estudiante genera mucho dinamismo porque se aprende de una manera mutua y a partir de ello los estudiantes se convierten en sujetos autónomos que no se preocupan por la nota porque sencillamente saben lo que hicieron y les importa más lo que aprendieron que lo que se mida en un número (...). (L. Yara, comunicación personal, 4 de noviembre de 2021)

Dos aspectos relevantes en los procesos investigativos en general son el uso de las TIC y la socialización de resultados; pues la primera les permite a los investigadores la consulta de información actualizada, la recopilación, organización y análisis de datos, el procesamiento y sistematización de la información, entre otras acciones. En cuanto a la segunda, por una parte, se pone a disposición de la sociedad un conocimiento que podría ayudar a resolver problemas del contexto y por otra, la comunidad académica valida o hace recomendaciones sobre dicho conocimiento.

Frente a lo anterior, los investigadores de las instituciones educativas realizaron actividades asociadas al uso de las TIC y la divulgación de las experiencias, con dinámicas variadas frente a su implementación. En el caso de las TIC fue sobre todo para consultas bibliográficas, procesamiento de textos y en algunos casos para la programación y el control de robots. En relación con la socialización de resultados, se identificaron varias estrategias, como son las exposiciones o ferias de divulgación a nivel institucional, por localidades, departamentos, a nivel nacional o internacional, en las cuales los docentes y estudiantes presentaron sus experiencias, reflexiones y resultados con la publicación de posters, blogs, artículos y capítulos de libro.¹

No obstante, el estudio evidenció que un 42 % de los docentes observó que estas dos actividades no son cruciales en el desarrollo de la IF y algo similar se encontró en las entrevistas, solo cuatro maestros mencionaron las socializaciones como actividades fundamentales dentro de la implementación de sus proyectos de investigación y ninguno mencionó el uso de las TIC. Lo anterior, revela la necesidad de promover y potenciar el uso de estas herramientas y dar mayor importancia a las actividades de socialización, porque son estas las que les permiten a los investigadores y a la escuela en definitiva, divulgar sus investigaciones, las cuales coexisten con las prácticas educativas en su contexto particular y ponen de manifiesto la viabilidad y pertinencia de la implementación de la IF.

Esta estrategia pedagógica aporta además en la formación de competencias, entendidas estas como un conjunto de conocimientos, disposiciones y habilidades de tipo cognitivo, socioafectivo y comunicativo, relacionadas entre

¹ Publicación de cinco libros por la Universidad Pedagógica Nacional con apoyo de Minciencias, Gobernación de Cundinamarca y Alcaldía de Bogotá, que recogen más de 200 experiencias de IF desarrolladas por grupos de profesores y estudiantes de educación básica y media. <https://editorial.upn.edu.co/producto/formar-y-transformar/>

sí para facilitar el desempeño de una actividad en diversos contextos (MEN, 2006), en otras palabras, las competencias implican conocer, ser y saber hacer en contexto. Este concepto es amplio y complejo y su conceptualización no se agota aquí, pero tal definición recoge las cuatro características que según Agüerrondo (2009), tienen en común todas las definiciones de competencia: toma en cuenta el contexto, es el resultado de un proceso de integración, está asociada con criterios de desempeño e implica responsabilidad.

Los maestros consideran también, que la IF fortalece competencias genéricas como es el trabajo en equipo, pensamiento crítico, comunicación asertiva, lecto escritura, convivencia, auto regulación, autonomía, creatividad, entre otros. Al respecto algunos profesores plantean que la estrategia:

(...) permite ver que los aportes de cada estudiante son muy valiosos y que cada uno va avanzando a su ritmo, pero a la vez todos avanzamos como equipo, los resultados de la investigación son producto del esfuerzo del estudiante, de su compromiso y responsabilidad, más que unos resultados investigativos fuertes, para mí lo más importante es el proceso humano que vive el estudiante dentro del trabajo investigativo (...). (L. Yara, comunicación personal, 4 de noviembre de 2021)

Es tener en cuenta que dentro de cualquier ejercicio de investigación no es solo lo cognitivo, es necesario resaltar las distintas dimensiones de la persona (espiritual, social, lo ético), la IF apunta al desarrollo de esas distintas dimensiones de la persona. (J. Malagón, comunicación personal, 21 octubre de 2021)

En este mismo sentido, las encuestas realizadas reafirman la importancia de la IF para consolidar competencias básicas en la

escuela: el 62 % de los maestros encuestados consideró su relevancia para formar en competencias comunicativas, el 59 % también la ve fundamental para formar en competencias investigativas y un 66 % cree que la IF permite a los estudiantes adquirir nuevos conocimientos asociados a los contenidos curriculares propios de cada grado escolar.

Respecto a la IF y su relación con el contexto, se encontró que el 90 % de los docentes observó que en los proyectos de investigación es muy importante abordar problemáticas del entorno, porque favorecen el intercambio de saberes y el reconocimiento de la realidad local. En su entrevista, el profesor Manuel Muñoz describe muy bien la relación de la investigación con el contexto:

(...) el proyecto estaba relacionado con el conflicto armado que vivió el municipio, aquí hubo presencia de guerrilla y otros antecedentes históricos de violencia política (...) en el grupo consideramos que era un tema pertinente para abordar la historia nacional desde un contexto local (...) también hay un antecedente muy fuerte a nivel local y es que hay un trabajo creativo muy importante entre la comunidad (...) el proyecto fue una oportunidad muy valiosa de investigación acción y participación en donde los jóvenes construyeron memoria. (J. Muñoz, comunicación personal, 25 de octubre de 2021)

También se identificó que los maestros buscan articular los proyectos de investigación con la comunidad y/o instituciones gubernamentales, a través de la metodología conocida como Investigación Acción Participativa, definida por Fals Borda (1999), como: “una vivencia necesaria para progresar en democracia, como un complejo de actitudes y valores, y como un método de trabajo que da sentido a la praxis en el terreno” (p. 82). Por lo que la

IF que realizan los maestros se sustenta en la estrecha relación que existe entre escuela y comunidad, así la investigación se vivencia como un compromiso ético con las comunidades, dando prioridad a los valores que entran en juego dentro de la investigación y no tanto a la metodología. Frente a lo anterior, los profesores argumentan que la IF en relación con el contexto:

Es aquella que a través de un proceso académico busca generar transformación desde la escuela y la sociedad (...) les aporta significativamente a los estudiantes en la medida que ellos cuestionan constantemente lo que sucede en su entorno (...). (M. Muñoz, comunicación personal, 25 de octubre de 2021)

Es el ejercicio en el cual el grupo de investigación a través de una pregunta va aprendiendo cómo estudiar diferentes temas, no solo para llenarse de conceptos contruidos sino para construir los propios y así transformar las realidades en las que están inmersos (...). Creo que los motiva el hecho de que lo que ellos hacen se vea de utilidad para la comunidad (...). (Z. Garzón, comunicación personal, 21 de octubre de 2021)

A nivel metodológico los maestros suelen guiar a los estudiantes en el empleo de técnicas como observación participante, entrevistas, grupos de discusión, entre otros, para de este modo familiarizarse con dichas técnicas, identificando sus potencialidades y limitaciones. Además, procesan la información recolectada y en ocasiones hacen uso de procedimientos estadísticos para la interpretación de resultados, los maestros piensan que estas actividades contribuyen al desarrollo de su pensamiento lógico y al trabajo en equipo.

En consonancia con lo anterior, un 72 % de los docentes observó que las dos actividades que más favorecen la IF son el acercamiento a las comunidades y el trabajo en equipo, porque no se limita exclusivamente al aula de clase o a la institución. Es común encontrar que en los proyectos participan instituciones como la alcaldía del municipio, la CAR, la Umata, organizaciones sociales y ambientales, Juntas de Acción Comunal, emisoras comunitarias, campesinos y empresas que se encuentran en las zonas urbanas y rurales cercanas a los colegios. La articulación de diversos actores promueve y facilita el intercambio de saberes y conocimientos, dándoles la oportunidad de tener aproximaciones diversas a la problemática estudiada y propiciar así, el trabajo interdisciplinar al abordar temáticas complejas.

El trabajo en equipo constituye también un aspecto de gran relevancia en la implementación de la estrategia. La información recolectada y su análisis permite afirmar que el maestro concibe como una de sus principales responsabilidades fomentar el trabajo cooperativo, entendido como una asociación entre personas que se ayudan mutuamente, en tanto que realizan actividades conjuntas, de manera tal que puedan aprender unos de otros (Caldeiro y Vizcarra, 2017), así como el trabajo colaborativo, que de acuerdo con la propuesta de Lucero (2003), plantea cuatro dinámicas esenciales: la interdependencia positiva para

lograr metas, roles y recursos dentro del grupo; la interacción adecuada de los intercambios verbales de aprendizaje entre los estudiantes; la asignación de responsabilidades a cada miembro del equipo con espacios para la socialización del respectivo cumplimiento y, por último, pero no menos importante, el interés de potenciar las habilidades personales de cada miembro del grupo de trabajo. En cuanto a ello, los profesores argumentan que:

(...) es un tipo de investigación que permite, no solo abordar y/o solucionar un problema, sino educar a la comunidad a la cual se dirigió la investigación (...) los proyectos de investigación se deben fundamentar en un trabajo colaborativo, puesto que, todos los miembros del proyecto tienen responsabilidades y aportarán desde su conocimiento y experiencia, esto permite que se dé un diálogo más enriquecedor y que también se aproveche la capacidad de cada miembro del equipo (...). (M. Muñoz, comunicación personal, 25 de octubre de 2021)

Durante el desarrollo del trabajo de investigación nos dimos cuenta de que cada estudiante tenía distintas habilidades y eso nos llevó a construir metas y responsabilidades distintas de trabajo, cada uno aportaba desde sus fortalezas. Lo comunicativo es fundamental, pero lo más importante es reconocer las habilidades comunicativas de cada uno, por ejemplo, unos escribían, pero otros se presentaban al público (...) (J. Escobar, comunicación personal, 4 de noviembre de 2021)

En resumen, para los maestros, la estrategia pedagógica de IF no solo se relaciona con la lógica de la investigación, sino que además está asociada a la posibilidad de transformar la práctica pedagógica desde su experiencia, pues se convierte a la vez en un facilitador y en un investigador de su propia práctica.

En cuanto a líneas temáticas configuradas en el marco de la IF, se encontró una diversidad importante de temas, muchos de los cuales están asociados a la ciencia y la tecnología. Estas fueron agrupadas bajo siete grandes líneas fundamentadas desde la revisión de los informes finales de proyectos, las encuestas y las entrevistas realizadas a los profesores. Es importante aclarar que la mayoría de los proyectos, al tener un carácter interdisciplinario, se pueden relacionar con más de una línea.

Con el mayor número de proyectos se agrupó la línea de *universo, ambiente y biodiversidad* que representó el 27 % del total, allí se ubican trabajos asociados al reconocimiento de flora y fauna, manejo de residuos sólidos, restauración y conservación, conservación de cuerpos de agua, astronomía, entre otros. La segunda línea agrupó la *educación y pedagogía*, que incluye lectoescritura, pensamiento lógico-matemático, desarrollo y evaluación de material didáctico y expresiones lúdicas y deportivas, con el 21.5 % de los proyectos. La línea de *derechos humanos e interculturalidad* es la tercera tendencia con el 16.3 %, que aborda temas de género y sexualidad, construcción y ejercicio de derechos y ciudadanía, construcción de memoria histórica, territorio, entre otros.

La cuarta línea agrupó los proyectos de *creaciones comunicativas y artísticas* con el 12.3 %, con temas de creaciones literarias, producciones audiovisuales, folclor y tradiciones populares. La quinta línea agrupa proyectos *agropecuarios* con el 10 % de los proyectos, en donde se trabajan temas asociados con soberanía alimentaria, manejo de especies menores, características y uso del suelo, huertas escolares, entre otros. El sexto grupo incluye proyectos de *tecnología y matemáticas* y representó el 8 %, asociados a temas de robótica, sistemas de control,

gamificación, TIC, diseño de páginas web, pensamiento lógico, entre otros. El último grupo representó el 5 % de los proyectos con temas de *emprendimiento* como el turismo ecológico y cultural, la gestión empresarial, manufacturas de artesanías, entre otros.

La consolidación de estas líneas de trabajo corresponde a una articulación de los colegios con entidades y organizaciones, lo que transforma a la escuela en un escenario fértil para reflexionar acerca de las necesidades y problemas de las regiones. Estas dinámicas han generado colectivos de trabajo entre docentes y directivos, quienes, a través de su participación en encuentros académicos de orden regional, nacional e internacional, comparten experiencias pedagógicas de trabajo en la IF, y logran así cualificar tanto la implementación de la estrategia como los procesos de enseñanza-aprendizaje de conceptos propios del currículo escolar.

Los resultados muestran que el 89 % de los docentes creen que la IF no solo favorece el trabajo interdisciplinar, sino que permite la innovación pedagógica, porque sus dinámicas van más allá de la práctica investigativa puramente instrumental orientada por la rigidez del método, y posibilita la construcción colectiva de conocimiento a través del diálogo de saberes entre la academia, la escuela y las comunidades.

En cuanto a lo que se denominó prácticas para la gestión de proyectos, los investigadores consideraron darle relevancia a su interpretación en este estudio, porque según los profesores constituye un eje central en el éxito de las iniciativas. Se encontró que el 98 % de los proyectos identificados contó con apoyo o financiación de entidades gubernamentales, el 2 % restante contó con otras fuentes, como organizaciones comunitarias o recursos producto de la gestión del profesor o de administrativos de la institución educativa.

En las entrevistas y durante la revisión documental realizada, se evidenció la existencia de distintas convocatorias públicas dirigidas a los colegios oficiales para presentar proyectos que tienen como base la IF, como por ejemplo, los proyectos de formación para el fortalecimiento de vocaciones científicas, el programa Ondas, las Incitar del distrito, convenios de articulación entre instituciones y Universidades, entre otras. Estas convocatorias dan a las instituciones educativas un papel primordial en la construcción de una cultura investigativa, además de un reconocimiento a la trayectoria académica y experiencia pedagógica de los maestros en el marco de los procesos de investigación.

En términos generales, los requisitos para participar en dichas convocatorias están relacionados con: la presentación de la propuesta de investigación que pueda articularse con el Proyecto Educativo Institucional (PEI), vinculación de un grupo conformado por estudiantes y docentes que permanezcan en todas las etapas del proyecto (gestión, formulación y desarrollo), contribuir a la solución de un problema de la comunidad, ejecutar los recursos asignados e

implementar el proyecto durante el año escolar. Los recursos económicos entregados varían considerablemente de una convocatoria a otra y depende de la entidad que financia, e incluso pueden ser aportes de varias entidades u organizaciones.

Los docentes entrevistados también destacaron que los procesos de gestión son fundamentales para los estudiantes bajo la estrategia de la IF, porque brindan aprendizajes sobre dinámicas propias de la gestión de proyectos, como la planeación, organización y veeduría a la ejecución de los recursos públicos, así como la organización de información relacionada con los recursos y el correcto uso de los materiales e insumos adquiridos dentro del proyecto.

Varios retos y dificultades plantean los profesores con relación a la gestión, en particular de recursos económicos y materiales: el 80 % cree que no es rápida ni eficiente, debido en primera medida a demoras administrativas en el desembolso de las entidades financiadoras a los colegios, lo que genera retrasos en la ejecución de los proyectos; otra tiene que ver con la dificultad para conseguir los materiales, debido a que muchos colegios se ubican en zonas rurales o veredas alejadas del casco urbano; en tercer lugar, se argumenta que algunos gastos requieren intermediarios, lo que implica costos adicionales que superan el valor aprobado en el proyecto, y por último, mencionan falta de formación de los docentes en temas de ejecución presupuestal y legalización de recursos, porque se piensa que poseen un alto nivel de complejidad y no son responsabilidad del investigador, y menos a nivel de la educación básica y media.

Es importante mencionar que, la gestión que realizan no es únicamente de tipo financiero, esta también implica organización de tiempos, actividades, espacios para el

encuentro del grupo, salidas de campo, el uso de laboratorios para experimentación o, en otros casos, los trámites para actividades interinstitucionales.

Conclusiones

En la actualidad, la investigación es clave para el desarrollo económico y social de los países porque a través de ella es posible generar innovación, fundamental para una sociedad de conocimiento. Esta investigación permite afirmar que es posible abordar la IF como una estrategia pedagógica para la enseñanza de la ciencia y la tecnología en los niveles de la educación básica y media. Se diferencia, por supuesto, del nivel universitario por su rigurosidad, métodos y especialización en los objetos de estudio, y desmitifica así la idea de que los procesos de investigación son exclusivos de la educación superior.

La implementación de la IF, desde el punto de vista del maestro, ha transformado sus prácticas pedagógicas al pasar de un proceso de enseñanza-aprendizaje vertical a uno con un carácter más horizontal, en el que el estudiante tiene un rol más activo y es a través de su participación en los proyectos que construye sus conocimientos; bajo este esquema el maestro es un facilitador, pero al mismo tiempo le otorga el estatus de intelectual que puede generar conocimiento derivado de su propia práctica.

Para los maestros, la IF potencia y fortalece competencias en ciencia y tecnología y además competencias generales que favorecen el desarrollo de las primeras, como son la comunicación verbal y escrita, el análisis lógico y el trabajo en equipo. De igual manera, permite a los estudiantes relacionarse y comprender la lógica que encierra el proceso investigativo mediante la revisión bibliográfica, la formulación de preguntas y objetivos, la

articulación de metodologías de trabajo, el uso de instrumentos válidos y fiables para la recolección de información, construir argumentaciones críticas asociadas a la información recolectada y la elaboración de conclusiones acordes a las propuestas realizadas.

La relación permanente que establecen los maestros entre la IF y el contexto ha hecho que el trabajo trascienda la institución educativa y logre articularse con las organizaciones y entidades locales, lo cual convierte a la escuela en un dinamizador de la cultura investigativa en los territorios y reposiciona al maestro como un intelectual que está en condición de interpretar la realidad del territorio, construir y difundir nuevo conocimiento.

Producto de la investigación, los proyectos se agruparon en siete grandes tendencias temáticas, en su mayoría asociadas al campo de la ciencia y la tecnología, que se caracterizan por su potencialidad de trabajo interdisciplinar y en red, lo cual ha hecho que distintos actores institucionales se vinculen al proceso y se genere un diálogo de saberes liderado por la escuela. La línea más amplia se denominó, universo, ambiente y biodiversidad, seguida de educación y pedagogía, como tercera aparece derechos humanos e interculturalidad, la cuarta, creaciones comunicativas y artísticas, la quinta relacionada con lo agropecuario, la sexta sobre tecnología y matemáticas y la última sobre emprendimiento.

La gestión de proyectos en la IF tiene un rol fundamental, debido a la posibilidad que abre a los investigadores en la adquisición de recursos tanto materiales como humanos y logísticos, además favorece un trabajo pedagógico con los estudiantes porque aprenden sobre planeación, organización, ejecución y veeduría de los recursos públicos. Aunque existen dificultades asociadas al desarrollo de proyectos desde la IF en la escuela, los profesores continúan con el reto de formar a los estudiantes desde esta estrategia, porque lo consideran una apuesta personal y profesional que permeará muchos escenarios tanto educativos como sociales en sus territorios. Manifiestan estar en una permanente búsqueda de posibilidades para enfrentar, tanto dentro como fuera de la escuela, los múltiples factores que afectan o impiden la realización de dichos procesos.

Referencias

- Aguerrondo, I. (2009). *Conocimiento complejo y competencias educativas*. Unesco. <https://hdl.handle.net/20.500.12799/4264>
- Andino, R., Lara, F. y Muñoz, K. (2022). Una experiencia de investigación formativa en el Bachillerato ecuatoriano. En A. Sánchez y M. Bermúdez (Coords.), *Filosofía, tecnopolítica y otras ciencias sociales: nuevas formas de revisión y análisis del humanismo* (pp. 338-359). Dykinson. <https://produccioncientifica.ugr.es/documentos/63db1083ce41a8765aab65333?lang=es>
- Asis, M., Monzón, E. y Hernández, E. (2022). Investigación formativa para la enseñanza y aprendizaje en las universidades. *Mendive. Revista de Educación*, 20(2),

- 675-691. <https://mendive.upr.edu.cu/index.php/MendiveUPR/article/view/2676>
- Barrios, E., Delgado, U. y Hernández, E. (2019). Diferencias cualitativas entre formación investigativa e investigación formativa de estudiantes universitarios. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 13(1), 68-85. <https://doi.org/10.19083/ridu.2019.735>
- Borda, F. (1999). Orígenes universales y retos actuales de la IAP. *Análisis político*, (38), 73-90. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/anpol/article/view/79283>
- Cajiao, F. y Lozano, M. (2018). *La investigación en el Programa Ondas*. Colciencias. https://www.colciencias.gov.co/sites/default/files/ckeditor_files/AF_GInvestigacion_web_dic.pdf
- COLCIENCIAS, Cajiao, F., y Lozano, M. (2018). *La investigación en el programa ondas. Guía para grupos de investigación*. (1ra edición). Delfín. https://ondas.minciencias.gov.co/uploads/book-publications/pdf/pdf_1615843537.pdf
- Caldeiro, G. y Vizcarra, M. (2017). *El trabajo cooperativo en el aula*. https://educacion.idoneos.com/dinamica_de_grupos/trabajo_cooperativo/
- Campos, P. (2020). La importancia de la investigación formativa como estrategia de aprendizaje. *Educare et comunicare: Revista científica de la Facultad de Humanidades*, 8(1), 88-94. <https://DOI.10.35383/educare.v8i1.397>
- De la Fuente, Á. (2003). *Capital humano y crecimiento en la economía del conocimiento*. Instituto de Análisis Económico (CSIC). <https://www.researchgate.net/profile/Angel-Fuente-2/publication/242690281>
- Destinobles, A. (2006). *El capital humano en las teorías del crecimiento económico*. Universidad Autónoma de Chihuahua.
- Elías, S. (2004). Capital humano, calidad educativa y crecimiento económico. *Estudios económicos*, 21(42), 41-72. <https://doi.org/10.52292/j.estudecon.2004.862>
- Espinoza, E. (2020). La investigación formativa. Una reflexión teórica. *Conrado*, 16(74), 45-53. <http://scielo.sld.cu/pdf/rc/v16n74/1990-8644-rc-16-74-45.pdf>
- Flores, H., Reyes, I. Poma, S., Sánchez, P. y Almeyda, H. (2022). La investigación formativa como estrategia didáctica para el fortalecimiento del aprendizaje en estudiantes universitarios. *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 9 (2). <https://doi.org/10.46377/dilemas.v9i2.3113>
- García, N., Paca, N., Arista, S., Valdez, B. y Gómez, I. (2018). Investigación formativa en el desarrollo de habilidades comunicativas e investigativas. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 20(1), 125-136. <https://doi.org/10.18271/ria.2018.336>
- Guerra, R. (2017). ¿Formación para la investigación o investigación formativa? La investigación y la formación como pilar común de desarrollo. *Revista Boletín Redipe*, 6(1), 84-89. <https://revista.redipe.org/index.php/1/article/view/180/177>
- González, D. (2017). Formación e investigación: balance de un campo en tensión. *Actualidades Pedagógicas*, 1(69), 277-294. <https://doi.org/https://doi.org/10.19052/ap.4094>
- Hernández, C. (2003). Investigación e investigación formativa. *Nómadas (Col)*(18), 183-193. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=105117890018>
- Lucero, M. (2003). Entre el trabajo colaborativo y el aprendizaje colaborativo. *Revista iberoamericana de Educación*, 33(1), 1-21. <https://doi.org/10.35362/rie3312923>

- Marín, A. y Mosquera, C. J. (2018). 1B020 Reflexiones en torno al conocimiento práctico y su relación con actividades científicas escolares. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (Extraordin.). <https://revistas.upn.edu.co/index.php/TED/article/view/8774>
- Marroquín, J. y Ríos, H. (2012). Inversión en investigación y crecimiento económico: un análisis empírico desde la perspectiva de los modelos de I+D. *Investigación económica*, 71(282), 15-33. <https://doi.org/10.22201/fe.01851667p.2012.282.37362>
- MEN. (2006). *Estándares básicos de competencias en lenguaje, matemática, ciencias y ciudadanas*. https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-340021_recurso_1.pdf
- Núñez, J. (2017). *Evaluación de Impacto del Programa Ondas de Colciencias [Informes]*. Fedesarrollo. <https://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/3615>
- Parra, C. (2004). Apuntes sobre la investigación formativa. *Educación y educadores*, 7, 57-77. <https://educacionyeducadores.unisabana.edu.co/index.php/eye/article/view/549>
- Restrepo, B. (2003). Investigación formativa e investigación productiva de conocimiento en la universidad. *Nómadas*, (18), 195-202. https://nomadas.ucentral.edu.co/nomadas/pdf/nomadas_18/18_18R_Investigacionformativa.pdf
- Rubio, J., Vilá, R. y Berlanga, V. (2015). La investigación formativa como metodología de aprendizaje en la mejora de competencias transversales. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 196, 177-182. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.07.037>
- Ruiz, A. (2014). Habilidades científico-investigativas a través de la investigación formativa en estudiantes de educación secundaria. *ucv-Hacer. Revista de Investigación y Cultura*, 3(1), 16-30. <https://revistas.ucv.edu.pe/index.php/ucv-hacer/article/view/518>
- Salguero, J. y Barral, O. (2023). Aproximaciones teóricas y metodológicas para la gestión de la investigación formativa. *Revista de ciencias sociales y humanas Chakiñan*, 19, 217-235. <https://doi.org/https://doi.org/10.37135/chk.002.19.13>
- Sen, A. (1998). Capital humano y capacidad humana. *Cuadernos de economía (Santafé de Bogotá)*, 17(29), 67-72. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/ceconomia/article/view/11496>



Possibilidades didáticas do cinema em sala de aula: educação em saúde e negacionismo científico

- Didactic Possibilities of Cinema in the Classroom: Health Education and Scientific Denialism
- Posibilidades didáticas del cine en el aula: educación para la salud y negación científica

“Quando os ventos de mudança sopram, umas pessoas levantam barreiras, outras constroem moinhos de vento”





ERICO VERISSIMO

Forma de citar o artigo:

da Silva Pauletti, E. e dos Santos, E. G. (2025). Possibilidades didáticas do cinema em sala de aula: educação em saúde e negacionismo científico. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (57), 172 - 190, <https://doi.org/10.17227/ted.num57-20286>

Resumo

Esse artigo apresenta o potencial do filme *Sonhos Tropicais* como instrumento pedagógico capaz de desencadear a elaboração de materiais didáticos por professores de Ciências Biológicas em formação inicial. Metodologicamente, a pesquisa fundamentou-se na análise microgenética, tendo como sujeitos licenciados/as em Ciências Biológicas de uma Instituição de Ensino Superior (ES). Os dados de análise consistiram em episódios de transcrições de interações e nos materiais didáticos produzidos pelos licenciandos/as. Como resultado, identificamos duas cenas, sendo que a cena 1 contou com dois episódios para análise. Para as discussões, a pesquisa baseou-se na abordagem histórico-cultural proposta por Vigotski. Este estudo evidencia o papel didático do cinema como instrumento pedagógico em sala de aula, onde sua intencionalidade se reflete em atividades com diferentes temas relacionados à Educação em Saúde. Concluímos, por tanto, que o uso do cinema com uma intencionalidade pedagógica no ensino possibilita discussões sobre diferentes assuntos, como alfabetização científica, saúde pública, Infecções Sexualmente Transmissíveis (IST), a vida e obra de Oswaldo Cruz, a pesquisa no Brasil, a Campanha nacional

Eloisa da Silva Pauletti*  
Eliane Gonçalves dos Santos**  

* Mestre em ensino de Ciências, Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS, Cerro Largo, Brasil. neloisapauletti@gmail.com

** Doutora em Educação nas Ciências, Docente do Curso de Ciências Biológicas – Licenciatura e do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências (PPGEC) da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS, Cerro Largo, Brasil. eliane.santos@uffs.edu.br

Artículo de investigación

Fecha de recepción: 12/11/2023
Fecha de aprobación: 01/08/2024
Fecha de publicación: 01/01/2025



de vacinação e a história do Zé Gotinha. Esses instrumentos culturais auxiliam no desenvolvimento das funções psicológicas superiores, e, diante dos contextos vivenciados e a intencionalidade pedagógica com que são utilizados, é possível formar sujeitos críticos e atuantes na sociedade.

Palavra-chave

instrumento cultural; formação de professores; prática pedagógica; mediação

Abstract

This article explores the potential of the film *Sonhos Tropicais* as a pedagogical tool capable of inspiring the development of educational materials by pre-service Biological Sciences teachers. Methodologically, the research was based on microgenetic analysis, with the participants being pre-service teachers in Biological Sciences at a Higher Education Institution (HEI). The data for analysis consisted of excerpts from transcriptions of interactions and educational materials produced by the participants. As a result, we identified two scenes, with Scene 1 comprising two episodes for analysis. The discussions in the study were grounded in the historical-cultural approach proposed by Vygotsky. This research highlights the didactic role of cinema as a pedagogical tool in the classroom, where its intentionality is reflected in activities covering various topics related to Health Education. Therefore, we conclude that the use of cinema with pedagogical intent in teaching enables discussions on diverse subjects such as scientific literacy, public health, sexually transmitted infections (STIs), the life and work of Oswaldo Cruz, research in Brazil, the national vaccination campaign, and the history of Zé Gotinha. These cultural tools support the development of higher psychological functions, and given the contexts in which they are used and the pedagogical intentionality applied, it is possible to foster critical and active individuals in society.

Keywords

cultural tool; teacher training; pedagogical practice; mediation

Resumen

Este artículo explora el potencial de la película *Sonhos Tropicais* como herramienta pedagógica capaz de inspirar la elaboración de materiales didácticos por parte de profesores en formación inicial en Ciencias Biológicas. Metodológicamente, la investigación se basó en el análisis microgenético, teniendo como participantes a licenciandos/as en Ciencias Biológicas de una Institución de Educación Superior (IES). Los datos analizados consistieron en fragmentos de transcripciones de interacciones y materiales didácticos producidos por los participantes. Como resultado, identificamos dos escenas, siendo que la escena 1 incluyó dos episodios para su análisis. Las discusiones del estudio se fundamentaron en el enfoque histórico-cultural propuesto por Vigotsky. Esta investigación destaca el rol didáctico del cine como herramienta pedagógica en el aula, donde su intencionalidad se refleja en actividades que abordan diversos temas relacionados con la Educación en Salud. Por lo tanto, concluimos que el uso del cine con intencionalidad pedagógica en la enseñanza permite discutir una variedad de temas, como la alfabetización científica, la salud pública, las infecciones de transmisión sexual (ITS), la vida y obra de Oswaldo Cruz, la investigación en Brasil, la campaña nacional de vacunación y la historia de Zé Gotinha. Estas herramientas culturales contribuyen al desarrollo de las funciones psicológicas superiores y, dados los contextos en los que se utilizan y la intencionalidad pedagógica aplicada, es posible formar sujetos críticos y activos en la sociedad.

Palabras clave

herramienta cultural; formación docente; práctica pedagógica; mediación

Introdução

A epígrafe que abre este texto nos permite compreender o processo de formação de professores como os ventos¹: sempre soprando, mudando direções e provocando, de forma suave ou abrupta, transformações nos ambientes por onde passam. Na formação inicial de professores, é importante que os licenciandos tenham acesso a diferentes estratégias de ensino e a instrumentos pedagógicos que possam ser utilizados na sua práxis. Com base no referencial histórico-cultural, consideramos o cinema um recurso pedagógico com grande potencial para promover a divulgação científica e incentivar discussões sobre a educação em saúde.

Para Duarte (2002, p. 17), “ver filmes é uma prática social tão importante, do ponto de vista da formação cultural e educacional das pessoas, quanto a leitura de obras literárias, filosóficas, sociológicas e tantas mais”. A utilização do cinema, como um instrumento pedagógico em sala de aula, seja para interpretar ou representar questões relacionadas à saúde e à alfabetização científica (AC), torna-se viável por meio do processo de mediação exercido pelo professor.

Ao utilizar o cinema para promover a AC, os professores apresentam situações sociais e culturais capazes de influenciar o desenvolvimento das Funções Psicológicas Superiores (FPS) dos estudantes. Como indica Oliveira (2006, p. 1), “[...] imagens e sua reprodutibilidade facilitaram [...] [a] aceitação [do cinema] como pura representação da realidade”. A autora observa que, “mesmo sabendo que são montadas, a magia e o

encantamento do fluxo de imagens fazem o espectador reagir como se fosse a própria realidade”.

Contudo, para que o trabalho pedagógico com o cinema em sala de aula seja eficaz, é importante que haja um objetivo específico. Afinal, os filmes, em sua maioria, são produções comerciais sem uma intenção educativa explícita. Assim, cabe ao professor analisar e, quando necessário, adaptar o tema abordado, pois “a postura do professor em sala de aula e sua tomada de decisão pode ser crucial nos processos de ensino e de aprendizagem” (Pauletti & Santos, 2022, p. 3). O uso do cinema como instrumento pedagógico no ensino de Ciências exige que o processo de mediação seja voltado ao desenvolvimento do pensamento conceitual, que pode ser entendido como duplo processo de apropriação e significação conceitual. Dessa forma, as atividades que utilizam instrumentos culturais e o processo de mediação atuam como recursos para estimular os processos internos na construção do pensamento e desenvolvimento das FPS.

Partindo desse entendimento sobre as FPS e compreendendo a importância da AC, consideramos que utilizar o cinema pode ser uma estratégia eficaz para promover discussões e reflexões sobre questões sociais relacionadas à Ciência. Esse aspecto é particularmente relevante diante do aumento significativo do negacionismo científico, que se acentuou durante a pandemia de Covid-19, de acordo com Bartelmebs, Venturi e Sousa (2021). O negacionismo e a disseminação de notícias falsas entraram em choque com o ensino, colocando em xeque os valores históricos e sociais da produção do conhecimento científico. Essa situação afetou diretamente o contexto das instituições de ensino superior (IES) e das escolas, que enfrentaram ataques constantes de *fake news*.

1 “O vento”, tomamos como inspiração a obra de Erico Veríssimo “O tempo e o vento”. Visto que os movimentos provocados pelo vento na natureza interferem de forma positiva ou negativa, mudando o relevo de um ambiente, mudanças climáticas, propagação da flora, e interferência na fauna de um local.

O cinema desempenha um papel importante como instrumento pedagógico em sala de aula, visto que atua como potencializador no ensino de Ciências ao oportunizar discussões e debates sobre temas relacionados à educação em saúde (ES) e ao negacionismo científico. Dessa forma, o uso do cinema na formação inicial de professores é visto como um instrumento pedagógico com capacidade de promover a formação de hábitos, atitudes e de intensificar reflexões sobre questões sociais atuais, como o próprio negacionismo científico.

Considerando que o papel do professor é abrangente, durante o processo formativo, as práticas pedagógicas, os debates e as reflexões em intervenções realizadas em sala de aula na formação inicial dos futuros docentes visam tanto a apropriação do “como ensinar” e “do que ensinar”, quanto o domínio do conteúdo a ser ensinado. Esse processo busca formar um profissional capaz de romper com uma visão simplista do ensino (Carvalho & Gil-Pérez, 1995), permitindo que ele desenvolva atividades de aprendizagem que integrem os conhecimentos científicos com o contexto social em que estão inseridos. Partimos, então, da premissa de que a apropriação dos conceitos

[...] se desenvolve de baixo para cima, das propriedades mais elementares e inferiores a superiores, ao passo que os conceitos científicos se desenvolvem de cima para baixo, das propriedades mais complexas e superiores para as mais elementares e inferiores. (Vigotski, 2001, p. 348).

Assumimos que, na perspectiva do ensino de Ciências, esse processo só é possível por meio da mediação, uma vez que, conforme defende Vigotski (2001), a construção do conhecimento ocorre a partir da relação entre o sujeito e o objeto, mediada por outro sujeito. Partindo da abordagem vigotskiana de que, ao transformar a natureza, o homem não apenas a humaniza, mas também se humaniza nesse processo, destacamos que os estudantes nascem em uma cultura que já possui conceitos apropriados pela sociedade. Assim, cabe aos professores oportunizar e possibilitar o processo de mediação do conhecimento científico, possibilitando que, com essa apropriação, os estudantes desenvolvam as FPS. Como descreve Maldaner (2013, p. 62), “na relação pedagógica cabe ao professor controlar os significados em elaboração para os conceitos, diagnosticar em que nível se encontram e propor o nível desejado pedagogicamente para determinadas situações em estudo”.

Ao longo do desenvolvimento humano, as relações mediadas tornam-se predominantes; dessa forma, a relação do ser humano com o mundo não é direta, mas fundamentalmente mediada. Diante disso, nosso objetivo com esta pesquisa foi analisar o potencial do filme *Sonhos Tropicais*, como instrumento pedagógico capaz de desencadear a elaboração de materiais didáticos por professores de Ciências Biológicas em formação inicial.

Metodologia

A pesquisa tipo é de natureza qualitativa, com foco em Educação em Ciências, e fundamenta-se na abordagem histórico-cultural de Vigotski, que defende que a aprendizagem é constituída por meio das relações sociais. Em outras palavras, o ser humano é simultaneamente cultural e biológico, sendo também fruto do contexto histórico ao qual pertence (Melo et al., 2020). O encaminhamento metodológico adotado foi a Análise Microgenética de Góes, que se caracteriza da seguinte forma:

trata-se de uma forma de construção de dados que requer a atenção a detalhes e o recorte de episódios interativos, sendo o exame orientado para o funcionamento dos sujeitos focais, as relações intersubjetivas e as condições sociais da situação, resultando num relato minucioso dos acontecimentos [...] A análise microgenética pode ser o caminho exclusivo de uma investigação ou articular-se a outros procedimentos, para compor, por exemplo, um estudo de caso ou uma pesquisa participante. (Góes, 2000, pp.9-10).

A Análise Microgenética, portanto, trata de uma metodologia conceitual focada nas minúcias das interações sociais que influenciam a constituição do sujeito, utilizando-se, principalmente, da concepção semiótica de Vygotski para compreender esses processos. Essa abordagem permite ao pesquisador analisar os fluxos das relações e interações, os processos que conduzem à objetivação e à subjetivação, e as etapas que antecedem a internalização do conhecimento.

A fonte empírica deste estudo consistiu em gravações de áudio e em materiais didáticos produzidos durante encontros desenvolvidos como parte de um estágio de docência no nível superior. Participaram 18 licenciandos/as

da turma de *Prática de Ensino: Epistemologia e Ensino de Ciências*, do curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal Fronteira Sul (UFFS). Dentre os participantes, 33% se identificaram como do gênero masculino e 67% como do gênero feminino. Quanto à origem dos licenciandos/as, 67% são do Sul do Brasil, 16% da região Sudoeste, 11% do Nordeste e 5,5% do continente Africano.

A intervenção foi realizada durante o período de estágio de docência do Programa de Mestrado em Ensino de Ciências da Instituição de Ensino Superior - IES, ocorrendo entre os meses de agosto a outubro de 2021. As atividades aconteceram semanalmente, totalizando 8 encontros. As gravações foram realizadas via plataforma digital Cisco Webex, utilizada como ambiente para as aulas *on-line* em tempo real, em virtude das restrições impostas pela pandemia de Covid-19.

Para seleção e análise dos dados, usamos a construção de episódios com o método de degravação proposto por Carvalho (2015), no qual as transcrições foram realizadas de forma completamente fiel às gravações. Durante o processo de degravação, os dados foram organizados de acordo com sua proximidade temática e interesse de análise, sendo assim denominados de “episódios”. Entende-se por episódios agrupamentos de falas sequenciais extraídas de cenas específicas para discussão, ou seja, trechos contínuos que o pesquisador deseja investigar (Carvalho, 2015).

Com os episódios devidamente estruturados, avançamos para a construção das cenas, que consistem no conjunto de episódios articulados para formar uma discussão mais ampla. As cenas foram nomeadas usando a metáfora “O vento”. Dessa metáfora, surgem as cenas “O congelar dos ventos varrendo as coxilhas” e “A chegada do vento minuano”. O vento minuano, caraterístico do sul do

Brasil, sopra ao final do outono e durante o inverno, trazendo mudanças bruscas de temperatura após períodos chuvosos. Na nossa pesquisa, essa metáfora é utilizada para representar o ensino de Ciências como um processo mutável e dinâmico, assim como a formação inicial de professores de Ciências Biológicas, caracterizada por turbulências, questionamentos e a constante transformação de ideias e opiniões.

A cena 1, intitulada “O congelar dos ventos varrendo as coxilhas²”, foi subdividida em dois episódios: episódio 1 - “Sob os ventos da mudança” e episódio 2 - “Das Monções as Chuvas”. Esses episódios foram construídos a partir das análises das gravações dos encontros 5, 7 e 8. Os mesmos encontros também serviram como base para a construção da cena 2, intitulada “A chegada do vento minuano”. Nessa segunda cena, são apresentadas as práticas pedagógicas desenvolvidas pelos/as licenciados/as a partir da intervenção utilizando o filme “Sonhos Tropicais” como instrumento pedagógico.

O estudo teve aprovação do Comitê de Ética (CEP) da IES, sob o parecer nº 51641721.8.0000.5564. A coleta de dados foi realizada por duas professoras formadoras, nomeadas de PF1 e PF2. Como participantes, tivemos 18 estudantes, cuja identidade foi preservada por meio de um processo de codificação de nomes. Assim, os/as licenciandos/as foram identificados como “L1, L2...” em sequência numérica correspondente.

A proposta central da aula foi discutir *Sonhos Tropicais*, um filme brasileiro gravado no Rio de Janeiro que retrata a realidade do início do século XX. O filme aborda questões como as condições sanitárias da época, a revolta das vacinas, o tráfico de pessoas, a escravidão humana e outros problemas sociais. Após a exibição e discussão do filme, a intenção pedagógica foi que os/as licenciandos/as elaborassem materiais didáticos que pudessem ser aplicados no ensino de Ciências. Com base nesse processo, estruturamos as cenas e episódios descritos a seguir:

Resultados e discussões

Cena 1: O congelar dos ventos varrendo as coxilhas

O debate em sala de aula com a temática de ES pode assumir diversas abordagens, especialmente quando filmes são utilizados como instrumentos desencadeadores para a análise de questões sociocientíficas. Essa ferramenta pedagógica oferece um enredo rico em narrativas e situações que possibilitam um amplo leque de encaminhamentos didáticos para professores em formação inicial.

2 Coxilhas são formas de relevo caracterizado pela presença de áreas elevadas (colinas de pequena ou grande elevação). Geralmente, coxilhas é um termo usado no sul do país para identificar relevos cobertos por pastagens, a qual também é usada para atividade pastoril nos pampas gaúchos. Os ventos descem as coxilhas quando chegam o vento minuano no final do outono e inverno.

Concordamos com Günzel et al. (2019, p. 113), que afirmam:

Acreditamos que o uso de filmes na sala de aula pode ser uma metodologia pedagógica capaz de promover um ensino diferenciado por meio da discussão, da reflexão, da análise e da interpretação do filme exposto aos alunos. Além de expandir a capacidade de planejamento e estruturação das metodologias educacionais dos professores, os filmes criticamente escolhidos e trabalhados, se tornam instrumentos de (trans)formação dos sujeitos envolvidos com a ação.

Quando pensamos a sala de aula como ambiente de múltiplos contextos (Busnardo & Lopes, 2010), é possível observar como um único filme pode gerar debates amplos e diferentes pontos de vista sobre o mesmo tema, como ocorreu no episódio 1 desta pesquisa. A exibição do filme *Sonhos Tropicais*, que aborda a Revolta da Vacina no início do século XX e o tráfico internacional de mulheres para prostituição no Brasil, foi utilizada com a intencionalidade pedagógica de promover diálogos e reflexões coletivas sobre saúde, ES e a importância desse conhecimento para a formação dos professores. Essa abordagem possibilitou a análise do papel das práticas pedagógicas na formação inicial, ressaltando a importância do professor como intermediador no processo de ensino, enquanto o filme foi usado como instrumento pedagógico para a construção do conhecimento científico.

O episódio 1 simboliza as novas direções que os ventos estão soprando no processo de ensinar e aprender sobre saúde e ES, com a intermediação das professoras formadoras e o uso do filme *Sonhos Tropicais*, como um instrumento pedagógico para o desenvolvimento das FPS. É necessário que a escola aborde as questões de saúde de maneira que sensibilize

e promova conhecimentos significativos sobre a saúde individual e coletiva dos estudantes. Como indicam Siqueira et al. (2018, p. 78), é “importante compreender que a saúde no ambiente escolar, como objeto de formação, representa uma prerrogativa da cidadania, visto que inclui a qualidade de vida de todos os sujeitos envolvidos”.

As aulas deste componente ocorreram de maneira remota, na plataforma Cisco Webex. Os/as licenciandos/as assistiram ao filme de forma assíncrona (no contraturno), com o apoio de um roteiro que incluía a sinopse do filme e questões norteadoras. Na aula seguinte, foi realizada a análise e discussão do filme, com intervenções feitas tanto oralmente quanto por meio do bate-papo do ambiente virtual. A seguir, são apresentados os principais resultados e pontos de análise do episódio 1, com destaque para os diálogos e interações realizados durante a atividade.

Episódio 1 “Sob os ventos da mudança”

Turno 1. PF1: Ah... Qual foi a percepção de vocês? Quem ainda não conhecia esse filme? Alguém já conhecia ou foi a primeira vez que assistiu ele? A maioria não conhecia... tá? Eu vi que alguém comentou aqui que já tinha visto, né?... A L13... Você conhecia o filme, ele foi trabalhado na escola ou você já tinha assistido em casa?

Turno 2. L13: Bom dia, foi o professor Darwin³ quem passou no ensino médio.

Turno 3. PF1: Uhum... turma, o que chamou mais atenção de vocês no filme? E aí, pessoal?

Turno 4. L13: Bom dia professoras... (bom dia) para mim o que mais chama

atenção é realmente a dificuldade, né? Dos Cientistas de conscientizar a população, né? A população parece que está sempre contra a ciência, né? Ele tá lá lutando para que as pessoas tenham uma saúde de qualidade e parece que as pessoas estão sempre lutando contra isso, então foi o que mais me chamou atenção mesmo.

Turno 5. PF1: E vocês, mais alguém teve essa percepção? Pessoal? [...]

Turno 6. L17: Prof... o que eu tirei lição do filme ((hum)) só que a gente tá se afundando cada vez mais que já naquele tempo já batia de frente, já tinha desconfiança contra as medidas sanitárias e tudo que tá acontecendo e hoje o povo tá mais estúpido, povo tá muito ignorante e tipo a tecnologia... Tem mais informações de diferentes modos de comunicação... e o povo continua nessa distância de vacinas das medidas de segurança e do básico...

Turno 7. PF1: uhum... ótimo, L17. Mais alguém?

Turno 8. PF2: vi que L18 colocou algo no bate-papo ali...

Turno 9. L18: "A vida dos cientistas dos bastidores" assim que daí tu consegue também, né? Vai mostrando esse lado do que é quem faz ciência toda a questão do... também das dificuldades... que não é só glamour que a gente vê o resultado final. Então esse também foi bem interessante, que ele vai passar por vários momentos, né? Na carreira, durante o desenvolvimento da pesquisa, referente a produção da vacina...

Turno 10. PF1: Vamos ouvir o L10: L3: a L1 que já tinham assistido o filme... L16 colocou aqui "inacreditável como uma política influenciava... desde aquele tempo nessa questão..."

Turno 11. L15: Bom dia prof, estão me escutando?

Turno 12. PF1: Sim.

Turno 13. L15: É, o que me chamou bastante atenção em como a população não acreditava na vacina ou tinha medo dela, e de certa forma até atrapalhou o trabalho dos cientistas[...] e é o que aconteceu hoje em dia com a população, não acredita ou tem uma influência de não vacinação. Aí não se vacina, aí faz o movimento ações contra alguma coisa assim, né? Só que é inacreditável porque tipo a vacina não vai te transformar em uma vaca ou em um jacaré, a vacina pode te salvar de morrer desse vírus.

Turno 14. PF2: É, ali mostra que eles tinham muito medo do novo, né?

Turno 15. L17: Já influenciavam a população como hoje em dia, está muito parecido é esta mais visível... política ali... era o que eles acreditavam, né? Aquele movimento dos trabalhadores todo, desde o início, né? Foi... foi movido a política, até a questão da manifestação e revolta, né?

Turno 16. PF1: Pessoal, aqui tem mais manifestações dos colegas no chat, só um pouco "podemos ver aqui naquele tempo que a população se apegava

muito só às palavras políticas que deixavam a ciência que comprovada para se apegar em crenças e o governo só se beneficiava nessa questão”. Esta foi a L1 que escreveu, mas tem uma questão aqui: qual governo, né? para gente discutir. Aqui L16 colocou “a população foi muito influenciada pelo governo”.

Percebemos que a intencionalidade pedagógica de utilizar o filme *Sonhos Tropicais* mobilizou os/as licenciandos/as para um diálogo rico em questões relacionadas à saúde que envolvem o acesso à informação correta, os movimentos negacionistas da Ciência e a desvalorização do trabalho de quem a produz. Tais questões incluem o movimento antivacinas, que, no episódio analisado, também evidenciou a falta de conhecimentos da população e como esta pode ser facilmente manipulada.

Os indícios de que o filme fomentou reflexões e instigou o senso crítico dos/as licenciandos/as estão evidentes na relação que eles estabelecem entre passado e presente. Durante os debates, compararam os movimentos da revolta da vacina, ocorridos no início do século xx, com os movimentos negacionistas da Ciência e da vacinação contra a Covid-19 vivenciados durante o período pandêmico. Colaboramos com o entendimento de Pauletti e Santos (2022, p. 3) de que o “cinema em sala de aula pode auxiliar o aluno em sua mudança de postura, ao oportunizar discussões e debates de temas relacionados aos filmes”. Assim, quando o professor formador escolhe um filme com uma intencionalidade pedagógica, ele não apenas estimula reflexões nos estudantes, mas também analisa criticamente sua própria prática docente.

Vislumbramos, portanto, a potencialidade do cinema para fomentar a interação dialógica entre os/as licenciandos/as. Esse aspecto é particularmente notório nos turnos 1, 2 e

10 do episódio 1, quando PF1 busca engajar todos os/as licenciandos/as no diálogo. Nos turnos 1 e 2, a professora solicita à turma uma análise coletiva, mas percebe que apenas alguns estudantes se manifestam. No turno 10, ela passa a chamar diretamente os demais participantes pelo nome, estimulando-os a participar do debate. Essa prática dialoga com a visão de Vigotski (1996, p. 159), segundo a qual “de um ponto de vista científico, o professor é o organizador do meio social educativo, o regulador e controlador da interação desse meio com cada aluno”.

O processo de interação dialógica em sala de aula depende amplamente do posicionamento do professor, que direciona os sentidos e assegura que os objetivos pedagógicos sejam alcançados. Defendemos que uma “interação discursiva favorável é condição para oportunizar avanços na significação conceitual dos estudantes” (Wenzel & Maldaner, 2016, p.135). Isso porque o processo de aprendizagem é construído na mediação e na interatividade, onde mediador e licenciandos/as são corresponsáveis por essa construção.

No episódio 2, observamos a continuidade dos “ventos” — que, agora, trazem novos entendimentos e ampliam os redemoinhos formados no episódio 1. Esses ventos carregam as discussões e compreensões dos/as licenciandos/as desencadeadas pelo uso do filme como instrumento pedagógico. Esse recurso possibilitou estabelecer relações entre temas como saúde, negacionismo científico, alfabetização científica (AC) e a produção de material didático pelos docentes em processo formativo.

Episódio 2 “Os ventos que trazem as chuvas”

Turno 17. PF1: Então, né? Acho interessante discutir algumas questões que aparecem ali.

Aqueles três podem ser donos alguns burgueses, mas também os jornalistas? Estão sempre trazendo e noticiando, bem ali você faz o que você quiser e a partir das falas deles, mas o que a gente percebe quais fatos foram o que instigou esse movimento antivacinas? O que estava por trás de tudo isso? Que relação conseguimos estabelecer entre passado, presente, também antes à questão colocada Sabotagem, né? Na profissão vamos falar sobre?

Turno 18. L13: Prof, a vacinação obrigatória. O motivo que levou a população a se manifestar, mas também tinha o empobrecimento, a população na época reivindicava, né? **Melhoria da qualidade de trabalho, de salário, transporte,** de, então, tudo ali foi meio que arquitetado também para manipular... para população que ele é ignorante, né? E uma luta contra a vacina, só que tinha só aquela finalidade de interesse da ele... ele que visava derrubar as oligarquias cafeeiras né? Então acho que mais ou menos isso...

Turno 19. PF1: uhum... E aí e os demais?

Turno 20. PF2: Eu vi que a L7 colocou “nessa parte foi muito irônica, pega parte prof... da que o cara vai pedir da vacina, que o filho dele tinha tomado vacina e se ia acontecer alguma coisa...

Turno 21. PF1: L10... L5... L4... ou tem alguém falando... desculpa...

Turno 22. L2: eu acho só... existe uma grande justificativa para revolta da vacina, mas dá para compreender que a população ficava desconfiada, pois existia uma falta de informação e até uma falta de educação básica [...] ou acesso a informações é muito facilitado por maior parte da população brasileira. Então, para mim, para mim, a única justificativa de ter pessoas antivacinas hoje seria por interesses políticos até mesmo...

Turno 23. PF1: Sim: L2... vocês concordam? O que mais? Nós temos dois contextos, né? O atual que a L2 fala essa questão da desinformação, e hoje a questão da informação que leva a esse movimento antivacinas, né? E tem aquela questão do médico, então, vejam como ele sabota os próprios colegas ao fazer um laudo falso [...] vocês viram ali na questão dos movimentos, quem leva a pior?

Turno 24. L17: Como sempre o pobre, né, professora?

Turno 25. PF1: Os líderes ficaram, mas a classe, mais a população e outros que não são tão influentes acabaram, né? Levando a pior e depois tudo se ajusta...

Turno 26. PF2: O que acontece com os líderes dos movimentos lá... eles vão para batalha? eles vão?...

Turno 27. L17: Não, só incentivam, só para pôr lenha na fogueira.

Turno 28. PF2: É... Então assim pessoal, a intenção de trabalharmos esse filme é fazer essa relação, né? Trazer essa questão importância desse conhecimento histórico.

Turno 29. PF1: [...] para conhecermos quem foi Oswaldo Cruz, do trabalho que ele realizou, importância da pesquisa e de tudo que ele fez, né? Qual a origem de Manguinhos? [...] Qual a importância que tem esse lugar? [...] Hoje é a Fiocruz para a saúde brasileira e também como centro de referência mundial, mas qual é o contexto? Que leva a ciência, a comunidade científica, a desenvolver, né? A pesquisa; então, esperamos que vocês tenham gostado, tentei ajudar a pensar sobre essas questões do saneamento básico e Saúde Pública. Quem foi Oswaldo Cruz? O que é a vacina? Quando começa a vacinar a população? Portanto a questão da prevenção? E fazer a relação do passado com o presente, né? Gostaríamos também de ouvir vocês, como o filme contribuiu para o entendimento?

Turno 30. L13: Dá para a gente perceber a importância da conscientização, né? da população sobre a importância da vacina e da saúde, né? E para trazer para atualidade, por exemplo... acredito que nas aulas dá para fazer essa contextualização super legal quando a gente for professor, né? É muito importante contextualizar quando, como funciona, a origem de tudo isso, né? E para que as crianças também possam levar as informações para as famílias, né? Sobre as experiências, experiência dele sobre a vacinação e importância da vacinação para melhoria da qualidade da vida de todo mundo é muito importante esse filme... gostei bastante...

Turno 31. PF1: Quem mais?

Turno 32. L11: Concordo com a L13. A gente tem que ter consciência, né? Temos que aprender para passar para outras pessoas, tanto em casa, na família, ou com amigos... até depois dentro da sala de aula quando a gente for prof como ela disse. Mas a gente tem

que aprender qual seria o melhor caminho aí, para poder me ensinar ele passar esse caminho para os outros.

Turno 33. PF1: Uhum... Mais alguma contribuição?... [...] Tem alunos aqui que eu gostaria de ouvir... A L7.

Turno 34. L7: "Ah, achei muito interessante o filme para ele que hoje ainda reflete na nossa sociedade... Até passei para um professor meu aqui quando eu estudava".

Turno 35. PF1: Ai, que joia L7, assim, ouvir, né? A L1, a L14, o L18, a, L15, o L10, né? E vocês? A ideia dessa aula é ouvir, nesse sentido, perceber como esse filme pode contribuir para o nosso entendimento de saúde, de ciências, fazer da ciência...

Turno 36. L1: Eu achei o filme muito relacionado com o que a gente tá vivendo hoje. Foi bem interessante ver ele porque ele é muito apego das pessoas ao senso comum, de não acreditar na ciência, é muito o que a gente vê hoje em dia, né? Principalmente, na época que nos encontramos, de pandemia, questão de ver o saneamento que não existia, questão de higiene. Hoje em dia em muitos lugares não existem e ver como é elite se sobressai nem contra a população pobre porque hoje em dia na pandemia quem mais sofreu na verdade foi pessoas que a gente não vê, né? Os invisíveis, né? Simples que mora na favela, que não tem saneamento básico de nenhuma forma, a gente sim, hoje a gente tem uma casa com saneamento básico bom, a gente não consegue ter consciência dessas pessoas efetivamente no meio assim, né? As pessoas mais pobres que vivem na rua, no meio do lixo e com rato, com a doença ali, eram os mais prejudicados, né? Passa uma mensagem bem do que gente está vivendo hoje.

Turno 37. PF1: Obrigada L1. Mais alguma contribuição?

Turno 38. L18: Também é bom ver essa parte, né? Da história para ver como contribuir, né? Como foi a criação das vacinas que ajudam até hoje, também os métodos de prevenção, não me lembro se na varíola ou se na febre amarela, eles também fizeram isolamento, tudo, são então práticas que ocorreram antes que nos ajudaram a conseguir enfrentar também a de agora que ocorreu, é como a L7 tinha falado antes, né? Que a gente muita das vezes é... a gente priorizar mais, eleva mais outros países e esquece de valorizar o que é nosso, como a vacina, a CoronaVac, com ela aqui também que aconteceu, era isso, né?

No episódio 2, mais uma vez percebemos o papel fundamental do professor como intermediador, que busca, por meio do diálogo, trazer todos/as para a discussão. Compreendemos que, ao organizar sua aula, o professor pode contribuir significativamente para que os professores em formação desenvolvam uma melhor compreensão do trabalho relacionado à AC e à ES. Destacamos que, conforme a perspectiva de Vigotski, o processo de aprendizagem, ou os chamados processos de maturação, não é algo universal. Nem todas as pessoas passam pelos mesmos estágios de aprendizagem ou compartilham as mesmas concepções. Essa disparidade nas compreensões sobre o saber e sobre a função docente fica evidente entre os/as licenciandos/as, como observado nos turnos analisados do episódio 2.

Outro ponto relevante identificado neste episódio está nos discursos dos/as licenciandos/as sobre o negacionismo da Ciência, História das Ciências, políticas públicas e suas relações com o contexto vivenciado durante a pandemia da Covid-19. Um exemplo é o discurso de L1 no *Turno 16*, que demonstra a compreensão de que o negacionismo e a ausência de investimentos em políticas sociais não são fenômenos novos, mas problemas que se perpetuam ao longo do tempo. Contudo, L1 também evidencia que os negacionistas, na atualidade, apenas adaptaram as formas de disseminação de informações.

No *Turno 22*, o *discurso de L2* destaca outro aspecto do negacionismo científico: o comportamento da população durante a pandemia de Covid-19. O/a licenciando/a observa que muitos dos comportamentos sociais registrados nessa época refletem a falta de conhecimento científico. Conforme apontam Seibert & Daltoé (2021, p.6):

Vimos que não bastavam vacinas disponíveis; dependíamos de políticas públicas que garantissem a imunização da população mundial, e não só. Vem sendo necessário lutar também contra o negacionismo que, como saída política de não enfrentamento à Covid, disseminou tratamentos precoces sem comprovação científica, além de levantar suspeita junto à população sobre a eficácia das vacinas autorizadas por órgãos competentes.

Diante desse grande embate em relação ao negacionismo, destacamos a relevância do professor como intermediador e do ambiente de formação inicial de professores para fomentar reflexões e aprendizagens sobre questões sociocientíficas. Apoiados em Sasseron (2015) e Chassot (2003), entendemos que a AC, deve ser um elemento indispensável no currículo desde a Educação Infantil até o Ensino Superior, uma vez que “a Alfabetização Científica é vista como processo e, por isso, como contínua. Ela não se encerra no tempo e não se encerra em si mesma, “assim como a própria ciência, a Alfabetização Científica deve estar sempre em construção” (Sasseron, 2015, p. 56). Por tanto, ensinar AC não é só apresentar estudos científicos em sala de aula, mas também possibilitar uma compreensão ampla que permita aos estudantes refletirem sobre as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e as necessidades humanas mais básicas, como alimentação, saúde e saneamento básico.

Nos diferentes níveis de ensino, a AC pode desempenhar um papel essencial ao auxiliar os estudantes nos cuidados com a saúde individual e coletiva. Ela os prepara para a tomada de decisões básicas no dia a dia, como a escolha de uma alimentação saudável, a manutenção em dia a carteira de vacinação a adoção de hábitos que beneficiem saúde física e psicológica, e até mesmo a seleção consciente de candidatos políticos que defendam as necessidades básicas da população (Santos, 2018).

No contexto da formação inicial de professores, o filme foi proposto com a intencionalidade de mobilizar os/as licenciandos/as da 1ª fase para planejarem e desenvolverem materiais didáticos sobre ES voltados para o ensino. Após a discussão das temáticas apresentadas no filme, buscamos orientar os/as

licenciandos/as na produção dos materiais didáticos, que foi organizado em três etapas: 1) primeira etapa: produção individual de cartuns; 2) segunda etapa: produção de vídeos em trios; 3) terceira etapa: elaboração de planos de ensino, mantendo os grupos formados na etapa anterior.

Em todas as etapas, a proposta foi que os materiais didáticos desenvolvidos representassem, de forma crítica, as questões relacionadas à ES trabalhadas em sala de aula com base no filme. A produção de cartuns, realizada na primeira etapa, foi utilizada como base para a construção da cena 2.

Na análise dos cartuns, percebe-se uma evolução significativa no entendimento dos/as licenciandos/as sobre o que abrange o conceito de saúde. Ao longo do semestre, observamos que o desenvolvimento das práticas pedagógicas pelos/as licenciandos/as, aliado às intencionalidades pedagógicas propostas pelas professoras formadoras, ativou processos nas Zonas de Desenvolvimentos Proximal (ZDP) e Iminente (ZDI).

De acordo com Vigotski (2001), a ZDP, refere-se às funções que ainda não amadureceram completamente, mas que estão no processo de desenvolvimento e que, com tempo e as interações adequadas, virão a amadurecer. Já a ZDI corresponde ao potencial cognitivo máximo que a mente do aluno pode alcançar, desde que em colaboração com o professor ou parceiro mais experiente. Nessa zona, o estudante é capaz de estruturar ou reestruturar sua mente para realizar uma nova tarefa ou adquirir um novo conteúdo. Esses processos ocorrem de forma contínua e são fundamentais para levar o indivíduo ao desenvolvimento e à autonomia, permitindo que uma tarefa inicialmente mediada seja consolidada de forma independente.

Cena 2 - "A chegada do vento minuano".



Figura 1. Cartuns produzidos pelos/as licenciandos/as.

Nota: Figuras produzidos pelos/as licenciandos/as como parte do desenvolvimento da pesquisa. Reproduzido com permissão 2021.

A ZDP foi mobilizada durante as interações estabelecidas por meio dos signos e mediações pedagógicas empregadas. Esse amadurecimento cognitivo tornou-se visível nas produções dos cartuns, nos quais os/as licenciandos/as demonstraram uma compreensão ampliada de ES. As representações nos cartuns revelaram conexões críticas e complexas com diversos temas, como: problemas ambientais (cartum L4, L16, L18), questões sociais (cartum L8, L12), negacionismo da Ciência (cartum L13).

Essa ampliação demonstra que os/as licenciandos/as não se limitaram a uma abordagem higienista. Para Vigotski (2001), os processos psicológicos

mais elevados aparecem em dois planos: 1) interpsicológico – como processos sociais compartilhados; e 2) intrapsicológico – à medida que são interiorizados, formando as estruturas cognitivas e sociais do indivíduo. A relação entre esses planos está representada na Figura 1.

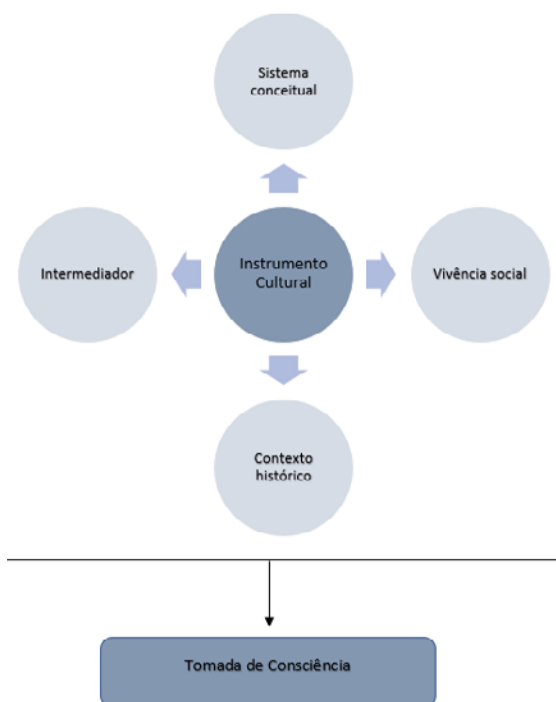


Figura 2. *Movimentos possíveis com a teoria histórico-cultural.*

Nota: Pauletti & Santos, 2022.

Na figura 2, o instrumento cultural representa a influência humana no processo de aprendizagem, sendo conduzida pelo intermediador, que utiliza o conhecimento como base e o instrumento como suporte. O sistema conceitual trazido pelo intermediador, aliado às vivências sociais do estudante, provocam mudanças nas operações psicológicas. Neste processo, as operações psicológicas atuam como meio de atividade interna, organizadas socialmente, o que influencia na tomada de consciência, processo que Vigotski (2001) denomina de internalização.

Esse processo torna-se perceptível nas produções dos cartuns pelos/as licenciandos/as. Por exemplo: L8, L12 L13 apresentam críticas sociais relacionadas a questões negacionistas, econômicas e políticas; L4, L16, L18 exploram temas de saúde conectados a questões ambientais.

Essa prática, proposta com intencionalidade pedagógica, atingiu o objetivo de promover novos entendimentos sobre saúde, além de instigar os professores em formação inicial a criar materiais autorais para debater e refletir sobre o tema. O potencial do filme como instrumento pedagógico também foi evidenciado nas representações dos/as licenciandos/as. Um exemplo é o cartum de L8, que retrata a revolta do povo, apresentando questões de cunho político, enquanto o cartum de L12 critica a passividade da população, que deseja mudanças, mas não age, esperando que o governo resolva tudo. Essa crítica pode ser relacionada à pandemia de Covid-19, onde, embora as pessoas cobrassem atitudes governamentais, muitas não adotavam medidas básicas de prevenção, como uso de máscaras e isolamento social.

Podemos aferir essas internalizações com base nas experiências sociais dos sujeitos e na utilização de diferentes instrumentos e símbolos. De acordo com Tosta (2012, p. 63):

De acordo com as experiências sociais dos sujeitos e a utilização de diferentes instrumentos e símbolos como a linguagem e a tecnologia, os homens terão várias possibilidades de funcionamento cerebral. Assim, dialeticamente, quanto mais aprendizagem de caractere semiótico, simbiótico, mais o cérebro poderá operar utilizando-se de seu aparato psíquico no que diz respeito às funções psicológicas superiores relativa à utilização de vários símbolos e signos, como a escrita, o desenho, a aritmética, a música.

Ao observar as possibilidades de mediação e interações propostas em sala de aula, buscamos além das ilustrações produzir materiais didáticos para possíveis intervenções dos professores em formação inicial no contexto escolar. Assim, a partir da temática saúde, foram produzidos planos de ensino com diferentes atividades como: filmes, cartuns, produção de vídeos, produção de cartazes e slides. Junto com os planos de ensino foram produzidos vídeos de divulgação como proposta de debate das temáticas, AC, saúde pública em que apresentam o histórico e a importância do Sistema Único de Saúde- SUS para a população brasileira, Infecções Sexualmente Transmissíveis (IST), vida e obra de Oswaldo Cruz, a pesquisa no Brasil, Campanha nacional de vacinação e História do Zé Gotinha. De acordo com Siqueira et al. (2018, p.79)

O trabalho com Educação em Saúde em ambientes formais depende de um profissional preparado, que tenha uma postura crítica, reflexiva, não apenas preocupado em transmitir conteúdos, mas interessado em fazer os alunos entenderem o contexto da situação e, perceberem que não apenas o aspecto saúde deve ser considerado, mas também os aspectos, sociais, políticos, éticos relacionados aos problemas de saúde pública.

Nesse contexto formativo os ventos minuanos começam a tomar outras direções e sentidos. Dessa forma, evidenciamos que a intencionalidade pedagógica de forma mediada possui grandes possibilidades em relação à produção e divulgação do conhecimento científico nos contextos culturais. O cinema no ambiente formativo possibilita que os docentes tenham um instrumento desencadeador de discussões e reflexões de várias temáticas, o que possibilita a partir da interação dialógica o desenvolvimento do senso crítico como foi evidenciado nas análises das cenas deste estudo.

Conclusão

Ao utilizara metáfora dos ventos e nomear a cena “O congelar dos ventos varrendo as coxilhas”, buscamos relacionar esse título ao papel do professor como intermediador no processo de ensino. O professor, por meio do planejamento e do encaminhamento intencional das atividades, questiona, orienta e direciona os debates com os/as licenciandos. Essa ação do professor representa os movimentos dos ventos, que trazem consigo transformações, mudanças de temperatura e estações, simbolizando as mudanças de percepção e aprendizado ao longo da formação inicial.

O processo descrito neste estudo, que incluiu o uso do filme *Sonhos Tropicais* como instrumento pedagógico e as produções dos materiais realizados pelos/as licenciandos/as, como os cartuns, vídeos e planos de ensino, demonstrou a riqueza da interação dialógica entre professor-aluno e aluno-aluno. Identificamos esse processo como “A chegada do vento minuano”, que sopra durante o inverno, trazendo mudanças e reflexões profundas. Assim como os ventos frios do tempo

fazem as pessoas perceberem as mudanças nas estações, o uso da intermediação e de instrumentos pedagógicos como o cinema no fortalecimento do ensino de ES e da AC.

Baseados em Vigotski (2000), reconhecemos a importância de os/as licenciandos/as, inseridos na cultura e no contexto social, se apropriarem e compreenderem o saber científico. Esse processo foi evidenciado nos momentos de produção de materiais didáticos, que possibilitaram repensar a prática pedagógica a partir das interações com os colegas e com o professor. A linguagem, como instrumento cultural, desempenhou um papel fundamental na formação, promovendo a troca de ideias e a construção do conhecimento.

Também é importante ressaltar que as produções didáticas dos/as licenciandos/as não se limitaram aos cartuns apresentados no texto. Durante outras aulas, foram elaborados e apresentados vídeos e planos de ensino que abordaram temas relevantes, como: AC, SUS, Infecções Sexualmente Transmissíveis (IST), vida e obra de Oswaldo Cruz, a pesquisa no Brasil, Campanha nacional de vacinação e História do Zé Gotinha. Cabe destacar que os planos de ensino elaborados traziam diferentes encaminhamentos metodológicos, produção de vídeos, questionários, filmes, textos de divulgação científica, jogos didáticos, ambos para trabalhar em sala de aula o assunto com os estudantes da Educação Básica. Por meio dessas ações podemos perceber o papel da formação, do potencial do instrumento pedagógico filme e da intermediação no decorrer das aulas.

Concluimos que o uso do cinema, como instrumento pedagógico, aliado à intermediação docente e ao diálogo, promove a construção do conhecimento científico na formação inicial de professores de Ciências

Biológicas. Esse processo, quando conduzido com intencionalidade pedagógica, fortalece reflexões acerca da AC, da ES e do conhecimento científico em geral.

Amparadas na abordagem vigotskiana, compreendemos que o processo de desenvolvimento cultural do indivíduo só é possível diante da intermediação, a qual infere no processo de aquisição da cultura e no desenvolvimento da linguagem e do pensamento. Assim, a internalização se constrói, dentro do processo de reconstrução interna, intrassubjetiva, de uma operação externa com a utilização do cinema e intermediado na interação entre os sujeitos.

Referências

- Bartelmebs, R. C., Venturi, T., Sousa, R. (2021). Pandemia, negacionismo científico, pós-verdade: contribuições da Pós-Graduação em Educação em Ciências na formação de professores. *Revista Insignare Scientia – RIS*.
- Busnardo, F., Lopes, A. C. (2010). Os discursos da comunidade disciplinar de ensino de biologia: circulação em múltiplos contextos. *Ciência & Educação* (Bauru). Recuperado em 12 de Fevereiro de 2022, de <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/Nd6CJzsYVwF3t-MzzvwNVBhM/abstract/?lang=pt>.
- de Pessoa Carvalho, A. M. (2015). Uma metodologia de pesquisa para estudar os processos de ensino e aprendizagem em salas de aula. Em I. M. G. F. M. T dos Santos (Org.), *A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias*.
- Carvalho, A. M. P., Gil Pérez, D. (1995). *Formação de professores de ciências: tendências e inovações*. Cortez.
- Chassot, A. I. (2003). *Alfabetização Científica: questões e desafios para a educação*. Unijuí.

- Cossetin, S. R., Frison, M. D. (2021). Concepções de professores de física e engenharia quanto à formação de conceitos científicos. *Revista Insignare Scientia – RIS*. Recuperado em 12 de Fevereiro de 2022, de <https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/RIS/article/view/12151>.
- Duarte, R. (2002). *Cinema e Educação*. Autêntica.
- Góes, M. C. R. (2000) A abordagem microgenética na matriz histórico-cultural: Uma perspectiva para o estudo da constituição da subjetividade. *Cadernos CEDES*. Recuperado em 12 de Fevereiro de 2022, de <https://www.scielo.br/j/ccedes/a/3HgqZgZCCZHZD85MvqSNWtn/?format=pdf&lang=pt>.
- Melo, J., Silva, G., Bomfim, Z., Sousa, I., Farias Júnior, L. (2020). Teoria histórico-cultural - Contribuições para a prática psicopedagógica. *Revista Psicopedagogia*.
- Oliveira, B. J. (2006). Cinema e imaginário científico. *História, Ciências, Saúde Manguinhos*.
- Pauletti, E. S., Santos, E. G. (2022). Cinema na formação de professores: práticas e discussões sobre saúde. *Revista Pedagógica*. Recuperado em 1 de julho de 2022, de <https://bell.unochapeco.edu.br/revistas/index.php/pedagogica/article/view/6770>.
- Santos, E. G. (2018). A educação em saúde nos processos formativos de professores de Ciências da Natureza mediada por filmes. (Tese de Doutorado Curso de Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Educação nas Ciências, Unijui).
- Sasseron, L. H. (2015). Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. *Ens. Pesquisa em Educação em Ciências*. Recuperado em 29 de abril de 2022 de <https://www.scielo.br/j/epec/a/K556Lc5V7Lnh8QcckBTTMcq/?lang=pt>.
- Scliar, M. (2007). História do conceito de saúde. *Revista Saúde Coletiva*. Recuperado em 10 de junho de 2022 de <http://www.scielo.br/pdf/physis/v17n1/v17n1a03.pdf>.
- Siebert, S., Daltoé, A. S. (2021) A ciência resiste. *Linguagem em (Dis)Curso*. Recuperado em 10 de junho de 2022 de <https://www.scielo.br/j/ld/a/jrWhTBYv-4gHr8DQfzGtdkdg/?lang=pt>.
- Silva, L. H. A. (2013). A perspectiva histórico-cultural do desenvolvimento humano: ideias para estudo e investigação do desenvolvimento dos processos cognitivos em ciências. Em R. I. C. GÜLLICH (Org). *Didática das ciências*.
- Silva, L. H. A., Schnetzler, R. P. (2006). Mediação pedagógica em uma disciplina científica como referência formativa para a docência de futuros professores de biologia. *Revista Ciência e Educação*.
- Siqueira, A. C., Vilaça, F. A., Frenedozo, R. de C., & Schimiguel, J. (2018). Educação em Saúde: um panorama dos trabalhos apresentados no Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – ENPEC (2013-2017). *Revista De Ensino*

- De Ciências E Matemática*, 9(5), 76–93. <https://doi.org/10.26843/rencima.v9i5.2050>
- Tosta, C. G. (2012). Vigotski e o desenvolvimento das funções psicológicas superiores. *Perspectivas em Psicologia*.
- Venturi, T. (2018). Educação em saúde sob uma perspectiva pedagógica e formação de professores: contribuições das ilhotas interdisciplinares de racionalidade para o desenvolvimento profissional docente. (Tese Doutorado em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina).
- Veríssimo, E. (2004). *O tempo e o vento: o arquipélago*. Companhia das Letras.
- Viana, M. C. V., Rosa, M., Orey, D. C. (2014). O cinema como uma ferramenta pedagógica na sala de aula: um resgate à diversidade cultural. *Ensino em Re-Vista*, Recuperado em 23 de setembro de 2022 de, <https://seer.ufu.br/index.php/emrevista/article/view/25057>.
- Vigotski, L. S. (2001). *A construção do pensamento e da linguagem*. Martins Fontes.
- Vigotski, L. S. (1996). *Pensamento e linguagem*. Martins Fontes.
- Wenzel, J. S., Maldaner, O. A. (2016). A prática da escrita e da reescrita orientada no processo de significação conceitual em aulas de química. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*.



Historietas conceptuales contextualizadas, una estrategia didáctica para comprender el territorio como construcción social

- Contextualized Conceptual Comics: A Teaching Strategy to Understand Territory as a Social Construct
- Histórias em quadrinhos conceituais contextualizadas: uma estratégia didática para compreender o território como construção social

Forma de citar este artículo:

Falla-Falla, A. M., Bustos-Velazco, E. H. y Reyes-Roncancio, J. D. (2025). Historietas conceptuales contextualizadas, una estrategia didáctica para comprender el territorio como construcción social. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (57), 191 - 215. <https://doi.org/10.17227/ted.num57-20714>

Resumen

Este artículo expone la investigación propuesta dentro del paradigma cualitativo y bajo un enfoque interpretativo con la finalidad principal de desarrollar dos Historietas Conceptuales Contextualizadas (HCC) e implementarlas como estrategia didáctica, motivadora, contextual y reflexiva para posibilitar la discusión y comprensión del territorio como construcción social en el aula. A través de situaciones específicas se busca identificar y establecer la relación, implicaciones e ideas que tienen los estudiantes sobre el territorio del cual hacen parte, y al cual construyen, apropian y transforman. Del mismo modo, la estrategia se basa en el interés de orientar, fortalecer y/o consolidar actitudes de valor, respeto, cuidado y preservación del ambiente. Finalmente, el trabajo de investigación permitió concluir que las HCC configuran elementos encaminados al fortalecimiento de la conciencia, sensibilidad y responsabilidad ambiental, teniendo en cuenta que las ideas globales extraídas de las apreciaciones de los estudiantes, a partir de los instrumentos aplicados y analizadas posteriormente a la luz de las categorías teóricas y los indicadores establecidos, evidencian que respecto a las situaciones propuestas y las preguntas planteadas realizan

Ana María Falla-Falla*  
Edier Hernán Bustos-Velazco**  
Jaime Duván Reyes-Roncancio***  

* Magíster en Educación, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia. Licenciada en Química, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia. amfallaf@correo.udistrital.edu.co

** Doctor en Educación, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia. Magíster en Docencia de la Matemática, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia. Licenciado en Matemáticas y Física, Universidad de Cundinamarca. Profesor de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia. ehbustosv@udistrital.edu.co

*** Doctor en Educación, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia. Magíster en Docencia de la Física, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia. Licenciado en Física, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia. Profesor de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia. jdreyesr@udistrital.edu.co

Artículo de investigación

Fecha de recepción: 30/01/2024
Fecha de aprobación: 08/08/2024
Fecha de publicación: 01/01/2025



descrições de su realidade y/o cotidianidad, mencionan características de los espacios físicos, relacionan conceptos con el ambiente y/o elementos de este, señalan algunas situaciones referentes a normatividad, ejercicios de poder y aspectos legales. Además, se refieren a la importancia de encontrar consensos entre los actores sociales y proponer soluciones a problemáticas del contexto enunciando el presente y futuro a nivel ambiental, social, económico y político.

Palabras clave

aprendizaje activo; educación ambiental; contaminación; sociedad

Abstract

This article presents research conducted within the qualitative paradigm and an interpretative approach, with the primary aim of developing two Contextualized Conceptual Comic Strips (ccc) and implementing them as a motivational, contextual, and reflective didactic strategy to foster discussion and understanding of territory as a social construct within the classroom. Through specific scenarios, the research seeks to identify and establish the relationships, implications, and ideas students have regarding the territory they belong to, which they shape, appropriate, and transform. The strategy also aims to guide, strengthen, and consolidate attitudes of value, respect, care, and environmental preservation. The research concludes that ccc contributes to fostering environmental awareness, sensitivity, and responsibility. This is evidenced by global insights derived from students' perceptions, as analyzed through applied instruments and interpreted considering theoretical categories and established indicators. Students' responses to the proposed scenarios and questions reveal descriptions of their reality and everyday life, mentions of physical space characteristics, connections between concepts and the environment or its elements, and references to issues such as regulations, power dynamics, and legal aspects. Furthermore, students emphasize the importance of reaching consensus among social actors and propose solutions to contextual problems, addressing present and future environmental, social, economic, and political challenges.

Keywords

active learning; environmental education; pollution; society

Resumo

Este artigo apresenta uma pesquisa realizada dentro do paradigma qualitativo e com uma abordagem interpretativa, com o objetivo principal de desenvolver duas Histórias em Quadrinhos Conceituais Contextualizadas (HCC) e implementá-las como uma estratégia didática motivadora, contextual e reflexiva que possibilite a discussão e a compreensão do território como uma construção social no ambiente da sala de aula. Através de situações específicas, busca-se identificar e estabelecer a relação, implicações e ideias que os estudantes têm sobre o território do qual fazem parte, que constroem, apropriam e transformam. Além disso, visa orientar, reforçar e/ou consolidar atitudes de valorização, respeito, cuidado e preservação do meio ambiente. A pesquisa permitiu concluir que as HCC configuram elementos voltados para o fortalecimento da consciência, sensibilidade e responsabilidade ambiental, considerando que as ideias globais extraídas das percepções dos estudantes — a partir dos instrumentos aplicados e posteriormente analisados à luz das categorias teóricas e indicadores estabelecidos — evidenciam que, diante das situações propostas e das perguntas formuladas, os estudantes descrevem sua realidade e/ou cotidiano, mencionam características dos espaços físicos, relacionam conceitos com o ambiente e/ou seus elementos, e apontam algumas situações referentes à normatividade, exercícios de poder e aspectos legais. Ademais, referem-se à importância de alcançar consensos entre os atores sociais e de propor soluções para problemas do contexto, abordando o presente e o futuro nos níveis ambiental, social, econômico e político.

Palavras-chave

histórias em quadrinhos conceituais contextualizadas; educação ambiental; território; construção social

Introducción

Para iniciar, es importante recordar que “La educación es un proceso de formación permanente, personal, cultural y social que se fundamenta en una concepción integral de la persona humana, de su dignidad, de sus derechos y de sus deberes” (Ministerio de Educación Nacional, 1994, p. 1) además, es uno de los ejes primordiales para el desarrollo social de un país, puesto que, a través de esta se facilitan procesos de aprendizaje, se desarrollan destrezas, valores y hábitos. Por lo tanto, se le puede considerar también el camino para la construcción de una cultura basada en la relación sociedad-ambiente, a través de una ciudadanía informada, consciente y responsable sobre su entorno dado que, las acciones sociales, económicas y políticas de los seres humanos afectan con sus formas de apropiación, producción y consumo a los territorios.

Ahora bien, en la actualidad la Educación Ambiental (EA) dentro del trabajo escolar no parece ser suficiente para contrarrestar perturbaciones en el ambiente como los diversos tipos de contaminación, las devastaciones de los ecosistemas y la explotación excesiva de especies y recursos por parte de los seres humanos. Sauvé (2004) manifiesta que “El objeto de la educaci3n ambiental no es el medio ambiente como tal, sino nuestra relaci3n con él.” (p. 4). Aquí, Sauvé nos propone explorar el medio ambiente desde diversas representaciones, entre ellas “el medio ambiente entendido como territorio (lugar de pertenencia y de identidad cultural)” (p. 4). En este sentido, actualmente, es necesario pensarse el territorio de maneras más diversas que lo planteado desde una concepci3n de espacio físico, por ejemplo, concebir el territorio como construcci3n social consiente referenciarlo “como espacio de supervivencia, que permite a los

sujetos y las comunidades en general validar su desarrollo cultural, pertinencia e identidad” (Bustos, 2015, p. 7). Es decir que, el territorio se va construyendo a través de acciones que suceden en un contexto determinado de tiempo y espacio, se constituye a partir de procesos interactivos, por lo tanto, es susceptible de ser transformado.

Es relevante entonces, repensar los objetivos y métodos de la Educaci3n Ambiental (EA) para fortalecerla. Según Hernández (2021), la EA debe despertar la conciencia, transmitir informaci3n, impartir conocimientos, desarrollar hábitos y capacidades, fomentar valores, proporcionar criterios y parámetros, y presentar modelos para la resoluci3n de problemas y la toma de decisiones. Pineda y Pinto (2018) sugieren que la escuela debe implementar metodologías activas y participativas que promuevan la responsabilidad ciudadana y  tica, y que valoren la relaci3n entre naturaleza, sociedad y cultura. A prop3sito, Reyes *et al.* (2020) introducen las Historietas Conceptuales Contextualizadas (HCC) como una herramienta pedag3gica efectiva. Las HCC organizan viñetas alrededor de situaciones fenomenol3gicas, estableciendo relaciones entre fen3menos y actitudes humanas, representadas mediante ilustraciones en contextos cotidianos. Estas historietas tienen un gran potencial pedag3gico, didáctico y motivacional.

En relaci3n con lo antes expuesto, esta estrategia aboga por una EA que no solo transmita conocimientos sobre fen3menos biol3gicos, físicos y químicos, sino que también aborde las dinámicas econ3micas, políticas, ambientales y sociales. La educaci3n debe enfocarse en promover un desarrollo sostenible y mejorar la calidad de vida de las comunidades, discutiendo y construyendo estos conceptos desde las aulas y otros espacios académicos y sociales.

Antecedentes

Existe un largo camino recorrido en cuanto a la implementación de la educación ambiental a nivel global, a partir de los años setenta hasta la actualidad. Para el caso de Colombia, Pita-Morales (2016), en su artículo de reflexión, hace un breve recorrido histórico, donde menciona el inicio con el Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y la Protección al Medio Ambiente en diciembre de 1974, posteriormente con el establecimiento de la Ley 99 de 1993 por la cual se crea el Ministerio del Medio ambiente; viene después la inclusión de la Educación Ambiental en la Ley General de Educación 115 de 1994 y el decreto 1743 de 1994. En este decreto “se fijan criterios para la promoción de la educación ambiental no formal e informal y se establecen los mecanismos de coordinación entre el Ministerio de Educación Nacional y el Ministerio del Medio Ambiente” (p. 1), además, allí se menciona que “la estructura del servicio público educativo está organizada para formar al educando en la protección, preservación y aprovechamiento de los recursos naturales y el mejoramiento de las condiciones humanas y del ambiente” (p. 1). Estas normativas legales, que tienen la finalidad de incluir la dimensión ambiental dentro de los currículos y las prácticas pedagógicas, no son suficientes debido a que las problemáticas globales, nacionales y/o locales en cuanto al cuidado y preservación del ambiente van cada vez en aumento, por responsabilidad directa de los seres humanos y sus acciones.

Por otra parte, los lineamientos curriculares señalan que “los sujetos de aprendizaje frente a las problemáticas ambientales, deben ejercitar la reflexión crítica respecto a comportamientos hombre-naturaleza-ciencia-tecnología-sociedad” (Paz *et al.*, 2014, p. 9). Al tener en cuenta estos aspectos, se posibilita que los sujetos asuman roles dentro del entorno en el cual se desenvuelven, igualmente, que en el proceso de formación puedan identificarse las consecuencias de cada acción generada en su cotidianidad, además, ir generando una construcción cultural sólida, de permanencia en los individuos respecto al cuidado y preservación del ambiente. Dicho con palabras de Paz *et al.* (2014), “la EA debe dirigirse hacia la comprensión de la realidad del sujeto y al despertar de la conciencia del mismo que le permita identificarse como ser posibilitador de cambios” (p. 18), ya que, “el componente cultural es fundamental en la toma de decisiones ambientales” (Flórez, 2015, p. 3). Sobre este punto, entonces, la educación será un fenómeno “donde se prepare tanto a docentes como estudiantes para un cambio de comportamiento, donde se integren los principios de sostenibilidad, los cuales deben convertirse en lineamientos de vida” (Flórez, 2015, p. 6). Al respecto, Jaimes *et al.* (2021) indican que el uso de HCC permite la representación de conceptos científicos “abstractos”, además de favorecer la discusión entre los estudiantes, con la clase como escenario que facilita el flujo de opiniones y de ideas que surjan producto de la(s) situación(es) descritas en la HCC. De la misma manera, Morales-Posada *et al.* (2023) señalan que, sumado a esto, “la cone-

xión emocional que el estudiante logra con la animación se basa no solo en la narrativa, sino en la sensibilidad de la historia” (p. 17).

Marco Teórico o Conceptual

De acuerdo con Hernández (2021), el inicio de la dimensión ambiental en Colombia se da “con la ley 99 de 1993” (p. 48), que proporcionó un marco conceptual y metodológico básico para orientar las acciones desde la visión de ambiente y la formación integral del ser humano. Sin embargo, a pesar de que en Colombia se lleva un largo recorrido histórico legal sobre la implementación de la educación ambiental, es evidente que el reglamentar y generar herramientas dentro del ámbito escolar no puede ser únicamente una necesidad por cumplir con normativas globales. En la actualidad, en ocasiones es notorio que algunas de las personas difícilmente logran percibir la importancia de este aspecto para el desarrollo científico, cultural, económico y social, puesto que, muchas veces se presenta indiferencia general acerca de la explotación indiscriminada de los recursos, la contaminación de fuentes hídricas, la elevada deforestación, el mal manejo de los residuos sólidos y otras actividades que generan debilitamiento a nivel ambiental del entorno por parte de los ciudadanos. En la opinión de Bustos (2015), “la sociedad influye en el territorio, lo transforma, lo modifica, lo utiliza y lo amenaza” (p. 11), de modo que, es relevante velar por el tipo de actividades generadas por parte de los diferentes actores sociales. Además, Bustos (2015) señala al respecto que:

Cada proceso de transformación social deriva de las relaciones de la sociedad en sí misma, con la fauna y la flora, prácticas culturales que en una sociedad permiten articular el proyecto de sustentabilidad y por ello la importancia del territorio local

reside en la relación de los sujetos con su entorno. (p. 6)

Teniendo en cuenta que, los procesos dentro del ámbito educativo deberían propender por la construcción de una ciudadanía informada, consciente y responsable sobre su entorno y que, como menciona Patiño (2014), “se identifica una gran lucha y un verdadero esfuerzo por hacer de la enseñanza un medio de instrucción para el ser humano en su ámbito académico y personal” (p. 5), se le puede considerar a la educación el camino para la edificación permanente de una cultura basada en la relación sociedad-ambiente. Al respecto, “Entendida la cultura como todas aquellas construcciones colectivas que componen los saberes, las creencias, las conductas y la organización social” (Paz *et al.*, 2014, p. 6). En este sentido, la Educación Ambiental (EA) surge como un corpus conceptual, dado el incremento y la preocupación por generar transformaciones en las dinámicas de las colectividades, que permitan la conservación del ambiente y las distintas especies que en él confluyen.

La EA debe hacer parte del desarrollo integral humano teniendo en cuenta también las concepciones culturales de los docentes y el estudiantado, además, es relevante, como señala Flórez (2015) que:

Hubiera un sentido de pertenencia por su entorno, por parte de las comunidades, pues mientras que no hubiera participación comunitaria en los proyectos ambientales ni sentido de apropiación hacia sus ecosistemas, no se podría pensar en tener un proceso de transformación de la educación ambiental en el país. (p. 7)

De igual manera, Bozzano (2009) referencia que “El origen de la palabra Territorio deriva de palabras latinas que significan ‘... la tierra que pertenece a alguien’” (p. 4).

Por tanto, desde la semántica se puede evidenciar que, efectivamente, hay una relación estrecha entre el espacio físico y el sujeto que convive en este. Sauvé (2004) señala que “El objeto de la educación ambiental no es el medio ambiente como tal, sino nuestra relación con él” (p. 4). Aquí, Sauvé nos propone explorar el medio ambiente desde diversas representaciones, entre ellas “el medio ambiente entendido como territorio (lugar de pertenencia y de identidad cultural)” (p. 4). Por su parte, Bustos (2014) pone de manifiesto que “el territorio surge en términos de las relaciones socio-culturales, representadas por las expresiones valorativas del espacio con una significación para la comunidad” (p. 2) y que “el territorio adquiere importancia en la medida en que la comunidad lo integra a su vida cultural como objeto de representación y de apego o como símbolo de pertenencia socio-territorial” (p. 4).

Además, Bustos (2015), en su artículo “Tendencias investigativas en territorio y su importancia en la formación de profesionales”, establece cuatro categorías para la concepción de territorio. En primer lugar, se refiere al territorio como campo de poder jurídico y señala que “est  directamente relacionado con todas las actividades de la sociedad, donde emergen tensiones entre los diferentes actores que en él interactúan. Aquí las luchas desde la legalidad pueden ser mediadas por las reglas aceptadas por la sociedad” (p. 4). Del mismo modo, declara una invitación al conocimiento de las normatividades, ya que estas tienen implicaciones en el contexto de las comunidades. Luego, al revisar el territorio como campo ambiental manifiesta que “equiparar el territorio como ambiente implica reconocer la relación din mica que existe entre el ser humano, su cultura, la vida animal y vegetal” (p. 6). Igualmente, resalta la relevancia de las manifestaciones culturales que promueven un equilibrio entre el desarrollo humano y la protección del ambiente, frente a aquellos modelos económicos que priorizan la explotación de los recursos naturales.

En cuanto al territorio como construcción social, enuncia varias investigaciones que confluyen en afirmar que “las comunidades al relacionarse con el contexto dan sentido al espacio habitado, convirtiéndolo en territorio de vida e interacción sociocultural, con caracterización que permiten diferenciarlos y valorizarlos” (p. 9). Lo anterior, además, permite establecer la importancia de estudiar la relación sociedad-naturaleza y sus implicaciones en los territorios. Como expresa Ramírez (2003, citado por Arreola y Saldívar, 2017), “la relación sociedad-naturaleza es un proceso que internaliza a la naturaleza en el sistema social, lo que produce que ambas se readecuen, readapten y modifiquen constantemente” (p. 3). Así pues, el territorio se va construyendo a través de acciones que suceden en un contexto determinado de tiempo y espacio. Como lo hace notar Hadad (2007, citado por Arreola y Saldívar, 2017), “el territorio se puede considerar como la manifestación de una determinada configuración social no exenta de conflictos que involucran a una diversidad de actores que comparten el espacio” (p. 5), esta definición refleja que el territorio se erige a partir de procesos interactivos, por tanto, es susceptible de ser transformado a través de

las acciones de los diferentes actores sociales y que estas deben propender por el bienestar, ya que, como afirma Bozzano (2009):

Un territorio no es sólo un barrio, una ciudad, una región o un país, sino un barrio y su vida en alguien, una ciudad y su vida en alguien, una región y su vida en alguien, un país y su vida en miles o millones de actores que se apropian, lo ocupan, lo usan, lo valorizan, lo explotan, lo degradan, lo preservan, lo resignifican cada vez. (p. 4)

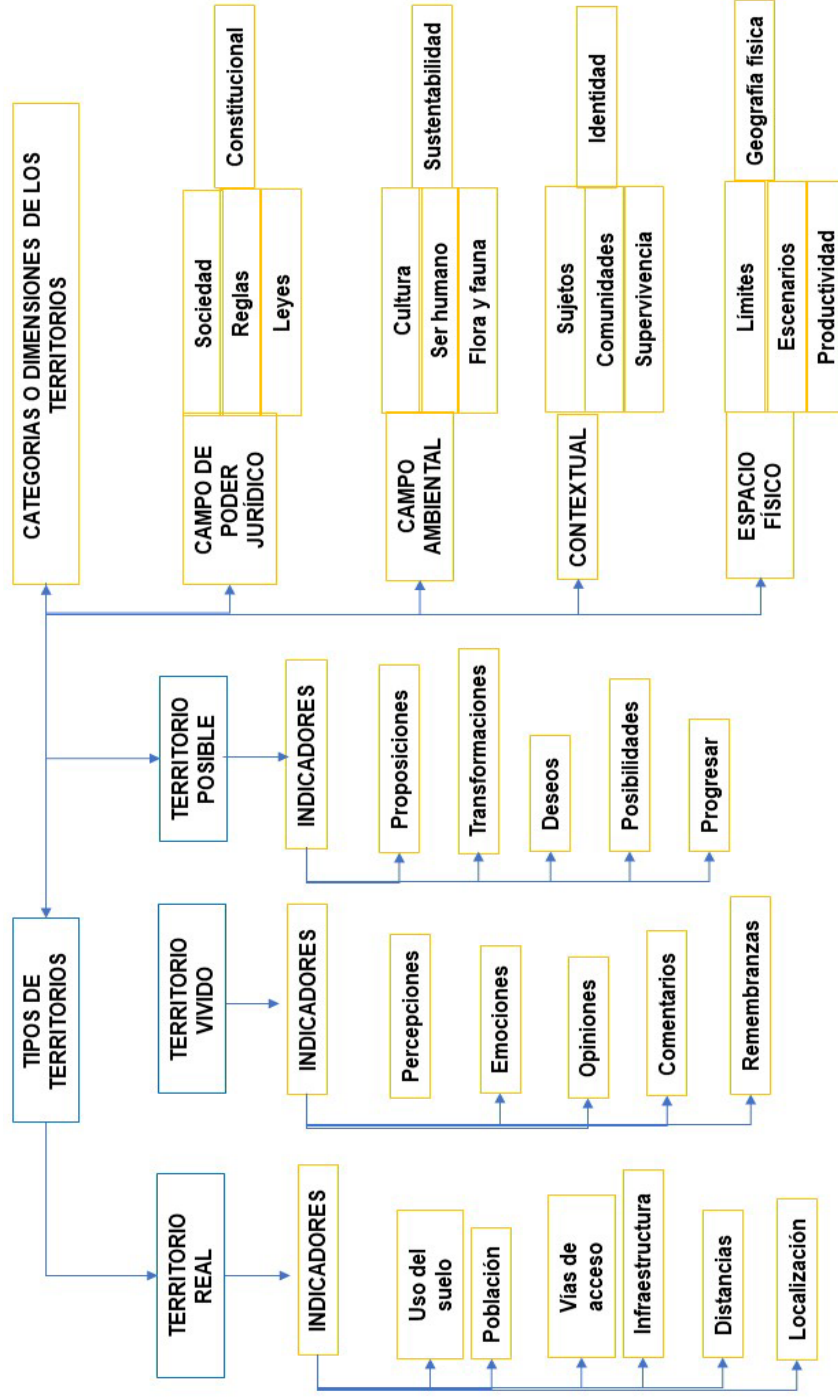
En efecto, la noción de territorio presenta un contenido ampliamente social, es necesario comprenderlo como un complejo tejido que se va generando a través de interacciones cotidianas y, por lo mismo, es importante evaluar los impactos que se generen desde las dinámicas culturales, ya sean para valorarlo, apropiarlo o degradarlo. A propósito de la conceptualización del territorio como constructo social, Bozzano (2009) hace alusión a tres casos específicos de interés en esta investigación: “los territorios reales se refieren a las realidades reconocidas en los territorios, no necesariamente elegidas ni consensuadas por todos. Los territorios vividos se refieren al percibir y/o sentir de los sujetos de, en y por los territorios” (p. 5), por último, “los territorios posibles son aquellos objetos de una instancia propositiva y/o predictiva. Se refieren a cuáles son los territorios deseables” (p. 6). Para terminar, Bustos (2015) expresa sobre el territorio como espacio físico que “aquí se tiene en cuenta la distribución de suelos según su perfil, características del terreno” (p. 12), además, permite interpretar que esta es una concepción alejada de las dinámicas socioculturales en su gran mayoría.

Por consiguiente, son necesarias estrategias que se acerquen a la cotidianidad de

los estudiantes, que promuevan discusiones y reflexiones alrededor de sus acciones y el entorno que los rodea. A propósito, Reyes *et al.* (2020) señalan que “Una HCC es un conjunto de viñetas organizadas alrededor de situaciones fenomenológicas donde se establece una relación entre los fenómenos, las concepciones y actitudes de las personas, son representadas por medio de ilustraciones que hacen parte de contextos cotidianos” (p. 563). Es importante señalar en este punto que “hablar de experiencias vividas implica un proceso de remembranza en el cual el estudiante busca en su memoria situaciones que considera puede asociar con lo que está leyendo en la HCC”, además que estas “aportan al cuestionamiento sobre el proceder” y “le permite al estudiante proponer las preguntas o comentarios que le surjan y explorar con ayuda del profesor vías de acceso a respuestas que le resulten satisfactorias” (p. 73), lo que además consiente, “valorar el potencial pedagógico, didáctico y motivacional de las Historietas Conceptuales Contextualizadas, a partir de su implementación en ambientes educativos reales” (p. 15). De manera que, las HCC son herramientas que pueden contribuir al fortalecimiento de la EA a través de la comprensión del territorio como construcción social.

Por lo anterior, se detallan las categorías teóricas de la investigación como se muestra en la figura 1, a partir de la información definida por Bozzano (2009) sobre los tipos de territorio (real, vivido y posible) y las cuatro dimensiones o elementos propuestos por Bustos (2015) que permiten examinar el territorio como construcción social (espacio físico, ambiente, campo de poder jurídico y contextual), para así diseñar las HCC y además relacionar de manera más específica las ideas de los estudiantes respecto a la concepción de territorio y sus distintos elementos en interacción con las mismas.

Figura 1. Categorías teóricas de la investigación. Adaptado de Bozzano (2009) y Bustos(2015)



Fuente: elaboración propia

Metodología

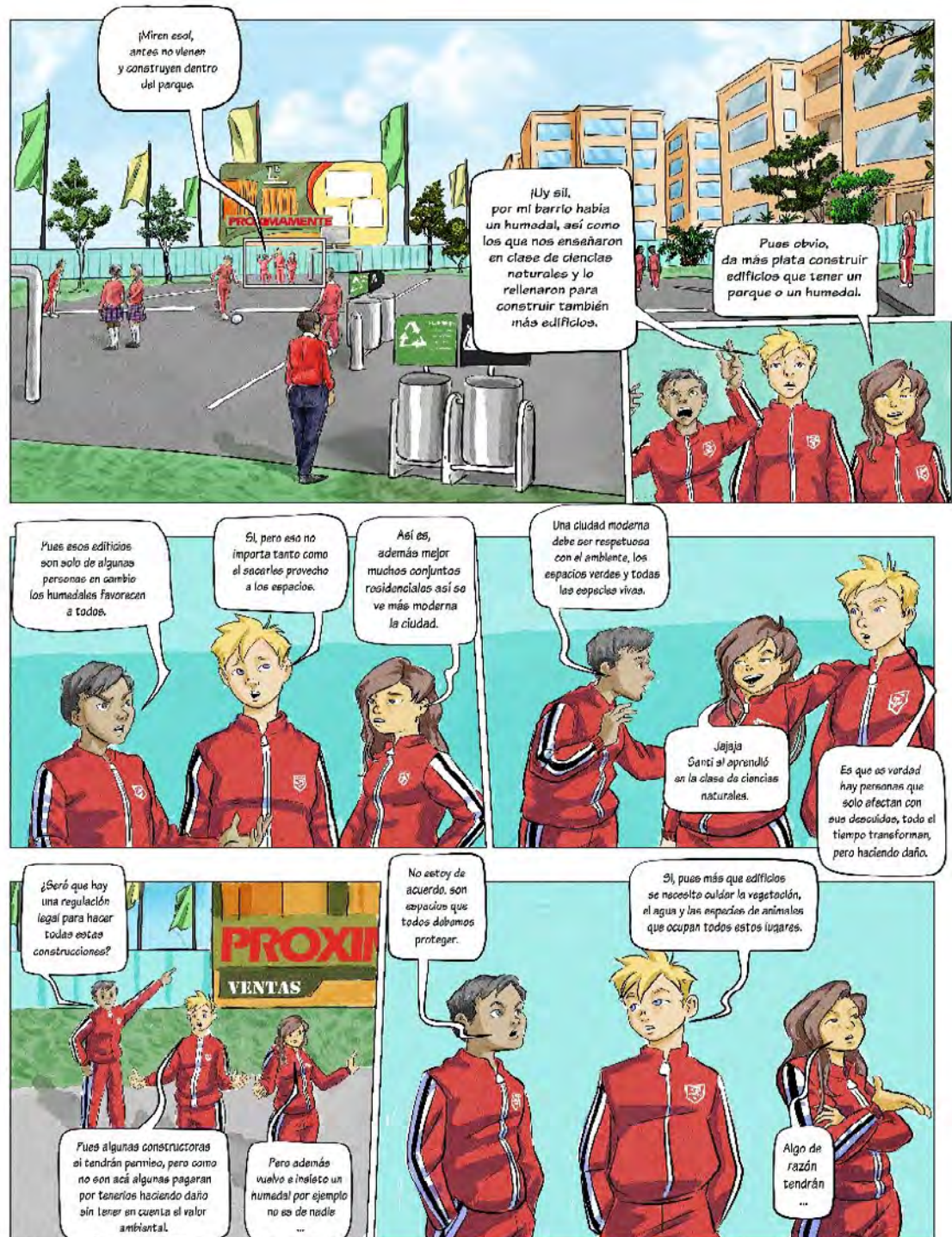
El paradigma dentro del cual se desarrolló la investigación es el cualitativo. En cuanto al enfoque, se planteó el de tipo interpretativo. Además, se incluyó una perspectiva fenomenológica, teniendo como estrategia el estudio de caso puesto que, la planificación de actividades para desarrollar estuvo centrada en que los protagonistas principales fueran los 43 estudiantes pertenecientes al grado noveno de la institución educativa de carácter privado Liceo Luther King, de modalidad presencial, ubicada en el barrio Catalina II de la localidad de Kennedy, en la ciudad de Bogotá. El rango de edad de los estudiantes estuvo entre los 14 y los 17 años, habitantes de la misma localidad, en cuanto al aspecto socioeconómico, el estrato en el que se ubican es el 3; según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), presenta características del nivel de estrato medio-bajo.

En el proceso formativo para este grado, el Liceo Luther King contempla dentro del área de ciencias naturales las asignaturas de Biología, Química y Física además del cumplimiento de la normatividad y la ejecución del Proyecto Ambiental Escolar (PRAE), el cual propende por generar actividades en las diversas clases con manejo transversal hacia el fortalecimiento de la Educación Ambiental en la comunidad educativa. La duración fue de 7 clases dentro de la asignatura de Química,

con un tiempo de 2 horas cada una, que se desarrollaron durante el segundo semestre, específicamente para el tercer periodo académico escolar en los meses de julio y agosto del año 2023.

Acerca de las técnicas de recolección de información diseñadas, validadas e implementadas, se encuentran las dos historietas conceptuales contextualizadas. Para estas HCC, en primer lugar, es necesario el prediseño de un diálogo elaborado por la docente acorde al tema de interés, luego se realiza el contacto con el diseñador, especificando características de lugares, actitudes, uniformes y demás particularidades del contexto. Después, se presenta un boceto inicial que deberá ser aprobado para la impresión definitiva. Es importante resaltar que “estas historietas se construyen a partir de situaciones que resultan cotidianas para el estudiante y emplean como discurso las explicaciones que generalmente los estudiantes dan a dichas situaciones” (Reyes, 2021, p. 237). Las dos historietas fueron elaboradas con base en las categorías teóricas propuestas a partir de la información definida por Bozzano (2009) sobre los tipos de territorio (real, vivido y posible) y las cuatro dimensiones o elementos propuestos por Bustos (2015) que permiten examinar el territorio como construcción social (espacio físico, ambiente, campo de poder jurídico y contextual). En la figura 2 se muestra la Historieta Conceptual Contextualizada #1 (Humedales y zonas verdes).

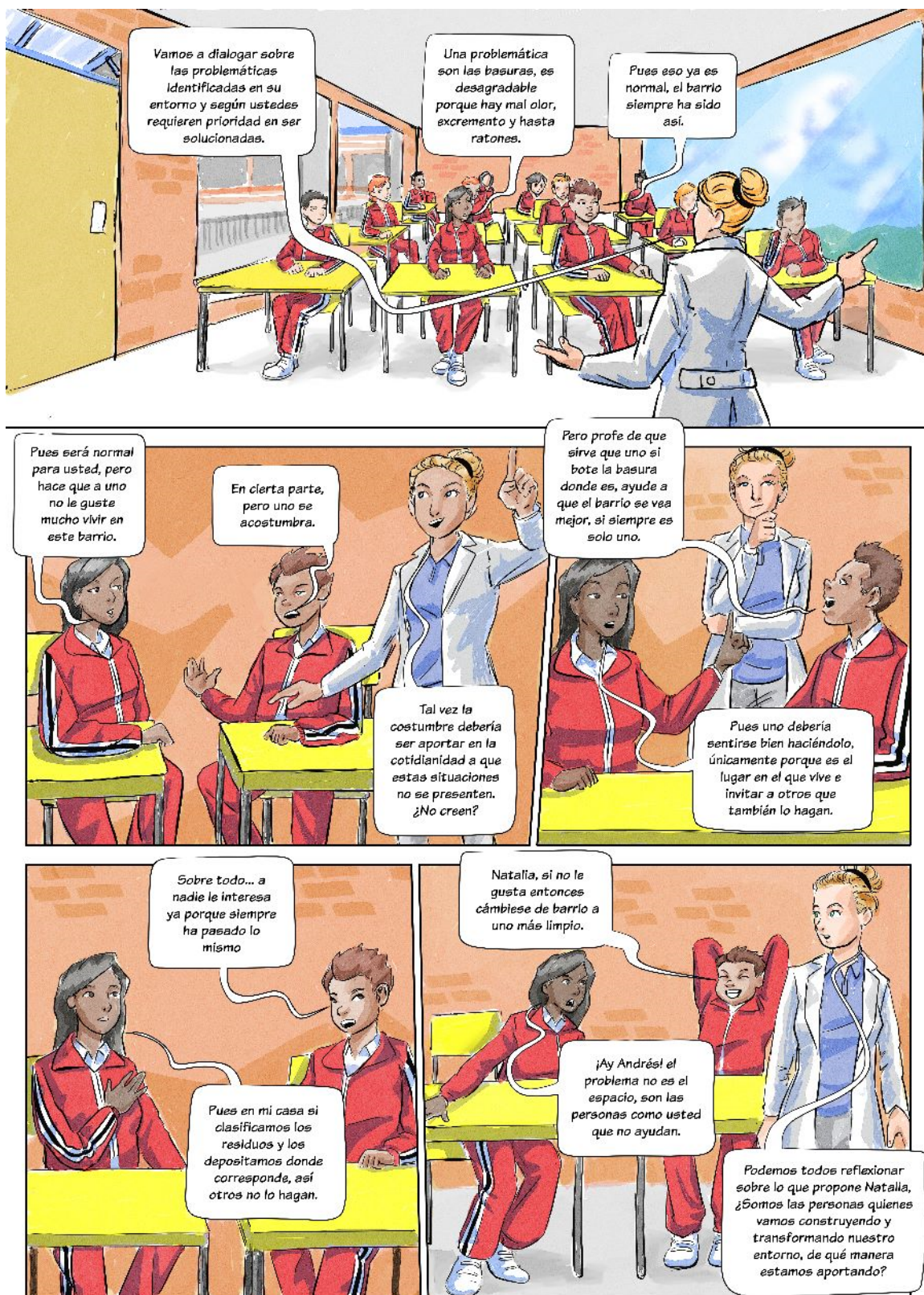
Figura 2. Historieta Conceptual Contextualizada #1 (Humedales y zonas verdes)



Fuente: elaboración propia

Y la Historieta Conceptual Contextualizada #2 (Manejo de residuos sólidos) se muestra en la figura 3.

Figura 3. Historieta Conceptual Contextualizada #2 (Manejo de residuos sólidos)



Historietas conceptuales contextualizadas, una estrategia didáctica para comprender el territorio como construcción social
Ana María Fallo-Fallo, Edler Hernán Bustos-Velazco, Jaime Duván Reyes-Roncancio

TED

De igual manera, como instrumentos de recolección de información se usaron cuestionarios de trabajo (Véase tabla 1), teniendo en cuenta, como declara Hernández-Sampieri (2018) que “al tratarse de seres humanos, los datos que interesan son conceptos, percepciones, imágenes mentales, creencias, emociones, interacciones, pensamientos, prácticas, experiencias, vivencias y roles manifestados en el lenguaje de los participantes, ya sea de manera individual, grupal o colectiva” (p. 443).

Tabla 1. Cuestionario HCC #1 (Humedales y zonas verdes) y HCC #2 (Manejo de residuos sólidos)

1. Escribe dos (2) preguntas que te genere la historieta.
2. ¿Qué entendiste de la historieta? Explica lo más relevante de la situación expuesta en las viñetas.
3. A partir de un evento personal, describe una situación similar a la de la historieta.
4. Describe qué temas de las clases ayudarían a explicar lo sucedido en la historieta.
5. ¿Cuál es tu opinión sobre la actitud e ideas de los personajes presentes en la historieta?

Fuente: elaboración propia

A juicio de Romero (2009), “Se aprecia que al parecer existe una vinculación entre el uso de limitadas estrategias didácticas y la construcción de un concepto de Educación Ambiental también limitado” (p. 166) que posteriormente, se constituye en ciudadanos poco responsables con sus acciones en cuanto al cuidado, preservación y construcción del territorio. En consecuencia, se implementó una escala de motivación tipo Likert (Véase figura 4) al final de la interacción con las dos HCC, con el fin de evaluar la incidencia y motivación de estas como estrategia didáctica para la comprensión del territorio como construcción social dentro del aula de clases y la enseñanza de las ciencias naturales en el enfoque de la Educación Ambiental. “Las llamadas escalas Likert son instrumentos psicométricos donde el encuestado debe indicar su acuerdo o desacuerdo sobre una afirmación, ítem o reactivo, lo que se realiza a través de una escala ordenada” (Matas, 2018, p. 2).

Figura 4. Escala de motivación Likert

Escala de motivación

Estimado(a) estudiante: A continuación, encontrará un listado de afirmaciones sobre el uso de Historietas en la clase. Para cada una marque con una equis (X) en la columna correspondiente según sea su criterio. (1. Completamente de acuerdo; 2. De acuerdo; 3. Inseguro; 4. En desacuerdo; 5. Completamente en desacuerdo) Tenga presente que las respuestas son totalmente anónimas. Gracias por su colaboración.

| Pregunta | Con la historieta | Completamente de acuerdo | De acuerdo | Ni de acuerdo ni en desacuerdo | En desacuerdo | Completamente en desacuerdo |
|----------|---|--------------------------|------------|--------------------------------|---------------|-----------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | La clase de química es divertida | | | | | |
| 2 | Distingo situaciones que son posibles | | | | | |
| 3 | Se me dificulta formular preguntas | | | | | |
| 4 | La clase de química es más motivante que las otras clases | | | | | |
| 5 | Evito discutir mis ideas con mis compañeros | | | | | |
| 6 | Trabajo duro para aprender en la clase | | | | | |
| 7 | Considero importante lo que aprendo en la clase | | | | | |
| 8 | Detesto la clase de química este bimestre | | | | | |
| 9 | Aprendo algo útil para mi vida por fuera de colegio | | | | | |
| 10 | Entiendo cosas que podrá usar en una vida futura | | | | | |
| 11 | Distingo situaciones que son imposibles en la vida real | | | | | |
| 12 | Me interesa dibujar mis propias historietas | | | | | |
| 13 | Quiero la clase química este bimestre | | | | | |
| 14 | Me gusta la clase de química | | | | | |
| 15 | Me esfuerzo durante la clase de química | | | | | |
| 16 | Me desanimo en aprender química este bimestre | | | | | |
| 17 | Identifico cosas en relación con situaciones de la vida cotidiana | | | | | |
| 18 | Siento que trabajar duro en la clase de química es importante | | | | | |
| 19 | La clase de química es aburrida | | | | | |
| 20 | Aprendo cosas inútiles en la clase para mi vida por fuera del colegio | | | | | |
| 21 | Encuentro un apoyo para formular preguntas | | | | | |
| 22 | Quiero aprender este bimestre en la clase de química | | | | | |
| 23 | Me motivo a discutir mis ideas con mis compañeros | | | | | |
| 24 | Recuerdo vivencias similares a las de los personajes | | | | | |

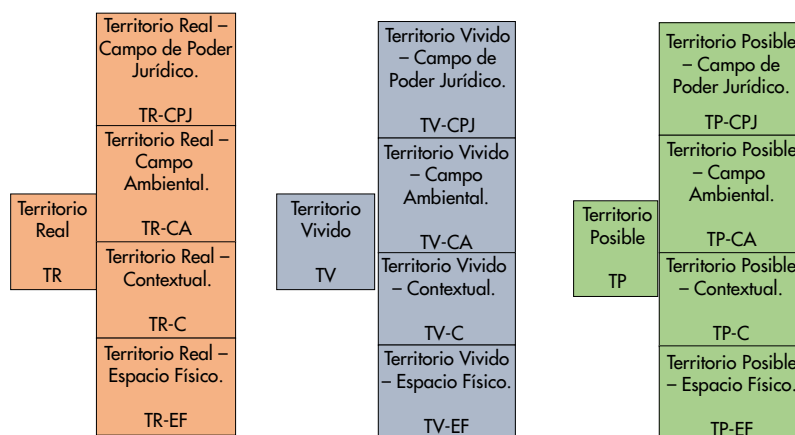
Fuente: adaptada de Reyes *et al.* (2019)

Resultados y Análisis

Esta propuesta desarrollada en la clase de Química se articuló con el Proyecto Ambiental Escolar (PRAE) orientado a fortalecer pensamiento ecológico, no solo entendido desde supuestos de las ciencias naturales, sino como un elemento estratégico de tipo social, político y económico que hace parte de las acciones de los estudiantes como futuros ciudadanos en el orden local, nacional y global. Luego de actividades de sensibilización a través de la articulación de temas de la clase de Química, como enlaces químicos, funciones inorgánicas, nomenclatura química, reacciones químicas, balanceo de ecuaciones con situaciones problémicas como la contaminación por desperdicios urbanos y emisiones, la degradación de recursos, vertimientos de desechos, el uso de fertilizantes y pesticidas y la composición de la atmósfera y su importancia para la vida, los estudiantes trabajaron de manera individual en la implementación de las historietas, hicieron lectura, observaron las imágenes, espacios y características. Después, se les solicitó en cada caso que resolvieran el cuestionario referenciado en la tabla 1.

Las respuestas de cada uno de los estudiantes fueron transcritas y organizadas para su fácil visualización en Word, que es un software de tratamiento de textos perteneciente al paquete Microsoft Office. La información recolectada se analizó a través del uso del software para análisis cualitativo MAXQDA, donde se estableció un sistema de códigos de acuerdo a las categorías teóricas de la investigación, que se muestra en la figura 5.

Figura 5. Sistema de Códigos para análisis



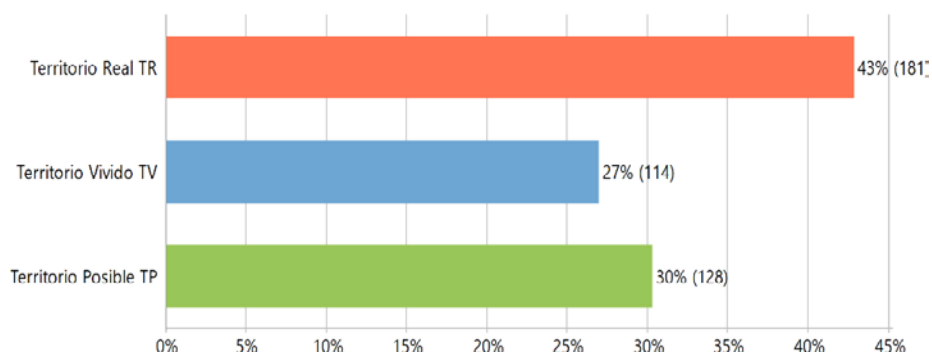
Fuente: elaboración propia

Como principal indicativo se obtuvieron características enfocadas al territorio real para el cual se presentaron un total de 181 segmentos distinguidos que representan un 42,79 %, frente a este se enunciaron descripciones de la cotidianidad, de los espacios físicos, de las localizaciones y distancias; le siguen las particularidades sobre el territorio posible con 128 segmentos delimitados que

pertenecen a un 30,26 % donde se referencian aspectos propositivos sobre los territorios, se enuncian estrategias de mejora y posibles transformaciones; en último lugar encontramos distinciones de acuerdo a lo establecido

para el territorio vivido con 114 segmentos codificados que pertenecen al 26,95 % con afirmaciones respecto a percepciones, emociones, remembranzas y sentimientos, los porcentajes anteriores se relacionan en la figura 6:

Figura 6. Estadística de códigos de nivel superior

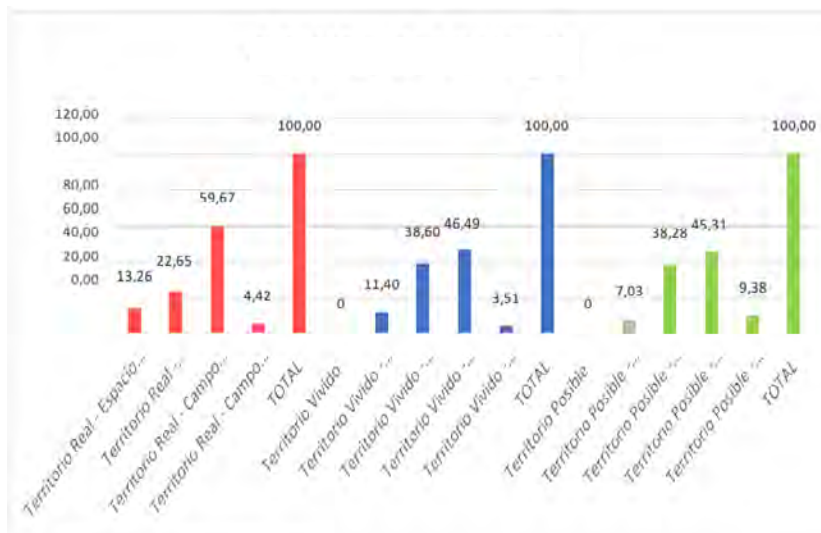


Fuente: elaboración propia

En cuanto a los subcódigos identificados, la relación principal que hacen los estudiantes sobre el territorio real, vivido y posible se da en cuanto a elementos del campo ambiental con porcentajes de 59,67 %, 46,49 % y 45,31 %, respectivamente. Luego, se referencia el elemento contextual con un 22,65 %, 38,60 % y 38,28 %; después, elementos del territorio como espacio físico con un 13,26 % y 11,40 %

para el real y el vivido, dado que el tercer lugar en el territorio posible es para características del territorio como campo de poder jurídico; por último, para los territorios real y vivido el campo de poder jurídico se encuentra en un 4,42 % y 3,51 %, para el territorio posible el último elemento es como espacio físico con un 7,03 %. Los anteriores valores se organizan en la figura 7

Figura 7. Estadística de subcódigos



Fuente: elaboración propia

Algunas respuestas permitieron identificar la relación del territorio real, vivido y posible dado que describen realidades, actividades cotidianas, percepciones, emociones, memorias, proposiciones y deseos con sus elementos especificados, como el campo ambiental, contextual, poder jurídico y espacio físico, puesto que se tienen en cuenta aspectos como el uso del suelo, la población, las vías de acceso, la localización, la cultura, la flora y la fauna, procesos de preservación, las leyes y la sociedad. Al respecto se solicita a los estudiantes responder los cuestionamientos enunciados de la figura 8 a la figura 12, dichas contestaciones se clasificaron y organizaron como se muestra a continuación:

Figura 8. *Escribe dos (2) preguntas que te genere la historieta.*

- Preguntas sobre humedales: “¿Qué es un humedal?”, “¿Qué tanto afecta esto al medio ambiente?”
- Preguntas sobre lugares naturales importantes: “¿Cuáles son los lugares naturales más importantes para la Tierra?”
- Preguntas sobre hábitos de basura: “¿Por qué la gente que vive hacia el norte produce menos basura tirada por la calle en comparación con los que viven hacia el sur?”
- Preguntas sobre regulaciones legales: “¿Qué regulaciones legales habrá para las construcciones en zonas verdes y humedales en la ciudad?”
- Preguntas sobre manejo de residuos: “¿Qué se puede hacer para mejorar la situación con los residuos?”
- Preguntas sobre humedales en Colombia: “¿Cuántos humedales hay en Colombia?”, “¿Cuántos humedales habrán quitado?”
- Preguntas sobre estrategias de concienciación: “¿Qué estrategia se podrá utilizar para que más personas reflexionen acerca de esta problemática?”
- Preguntas sobre comportamiento ambiental: “¿Qué porcentaje de personas actúa como Andrés?”, “¿Por qué no cambiarlo?”
- Preguntas sobre conciencia ambiental: “¿Si nosotros mismos vemos los problemas ambientales en nuestro entorno, por qué no tenemos una buena conciencia ambiental presente?”

Fuente: elaboración propia

En algunas de las preguntas formuladas por los estudiantes se evidenció su preocupación por elementos del ambiente, sus entornos cercanos y las acciones generadas o para fortalecer por parte de las personas dentro de la cotidianidad que puedan generar transformaciones adecuadas o, al contrario, devastación y condiciones complejas de supervivencia para todas las especies vivas. Esto permitió establecer relaciones con el territorio real, vivido y posible especificado a partir de la revisión de literatura.

Figura 9. ¿Qué entendiste de la historieta? Explica lo más relevante de la situación expuesta en las viñetas.

- **Valoración y desconocimiento de lugares importantes para el planeta:** “Que existen muchos lugares los cuales son muy importantes para el planeta y no siempre estamos seguros qué son o para qué pueda servir y puede llegar a ser un problema ya que algunas personas solo quieren el beneficio de ellos.”
- **Impacto de grandes inversiones y empresas en el medio ambiente:** “Entendí que la gente con grandes inversiones, empresas y demás, pueden causar daños a generaciones futuras, como la situación del humedal que queda cerca al portal Américas que quieren construir.”
- **Inacción y normalización de problemas ambientales:** “Que, a pesar de todas las noticias, la gente sigue viendo normal estos casos y no hacen nada respecto a esos temas, debido a que la gente como ve que las otras personas no aportan ellos tampoco.”
- **Preocupación por el valor del dinero sobre la naturaleza y la corrupción:** “Yo entendí que hoy en día es más valioso el dinero que la naturaleza y no me parece ya que todos nosotros la usamos como individuos. entendí que hoy en día la corrupción se mueve mucho hasta en estos ámbitos y la comunidad debería unirse para que no quiten parques y humedales.”
- **Educación ambiental y responsabilidad individual:** “Lo que entendía de la historieta es que las problemáticas ambientales se pueden basar por el cuidado que le da el ser humano al planeta, como por ejemplo no botar basura, reciclar, dividir la basura entre otros.”

Fuente: elaboración propia

Las respuestas de algunos de los estudiantes dieron a conocer que las dos HCC efectivamente propusieron para ellos situaciones encaminadas a reflexionar alrededor de la Educación Ambiental, pues referenciaron aspectos

naturales, culturales, sociales y físicos, además, elementos como la conciencia y sensibilidad ambiental en relación, de igual manera, con el territorio real, vivido y posible.

Figura 10. A partir de un evento personal, describe una situación similar a la de la historieta.

- **Impacto de la urbanización sobre áreas verdes y el medio ambiente:** “Cerca de mi casa había mucha zona verde y para construir una nueva avenida llamada ‘Avenida Guayacanes’ rompieron todo el pedazo y lograron el objetivo de dañar el medio ambiente para que supuestamente se viera más moderna la ciudad.”
- **Contaminación y manejo inadecuado de basura en humedales y áreas públicas:** “En mi barrio hay un humedal que siempre mantiene cerrado, hay algunos lugares del humedal donde se pueden hacer las personas, pero no dejan entrar ahí entonces, entonces algunas personas aprovechan para botar la basura dentro del humedal, la meten entre las rejas y nunca limpian entonces, cuando hay mucho viento el mismo empuja la basura hacia el agua y al pasar eso queda agua picha y ya no se ve igual que antes”, “Igual que en la historieta las basuras en el barrio abundan, aparte que hay personas desordenadas, muchas veces tampoco existen los espacios adecuados para reciclar.”
- **Problemas derivados de políticas o decisiones mal implementadas:** “En mi barrio pusieron unos contenedores de basura para ‘disminuir’ la contaminación, pero fue todo al revés, se presenta más basura, mal olor, ratas y se ve muy mal ya que afecta a las personas, los negocios que están cerca, las personas pelearon para poder quitar esos contenedores, pero al día de hoy no han hecho nada.”
- **Defensa de áreas verdes y protesta social:** “Mi experiencia fue en mi barrio cuando hubo una manifestación porque iban a tumar unos árboles sin motivo.”

Fuente: elaboración propia

Algunos de los estudiantes recordaron situaciones de su cotidianidad, identificando la importancia de las acciones generadas por los seres humanos sobre los espacios y los procesos de sustentabilidad, realizaron mención a distintas problemáticas de interés social de igual manera enmarcadas en las características del territorio real, vivido y posible.

Figura 11. Describe qué temas de las clases ayudarían a explicar lo sucedido en la historieta.

- **Educación sobre componentes químicos y su relación con la naturaleza:** “En química hablan sobre reacciones químicas y los componentes de algunos elementos importantes en la naturaleza.”
- **Análisis ambiental y debate sobre construcción vs conservación:** “Ambiental: Nos ayuda a mirar el proceso del humedal, como funciona y para qué sirve. Competencia: Nos ayuda a debatir si estamos de acuerdo con la construcción de edificios y la destrucción de los humedales. Química: Nos ayuda a mirar de qué componentes o cuales necesitamos para ayudar a los humedales.”
- **Impacto ambiental en las ciencias naturales y ética ambiental:** “Ciencias naturales aquí me explican lo importante que es para las especies habitantes de un ecosistema que se los quiten y lo duro que puede ser para ellos encontrar otro lugar de residencia.”, “Química y biología sobre todo cuando nos explican sobre el medio ambiente y cómo podemos ayudar a cuidarlo o los tipos de contaminaciones y como nos afectan en nuestra salud o como debemos clasificar los diferentes residuos y en ética ya que nos muestra una discusión ética sobre que hay un personaje al que le importa lo que está sucediendo y otro al que no.”
- **Conciencia ambiental y responsabilidad personal:** “Obtener el conocimiento de la composición de materiales de los envases o productos que consumimos para entender el daño que hacemos a largo plazo por no reciclar y clasificar y entender que daña a la fauna local también.”
- **Educación integral sobre medio ambiente y recursos hídricos:** “Funciones inorgánicas, reacciones químicas, constitución, derechos ambientales, deberes ambientales, biología, fauna y flora, geografía localización de las fuentes hídricas.”

Fuente: elaboración propia

Los estudiantes identificaron que las HCC presentaron un contenido transversal, que dentro del ámbito escolar puede ser manejado desde distintas asignaturas; consideraron de manera relevante temas específicos de las ciencias naturales (Biología, Ambiental y Química), también aspectos geográficos, sociales y éticos.

Figura 12. ¿Cuál es tu opinión sobre la actitud e ideas de los personajes presentes en la historieta?

- **Opiniones y posturas sobre la preservación del medio ambiente:** “Opino que el que reclama por los edificios tiene razón, porque la preservación de la vida es más importante que unos edificios, la niña está equivocada, porque no es necesario que la ciudad se vea avanzada si el medio ambiente no está en buenas condiciones, el chico de pelo mono tiene razón, porque apoya la idea de que se debe cuidar el medio ambiente.”
- **Valoración de la iniciativa de la profesora en fomentar el debate:** “Que la profesora hizo bien al poner a debatir a sus alumnos para que dieran a conocer sus puntos de vista.”
- **Evaluación de actitudes individuales frente al cuidado ambiental:** “Natalia: Su opinión e ideas son buenas ya que trata de generar conciencia y mostrar que así los demás no lo hagan nosotros podemos hacerlo y ayudar al medio ambiente.”, “La actitud del niño está mal porque no le da la suficiente importancia a un tema muy común que ya debería tener solución, la actitud de la niña es buena porque busca mejorar su entorno y da soluciones, la profe genera un espacio para poder tratar y solucionar temas importantes.”, “De la profesora me parece bien porque invita a los estudiantes a cuidar de su ambiente, el niño si está muy equivocado, no tiene aprecio por su ambiente y piensa muy superficialmente, la niña si tiene una muy buena opinión ya que defiende e invita a los demás a hacerlo también.”, “Me gustó la actitud de Natalia al tener una idea diferente y dar soluciones al problema y tener iniciativa para que otros ayuden y sepan cuidar los lugares.”

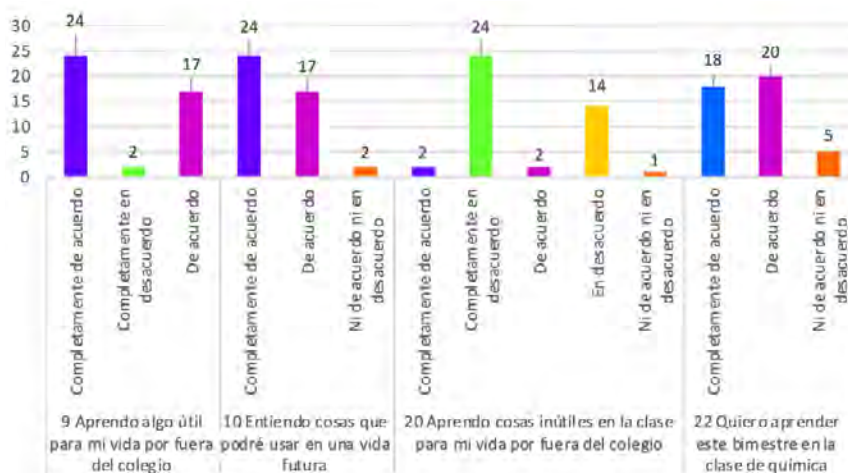
Fuente: elaboración propia

Finalmente, respecto a la actitud de los personajes de la historieta, algunos de los estudiantes tomaron postura y se identificaron con ciertas disposiciones de estos, que en su mayoría coincidían con los personajes que representan preocupación por el entorno, por las actitudes, por buscar soluciones y fortalecer transformaciones positivas. De acuerdo con Reyes *et al.* (2020), las HCC “aportan al cuestionamiento sobre el proceder” y “le per-

mite al estudiante proponer las preguntas o comentarios que le surjan y explorar con ayuda del profesor vías de acceso a respuestas que le resulten satisfactorias” (p. 73).

Por último, a través de la sistematización de las valoraciones registradas por parte de los estudiantes para cada uno de los 24 ítems de la encuesta de motivación tipo Likert, se identificaron las características que se muestran a continuación (Véanse figuras 13 a 18).

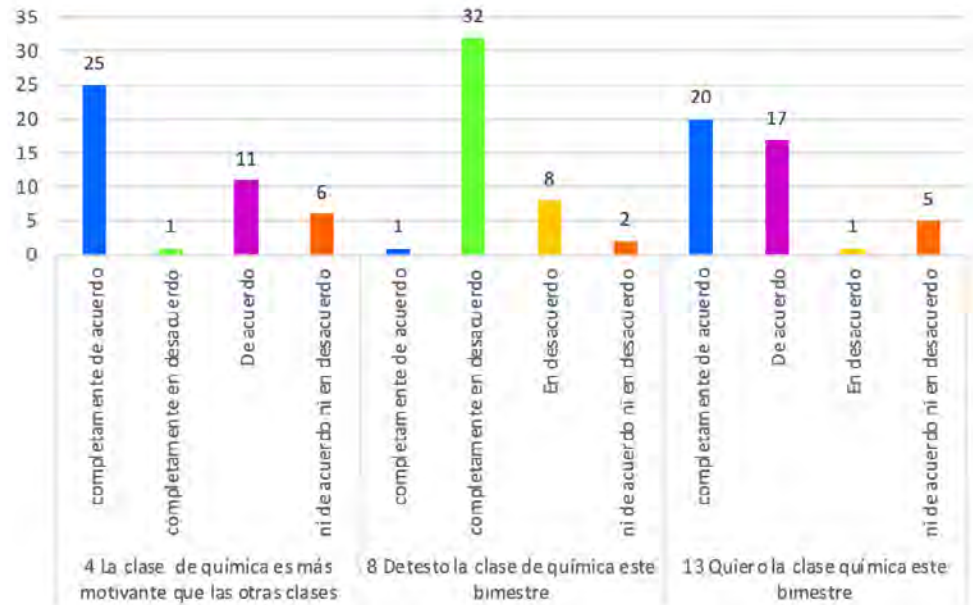
Figura 13. Estadística de utilidad de las historietas en clase



Fuente: elaboración propia

Se destaca que los estudiantes se encontraron completamente de acuerdo y de acuerdo con el entender y aprender aspectos útiles para la vida fuera del colegio y para su futuro con la implementación de las HCC.

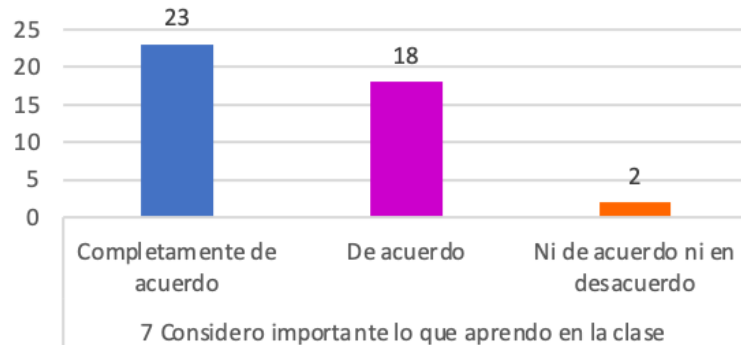
Figura 14. Estadística de interés situacional



Fuente: elaboración propia

Algunos ítems permitieron distinguir una disposición favorable frente a la clase de Química a través de la implementación de las HCC, enunciaron estar completamente de acuerdo y de acuerdo en que con estas la clase es más motivante que otras y querer la misma durante el bimestre.

Figura 15. Estadística de importancia de la clase al emplear HCC como recurso didáctico

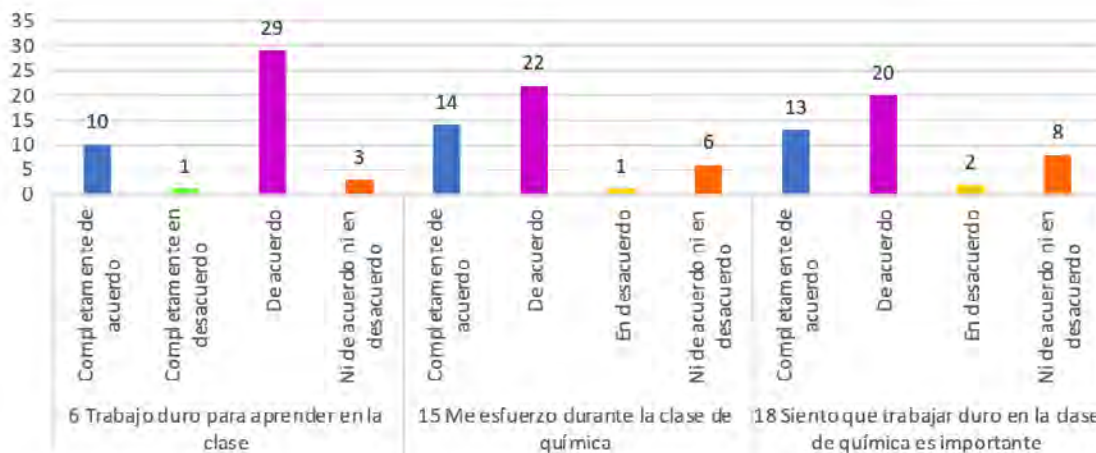


Fuente: elaboración propia

Correspondiente a la importancia de clase al emplear HCC como recurso didáctico, los estudiantes dieron a conocer que consideran importante lo que aprenden, por la misma

razón esta estrategia les permite visualizar la relevancia de los temas expuestos dentro de su cotidianidad y acciones como sujetos transformadores del entorno.

Figura 16. Estadística esfuerzo del estudiante

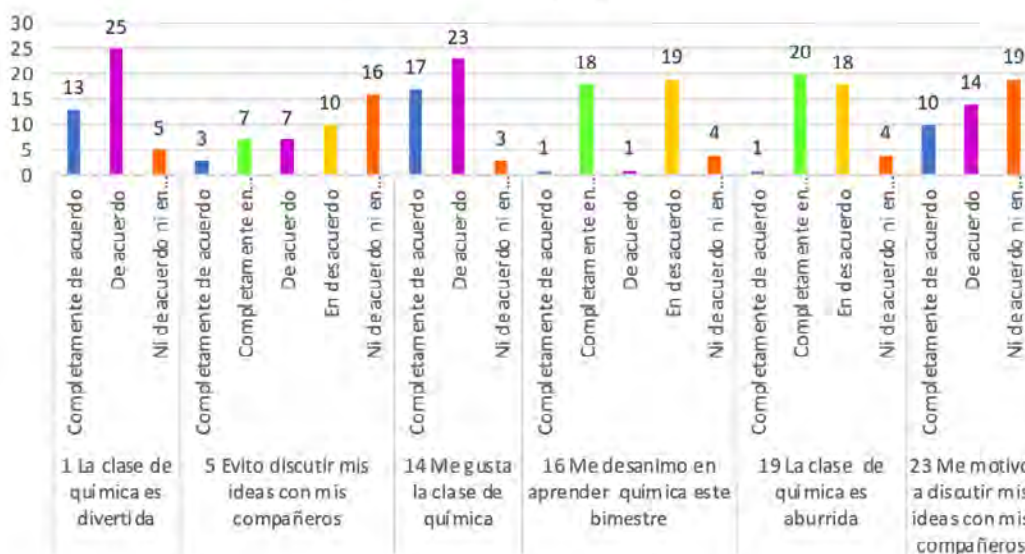


Fuente: elaboración propia

Puesto que se evaluaron las HCC como herramienta motivadora para el desarrollo de la clase, gran parte de los estudiantes se encontró completamente de acuerdo y de

acuerdo en querer aprender química durante el bimestre con la implementación de esta estrategia didáctica.

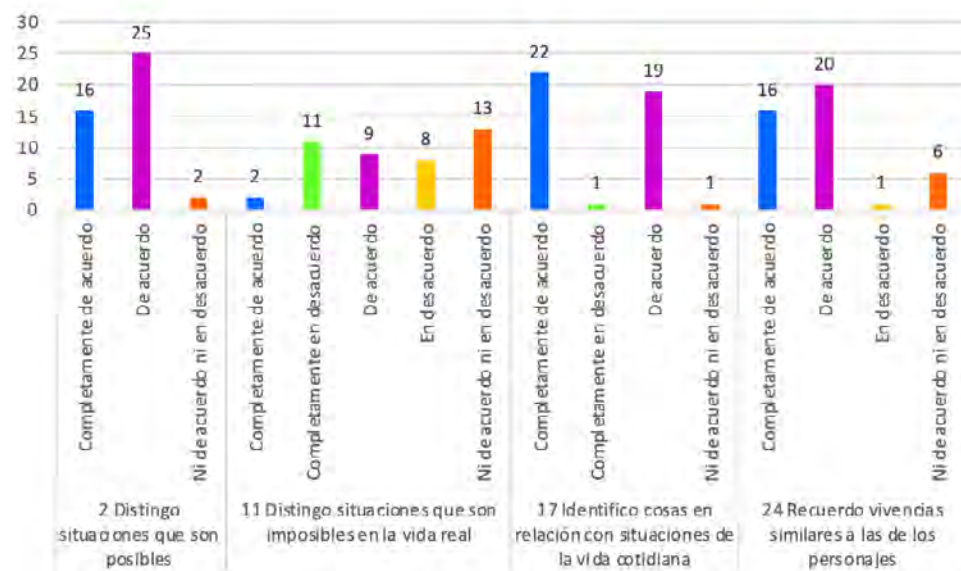
Figura 17. Estadística de interés propio



Fuente: elaboración propia

Los estudiantes manifestaron que con las HCC la clase es divertida, que les gusta y por lo tanto no es aburrida ni se desaniman en aprender durante el bimestre. “Se entiende como la posibilidad de aprender en contextos no-monótonos, que contemplan una apreciación sobre la emoción hacia la clase de ciencias naturales” (Reyes *et al.*, 2020, p.70). Sin embargo, frente a la motivación para debatir con los compañeros las ideas propias se evidencia una neutralidad con el indicador ni de acuerdo ni en desacuerdo, que puede ser el resultado de la novedad en el uso de las HCC y todos sus componentes en el proceso de aprendizaje.

Figura 18. Estadística de verosimilitud



Fuente: elaboración propia

Al ser una estrategia contextualizada fue importante evaluar su pertinencia frente a la capacidad de relacionar aspectos de la vida cotidiana, recuerdos y situaciones de los estudiantes, de lo cual se obtuvieron valoraciones positivas, puesto que la mayoría considera estar completamente de acuerdo y de acuerdo en distinguir situaciones posibles, en identificar momentos de su cotidianidad y recordar vivencias similares a las de los personajes.

Conclusiones

El desarrollo metodológico de la investigación permitió alcanzar los objetivos propuestos, dado que las HCC como estrategia didáctica para la comprensión del territorio como construcción social configuran elementos encaminados al fortalecimiento de la conciencia, sensibilidad y responsabilidad ambiental. Las ideas globales, extraídas de las apreciaciones de los estudiantes a partir de los instrumentos aplicados y analizadas posteriormente a la luz de las categorías

teóricas y los indicadores establecidos, evidencian que respecto a las situaciones propuestas y las preguntas planteadas realizan descripciones de su realidad y/o cotidianidad, mencionan características de los espacios físicos, relacionan conceptos con el ambiente y/o elementos de este, y señalan algunas situaciones referentes a normatividad, ejercicios de poder y aspectos legales. De igual manera, hacen mención de percepciones particulares, referencian necesidades, problemas, intereses o expectativas teniendo en cuenta elementos ambientales y características del espacio físico. Además, se refieren a la importancia de encontrar consensos entre los actores sociales y proponer soluciones a problemáticas del contexto enunciando el presente y futuro a nivel ambiental, social, económico y político.

De igual modo, a través de esta investigación es visible la necesidad de un acercamiento entre los procesos formativos y las concepciones de territorio que van más allá de las ideas sobre los espacios físicos. Es importante generar propuestas que identifiquen y establezcan la relación, implicaciones e ideas que tienen los estudiantes sobre el territorio del cual hacen parte, y que construyen, apropian y transforman, buscando a través de situaciones propuestas el cumplimiento de la importante labor que tiene la educación de generar transformaciones culturales en los sujetos para que estas trasciendan el ámbito social y permitan visibilizar un desarrollo territorial.

Propuestas como las HCC fortalecen en los estudiantes el cuestionamiento, la reflexión, el debate, la retroalimentación, el pensamiento crítico y dinámicas culturales enfocadas en procesos de preservación, valor, cuidado y construcción social en los territorios, debido a que las acciones de los ciudadanos deben estar encaminadas a no afectar, sino por el contrario, propiciar un desarrollo sustentable

integrando el ambiente natural y mejorando la calidad de vida de las comunidades.

Sin embargo, aún es un desafío la articulación de contenidos disciplinares de las asignaturas específicas con el diseño e implementación de las HCC con perspectiva ambiental, puesto que, es importante concertar los temas con las situaciones que se proponen; esto porque los estudiantes pueden hacer sus propias conexiones e identificar la relevancia de los aprendizajes en las ciencias naturales para ejercicios ciudadanos de tipo social, económico y político en los territorios.

A manera de recomendación final, se podrían generar las HCC de manera digital en las aulas de clase y/o los espacios de implementación, pues así tendrán un costo reducido, y se podrán incorporar elementos multimedia, como animaciones, efectos de sonido y música, lo que crea una experiencia de lectura más dinámica e inmersiva.

Referencias

- Arreola Muñoz, A. V. y Saldívar Moreno, A. (2017). De Reclus a Harvey, la resignificación del territorio en la construcción de la sustentabilidad. *Región y sociedad*, 29(68), 223-257. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-39252017000100223
- Bozzano, H. (noviembre de 2009). Territorios: El Método Territorii. Una mirada territorial a proyectos e investigaciones no siempre territoriales. En *8th International Conference of Territorial Intelligence*. ENTI. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00533337/document>
- Bustos, E. (2014). La importancia de la relación cultura, territorio y enseñanza de las ciencias. En *Enseñanza de las ciencias y cultura: Múltiples aproximaciones* (pp. 83-101).

Universidad Distrital Francisco José de Caldas. https://die.udistrital.edu.co/sites/default/files/doctorado_ud/publicaciones/importancia_relacion_cultura_territorio_y_ensenanza_ciencias.pdf

Bustos, E. H. (2015). Tendencias investigativas en territorio y su importancia en la formación de profesionales. *Lebret*, (7), 261-279. <http://revistas.ustabuca.edu.co/index.php/LEBRET/article/view/1527/1200>

Decreto 1743 de 1994. Por el cual se instituye el Proyecto de Educación Ambiental para todos los niveles de educación formal, se fijan criterios para la promoción de la educación ambiental no formal e informal y se establecen los mecanismos de coordinación entre el Ministerio de Educación Nacional y el Ministerio del Medio Ambiente. 3 de agosto de 1994. D. O. N.º 41476. https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Normativa/Decretos/dec_1743_030894.pdf

Flórez-Yepes, G. Y. (2015). La educación ambiental y el desarrollo sostenible en el contexto colombiano. *Revista Electrónica Educare*, 19(3), 432-443. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1409-42582015000300432&lng=pt&nrm=iso&tlng=es

Hernández, D. P. (2021). *Estado de La Investigación en Educación Ambiental (EA) de Instituciones de Educación Primaria, Secundaria y Superior en Colombia entre 2010-2020, en el Marco del Desarrollo Sostenible*. [Monografía]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/42379>

Hernández-Sampieri, R. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw Hill.

Jaimes Escobar, J. P., Bustos, E. H. y Reyes Roncancio, J. D. (2021). Historietas conceptuales contextualizadas como herramienta para comprender fenómenos donde intervienen sustancias gaseosas. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (Número Extraordinario), 1456–1465. <https://revistas.upn.edu.co/index.php/TED/article/view/15367>

Ley 115 de 1994. Por la cual se expide la ley general de educación. 8 de febrero de 1994. D. O. N.º 41214. https://www.mineducacion.gov.co/1621/articulos-85906_archivo_pdf.pdf

Matas, A. (2018). Diseño del formato de escalas tipo Likert: un estado de la cuestión. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 20(1), 38-47. <https://doi.org/10.24320/redie.2018.20.1.1347>

Morales-Posada, J. R., Reyes-Roncancio, J. D. y Bustos-Velazco, E. H. (2023). La historieta animada en la clase de física: un estudio a partir de la accidentalidad en bicicleta. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (53), 42-62. <https://doi.org/10.17227/ted.num53-16909>

- Patiño Millán, C. (2014). Apuntes para una historia de la educación en Colombia. *Actualidades Pedagógicas*, (64), 261-264. doi: <https://doi.org/10.19052/ap.3209>.
- Paz, L. S., Avendaño, W. R., y Trujillo, A. E. (2014). Desarrollo conceptual de la educación ambiental en el contexto colombiano. *Revista Luna Azul (En línea)*, 39, 250- 270. <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n39/n39a15.pdf>
- Pineda Rodríguez, R. y Pinto Vallejo, L. M. (2018). Estrategias didácticas en educación ambiental para el fortalecimiento de buenas prácticas ambientales [Tesis de Maestría, Universidad Pontificia Bolivariana]. <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/4074>
- Pita-Morales, L. A. (2016). Línea de tiempo: educación ambiental en Colombia. *Praxis*, 12(1), 118-125. <https://revistas.unimagdalena.edu.co/index.php/praxis/article/view/1853>
- Reyes, J. D., Romero, G. P. y Bustos, E. H. (2019). *Historietas Conceptuales Contextualizadas: Alternativas en la enseñanza de las ciencias*. Redipe.
- Reyes, J., Romero, G. y Bustos, E. (2020). *Historietas Conceptuales Contextualizadas. Herramienta Didáctica para promover explicaciones en la enseñanza de las ciencias*. Redipe. <https://redipe.org/editorial/libro-de-investigacion-historietas-conceptuales-contextualizadas/>
- Reyes, J. D. (2021). Historietas conceptuales contextualizadas: innovaciones narrativas para la clase de física / cómics contextualizados: innovaciones narrativas para el aula de física. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 16(2), 215-217. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/GDLA/issue/view/1055/419>
- Romero, N. (2009). Las estrategias didácticas y su implicación en la construcción del concepto de educación ambiental en estudiantes de educación superior. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra, VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, 164-167. <http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-164-167.pdf>
- Sauvé, L. (2004). Sauvé, Perspectivas curriculares para la formación de formadores en educación ambiental. Conférence présentée dans le cadre du Premier Foro Nacional sobre la Incorporación de la Perspectiva Ambiental en la Formación técnica y profesional. Du 9 au 13 juin, 2003, Universidad Autónoma de San Luis Potosí (CD-Rom non paginé). <http://ambiental.uaslp.mx/foroslp/cd/>



La relación museo-escuela en la formación inicial de profesores

- The *Museum-school* Relationship in Preservice Teacher Education
- Da relação *museu-escola* na formação inicial de professores

Forma de citar este artículo:

Soto-Lombana, C. A. y Angulo-Delgado, F. (2025). La relación *museo-escuela* en la formación inicial de profesores. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (57), 216-233. <https://doi.org/10.17227/ted.num57-20250>

Resumen





El uso de los museos como medio didáctico para la enseñanza de las ciencias está documentado en la literatura especializada; no obstante, son pocos los estudios que registran experiencias de formación inicial de profesores que integran los museos como parte de un dispositivo formativo integrado al desarrollo de prácticas pedagógicas finales de carrera. El objetivo de la investigación fue conocer cómo un grupo de profesores perciben, recuerdan y dan sentido a una experiencia de formación docente en el contexto de las prácticas pedagógicas realizadas en el marco de la relación *museo-escuela*. El método de análisis temático, en el enfoque fenomenológico adoptado, resalta la comprensión del museo como un espacio educativo distinto al escolar, con potencial para promover otros aprendizajes y como espacio de ejercicio profesional. Asimismo subraya el carácter innovador de la relación *museo-escuela*, ligado a la comprensión de las implicaciones de la visita para el docente visitante, su grupo de estudiantes, las practicantes y los educadores del museo.

Palabras clave

museo; escuela; formación inicial; prácticas pedagógicas terminales

Abstract

The use of museums as a didactic tool or resource for teaching science is well documented in specialized literature; however, few studies explore preservice teacher training experiences that incorporate museums as part of an integrated training framework, linked to the development of final pedagogical practices at the program's conclusion. The objective of the research was to understand how a group of teachers perceive, recall, and make sense of a preservice

Carlos Arturo Soto-Lombana*  
Fanny Angulo-Delgado**  

* Doctor en Investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Valencia, España. Profesor, Departamento de Pedagogía, Facultad de Educación, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. carlos.soto@udea.edu.co

** Doctora en Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad Autónoma de Barcelona, España. Profesora, Departamento de Enseñanza de las Ciencias y las Artes, Facultad de Educación, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. fanny.angulo@udea.edu.co

Artículo de investigación

Fecha de recepción: 31/10/2023
Fecha de aprobación: 22/07/2024
Fecha de publicación: 01/01/2025



teacher training within the context of pedagogical practices carried out in the framework of the *museum-school* relationship. The thematic analysis method, grounded in the adopted phenomenological approach, highlights the understanding of the museum as an educational space different from the school, with the potential to promote alternative forms of learning, and as a space for professional practice. It also underscores the innovative nature of the *museum-school* relationship, linked to understanding the implications of the visit for the visiting teacher, their student group, the preservice teachers, and the museum educators.

Keywords

museum; school; initial training education; final pedagogical practices

Resumo

O uso dos museus como ferramenta didática para o ensino de ciências está bem documentado na literatura especializada; no entanto, poucos estudos relatam experiências de formação inicial de professores que incorporam museus como parte de um dispositivo de formação integrado ao desenvolvimento de práticas pedagógicas de fim de curso. O objetivo da pesquisa foi compreender como um grupo de professores percebe, lembra e atribui sentido a uma experiência de formação docente no contexto de práticas pedagógicas realizadas no âmbito da relação *museu-escola*. O método de análise temática na abordagem fenomenológica adotada destaca a compreensão do museu como um espaço educativo diferente da escola, com potencial para promover outros tipos de aprendizagem e como espaço de prática profissional. Além disso, ressalta o carácter inovador da relação *museu-escola*, ligada à compreensão das implicações da visita para o professor visitante, seu grupo de alunos, os estagiários e os educadores do museu.

Palavras-chave

museu; escola; formação inicial de professores; práticas pedagógicas finais

Introducción

El presente artículo se sitúa en el trabajo colaborativo entre algunos museos y una facultad de educación de una universidad pública ubicada en la ciudad en Medellín (Colombia). El proceso está documentado (Soto-Lombana y Angulo-Delgado, 2023) y al respecto existen algunas publicaciones (Soto-Lombana *et al.*, 2011; Rickenmann *et al.*, 2012; Angulo-Delgado *et al.*, 2015a, 2015b).

La experiencia docente, que se identificó con la denominación *relación museo-escuela*, se realizó durante el periodo 2008-2022 e incluyó la formación de cerca de ochenta profesores en el contexto de las prácticas pedagógicas de fin de carrera para optar al título de Licenciado. Dentro de las áreas que participaron se encuentran Ciencias Naturales, Matemáticas y Física, y Pedagogía Infantil. El proceso de acercamiento entre los profesores en formación inicial, los asesores del proceso de práctica y el personal de los museos de la ciudad permitió construir una agenda amplia de colaboración e intercambio que se concretó en actividades de movilidad de expertos a nivel nacional e internacional, así como en el desarrollo de proyectos de investigación que derivaron en publicaciones en revistas especializadas (Angulo-Delgado *et al.*, 2012; Soto-Lombana y Angulo-Delgado, 2024).

Sin embargo, un aspecto sobre el cual el equipo de investigación no había indagado tiene que ver con la perspectiva del profesor en formación inicial y los asesores que participaron en la experiencia docente con y en los museos sobre las prácticas pedagógicas utilizando el museo como medio didáctico (Rickenmann *et al.*, 2012).

La pregunta que emerge en relación con esta experiencia docente es: ¿cómo vivenciaron los profesores en formación inicial y sus asesores el desarrollo de las prácticas pedagógicas que vinculan a los museos como medio didáctico?

En este artículo se presenta un ejercicio realizado con cinco de estos participantes, seleccionados a través de un muestreo de intensidad (como se indica en la metodología), con el fin de conocer sus vivencias (percepciones, recuerdos y sentidos) relacionadas con la experiencia de formación docente realizada en el contexto de la relación museo-escuela.

Los programas de formación de profesores que ofrecen las universidades colombianas dan un papel preponderante a las prácticas pedagógicas (también denominadas prácticas docentes o prácticas educativas y pedagógicas). Este aspecto recibió un gran impulso con las Resoluciones 2041 de 2016 y 18583 de 2017 del Ministerio de Educación Nacional, que incluyen el criterio de gradualidad, complejidad y profundidad de las prácticas a lo largo del desarrollo curricular en los programas de licenciatura.

Tradicionalmente, las prácticas pedagógicas de final de carrera, que se realizan en los tres últimos semestres de los programas de formación de profesores de Ciencias Naturales y Matemáticas, se llevan a cabo en el contexto escolar, lo que centra las reflexiones, experiencias y dominio en el modo formal de la educación, concretamente en el contexto de aula. Estas prácticas pedagógicas implican tres etapas, cada una con una duración de un semestre (dieciséis semanas calendario e intensidad promedio de dieciséis horas por semana), como se describe en la tabla 1.

Tabla 1. Etapas de las prácticas pedagógicas finales que cursaron los participantes

| Etapas | Finalidad |
|---|---|
| Práctica Pedagógica I (octavo semestre) | El profesor en formación elige una línea de investigación de una oferta de proyectos propuestos por profesores de la Facultad. Realiza un acercamiento a la Institución Educativa con el fin de llevar a cabo procesos de observación, conocimiento del medio escolar e inicia actividades de planeación y diseño de un posible proceso de intervención o secuencia de enseñanza con estudiantes de preescolar o educación básica (primaria o secundaria), que le servirá como base para su trabajo de grado. |
| Práctica Pedagógica II (noveno semestre) | El profesor en formación tiene bajo su responsabilidad la conducción de un curso y el desarrollo de la intervención o secuencia de enseñanza innovadora, con el acompañamiento permanente del profesor titular del curso (también denominado profesor cooperador) y de su asesor de práctica. De esta intervención obtiene datos para su trabajo de grado. |
| Trabajo de Grado (décimo semestre) | Dedicado a la escritura, por parte del profesor en formación inicial, de un documento monográfico que dé cuenta de su experiencia docente como profesor practicante. |

Fuente: elaboración propia.

La experiencia que se reporta en este artículo toma en cuenta las consideraciones anteriores, pero tuvo dos cambios en las actividades y contenidos de las Prácticas Pedagógicas I y II, conservando sin modificar la tercera etapa. En la primera etapa, Práctica Pedagógica I, el proceso de observación que realizan los profesores en formación incluyó, además, visitas a algunos museos de la ciudad, el diálogo con el personal de las unidades de educación de los museos y la selección de algunos recursos educativos —estos recursos van desde materiales producidos por los educadores de los museos hasta las exhibiciones o salas temporales o permanentes que tienen estas instituciones— con potencial para ser incluidos como parte de la planeación escolar.

En la segunda etapa, Práctica Pedagógica II, el profesor en formación desarrolló una secuencia de enseñanza en la que vinculó al museo como medio didáctico (Rickenmann *et al.*, 2012; Angulo-Delgado *et al.*, 2015a, 2015b) para abordar un contenido curricular.

A pesar de la visibilidad de la investigación en la enseñanza y el aprendizaje en espacios informales, también denominados espacios de libre elección (Falk y Dierking, 2001), lo cierto es que los programas de formación inicial de profesores recientemente empiezan a incorporar dentro del diseño de sus propuestas curriculares asignaturas o espacios de práctica pedagógica que los acercan a la educación en estos contextos (GREM, 2019).

Antecedentes

En una revisión sobre tendencias investigadoras en enseñanza de las ciencias en revistas españolas (Aguilera *et al.*, 2021), se destaca el incremento de las publicaciones relacionadas con la enseñanza y el aprendizaje informal, dos conceptos asociados a actividades educativas que los profesores desarrollan fuera de

la escuela (*Out-of-School*), tradicionalmente en instituciones que caen en la definición de museos.

El concepto de *museo* presenta un amplio espectro de instituciones que se clasifican de acuerdo con el tipo de patrimonio (material, inmaterial y natural) que conservan e investigan. En el contexto colombiano, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (Minciencias) diseñó la política pública de reconocimiento de algunos museos como *centros de ciencia*, lo que amplió el ámbito de actuación de estas instituciones para que, dentro de su función social, hagan parte de la estrategia nacional de apropiación social del conocimiento y desarrollen actividades de ciencia y tecnología en diferentes espacios de la ciudad. Este hecho ha fortalecido sus relaciones con el territorio y responde de manera contextualizada a las necesidades de sus comunidades.

Las relaciones de complementariedad museo-escuela han tenido un tratamiento importante en la literatura internacional (Xanthoudaki, 2003; Ghosh, 2019; GREM, 2019; James, 2016). De manera particular, en Canadá, el Grupo de Investigación en Educación en Museos (GREM por sus siglas en francés) ha logrado impulsar una agenda de investigación y colaboración entre instituciones museísticas y escuelas, que le ha permitido caracterizar dos tipos de colaboración que varían en relación con la duración, la forma y los objetivos. El primer tipo de colaboración consiste en las visitas prolongadas de estudiantes y profesores a los museos, mientras que el segundo tipo de relación se da en escuelas cuyo plan de estudio se basa en las colecciones que tienen los museos. En ambos tipos de colaboración, la finalidad de la relación es revitalizar una escuela, un museo o un barrio, además de redefinir los métodos de aprendizaje utilizados en un contexto escolar (GREM, 2019).

A nivel iberoamericano, las relaciones de complementariedad museo-escuela han recibido especial atención (Aguirre, 2013; Aguilera *et al.* 2021; Guisasola y Morentin, 2007). Según Sánchez-Mora (2013), tres décadas de investigación educativa sobre la relación museo-escuela permiten concluir que

ambas instituciones deberán funcionar de manera complementaria: el Museo, como herramienta de acción para mitigar las brechas culturales en la gran variabilidad de visitantes; en un intento por ser una institución para todos, tendrá a la Escuela como intermediaria imprescindible para acercarle públicos nuevos. En la medida en que el Museo propicie situaciones educativas que respondan a las necesidades de aprendizaje individual de los escolares, estos se convertirán, en consecuencia, en los visitantes del mañana. (p. 21)

Sin embargo, a pesar de la aparición de los programas museo-escuela en todo el mundo, los efectos de estos programas en los profesores que acompañan las visitas han sido poco documentados (GREM, 2019). De ahí el interés de esta investigación por centrarse en las vivencias de profesoras en formación inicial y sus asesoras al desarrollar las prácticas pedagógicas en museos.

Marco conceptual

El referente conceptual utilizado para establecer la relación museo-escuela fue el descrito por el GREM de la Universidad de Quebec. Para el GREM, la didáctica trata de la concepción, el desarrollo, la experimentación, la prescripción, la gestión, la evaluación y el mejoramiento de las estrategias que han de permitir la armonización de las situaciones pedagógicas (Rickenmann *et al.*, 2012). De aquí que un modelo didáctico adaptado a la educación museística deba indicar un proceso, una propuesta o un

método útil en la concepción, la planificación, la elaboración, el desarrollo y la evaluación de programas educativos museísticos (Allard y Boucher, 1998).

Producto de una larga experiencia en el campo de la articulación museo-escuela, el grupo GREM ha formalizado un modelo didáctico que sugiere un proceso de aprendizaje inspirado en un progreso inductivo y articulado con las necesidades del currículo escolar. Este modelo didáctico posee un carácter dinámico y flexible, y contempla la participación activa de los estudiantes. El GREM ha nombrado su propuesta “Aprendizaje por exploración de carácter científico” y se compone de cuatro etapas: a) exploración (también denominada “etapa de interrogación”); b) recolección de información; c) análisis de los datos, y d) síntesis (tabla 2).

Tabla 2. Momentos del sistema didáctico propuesto por el grupo GREM

| Momentos | Espacios | Etapas | Enfoques | Procesos |
|-----------------------------|----------|--------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|
| Antes de la visita | Escuela | Preparación (previa) | Exploración o interrogación | Cuestionamiento del objeto |
| Durante la visita | Museo | Realización | Recolección de datos y análisis | Observación y manipulación del objeto |
| Después de la visita | Escuela | Prolongación (posterior) | Análisis y síntesis | Apropiación del objeto |

Fuente: Allard *et al.* (1994, p. 6).

En la etapa de la exploración, el estudiante observa realidades, expresa sus percepciones iniciales, se cuestiona y sugiere explicaciones. La exploración empieza con una puesta en situación ligada a los intereses de los estudiantes y desemboca en un cuestionamiento. Se busca que el estudiante identifique en el salón de clase las preguntas que intentará responder en el museo, preparándose así para la recolección de datos.

Según Allard y Boucher (1991), en el museo el estudiante se informa y busca respuesta a sus preguntas:

Esta búsqueda de respuestas a las preguntas hechas en clase sitúa la visita al museo en una propuesta de aprendizaje. La visita ya no se percibe como una simple distracción entre dos actividades escolares. El museo cumple su vocación de lugar de cultura y de conocimientos. El alumno toma conciencia de que en el museo se lleva a cabo una investigación tan importante como la que lleva en el salón de clase. (p. 36)

Dado que en el contexto del modelo GREM el estudiante debe completar su proceso de aprendizaje, las actividades se deben extender al contexto de la clase, con ejercicios de análisis y síntesis después de la visita al museo.

La etapa de recolección de información tiene lugar durante la visita al museo. En ella, el estudiante confronta sus ideas con el objeto expuesto. Así entonces, el

profesor le pide la toma de notas, el levantamiento de información y de datos relevantes, que se contextualizan dentro de la actividad de aprendizaje.

Las etapas de análisis y síntesis se sitúan fundamentalmente en el momento posterior a la visita, específicamente en el entorno escolar. Los interrogantes y la información recolectada son traídos a la memoria del estudiante para separarlos del posible activismo que haya surgido durante la visita al museo y darles el significado que les corresponde dentro del aprendizaje que está guiando el profesor. Se trata de un esfuerzo cognitivo y de conceptualización apoyado por la experiencia de visita al museo, pero que, a efectos curriculares, requiere de una intervención pedagógica y didáctica cuyo límite se expresa en el momento en que el profesor finaliza su regulación entregando al estudiante la responsabilidad de aprender. El papel del estudiante es hacer una devolución (en sus propios términos) de lo aprendido, de manera que el profesor reasuma su acción dirigiendo el aprendizaje hacia la institucionalización del saber apropiado por el grupo de alumnos como una construcción colectiva (Rickenmann *et al.*, 2012).

Para realizar lo anterior, los profesores en formación inicial llevan a cabo un proceso de planeación de la visita escolar, teniendo en cuenta los tres momentos descritos por el grupo GREM: un antes, un durante y un después (tabla 2). La planeación inicia con la visita del profesor en formación al museo, con el propósito de conocer la institución, las colecciones, los recursos educativos y, en cuanto sea posible, establecer un diálogo con el personal del museo con el fin de coordinar la visita, los aspectos logísticos y el uso de las herramientas educativas de las que dispone el museo. Algunas de las unidades didácticas

elaboradas por los profesores en formación se encuentran en Angulo-Delgado y Soto-Lombana (2015a, 2015b).

Metodología

Para esta investigación, se pretendió “comprender las experiencias de las personas respecto a un fenómeno y descubrir los elementos en común de tales vivencias” (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018, p. 548). Así las cosas, la conversación se convirtió en la herramienta metodológica, por lo cual se diseñó una entrevista de corte conversacional con los cinco participantes (previo consentimiento informado) respecto a cómo perciben, recuerdan y dan sentido a una experiencia de formación docente en el contexto de prácticas pedagógicas realizadas en el marco de la relación museo-escuela.

Los datos corresponden a las transcripciones detalladas y pormenorizadas de dichas entrevistas grabadas. En consonancia con Moreno *et al.* (2018), “la transcripción es más bien un acto de creación pertinente para los fines en que se usa” (p. 88); así que se hicieron ajustes razonables en las transcripciones y se usaron símbolos ortográficos para que la lectura fuera fluida y coherente, siempre conservando las ideas de las entrevistadas, sus sentidos y significados.

Análisis de datos

Se optó por el método de análisis temático propuesto por Braun y Clarke (2006), ya que permite identificar, analizar e informar sobre patrones (temas) en los datos. Se usó un enfoque inductivo, ya que los temas identificados están fuertemente vinculados a los propios datos y al interés analítico de la relación museo-escuela.

Las fases son las siguientes:

1) Familiarización con los datos: tuvo lugar durante la transcripción de las entrevistas.

2) Generación de códigos iniciales: para codificar el conjunto de datos e identificar aspectos interesantes que pudieran constituir la base de patrones repetidos (temas) en las experiencias narradas por las participantes. Tras tomar en cuenta las cuatro preguntas centrales que sirvieron de base para las entrevistas, cada investigador codificó de manera autónoma e independiente las respuestas aportadas por las informantes. Para determinar la estabilidad de las codificaciones aportadas por los dos investigadores, se aplicó la fórmula de confiabilidad propuesta por Miles y Huberman (1994, p. 64), que relaciona el número de acuerdos detectados en la codificación por los dos investigadores dividido por el total de los registros (acuerdos y no acuerdos). En este caso, el cálculo arrojó un índice de confiabilidad del 70 %, que representa el límite inferior permitido para este tipo de estudios.

3) Búsqueda de temas: se recopilaron los temas y subtemas propuestos —y de todos los fragmentos de datos que se codificaron en relación con ellos—, tomando como base las preguntas de la entrevista.

4) Examen de los temas: algunos de los temas propuestos no lo eran realmente, mientras que otros pudieron fusionarse entre sí.

5) Definición y denominación de los temas: se identificó la esencia de cada tema (y de los temas en general) y se determinó qué aspectos de los datos capta cada uno. Cada investigador realizó un proceso individual de análisis de la información atendiendo a las preguntas formuladas; se acordó hacer la lectura total de las transcripciones y seleccionar evidencias relacionadas con las preguntas formuladas. El ejercicio de comparación entre las dos tabulaciones realizadas por los investigadores se centró en ver los acuerdos alcanzados. Una vez identificados los desacuerdos en la tabulación, los dos investigadores procedieron a buscar un consenso que permitiera unificar una única tabulación.

6) Elaboración del informe: para proporcionar un relato conciso, coherente, lógico, no repetitivo e interesante de la historia que cuentan los datos, tanto dentro de un tema como entre temas. Es lo que aparece en los resultados.

Participantes

Dado que la experiencia docente se desarrolló en un periodo relativamente largo de tiempo, abarcando el lapso comprendido entre los años 2008 y 2022, en el que se tuvieron varias cohortes de profesores en formación inicial vinculados a la línea museo-escuela, el desafío consistió en la selección de los informantes. Para este efecto, se utilizó el muestreo no probabilístico de intensidad, que es uno de los dos tipos de muestreo por intención (Miles y Huberman, 1994).

En el muestreo de intensidad, se busca identificar casos ricos en información que manifiestan el fenómeno de manera intensa pero no extrema (Patton, 2015, p. 422). En este tipo de muestreo, los criterios de selección quedan a juicio de los investigadores.

Se seleccionaron cinco informantes que se describen a través de los siguientes perfiles:

- Informante 1, identificada como I1, participó en la experiencia docente como profesora y tuvo bajo su responsabilidad la asesoría de varios grupos de profesores en formación de la Licenciatura en Pedagogía Infantil. Su participación en la experiencia docente se dio durante los periodos 2008-2009 y 2015-2016.
- Informante 2, identificada como I2, participó en la experiencia docente como estudiante de posgrado en la línea museo-escuela y luego como profesora y asesora de un par de grupos de profesores en formación de la Licenciatura en Educación con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Participó durante los periodos 2007-2008 y 2012-2013, respectivamente. I2 es profesora de educación básica y media, con amplia experiencia profesional.
- Informante 3, identificada como I3, participó en la experiencia docente como estudiante de pregrado y luego como profesora y asesora de un par de grupos de profesores en formación de la Licenciatura en Educación con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Participó durante los periodos 2011-2012 y 2018-2019, respectivamente. Un aspecto

interesante de esta informante es que ha estado vinculada con un centro interactivo de la ciudad desde el año 2007 y ha realizado toda su carrera profesional como educadora de museos hasta la fecha.

- Informante 4, identificada como I4, participó en la experiencia docente como estudiante de pregrado en Ciencias Naturales y luego como profesora y asesora de varios grupos de profesoras en formación de la Licenciatura en Pedagogía Infantil. Participó durante los periodos 2011-2012 y 2017-2018, respectivamente. Actualmente, esta informante se desempeña como profesora en el contexto de la educación básica y media.
- Informante 5, identificada como I5, participó en la experiencia docente como estudiante de la Licenciatura en Ciencias Naturales durante el periodo 2021-2022. Estuvo vinculada al museo universitario en calidad de mediadora durante tres años antes de realizar la práctica pedagógica. Una vez terminada su formación universitaria, se vinculó de tiempo completo como educadora en otro museo universitario de la ciudad.

La muestra anterior permite hacer un sondeo de diferentes experiencias y vivencias, ya que incorpora voces de profesores asesores de los programas de pregrado y egresados que hicieron las prácticas pedagógicas en calidad de profesores en formación. En la actualidad, algunos son profesores que se desempeñan en la educación básica y media, y otros son profesionales que han decidido trabajar como educadores en el contexto de instituciones museísticas.

Recopilación de datos

Cada informante fue contactado por correo electrónico. En él se le explicó la finalidad de la entrevista y la razón de su selección, se le hicieron llegar las preguntas centrales del conversatorio y, finalmente, se le entregó el consentimiento informado. Las entrevistas fueron grabadas a través de la plataforma Meet con una duración promedio de 20 minutos por informante. La recolección de la información se realizó durante los meses de febrero y marzo de 2023.

La información fue recabada mediante entrevistas estructuradas, tomando como referencia las siguientes preguntas:

- ¿Qué nuevos aprendizajes generó la experiencia de las Prácticas Pedagógicas en los profesores en formación inicial?
- • ¿Cuáles factores han favorecido y obstaculizado el cambio y cómo se pueden resolver?
- • ¿Qué transformaciones o mejoras produjo la experiencia de Práctica Pedagógica en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias?
- • ¿Qué lecciones aprendidas o por aprender quedan del desarrollo de la experiencia docente en torno a la relación museo-escuela?

Resultados

A continuación, se presentan los resultados tomando en cuenta las preguntas formuladas en cada entrevista.

¿Qué nuevos aprendizajes generó la experiencia de las Prácticas Pedagógicas tanto en profesores de la facultad como en los profesores en formación inicial?

Dentro de los aspectos que mencionan los informantes se encuentran los siguientes aprendizajes:

- La conceptualización de la institución museística, los tipos de museos, los programas y actividades desarrollados en estos espacios de libre elección y el potencial de las ciudades en cuanto a la infraestructura museística instalada.
- Los enfoques conceptuales y metodológicos relacionados con la relación museo-escuela, así como el significado del concepto de *aprendizaje* como parte de la experiencia interactiva de los visitantes en los museos.
- Los enfoques conceptuales y metodológicos utilizados por los educadores de museos relacionados con la planeación y evaluación de los resultados de aprendizaje.

- Un cambio en la manera de concebir el papel de estos centros culturales como apoyo a la docencia que se desarrolla en el centro escolar.

Los aprendizajes anteriores tuvieron un fuerte impacto en la forma en que las participantes veían la educación y, sobre todo, en la manera en que concebían su campo ocupacional futuro. El objetivo central de los programas de formación que ofrecen las facultades de educación se enfoca primordialmente en el medio escolar (la educación formal). En la presente experiencia de práctica pedagógica, las participantes pudieron reflexionar sobre las posibilidades profesionales que ofrecen los museos, hasta el punto de que algunas de ellas decidieron buscar en estas instituciones oportunidades para realizar sus carreras profesionales como educadoras de museos.

Al respecto, la informante I3 considera:

Esa relación que uno tiene con la escuela (la conoce y ve como sistema) y todo lo que le puede aportar es lo que da lugar a pensarla desde los procesos de innovación, de transformación escolar. Entonces, es una transformación en varias líneas: a nivel de cómo pensar la didáctica en la escuela y cómo pensar su futuro profesional.

La informante I4 comentó:

Cuando llegué a la línea de educación en museos, eso me permitió abrirme a otras posibilidades en el campo de la educación. O sea, no es solamente como “bueno, soy profe, entonces tengo que estar en un colegio”, ¡no! [hay] esos otros escenarios de educación no formal en los que también me podía desempeñar, en los que también podía trabajar y con los que podía acercar un poco más a mis estudiantes al aprendizaje de las ciencias, ¿cierto? Entonces [...] ese espacio alterno creo que me permitió

tener una visión un poquito más amplia de esa construcción social de lo que es la ciencia, y no verla tanto como “yo le tengo que enseñar al estudiante tal cual como dice el libro de texto”, sino que es más la facilidad que le puedo brindar al estudiante de que él entienda el contexto en el que se encuentra [...].

Los aprendizajes anteriores, por sí solos, justifican la importancia de las prácticas pedagógicas que vinculan a los museos como parte de un dispositivo de enseñanza y aprendizaje escolar. No obstante, a medida que se profundizaba en la conceptualización sobre el potencial del museo como herramienta o instrumento escolar, emergía un nuevo significado sobre el concepto de aprendizaje e identidad de la institución museística como medio experiencial. Ampliaremos este tema en el apartado sobre lecciones aprendidas.

¿Cuáles factores han favorecido y obstaculizado el cambio y cómo se pueden resolver?

Como factores favorecedores del cambio, las informantes mencionan la novedad de la experiencia formativa por parte de los profesores en formación, quienes vieron en la línea de formación-investigación museo-escuela una innovación educativa que permitió ampliar la visión sobre el aprendizaje y la educación a lo largo de la vida. Desde el punto de vista de los museos, el interés por el público escolar ha sido un objetivo, ya que tiene impacto en los ingresos financieros de la institución, lo que hacía pertinente apoyar una iniciativa como la descrita.

Al respecto, la informante I4 considera:

Se potenció mucho la parte de la investigación, sobre todo en la posibilidad de enseñar y hacer ciencia en otro espacio distinto

al salón de clases [...] [Los practicantes] comienzan a entender y a comprender que ese tema de las prácticas, por ejemplo de laboratorio, va más allá de un espacio físico, va más allá de simplemente tener materiales [...].

La informante I2 comentó:

Lo más importante fue identificar que el museo se podía convertir en un elemento potenciador de los aprendizajes y se realizaba una planeación intencional y consciente de ese suceso. Digamos que dentro de la práctica pedagógica que uno realiza constantemente en las instituciones educativas se “utilizan las salidas pedagógicas” para motivar a los chicos, salir de la escuela, pero sin un sentido o una intencionalidad específica.

Dentro de los factores obstaculizadores del cambio, los informantes mencionan los aspectos financieros, ya que las visitas escolares requieren una logística para el traslado de los estudiantes a los museos, el pago de la boletería y la compra de refrigerios. En algunos casos, se requirió por parte de los profesores en formación el diseño e impresión de materiales que se suministraban a los estudiantes a manera de guía de trabajo en el contexto de los museos.

También se indica que las instituciones educativas no tienen dentro de sus prioridades apoyar las visitas escolares a los museos, no solo por lo que implica financieramente el programa, sino porque aún no logran resolver sobre quién recae la responsabilidad de este tipo de salidas pedagógicas (profesores, directivos, padres de familia). Dentro de los temas por resolver se encuentra la necesidad de contar con un seguro que cubra tanto a estudiantes como a profesores, además de lograr involucrar a las familias para que apoyen estas iniciativas.

Este fue uno de los aspectos visibles que generó reflexión por parte de las informantes, lo que, al mismo tiempo, les permitió tomar conciencia de las implicaciones logísticas y financieras, así como de las responsabilidades de las salidas a los museos.

Al respecto, la informante I2 considera:

Poner a los profesores en formación inicial en este contexto de la planeación de la salida pedagógica al museo requirió que ellos también fueran conscientes de toda la legislación alrededor de esa salida, de los requerimientos, permisos que son propios de los entornos educativos y que quizá ellos no hubiesen conocido si no hubieran tenido la oportunidad de realizar este tipo de práctica.

¿Qué transformaciones o mejoras produjo la experiencia de Práctica Pedagógica en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias?

Tradicionalmente, la enseñanza de las ciencias ha estado conectada con el modo formal de la educación: las diferentes aproximaciones desarrolladas en el campo de la didáctica de las ciencias tienen como fundamento enfoques conceptuales

y metodológicos centrados en la relación enseñanza-aprendizaje. En este contexto, han predominado las diversas teorías sobre el aprendizaje de las ciencias (aprendizaje como cambio conceptual, aprendizaje significativo, aprendizaje basado en problemas, entre otros enfoques).

De igual manera, el malestar por la educación formal (limitada, costosa, rígida, no conectada con el mundo laboral y con los desafíos del planeta) ha dado lugar a la emergencia de alternativas educativas que cada vez ganan más respaldo entre padres de familia, organizaciones no gubernamentales, agencias del estado y comunidades. Entre estas iniciativas destaca la relacionada con los museos y los ecosistemas de aprendizaje, que se viene desarrollando en las dos últimas décadas en los Estados Unidos (American Alliance of Museums, 2014).

Lo anterior guarda relación con la aún insuficiente capacidad instalada de museos y centros interactivos en las ciudades colombianas, restringida a un par de centros interactivos importantes y algunos museos de historia natural, la mayoría de carácter universitario.

Dentro de los aspectos aportados por las informantes, se destacan los siguientes:

- Los profesores involucrados en la línea de investigación-formación museo-escuela han ampliado su perspectiva sobre la educación en ciencias e incorporado dentro de los programas de curso, tanto teóricos como prácticos, la dimensión del modo de la educación informal, hasta ahora no tenida en cuenta en los planes de estudio (tanto de pregrado como de posgrado).
- Los profesores han encontrado en los museos posibilidades para enriquecer

las experiencias de aprendizaje de los estudiantes más allá de los enfoques cognitivos y procedimentales, incluyendo experiencias conectadas con la motivación, los valores, el disfrute, la inspiración y el cambio comportamental que emergen como parte de la planeación y evaluación de las actividades escolares con los museos.

- Sobresalen nuevos escenarios para la investigación en la didáctica de las ciencias y en el desarrollo de procesos de prácticas pedagógicas para profesores en formación, lo que amplía la perspectiva sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en los diferentes modos de la educación, con la participación de instituciones que tradicionalmente no se tenían en cuenta. Esto representa un valor agregado al sistema educativo, ya que se amplían los escenarios y recursos para la práctica pedagógica y las experiencias de aprendizaje (escolar y no escolar).
- El perfil profesional y ocupacional de los profesores en formación se amplía a otros modos de la educación, facilitando la búsqueda e inserción de los futuros profesores en contextos diferentes al escolar. Se tiene conocimiento de egresados de los programas de licenciatura que se han vinculado laboralmente con instituciones museísticas de la ciudad y del país.

Adicionalmente, en relación con las informantes que ya tenían un acercamiento previo a los museos por su función como mediadoras en instituciones museísticas, la línea museo-escuela les permitió complementar su mirada sobre las áreas de educación de estas

instituciones y el aporte del museo en el contexto de la educación formal. Sobre este último aspecto, vale la pena compartir lo que dos de las informantes mencionan en relación con el nuevo campo profesional y ocupacional que representa la educación en los museos.

La informante I3 considera:

Llegué a la línea de investigación porque ya era mediadora [en un centro interactivo de la ciudad], entonces dije: “ya viví la experiencia como mediadora, ya quiero entender cómo esto puede conectarse con mi futuro profesional”.

La informante I5 señala:

Yo ya había tenido un pequeño acercamiento a los museos porque durante tres años fui auxiliar en el museo de la Universidad, pero estar en la práctica pedagógica en esta línea de museo-escuela me permitió conocer mucho más a fondo cómo funcionan los museos, específicamente el área de educación... esa parte, para mi vida personal y profesional, ha sido crucial porque en ese proceso me di cuenta y ya internamente tomé la decisión de que quería trabajar o seguir mi vida profesional en ese sector. Era algo que me gustaba mucho más que lo escolar o lo formal, donde también sentía que podía desarrollar más mis capacidades o habilidades creativas y donde no me iba a sentir tan reprimida. Para mí, ese espacio fue revelador en ese aspecto y me impulsó mucho más a seguir buscando la manera de poder trabajar en un entorno como el museo.

¿Qué lecciones aprendidas o por aprender quedan del desarrollo de la experiencia docente en torno a la relación museo-escuela?

Producto de las entrevistas desarrolladas con las informantes, se observan las siguientes lecciones aprendidas:

- En la formación de los profesores, la vinculación de la práctica y reflexión sobre las instituciones asociadas a los diferentes modos de la educación (formal, no formal e informal) surge como una oportunidad, ya que se está transitando hacia un cambio de paradigma que aboga por ampliar la visión sobre lo que se entiende por aprendizaje y el papel que desempeñan otras instituciones educativas presentes en las ciudades (museos, bibliotecas, archivos, entre otras).
- El perfil profesional y ocupacional de los profesores se amplía con el desarrollo de otras competencias laborales (además de las que se requieren para trabajar en el modo formal de la educación) en instituciones de educación informal, también denominadas de aprendizaje por libre elección. Los museos requieren de personal con experiencia y formación en el trabajo con el público escolar, lo que permite un mayor nivel de articulación entre los diferentes modos de la educación.

- La articulación museo-escuela demanda el conocimiento pleno del potencial de la institución museística, evitando que el museo se convierta en una simple herramienta o recurso que los profesores utilizan para dinamizar, introducir o ambientar los contenidos escolares. Existen referentes conceptuales y metodológicos que, desde el contexto de los museos, los profesores pueden incorporar como parte de su formación didáctica y disciplinar en beneficio de sus prácticas pedagógicas y del aprendizaje escolar y no escolar de sus estudiantes.
- Los museos permiten pensar en prácticas pedagógicas de inmersión, donde los profesores en formación pueden ampliar sus conocimientos sobre metodologías de indagación, modelos de comunicación pública de la ciencia, diversidad de públicos (niños, niñas, adolescentes, adultos), así como la naturaleza y los propósitos de la educación por libre elección.
- La relación entre los museos y las facultades de educación pasa por un fortalecimiento de las unidades de educación de los museos. Este fortalecimiento permite un trabajo horizontal de colaboración en beneficio de la formación de profesores y de las experiencias que los museos pueden ofrecer al público escolar.

De alguna forma, lo que expresa la informante 15 da cuenta del estado actual en que aún se encuentra el trabajo de articulación museo-escuela:

Bueno, creo que esto que aprendí sigue siendo un poco desconocido para los profesores o personas del área de educación y que, cuando uno va a hacer uso de un

museo, tiene que tener una planificación. No es ir a un museo o llevar un grupo solo como distractor o como: “es que toca hacer una salida pedagógica”, sino que tiene que tener una planificación antes, saber qué se va a hacer, qué hay en el museo, cómo se puede relacionar también con lo que estamos aprendiendo. Después ver, digamos, cómo funcionó esa salida al museo, si [los estudiantes] aprendieron, no aprendieron o qué otros conocimientos se pudieron afianzar allí, qué se puede hacer más allá de una visita en un museo. Porque, digamos, esa es otra parte un poco desconocida: en los museos se hacen talleres, cursos y actividades; no solo es ir a hacer la visita. También [hay que pensar en] cuál es el tiempo de esa visita, qué otras cosas puede ofrecer el museo.

Conclusiones

Para exponer las conclusiones de esta investigación, se retoma la pregunta planteada: ¿cómo vivencian los futuros profesores y sus asesores el desarrollo de prácticas pedagógicas en estos espacios? Tradicionalmente, la formación de los profesores ha gravitado en el contexto de la educación formal, en el contexto escolar y en las teorías y herramientas desarrolladas desde el campo de la didáctica de las ciencias. Sin embargo, este panorama comienza a cambiar. La inclusión de los museos como escenarios para las prácticas pedagógicas introduce un nuevo contexto para la reflexión didáctica, relacionado con la esencia de las instituciones museísticas y su conexión con el aprendizaje autónomo y el concepto de educación a lo largo de la vida.

Los testimonios de los informantes sobre cómo perciben, recuerdan y dan sentido a una experiencia de formación docente en el contexto de prácticas pedagógicas, como

parte de un dispositivo de formación-investigación en el ámbito de la relación museo-escuela, permiten identificar aspectos importantes relacionados con los aprendizajes y lecciones adquiridas, los factores que favorecieron y obstaculizaron el proceso, y las transformaciones en la práctica profesional de los profesores. Así, se destaca una ampliación de su visión sobre el museo como un posible espacio laboral para su ejercicio profesional, distinto al escolar. No obstante, desde su postura como profesores en el contexto formal, aunque reconocen el enorme potencial de aprovechar la oferta educativa de la institución museística (con una adecuada planificación de la visita) para abordar la enseñanza de los contenidos curriculares a través de las exhibiciones, también reflexionan sobre los costos e implicaciones de llevar grupos de estudiantes a los museos y lo consideran un factor que desincentiva la relación museo-escuela.

Para que los futuros profesores tengan una mayor proyección y se inserten adecuadamente en el contexto de la educación en los museos, deben ampliar su visión de la relación museo-escuela y desarrollar competencias específicas de los educadores de museo, como las mencionadas por Busch *et al.* (2022), relacionadas con la comprensión de los objetivos de la educación científica en espacios de libre elección, el conocimiento de las estrategias de participación (modelos de comunicación pública de la ciencia), el conocimiento de las audiencias, el conocimiento de los programas de educación informal y las prácticas de planificación y evaluación en el contexto museal.

Agradecimientos

La presente investigación fue posible gracias al apoyo financiero brindado por la Vicerrectoría de Docencia de la Universidad de Antioquia para la ejecución del proyecto “Prácticas pedagógicas en y con los museos: sistematización de una experiencia de formación inicial de profesores” (código SIIIU: 2022-49110). De igual manera, se expresa especial gratitud a las personas (egresados y docentes) que participaron en las entrevistas y a los dos evaluadores designados por la revista *TED*, quienes contribuyeron a que este escrito ganara en claridad y calidad.

Referencias

- Aguilera, D., Carrillo-Rosúa, J., Vilchez-González, J. y Perales-Palacios, F. (2021). Tendencias investigadoras en enseñanza de las ciencias en revistas españolas 2014-2018. *Enseñanza de las Ciencias*, 39(2), 45-62. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3180>
- Aguirre, C. (Ed.). (2013). *El museo y la escuela: Relaciones de complemento*. Sello Explora y Parque Explora.
- American Alliance of Museums. (2014). *Building the Future of Education: Museums and the Learning Ecosystem*. Center for the Future of Museums. <https://www.aam-us.org/wp-content/uploads/2017/12/Building-the-Future-of-Education.pdf>

- Angulo-Delgado, F. y Soto-Lombana, C. (Eds.). (2015a). *La escuela en el museo: Unidades didácticas en Biología*. Colección Aula Alegre. Editorial Magisterio.
- Angulo-Delgado, F. y Soto-Lombana, C. (Eds.). (2015b). *La escuela en el museo: Unidades didácticas en Física*. Colección Aula Alegre. Editorial Magisterio.
- Angulo-Delgado, F., Zapata-Cardona, L., Soto-Lombana, C., Quintero, S., Ceballos, A., F., Delgado, E., Cardona, F. Y Cifuentes, L. J. (2012). ¿Contribuyen los talleres en el museo de ciencias a fomentar actitudes hacia la conservación del ambiente? *Enseñanza de las Ciencias*, 30(3), 53-70. <https://doi.org/10.5565/rev/ec/v30n3.623>
- Allard, M. y Boucher, S. (1998). *Éduquer au musée: Un modèle théorique de pédagogie muséale*. Hurtubise.
- Allard, M., Boucher, S. y Forest, L. (1994). The Museum and the School. *McGill Journal of Education*, 29(2). <https://mje.mcgill.ca/article/view/8169>
- Allard, M. y Boucher, S. (1991). *Le musée et l'école*. Hurtubise H. M. H.
- Braun, V. y Clarke, V. (2006). Using Thematic Analysis in Psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77-101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Busch, K., Kudumu, M. y Park, S. (2022). Pedagogical Content Knowledge for Informal Science Educators: Development of the ISE-PCK Framework. *Research in Science Education*, 53(2), 253-274. <https://doi.org/10.1007/s11165-022-10055-9>
- Falk, J. y Dierking, L. (2001). *Free-choice Science Education: How We Learn Science outside of School*. RSM Press.
- Ghosh, P. (2019). *What is the Museum School?* <https://hundred.org/en/innovations/the-museum-school>
- GREM. (2019). *Histoire*. https://grem.uqam.ca/?-page_id=84
- Guisasola, J. y Morentin, M. (2007). ¿Qué papel tienen las visitas escolares a los museos de ciencias en el aprendizaje de las ciencias? Una revisión de las investigaciones. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(3), 401-414. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3704>
- Hernández-Sampieri, R. y Mendoza-Torres, C. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw Hill.
- James, W. (2016). *My Primary School is at the Museum: Inspiring Schools and Museums across the UK to Build Museum-School Partnerships*. King's College London.
- Miles, M. y Huberman, A. (1994). *Qualitative Data Analysis: An Expanded Sourcebook* (2.ª ed.). Sage.
- Ministerio de Educación Nacional. (3 de febrero de 2016). Resolución 2041: Por la cual se establecen las características específicas de calidad de los programas de licenciatura para la obtención, renovación o modificación del registro calificado. DO: 49 776. https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/compilacion/docs/resolucion_mineduacion_2041_2016.htm#:~:text=Por%20la%20cual%20se%20establecen,o%20modificaci%C3%B3n%20del%20registro%20calificado.
- Ministerio de Educación Nacional. (15 de septiembre de 2017). Resolución 18583 de 2017: Por la cual se ajustan las características específicas de calidad de los programas de Licenciatura para la obtención, renovación o modificación del registro calificado, y se deroga la Resolución 2041 de 2016. DO: 50 357. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=71384>

- Moreno, J., Candela, A. y Beltrán, L. (2018). La construcción de la transcripción como herramienta de entrenamiento de terapeutas centrados en la solución. *Revista Electrónica de Psicología de la FES Zaragoza, UNAM*, 8(15). https://www.researchgate.net/publication/352751255_La_construccion_de_la_transcripcion_como_herramienta_de_entrenamiento_de_terapeutas_centrados_en_la_solucion *The construction of transcription as a training tool for therapists focused on the solution*
- Patton, M. (2015). *Qualitative Evaluation and Research Methods* (4.ª ed.). Sage.
- Rickenmann, R., Angulo-Delgado, F. y Soto-Lombana, C. (2012). *El museo como medio didáctico*. Fondo Editorial Universidad de Antioquia.
- Sánchez-Mora, C. (2013). La relación museo-escuela: tres décadas de investigación educativa. En C. Aguirre (ed.), *El museo y la escuela: Relaciones de complemento* (pp. 9-22). Sello Explora y Parque Explora.
- Soto-Lombana, C., Angulo-Delgado, F. y Romero-Acosta, J. (2024). La herramienta GLOs: un aporte de los museos a la planeación y evaluación del aprendizaje escolar. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 21(1), 1602. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2024.v21.i1.1602
- Soto-Lombana, C. y Angulo-Delgado, F. (2023). *Prácticas pedagógicas en y con los museos: Sistematización de una experiencia de formación inicial de profesores. Informe final de investigación* (Código SIIU: 2022-49110). Universidad de Antioquia.
- Soto, C., Angulo, F. y Rickenmann, R. (2011). Un programa de formación continua con profesores de ciencias en el contexto de la relación museo-escuela. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 29, 85-97. <https://doi.org/10.17227/ted.num29-1089>
- Xanthoudaki, M. (Ed.). (2003). *Un lugar para descubrir: la enseñanza de la ciencia y la tecnología en los museos*. Impaginazione e Stampa T&T Studio. https://www7.uc.cl/sw_educ/educacion/grecia/plano/html/pdfs/biblioteca/LIBROS/BL009.pdf



Caracterización de cambios didácticos en la práctica docente universitaria de química organometálica

- Characterization of Didactic Changes in University Teaching Practice of Organometallic Chemistry
- Caracterização das mudanças didáticas na prática docente no Ensino Superior de química organometálica

Formas de citar este artículo:







Cárdenas-Acero, A., Mosquera, C. J. y Baquero, E. A. (2025). Caracterización de cambios didácticos en la práctica docente universitaria de química organometálica. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (57), 234 - 255. <https://doi.org/10.17227/ted.num57-18968>

Resumen

En este trabajo se presenta el primer estudio de la caracterización de los cambios didácticos en la práctica docente de un profesor universitario de química organometálica, en relación con la inclusión de la naturaleza de la ciencia en su quehacer educativo y su conocimiento didáctico del contenido. Para ello, se adoptó un enfoque multiparadigmático y plurimetodológico y se llevó a cabo un proceso de reflexión con el docente a lo largo de un año académico, a través de espacios de discusión conjunta. La implementación de otros instrumentos de recolección de datos, como entrevistas y observaciones de clase, complementó la información recolectada en las sesiones de trabajo. Debido a la emergencia provocada por el COVID-19, la intervención se llevó a cabo de manera virtual. Los datos obtenidos fueron analizados en términos de las categorías de trabajo propuestas. Entre los resultados, se destaca la comprensión de la reflexión de la práctica como un proceso esencial en el quehacer docente (actitudinal), la aparición de formas alternativas de explicación (procedimental), y el reconocimiento de la importancia de abordar el conocimiento histórico dentro del aula (conceptual). Sin embargo, a pesar del proceso implementado, el profesor no mostró interés en las posturas de la filosofía de la ciencia, lo cual concuerda con trabajos anteriores.

Palabras clave

cambio didáctico; conocimiento didáctico del contenido; naturaleza de las ciencias; química organometálica; educación universitaria

Alexander Cárdenas-Acero*  
Carlos J. Mosquera**  
Edwin A. Baquero***  

* Magíster en Educación. Grupo Estado Sólido y Catálisis Ambiental (ESCA), Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. alecardenasace@unal.edu.co

** Doctor en Didáctica de las Ciencias Experimentales. Grupo DIDAQUIM, Facultad de Ciencias y Educación, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia. cmosquera@udistrital.edu.co

*** Doctor en Química Inorgánica Molecular. Grupo Estado Sólido y Catálisis Ambiental (ESCA), Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. eabaquero@unal.edu.co

Artículo de investigación

Fecha de recepción: 28/03/2023
Fecha de aprobación: 15/04/2024
Fecha de publicación: 01/01/2025



Abstract

This work presents the first study characterizing didactic changes in the teaching practice of a university professor of organometallic chemistry, focusing on the inclusion of the nature of science in their educational approach and their pedagogical content knowledge. A multi-paradigmatic and pluri-methodological approach was adopted, involving a year-long reflective process with the professor through joint discussion sessions. Additional data were collected using interviews and classroom observations, which complemented the information gathered during the work sessions. Due to the COVID-19 emergency, the intervention was carried out virtually. The collected data were analyzed according to the proposed work categories. The results highlighted the understanding of reflection on practice as an essential process in teaching (attitudinal), the emergence of alternative explanatory forms (procedural), and the recognition of the importance of addressing historical knowledge in the classroom (conceptual). However, despite the implemented process, the professor showed no interest in philosophy of science, which is consistent with previous studies.

Keywords

didactic changes; pedagogical content knowledge; nature of science; organometallic chemistry; undergraduate education

Resumo

Este trabalho apresenta o primeiro estudo sobre a caracterização das mudanças didáticas na prática docente de um professor universitário de química organometálica, em relação à inclusão da natureza da ciência em sua abordagem educacional e em seu conhecimento pedagógico do conteúdo. Adotou-se uma abordagem multi-paradigmática e pluri-metodológica, envolvendo um processo de reflexão com o professor ao longo de um ano letivo, através de sessões de discussão conjunta. Dados adicionais foram coletados por meio de entrevistas e observações de sala de aula, complementando as informações obtidas nas sessões de trabalho. Devido à emergência causada pela COVID-19, a intervenção foi realizada virtualmente. Os dados coletados foram analisados de acordo com as categorias de trabalho propostas. Entre os resultados, destacou-se a compreensão da reflexão sobre a prática como um processo essencial no ensino (atitudinal), o surgimento de formas alternativas de explicação (procedimental) e o reconhecimento da importância de abordar o conhecimento histórico em sala de aula (conceitual). No entanto, apesar do processo implementado, o professor não mostrou interesse nas posturas da filosofia da ciência, o que é consistente com estudos anteriores.

Palavras-chave

alterações didáticas; conhecimento pedagógico do conteúdo; natureza da ciência; química organometálica; educação universitária

Introducción

En las últimas décadas, la enseñanza de las ciencias ha sido objeto de renovación y reconstrucción constante, pues se ha orientado a partir de una serie de esquemas epistemológicos que permiten la reestructuración del currículo en función de la comprensión de las teorías científicas (Marzábal *et al.*, 2015; Vázquez-Alonso y Manassero-Mas, 2018). Al pensar de esta manera, es posible salir de esa carrera continua de cubrir un tema antes que aprenderlo, dejar atrás procesos memorísticos y comprender que la ciencia que se quiere enseñar no es una ciencia de desarrollos sorprendentes, sino de construcción conjunta (Couló, 2018). Esto implica su valoración y uso como un sistema cultural (Arias-Monge y Navarro-Camacho, 2017). Lo anterior trae consigo la generación de cambios didácticos (Mosquera-Suárez, 2016) que conllevan a la transformación radical de la práctica docente de los profesores que piensan su quehacer educativo desde dicha perspectiva.

Ahora bien, aunque se han desarrollado investigaciones relacionadas con estos temas en primaria y secundaria (Porlán-Ariza, 2018; Rivero *et al.*, 2017), pareciera que la práctica docente a nivel universitario ha quedado olvidada. Bien lo afirma Campanario (2002) al decir que, "sin duda, sabemos muy poco sobre los profesores universitarios de ciencias y por tanto necesitamos investigar y aprender más sobre ellos, sobre sus concepciones y hábitos docentes, sobre sus actitudes y motivaciones y sobre sus estrategias de enseñanza" (p. 316). De allí que sea esencial el desarrollo de trabajos investigativos a este nivel, pues se rompe con esa idea de que para ser profesor es suficiente con tener conocimientos sobre la materia, experiencia, sentido común y cualidades personales innatas (Melo-Niño *et al.*, 2016) y se logra suscitar una preocupación en

los docentes por la forma en la que conciben la educación, la relación de la ciencia con el contexto, los conocimientos que poseen y las actitudes que presentan frente al hecho educativo.

Esto sucede aún más en carreras como la química, en donde la formación permanente del profesorado universitario es poca, pues se cree que la excelencia en la investigación disciplinar es directamente proporcional a la calidad docente. Cabe decir que esta falta de formación continua genera que la enseñanza de la química a este nivel caiga en la rutinización, el facilismo de la práctica y una actividad docente unidireccional (Casasola-Rivera, 2020; Díaz-Barriga, 2021). De allí que aún hoy se manejen esquemas tradicionales de enseñanza, en los cuales la cátedra y la transmisión verbal son pilares esenciales del proceso de enseñanza y de aprendizaje. Desde esta perspectiva, uno de los campos que requiere mayor atención en la actualidad es la química organometálica, una rama de la química que muchas veces se relega a un simple tema dentro del currículo de química inorgánica en diversas instituciones universitarias (Reisner *et al.*, 2012), puesto que no se le reconoce su importancia dentro de la formación profesional de químicos.

Por esto, en el presente artículo se reportan los resultados obtenidos a partir de la investigación realizada, cuyo objetivo general era caracterizar los cambios en la práctica docente de un profesor universitario de química, mediados por el conocimiento didáctico del contenido (CDC), mediante la incorporación de la naturaleza de las ciencias (NdC) en la enseñanza de la química organometálica. Para ello, se identificaron las características generales del CDC de un docente de química organometálica, se plantearon estrategias metodológicas para la generación de cambios didácticos en el aula y se determinó el

impacto de la incorporación de la NdC en la práctica docente del profesor. A continuación, se presentan los antecedentes teóricos, el enfoque metodológico, la discusión de resultados y las conclusiones correspondientes.

Antecedentes

En el marco de la investigación desarrollada, se llevó a cabo un proceso de revisión de antecedentes previo a la intervención realizada. Dicha revisión demostró dos cosas. Por un lado, existen algunos trabajos con profesores en formación a nivel universitario (Candela-Rodríguez, 2016; Mora-Penagos y Parga-Lozano, 2008; Reyes-Roncancio, 2016; Salica *et al.*, 2020). Sin embargo, las investigaciones en educación superior relacionadas con profesores que no son formadores de formadores (Mosquera-Suárez, 2008), es decir, profesores cuya misión es formar profesionales en diversas disciplinas no enfocadas hacia la educación, no son comunes. Esto hace relevante el trabajo realizado, en la medida en que se enfoca en el estudio de un grupo poblacional poco estudiado. Por otro lado, son únicamente siete (figura 1) los autores que abordan la enseñanza de la química organometálica en sus investigaciones, y, en su mayoría, están enfocados en la metodología y el currículo de la enseñanza dentro del aula.

Figura 1. Resumen de los trabajos investigativos relacionados con la enseñanza de la química organometálica



Fuente: elaborado a partir de Duncan y Johnson (2007), Ellis (1976), Hathaway (1979), Miessler y Spessard (1991), Reisner *et al.* (2012), Sanabria y Yepes (2019), Schaller *et al.* (2015).

Lo que es aún más importante es que no se encontró información alguna relacionada con la identificación del CDC de profesores de esta área. Esto subraya la relevancia de un trabajo investigativo como el que se presenta, en la medida en que genera la construcción de conocimiento a nivel universitario en una rama en la que poco se ha reflexionado. Más aún si se habla de la integración de la NdC en la práctica docente y el currículo de la asignatura (Green *et al.*, 2021), ya que no existen trabajos en torno a dicha articulación dentro de la materia a abordar.

Marco teórico

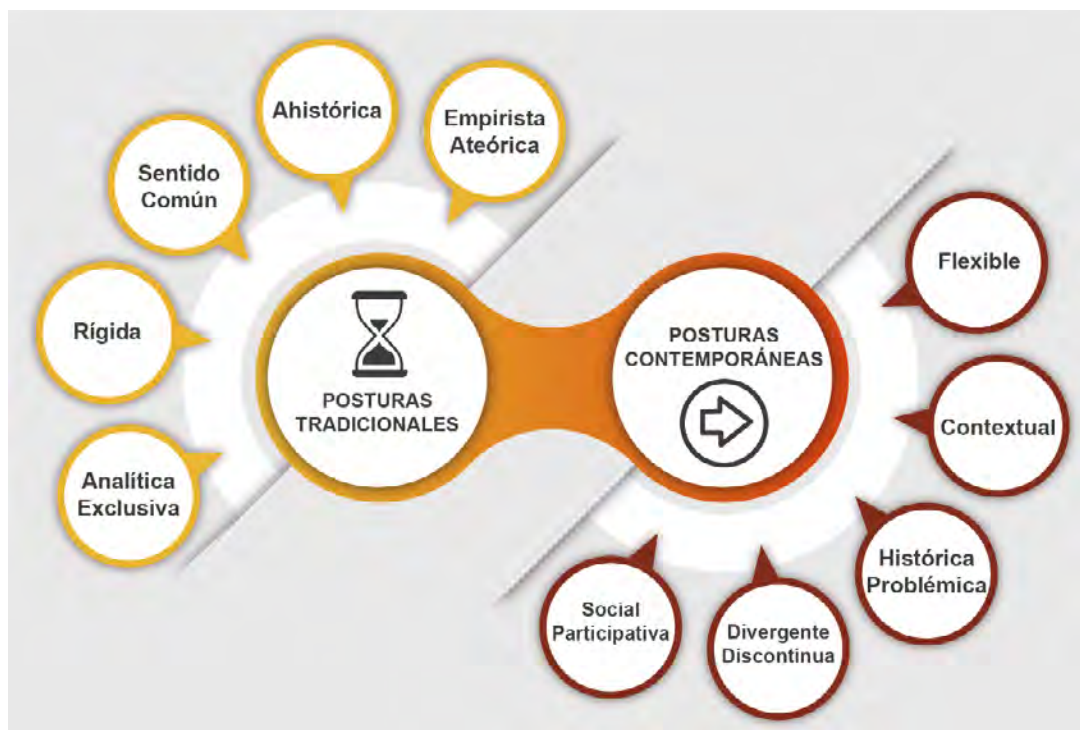
Epistemología docente

Recientemente, la investigación educativa ha centrado su atención en la Didáctica de las Ciencias como un cuerpo de conocimiento que abarca desde teorías del aprendizaje de las ciencias hasta estrategias para su enseñanza (Álvarez-Herrero y Valls-Bautista, 2019; Kelly y Licona, 2018). En este sentido, esta disciplina ha conseguido un lugar de reconocimiento en terrenos académicos, donde surge la necesidad de pensar y actuar a partir de la posibilidad de lograr un constructo de alfabetización científico-tecnológica (Neira-Morales, 2021). Una de las líneas de investigación más populares en este campo es la del diseño de propuestas de formación del profesorado (Lorenzo *et al.*, 2018; Parga-Lozano, 2016),

especialmente porque existe una preocupación latente por generar procesos de innovación didáctica y reflexión educativa que partan de la generación de cambios significativos dentro de la práctica docente.

Se hace esencial, entonces, abordar formas de modificar la epistemología espontánea (Vargas y Acuña, 2020) o de sentido común (Ademar-Ferreira y Rúa, 2017; Furió y Furió, 2000) que caracteriza a los docentes, con el fin de generar mejores comprensiones sobre la forma de abordar el conocimiento científico en favor de su enseñanza. Lo que se busca es consolidar una epistemología docente robusta, innovadora y reflexiva, caracterizada por aspectos conceptuales, actitudinales y procedimentales (Mosquera-Suárez, 2008), que superen las posturas tradicionales sobre la enseñanza de la ciencia (figura 2).

Figura 2. Algunas posturas epistemológicas tradicionales y contemporáneas del docente



Fuente: elaboración propia.

Cambios didácticos

Una vez identificadas esas visiones educativas espontáneas de los profesores, es posible conocer el punto de partida para la generación de cambios didácticos que permitan la consolidación de “transformaciones significativas en las concepciones y prácticas de los profesores de ciencias [que] contribuyen a vivenciar y fundamentar en los estudiantes formas alternativas de pensar, sentir y actuar” (Mosquera-Suárez, 2016, p. 32). Cabe decir que un cambio didáctico es considerado como un proceso complejo, en el que intervienen diversos factores y que es obstaculizado por ciertas visiones epistemológicas (Piza-Hernández y Reyes-Roncancio, 2016), como se mencionó anteriormente. Desde esta postura, el cambio didáctico trasciende los aspectos puramente metodológicos y se instala en el campo de los saberes, concepciones, conocimientos, actitudes y conductas en el aula de los profesores. Esto concuerda con los postulados de Mosquera-Suárez *et al.* (2021), quien propone que estos cambios deben afectar tanto aspectos conceptuales como metodológicos y actitudinales.

Este proceso de transformación personal que el docente vive en diversas dimensiones de su ser no implica necesariamente el abandono de modelos tradicionales en los que ha inscrito su práctica por tanto tiempo (Martín-Ortega, 2000), sino que representa más bien adquisiciones o retenciones parciales (Navas, 2020). En otras palabras, los cambios pueden ser considerados como una articulación de las nuevas reflexiones o la integración de nuevos aprendizajes en su práctica (Berríos-Molina, 2019), con el fin de generar transformaciones importantes, aunque no necesariamente gigantes, en diversas áreas de su quehacer educativo. De allí que el proceso de cambio sea complejo, pues

los profesores no cambian fácilmente sus concepciones, y menos aún sus prácticas docentes. Unas veces porque se muestran satisfechos con unos planteamientos didácticos consolidados por la experiencia profesional, otras porque en el sistema educativo y en el propio profesorado existen condicionantes que refuerzan los modelos tradicionales y suponen obstáculos para el cambio didáctico. (Mellado-Jiménez, 2001, p. 21)

Conocimiento didáctico del contenido (CDC)

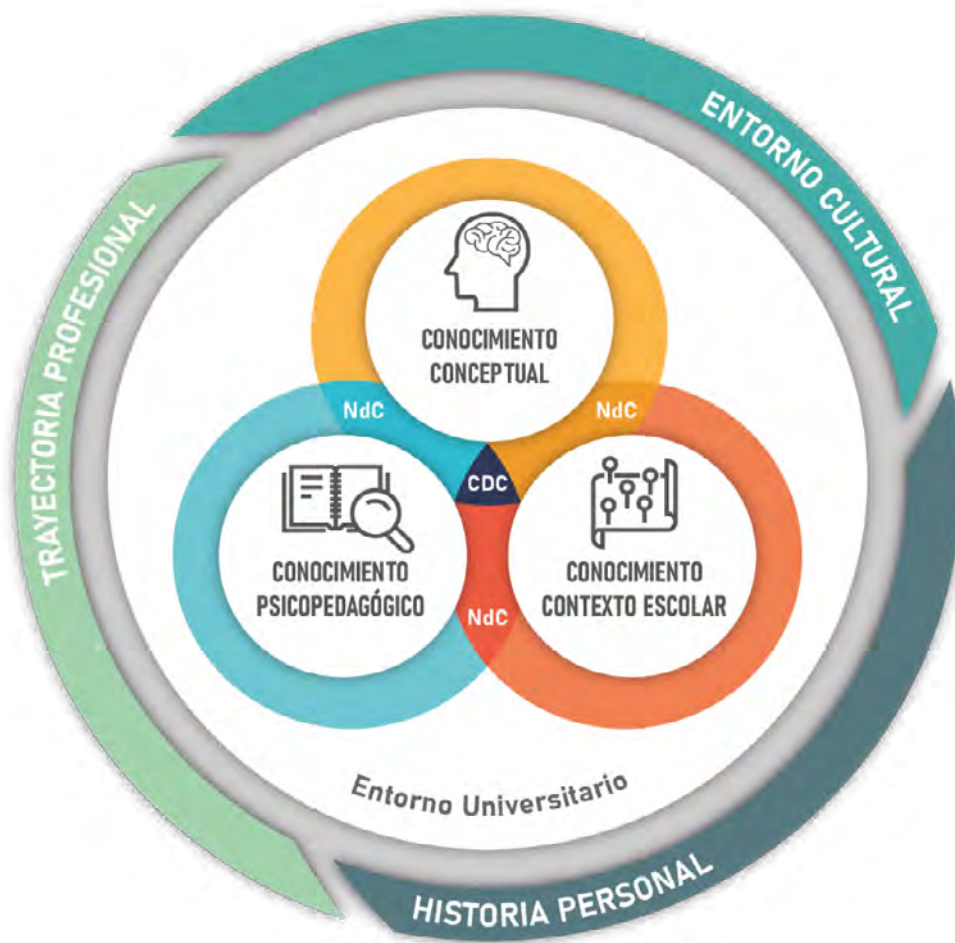
A la hora de consolidar la generación de cambios didácticos en la práctica pedagógica de profesores universitarios de química, es fundamental considerar las formas a través de las cuales el docente aborda el acto educativo (Ibáñez y Villasana, 2020; Shulman, 2015). Esta postura reafirma la idea de que hoy en día no es suficiente con conocer la materia para saber enseñarla (Touriñán-López, 2020), lo que implica que el docente requiere no solo un conocimiento disciplinar, sino también habilidades pedagógicas para desempeñar su labor social (Vázquez-Bernal *et al.*, 2019). Esto permite comprender que existe un conocimiento propio de los profesores, epistemológicamente ubicado en una perspectiva praxeoló-

gica y reflexiva (Reyes-Roncancio, 2016), que es fuente de construcción y reconstrucción permanente, capaz de resignificar la propia práctica cuando se consideran perspectivas de cambio.

Enmarcado en esta línea, el conocimiento didáctico del contenido (CDC) centra su atención en la necesidad de estudiar la cognición del profesor (Vázquez-Bernal *et al.*, 2019): cómo conoce y enseña lo que sabe. En otras palabras, el CDC del profesor incluye los temas más comúnmente enseñados, las formas más efectivas de representar estas ideas, las

mejores analogías, ilustraciones, ejemplos, explicaciones y demostraciones que facilitan una mejor comprensión del conocimiento propio de una disciplina (Salica *et al.*, 2020). Respecto a sus componentes, existen diversas posturas (Escudero-Ávila y Yáñez, 2020; Melo *et al.*, 2018). Sin embargo, la propuesta investigativa plantea un modelo que articula tres componentes característicos del CDC con la naturaleza de las ciencias (NdC), mostrando sus interacciones para la generación de cambios didácticos en la práctica del profesor de química organometálica (figura 3).

Figura 3. Componentes del CDC y su relación con la NdC en la propuesta presentada



Fuente: elaboración propia.

Naturaleza de las ciencias (NdC)

Uno de los enfoques más destacados en el campo de la didáctica de la ciencia es la implementación de la naturaleza de las ciencias (NdC) en el aula, entendida como un conjunto de conocimientos sobre la historia, la filosofía y la epistemología de la ciencia, que permiten articular el conocimiento didáctico del contenido (CDC) del docente dentro de la práctica cotidiana (Dagher y Erduran, 2016). En términos formales, autores como Cabrera (2021) la definen como un metacognoscimiento sobre la ciencia que surge de reflexiones interdisciplinarias sobre las características de la indagación científica. Desde esta perspectiva, los diversos contenidos de la NdC contribuyen a la construcción de teorías científicas para la enseñanza de las ciencias (Calagua-Mendoza, 2018), integrando preguntas sobre el conocimiento, convenciones lingüísticas y validación de saberes que desempeñan un papel fundamental en la práctica docente.

Metodología

La propuesta metodológica de la investigación se basa en un enfoque multiparadigmático y plurimetodológico, siguiendo el ejemplo de investigaciones similares (Fonseca, 2018). Se enmarca en una dialéctica entre paradigmas interpretativos (Hernández-Sampieri *et al.*, 2006; Vasilachis de Gialdino, 2006) y sociocríticos (Denzin y Lincoln, 2012), lo que facilita un análisis profundo de la práctica del profesor asociado para lograr transformaciones en la realidad educativa. Además, se emplea el estudio de caso como metodología principal (Stake, 2015), que permite una comprensión exhaustiva de un fenómeno desde múltiples perspectivas (Creswell y Poth, 2018). Esta metodología se complementa con la investigación participativa dialógica (Ferrada *et al.*, 2014), una propuesta chilena que, desde las epistemologías del sur, fomenta la creación de una comunidad donde el diálogo y la participación son centrales en un proceso investigativo transformador.

Figura 4. Fases de trabajo durante la investigación realizada

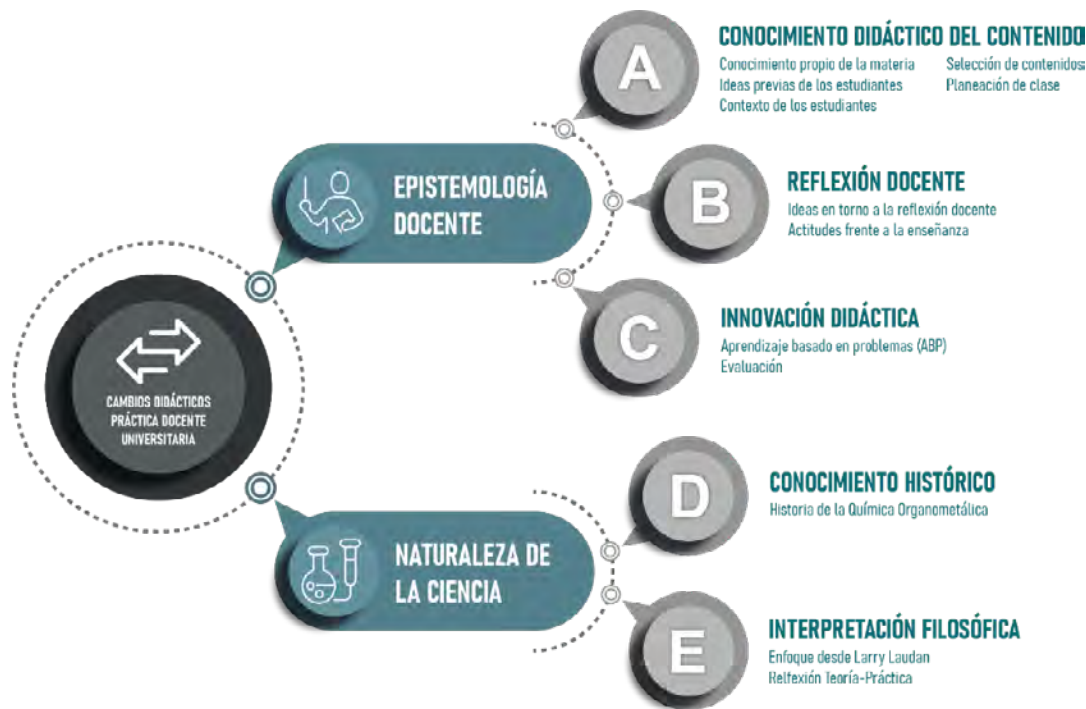


Fuente: elaboración propia.

Para llevar a cabo una investigación de este nivel, se propuso la implementación de un programa de formación estructurado en tres fases de trabajo (figura 4). Estas fases están diseñadas para comprender la configuración del conocimiento didáctico del contenido (CDC) del docente (Fonseca, 2018) y su relación con la naturaleza de las ciencias (NdC) (Green *et al.*, 2021), permitiendo identificar los cambios didácticos que se manifiesten (Mosquera-Suárez, 2016) en tres niveles específicos: conceptuales, actitudinales y procedimentales.

En este contexto, se han organizado categorías, subcategorías y dimensiones orientadoras de la investigación, como se describe en la figura 5. Es importante mencionar que este programa de formación se llevó a cabo a lo largo de un año (2020) con un docente universitario de química organometálica en ejercicio, quien no posee formación académica en educación o pedagogía, y está vinculado a la Universidad Nacional de Colombia desde el año 2017. Además, para facilitar la estructura del texto, se utiliza el término *intervención* para referirse a las tres fases mencionadas en la figura 4.

Figura 5. Categorías, subcategorías y dimensiones orientadoras del proyecto investigativo



Fuente: elaboración propia.

En cuanto a los instrumentos de recolección de información, estos fueron seleccionados de acuerdo con las fases establecidas en el programa de formación (figura 4). En este sentido, se utilizó una representación de contenido (ReCo) basada en trabajos previos (Candela-Rodríguez, 2016; Loughran *et al.*, 2004) y se llevó a cabo la observación de las

actividades prácticas docentes a lo largo de un año académico utilizando protocolos de observación (Creswell y Poth, 2018) durante la primera fase. Para la segunda fase, se tomaron en consideración las observaciones realizadas y se llevaron a cabo doce (12) sesiones de diálogo. Dentro de cada sesión se abordaron temas relacionados con las categorías de

investigación y una serie de lecturas elaboradas por el investigador. Estas sesiones fueron grabadas y posteriormente transcritas. Para la fase de cierre, se implementó una encuesta tipo Likert ($\alpha_{\text{Cronbach}} = 0,70$) basada en investigaciones anteriores (Mosquera-Suárez, 2016). Todos estos instrumentos (formatos, preguntas, afirmaciones) fueron validados por un profesor de la Universidad de Caldas (Colombia) experto en el tema. Es importante señalar que, debido a la emergencia sanitaria causada por el COVID-19, tanto los instrumentos mencionados como el desarrollo de la intervención con el profesor se realizaron de manera virtual.

El análisis de datos, realizado en el primer semestre del año 2021, consistió en la transcripción y organización de los 66 documentos obtenidos durante la recolección (Creswell y Poth, 2018). Aunque se llevó a cabo este análisis según las categorías y dimensiones planteadas, se dejó espacio para la aparición de dimensiones emergentes (Domingo-Coscollola *et al.*, 2020) que surgieron de la experiencia propia de la intervención llevada a cabo con el profesor universitario. Para fortalecer la interpretación realizada, se utilizó el programa Atlas.ti® 8.4.23. La categorización se realizó de manera deductiva a la luz de la fundamentación teórica desarrollada. En ese sentido, se consideraron seis grupos de códigos (CDC, innovación didáctica, reflexión docente, conocimiento histórico, interpretación filosófica, dimensiones emergentes) analizados desde diversos aspectos, siguiendo el ejemplo de investigaciones previas (Uribe-Pérez, 2020). Entre estos aspectos se incluyen la revisión de memos, la recodificación de datos, las relaciones entre códigos y el uso de tablas de co-conurrencias. Todos estos análisis fueron validados mediante revisión por pares y participantes que formaron parte del trabajo investigativo.

Resultados y análisis

Dado que la intervención con el profesor se desarrolló en tres fases de trabajo (figura 4), fue posible evidenciar la evolución de los cambios didácticos en su práctica educativa mediante la comparación entre su estado inicial, la transición durante la intervención y las conclusiones a las que llegó de manera autónoma al final del proceso. La discusión presentada a continuación se fundamenta en estas fases.

Fase de alistamiento: una revisión de la realidad del profesor

El análisis de diversas categorías y dimensiones (figura 5) permitió mostrar, desde un panorama inicial, el CDC del profesor asociado. Se encontró que este centraba sus clases en la transmisión de conceptos teóricos y experimentales de la asignatura. Era un docente preocupado por el aprendizaje de sus estudiantes y se esforzaba por transformar su metodología dentro del aula. Sin embargo, mantenía una concepción tradicional de la evaluación, considerándola mayormente sumativa, lo cual contrastaba con lo expresado en sus clases y sesiones

de trabajo. En cuanto a su actitud, mostraba cierto pesimismo hacia el aprendizaje de los estudiantes y cierta frustración con el proceso de enseñanza. A pesar de ello, demostraba un fuerte deseo por implementar cambios y transformaciones en su enseñanza.

En relación con la NdC, mostraba un marcado interés por la historia de la química organometálica. Anteriormente, tenía una comprensión limitada de cómo la historia o la filosofía de su disciplina podrían contribuir a su enseñanza. Aunque abordaba algunos temas en el aula, se enfocaba más en aspectos anecdóticos o relacionados con la experimentación. Para él, la historia servía principalmente como estrategia de contextualización más que como conocimiento que pudiera integrar el proceso educativo en sí mismo. Además, no había explorado ideas sobre la filosofía de la ciencia ni reflexionado

filosóficamente sobre su disciplina, posiblemente debido a la falta de formación o interés en estos temas.

Para completar la caracterización del CDC del profesor durante esta fase, pueden mencionarse otros aspectos que complementan el análisis presentado. En sus clases sobre química organometálica, destacaba su enfoque en la experimentación, reflejando así su comprensión de la relación entre teoría y práctica. Demostraba un amplio conocimiento en estos temas y mostraba un claro entusiasmo por ellos, lo cual revelaba su propia epistemología científica y cómo intentaba integrarla con su epistemología docente. Cabe indicar que, a partir de lo analizado, para el profesor la teoría sustenta la experimentación, pero es la comprensión de esta última la que adquiere mayor relevancia dentro de una disciplina como la química organometálica.

Figura 6. Representación gráfica de los hallazgos durante la fase de alistamiento



Fuente: elaboración propia.

Además, es importante destacar que posee una idea de la investigación desde el enfoque cuantitativo y científico en el que se desempeña constantemente. En este sentido, considera el acto pedagógico como un proceso que no cambia día a día, sino que debe compararse con procesos anteriores para

evidenciar los cambios pertinentes. En otras palabras, concibe la investigación desde un enfoque positivista donde la comparación entre grupos refleja la posibilidad de progreso. Esto se observa claramente en una de sus afirmaciones durante la entrevista inicial:

Pero, por ejemplo, bueno entonces yo no tendría... no tendría efecto que las vaya implementando, o sea eso se va a hacer, se va a ir implementando lo que yo considere pertinente, se va a ir implementando, y... o sea, la pregunta es tiene algún efecto... hay alguna consecuencia que, se va implementando de una vez, si, y ¿va a haber alguna diferencia desde que veas el curso con todo lo nuevo aprendido implementado desde la primera clase? (54:5)¹

Con esto parece que para el profesor es difícil evidenciar los cambios a medida que trabaja. Primero debe aprender o estudiar algo de manera teórica para luego aplicarlo en su práctica. Por eso, el docente plantea que durante la intervención no habrá cambios porque está inmerso en el proceso de trabajo. Sin embargo, dentro de la práctica del profesor pueden reconocerse algunas transformaciones a medida que se desarrolla el programa de formación, ya que las lecturas y los diálogos abren la posibilidad a cambios continuos y procesuales en los planteamientos educativos del profesor que trabaja en un aula universitaria.

Para concluir el análisis de esta primera fase, se encontró que el profesor percibe una distancia significativa entre ser docente e investigador. Afirmaciones como "Una cosa es ser investigador o científico y otra cosa es ser docente. Son dos aspectos muy diferentes" (55:35) así lo demuestran. Es evidente cómo al inicio del proceso existe una ruptura entre estas dos epistemologías que caracterizan al ser del profesor con el que se está trabajando, la cual poco a poco se va superando. Esto es necesario porque según la propuesta realizada, tanto la epistemología científica como la docente deben interactuar dentro del CDC propio del profesor para generar diálogos que faciliten cambios y transformaciones significativas en el aula.

Fase de intervención: el diálogo como mediación

Durante la implementación del programa de formación, se observó que el profesor universitario abandonó la mera racionalidad técnica, lo cual no se limitó a una transformación conceptual del conocimiento, sino que fue un proceso gradual en el que el docente se dio cuenta de que sus concepciones, representaciones, actitudes, historia personal y contexto social afectan directamente su enfoque educativo. En este sentido, los cambios observados muestran procesos de transformación a nivel conceptual, actitudinal y procedimental (Mosquera-Suárez, 2008), lo cual coincide con los planteamientos expuestos durante la fundamentación teórica de la investigación. Por lo tanto, los cambios observados pueden interpretarse a la luz de las posturas contemporáneas en este campo del conocimiento.

Los resultados obtenidos de la intervención mostraron que el profesor fomentó en su práctica el desarrollo de flexibilidad en términos de creatividad e imaginación, especialmente en relación con la experimentación elucidativa de

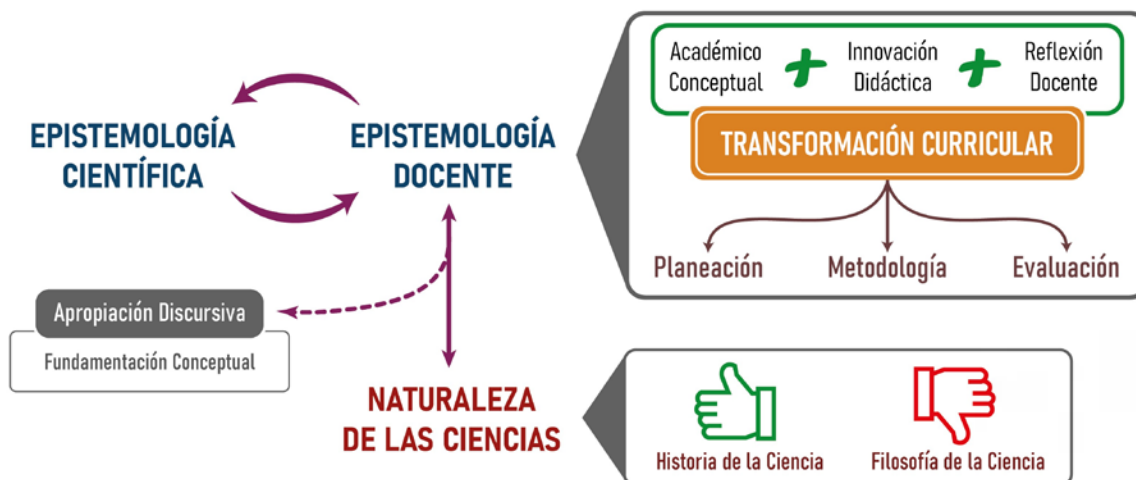
¹ La nomenclatura presentada corresponde al número de documento digitalizado utilizado para el análisis en el programa Atlas.ti® y al número de comentario dentro de dicho documento.

procesos específicos dentro de su disciplina. Aunque el método científico sigue siendo fundamental en sus explicaciones y se evidencia un componente teórico fuerte en sus clases, se observa un marcado interés en desarrollar habilidades complementarias a la formación química, como el pensamiento crítico, capacidad analítica y habilidades para la vida. Además, el hecho de proponer posibles reformas en torno a la experimentación en el aula refleja esos cambios actitudinales hacia la flexibilidad mencionada. Un ejemplo de este cambio es la insistencia en la capacidad

de correlacionar contextos y ver la química como un conocimiento integral y no como conocimientos aislados:

[Se busca una] capacidad de correlación, o sea hacerles ver que la química no es por islas diferentes, por áreas, sino que la química es una sola, y que toda ella está interconectada de una u otra forma. Con un tema uno puede ver conceptos de varias asignaturas, y eso es lo que yo trato de hacer en mi asignatura, que ellos vean cómo el conocimiento de otros lados se puede aplicar. (57:8)

Figura 7. Representación gráfica de los hallazgos durante la fase de intervención



Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con lo anterior, el desarrollo de estas habilidades fomenta una educación divergente y discontinua, donde se busca que la ciencia sea crítica y esté abierta a diversas posibilidades. Por lo tanto, pensar en nuevas formas de explicar el contenido en el aula contribuye a fortalecer la enseñanza de la disciplina desde perspectivas alternativas a las tradicionales. Esto coincide con los avances logrados mediante el uso de comparaciones y analogías en el aula (por ejemplo, relacionar la inserción 1,1 con una

relación de pareja, o las etapas de un ciclo catalítico con una carrera de Nascar, y los dendrímeros con las pizzas de la química), lo cual está directamente relacionado con los esfuerzos de concienciación realizados por el docente, quien reconoce la importancia de reconsiderar continuamente su práctica para mejorar el aprendizaje de sus estudiantes. En definitiva, esto evidencia procesos transformadores en la identidad docente del profesor, vinculados con la innovación didáctica y la adopción de una perspectiva divergente en la

educación de la química organometálica para futuros químicos profesionales en la actualidad.

Por otro lado, al desarrollar nuevas estrategias y metodologías alternativas de aprendizaje (como el uso de herramientas virtuales o juegos en el aula), se subraya la necesidad de contextualizar constantemente el conocimiento y responder a las demandas de la sociedad. En este sentido, el hecho de que el profesor reconozca la importancia de la problematización en el aula y pueda vincular explicaciones desde diversas situaciones reales que un químico debe enfrentar, indica una transformación significativa:

[Es importante] ponerlos en situaciones reales, en que los químicos se enfrentan a cierta reacción para decir cómo era el mecanismo, un problema de la vida real. ¿Cómo usan la química o cuáles estrategias usan para decir que el mecanismo es así? (41:8)

Es importante mencionar que el profesor se ve influenciado por toda su experiencia previa al comprender el hecho educativo en sí mismo, lo que refleja una postura desde una epistemología espontánea y el sentido común (Vargas y Acuña, 2020; Melo-Niño *et al.*, 2016). Sin embargo, la intervención le permitió comprender el papel que su propia historia ha tenido en la consolidación de una forma particular de enseñar, al punto de promover el uso de historias personales en forma de anécdotas de manera reflexiva dentro de su clase. Además, haber enriquecido su discurso pedagógico, histórico y filosófico le proporcionó herramientas para ser consciente de lo que debe mejorar y generó un fuerte deseo de profundizar en muchas de las temáticas abordadas durante la fase de intervención.

Por otro lado, en cuanto a la nueva didáctica de la química (NdC), se observó que el profesor desarrolla y aplica formas alternativas de incluir la historia de la química organometálica en el desarrollo de temas, no como un simple contenido adicional, sino como un conocimiento integrador que le permite ejemplificar, explicar y motivar a los estudiantes en el aula hacia el aprendizaje de la asignatura. Además, a partir de las lecturas y los diálogos establecidos, el docente reconoce la importancia de contextualizar al estudiante y utiliza ese conjunto de conocimientos para articular la enseñanza de la química organometálica, incluyendo referencias a aspectos experimentales, biográficos, teóricos y anecdóticos que enriquecen su práctica pedagógica y el proceso de enseñanza-aprendizaje.

En contraste, el aspecto filosófico, uno de los componentes principales de la NdC, presenta una resistencia notable por parte del profesor. A pesar de su fuerte interés por la inclusión y reflexión sobre la historia en su experiencia docente, muestra una notable reticencia hacia la filosofía de la ciencia. Esto se refleja en los comentarios realizados durante las sesiones de trabajo y la ausencia de este tipo de conocimiento en las observaciones de clase. También confirma ideas planteadas previamente por Villaveces-Cardoso (2000) acerca de la resistencia de los químicos a abordar temas relacionados con esta área

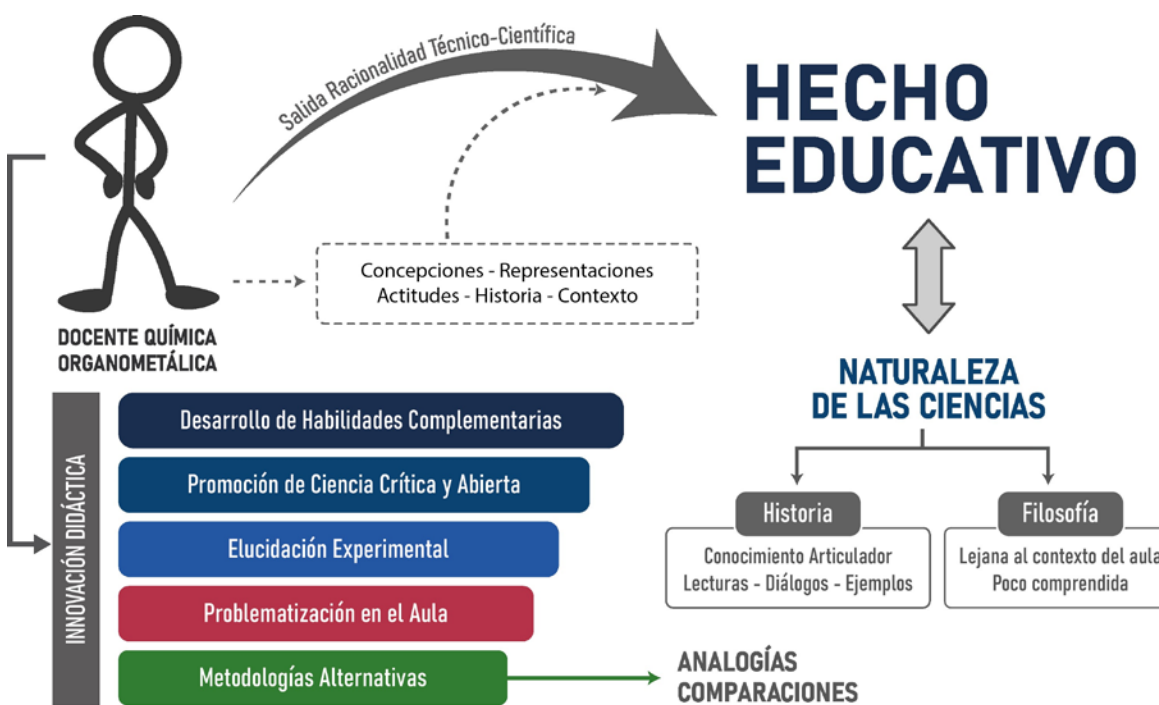
del saber y sugiere que, dentro del diálogo entre su epistemología docente y científica, el conocimiento de la filosofía de la ciencia no se considera esencial para él.

Fase de cierre: evidencias de la generación de cambios didácticos

Al concluir el proceso, es innegable la diversidad de cambios didácticos generados a partir de la identificación del CDC (conocimientos, destrezas y creencias) del profesor y la integración de la NdC en la práctica

docente asociada a la investigación. Desde la comprensión de la evaluación como una herramienta para asegurar el aprendizaje y no solo como una estrategia de verificación, hasta la preocupación por la educación desde una visión integral y compleja. En este sentido, el profesor no solo se concentra en lo académico-conceptual, sino que también considera el panorama completo del proceso educativo, incluyendo la planificación de clases, la selección de contenido y una reflexión docente posterior que le permite evaluar y mejorar constantemente su práctica.

Figura 8. Representación gráfica de los hallazgos durante la fase de cierre



Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con lo anterior, se observa que el profesor ha asimilado e internalizado algunos elementos de la NdC, relacionándolos con su propio CDC, de modo que tanto su discurso como una variedad de prácticas dentro del aula dan cuenta de ello. Esto coincide con el hecho de

que el profesor ha incorporado un conocimiento fundamentado teóricamente sobre estas nuevas áreas del conocimiento abordadas, lo cual se refleja en la cita de expertos en el tema y el uso de definiciones robustas. Un claro ejemplo de esto es la siguiente afirmación del profesor:

La mejor definición fue la de Garritz, [que] es poder entender e interiorizar esa relación que existe entre el aprender sobre ciencia, el aprendizaje acerca de la ciencia y el hacer ciencia. (66:12)

Además, el profesor es capaz de entablar un diálogo entre la epistemología docente y científica que caracteriza su ser, de manera que logra la interacción de los conocimientos que posee en beneficio de su enseñanza. Esto lo realiza mediante nuevas formas de explicación y metodologías alternativas tanto dentro como fuera del aula.

Lo dicho hasta el momento concuerda con la actitud del profesor, quien muestra un marcado interés por profundizar continuamente en aspectos relacionados con la educación. Sin embargo, algo muy diferente ocurre con la NdC. A pesar de que el profesor reconoce la importancia de la historia de la química organometálica en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la disciplina, y considera su inclusión como una estrategia aplicable dentro de su asignatura, no comprende el papel de la reflexión filosófica y reafirma esa falta de interés evidenciada en la fase anterior. Al finalizar el proceso, afirmaciones como las siguientes reflejan esta resistencia del profesor hacia la filosofía:

No, no, esto [de la filosofía de la ciencia] como que todavía no estoy preparado para eso (risas) (66:8).

Lo de la filosofía, eso si no, eso todavía no, digamos que lo dejamos para una versión 2.0 [del programa de formación] (risa). (66:10)

En definitiva, después de la intervención, el profesor demostró cambios a nivel actitudinal, procedimental y conceptual frente a diversas temáticas. Un ejemplo de ello es la siguiente afirmación, que refleja estas nuevas visiones relacionadas con la posibilidad de seguir reflexionando sobre la educación para generar mejores procesos de aprendizaje en los futuros profesionales de la química:

Como nos tenemos que adaptar o moldear para esa enseñanza de las ciencias, [se trata de] encontrar maneras más originales, más creativas de transmitir el conocimiento, y... porque es necesario, como más divertidas y más creativas, porque eso logra captar la atención del estudiante. (66:29)

Conclusiones

El trabajo de intervención permitió caracterizar los cambios didácticos en la práctica docente de un profesor universitario de química organometálica. Para ello, se propusieron diversas estrategias que facilitaron el reconocimiento del CDC propio del docente y las transformaciones que se fueron dando gradualmente dentro de su práctica, de manera voluntaria y gradual. Estas estrategias fueron herramientas fundamentales en el proceso desarrollado, ya que permitieron caracterizar los cambios didácticos del docente asociados a la investigación.

A nivel conceptual, se encontró que el profesor posee un cuerpo teórico fundamentado en su disciplina y es capaz de manejarlo completamente. La transformación radica en su capacidad para reconocer la importancia del conocimiento previo de los estudiantes como punto de partida en el proceso de enseñanza-aprendizaje de su disciplina, evitando suposiciones sobre los contenidos que los estudiantes ya deben tener asimilados.

En cuanto al nivel procedimental, el profesor introdujo nuevas estrategias y formas de explicación para asegurar la comprensión del contenido de la asignatura por parte de los estudiantes. Específicamente, mediante el uso de ejemplos, analogías, comparaciones y gráficos explicativos, el profesor intentó transformar su conocimiento experto, desarrollado a lo largo de su carrera, en conocimiento aplicable a la enseñanza. Además, la implementación de nuevas estrategias evaluativas reflejó estos cambios.

A nivel actitudinal, el profesor reconoció la reflexión docente como una herramienta esencial para mejorar el proceso educativo. Más aún, descubrió que el acto educativo trasciende el aula y se inscribe en el devenir histórico del ser humano.

En cuanto al impacto de la incorporación de la NdC en la práctica docente del profesor, se puede afirmar que la intervención favoreció la inclusión de la historia de la química organometálica en sus clases, presentando anécdotas relevantes y analizando cuestiones experimentales relacionadas con estos eventos. Sin embargo, la situación es diferente en el ámbito filosófico, donde a pesar de que el profesor desarrolló una definición propia sobre la importancia de esta área y su relación con la historia de la disciplina, no la incluyó en la planificación ni ejecución de sus clases. Esto podría tener repercusiones importantes, ya

que, como mencionó Lakatos, “la filosofía de la ciencia sin historia es algo vacío; la historia de la ciencia, sin filosofía, está ciega” (1971, p. 91). En otras palabras, podría ocurrir que la reflexión sobre la historia no se entienda desde el proceso evolutivo inherente a la disciplina y se quede en una visión anecdótica del tema. A pesar de esto, el trabajo realizado muestra que la identificación del CDC, la inclusión de la NdC y su reflexión con un profesor universitario, a través de diálogos periódicos, generó cambios didácticos en su práctica docente.

Para concluir, y como perspectivas de investigación, es importante destacar dos aspectos. Por un lado, se debe tener en cuenta que la reflexión sobre la filosofía de la ciencia genera fuertes resistencias, especialmente en profesionales del área que carecen de una base pedagógica sólida (Villaveces-Cardoso, 2000). Esto podría deberse a dificultades para integrar la filosofía en el marco disciplinario del docente, a problemas en la comprensión de la disciplina filosófica y su propósito, o a la forma en que se presentó el tema durante la intervención. Por lo tanto, se requieren nuevas estrategias para su integración efectiva en el aula y en el discurso del profesor. Por otro lado, es fundamental continuar desarrollando programas de formación docente para profesores de ciencias (Parga-Lozano, 2016), especialmente para profesores universitarios, con el fin de contribuir a la consolidación de la didáctica de las ciencias (Mellado-Jiménez, 1999; Porlán-Ariza, 2018) como un campo de investigación.

Referencias

Ademar-Ferreyra, H. y Rúa, A. (2017). Dimensiones involucradas en el estudio de las prácticas de enseñanza. *Educación y Humanismo*, 20(34). <https://doi.org/10.17081/eduhum.20.34.2861>

- Álvarez-Herrero, J. y Valls-Bautista, C. (2019). Didáctica de las ciencias, ¿de dónde venimos y hacia dónde vamos? *Revista de Ciències de l'Educació*, 2, 5-19. <https://doi.org/10.17345/ute.2019.2.2704>
- Arias-Monge, M. y Navarro-Camacho, M. (2017). Epistemología, ciencia y educación científica: premisas, cuestionamientos y reflexiones para pensar la cultura científica. *Actualidades Investigativas en Educación*, 17(3). <https://doi.org/10.15517/aie.v17i3.29878>
- Berríos-Molina, C. (2019). Creencias epistémicas, metacognición y cambio conceptual. *Revista de Estudios y Experiencias en Educación*, 18(37), 129-140. <https://doi.org/10.21703/rexe.20191837berrios3>
- Cabrera, F. (2021). Second Philosophy and Testimonial Reliability: Philosophy of Science for STEM Students. *European Journal for Philosophy of Science*, 11(3). <https://doi.org/10.1007/s13194-021-00392-3>
- Calagua-Mendoza, L. (2018). Enseñanza de la naturaleza de la ciencia para mejorar el conocimiento pedagógico del contenido en estudiantes de formación docente. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED, Número especial: Congreso Internacional sobre Formación de Profesores de ciencias*. <https://revistas.upn.edu.co/index.php/TED/article/view/8924>
- Campanario, J. (2002). Asalto al castillo: ¿a qué esperamos para abordar en serio la formación didáctica de los profesores universitarios de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 90(1), 315-325. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/90/1/012102>
- Candela-Rodríguez, B. (2016). El diseño de la "reco": una estrategia para iniciar la identificación, la explicitación y el desarrollo del CPC de un tópico de la química de profesores en formación inicial. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 40, 65-87. <https://doi.org/https://doi.org/10.17227/01203916.6147>
- Casasola-Rivera, W. (2020). El papel de la didáctica en los procesos de enseñanza y aprendizaje universitarios. *Revista Comunicación*, 29(1). https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-38202020000100038
- Couló, A. (2018). Philosophy of Science in Science Teacher Education: Meeting Some of the Challenges. En M. Clough (ed.), *Science: Philosophy, History and Education* (pp. 389-404). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74036-2_24
- Creswell, J. y Poth, C. (2018). *Qualitative Inquiry and Research Design* (3.ª ed.). Sage.
- Dagher, Z. y Erduran, S. (2016). Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education: Why Does it Matter? *Science and Education*, 25(1-2), 147-164. <https://doi.org/10.1007/s11191-015-9800-8>
- Denzin, N. y Lincoln, Y. (2012). *El campo de la investigación cualitativa. Manual de investigación cualitativa* (3.ª, vol. 1). Gedisa.

- Díaz-Barriga, Á. (2021). Rethinking the University: Didactics, an Option to Go Beyond the Inclusion of Digital Technologies. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 12(34), 3-20. <https://doi.org/10.22201/iisue.20072872e.2021.34.976>
- Domingo-Coscollola, M., Bosco, A., Segovia, S. y Valero, J. (2020). Fostering Teacher's Digital Competence at University: The Perception of Students and Teachers. *Revista de Investigación Educativa*, 38(1), 167-182. <https://doi.org/10.6018/rie.340551>
- Duncan, A. y Johnson, A. (2007). A "Classic Papers" Approach to Teaching Undergraduate Organometallic Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 84(3), 443-446. <https://doi.org/10.1021/ed084p443>
- Ellis, J. (1976). The Teaching of Organometallic Chemistry to Undergraduates. *Journal of Chemical Education*, 4(3), 2-6. <https://doi.org/10.1021/ed053p2>
- Escudero-Ávila, D. y Yáñez, J. (2020). El conocimiento didáctico del contenido: bases teóricas y metodológicas para su caracterización como parte del conocimiento especializado del profesor de matemáticas. *Educación Matemática*, 6(2), 8-38. <https://doi.org/10.24844/EM3202.01>
- Ferrada, D., Villena, A., Catriquir, D., Pozo, G., Turra, O., Chilling, C. y Pino, M. (2014). Investigación dialógica Kishu Kimkelay Ta Che en educación. *Rexe: Revista de Estudios y Experiencias en Educación*, 13(26), 33-50. <http://www.rexe.cl/ojournal/index.php/rexe/article/view/32/34>
- Fonseca, G. (2018). *El conocimiento profesional del profesor de biología sobre biodiversidad. Un estudio de caso en la formación inicial durante la práctica pedagógica en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas* [Tesis de doctorado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas].
- Furió, C. y Furió, C. (2000). Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. *Educación Química*, 11(3), 300-308. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2000.3.66442>
- Green, S., Andersen, H., Danielsen, K., Emmèche, C., Joas, C., Johansen, M., Nagayoshi, C., Witteveen, J. y Sørensen, H. (2021). Adapting practice-based Philosophy of Science to Teaching of Science Students. *European Journal for Philosophy of Science*, 11(3). <https://doi.org/10.1007/s13194-021-00393-2>
- Hathaway, B. (1979). An Alternative Approach to the Teaching of Systematic Transition Metal Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 56(6), 390-392. <https://doi.org/10.1021/ed056p390>
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C. y Baptista-Lucio, P. (2006). *Metodología de la investigación* (4.ª ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Ibáñez, R. y Villasana, P. (2020). Aproximación crítica al conocimiento didáctico del contenido en educación superior y sus posibilidades de estudio. *Revista Espacios*, 41(18), 21-29. <https://www.revistaespacios.com/a20v41n18/a20v41n18p21.pdf>
- Kelly, G. y Licona, P. (2018). Epistemic Practices and Science Education. En M. Clough (ed.), *Science: Philosophy, History and Education* (pp. 139-165). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-319-62616-1_5
- Lakatos, I. (1971). History of Science and its Rational Reconstructions. En R. Buck y R. Cohen (eds.), *Boston Studies in the Philosophy of Science* (vol. 8) (pp. 91-136). Springer.
- Lorenzo, M., Soledad-Farré, A. y Rossi, A. (2018). La formación del profesorado universitario de ciencias. El conocimiento didáctico y la investigación científica. *Revista Eureka sobre*

Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 15(3). <https://doi.org/10.25267/RevEurekaensendivulgcienc.2018.v15.i3.3603>

Loughran, J., Mulhall, P. y Berry, A. (2004). In Search of Pedagogical Content Knowledge in Science: Developing Ways of Articulating and Documenting Professional Practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4), 370-391. <https://doi.org/10.1002/tea.20007>

Martín-Ortega, E. (2000). ¿Puede ayudar la teoría del cambio conceptual a los docentes? *Tarbiya. Revista de Investigación e Innovación Educativa*, 26, 31-50.

Marzábal, A., Rocha, A. y Toledo, B. (2015). Caracterización del desarrollo profesional de profesores de ciencias. Parte I: sistemas de representación implícita en la epistemología profesional docente. *Educación Química*, 26(2), 117-126. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2015.04.006>

Mellado-Jiménez, V. (1999). La formación didáctica del profesorado universitario en ciencias experimentales. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 34, 231-241.

Mellado-Jiménez, V. (2001). ¿Por qué a los profesores de ciencias nos cuesta tanto cambiar nuestras concepciones y modelos didácticos? *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 40, 17-30. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=118089>

Melo, L., Cardona, G., Cañada, F. y Martínez, G. (2018). Conocimiento didáctico del contenido sobre el principio de Arquímedes en un programa de formación de profesores de física en Colombia. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 23(76), 253-279. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14054854011>

Melo-Niño, L., Buitrago, A., Cañada, F. y Mellado, V. (2016). Conocimiento didáctico del contenido declarado durante la enseñanza de la fuerza eléctrica en bachillerato: estudio de caso. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 39, 28-30. <https://doi.org/10.17227/01203916.4580>

Miessler, G. y Spessard, G. (1991). Organometallic Chemistry: A Course Designed for Sophomore Chemistry Students. *Journal of Chemical Education*, 68(1), 16-18. <https://doi.org/10.1021/ed068p16>

Mora-Penagos, W. y Parga-Lozano, D. (2008). El conocimiento didáctico del contenido en química: integración de las tramas de contenido histórico-epistemológicas con las tramas de contexto-aprendizaje. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 24, 56-81. <https://doi.org/10.17227/ted.num24-1083>

Mosquera-Suárez, C. (2008). *El cambio en la epistemología y en la práctica docente de profesores universitarios de química* [Tesis de doctorado, Universitat de Valencia].

Mosquera-Suárez, C. (2016). *El cambio didáctico en la formación inicial de profesores de química: Estrategias para su desarrollo en la reflexión sobre la práctica*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

- Mosquera-Suárez, C., Alonso, M., García-Supe-
lano, A., Marín-Velasco, A., Prada-Murcia,
L., Rincón-Nuñez, J. y Saldaña-Lozano, L.
(2021). El conocimiento didáctico del con-
tenido y su impacto en los conocimientos
prácticos de los profesores de ciencias y en
la construcción de conocimientos científicos
escolares. *Revista Científica*, 40(1), 45-62.
<https://doi.org/10.14483/23448350.15711>
- Navas, R. (2020). Breve historia del cambio
conceptual en el aprendizaje de la ciencia.
Revista de Psicología, 19(1). <https://doi.org/10.24215/2422572xe044>
- Neira-Morales, J. (2021). La experimentación
en ciencias naturales como estrategia de
alfabetización científica. *Revista ucmaule*,
60, 102-116. <https://doi.org/10.29035/ucmaule.60.102>
- Parga-Lozano, D. (2016). El continuo de la
formación del profesorado de ciencias.
Tecné, Episteme y Didaxis: TED, 40(2), 7-15.
<https://doi.org/10.17227/01203916.6144>
- Piza-Hernández, L. y Reyes-Roncancio, J. (2016).
La necesidad de un cambio didáctico en los
docentes de ciencias naturales. *Tecné, Episte-
me y Didaxis: TED*, 1435-1441. [https://revistas.
upn.edu.co/index.php/TED/article/view/4765](https://revistas.upn.edu.co/index.php/TED/article/view/4765)
- Porlán-Ariza, R. (2018). Conscious Science
Education. *Enseñanza de las Ciencias*,
36(3), 5-22. [https://doi.org/10.5565/rev/
ensciencias.2795](https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2795)
- Reisner, B., Stewart, J., Williams, B., Goj, L.,
Holl, P., Eppley, H. y Johnson, A. (2012).
Virtual Inorganic Pedagogical Electronic Re-
source Learning Objects in Organometallic
Chemistry. *Journal of Chemical Education*,
89(2), 185-187. [https://doi.org/10.1021/
ed200200](https://doi.org/10.1021/ed200200)
- Reyes-Roncancio, J. (2016). *Conocimiento didác-
tico del contenido en el profesor de física en
formación inicial. La enseñanza del campo
eléctrico*. Universidad Distrital Francisco José
de Caldas.
- Rivero, A., Martín del Pozo, R. y Porlán, R. (2017).
Didáctica de las ciencias experimentales
en educación primaria. *Revista Investiga-
ción en la Escuela*, 93, 76-80. [https://doi.
org/10.12795/ie.2017.i93.06](https://doi.org/10.12795/ie.2017.i93.06)
- Salica, M., Almirón, M. y Porro, S. (2020). Mode-
los de conocimiento didáctico del contenido
científico y tecnológico en docentes de quí-
mica y física. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*,
48, 127-141. [https://doi.org/10.17227/
ted.num48-12384](https://doi.org/10.17227/ted.num48-12384)
- Sanabria, Q. y Yepes, D. (2019). Enseñanza
de las reacciones de combinación de com-
puestos organometálicos. Un diseño con
base en la naturaleza de las ciencias. *Quí-
mica e Industria. La Revista*, 31(2), 67-74.
<https://online.fliphtml5.com/znxb/iczb/#p=2>.
- Schaller, C., Graham, K. y Johnson, B. (2015).
Modules for Introducing Organometallic
Reactions: A Bridge between Organic and
Inorganic Chemistry. *Journal of Chemi-
cal Education*, 92, 986-992. [https://doi.
org/10.1021/ed500817m](https://doi.org/10.1021/ed500817m)
- Shulman, L. (2015). PCK: Its Genesis and Exodus.
En A. Berry, P. Friedrichsen y J. Loughran
(eds.), *Re-examining Pedagogical Content
Knowledge in Science Education* (pp. 3-13).
Routledge; Taylor & Francis Group.
- Stake, R. (2015). *Investigación con estudio de
casos* (2.ª ed.). Sage.
- Touriñán-López, J. (2020). Conocer, enseñar
y educar tienen distinto significado. La
diferencia permite hablar con sentido de
enseñanza educativa. una mirada mesoaxo-
lógica. *Revista Boletín Redipe*, 9(6), 30-41.
<http://orcid.org/0000-0002-7553->
- Uribe-Pérez, M. (2020). Concepciones de profe-
sores de ciencias en formación inicial sobre

interculturalidad y su relación con la enseñanza: reflexiones en el contexto colombiano. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 47(1), 53-70. <https://doi.org/10.17227/ted.num47-9539>

Vargas, K. y Acuña, J. (2020). El constructivismo en las concepciones pedagógicas y epistemológicas de los profesores. *Revista Innova Educación*, 2(4), 555-575. <https://doi.org/10.35622/j.rie.2020.04.004>

Vasilachis de Gialdino, I. (2006). *Estrategias de investigación cualitativa*. Gedisa.

Vázquez-Alonso, Á. y Manassero-Mas, M. (2018). Más allá de la comprensión científica: educación científica para desarrollar el pensamiento. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 309-336. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6449623>

Vázquez-Bernal, B., Jiménez-Pérez, R. y Jiménez, V. (2019). Pedagogical Content Knowledge (PCK) of a Science Teacher: Reflection and Action as Facilitators of Learning. *Enseñanza de las Ciencias*, 37(1), 25-53. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2550>

Villaveces-Cardoso, J. (2000). Química y epistemología: una relación esquiiva. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, 1(2-3), 9-26. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41400302>



Mapeando as integrações dos componentes do conhecimento pedagógico do conteúdo: um estudo com licenciandos de Química no programa de residência pedagógica





- Mapping the Integrations of Pedagogical Content Knowledge Components: A Study with Chemistry Pre-Service Teachers in the Pedagogical Residency Program
- Mapeo de las integraciones de los componentes del conocimiento pedagógico del contenido: un estudio con futuros profesores de química en el programa de residencia pedagógica

Forma de citar o artigo

Fernandes Goes, L. e Fernández, C. (2025). Mapeando as integrações dos componentes do conhecimento pedagógico do conteúdo: um estudo com licenciandos de Química no programa de residência pedagógica. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (57), 256 - 278, <https://doi.org/10.17227/ted.num57-22048>

Resumo

Este estudo investiga as inter-relações entre os componentes do Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK) de licenciandos em Química participantes do Programa de Residência Pedagógica (PRP). Adotou-se uma abordagem qualitativa de estudo de caso, envolvendo a implementação de sequências didáticas, reuniões semanais e análises de relatórios semestrais. Entrevistas semiestruturadas foram utilizadas com base na técnica de reflexão estimulada, a fim de explorar e discutir o planejamento e a execução das atividades de intervenção. Os dados foram analisados por meio de análise temática qualitativa e organizados com base nos cinco componentes do PCK. Os resultados indicaram uma

Luciane Fernandes Goes*  
Carmen Fernandez**  

* Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), campus São Carlos – sp. Departamento de Química. Doutora em Ensino de Ciências, pós-doutoramento na Universidade de São Paulo. Luciane.goes@usp.br

** Universidade de São Paulo (USP), Departamento de Química Fundamental, Instituto de Química da Universidade de São Paulo, São Paulo, sp. Doutora em Química, Pós-doutoramento na Universidade da Califórnia, Berkeley. Livre-Docente em Ensino de Química pela Universidade de São Paulo. carmen@iq.usp.br

Artículo de investigación

Fecha de recepción: 21/08/2024
Fecha de aprobación: 03/10/2024
Fecha de publicación: 01/01/2025



forte integração entre as Orientações para o Ensino de Ciências e o Conhecimento de Estratégias Instrucionais, além de uma conexão significativa entre o Conhecimento da Compreensão dos Alunos e o Conhecimento de Estratégias Instrucionais. Em contrapartida, o Conhecimento do Currículo de Ciências revelou uma integração mais limitada. O estudo também permitiu a observação direta do ePCK e do pPCK, bem como o impacto do PRP no fortalecimento do pPCK e do cPCK. Esses achados destacam a relevância desses componentes tanto na prática docente quanto na formação inicial de professores.

Palavras-chave

conhecimento pedagógico do conteúdo; formação inicial de professores; programas de formação de professores; química

Abstract

This study investigates the interrelations between the components of Pedagogical Content Knowledge (PCK) of Chemistry pre-service teachers participating in the Teacher Residency Program (PRP). A qualitative case study approach was adopted, involving the implementation of didactic sequences, weekly meetings, and analysis of semester reports. Semi-structured interviews were conducted using the stimulated reflection technique to explore and discuss the planning and execution of intervention activities. The data were analysed through qualitative thematic analysis and organised based on the five components of PCK. The results indicated a strong integration between Science Teaching Orientations and Knowledge of Instructional Strategies, along with a significant connection between Knowledge of Students' Understanding and Knowledge of Instructional Strategies. Conversely, Science Curriculum Knowledge showed more limited integration. The study also allowed for direct observation of both ePCK and pPCK, as well as the impact of the PRP on strengthening pPCK and cPCK. These findings highlight the relevance of these components in both teaching practice and initial teacher education.

Keywords

pedagogical content knowledge; preservice teacher education; teacher education programs; chemistry

Resumen

Este estudio investiga las interrelaciones entre los componentes del Conocimiento Pedagógico del Contenido (PCK) de estudiantes de Química que participan en el Programa de Residencia Pedagógica (PRP). Se adoptó un enfoque cualitativo de estudio de caso, que incluyó la implementación de secuencias didácticas, reuniones semanales y análisis de informes semestrales. Se realizaron entrevistas semiestructuradas basadas en la técnica de reflexión estimulada, con el fin de explorar y discutir la planificación y ejecución de las actividades de intervención. Los datos fueron analizados mediante análisis temático cualitativo y organizados con base en los cinco componentes del PCK. Los resultados indicaron una fuerte integración entre las Orientaciones para la Enseñanza de las Ciencias y el Conocimiento de Estrategias Instruccionales, así como una conexión significativa entre el Conocimiento de la Comprensión de los Estudiantes y el Conocimiento de Estrategias Instruccionales. Por el contrario, el Conocimiento del Currículo de Ciencias mostró una integración más limitada. El estudio también permitió la observación directa del ePCK y el pPCK, así como el impacto del PRP en el fortalecimiento del pPCK y el cPCK. Estos hallazgos resaltan la relevancia de estos componentes tanto en la práctica docente como en la formación inicial de profesores.

Palabras clave

conocimiento pedagógico del contenido; formación inicial de docentes; programas de formación docente; química

Introdução

Os professores, ao longo de sua formação, desenvolvem um corpo de conhecimentos exclusivo da profissão docente. Como destaca Bucat (2004, p. 217, tradução nossa): “Existe uma grande diferença entre conhecer sobre um tópico e conhecer as demandas particulares de ensino e aprendizagem daquele tópico em particular”. Esse conjunto de conhecimentos constitui a base do ensino, sendo uma característica fundamental dos professores, adquirida não apenas por meio da experiência, mas também de uma formação específica. Um componente central dessa base é o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo – PCK (Shulman, 1986).

Shulman introduziu o conceito de PCK para descrever o conhecimento singular dos professores (Shulman, 1986). O PCK é um dos conhecimentos utilizados pelos docentes no processo de ensino (Kind, 2009; Fernandez, 2014), abrangendo tanto a compreensão dos professores quanto suas práticas de ensino (Park & Oliver, 2008). Trata-se de um construto dinâmico, que descreve o processo enfrentado pelos professores ao lidar com “o desafio de ensinar assuntos particulares a alunos particulares em contextos específicos” (Shulman, 2015, p. 9, tradução nossa).

O PCK demonstrou ser uma ferramenta conceitual valiosa, amplamente utilizada por pesquisadores em educação científica para entender, descrever e investigar o conhecimento e a prática docente (Abell, 2008; Fernandez, 2014; Gess-Newsome, 1999; Kind, 2009). Ele tornou-se um referencial teórico fundamental para examinar a complexa relação entre ensino e conteúdo, especialmente através do uso de abordagens de ensino específicas (van Driel, Verloop, & de Vos, 1998). Além disso, o PCK fornece uma estrutura teórica valiosa para examinar o conhecimento dos profe-

sores e direcionar pesquisas sobre como esse conhecimento é desenvolvido (Abell, 2008; Fernandez, 2015; Nilsson, 2008).

Embora o PCK seja objeto de estudo desde os anos 1980, ainda há lacunas na compreensão sobre o processo de seu desenvolvimento e da interação entre seus componentes (Chan & Hume, 2019; Sorge, Kröger Petersen, & Neumann, 2019). Pesquisadores apontam para a necessidade de investigações mais aprofundadas sobre as trajetórias percorridas pelos professores, desde sua formação inicial até se tornarem especialistas (Wilson, Borowski, & van Driel, 2019). Dessa forma, torna-se essencial investigar como as relações entre os componentes do PCK de futuros professores evoluem em resposta às diferentes oportunidades oferecidas durante os cursos de formação inicial.

Antecedentes - a integração dos componentes do PCK

Estudos que investigam as integrações entre os componentes do PCK têm ganhado destaque, fornecendo informações valiosas sobre como esses componentes interagem. Dentre essas investigações, destacam-se os estudos que utilizam a metodologia de Mapas de PCK, permitindo uma análise mais detalhada das interações entre seus componentes.

Park e Chen (2012) introduziram essa abordagem para explorar as integrações entre os componentes do PCK em diferentes tópicos de biologia, como fotossíntese e hereditariedade. Eles observaram que essas integrações variavam conforme o tópico, com o *conhecimento dos estudantes* e as *estratégias instrucionais* mostrando uma conexão mais forte, enquanto o *conhecimento do currículo* e o *conhecimento da avaliação* apresentaram menor número de integrações com os outros componentes.

De forma semelhante, Aydin e Boz (2013) utilizaram o Mapa do PCK para examinar as integrações entre os componentes do PCK de dois professores experientes de Química, ao abordar tópicos como reações redox e células eletroquímicas. Eles observaram que as integrações eram específicas para cada tópico, com o *conhecimento do aluno* e as *estratégias instrucionais* desempenhando um papel central, enquanto o *conhecimento da avaliação* e o *conhecimento do currículo* apresentaram interações mais limitadas.

Aydin et al. (2015) investigaram o desenvolvimento do PCK durante o estágio supervisionado, também utilizando o Mapa do PCK. Inicialmente, os futuros professores apresentaram poucas integrações entre os componentes do PCK, mas, após o estágio, essas integrações aumentaram, especialmente entre o *conhecimento do currículo de ciências* e os outros componentes, evidenciando um progresso no desenvolvimento do PCK.

Akin e Uzuntiryaki-Kondakci (2018) compararam a integração do PCK entre professores novatos e experientes, também usando o Mapa do PCK. Eles observaram que professores experientes demonstraram maior integração dos componentes do PCK, em comparação com os novatos. O *conhecimento sobre os alunos* e as *estratégias instrucionais* foram os principais facilitadores dessa integração, permitindo que os professores experientes aplicassem um PCK mais integrado e articulado.

Mais recentemente, Gao, Damico e Gelfuso (2021) examinaram, por meio dos mapas do PCK, como os componentes do PCK de uma professora do ensino médio foram integrados durante o ensino de seleção natural. Eles observaram que o *conhecimento de estratégias instrucionais* e de *conteúdo de ciências* foram os componentes mais frequentemente conectados com os demais, enquanto o *conhecimento da avaliação* teve menos integração.

Şen, Demirdöğen e Öztekin (2022) investigaram as interações entre os componentes do PCK em três professores de ciências com diferentes níveis de *conhecimento do conteúdo*, também utilizando mapas do PCK. Eles constataram que um *conhecimento de conteúdo* alinhado ao currículo resultava em um PCK mais integrado, enquanto um *conhecimento de conteúdo* mais profundo ou insuficiente estava associado a uma menor integração dos componentes do PCK.

Esses estudos destacam que a metodologia de mapas de PCK é uma ferramenta eficaz para investigar a complexidade das interações entre os componentes do PCK. Além disso, revelam como essas interações variam conforme o conhecimento específico do conteúdo e a experiência dos professores.

Referencial teórico

O Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK) é definido como a combinação da pedagogia e conhecimento da disciplina, sendo introduzido por Shulman na década de 1980 (Shulman, 1986). Desde sua proposição inicial, a pesquisa

em educação científica tem buscado descrever o PCK, e, mais recentemente, diferenciar seus domínios, conforme sugerido por Carlson et al. (2019) no Modelo Consensual Refinado do PCK. Eles identificaram três domínios distintos de PCK: o PCK coletivo (cPCK; PCK compartilhado e publicado), o PCK pessoal (pPCK; PCK internalizado e exclusivo de um professor) e o PCK em ação (ePCK; PCK expresso em uma situação concreta de ensino).

O Modelo Consensual Refinado é representado em camadas, com o processo de planejar-ensinar-refletir do ePCK posicionado no centro, inserido no pPCK do professor e circundado pelo cPCK na camada externa. Essa estrutura visual ilustra a estreita conexão entre os domínios do PCK e sua influência mútua (Silva & Fernandez, 2021).

O cPCK é o conhecimento amplamente compartilhado dentro da comunidade profissional, sendo publicado em livros e artigos. Ele abrange a base de conhecimentos profissionais, como o conhecimento de conteúdo, o conhecimento pedagógico e as experiências de ensino documentadas. Carlson et al. (2019) enfatizam que o continuum do PCK disciplinar, de um tópico e de conceito-específico descrito para o PCK coletivo se aplica a todos os domínios do PCK.

O pPCK, por sua vez, refere-se ao PCK internalizado de um professor, ou seja, o conhecimento que ele aplica em sala de aula. Esse domínio é desenvolvido a partir do cPCK por meio da sua formação inicial, consultas à literatura e discussões com colegas. Assim, o pPCK constitui a base prática que os professores utilizam em suas situações de ensino. Além disso, interações e debates entre professores podem transformar pPCK individual em cPCK.

O ePCK representa a aplicação prática do pPCK em situações reais de ensino. Segundo Carlson et al. (2019), ele é um subconjunto do

pPCK, manifestando-se quando os professores escolhem estratégias de ensino, estruturam aulas, definem tarefas, selecionam modelos e lidam com erros dos alunos. Como o ePCK se manifesta apenas durante o ensino, ele é mais difícil de ser descrito fora desse contexto. Alonzo, Berry e Nilsson (2019) identificaram três formas de ePCK: para o planejamento, para o ensino e para a reflexão. Cada manifestação do ePCK durante a prática docente contribui para o aumento ou modificação do pPCK do professor.

Em relação aos componentes do PCK, Park e Oliver (2008) organizaram os cinco componentes propostos por Magnusson, Krajcik e Borko (1999) em um modelo representado como um pentágono, com o PCK no centro. Esses componentes são: 1) Orientações para o Ensino de Ciências (OEC); 2) Conhecimento da Avaliação da Aprendizagem em Ciências (CAA); 3) Conhecimento das Estratégias Instrucionais para o Ensino de Ciências (CEI); 4) Conhecimento do Currículo de Ciências (CCC); 5) Conhecimento da Compreensão dos Estudantes em Ciências (CCE). Embora ambos os modelos compartilhem esses cinco componentes fundamentais, a representação em pentágono destaca o PCK como uma integração contínua e contextualizada entre os eles. Cada componente influencia os outros e está interligado. Isso implica que o desenvolvimento de um componente pode estimular o desenvolvimento de outros, contribuindo assim para a melhoria do PCK.

Apesar de Magnusson, Krajcik e Borko (1999) reconhecerem a importância da interação e da coerência entre os componentes, o modelo de PCK que propuseram não representava claramente essa integração. O modelo pentagonal, por outro lado, enfatiza a interação contínua e a importância da reflexão na prática docente. Neste sentido, o PCK destaca que o professor não é apenas um

técnico que aplica conhecimentos planejados por outros, mas um profissional reflexivo, capaz de aprimorar sua prática por meio da interação com os alunos e da reflexão na ação sobre a ação (Park & Oliver, 2008).

As OEC referem-se às orientações curriculares que professores adotam de acordo com suas crenças para atingir objetivos e metas do ensino de ciências em diferentes níveis de ensino (Magnusson, Krajcik e Borko, 1999). O modelo de Magnusson, Krajcik e Borko (1999) é uma releitura do modelo de Grossman (1990), com foco no Ensino de Ciências (Fernandez, 2014). Nesse modelo, os autores substituíram o termo “concepções dos propósitos do ensino do tema”, usado por Grossman, por “Orientações para o ensino de ciências”, fundamentando-o em orientações curriculares (Fernandez, 2014; 2015).

Tais orientações são classificadas em categorias no artigo de Magnusson, Krajcik e Borko et al.(1999), tais como: *processo; rigor acadêmico; didática; mudança conceitual; atividade dirigida; descoberta; ciência baseada em projetos; investigação e, investigação orientada*. Contudo, Friedrichsen, van Driel e Abell (2010) criticam essa abordagem mais teórica do termo, sugerindo que objetivos baseados em estudos empíricos poderiam oferecer maior aderência às práticas reais dos professores (Fernandez, 2015). Apesar da crítica, o modelo de Magnusson, Krajcik e Borko (1999) continua amplamente utilizado, sendo interpretado como “conhecimentos e crenças sobre os propósitos e objetivos do ensino de ciências em um determinado nível de ensino” (Fernandez, 2015).

Assim, o PCK envolve um ato intencional em que os professores escolhem reconstruir sua compreensão para se adequar a uma situação específica. Portanto, o PCK é influenciado pelas crenças dos professores sobre o propósito de ensinar uma disciplina em um determinado nível de ensino, que são em grande parte moldadas por suas experiências e perspectivas (Park & Oliver, 2008).

○ CAA envolve o entendimento das dimensões da aprendizagem em ciências que devem ser avaliadas, bem como os métodos para essa avaliação. ○ CAA inclui o conhecimento dos professores sobre métodos formais e informais de avaliação, compreendendo instrumentos, abordagens ou atividades dirigidas para acessar a compreensão de um determinado conteúdo.

○ CEI diz respeito às formas pelas quais o professor representa o conteúdo, incluindo seu repertório de exemplos, demonstrações, experimentos, metáforas, analogias e atividades que tornam o conteúdo mais acessível ao estudante. Refere-se, portanto, ao conjunto de estratégias concretas aplicáveis ao ensino de tópicos específicos.

○ CCC engloba o conhecimento dos professores sobre o currículo e os materiais curriculares disponíveis para o ensino de conteúdos específicos, assim como sobre o currículo horizontal e vertical da disciplina (Grossman, 1990). ○ currículo horizontal envolve a compreensão dos professores sobre as metas e objetivos para os alunos na disciplina que estão ensinando, bem como a

articulação dessas metas com tópicos de outras disciplinas que os alunos aprendem simultaneamente. Já o currículo vertical refere-se ao conhecimento dos professores sobre o que os alunos aprenderam em anos anteriores e o que se espera que aprendam nos anos seguintes. Esse conhecimento permite ao professor tomar decisões mais consistentes sobre a sequência de conteúdos e propor alterações condizentes.

O CCE compreende o conhecimento sobre o que os alunos já sabem sobre um determinado tópico, bem como as dificuldades que podem encontrar ao aprender sobre ele. O CCE abrange as concepções alternativas que os alunos possuem sobre tópicos específicos, as dificuldades de aprendizagem, a motivação, além da compreensão da diversidade em habilidades, estilos de aprendizagem, interesses, níveis de desenvolvimento e necessidades.

Neste trabalho, utilizamos a definição operacional de Park e Chen (2012) que descrevem o PCK como “uma integração de dois ou mais componentes no modelo”. Essa definição destaca que o PCK não é um acúmulo isolado de conhecimentos, mas sim uma combinação dinâmica e interativa de diferentes aspectos que os professores utilizam para planejar e implementar o ensino. Ao considerar o PCK como uma integração, enfatizamos a importância da relação entre seus componentes. No contexto do PCK, a integração refere-se à combinação e inter-relação dos diferentes componentes que o constituem. Park e Oliver (2008) observam que o aumento de um único componente, sem um crescimento correspondente nos demais, pode não ser suficiente para alterar a estrutura do PCK. Para os autores: “O PCK para um ensino efetivo é a integração de todos os aspectos do conhecimento do professor de maneiras altamente complexas” (2008, tradução nossa).

O PCK e o Programa de Residência Pedagógica (PRP)

Diversos autores destacam a importância de incluir o constructo PCK na formação de professores, como Talanquer (2018) e Hume e Berry (2011). Esses autores argumentam que a inclusão do PCK nos cursos de formação de professores ajuda os docentes a compreender e construir conhecimentos sobre os componentes do PCK, os quais podem ser utilizados tanto no planejamento quanto na prática de ensino.

Nesse contexto, o Programa de Residência Pedagógica (PRP), introduzido pela CAPES em 2017, surge como uma iniciativa que busca integrar teoria e prática na formação inicial de professores. Por meio de parcerias entre instituições de ensino superior e escolas públicas, o PRP proporciona aos licenciandos a oportunidade de vivenciar o ambiente escolar desde o início de sua formação. Durante o programa, os residentes trabalham lado a lado com professores experientes, têm contato direto com os alunos da Educação Básica e realizam diversas atividades práticas, como o desenvolvimento de planos de aula e a ministração de aulas. Além disso, o PRP promove reuniões conjuntas com residentes, professores experientes e docentes universitários.

Nesse contexto, a teoria e a prática são trabalhadas conjuntamente, permitindo que todos os participantes contribuam e aprendam mutuamente. Os residentes desenvolvem não apenas habilidades práticas, mas também a capacidade de refletir criticamente sobre sua prática pedagógica, além de identificar os conhecimentos docentes necessários. Por sua vez, os professores experientes desempenham um papel fundamental na formação dos residentes, trazendo aspectos práticos da sala de aula, do conhecimento sobre os alunos e a gestão do tempo. Simultaneamente,

eles vivenciam uma formação continuada em contato com a universidade. Já os docentes universitários, ao participarem da formação dos residentes e professores, ampliam sua compreensão sobre a realidade escolar, os desafios enfrentados pelos professores e as dificuldades dos alunos da Educação Básica (Fernandez, 2023).

As experiências adquiridas no âmbito do PRP são fundamentais tanto para a construção dos conhecimentos docentes dos residentes quanto para o aprimoramento dos conhecimentos dos professores experientes e docentes universitários (Fernandez, 2023). O programa oferece uma rica experiência formativa, permitindo aos participantes conhecer de perto os desafios e as realidades do ambiente educacional. Santos e Freitas (2021) e Fernandez (2023) destacam que o PRP pode ser um espaço privilegiado para a reflexão crítica sobre conceitos, teorias e práticas, contribuindo, assim, para o desenvolvimento de um PCK sólido.

Dessa forma, este estudo tem como objetivo examinar as integrações entre os componentes do PCK e entender a natureza dessas interações por meio dos Mapas do PCK de licenciandos participantes do Programa Residência Pedagógica.

Metodologia

Esta pesquisa é de natureza qualitativa e adota um delineamento do tipo estudo de caso (Creswell, 2012). Os participantes são licenciandos em Química que fizeram parte do Programa de Residência Pedagógica (PRP), segunda edição, conforme o Edital nº 01/2020. A pesquisa foi conduzida no Brasil, mais especificamente na região Sudeste, em uma Instituição de Ensino Superior pública. Para preservar a confidencialidade, os licenciandos foram identificados por nomes fictícios: Berílio, Enrico, Lutécio, Marie, Mendeleev e Stefanie.

Os participantes apresentavam diferentes trajetórias educacionais e experiências: Berílio, Lutécio, Marie e Mendeleev estudaram em escolas particulares e optaram pela licenciatura durante o bacharelado em Química. Berílio e Lutécio têm experiência prática em escolas, enquanto Marie e Mendeleev, apesar de participarem do PRP, não atuam na área. Enrico e Stefanie, que cursaram o ensino básico em escolas públicas, escolheram a licenciatura por gostar de ensinar. Enrico leciona em uma escola integral. Stefanie ministra aulas de química e física no ensino fundamental e médio, e encontrou segurança para atuar em sala de aula após participar do PRP.

A pesquisa envolveu a observação das implementações de três sequências didáticas elaboradas pelos seis residentes do PRP, reuniões semanais onde ocorriam discussões sobre os planejamentos e reflexão sobre a implementação dessas sequências. Foram analisados os relatórios semestrais, que em geral apresentavam os planos de aulas elaborados por eles. Também foi realizada uma reflexão estimulada por meio de entrevistas semiestruturadas que permitiram discutir e refletir sobre o planejamento e execução de atividades de intervenção

realizadas pelos licenciandos, investigando os componentes do PCK e outros conhecimentos docentes presentes nesse material. A reflexão estimulada é uma técnica que pede aos professores que comentem um vídeo em que eles aparecem lecionando. A ideia é que os professores reconstruam seu pensamento durante o ensino. Essa técnica tem se mostrado como uma ferramenta rica tanto para construção de dados como para o desenvolvimento profissional, incentivando e apoiando a prática reflexiva dos professores (Nilsson, 2008; Oztay & Boz, 2022).

Os dados foram analisados por meio de análise temática qualitativa, conforme proposto por Clark e Braun (2017). A análise combinou codificação indutiva e dedutiva, com base nos cinco componentes do PCK, conforme o modelo de Park e Oliver (2008): (1) orientações para o ensino, (2) conhecimento do currículo, (3) conhecimento da compreensão dos estudantes, (4) conhecimento da avaliação da aprendizagem; e (5) conhecimento das estratégias instrucionais. A integração entre os componentes do PCK seguiu a metodologia de mapas do PCK de Park e Chen (2012), a qual segue três passos: 1) análise aprofundada do PCK explícito, 2) abordagem enumerativa e 3) método comparativo.

A análise aprofundada tem o objetivo de identificar nos episódios de ensino a presença de trechos nos quais ocorre a integração de dois ou mais componentes do PCK. Para nossa análise, consideramos como episódios de PCK aqueles que incluiu segmentos de ensino específicos. Utilizando a análise aprofundada de PCK de Park e Chen (2012), os componentes de PCK foram identificados em cada episódio de ensino de cada participante.

Na abordagem enumerativa, buscou-se evidências de interação entre os componentes do PCK dentro de cada episódio de ensino.

Tais conexões são quantificadas de acordo com a frequência com as quais os componentes se conectam. Em seguida, construiu-se um mapa de PCK para cada episódio com base nas interações entre os componentes do PCK (Park & Suh, 2019). Como sugerido por Park e Chen (2012), para os casos em que três componentes do PCK interagiram entre si, assumiu-se que cada componente tinha uma interação com os outros dois componentes. Depois de identificar as interações evidentes nos dados de cada episódio de cada participante, calculou-se a soma de interações específicas e todas as interações que ocorreram na análise para cada participante, gerando um Mapa do PCK final (Park & Suh, 2019).

Na etapa final, pelo uso do método comparativo, analisou-se a existência de padrões na integração do PCK dos professores, o que permitiu a identificação de conexões comuns entre os diferentes componentes do PCK.

Para garantir a qualidade e a confiabilidade das nossas análises, utilizamos um processo de codificação rigoroso e sistemático que envolveu dois pesquisadores. A codificação começou com uma rodada inicial individual, seguida de discussões extensas e construção de consenso.

As sequências didáticas

As sequências didáticas descritas a seguir foram elaboradas e implementadas durante o período de ensino remoto, exigido pela pandemia de Covid-19. As atividades foram desenvolvidas em grupos, duplas ou individualmente, de forma a se adaptar às circunstâncias do ensino à distância e atender às necessidades dos alunos nesse período desafiador (Fernandez *et al.*, 2023).

Berílio, Mendeleev e Stefanie desenvolveram a oficina “Alquimia e Química”, abordando

a história da química em aulas virtuais. O objetivo desta oficina foi oferecer uma perspectiva histórica sobre a química. Em formato de “roda de conversa virtual”, a oficina foi dividida em duas aulas. Na primeira, os licenciandos discutiram a percepção dos alunos sobre alquimia. Na segunda aula, abordaram as diferenças entre a alquimia e a ciência moderna, destacando a influência do contexto histórico nas explicações científicas da época.

Marie e Enrico criaram a intervenção “RPG Solo”, discutindo a história do flogisto e a ascensão de Lavoisier. A aula abordou a descoberta do oxigênio por Lavoisier, destacando o apoio de sua esposa e a influência de outros cientistas. A intervenção também discutiu a persistência da teoria do flogisto, ilustrando o papel do contexto histórico e social na aceitação de novas ideias. Os alunos interagem com a história por meio de escolhas que levavam a diferentes desfechos.

Lutécio elaborou uma sequência sobre tratamento de água, ministrada em videoaula gravada. A videoaula começou com uma contextualização sobre o uso da água, abordando sua quantidade no mundo, o ciclo da água e a potabilidade, conforme o Ministério da Saúde. Foram analisados rótulos de água mineral para revisar conceitos de mistura e pH, seguido de um mapa mental dos conceitos e um vídeo animado em 3D sobre o tratamento de água com explicações detalhadas.

Resultados e análise

A Tabela 1 apresenta os mapas de PCK elaborados para o ensino dos três temas anteriormente descritos por cada residente, além das frequências e intensidade das conexões entre os componentes do PCK. A intensidade dessas integrações foi representada por diferentes tipos de linhas. Algumas conexões foram mais fortes e frequentes que outras. Por exemplo, para todos os residentes, os componentes OEC e CEI desempenharam um papel central no ensino dos temas, indicando que ambos foram influentes na formação do PCK dos residentes.

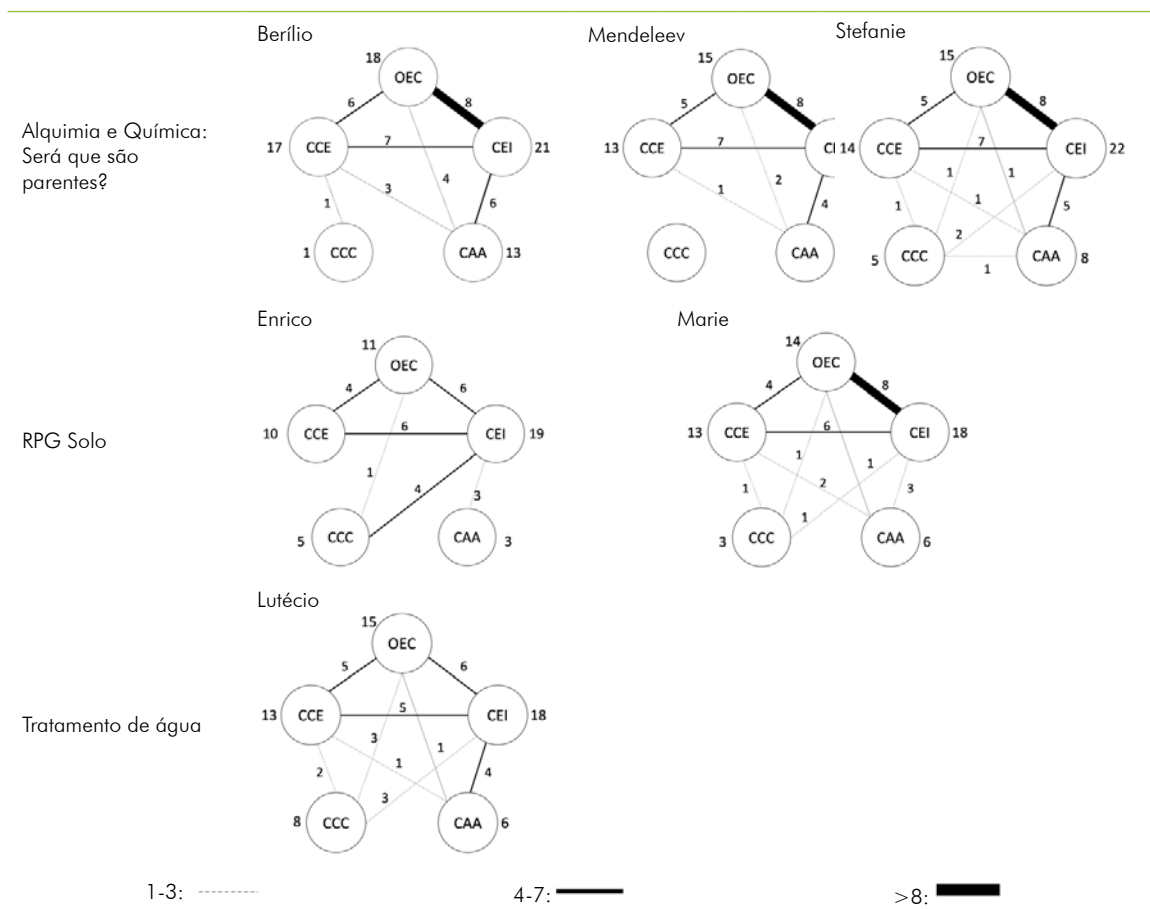
Por outro lado, a conexão menos frequente ocorreu entre CAA e CCC. Isso sugere que o CCC dos participantes teve pouca influência no uso do CAA. Por exemplo, apenas Stefanie apresentou uma única integração entre CAA e CCC, na qual o CCC orientou o que avaliar com base nos objetivos do currículo. Além disso, tanto o CCC quanto o CAA foram menos frequentemente conectados com outros componentes no ensino dos residentes, indicando que esses componentes tiveram menos impacto na formação de seus PCKs.

As integrações entre os componentes do PCK variaram entre os residentes, mesmo quando ensinaram o mesmo tema. Por exemplo, na oficina sobre alquimia e química, Mendeleev apresentou menos conexões entre os componentes do PCK (54 no total), enquanto o mapa de PCK de Berílio mostrou maior integração (70 conexões no total). Além disso, nenhuma integração envolvendo CCC foi detectada no PCK de Mendeleev. Da mesma forma, os mapas de PCK de

Stefanie diferiram dos demais residentes para o ensino do mesmo tema. Ao ensinar química e química, Stefanie, embora apresentasse menos integrações que Berílio (64 no total),

conseguiu conectar todos os componentes do PCK. Esses dados reforçam o caráter altamente pessoal e idiossincrático do PCK.

Tabela 1. Mapa dos PCK para os residentes



OEC: Orientações para o Ensino de Ciências; CEI: Conhecimento das estratégias instrucionais; CAA: Conhecimento da Avaliação da Aprendizagem; CCC: Conhecimento do Currículo de Ciências; CCE: Conhecimento da Compreensão dos Estudantes.

Como se observa na Tabela 1, a intensidade das integrações entre os componentes do PCK está diretamente relacionada à frequência com que essas conexões ocorrem: quanto maior a frequência, maior a intensidade. Integrações classificadas como “fortemente integradas” indicam que os residentes foram capazes de articular esses componentes em diversos momentos ao longo de suas sequências didáticas, demonstrando fluidez ao transitar entre eles. Por exemplo, ao ajustar

uma estratégia de ensino (CEI) com base no que os alunos já sabem (CCE) e no currículo em andamento (CCC), os residentes evidenciam um domínio mais avançado do PCK, conectando esses conhecimentos de forma coerente e adaptativa às demandas reais da sala de aula.

A análise da variação entre os mapas de PCK dos residentes revelou não apenas a natureza pessoal e idiossincrática desse conhecimento, mas também a influência da especificidade do conteúdo químico no

Mapeando as integrações dos componentes do conhecimento pedagógico do conteúdo: um estudo com licenciandos de Química no programa de residência pedagógica
Luciane Fernandes Goes, Carmen Fernandez



processo de integração dos componentes. No caso do tratamento de água, um tema mais concreto e visível que envolve conceitos como processos de separação de misturas, observou-se maior fluidez nas integrações entre os componentes do PCK. Por exemplo, Lutécio demonstrou integrações com o Conhecimento de Conteúdo Curricular (CCC), o que pode ser atribuído ao fato de o tema ser menos abstrato e mais diretamente relacionado ao currículo de Química. Essa relação facilitou a articulação entre os conteúdos previstos no currículo e as práticas pedagógicas, permitindo uma abordagem mais estruturada e alinhada com os objetivos curriculares.

Em contrapartida, os temas de alquimia e RPG solo, que demandam maior grau de abstração, evidenciam desafios adicionais no ensino de Química. No caso de Mendeleev, que trabalhou com alquimia e ciência moderna, não foram observadas integrações com CCC. A ausência dessas conexões pode refletir a complexidade de articular conceitos históricos e científicos abstratos, como a transmutação dos metais ou as influências filosóficas sobre a ciência da época, com o currículo de Química.

O contexto das discussões e reflexões dentro do PRP foi fundamental para auxiliar os residentes na tomada de decisões sobre as estratégias instrucionais a serem utilizadas pelos residentes, além de proporcionar possibilidades de integração entre diferentes componentes do PCK. Em uma reunião de planejamento da intervenção sobre “Alquimia e Química”, Stefanie questiona se a abordagem proposta seria adequada, expressando sua preocupação de que o conteúdo químico não estivesse sendo abordado diretamente: “Eu fiquei com receio de vocês considerarem muito histórico e filosófico e pouco químico.” (Stefanie, reunião semanal).

A orientadora do PRP tranquiliza Stefanie, destacando a relevância desses temas na formação científica, mesmo que não tratem de Química diretamente: “Vocês não estão tratando de Química diretamente, mas se olhar para BNCC [Base Nacional Comum Curricular], para o Currículo Paulista, toda essa parte de práticas científicas e da visão de ciência está lá e é uma das coisas importantes que devemos trabalhar em sala de aula” (Orientadora, reunião semanal). Mendeleev reforça que, apesar da abordagem mais ampla, eles logo abordariam conteúdos diretamente relacionados à Química: “quando formos abordar a questão de transmutação e da transformação da matéria.” (Mendeleev, reunião semanal).

A orientadora então conecta a estratégia didática ao conhecimento prévio dos alunos, sugerindo que a reflexão sobre as transformações na visão dos alquimistas e dos químicos poderia ser uma maneira eficaz de introduzir o conteúdo:

Como os alquimistas enxergavam as transformações e como os químicos enxergam, explorar isso de um jeito mais tranquilo. Com a discussão inicial do “tirar o molhado da água para virar ar”, dá para saber vários conhecimentos dos alunos sobre química, será que eles percebem que é um absurdo isso quimicamente? (Orientadora, reunião semanal).

Ao refletirem sobre o planejamento, os residentes decidiram expandir essa abordagem, conectando o conceito de transmutação discutido anteriormente nas reuniões: “Nós já tínhamos falado disso, sobre a transmutação de elementos, como a água se transforma em outra substância. Lembro que discutimos isso a partir dos elementos de Aristóteles, como mudar a proporção dos elementos e, consequentemente, alterar sua natureza.” (Boyle, entrevista). Além disso, nas aulas, os residentes utilizaram exemplos práticos para ilustrar conceitos químicos, como a reação química de rearranjo de átomos: “Na primeira, a gente tem uma reação química, certo? Você consegue ver que do lado esquerdo eu tenho CaCO_3 e 2HCl e do outro lado eu tenho os mesmos átomos rearranjados?” (Stefanie, Intervenção).

Esse tipo de diálogo ilustra como o PRP oferece um espaço privilegiado para o desenvolvimento do PCK específico do professor de Química, onde as discussões práticas sobre o conteúdo e as estratégias pedagógicas são contínuas e colaborativas. Isso permite aos residentes adaptar e apresentar os conceitos químicos de forma mais acessível aos alunos. Em comparação com outros cursos de formação, o PRP promove uma integração mais profunda entre teoria e prática, essencial para enfrentar as dificuldades específicas do ensino de Química.

A partir da análise dos mapas de PCK dos residentes, identificamos quatro características principais de integração entre os componentes do PCK: i) OEC e CEI: componentes centrais; ii) CCE com forte conexão com CEI; iii) CCC com integração limitada e iv) CAA com poucas integrações, sendo mais frequentemente ligado ao CEI.

OEC e CEI: componentes centrais na integração

Um padrão comum nos mapas do PCK foi que as OEC e o CEI foram os componentes mais

frequentemente integrados com outros, como também apontaram Aydin e Boz (2013), Padilla e van Driel (2011) e Park e Chen (2012) em suas pesquisas. A conexão entre esses dois componentes foi a mais forte entre todas as interações, o que sugere que as OEC e as CEI associadas influenciaram diretamente quais outros componentes precisavam ser incorporados, moldando, assim, o Mapa do PCK dos residentes.

As OEC referem-se à “maneira como um professor vê e conceitua o ensino de ciências” (Magnusson, Krajcik e Borko, 1999, p. 97). Nos dados analisados, os residentes demonstraram diferentes orientações de ensino. Berílio, Mendeleev e Lutécio mostraram uma orientação mais centrada no professor, caracterizada por uma forte orientação didática cujo foco é a transmissão de fatos científicos. Assim, o licenciando apresenta as informações geralmente por meio de aulas expositivas. Por exemplo, Lutécio afirma que em sua aula quis apresentar as etapas de tratamento de água:

A minha ideia na época era focar em cada etapa de tratamento da água e separar as etapas em conceitos diferentes, cada processo diferente de separação de substâncias, então destrinchar um pouco mais e dar nome a cada um dos processos. (Lutécio, Entrevista).

Em contraste, Enrico, Marie e Stefanie, apresentaram uma orientação mais centrada no aluno, focando no processo em que os estudantes participam de atividades que desenvolvem pensamento crítico e habilidades integradas, baseando-se no raciocínio científico. Por exemplo, Stefanie opta pela estratégia de roda de conversa, para fazer com que os alunos participassem mais ativamente da aula: “Então a roda de conversa veio com esse propósito mesmo, de garantir maior participação deles” (Stefanie, Entrevista). Esses dados são

consistentes com os resultados de Demirdöğen (2016), onde propósitos relacionados ao conteúdo mostram mais interações com o conhecimento das estratégias. Da mesma forma, como observado nos resultados de Suh e Park (2017), as OEC estão fortemente conectadas a dois outros componentes do PCK: CCE e CEI.

A conexão entre OCE e CEI foi a mais frequente para todos os residentes. Na instrução de Berílio, por exemplo, ele afirma na segunda entrevista que a escolha de iniciar a aula com uma música estava relacionada com a função do professor em trazer novos conhecimentos aos alunos: “Não conhecendo a música antes, é uma oportunidade de apresentar a música pra eles. Porque já tive professores que falavam isso, por exemplo, a função do professor é trazer coisas que os alunos não conheçam.” (Berílio, Entrevista).

Marie, por sua vez, optou por uma aula baseada nos princípios do jogo de RPG pois “queria um jeito diferente de abordar a História da Química, dificilmente abordada pelos professores, também porque é algo difícil, a maioria não tem base pra trabalhar isso, normalmente aparece os nomes e um textinho ali, que na maior parte das vezes só reforça a ideia de heroísmo” (Marie, Entrevista). Com essa estratégia, Marie pretendia criar um ambiente interativo que permitisse aos alunos entenderem a História da Química de maneira mais crítica e envolvente.

CCE: forte conexão com CEI

O CCE foi o terceiro componente mais conectado nos mapas, apresentando uma forte integração com o CEI. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Barendsen e Henze (2019) e Sæleset e Friedrichsen (2021). Essa relação é fundamental para os professores, pois, ao entender como os estudantes pensam e aprendem, eles podem selecionar estratégias de ensino mais eficazes. Observa-se que essa relação entre CEI e CCE, é recíproca: o CEI informa o CCE e, em outros momentos, o CCE influencia diretamente as decisões pedagógicas relacionadas ao CEI.. Por exemplo, Berílio utilizava questões específicas para avaliar a compreensão dos estudantes: “Você consegue dizer alguns exemplos em que você vê a alquimia, exemplos de alquimia que a gente conhece na nossa cultura?” (Berílio – Intervenção). Em outros momentos, a partir do CCE ele planejava estratégias específicas para o ensino de determinado tópico: “Uma estudante soube resumir satisfatoriamente os conteúdos abordados na primeira aula para uma colega que não havia participado (...) a partir disso introduzimos o Caso Boyle” (Berílio – Entrevista).

Essa integração recíproca também foi observada nos demais residentes. Durante um experimento demonstrativo, Enrico questionava os alunos sobre os possíveis resultados e o que eles esperavam que acontecesse: “Isso daqui é palha de aço, que vocês encontram na sua casa. Vamos fazer o experimento então. (...) O que vocês esperam que aconteça, gente? (...) Vocês têm alguma ideia? (...) Vamos ver o que vai acontecer.” (Enrico – Intervenção). Em outro

momento, ele esclarecia dúvidas dos alunos usando diversos exemplos: “Sim, você saber o que está acontecendo te ajuda a controlar aquilo de alguma forma.

Os mapas do PCK indicaram que o componente CCE foi o terceiro componente mais fortemente integrado. Para Berílio, esse componente é o único integrado aos outros quatro, incluindo o CCC, que não mostrou integração com outros componentes. Berílio comenta que os alunos tinham ouvido falar de Robert Boyle, mas não de forma aprofundada, já que o conteúdo de gases foi estudado previamente: “é uma parte do conteúdo de gases (...) Então não acho que eles sabiam, mas não acho que saber quem era Boyle iria interferir na sequência da aula”. (Berílio, Entrevista). Nesse sentido, o CCC informa o CCE.

Lutécio também observou dificuldades dos alunos com o conteúdo de separação de misturas, apesar de já terem estudado o tema:

Uma outra visão que eu trouxe das misturas e substâncias puras, que é uma visão mais formal, científica, vamos falar assim, são esses gráficos porque eles já tiveram esse conteúdo [separação de misturas] e tiveram dificuldades, apesar de estarem interessados.” (Lutécio – Entrevista).

Aqui, o CCC também informa CCE, que por sua vez molda o CEI.

ccc: integração limitada

Os mapas do PCK indicaram que os residentes raramente integraram o CCC em seu PCK. Em particular, conforme mostrado na Tabela 1, o CCC teve poucas conexões, sendo a integração mais fraca com outros componentes, corroborando com outros estudos (Park e Chen, 2012; Aydin e Boz, 2013; Aydin et al., 2015). O CCC refere-se à compreensão dos professores sobre os currículos horizontal e vertical da

disciplina, abrangendo as metas e objetivos para os alunos, bem como os materiais curriculares disponíveis para o ensino de uma determinada matéria (Grossman, 1990).

Entre os participantes, Lutécio foi o residente que mais integrou o componente CCC. Durante uma entrevista ele ressaltou a importância de os alunos entenderem sobre os processos de separação de misturas:

(...) então na época eu quis aproximar isso um pouco da linguagem Química, que é importante que eles entendam (...) então eu tentei pegar esse material e entender o que eles tinham tido e como eles tinham tido, com o objetivo de não fugir muito daquilo que eles tinham estudado, não abordar conceitos que eles não tinham contato nesse material. (Lutécio Entrevista).

Esse excerto evidencia que Lutécio priorizou a terminologia específica da Química, garantindo que seu ensino estivesse em consonância com os materiais oficiais, como o Caderno do Aluno. Consulta ao material oficial permitiu que ele respeitasse a progressão lógica dos conteúdos no currículo, evitando introduzir conceitos que os alunos não tivessem estudado previamente.

Além disso, Lutécio escolheu trabalhar com rótulos de água mineral como ferramenta pedagógica para contextualizar conceitos abstratos, tornando o aprendizado mais significativo e conectado à realidade cotidiana dos alunos. A contextualização evidenciou seus objetivos de ensino, facilitando a compreensão e a retenção dos conteúdos. Nesse sentido, o CCC informou o CEI, moldado pela OCE.

Por outro lado, Berílio e Mendeleev, foram os residentes com menor frequência de integração do componente CCC, sendo que para Mendeleev esse componente não foi integrado nenhuma vez. O conhecimento

de Berílio sobre o currículo vertical raramente influenciava suas decisões instrucionais. Embora ele demonstrasse saber o que os alunos haviam aprendido nos anos anteriores, raramente usava essa informação para planejar aulas que melhorassem o aprendizado do aluno. Berílio conhecia o projeto de ensino da escola onde realizou o estágio e as diretrizes do Programa Ensino Integral do Estado de São Paulo, mas não utilizava isso como critério para tomar decisões sobre a importância dos tópicos curriculares no planejamento e na instrução. Em suma, os dados de Berílio indicam que saber o que é o currículo é diferente de saber como utilizá-lo no ensino.

CAA: poucas integrações, mais integrado com CEI

O CAA foi o quarto componente mais frequentemente integrado nos Mapas do PCK, destacando-se principalmente em sua conexão com o CEI. O CAA envolve a compreensão das dimensões da aprendizagem das ciências que são importantes para avaliar dentro de uma unidade de estudo bem como os métodos para realizar essa avaliação. Isso inclui o conhecimento sobre os instrumentos, abordagens e atividades específicas que podem ser usadas para avaliar o aprendizado de ciências (Magnusson, et al., 1999).

Entre os residentes, Berílio demonstrou uma integração mais ampla do CAA, conectando-o ao CEI e ao CCE. Ele utilizava frequentemente diferentes tipos de perguntas para diagnosticar o nível de compreensão de seus alunos, ajustando sua instrução conforme necessário, o que revela uma conexão dinâmica entre os três componentes. Por exemplo, antes de avançar para um novo conceito, Berílio fazia perguntas como: “Ficou claro para vocês o motivo pelo qual a alquimia era algo mais fechada e os alquimistas não queriam compartilhar as informações?” (Berílio – Intervenção). Ele acreditava que, para seguir em frente, era essencial entender a compreensão atual dos alunos e usar perguntas como uma forma eficaz de avaliação.

Enrico, por outro lado, integrou o CAA exclusivamente com o CEI. Em uma atividade experimental demonstrativa, ele questionava os alunos sobre o aumento da massa: “Por que vocês acham que isso aconteceu?” (Enrico – Intervenção). Em outro momento, ao discutir a teoria do flogisto, ele perguntava se o raciocínio estava correto: “Só que aí, se ele está pegando fogo, é pro flogisto sair, e se ele sai, a massa tem que diminuir. E não foi isso que Lavoisier viu. Concorde?” (Enrico – Intervenção). Nessas atividades, Enrico não apenas avaliava a compreensão dos alunos sobre conceitos específicos, mas também identificava possíveis concepções alternativas. Essas estratégias proporcionavam um feedback imediato sobre a aprendizagem dos alunos, mostrando como o CEI orientava o CAA. Embora os residentes demonstrem uso do CAA, assim como apresentado por Gao et al. (2021) e Kaya (2009), a integração desse componente com os demais é limitada.

Os domínios do PCK: troca de conhecimento entre o cPCK, pPCK e ePCK

O planejamento escrito das intervenções, sua implementação e a reflexão estimulada por meio das entrevistas semiestruturadas foram instrumentos valiosos para observar diretamente o ePCK dos residentes. Os mapas de PCK analisados sugerem que, mesmo com temas similares, os licenciandos podem demonstrar diferentes tipos de ePCK. Esses instrumentos forneceram informações sobre o planejamento, a prática de ensino e a reflexão dos residentes sobre seu próprio ensino, ajudando a entender o raciocínio pedagógico dos licenciandos em relação às atividades observadas.

Além disso, conseguimos acessar informações sobre o pPCK, já que, ao responder às perguntas, os licenciandos recorriam ao seu conhecimento e habilidades anteriores (pPCK). As entrevistas exploraram também o conhecimento pessoal de cada residente, influenciado por suas experiências anteriores de ensino e vivências de aprendizagem.

Os futuros professores usaram seu pPCK para demonstrar seu ePCK no planejamento e no ensino dos tópicos. Esse processo revelou como os fatores que ampliam ou restringem o desenvolvimento do pPCK para o tema se manifestam, especialmente em três dos cinco componentes do PCK específico do tópico: OEC, CCE, CEI.

A reflexão dos residentes após suas intervenções e as mudanças identificadas em suas respostas revelaram a natureza dinâmica do pPCK, que evoluiu ao longo do tempo. Levantamos a hipótese de que a participação no PRP, que envolve intervenções práticas de ensino e discussões entre residentes, professores e orientadora, molda o pPCK e informa o ePCK nas práticas de sala de aula.

As reuniões coletivas também desempenharam um papel crucial no desenvolvimento do pPCK dos residentes. Berílio destacou como essas reuniões facilitaram a troca de conhecimentos de estratégias instrucionais:

Tinha reunião que era pra falar de pontos muito específicos de uma intervenção de outro residente (...) de um modo geral ajudava sim, porque por exemplo, a gente discutia possíveis contextualizações, modos de aplicar conteúdos, caminhos a se tomar na hora de planejar aulas. (Berílio - Entrevista).

Marie apreciou as reuniões para a troca de conhecimentos pedagógicos, destacando a discussão de textos e currículos:

Eu acho que as reuniões que a gente discutia os textos, os livros, eu gostava bastante. (...). Gostei bastante dos textos que a professora (orientadora) trouxe, a discussão da BNCC (currículo nacional), dar uma olhada para isso. Acho que era um espaço aberto para todo mundo se manifestar; eu, pelo menos, me sentia confortável para falar, a troca de ideias entre nós era boa. (Marie - entrevista).

Mendelev ressaltou a importância das reuniões semanais para o conhecimento do contexto: “Eu acho que principalmente quando os professores participavam e davam a contribuição deles assim, colocava a gente mais no pé no chão para saber o que dava pra fazer ou não, porque às vezes a gente chegava com ideias do que queríamos fazer, mas eles já falavam “ah, isso é muito conteúdo pra uma aula só e tal” e isso ajudou muito. (Mendelev - Entrevista).

Essas reuniões semanais fortaleceram o pPCK dos licenciandos, proporcionando mais conhecimento sobre os conteúdos e novas estratégias pedagógicas para atender às

necessidades de aprendizagem dos alunos. Nessas reuniões semanais, onde as trocas de conhecimento ajudaram a identificar o pPCK dos residentes, novos conhecimentos foram formados (cPCK). A integração de novas informações ao pPCK anterior do professor envolveu uma formação dialógica do conhecimento (cPCK), resultando em um conhecimento mais rico e eficaz para o ensino. Assim, o cPCK da equipe de residentes foi fortalecido.

Os resultados indicam que as conversas nas reuniões semanais do PRP e a reflexão estimulada beneficiaram a troca de conhecimentos entre o cPCK e o pPCK. Segundo Carlson et al. (2019), os domínios pPCK e cPCK se desenvolvem continuamente durante a troca de conhecimento. Este estudo fornece evidências empíricas para o argumento de Park e Suh (2019) de que a partilha de conhecimentos é necessária para o desenvolvimento do PCK.

O conhecimento articulado e compartilhado nas reuniões semanais manifesta-se no ePCK e reflete-se no pPCK, reforçando e consolidando o conhecimento na equipe do PRP (cPCK). Stefanie, ilustra essa dinâmica:

Acho que aí entra o papel das reuniões né?! Das reuniões tanto de discussão de planejamento, de uma proposta de intervenção, tanto as reuniões de modificação de uma proposta de intervenção quanto as reuniões pós intervenção. Essas reuniões foram, encaixaram bonitinhos ali no que estava proposto. (Stefanie - Entrevista).

E reforça a questão do conhecimento articulado e partilhado:

A gente fez uma reunião no Google Meet e a maior parte do planejamento foi feito utilizando o docs do Google, então todos os membros conseguiam visualizar e editar o documento e a gente também montou um grupo no WhatsApp para comunicação sobre a oficina, sobre ideias para o planejamento da oficina, e também para sua aplicação no dia específico. (Stefanie - Entrevista).

Essas reflexões mostram como as conversas coletivas ajudaram os residentes a se tornarem mais conscientes do seu próprio ensino e do ensino dos temas. Nesse sentido, os resultados mostraram que a troca de conhecimento entre pPCK e cPCK e vice-versa permitiu o desenvolvimento do PCK dos residentes.

Conclusões

A elaboração e implementação de sequências didáticas revelou-se uma abordagem eficaz para ilustrar tanto o ePCK quanto o pPCK dos residentes. Esse processo permitiu observar diretamente o ePCK e identificar variações em seus mapas de PCK, evidenciando a diversidade de abordagens pedagógicas adotadas, mesmo para temas semelhantes.

Os mapas do PCK revelaram padrões significativos nas interações entre os diferentes aspectos do conhecimento docente dos residentes, oferecendo percepções valiosas sobre a prática de ensino.

Um dos achados mais relevantes foi a centralidade das OEC e do CEI na integração do PCK entre os residentes analisados, destacando sua importância na orientação das decisões instrucionais e na seleção de estratégias de ensino apropriadas. Além disso, a forte conexão entre o CCE e o CEI mostrou como a compreensão do professor sobre o pensamento dos alunos influencia a seleção de estratégias instrucionais eficazes.

Por outro lado, observou-se uma integração limitada do CCC e do CAA com outros aspectos do PCK. O CCC apresentou conexões menos frequentes e mais fracas com outros componentes, enquanto o CAA se integrou principalmente com o CEI, sugerindo uma menor consideração do currículo na avaliação da aprendizagem durante o planejamento e implementação das aulas.

Os mapas do PCK também ressaltam que o grau de abstração dos conteúdos químicos impacta a estrutura das integrações do PCK. Por exemplo, o tema de tratamento de água, por ser mais tangível e alinhado ao currículo, permitiu que Lutécio estabelecesse conexões mais claras e estruturadas entre o CCC e os demais componentes. Já conteúdos como alquimia ou teorias históricas como o flogisto, por serem mais abstratos e estarem menos diretamente associados aos currículos contemporâneos, requerem um esforço maior por parte dos residentes para estabelecer essas conexões.

Portanto, o desenvolvimento do PCK em Química deve considerar essas especificidades, aprimorando a formação de professores para enfrentar os desafios de ensinar conteúdos mais abstratos e complexos, ao mesmo tempo em que conseguem integrar o CCC de maneira eficaz. Nesse sentido, destaca-se a importância de considerar a interação dinâmica entre os diferentes aspectos do conhecimento docente na formação e no desenvolvimento profissional dos futuros professores.

A troca de conhecimento entre o pPCK e o ePCK, aliada à participação no PRP, revelou-se essencial para moldar e enriquecer o conhecimento dos licenciandos, permitindo-lhes desenvolver estratégias de ensino diferenciadas. As reuniões coletivas desempenharam um papel crucial ao criar um ambiente de troca de conhecimentos e reflexões, fortalecendo tanto o pPCK individual quanto o cPCK.

O PRP proporcionou um contexto de imersão na realidade escolar, permitindo que os licenciandos experimentassem e integrassem de maneira prática e reflexiva os diferentes componentes do PCK. Essa experiência prática foi fundamental para que os licenciandos desenvolvessem uma abordagem pedagógica mais articulada e adaptada às necessidades reais da sala de aula. Ao vivenciarem situações concretas em sala de aula, os licenciandos tiveram a oportunidade de evidenciar os componentes do PCK, além de realizar integrações entre eles, o que contribuiu diretamente para o desenvolvimento de um PCK mais robusto.

A frequência com que essas integrações ocorreram durante a experiência no PRP está diretamente relacionada à intensidade da articulação entre os componentes do PCK. Quando os licenciandos conseguem integrar fortemente os componentes em diferentes momentos de suas sequências didáticas, isso reflete um maior domínio do PCK. Por outro lado, residentes com menos conexões tendem a isolar os componentes, o que pode resultar em práticas fragmentadas e menos ajustadas às complexidades da sala de aula.

Desta forma, este estudo não apenas destaca a singularidade da jornada dos futuros professores no Programa de Residência Pedagógica, mas também evidencia o papel fundamental do PRP na formação inicial de professores. Embora baseado em apenas seis participantes, o estudo revela que o PRP desempenha um papel essencial na integração dos conhecimentos docentes na prática de ensino.

Ao proporcionar experiências práticas e oportunidades reflexivas, o PRP se estabelece como um elemento chave na preparação de professores. Portanto, o PRP não apenas contribui para o desenvolvimento individual de cada componente do PCK, mas também promove a integração desses componentes, desempenhando um papel crucial no fortalecimento do PCK, possibilitando uma formação mais ampla, prática e reflexiva para os futuros professores.

Agradecimentos

Las autoras agradecen el apoyo financiero de la Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), procesos #2013/07937-8 y #2021/03489-7, al Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Processo #312017/2021-9, à Capes y à la Pró-Reitoria de Graduação da USP por las becas concedidas al PRP. Agradecimientos especiales a los residentes, preceptores y a la recepción dada por la escuela campo.

Referências

- Abell, S. K. (2008). Twenty Years Later: Does pedagogical content knowledge remain a useful idea? *International Journal of Science Education*, 30(10), 1405-1416. <https://doi.org/10.1080/09500690802187041>
- Alonzo, A. C., Berry, A., & Nilsson, P. (2019). Unpacking the Complexity of Science Teachers' PCK in Action: Enacted and Personal PCK. In A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Eds.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science* (pp. 273-288). Singapore: Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_12
- Aydin, S., & Boz, Y. (2013). The nature of integration among PCK components: A case study of two experienced chemistry teachers. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(4), 10. <https://doi.org/10.1039/C3RP00095H>
- Aydin, S., Demirdogen, B., Akin, N. F., Uzuntiryaki-Kondakci, E., & Tarkin, A. (2015). The nature and development of interaction among components of pedagogical content knowledge in practicum. *Teaching and Teacher Education*, 46(Supplement C), 37-50. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2014.10.008>
- Barendsen, E., & Henze, I. (2019). Relating Teacher PCK and Teacher Practice Using Classroom Observation. *Research in Science Education*, 49(5), 1141-1175. <https://doi.org/10.1007/s11165-017-9637-z>
- Bucat, R. (2004). Pedagogical content knowledge as a way forward: applied research in chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 5(3), 215-228. <https://doi.org/10.1039/B4RP90025A>
- Brasil. Coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior (CAPES). Programa de Residência Pedagógica: edital nº 1/2020. Brasília, DF: CAPES, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/capes/pt-br/centrais-de-conteu->

- do/06012020-edital-1-2020-resid-c3-aancia-pedag-c3-b3gica-pdf. Acesso em: 02 out. 2024.
- Carlson, J., Daehler, K. R., Alonzo, A. C., Barendsen, E., Berry, A., Borowski, A., Wilson, C. D. (2019). The refined consensus model of pedagogical content knowledge in science education. In *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science* (pp. 77-92). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_2
- Chan, K. K. H., & Hume, A. (2019). Towards a Consensus Model: Literature Review of How Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge Is Investigated in Empirical Studies. In A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Eds.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science* (pp. 3-76). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_1
- Creswell, J. (2012). *Educational Research: Planning, Conducting, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research*, 6th Edition, Pearson Education.
- Demirdöğen, B. (2016). Interaction Between Science Teaching Orientation and Pedagogical Content Knowledge Components. *Journal of Science Teacher Education*, 27(5), 495-532. <https://doi.org/10.1007/s10972-016-9472-5>
- Edital no 01/2020. Programa de Residência Pedagógica. Coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior (CAPES). Disponível em: <https://www.gov.br/capes/pt-br/centrais-de-conteudo/06012020-edital-1-2020-resid-c3-aancia-pedag-c3-b3gica-pdf>. Acesso em: 02 out. 2024.
- Fernandez, C. (2014). Knowledge base for teaching and Pedagogical Content Knowledge (PCK): some useful models and implications for teachers' training. *Problems of Education in the Twenty First Century*, 60, 79-100. <https://doi.org/10.33225/pec/14.60.79>
- Fernandez, C. (2015). Revisitando a base de conhecimentos e o conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) de professores de ciências. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 17 (2), p.500-528. <https://doi.org/10.1590/1983-21172015170211>
- Fernandez, C. (2023). De licenciando a professor de química: o Programa de Residência Pedagógica como espaço de desenvolvimento do PCK no subprojeto Química_USP capital. In K. S. M. Molina & B. C. Valério (Eds.), *Os desafios para a formação inicial na Pandemia de Covid-19: PIBID e PRP USP: caminhos e conquistas*. (Vol. 1, pp. 71-90). ESALQ/USP. <https://doi.org/10.11606/9786587391373>
- Fernandez, C., Belluco, M. F., Souza, B. E., Fusari, M. F., Rodrigues, M. S., & Goes, L. F. (2023). Oficinas como possibilidade de interação e engajamento dos alunos no momento pandêmico. In: Karina Soledad Maldonado Molina; Barbara Corominas Valério. (Org.). *Os desafios para a formação inicial na Pandemia de Covid-19: PIBID e PRP USP: caminhos e conquistas*. (1ed. Vol. 1, pp. 337-357). ESALQ/USP. <https://doi.org/10.11606/9786587391373>
- Friedrichsen, P.; van Driel, J. H.; Abell, S. K. (2010). Taking a closer look at science teaching orientations. *Science Education*, 358-376. <https://doi.org/10.1002/sce.20428>
- Gao, S., Damico, N., & Gelfuso, A. (2021). Mapping and reflecting on integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK) for teaching natural selection: A case study of an experienced middle-school science teacher. *Teaching and Teacher Education*, 107, 103473. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2021.103473>

- Gess-Newsome, J. (1999). Secondary Teachers' Knowledge and Beliefs about Subject Matter and their Impact on Instruction. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining Pedagogical Content Knowledge: The Construct and its Implications for Science Education* (pp. 51-94). Springer. https://doi.org/10.1007/0-306-47217-1_3
- Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: teacher and teacher education*. Teachers College Press.
- Kaya, O. N. (2009). The Nature of Relationships among the Components of Pedagogical Content Knowledge of Preservice Science Teachers: 'Ozone layer depletion' as an example. *International Journal of Science Education*, 31(7), 961-988. <https://doi.org/10.1080/09500690801911326>
- Kind, V. (2009). Pedagogical content knowledge in science education: perspectives and potential for progress. *Studies in Science Education*, 45(2), 169-204. <https://doi.org/10.1080/03057260903142285>
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, Sources, and Development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining Pedagogical Content Knowledge: The Construct and its Implications for Science Education* (pp. 95-132). Springer. https://doi.org/10.1007/0-306-47217-1_4
- Nilsson, P. (2008). Teaching for Understanding: The complex nature of pedagogical content knowledge in pre-service education. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1281-1299. <https://doi.org/10.1080/09500690802186993>
- Oztay, E. S., & Boz, Y. (2022). Interaction between pre-service chemistry teachers' pedagogical content knowledge and content knowledge in electrochemistry. *Journal of Pedagogical Research*, 6(1), 245-269. <https://doi.org/10.33902/JPR.2022.165>
- Padilla, K., & Van Driel, J. (2011). The relationships between PCK components: the case of quantum chemistry professors. *Chemistry Education Research and Practice*, 12(3), 367-378. DOI <https://doi.org/10.1039/C1RP90043A>
- Park, S., & Chen, Y.-C. (2012). Mapping out the integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK): Examples from high school biology classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(7), 922-941. doi:<https://doi.org/10.1002/tea.21022>
- Park, S., & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the Conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals. *Research in Science Education*, 38(3), 261-284. <https://doi.org/10.1007/s11165-007-9049-6>
- Park, S., & Suh, J. K. (2019). The PCK Map Approach to Capturing the Complexity of Enacted PCK (ePCK) and Pedagogical Reasoning in Science Teaching. In A.

- Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Eds.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science* (pp. 187-199). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_8
- Sæleset, J., & Friedrichsen, P. (2021). Pre-service Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge Integration of Students' Understanding in Science and Instructional Strategies. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(5), em1965. <https://doi.org/10.29333/ejmste/10859>
- Santos, T. A., & Freitas, I. M. D. d. (2021). A pesquisa na formação docente : o estágio supervisionado em diálogo com a residência pedagógica. *Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar*, 7(22). <http://dx.doi.org/10.21920/recei72021722269282>
- Şen, M., Demirdöğen, B., & Öztekin, C. (2022). Interactions among Topic-Specific Pedagogical Content Knowledge Components for Science Teachers: The Impact of Content Knowledge. *Journal of Science Teacher Education*, 33(8), 860-887. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2021.2012630>
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Shulman, L. S. (2015). PCK: Its genesis and exodus. In A. Berry, P. Friedrichsen, & J. Loughran (Eds.), *Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education* (1st ed., pp. 11). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315735665>
- Silva, A. N.; Fernandez, C. (2021). Um professor de química, um conteúdo e dois contextos escolares: do PCK pessoal para o PCK em ação. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, 23, 1-25. <https://doi.org/10.1590/1983-21172021230116>
- Sorge, S., Kröger, J., Petersen, S., & Neumann, K. (2019). Structure and development of pre-service physics teachers' professional knowledge. *International Journal of Science Education*, 41(7), 862-889. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1346326>
- Suh, J. K., & Park, S. (2017). Exploring the relationship between pedagogical content knowledge (PCK) and sustainability of an innovative science teaching approach. *Teaching and Teacher Education*, 64, 246-259. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2017.01.021>
- Talanquer, V. (2018). Formación docente ¿Qué conocimiento distingue a los buenos maestros de química? *Educación Química*, 15(1), 7. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2004.1.66216>
- van Driel, J. H., Verloop, N., & de Vos, W. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 673-695. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199808\)35:6<673::AID-TEA5>3.0.CO;2-J](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199808)35:6<673::AID-TEA5>3.0.CO;2-J)
- Wilson, C. D., Borowski, A., & van Driel, J. (2019). Perspectives on the Future of PCK Research in Science Education and Beyond. In A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Eds.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science* (pp. 291-302). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_13.



A mobilização do conhecimento didático do conteúdo químico de uma professora/pesquisadora no itinerário formativo “Ciclo de Vida dos Materiais”









- The Mobilization of Pedagogical Content Knowledge in Chemistry by a Teacher/ Researcher in the Educational Pathway “Life Cycle of Materials”
- La movilización del conocimiento didáctico del contenido químico de un docente/investigador en el itinerario formativo “Ciclo de Vida de los Materiales”

Como citar o artigo:

Rodrigues, T., De Paula, C.; Pastoriza, B. y Sangiogo, F. (2025). O Conhecimento Didático do Conteúdo Químico de uma Professora/Pesquisadora no Itinerário Formativo Ciclo de Vida dos Materiais. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (57), 279 - 295, <https://doi.org/10.17227/ted.num57-21993>

Resumo

Esta pesquisa teve como objetivo analisar a mobilização dos componentes do Conhecimento Didático do Conteúdo (CDC) de Química a partir da práxis de uma professora/pesquisadora no itinerário formativo “Ciclo de Vida dos Materiais”, no contexto do Novo Ensino Médio brasileiro. A metodologia envolveu um estudo de caso realizado em uma turma do Ensino Médio, com a coleta de dados por meio de diários de campo, gravações e transcrições de aulas, além de conversas com professores e estudantes. Os dados foram integralmente submetidos à análise textual discursiva. Os resultados evidenciaram a possibilidade de identificar a contribuição e a mobilização dos componentes do CDC, bem como a constante articulação, desenvolvimento e aprimoramento desse conhecimento no âmbito da Química. Observou-se que tal aprimoramento ocorre quando a professora/pesquisadora avalia criticamente sua práxis no

Tavane da Silva Rodrigues*  
Charlene Barbosa de Paula**  
Bruno dos Santos Pastoriza***  
Fábio André Sangiogo****  

* Licenciada e mestra em Química pela Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, RS–BR. rodriguestavane1@gmail.com

** Licenciada, mestra e doutoranda em Química pela Universidade Federal de Pelotas Pelotas, RS–BR. charlenebarbosadepaula@gmail.com

*** Licenciado em Química, mestre e doutor em Educação em Ciências Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, é professor adjunto no Centro de Ciências Químicas Farmacêuticas e de Alimentos da Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, RS–BR. bspastoriza@gmail.com

**** Licenciado em Química, mestre em Educação nas Ciências pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul e doutor em Educação Científica e Tecnológica pela Universidade Federal de Santa Catarina, é professor no Centro de Ciências Químicas Farmacêuticas e de Alimentos da Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, RS–BR. fabiosangiogo@gmail.com

Artículo de investigación

Fecha de recepción: 09/08/2024
Fecha de aprobación: 02/10/2024
Fecha de publicación: 01/01/2025



contexto do itinerário formativo analisado, destacando a importância de conhecer e refletir sobre os componentes do CDC. Esse processo contribui para qualificar tanto as concepções quanto as ações envolvidas na formação continuada de professores de Química.

Palavras-chave

conhecimento didático do conteúdo; novo ensino médio; professor/pesquisador de química; formação continuada

Abstract

This study aimed to analyse the mobilisation of the components of Pedagogical Content Knowledge (PCK) in Chemistry based on the praxis of a teacher/researcher in the educational pathway “Life Cycle of Materials,” within the context of the Brazilian New Secondary Education framework. The methodology involved a case study conducted with a secondary school class, utilising data collected through field diaries, recorded and transcribed lessons, as well as conversations with teachers and students. The data were fully subjected to discursive textual analysis. The findings highlighted the potential to identify the contribution and mobilisation of PCK components, as well as the ongoing articulation, development, and enhancement of this knowledge in the field of Chemistry. It was observed that such enhancement occurs when the teacher/researcher critically evaluates their praxis within the context of the analysed educational pathway, emphasising the importance of understanding and reflecting upon PCK components. This process contributes to improving both the conceptions and practices involved in the continuing professional development of Chemistry teachers.

Keywords

didactical content knowledge; new high school; chemistry teacher/researcher; continuing education

Resumen

Esta investigación tuvo como objetivo analizar la movilización de los componentes del Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) de química a partir de la praxis de una profesora/investigadora en el itinerario formativo “Ciclo de Vida de los Materiales,” en el contexto del Nuevo Bachillerato brasileño. La metodología incluyó un estudio de caso realizado en una clase de nivel secundario, con la recolección de datos a través de diarios de campo, grabaciones y transcripciones de clases, además de conversaciones con profesores y estudiantes. Los datos fueron sometidos íntegramente a un análisis textual discursivo. Los resultados evidenciaron la posibilidad de identificar la contribución y la movilización de los componentes del CDC, así como la constante articulación, desarrollo y perfeccionamiento de este conocimiento en el ámbito de la química. Se observó que dicho perfeccionamiento ocurre cuando la profesora/investigadora evalúa críticamente su praxis en el contexto del itinerario formativo analizado, destacando la importancia de conocer y reflexionar sobre los componentes del CDC. Este proceso contribuye a cualificar tanto las concepciones como las acciones involucradas en la formación continua de profesores de química.

Palabras clave

conocimiento didáctico del contenido; nuevo bachillerato; profesora/investigadora de química; formación continua

Introdução

O ato de ensinar é intenso, pois envolve vários aspectos relacionados aos saberes e conhecimentos docentes que são mobilizados durante sua prática pedagógica. Hegeto, Camargo e Lopes (2017, p. 212) destacam que o ensino deve ser sustentado por “conhecimentos essenciais na formação docente e podem ser entendidos como aqueles conhecimentos mobilizados pelo professor no momento do ensino”. Complementarmente, Hegeto (2019) considera que os conhecimentos didático-pedagógicos englobam elementos como o planejamento, a escolha do conteúdo, a clareza dos objetivos, a intencionalidade dos conteúdos, a seleção de estratégias e métodos voltados às necessidades de aprendizagem dos estudantes, além das formas e recursos de avaliação adotados em sala de aula.

Shulman (1987), ao abordar os conhecimentos didático-pedagógicos, propõe uma teoria robusta sobre o saber docente, denominada na literatura norte-americana como *Pedagogical Content Knowledge* (PCK), traduzida para o português como Conhecimento Pedagógico do Conteúdo. No contexto ibero-americano, releituras da proposta do PCK transformaram sua abordagem inicialmente pedagógica em um conceito mais voltado ao campo didático, resultando na nomenclatura Conhecimento Didático do Conteúdo (CDC). A partir dessas releituras, adotamos a definição do CDC como um conhecimento próprio, adaptado às necessidades específicas de cada contexto, história, aula e docente, com um enfoque central no campo didático do conteúdo, sem desconsiderar os demais saberes que compõem a docência (Mora-Penagos & Parga-Lozano, 2014; Ariza & Freitas, 2017; De Paula, Sangiogo & Pastoriza, 2024).

No cenário da formação docente, Maldaner (2000) ressalta que as etapas de formação

inicial e continuada são igualmente importantes, uma vez que o processo formativo de um docente é contínuo, abrangendo desde a inserção e convivência no ambiente escolar até a formação inicial e o exercício profissional. Nesse contexto, a pesquisa emerge como parte fundamental do processo formativo e da prática docente. Nessa perspectiva, o professor pode atuar como pesquisador de sua própria prática pedagógica, ressignificando e transformando suas concepções (Wenzel, 2014; Sangiogo, 2014).

Assim, a pesquisa torna-se parte integrante da atuação profissional, possibilitando ao professor criar, recriar e organizar os conhecimentos inerentes à sua atividade docente. A partir dessas premissas, é fundamental refletir sobre as mudanças nos cenários educacionais, explorando novas metodologias, temáticas e abordagens que respondam às demandas contemporâneas, como as impostas pelo denominado “Novo Ensino Médio” (NEM) no Brasil. Essa reforma curricular trouxe a implementação de itinerários formativos, permitindo que os estudantes escolham entre cinco áreas do conhecimento: Linguagens e suas Tecnologias, Matemática e suas Tecnologias, Ciências da Natureza e suas Tecnologias, Ciências Humanas e Sociais Aplicadas e Formação Técnica e Profissional. Cabe ressaltar que as redes de ensino têm autonomia para definir os itinerários ofertados, considerando as especificidades e os interesses de docentes e estudantes (Seduc, 2020).

Diante desse contexto, este artigo, que é um recorte de uma dissertação, tem como objetivo compartilhar o processo de aplicação dos princípios do CDC ao analisar as mobilizações dos componentes do Conhecimento Didático do Conteúdo de Química, a partir da práxis de uma professora/pesquisadora, no itinerário formativo “Ciclo de Vida dos Materiais”, implementado no âmbito do NEM brasileiro.

A perspectiva do Conhecimento Didático do Conteúdo (CDC) empregada na pesquisa

No contexto da pesquisa ibero-americana, após diversas discussões, apropriações e modificações, o PCK a ser denominado como CDC. Este é caracterizado como um conhecimento profissional do professor, que se desenvolve ao longo de seu processo formativo e contribui para a (re)construção da identidade profissional, neste caso, na formação docente em Química (Parga-Lozano & Mora-Penagos, 2021). Segundo Mora-Penagos e Parga-Lozano (2014), a distinção entre o CDC e o PCK reside na base do conhecimento, que no PCK é predominantemente pedagógica, enquanto no CDC é voltada ao campo didático.

Ainda sobre a definição do CDC, Marcelo (2009, p. 119) o estabelece como “a combinação adequada entre o conhecimento da matéria a ser ensinada e o conhecimento pedagógico e didático relativo a como ensiná-la”. Dessa forma, conclui-se que não é suficiente que o professor domine apenas o conteúdo, fórmulas ou teorias; é imprescindível que também possua o conhecimento didático, ou seja, a capacidade de desenvolver conceitos e teorias de maneira acessível, considerando o contexto e as especificidades dos estudantes.

Para Verdugo-Perona, Solaz-Portolés e Sanjosé-López (2017), o CDC pode ser entendido como um conhecimento idiosincrático, resultado da hibridização de diferentes conhecimentos específicos que se constituem na trajetória do docente. Esse conhecimento permite tanto a reflexão individual quanto a análise de mobilizações coletivas entre docentes, o que possibilita o desenvolvimento pessoal e profissional. Nesse sentido, Rufino e colaboradores (2023, p. 361) destacam que “a formação inicial se constitui, mediante aos conhecimentos próprios à docência, pela socialização profissional que realiza nas instituições de formação, nas escolas de Educação Básica, entre outros espaços”.

O CDC engloba quatro categorias principais: crenças e conhecimentos disciplinares, pedagógicos, metadisciplinares e contextuais (Figura 1). Cabe salientar que as categorias podem ser consideradas como condições necessárias, porém, de forma isolada, não são suficientes para a constituição do CDC. Para sua efetiva construção, é necessário que ocorra a hibridização de duas ou mais dessas categorias (Mora-Penagos & Parga-Lozano, 2014; De Paula, 2022; Rufino et al. 2023).

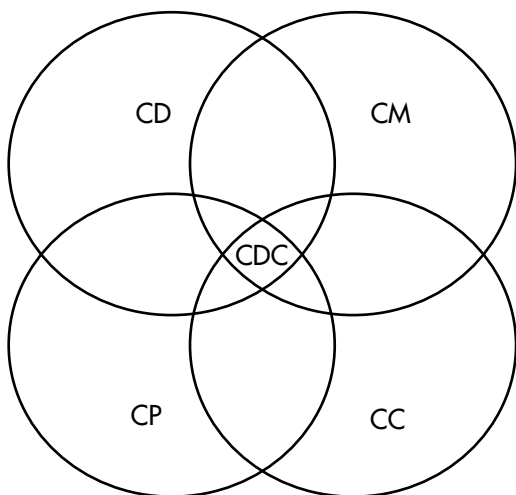


Figura 1. *Categorias que compõem o CDC*

Fonte: Mora-Penagos & Parga-Lozano (2015, p. 64)

O Conhecimento/Crenças do Disciplinar (CD) refere-se aos conhecimentos específicos da disciplina ministrada pelo professor, ou seja, ao domínio do conteúdo e ao saber de referência que ele possui (Parga-Lozano & Mora-Penagos, 2008). Essa categoria subdivide-se em dois campos de conhecimento: o primeiro é o substantivo (declarativo), entendido como um conjunto inter-relacionado de conceitos, teorias e paradigmas da disciplina. O segundo é o sintático (procedimental), que abrange métodos, instrumentos e critérios de evidência utilizados pela disciplina para elaborar conhecimentos, apresentá-los e obter a aceitação da comunidade científica.

A categoria de Conhecimento/Crenças do Metadisciplinar (CM) engloba a compreensão do professor sobre a evolução e constituição do conhecimento logo do tempo, incluído seus mecanismos de produção, obstáculos epistemológicos e o contexto de vida das comunidades científicas. Também abrange as discussões, controvérsias, reconstruções históricas relevantes; revoluções

científicas, experiências cruciais, biografias de grandes personalidades e análises de textos originais (Mora-Penagos & Parga-Lozano, 2014). Assim, essa categoria considera os conhecimentos mobilizados pelos docentes sobre a produção de conteúdo, a construção e evolução do conhecimento e as dificuldades enfrentadas no ensino (Parga-Lozano & Mora-Penagos, 2008).

A categoria de Conhecimentos/Crenças do Contexto (CC) relaciona-se com as normas e o funcionamento da instituição escolar, a origem dos estudantes, as normativas nacionais e locais, e o contexto cultural, social, político e ideológico (Mora-Penagos & Parga-Lozano, 2014). Dessa forma, abrange o conhecimento que o professor possui sobre o ambiente escolar, permitindo-lhe organizar as aulas e atividades conforme as características e necessidades da turma com a qual trabalha (Parga-Lozano & Mora-Penagos, 2008).

Por último, a categoria do Conhecimento/Crenças sobre a Psicopedagogia (CP) abrange as teorias educacionais, o conhecimento sobre o currículo, os modelos de desenvolvimento e aprendizagem dos estudantes, as concepções prévias, as estratégias e metodologias de ensino, bem como as formas de organização do grupo e os critérios para avaliação (Mora-Penagos & Parga-Lozano, 2014). Além disso, essa categoria se refere ao conhecimento do professor ao planejar a matéria ou o conteúdo a ser ensinado, com o objetivo de qualificar o processo de aprendizagem dos estudantes (Parga-Lozano & Mora-Penagos, 2008).

Com base nessas categorias, o artigo a seguir aborda o contexto e o percurso metodológico utilizados na pesquisa, estabelecendo relações com o constructo teórico que fundamenta o CDC.

Contexto e percurso metodológico

O presente estudo envolveu uma professora/pesquisadora de Química em formação continuada, que alternava entre os papéis de docente e pesquisadora de sua própria práxis (Maldaner, 2000). A pesquisa foi conduzida em uma escola da rede pública de ensino, localizada na zona norte da cidade de Pelotas-RS. A pesquisa, de cunho qualitativo, fundamenta-se na metodologia de estudo de caso descrita por André (2013), que se destaca por seu significado abrangente, ao “focalizar um fenômeno particular, levando em conta seu contexto e suas múltiplas dimensões”, além de valorizar “o aspecto unitário”, embora ressalte “a necessidade da análise situada e em profundidade” (André, 2013, p. 97).

Nesse contexto, o estudo de caso foi desenvolvido por meio da observação e da implementação de um projeto de ensino no itinerário formativo do Novo Ensino Médio, intitulado “Ciclo de Vida dos Materiais”. Esse itinerário seguiu a perspectiva da abordagem temática Ciência, Tecnologia e Sociedade – CTS (Santos & Mortimer, 2002). O objetivo central foi identificar a (re)construção e a mobilização dos componentes do Conhecimento Didático do Conteúdo (CDC) de Química na práxis docente da professora/pesquisadora.

A temática abordada no projeto de ensino foi denominada de “Ciclo dos Materiais”, em alusão ao título do itinerário formativo, devido ao interesse demonstrado pelos estudantes em explorar essa temática. Diante das novas diretrizes do Ensino Médio, que incentivam a superação do ensino de conceitos químicos de forma isolada optou-se por construir e desenvolver o projeto com base na abordagem CTS. Esta propõe, como foco central, a promoção da alfabetização científica e tecnológica, auxiliando os estudantes a construir conhecimentos, habilidades e valores necessários para tomar decisões responsáveis sobre questões que envolvem a ciência, a tecnologia e a sociedade, bem como suas inter-relações (Santos & Mortimer, 2002).

As atividades (Quadro 1) foram realizadas em uma turma do 3º ano do Ensino Médio totalizando 16 horas/aula de 45 minutos cada, com a participação de 28 estudantes matriculados. Vale destacar que essa turma estava vivenciando o seu primeiro ano letivo totalmente presencial após o período da pandemia.

Quadro 1. Identificação e descrição das atividades

| Identificação das atividades | Breve descrição das atividades |
|------------------------------|---|
| A1 | Reconhecendo o contexto da escola, com observação das aulas da professora titular |
| A2 | Questionário de identificação da turma |
| A3 | Apresentação do tema: Ciclo dos materiais |
| A4 | Investigando a composição química dos materiais |
| A5 | Júri Simulado sobre a utilização de embalagens biodegradáveis |
| A6 | Destino das embalagens |
| A7 | Confecção de cartazes sobre os ecopontos em Pelotas |
| A8 | Atividade final de avaliação |

Fonte: elaborado pelos autores (2024)

Todos os dados produzidos e obtidos na pesquisa, como o questionário de identificação da turma, o diário de campo da professora, as gravações das aulas transcritas e os materiais escritos pelos estudantes, compuseram o *corpus* de análise, sendo posteriormente examinados com base na Análise Textual Discursiva (ATD). Essa abordagem permite a desconstrução inicial dos dados, seguida pelo reagrupamento de unidades significativas que apresentem similaridades. Por fim, são elaborados metatextos que servem de base para a produção e a comunicação dos resultados (Moraes & Galiazzi, 2006).

Além disso, visando assegurar o anonimato dos participantes da pesquisa, foram adotadas codificações específicas, em conformidade com os princípios éticos estabelecidos pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos¹. Os estudantes foram identificados como E1, E2 e assim sucessivamente; a professora/pesquisadora foi codificada como PP; o professor orientador como PO; e o(a) professor(a) titular da turma como PT. As aulas foram codificadas como A1, A2 etc.; as transcrições das aulas como T; os registros nos diários de campo como DC; os questionários como Q (seguido do número do estudante); e os planos de aula como PA1, PA2 etc.

O processo analítico seguiu etapas claras. Inicialmente, realizamos a unitarização, na qual os dados para a análise foram coletados no projeto de ensino (inicial e final), no diário de campo da professora/pesquisadora, nos questionários e nos trabalhos desenvolvidos pela turma. Em seguida, na etapa de categorização, foram organizados os agrupamentos das unidades semelhantes identificados na unitarização. Essas unidades foram então agrupadas em categorias que possuíam sig-

nificados mais amplos que englobavam várias unidades relacionadas.

Nesse processo, inicialmente, partimos das categorias *a priori* do CDC: Conhecimento/Crenças do disciplinar (CD), Conhecimento/Crenças do metadisciplinar (CM), Conhecimentos/Crenças do contexto (CC) e Conhecimento/Crenças sobre a psicopedagogia (CP) (Mora-Penagos & Parga-Lozano, 2014). No entanto, algumas unidades não foram contempladas pelos quadrantes do CDC e, por isso, foram organizadas em categorias emergentes, denominadas: “Discussões Socioambientais” e “Relações Professora-Estudantes”. Devido às limitações de espaço, essas categorias emergentes não serão discutidas neste artigo.

A articulação dos componentes do CDC no itinerário formativo

Ao utilizar o CDC como um campo de estudo, destaca-se o foco na formação docente e na constante (trans)formação do CDC de um professor. De acordo com as concepções assumidas neste estudo, os professores estão continuamente em um processo dinâmico de formação e transformação. No processo de formação, o docente constrói conhecimentos que possibilitam a constituição da sua identidade profissional. Já no processo de transformação, o docente desenvolve uma postura crítica e reflexiva sobre sua própria *práxis*, buscando constantemente qualificar sua atuação profissional (Vieira, 2020).

Nessa linha, este estudo apresenta as categorias *a priori* que abordam os componentes do CDC da professora/pesquisadora e suas mobilizações ao planejar, desenvolver e analisar o contexto do caso estudado, que se refere ao itinerário formativo Ciclo de Vida dos Materiais, fundamentado na abordagem CTS.

1 Dados da aprovação no Comitê de ética: CAAE: 57095622.2.0000.5317, parecer número: 6.602.546.

Para uma melhor compreensão, cada quadrante do CDC é apresentado separadamente, considerando os diferentes aspectos que compõem esse referencial. No entanto, em determinados momentos, as discussões refletem as inter-relações entre os componentes do CDC, uma vez que esses elementos não operam de forma isolada. Pelo contrário, eles se articulam e se complementam no momento em que a professora/pesquisadora reflete ou age em situações variadas de sua prática pedagógica.

Conhecimento psicopedagógico

Ao se analisar o Conhecimento Psicopedagógico de um professor, é possível examinar suas concepções de educação, aprendizagem e os conhecimentos e atividades que desenvolve junto aos seus discentes. Toda prática docente em sala de aula, incluindo as interações com os estudantes, reflete o “estilo” de ensinar do professor, conforme sugere Schnetzler (1992). A autora destaca que, ao propor um modelo de ensino, é necessário que o professor evidencie as concepções dos estudantes, de aprendizagem e de conhecimento que fundamentam o modelo proposto.

Nesse sentido, um exemplo que demonstra a preocupação em compreender os estudantes foi a criação e aplicação de um questionário de identificação da turma. Esse instrumento buscou captar elementos que dialogassem com as discussões realizadas em sala de aula, alinhadas à abordagem CTS, além de ajudar na definição de metodologias de ensino a serem utilizadas. Essa prática reflete o cuidado em os interesses e as formas de aprendizagem dos estudantes, como podemos destacar neste trecho do questionário: “*Marque quais recursos didáticos e metodológicos você prefere que o professor utilize nas aulas...*” (pp. Q. A1).

O questionário permitiu a obtenção de dados qualitativos valiosos. Por meio do diálogo, a professora buscou compreender melhor os interesses dos estudantes em relação aos recursos didáticos e metodológicos e como esses poderiam ser mais eficazes no contexto das aulas. Esse diálogo aberto permitiu aos estudantes perceberem que têm um espaço legítimo de fala, escuta, escolha e aprendizado além de estimular o protagonismo discente (Delizoicov, Angotti & Pernambuco, 2002; Paula et al., 2022).

A partir de Rodríguez e Pérez (2015), esse aspecto pode ser reafirmado, pois os autores apontam que o CDC, nessa perspectiva, atua como um eixo articulador entre a formação do docente e do discente. No caso da formação docente, o CDC permite associar os conhecimentos psicopedagógicos à prática pedagógica, promovendo inovação e reflexão crítica, tanto em relação aos conteúdos quanto às metodologias de ensino. Simultaneamente, o CDC contribui para a formação dos discentes, potencializando seu protagonismo no processo formativo e fomentando o desenvolvimento de cidadãos críticos e atuantes na sociedade. Esses cidadãos devem ser capazes de questionar, refletir, dialogar, tomar decisões conscientes e superar barreiras (Paula et al., 2022).

Com foco no aprendizado dos estudantes, foi selecionado um vídeo para ser utilizado na Atividade 3. Durante a escolha do material, alguns aspectos foram considerados com base no diário de campo e em uma conversa com o professor orientador. Esses aspectos envolviam a organização da aula, conforme registrado: *“Organizar a aula antes e depois do vídeo, preparar perguntas e possíveis dúvidas... Pensar em um encaminhamento para a aula seguinte”* (PO. DC. A3).

No planejamento dessa atividade, ocorreram mobilizações do componente do CDC relacionado ao conhecimento psicopedagógico, como descrito por Parga-Lozano e Mora-Penagos (2021). Os autores destacam que o processo de aprendizagem é influenciado por fatores como espaço e tempo, que, por sua vez, são moldados por aspectos políticos, sociais e ambientais. Esses fatores foram evidenciados no planejamento das aulas, que incluíram discussões sobre questões políticas, sociais e ambientais. Tais temas foram explorados em momentos como a aula de júri simulado, a exibição do vídeo e a abertura do debate, quando a turma expressou suas concepções.

A utilização do recurso audiovisual, no projeto, permitiu à professora explorar um tema de grande relevância na atualidade, enquanto possibilitou aos estudantes aprofundar seus conhecimentos e debater diferentes perspectivas. Alguns pontos que emergiram da exibição do vídeo foram o consumismo desenfreado, o descarte de produtos seminovos ou reutilizáveis e a facilidade de acesso ao consumo por meio de aplicativos de compras *on-line*, entre outros.

Outro aspecto relacionado ao quadrante de conhecimento psicopedagógico envolveu os métodos de avaliação utilizados pela professora. Inicialmente, no planejamento do

projeto, foi definido que a turma teria apenas uma avaliação final, que consistia na criação de uma microempresa fictícia voltada à produção de novos produtos a partir de materiais reciclados. Essa proposta visava promover o protagonismo dos estudantes, alinhando-se aos objetivos do Novo Ensino Médio, além de abordar questões ambientais e sociocientíficas — elementos fundamentais da abordagem CTS. Essa perspectiva busca engajar os estudantes em análises críticas que fomentem reflexões sobre transformações sociais.

Entretanto, o planejamento foi ajustado para incluir avaliações ao longo das aulas. A professora incorporou atividades avaliativas, como pesquisas realizadas em sala de aula, elaboração de cartazes, participação nas atividades de debate e uma avaliação escrita, de acordo com as regras estabelecidas pela escola.

Conforme Boggino (2016), a definição de avaliação tem assumido diferentes significados ao longo do tempo, refletindo as posturas ideológicas, epistemológicas, psicológicas e pedagógicas de cada professor. A forma de conceber e aplicar a avaliação está diretamente vinculada às funções que o professor atribui à instituição educativa, aos critérios de cientificidade e validação do conhecimento, à visão sobre a natureza do saber e ao processo de ensino e aprendizagem. Sob essa ótica, a mudança nas estratégias de avaliação também pode ser entendida como uma forma de alinhar a prática docente à abordagem CTS, que propõe um impacto social significativo, superando a ciência isolada e meramente conceitual. Ao mesmo tempo, a necessidade de cumprir as normas escolares — um elemento relacionado ao quadrante do CDC sobre o contexto — exigiu da professora a adaptação de seu planejamento e ações, demonstrando flexibilidade para articular diferentes demandas e objetivos.

No que diz respeito à avaliação, foi evidente a mobilização do conhecimento psicopedagógico, já que a professora/pesquisadora buscou adotar estratégias diversificadas para contemplar as diferentes habilidades dos estudantes, como escrita, oral e criativa. Essa abordagem permitiu uma avaliação contínua e formativa (Santos, Sangiogo & Ribeiro, 2023), em vez de se limitar à avaliação escrita prevista para a última aula. Essas práticas refletem processos de (trans) formação da professora, que ajustou seu planejamento para garantir coerência com a abordagem CTS, ao mesmo tempo em que considerou metodologias de ensino e avaliação mais aceitáveis para os estudantes.

Ademais, a articulação entre os quadrantes do conhecimento psicopedagógico e do contexto tornou-se evidente. A prática da professora/pesquisadora demonstrou que esses dois quadrantes não operam de forma isolada, mas dialogam constantemente, influenciando decisões pedagógicas e metodológicas, conforme será abordado a seguir.

Conhecimento do contexto

Grossman (2008) enfatiza a importância de que, desde a formação inicial, o conhecimento do contexto seja explorado no processo formativo do professor. Esse conhecimento é fundamental para que o docente compreenda o ambiente particular em que atuará e, assim, possa adaptar as demais categorias da base de conhecimentos às especificidades do contexto em questão. Essa compreensão deve ser constantemente aprimorada em espaços de formação continuada, permitindo ao professor alinhar sua prática pedagógica às realidades da escola e dos estudantes.

Um exemplo que ilustra a preocupação com o contexto escolar foi registrado no diário de campo, a partir da conversa com um dos estudantes: *“A turma não pode escolher qual itinerário gostaria de cursar, pois quando iniciaram o EM, a escola não incentivou a escolha, apenas matriculou nos itinerários que tinham menos alunos”* (pp. DC. A2). De acordo com Silva e Oliveira (2022), o Novo Ensino Médio foi concebido para promover o protagonismo dos estudantes, esperando-se que a possibilidade de escolha do itinerário formativo favoreça a autonomia, a permanência escolar, o aprofundamento do conhecimento e a qualificação do processo formativo. Porém, nesse caso, o contexto da escola não possibilitou essa escolha, evidenciando uma falha na implementação do modelo proposto.

Outro trecho que destacou a mobilização do conhecimento do contexto foi retirado da transcrição da Atividade 2, em uma conversa da professora com a turma: *“Vocês gostam do tema Farmácia? Gostariam de estudar mais sobre o assunto?”* (pp. T. A2). Esse fragmento revela a preocupação da professora em conhecer os interesses da turma, buscando alinhar os temas trabalhados às preferências dos estudantes. Esse exemplo também pode ser associado aos quadrantes dos conhecimentos psicopedagógico e disciplinar, pois, a busca

pelos interesses dos estudantes orienta tanto a seleção e organização do conteúdo quanto a escolha de metodologias de ensino.

O questionamento recorrente dos estudantes sobre a relevância da Química no seu cotidiano e em suas futuras profissões é uma situação desafiadora para os docentes. Chasot (1990) destaca que muitos professores não conseguem responder adequadamente a essa indagação, por não refletirem suficientemente sobre a função da disciplina ou por oferecerem respostas simplistas. Essa situação reforça a importância de o professor conhecer os interesses e o contexto dos estudantes para articular as aulas às demandas da turma. Isso permite não apenas reorganizar os conteúdos de maneira significativa, mas também definir o papel da Química no processo formativo dos estudantes, conectando-a aos conhecimentos psicopedagógico e disciplinar.

Dentro da abordagem CTS, a contextualização desempenha um papel central, incentivando a discussão de assuntos cotidianos e relevantes para os estudantes. A mobilização do CDC, no quadrante do contexto ocorreu, por exemplo, quando a professora/pesquisadora identificou o interesse da turma em estudar sobre o ciclo dos materiais, tema que já havia sido mencionado em aulas anteriores com a professora titular.

Essa mobilização do CDC foi crucial para identificar aspectos relacionados à realidade dos estudantes no desenvolvimento do projeto. Além disso, permitiu à professora/pesquisadora refletir sobre suas práticas e reestruturar o planejamento inicial das aulas, reorganizando atividades e conteúdos, de forma a torná-los mais atrativos e relevantes para a turma. Um exemplo concreto foi a adaptação das aulas após identificar que a turma não havia escolhido o itinerário formativo. Com isso, a professora/pesquisadora incorporou discussões

de interesse, como as etapas que constituem o ciclo de vida de um material.

Conhecimento metadisciplinar

Vázquez-González (2004) destaca a relevância de se utilizar tendências didáticas científicas que integrem uma perspectiva humanística no ensino de Ciências, ao mesmo tempo em que enfatiza a relevância da abordagem CTS. O autor propõe que, para incorporar a ideia de contextualização, três dimensões são fundamentais: a histórica, a metodológica e a socioambiental.

Um exemplo de mobilização do conhecimento metadisciplinar foi observado durante o júri simulado sobre a utilização de embalagens biodegradáveis. Um estudante afirmou: “Essas embalagens são muito mais caras, não seria qualquer pessoa que conseguiria comprar” (E23. T. A5). Já o trecho, articulado a uma fala anterior de E23: “A gente não precisa de embalagens biodegradáveis, já inventaram o plástico” (E23. T. A5), representa uma construção de argumentos e de opinião sobre a utilização das embalagens. Evidencia-se que o estudante conseguiu articular argumentos contrários à sua utilização, considerando questões econômicas da sociedade. Essas questões aportam elementos de debate atuais no campo da Ciência, acerca dos efeitos que podem ter na sociedade e no ambiente, ao mesmo tempo que permitem discutir os aspectos sociais e que impactam na validação ou não, por parte da sociedade sobre o consumo de produtos e tecnologias. Essa interação evidencia a pertinência da abordagem CTS, pois ela permite ao professor contextualizar os conceitos químicos em discussões mais amplas e interdisciplinares. Além disso, essa abordagem se mostrou particularmente adequada ao cenário do Novo Ensino Médio, pois permitiu a discussão de temas alinhados

ao itinerário formativo que, de outro modo, poderiam não ser explorados nas aulas de Química.

No contexto do CDC, percebe-se que os objetivos da aula foram alcançados, uma vez que os estudantes foram capazes de observar, discutir e criar suas próprias concepções sobre os temas abordados, indo além das discussões conceituais tradicionais da Química. Para resolver problemas complexos, como os que surgiram durante o projeto, é necessária uma abordagem interdisciplinar, que transcenda a visão exclusivamente disciplinar e analítica (Gil Pérez et al., 2001).

Entretanto, nem todos os momentos apresentaram uma mobilização satisfatória do conhecimento metadisciplinar. Por exemplo, durante uma discussão sobre o tempo de decomposição dos materiais, surgiu o questionamento de outro estudante: *“Se o primeiro plástico que foi desenvolvido ainda está por aí, como que a gente sabe que ele se decompõe?”* (E7. T. A3). A professora/pesquisadora se utilizou de uma resposta que se ampara em elementos que constituem o processo de construção do conhecimento científico: *“Porque já foram feitos testes e chegaram neste tempo”* (PP. T. A3). Aqui, evidencia-se uma limitação na resposta da professora que poderia ter dado uma explicação mais organizada e relacionada com a Química, ainda que traga traços que levam a uma das características da Ciência, que envolve o trabalho experimental, em dados empíricos, os quais também poderiam estar articulados ao quadrante disciplinar do CDC.

Ao se analisar esse dado, percebe-se que ocorreu pouca mobilização do conhecimento metadisciplinar, uma vez que a professora/pesquisadora não conseguiu responder de forma satisfatória, de modo a possibilitar maiores compreensões que envolvem o campo da história e da natureza da Ciência. Isso ocorreu, possivelmente, porque tais perguntas não estiveram presentes no planejamento sobre as possíveis dúvidas dos estudantes. Ou ainda, pelo fato de o(a) professor(a), quando trabalha com algum tema que instiga os estudantes, como no caso das abordagens temáticas, acabam-lhe surgindo questões que muitas vezes não se organizou para responder ou sobre as quais não tem o controle, permitindo algumas lacunas de explicação ou até mesmo deixando respostas em aberto.

Outro momento relevante foi registrado no diário de campo de PP após a aula 4, quando a professora/pesquisadora apontou uma dificuldade da turma em compreender os conceitos relacionados aos tipos de reciclagem: *“A turma teve dificuldade em entender os termos relacionados aos tipos de reciclagem (mecânica, química e energética), sendo necessária uma maior explicação”* (PP. DC. A4). Esse registro reflete a mobilização do conhecimento metadisciplinar no enfrentamento de obstáculos epistemológicos (Parga-Lozano, 2015), embora também evidencie obstáculos gerais no ensino e na aprendizagem, que podem ser associados a essa categoria. Conforme Oliveira et al. (2009), a linguagem pode ser entendida como essencial, pois representa uma das formas estabelecer uma

educação científica por meio da compreensão de mundo científico e da comunicação nele existente. Logo, é necessário que o docente utilize de uma linguagem acessível e que, quando não for possível, como no caso supracitado, ele fique aberto a questões e ao estudo para perguntas às quais ainda não sabe a resposta, que esteja disponível a explicar e exemplificar quantas vezes for necessário.

Conhecimento do disciplinar

Antes de ensinar, é necessário refletir sobre o que ensinar. No caso da Química, a preocupação deve ser, obviamente, com os conceitos e definições químicas, mas também com a transformação desse conhecimento de forma que contribua para a formação dos estudantes com uma intencionalidade clara (Pastoriza, 2021). No entanto, o ensino por itinerários, como os propostos no Novo Ensino Médio, traz desafios aos professores na definição do que será ou não ensinado, uma vez que essa modalidade se mostra ampla e, por natureza, interdisciplinar. A própria Química, por sua essência, também contempla a interdisciplinaridade, como observado em áreas como Físico-Química e Bioquímica (Labarca, Bejarano & Eichler, 2013).

Ainda que o Itinerário Formativo não tenha como foco a definição de conceitos, como tradicionalmente se observa nas aulas de Química, por se tratar de uma professora/pesquisadora de Química, alguns trechos que envolvem os Conhecimentos Disciplinares foram evidenciados e muitas vezes orientaram os conteúdos que seriam articulados e explicados, quando associados ao itinerário formativo e à temática abordada. Isso é possível, pois o conhecimento Disciplinar que foi analisado trata-se daquele mobilizado pela professora/pesquisa.

Um exemplo da mobilização do Conhecimento Disciplinar foi evidenciado na Atividade

4, quando se apresentou o ciclo de vida do vidro: *“Apresentar a composição química do vidro, a estrutura da sílica, os tipos de ligações e interações químicas envolvidas”* (PP. DC. A4). Nessa aula, foi necessário não só articular conhecimentos Químicos sobre a composição do vidro, sua estrutura química e propriedades, mas também sobre a extração de matéria-prima e os processos químicos envolvidos (inclusive os procedimentais) ao longo do ciclo de “vida” do vidro, por exemplo.

Nesse contexto, o planejamento de atividades relacionadas ao ciclo de vida dos materiais no itinerário formativo evidenciou a necessidade de refletir sobre quais discussões e conteúdos deveriam ser priorizados. Isso ressalta a importância de conhecer tanto os itinerários quanto o contexto da turma.

Maldaner (2000), ao discutir a importância do processo formativo inicial e continuado dos professores para a prática profissional, e não sem enfatizar os professores do Ensino Médio, destaca a pesquisa como um princípio formativo e profissional. Ao incluir a pesquisa como parte de seu trabalho, o professor torna-se capaz (re)criar conhecimentos próprios e articulá-los com aqueles advindos da interação com os estudantes e da prática docente. Esse processo fomenta a mobilização de novos conhecimentos no decorrer de sua atuação profissional.

Dessa forma, a compreensão dos assuntos a serem trabalhados juntamente com a mobilização do componente de conhecimento do contexto contribuiu para a mobilização do conhecimento disciplinar, pois ajuda a responder: o que ensinar? Essa questão é um ponto bastante discutido entre os professores. Ao longo dos materiais analisados, evidenciamos que a professora/pesquisadora trazia elementos que faziam com que ela refletisse sobre a disciplina de Química e suas relações

interdisciplinares, e também acerca de aspectos procedimentais, como os que envolvem os processos de produção e de validação do conhecimento científico na Ciência e na Química e sua relação com o ciclo de um material. E essas evidências constituem o tema em estudo, conforme evidenciado nos conhecimentos psicopedagógicos, metadisciplinares e de contexto.

Considerações finais

O projeto desenvolvido com base na abordagem CTS possibilitou a realização de atividades que atenderam aos objetivos tanto das aulas quanto do itinerário formativo. Um exemplo marcante foi a atividade de júri simulado, que incluiu como um dos pontos de debate questões sociais alinhadas à proposta CTS. Essa atividade promoveu momentos significativos de reflexão com os estudantes sobre alternativas e possíveis melhorias de impacto social, econômico e ambiental, ultrapassando a perspectiva do ensino meramente conceitual.

No início do projeto, a aplicação de um questionário de identificação da turma revelou o interesse dos estudantes por aulas que fugissem do formato expositivo tradicional, com uso de giz e quadro. A adoção de estratégias diferenciadas, que iam além da simples exposição de conteúdos, não apenas gerou maior entusiasmo nos estudantes, mas também promoveu maior engajamento ao abordar um tema conectado ao cotidiano deles. De modo geral, todos participaram e demonstraram suas opiniões nas discussões propostas. Assim, as atividades desenvolvidas possibilitaram a mobilização de conhecimentos para uma formação mais abrangente e não focada apenas em questões conceituais da Química.

Em relação ao CDC, constatou-se a mobilização dos quatro quadrantes. O estudo da professora/pesquisadora, envolvendo o referencial do CDC, permitiu a análise de concepções e conhecimentos mobilizados, do planejamento à reflexão das atividades desenvolvidas em sala de aula, buscando refletir sobre a própria práxis pedagógica e o cenário atual do Novo Ensino Médio. Ao assumir a abordagem CTS como balizadora das ações planejadas, o CDC da professora/pesquisadora se forma, se move e se transforma na busca pela coerência e qualidade no planejamento e execução das atividades, bem como na busca pela qualidade da formação e atuação docente.

Por fim, ressaltamos que esta pesquisa, de modo geral, auxiliou em aspectos da formação e na prática docente da professora/pesquisadora, pois, ao realizar reflexões e discussões sobre assuntos anteriores à sala de aula, como a organização dos conteúdos, ou ainda, a respeito das metodologias utilizadas, possibilitou a mobilização dos componentes do CDC que propiciam a qualificação profissional. Ademais, mediante a inserção na escola e no ambiente escolar, foi possível refletir sobre e qualificar a práxis docente, haja vista que o docente se constitui através do estudo, por meio da atuação e reflexão sobre a própria

prática. Sendo assim, sublinhamos, por meio desta pesquisa, a necessidade de o docente estar em constante processo de reflexão da práxis, da importância do processo de (trans) formação e qualificação do CDC (no contexto dos quadrantes do disciplinar, metadisciplinar, psicopedagógico e contexto), entre outros conhecimentos que constituem a atividade docente.

Agradecimentos

Aos participantes da pesquisa, à CAPES, à FAPERGS, ao CNPq e ao LABEQ.

Referências

- André, M. E. (2013). O que é um Estudo de Caso Qualitativo em Educação? *Revista da FAEEBA – Educação e Contemporaneidade*, 22(40), 95-103. <http://educa.fcc.org.br/pdf/faeeba/v22n40/v22n40a09.pdf>
- Ariza, L. G., & Freitas, J. V. (2017). Perspectivas en la formación de educadores ambientales y el conocimiento didáctico. *Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)*, 12(4), 76-87. <https://doi.org/10.34024/revbea.2017.v12.2339>
- Boggino, N. (2016). A avaliação como estratégia de ensino. Avaliar processos e resultados. *Sísifo*, 9, 79-86. <http://sisifo.ie.ulisboa.pt/index.php/sisifo/article/view/150>
- Chassot, A. I. (1990). *A Educação no Ensino de Química*. Editora Injuí.
- De Paula, C. B. (2022). *A (trans)formação do Conhecimento Didático do Conteúdo no contexto da formação inicial em um curso de Licenciatura em Química* [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pelotas]. Repositório Institucional da Universidade Federal de Pelotas. <http://guaiaca.ufpel.edu.br/handle/prefix/8881>
- De Paula, C. B., Sangiogo, F. A., & Pastoriza, B. S. (2024). O Estágio Supervisionado e a (Trans)Formação do Conhecimento Didático do Conteúdo de Docentes de Química em Formação. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, e51177, 1-24. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2024u379402>
- Delizoicov, D., Angotti, J. A., & Pernambuco, M. M. (2002). *Ensino de ciências: fundamentos e métodos*. Cortez.
- Grossman, P. (2008). Responding to our critics: from crisis to opportunity in research on teacher education. *J Teach Educ.*, 59, 10-24. <https://doi.org/10.1177/0022487107310748>
- Hegeto, L. C. F. (2019). Os conhecimentos didáticos na formação de professores. *Formação Docente – Revista Brasileira de Pesquisa sobre Formação de Professores*, 11(20), 89-108. <https://doi.org/10.31639/rbpf.v11i20.189>
- Hegeto, L. C. F., Camargo, C. J., & Lopes, D. C. (2017). Conhecimentos didático-pedagógicos: sentido e uso do planejamento. *Revista Transmutare*, 2(2), 211-227. <https://periodicos.utfpr.edu.br/rtr/article/view/8715>
- Labarca, M., Bejarano, N., & Eichler, M. L. (2013). Química e filosofia: rumo a uma frutífera colaboração. *Química nova*, 36, 1256-1266. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422013000800027>
- Maldaner, O. A. (2000). *A formação inicial e continuada de professores de química: professores/pesquisadores*. Editora Unijuí.
- Marcelo, C. (2009). A identidade docente: constantes e desafios. *Formação Docente. Revista Brasileira de Pesquisa sobre Formação de Professores*, 1(1), 109-131. <https://revformacaodocente.com.br/index.php/rbpf/article/view/8/6>

- Moraes, R., & Galiazzi, M. C. (2006). Análise textual discursiva: processo reconstitutivo de múltiplas faces. *Ciência & Educação*, 12(1), 117-128. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132006000100009>
- Mora-Penagos, W. M., & Parga-Lozano, D. (2014). Aportes al CDC desde el pensamiento complejo. In A. Garriz, M. G. Lorenzo & S. F. D. Rosales (Orgs.), *Conocimiento didáctico del contenido: una perspectiva latino-americana* (pp. 100-143). Editorial Académica Española.
- Mora-Penagos, W. M., & Parga-Lozano, D. L. (2015). Componentes del conocimiento didáctico del contenido en química. In D. L. Parga-Lozano (Ed.), *El conocimiento didáctico del contenido (CDC) en química* (pp. 55-79). Universidad Pedagógica Nacional. <http://hdl.handle.net/20.500.12209/10846>
- Mora-Penagos, W. M., & Parga-Lozano, D. L. (2008). El conocimiento didáctico del contenido en química: integración de las tramas de contenido histórico-epistemológicas con las tramas de contexto-aprendizaje. *Tecné Episteme y Didaxis*, 24, 55-81. <https://doi.org/10.17227/ted.num24-1083>
- Oliveira, T., Freire, A., Carvalho, C., Azevedo, M., Freire, S., & Baptista, M. (2009). Compreendendo a aprendizagem da linguagem científica na formação de professores de ciências. *Educar em Revista*, 34, 19-33. <https://doi.org/10.1590/S0104-40602009000200002>
- Parga-Lozano, D. L. (2015). Conhecimento didático do conteúdo sobre a química verde: o caso dos professores universitários de química. *Tecné, Episteme y Didaxis*, 38, 167-182. <https://revistas.upn.edu.co/index.php/TED/article/view/3793>
- Parga-Lozano, D., & Mora-Penagos, W. (2021). Fundamentos del Conocimiento Didáctico del Contenido. In D. Parga-Lozano, L. G. A. Ariza & R. R. Cepeda (Orgs.), *Dimensiones del Conocimiento Didáctico del Contenido: análisis desde la enseñanza de la Química* (pp. 35-63). CRV.
- Pastoriza, B. S. (2021). Ensaio sobre intencionalidade pedagógica e tradição: um tensionamento como princípio educativo. *Acta Scientiarum. Education*, 44, e52706. <https://doi.org/10.4025/actascieduc.v44i1.52706>
- Paula, J. T. S. S., Salvador, D. S., Reis, F. A., & Pinho, J. J. (2022). A Prática Docente a favor da autonomia do aluno. *Open Science Research*, IX, 713-724.
- Rodríguez, B., & Pérez, L. F. M. (2015). Reflexiones teóricas sobre el conocimiento didáctico del contenido y sus aportes a la formación del profesorado de ciencias. In D. Parga-Lozano (Ed.), *El conocimiento didáctico del contenido (CDC) en química* (pp 177-200). Universidad Pedagógica Nacional. <https://revistas.upn.edu.co/index.php/TED/article/view/3793>
- Rufino, M. L., De Paula, C. B., Sangiogo, F. A., Pastoriza, B. S., & Soares, A. C. (2023). A Coletividade do Conhecimento Didático do Conteúdo Químico no Contexto do Residência Pedagógica. *Revista Debates em Ensino de*

- Química*, 9(2), 357-375. <https://www.google.com/search?client=safari&rls=en&q=DOI%3A+10.53003%2Fredequim.v9i2.5199&ie=UTF-8&oe=UTF-8>
- Sangiogo, F. A. (2014). *A elaboração conceitual sobre representações de partículas submicroscópicas em aulas de Química da Educação Básica: aspectos pedagógicos e epistemológicos* [Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina]. Repositório Institucional da UFSC. <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/123168>
- Santos, R. L., Sangiogo, F. A., & Ribeiro, M. M. E. (2023). O que Dizem as Leis Presentes nos Documentos Vigentes do Sistema Educacional sobre a Avaliação da Aprendizagem para Estudantes Surdos? *Revista Debates em Ensino de Química*, 9(3), 99-114. <https://edeq.com.br/submissao2/index.php/edeq/article/view/169>
- Santos, W. L. P., & Mortimer, E. F. (2002). Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 2(2), 1-23. <https://doi.org/10.1590/1983-21172000020202>
- Seduc (2020). *Hotsite sobre o Novo Ensino Médio já está no ar*. <https://educacao.rs.gov.br/hotsite-sobre-o-novo-ensino-medio-ja-esta-no-ar>
- Schnetzler, R. (1992). Construção do conhecimento e ensino de ciências. *Em Aberto*, 11(55), 16-23. <https://emaberto.inep.gov.br/ojs3/index.php/emaberto/article/view/2155>
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22. <https://people.ucsc.edu/~ktellez/shulman.pdf>
- Silva, E. M., & Oliveira, M. B. (2022). BNCC e Currículo do/para o Ensino Médio: o que pensam os alunos sobre itinerários formativos? *Linguagens, Educação e Sociedade*, 26(52), 18-49. <https://doi.org/10.26694/rles.v26i52.3000>
- Vázquez-González, C. (2004). Reflexiones y ejemplos de situaciones didácticas para una adecuada contextualización de los contenidos científicos en el proceso de enseñanza. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(3), 214-223. <http://hdl.handle.net/10498/16438>
- Vieira, C. R. L. (2020). Articulação, Formação e Transformação: contribuições da Licenciatura em Psicologia para assessoria Pedagógica. *Form@ção de Professores em Revista*, 1(1), 64-74. <https://seer.faccat.br/index.php/formacao/article/view/1712>
- Wenzel, J. S. (2014). *A significação conceitual em química em processo orientado de escrita e reescrita e a resignificação da prática pedagógica* [Tese de Doutorado, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul]. Repositório Institucional da Unijuí. <https://bibliodigital.unijui.edu.br/items/6d1f977c-5237-4e54-ae10-bcd5a-e78334c>



Explorando el vínculo entre las emociones y el Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) en la formación inicial docente

- Exploring the Link Between Emotions and Pedagogical Content Knowledge (PCK) in Initial Teacher Training
- Explorando o vínculo entre as emoções e o Conhecimento Didático do Conteúdo (CDC) na formação inicial de professores

Forma de citar este artículo









Retana-Alvarado, D. A., de las Heras-Pérez, M. Á., Vázquez-Bernal, B. y Jiménez-Pérez, R. (2025). Explorando el vínculo entre las emociones y el Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) en la formación inicial docente. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (57), 296 - 313. <https://doi.org/10.17227/ted.num57-20695>

Resumen

Las emociones del profesor conforman el Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) e influyen en la enseñanza. Este estudio analizó una práctica de aula que considera las emociones en el CDC, relacionado con la Hipótesis de la Complejidad. Utilizando un método etnográfico, se examinó el clima emocional y su rol en el modelo teórico. Se entrevistó a una formadora experta, quien reflexionó sobre su práctica con docentes en formación inicial en la Universidad de Huelva (España) durante el curso académico 2016-2017. Se creó un sistema de categorías para analizar el contenido y la relación entre códigos. Los resultados indicaron que la interacción emocional es modulada por facilitadores u obstáculos afectivos y cognitivos. Las emociones se incorporan en la planificación y reflexión docente, estableciendo un modelo didáctico afín con el CDC personal. La formación inicial requiere educación emocional dentro de un modelo profesional con estrategias de metacognición y autorregulación.

Palabras clave

emoción; conocimiento didáctico del contenido; ecosistema; educación emocional; formación inicial docente

Diego Armando Retana-Alvarado*  
María Ángeles de las Heras-Pérez**  
Bartolomé Vázquez-Bernal***  
Roque Jiménez-Pérez****  

* Doctor en Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Huelva. Vicedecano, Facultad de Educación y Profesor Escuela de Formación Docente, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. diegoarmando.retana@ucr.ac.cr

** Doctora en Botánica, Universidad de Huelva. Profesora Titular, Departamento de Didácticas Integradas, Universidad de Huelva, Huelva, España. angeles.delasheras@ddcc.uhu.es

*** Doctor en Didáctica de las Ciencias y Formación del Profesorado, Universidad de Huelva. Profesor Honorario, Departamento de Didácticas Integradas, Universidad de Huelva, Huelva, España. bartolome.vazquez@ddcc.uhu.es

**** Doctor en Química Inorgánica por la Universidad de Sevilla. Profesor Honorario, Departamento de Didácticas Integradas, Universidad de Huelva, Huelva, España. rjimenez@ddcc.uhu.es

Artículo de investigación

Fecha de recepción: 17/01/2024
Fecha de aprobación: 10/10/2024
Fecha de publicación: 01/01/2025



Abstract

Teachers' emotions shape Pedagogical Content Knowledge (PCK) and influence teaching practices. This study analyzed a classroom practice that integrates emotions within PCK, connected to the Complexity Hypothesis. Using an ethnographic method, the study examined the emotional climate and its role in the theoretical model. An expert teacher educator was interviewed, reflecting on her work with pre-service teachers at the University of Huelva (Spain) during the 2016-2017 academic year. A categorization system was developed to analyze the content and interconnections between codes. Results showed that emotional interactions are influenced by affective and cognitive facilitators or barriers. Emotions are incorporated into teaching planning and reflection, establishing a pedagogical model aligned with personal PCK. Initial teacher training requires emotional education within a professional framework that includes metacognitive and self-regulation strategies.

Keywords

emotion; pedagogical content knowledge; ecosystem; emotional education; initial teacher training

Resumo

As emoções dos professores constituem o Conhecimento Didático do Conteúdo (CDC) e influenciam as práticas de ensino. Este estudo analisou uma prática de sala de aula que integra as emoções no CDC, relacionada com a Hipótese da Complexidade. Utilizando um método etnográfico, o estudo examinou o clima emocional e seu papel no modelo teórico. Uma formadora experiente foi entrevistada, refletindo sobre sua prática com professores em formação inicial na Universidade de Huelva (Espanha) durante o ano letivo de 2016-2017. Foi criado um sistema de categorias para analisar o conteúdo e a relação entre os códigos. Os resultados indicaram que a interação emocional é modulada por facilitadores ou obstáculos afetivos e cognitivos. As emoções são incorporadas na planeamento e reflexão docente, estabelecendo um modelo didático alinhado com o CDC pessoal. A formação inicial requer educação emocional dentro de um modelo profissional que inclua estratégias de metacognição e autorregulação.

Palavras-chave

emoções; conhecimento didático do conteúdo; ecossistema; educação emocional; formação inicial de professores

Introducción

En los últimos veinticinco años, se han producido numerosas investigaciones iberoamericanas sobre el papel de las emociones en la enseñanza de las ciencias y la formación docente (Mellado *et al.*, 2014). Shuman y Scherer (2014) definen las emociones como fenómenos multifacéticos que incluyen procesos afectivos, cognitivos, fisiológicos, motivacionales y expresivos. La educación emocional puede inducir cambios en el cerebro humano, contribuyendo así al aprendizaje y desarrollo evolutivo (Mora, 2016). La dimensión afectiva es crucial para fortalecer la vocación docente, promover la madurez emocional y superar el temor a las ciencias, además, impacta positivamente en el aprendizaje y motivación estudiantil. Los estudios sobre el dominio afectivo en la enseñanza de las ciencias se han centrado en el diagnóstico e intervención emocional y en el Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC). Este artículo analiza una práctica de aula que reconoce la importancia de las emociones y adopta un modelo de conocimiento profesional que incorpora el CDC (Gess-Newsome, 2015), en consonancia con la Hipótesis de la Complejidad (Vázquez-Bernal *et al.*, 2012). Se examina la interacción emocional en la docencia universitaria, destacando el acto educativo como el espacio donde las emociones configuran un CDC esencial para la formación docente y aborda los obstáculos presentes en la práctica educativa.

Objetivo de la investigación

Analizar la interacción de las emociones en la formación inicial de maestros, mediante un sistema de categorías fundamentado en el modelo de conocimiento profesional coherente con la Hipótesis de la Complejidad, que incluye, al menos, un nivel de partida, un nivel intermedio y uno de referencia para

cada subcategoría, en consonancia con la dimensión técnica, práctica y crítica.

Marco teórico

El Conocimiento Didáctico del Contenido

Shulman (1986, 1987) sostiene que los docentes desarrollan un saber específico denominado CDC, que caracteriza su profesión. Este saber orienta la interacción entre tres categorías de conocimiento fundamentales para la enseñanza: conocimiento de la disciplina, pedagógico y del currículo. Estos se integran en un modelo de acción y razonamiento que incluye comprensión, transformación, instrucción, evaluación y reflexión sobre los contenidos disciplinares. Así, los profesores parten de la comprensión inicial de los contenidos para planificar y ajustar la enseñanza de acuerdo con las necesidades individuales de los alumnos.

El CDC es un conocimiento personal, desarrollado por los docentes durante la enseñanza, lo cual lo diferencia de los especialistas en la materia y es crucial en su preparación inicial y continua. Respecto al desarrollo profesional del profesorado de ciencias, hay una parte estática relacionada con el conocimiento académico y una dinámica vinculada a emociones, concepciones, actitudes y reflexión personal (Mellado, 2011). El CDC tiene orígenes diversos como la educación básica y media, la formación inicial y continua docente, y las experiencias diarias en la enseñanza (Van Driel *et al.*, 2014). Magnusson *et al.* (1999) identifican el CDC como un dominio único que incluye orientaciones hacia la enseñanza, conocimiento curricular, evaluación científica, conocimiento estudiantil y estrategias de enseñanza. Otros autores (Garritz, 2010; Mellado *et al.*, 2009; Padilla y Van Driel, 2012;

Park y Oliver, 2008; Shulman, 2015) proponen un sexto componente que abarca las creencias afectivas sobre un contenido específico, ya que las representaciones docentes sobre tópicos científicos incluyen emociones.

Los modelos de CDC de Shulman (1986, 1987) y Magnusson *et al.* (1999) presentan debilidades como la falta de consideración de emociones, limitaciones en la actuación en el aula, contexto sociocultural y relación con el aprendizaje estudiantil (Gess-Newsome, 2015; Shulman, 2015). En la Cumbre CDC del 2012 en Colorado, investigadores de siete países definieron un modelo de conocimiento profesional y habilidades docentes (Gess-Newsome, 2015), buscando consenso internacional ante las diversas interpretaciones y aplicaciones del CDC en la investigación educativa. Durante ese proceso se evaluaron la naturaleza y el modelo de CDC, su interrelación con otras fuentes del conocimiento profesional, así como los métodos para recopilar datos y las etapas de desarrollo en el aprendizaje.

Este modelo incluye el conocimiento profesional del docente y sitúa el CDC en la complejidad del proceso de enseñanza y aprendizaje. El modelo llamado "Teacher Professional Knowledge and Skill" difiere del presentado por Magnusson *et al.* (1999), quienes ubican el conocimiento sobre la enseñanza de un tópico específico o CDC como un único dominio influenciado por el conocimiento pedagógico, el conocimiento de la materia y el conocimiento de los estudiantes que es permeado y/o amplificado por las concepciones del profesorado. Así que, en el marco del nuevo modelo se posiciona al CDC desde su naturaleza integrada, en lugar de transformadora (Gess-Newsome, 1999).

El modelo de Gess-Newsome (2015) describe las interrelaciones entre el CDC y el contexto, sigue un ciclo activo desde las bases del conocimiento profesional del profesor (BCPP). Estas incluyen el conocimiento de la evaluación (diseño y uso de evaluaciones sumativas y formativas, y cómo utilizar los resultados para ajustar la enseñanza), pedagogía (estrategias de aula, adaptación a necesidades estudiantiles, diseño de lecciones), contenido disciplinario (prácticas científicas, ideas centrales), estudiantes (desarrollo físico y cognitivo, diferenciación educativa), y currículo (objetivos, secuencia, evaluación de coherencia). Se podrían añadir categorías como ideología y educación emocional, su inclusión requiere análisis y documentación de buenas prácticas. Las BCPP conforman un conocimiento general docente, normativo, que informa y se nutre del "conocimiento profesional de tópicos específicos (CPE)", el cual integra materia, pedagogía y contexto.

El CPE abarca representaciones mentales estudiantiles, estrategias de enseñanza, prácticas científicas y hábitos mentales específicos, concretos para un tema y nivel de desarrollo, sin ser disciplinarios. Es normativo al indicar el conocimiento deseado por los docentes en un contexto específico, dinámico y difícil de describir. Es un conocimiento canónico generado y reconocido por la investigación y prácticas educativas, evaluado con métodos como la investigación-acción (Mora y Parga, 2017). El CDC canónico se aplica en la formación docente y desarrollo de secuencias de enseñanza (Alvarado *et al.*, 2015). Las representaciones del

contenido (CoRe) documentan el CDC con ideas, estrategias y recursos educativos relacionados con un tema específico y grupo de estudiantes (Alvarado *et al.*, 2015). El conocimiento del profesor se forma y se ajusta por afectos, concepciones epistemológicas, conocimientos previos, características estudiantiles y contexto, e influye en la práctica (Bryan, 2012).

Los amplificadores o filtros influyen en el saber profesional de los temas específicos en la práctica y afectan la enseñanza. Aquí reside el CDC personal del profesor y sus interacciones con el entorno educativo y el currículo. Según Nilsson y Vikström (2015), el CDC se basa y analiza en la práctica de enseñanza. Gess-Newsome (2015) define el CDC como el conocimiento esencial para enseñar un tema específico en un contexto particular, el cual es crucial en la acción docente. El CDC es un constructo independiente del conocimiento pedagógico y del conocimiento del contenido, aunque relacionado (Kirschner *et al.*, 2016) que sitúa el conocimiento del profesor y la práctica dentro de la enseñanza de una disciplina específica de ciencias (Gess-Newsome *et al.*, 2017).

El CDC personal implica reflexión sobre la acción (explícita), en tanto que el CDC y habilidad (CDCyH) se desarrolla durante la instrucción y reflexión en la práctica (tácita o explícita). El CDC personal es el saber previo a la planificación de la enseñanza de un tema específico, adaptado para distintos propósitos y estudiantes, el cual mejora los resultados de aprendizaje. En cambio, el CDCyH es el acto de enseñar un tópico particular, en formas diferentes, para un propósito particular, a estudiantes particulares, para fortalecer sus resultados (Carlson y Gess-Newsome, 2013).

Es relevante destacar que todas las personas docentes tienen un CDC personal pero no todos poseen un CDC canónico, en ocasiones

construyen el CDC canónico a través de discusiones con sus colegas sobre la efectividad de las representaciones que utilizan en la enseñanza (Garritz, 2010). El CDC en la práctica se puede estudiar mediante observación sistemática en la clase, en tanto que el CDC sobre la práctica a través del análisis cualitativo de entrevistas y episodios de clase. Como resultado de su reflexión en la práctica de enseñanza, el profesorado genera su propio conocimiento práctico profesional (Gess-Newsome, 2015; Porlán *et al.*, 2010).

De esta forma, el conocimiento académico base para la enseñanza se integra y transforma en el CDC durante la práctica en el contexto particular (Mellado *et al.*, 2014) y los cambios en ese conocimiento también dependen de las emociones que experimentan las personas docentes durante la enseñanza de los contenidos científicos (Melo *et al.*, 2017). Además, las emociones igualmente se transforman e integran en la innovación y el desarrollo profesional de los contenidos específicos (Melo y Cañada, 2018).

En resumen, el modelo unificador de Gess-Newsome (2015) redefine el CDC como amplificador o filtro en las prácticas de aula, eliminando antiguas orientaciones y concepciones. En este marco, las emociones y concepciones del profesorado influyen en el saber profesional de los temas particulares y su dinámica en la clase, lo cual afecta la implementación de procesos de investigación y la configuración de modelos didácticos y CDC personalizados.

En el modelo teórico de Gess-Newsome (2015) se reconoce la influencia de los alumnos, quienes aportan motivaciones, emociones, comportamientos, creencias, ideas alternativas y habilidades que actúan como filtros y amplificadores en los componentes curriculares dentro del aula. Estos elementos

afectan el aprendizaje, los logros académicos y el ambiente de clase, por lo cual proporcionan datos cruciales para guiar la práctica docente y desarrollar conocimientos específicos en ciencias.

Por lo tanto, según este modelo, la indagación no debe limitarse a un procedimiento lineal y estructurado, sino que debe integrarse como un componente curricular integral que se basa en el conocimiento profesional específico y en la reflexión dentro y sobre la práctica en el aula.

En este sentido, consideramos que las emociones y el CDC personal del docente que emplea la indagación son fundamentales para contextualizar el tema específico y su interacción con el entorno de aprendizaje. Por lo tanto, la dimensión emocional y el desempeño del docente son cruciales para el éxito académico en el aula.

La Hipótesis de la Complejidad como herramienta para el análisis de la práctica

En el marco de la Hipótesis de la Complejidad (HC), el desarrollo profesional del profesor está determinado por la integración entre la complejidad de la reflexión (CDC personal) y la complejidad de la práctica de aula (CDCyH). La complejidad es la progresión de la competencia del profesor para interactuar con el contexto socioeducativo en su carrera profesional, reflexionando en y sobre la práctica, lo que afecta los ámbitos educativos (contexto, epistemología, currículo) y personales (emociones, creencias, pensamientos) de su labor. Diferenciamos tres dimensiones: técnica, práctica y crítica, de complejidad creciente, en función del grado de interacción social, desde los intereses instrumentales técnicos (obstáculos), hasta la concienciación social y el papel emancipador de la educación (Vázquez-Bernal *et al.*, 2007a, 2007b, 2010, 2012).

A partir de la HC como instrumento para analizar la praxis, sustentamos:

- Se identifica la Reflexión para la práctica como el CDC personal y la práctica de aula como el CDCyH.
- La referencia sería el CDC canónico, pero se podría asimilar al CPE y a las BCPP de los que procede.
- Al analizar la reflexión, nos referimos a una serie de categorías que constituyen el CDC personal.
- Al analizar la práctica, examinamos su CDCyH personal del docente.
- Al hablar de integración, fomentamos que los conocimientos y las habilidades se incorporen en el contexto socioeducativo durante las prácticas de aula.

Metodología

Esta investigación se sitúa en el paradigma de la complejidad evolutiva del profesorado (De la Herrán, 2005), enfocándose en el cambio y comprensión de las interacciones afectivas. Desde un enfoque cualitativo se enmarca como una investigación-acción. Participa una docente veterana apoyada por el investigador principal (observador participante) y dos expertos en CDC, en un contexto natural de formación de maestros en la Universidad de Huelva (54 estudiantes matriculados en una asignatura de Didáctica de las Ciencias) en el curso 2016-2017.

Se emplea una metodología etnográfica para describir interpretativamente el aula, sus interacciones y los cambios emocionales en las diversas dimensiones de la indagación (Retana-Alvarado *et al.*, 2023). El carácter cíclico que caracteriza la investigación-acción, constituida por las fases de planificación, acción, observación y reflexión (Kemmis y McTaggart, 1988) permitió situarnos en la formación profesional y la práctica como objeto de investigación.

Se realizó una entrevista a la docente, enfocada en el análisis de la interacción emocional en la praxis y en identificar obstáculos para mejorar la formación inicial. El foco de la práctica se centró en aspectos como la enseñanza del contenido sobre ecología, “los ecosistemas”, mediante un problema sociocientífico, el uso de estrategias de gestión de las emociones, la retroalimentación a los estudiantes y la evaluación.

En el diseño y la ejecución de la entrevista, se cumplieron los criterios de especificidad, amplitud, profundidad y contexto personal (Flick, 2004). Para el diseño de la entrevista, se consultaron estudios previos (Gess-Newsome *et al.*, 2017; Kirschner *et al.*, 2016;

Loughran *et al.*, 2012; Melo *et al.*, 2017), que permitieron ubicar los ítems en los siguientes ámbitos: a) bases del conocimiento profesional del profesor (BCPP) (ítems 1 a 8), b) conocimiento profesional de los tópicos específicos (CPTe) (ítems 9 a 14), c) amplificadores y filtros del profesor (ítems 15 a 18), d) amplificadores y filtros del alumnado (ítem 19) y e) resultados académicos (ítem 20) (puede consultarse el instrumento en Retana-Alvarado, 2018).

Para analizar la reflexión de la docente establecimos un sistema de categorías, cuyo foco es la interacción de las emociones en la práctica y la identificación de obstáculos para mejorar la formación inicial, basado en el Modelo de Conocimiento Profesional del Profesorado y habilidad, incluyendo el CDC (Gess-Newsome, 2015). Este enfoque es coherente con niveles de complejidad descritos en la Hipótesis de la Complejidad (Vázquez-Bernal *et al.*, 2012).

Este sistema se fundamenta en la teoría, los temas discutidos en la entrevista y la observación. Se dispone de manera jerárquica, reflejando la disposición de los ámbitos interactivos en el modelo. Consta de catorce categorías y 38 subcategorías asociadas a estos seis ámbitos. Este sistema es una primera aproximación provisional que podría servir como modelo para la formación docente.

Cada subcategoría presenta tres ideas analíticas con diferentes niveles de complejidad que reflejan la dimensión técnica, práctica y crítica de la HC. Según Vázquez-Bernal *et al.* (2012), el grado inicial en la dimensión técnica incluye hábitos, patrones de actuación consciente y barreras para el crecimiento profesional. Los niveles intermedios conllevan la solución de problemas prácticos que orientan la reflexión.

Finalmente, en el grado de referencia dentro de la dimensión crítica, los problemas

prácticos se tornan más complejos y trascienden el ámbito del aula con un efecto social y transformador que va más allá de la práctica individual. Se incorporan 180 códigos, de los cuales 70 son técnicos, 59 prácticos y 51 críticos.

Para analizar los datos empíricos se empleó el programa AQUAD versión 7.0. Según Huber y Gürtler (2015), esta herramienta permite la clasificación y estructuración de datos, así como la obtención de conclusiones basadas en sus relaciones. El texto se redujo siguiendo el esquema interpretativo del sistema categórico. En el análisis de contenido cualitativo, se codificaron líneas del texto identificando unidades que representan un descriptor en una dimensión específica de la HC, y se asociaron con un código adecuado. Como señalan Vázquez-Bernal *et al.* (2007c), estos constituyen la evidencia de la presencia de la categoría en los datos. Al utilizar los códigos y sus categorías, es posible desarrollar propuestas teóricas sobre sus interrelaciones. Luego, se reconstruyó el sistema de significados de la entrevistada, extrayendo referencias que evidencian las declaraciones presentes en el texto. Por último, se verificaron sistemáticamente los vínculos entre unidades de significado en las secuencias, probando las que se repetían con mayor frecuencia.

Resultados

En esta sección se exponen los resultados y el análisis de la reflexión de la docente desde una perspectiva investigativa. En el anexo 1 se explica el significado de los códigos más frecuentes. Entonces, los descriptores se corresponden con un código constituido por la inicial T, P o C, seguido de tres letras arbitrarias que representan los conceptos inmersos en su correspondiente subcategoría. Por ejemplo, en la subcategoría “instrumentos de la evaluación”, el código PDIV corresponde a la dimensión práctica y hace referencia a la utilización de amplia diversidad de actividades, métodos, técnicas e instrumentos para evaluar a los estudiantes, el profesorado y el proceso de intervención.

Análisis de frecuencias

Aquí se presentan las frecuencias emanadas de la codificación según las tres dimensiones de la HC (Véase tabla 1). Los hallazgos destacan el predominio de códigos prácticos y críticos al reflexionar sobre la interacción de las emociones en la práctica.

Tabla 1. Frecuencia de códigos en la reflexión de la profesora

| Dimensión | Frecuencia absoluta | Frecuencia relativa |
|-----------|---------------------|---------------------|
| Técnica | 17 | 15,2 % |
| Práctica | 53 | 47,3 % |
| Crítica | 42 | 37,5 % |
| Total | 112 | 100 % |

Fuente: elaboración propia

Los hallazgos indican la existencia de dificultades como creencias y emociones negativas respecto a la naturaleza de la materia entre el estudiantado. Se enfatiza explorar y evaluar continuamente las ideas mediante diversas estrategias, fomentando también emociones positivas. En el ámbito del contenido científico del ecosistema, se prioriza su equilibrio y su relación con otros temas, para integrarlo de forma transversal con la sociedad. Este enfoque se centra en estudiar el ecosistema local con un ciclo de indagación y estrategias de autorregulación emocional. El clima en el aula mejora gracias a la reflexión de la profesora en relación con sus metáforas emocionales personales, que resaltan lo afirmativo y brindan soporte emocional al grupo estudiantil.

Análisis de vínculos y contenido

El análisis de vinculaciones tiene como objetivo reconstruir datos verbales usando lógica deductiva para identificar asociaciones significativas entre los códigos. Según Huber y Gürtler (2015), cada segmento codificado indica la presencia de esa categoría en los datos.

En la tabla 2 se presentan los códigos centrales en la reflexión de la formadora sobre la interacción emocional. Para verificar esta premisa, empleamos el programa AQUAD para buscar secuencias redundantes en las estructuras de codificación. Retana-Alvarado (2018) detalla exhaustivamente los resultados de este procedimiento. Debido a limitaciones de espacio, aquí solo se presentan las vinculaciones más significativas.

Tabla 2. Códigos de mayor frecuencia en la reflexión, en relación con la dimensión de la Hipótesis de la Complejidad

| Dimensión | Códigos y frecuencias |
|-----------|--|
| Técnica | TCOB (3), TIEM (8) |
| Práctica | PDIV (6), PEPM (6), PEQU (5), PREC (5), PSIT (5) |
| Crítica | CADA (5), CAPO (4), CMET (4), CPOS (4), CSOC (4), CHUM (3), CREA (3), CREG (3) |

Fuente: elaboración propia

En la figura 1, se muestra de forma esquemática las relaciones significativas entre un código técnico y dos códigos prácticos. Este es el “núcleo duro de primer orden”, ya que expone una relación lineal en dos vías entre los códigos, representando un grado inicial y dos grados intermedios de complejidad en la

reflexión. Se observa que TIEM, PDIV y PEPM son los códigos técnicos y prácticos más frecuentes, según el análisis de frecuencias preliminar. A continuación, exploramos los significados explícitos en el texto, también conocido como contenido latente.

Figura 1. Núcleo duro de primer orden derivado de la reflexión de la formadora



Fuente: elaboración propia

“(399-402: TIEM) Proponemos en esta asignatura que pierdan el miedo a la ciencia”.

“(159-167: PDIV) Al poco tiempo se dan cuenta de la necesidad de estar en clase porque los diálogos que se generan y las actividades que se hacen son las que luego vamos a emplear para evaluar”.

“(157-161: PEPM) Empezamos a trabajar con una metodología diferente a la que están acostumbrados, al poco tiempo se dan cuenta de la necesidad de estar en clase”.

Así, las ideas alternativas acerca de los contenidos científicos y el rechazo a cuestiones sociocientíficas, pueden alterar el clima emocional en el aula y el aprendizaje. Sin embargo, el empleo de otras estrategias alternativas de mediación pedagógica y evaluación, acompañado de la expresión de emociones positivas, actitud y compromiso en la asistencia a lecciones puede facilitar el logro académico.

En la figura 2, se identifica una interacción en dos vías entre los códigos críticos: CAPO, CHUM y CPOS, estableciéndose un “núcleo duro de segundo orden” vinculado al clima emocional. Aquí, la docente implementa estrategias de gestión de las emociones que incluyen resaltar aspectos positivos, corregir de manera asertiva, involucrar a los alumnos en reflexiones sobre las expresiones emocionales inapropiadas, usar el humor para fomentar emociones positivas y brindar apoyo afectivo.

Figura 2. Núcleo duro de segundo orden derivado de la reflexión de la formadora



Fuente: elaboración propia

Con relación al clima académico-instruccional, las siguientes citas muestran cómo la profesora emplea estrategias para repasar los tópicos científicos, fomentar los aportes e integrar a los alumnos:

“(841-847: PDER) La clave para mí es hacerlos participar y que salga lo que saben sobre eso e ir construyendo conceptos más complejos”.

“(964-967: PDER) A veces que tú ves algo menos integrado o por alguna cuestión no participa, pues intentar de alguna forma ir metiéndolo en el grupo, en la dinámica de aula”.

En términos del manejo de la disrupción en el aula, la docente destaca lo positivo y corrige a los alumnos sin penalizarlos ni compararlos con otros (CPOS):

“(329-339: CPOS) Estrategias de resaltar lo positivo, de intentar no castigar ninguna de las acciones que se hacen, si alguien contesta de forma errónea, se intenta corregir con la respuesta de otros estudiantes, resaltando lo positivo y haciendo ejercer a los estudiantes”.

También se observa que la formadora ofrece apoyo afectivo para promover la autonomía y la confianza en la realización de tareas. Los alumnos reflexionan sobre los episodios emocionales en la lección, motivados por la docente.

“(940-943: CAPO) Tú al estudiante lo vas haciendo cada vez más autónomo, que sepa resolver situaciones sin tener que decirle cómo tiene que hacerlo”.

“(900-903: CAPO) Aparte a mí me gusta cuando sale alguna cuestión emocional en el aula ponerla sobre la mesa”.

“(906-909: CAPO) En algún momento por alguna cuestión he parado la clase y les he hecho reflexionar sobre algún hecho que ha pasado desde el punto de vista emocional”.

En cuanto al clima emocional interpersonal, las citas muestran que la docente emplea estrategias de gestión de las emociones como la lectura de cuentos, fomenta el humor, la sonrisa y maneja escenarios que puedan afectar a los estudiantes. Para la profesora, es crucial abordar la educación emocional a través de su propio modelo didáctico personal. Esto ayuda a que los futuros maestros reconozcan explícitamente la influencia de las

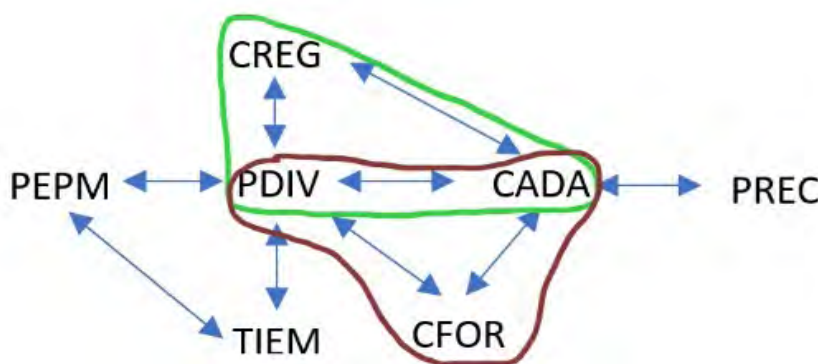
emociones en la clase y adquieran destrezas para gestionar sus respuestas afectivas.

“(903-906: CHUM) En algún momento hemos leído algún cuento, se ha hecho un símil para trabajar la educación emocional”.

“(911-926: CHUM) No porque yo piense que la educación emocional haya que trabajarla como asignatura, yo creo que la educación emocional se trabaja desde el modelo, pero como ellos son futuros docentes yo creo que sí en algunas cuestiones hay que hacerles darse cuenta de lo que está pasando allí, para que mejoren sus respuestas ante una circunstancia que puede ser simplemente pues reírnos de algo que ha pasado o que alguien se esté sintiendo mal por algo que se ha dicho, entonces parar la clase y hacerle a todo el mundo entender que esas situaciones hay que aprender a llevarlas para que nadie se sienta mal”.

Por último, la figura 3 muestra un núcleo duro de tercer orden, donde aumentan los vínculos entre códigos de las tres dimensiones de la HC. El núcleo incluye TIEM, PDIV, PEPM, PREC, CFOR, CADA y CREG. Las conexiones más importantes están agrupadas en doble red, resaltadas en rojo y verde: CREG, PDIV, CADA; PDIV, CFOR, CADA, donde CADA y PDIV son agentes nucleadores de los vínculos afectivos.

Figura 3. Núcleo duro de tercer orden derivado de la reflexión de la formadora



Fuente: elaboración propia

En lo concerniente al CDC en la acción, hay cinco códigos CADA que hacen referencia a la retroalimentación que la docente brinda durante la enseñanza de los contenidos.

“(194-199: CADA) Soy muy reiterativa y vuelvo sobre lo que hicimos y vuelvo sobre ello y empiezo siempre con lo que terminamos y de vez en cuando lo que hago es hacerles una serie de preguntas que tienen que contestar y yo me llevo”.

Se encontraron reflexiones críticas en las subcategorías objeto e instrumentos de evaluación. La evaluación desempeña un papel moderador del aprendizaje (CREG).

“(185-192: CREG) Entonces en esa evaluación yo lo que intento es que ellos entiendan que no se trata de que tengan que estudiar el último día y soltar lo que han aprendido, sino que todo lo que se va trabajando en clase día a día tienen que irlo trabajando y lo tienen que ir adquiriendo significativamente”.

De esta manera, la evaluación diagnóstica, formativa y continua es un elemento moderador que emplea diversos mecanismos para valorar la efectividad de la intervención didáctica, el rendimiento estudiantil y el propio desempeño docente. La profesora ajusta el planeamiento didáctico considerando el contexto y promoviendo la reflexión en la práctica para brindar soporte emocional, retroalimentación y gestión de los afectos.

Conclusiones

Concluimos que las emociones influyen en todo el modelo de conocimiento profesional. Basado en el análisis de contenido y las vinculaciones, destacamos que las relaciones se mueven entre la dimensión práctica y la crítica de la Hipótesis de la Complejidad (Vázquez-Bernal *et al.*, 2012). Aunque no estudiamos el modelo didáctico y tampoco la intervención en profundidad de la profesora (el énfasis radica en alumnos de grado), inferimos de los datos vinculados con su reflexión personal, que la interacción afectiva a través de relaciones activas entre categorías tentativas, nutren el conocimiento profesional de la profesora y los contenidos específicos del CDC en la acción y el rendimiento de los estudiantes. El clima emocional es facilitado o limitado mediante potenciales o dificultades de naturaleza afectiva y cognitiva.

Respecto a las bases del conocimiento profesional, deducidas de la entrevista a la profesora, concluimos que la evaluación desempeña una función formativa y actúa como un elemento regulador de la mediación en el aula. Al inicio del curso, se establece un acuerdo didáctico sobre las estrategias. En este se provee una retroalimentación constante, que se enfoca en las creencias o conocimientos no superados. Al finalizar la asignatura, el alumnado lleva a cabo una autoevaluación y prueba grupal donde exponen sus competencias colaborativas mientras experimentan emociones positivas.

El saber pedagógico o didáctico emerge de la idea de la clase como un entorno controlable donde se establecen interacciones próximas entre compañeros y profesora, gracias a la transferencia emocional. De acuerdo con la educadora, en ese ámbito el conocimiento científico tiene una cualidad transformadora que se manifiesta en su naturaleza democrática. Esto facilita el avance de ideas alternativas a partir del error mediante situaciones que fomentan el razonamiento, en una materia de Didáctica de las Ciencias que también repara las emociones negativas hacia la ciencia originadas en etapas formativas anteriores con un currículo excesivamente cargado.

Los temas pedagógicos y científicos están vinculados con los problemas de la práctica profesional; su integración se alcanza mediante los conocimientos proporcionados por los futuros docentes, la profesora y recursos variados.

Todo lo mencionado interactúa con el conocimiento profesional sobre temas particulares como el ecosistema. Los futuros docentes presentan ideas alternativas, pero lo ven de manera aditiva sin reconocer su función relacional. Por ello, se proporcionan ejemplos continuamente para destacar conceptos clave sobre equilibrio y autorregulación. El ecosistema se estudia desde un entorno real y cotidiano, donde confluyen aspectos ecológicos y sociales. También, prevalece el planteamiento de preguntas como práctica científica al comienzo de la indagación.

La indagación se activa mediante prácticas científicas que comienzan en el conocimiento profesional de los contenidos específicos de ciencias. Según la entrevista, se otorga un papel central a los estudiantes, quienes a través de estas cuestiones desarrollan la competencia de aprender a aprender. Desde una perspectiva de educación emocional,

la educadora transmite emociones positivas como tranquilidad, bienestar y disfrute durante la enseñanza, mientras reflexiona sobre las metáforas afectivas para gestionar sus propias reacciones emocionales. Así, sus concepciones, emociones y metáforas facilitan y fortalecen las interacciones interpersonales y la implementación del CDC en la práctica de aula.

Sostenemos que las emociones se incorporan en la reflexión sobre la planificación de la enseñanza, estableciendo un modelo didáctico y el CDC personal. Al mismo tiempo, las emociones se insertan a la reflexión en acción, desarrollando el CDC y habilidades (CD-CyH) mediante la retroalimentación constante en la práctica. Las emociones y el CDC de la profesora determinan el contenido particular en la interacción con el contexto indagatorio.

En la práctica, se establece un clima de aula influido por las particularidades de los futuros maestros, la formadora, la metodología indagatoria, las condiciones físicas del aula y el entorno natural, así como las estrategias de regulación emocional. Se define un clima académico inclusivo sustentado en tareas individuales y grupales en un ambiente positivo que contribuye a la motivación. Como se infiere de la entrevista, la formadora retoma conocimientos previos, aporta ejemplos, relaciona los temas con la cotidianidad, estimula la participación y brinda un trato amable. Se crea un clima favorable para la gestión de la disrupción, resaltando conductas positivas, corrigiendo sin señalar o castigar, y mejorando las creencias de autoeficacia. Resaltamos el clima emocional interpersonal positivo, gracias a estrategias de regulación que permitieron a los futuros maestros ser conscientes y gestionar su vulnerabilidad emocional.

La práctica de aula se ve obstaculizada por emociones negativas y un bajo dominio de los contenidos científicos, lo cual dificulta

el rendimiento. Sin embargo, esto se contrarresta con facilitadores como emociones positivas hacia la indagación y la motivación por asistir a clases, ya que el proceso de aprender a enseñar ciencias se asemeja a la realidad que enfrentarán como docentes. Los resultados académicos pueden informar las bases del conocimiento profesional, específico de la asignatura y de la práctica. Así, las emociones y la indagación atraviesan el modelo.

Considerar las emociones en el CDC representa un modelo orientador para la formación docente, que articula las dimensiones disciplinares, contextuales y pedagógicas. Es fundamental concentrar la educación emocional en este modelo de conocimiento profesional, en aras de que los docentes cuenten con estrategias que gestionen ambientes de aula seguros, de sana convivencia y facilitadores del bienestar común.

Para finalizar, este estudio enfocado en la interacción de las emociones en la práctica de aula es un aporte relevante para el área de la didáctica de las ciencias en la región iberoamericana, pues contribuye al estado de conocimiento sobre las emociones en la enseñanza de las ciencias, un componente olvidado en el CDC (Shulman, 1987), ya que tradicionalmente los estudios sobre CDC se han enfocado en otros aspectos como las representaciones del contenido (Alvarado *et al.*, 2015; Loughran *et al.*, 2012) y la interacción entre reflexión y práctica en el desarrollo profesional (Vázquez-Bernal *et al.*, 2021), entre otros.

Referencias

- Alvarado, C., Cañada, F., Garritz, A. y Mellado, V. (2015). Canonical pedagogical content knowledge by CoRes for teaching acid–base chemistry at high school. *Chemistry Education Research and Practice*, (16), 603-618. <https://doi.org/10.1039/C4RP00125G>
- Bryan, L. A. (2012). Research on Science Teacher Beliefs. En B. J. Fraser, K. Tobin y C. J. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (vol. 1) (pp. 477-495). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7_33
- Carlson, J. y Gess-Newsome, J. (2013). *The PCK Summit Consensus Model and Definition of Pedagogical Content Knowledge*. The Symposium “Reports from the Pedagogical Content Knowledge (PCK) Summit”, ESERA Conference 2013. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_2
- De la Herrán, A. (2005). El nuevo “paradigma” complejo-evolucionista en educación. En A. de la Herrán, E. Hashimoto y E. Machado (Eds.), *Investigar en Educación: Fundamentos, aplicación y nuevas perspectivas* (pp. 481-661). Dilex. https://www.researchgate.net/publication/27590782_El_nuevo_paradigma_complejo-evolucionista. <https://doi.org/10.15517/revedu.v43i2.32427>
- Flick, U. (2004). *Introducción a la investigación cualitativa*. Morata.

- Garritz, A. (2010). Pedagogical Content Knowledge and the Affective domain of Scholarship of Teaching and Learning. *International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, 4(2), 1-6. <https://doi.org/10.20429/ijsotl.2010.040226>
- Gess-Newsome, J. (1999). Pedagogical content knowledge: an introduction and orientation. En J. Gess-Newsome y N. G. Lederman (Eds.), *Examining Pedagogical Content Knowledge* (pp. 3-17). Kluwer Academic. https://doi.org/10.1007/0-306-47217-1_1
- Gess-Newsome, J. (2015). A model of teacher professional knowledge and skill including PCK: Results of the thinking from the PCK Summit. En A. Berry, P. Friedrichsen y J. Loughran (Eds.), *Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education* (pp. 28-42). Routledge. <https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=129386>
- Gess-Newsome, J., Taylor, J. A., Carlson, J., Gardner, A. L., Wilson, C. D. y Stuhlsatz, M. A. M. (2017). Teacher pedagogical content knowledge, practice, and student achievement. *International Journal of Science Education*, 1-20. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1265158>
- Huber, G. L. y Gürtler, L. (2015). *AQUAD 7. Manual del programa para analizar datos cualitativos*. Softwarevertrieb Günter Huber.
- Kemmis, S. y McTaggart, R. (1988). *Cómo planificar la investigación acción*. Laertes.
- Kirschner, S., Borowski, A., Fischer, H. E., Gess-Newsome, J. y von Aufschnaiter, C. (2016). Developing and evaluating a paper-and-pencil test to assess components of physics teachers' pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education*, 38(8), 1343-1372. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1190479>
- Loughran, J., Berry, A. y Mulhall, P. (2012). *Understanding and developing science teachers' pedagogical content knowledge* (2a ed.). Sense. <https://doi.org/10.1007/978-94-6091-821-6>
- Magnusson, S., Krajcik, J. y Borko, H. (1999). Nature, sources and development of pedagogical content knowledge. En J. Gess-Newsome y N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 95-132). Kluwer Academic. https://doi.org/10.1007/0-306-47217-1_4
- Mellado, V. (2011). Formación del profesorado de Ciencias y buenas prácticas: el lugar de la innovación y la investigación didáctica. En A. Caamaño (Ed.), *Física y química. Investigación, innovación y buenas prácticas* (pp. 11-30). Graó.
- Mellado, V., Borrachero, A. B., Brígido, M., Melo Niño, L.V., Dávila-Acedo, M. A., Cañada, F., Conde, M. C., Costillo, E., Cubero, J., Esteban, R., Martínez, G., Ruiz, C., Sánchez, J., Garritz, A., Mellado, L., Vázquez-Bernal, B., Jiménez-Pérez, R. y Bermejo, M. L. (2014). Las emociones en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 11-36. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1478>
- Mellado, V., Garritz, A. y Brígido, M. (2009). La dimensión afectiva olvidada del conocimiento didáctico del contenido de los profesores de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, (N.º extraordinario), 347-351. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/293476>
- Melo, L. V. y Cañada, F. (2018). Emociones que emergen durante el análisis del conocimiento didáctico del contenido. *Ciência & Educação. Bauru*, 24(1), 57-70. <https://doi.org/10.1590/1516-731320180010005>

- Melo, L. V., Cañada, F. y Mellado, V. (2017). Exploring the emotions in Pedagogical Content Knowledge about the electric field. *International Journal of Science Education*, 39(8), 1025-1044. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1313467>
- Mora, W. M. y Parga, D. L. (2017). El modelo unificador $\text{TPK}\&\text{s}$: Algunas similitudes y diferencias con el CDC-Complejo, en el profesorado de Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, (N.º extraordinario), 103-107. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/333996>
- Mora, F. (2016). *Neuroeducación. Solo se puede aprender aquello que se ama* (8ª reimpresión). Alianza.
- Nilsson, P. y Vikström, A. (2015). Making PCK Explicit – Capturing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge (PCK) in the Science Classroom. *International Journal of Science Education*, 37(12), 1-22. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1106614>
- Padilla, K. y Van Driel, J. H. (2012). Relationships among cognitive and emotional dimensions of teaching quantum chemistry at university level. *Educación Química*, 23(E2), 311-326. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(17\)30159-3](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(17)30159-3)
- Park, S. y Oliver, J. S. (2008). Revisiting the Conceptualization of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals. *Research in Science Education*, 38, 261-284. <https://doi.org/10.1007/s11165-007-9049-6>
- Porlán, R., Martín del Pozo, R., Rivero, A., Harres, J., Azcárate, P. y Pizzato, M. (2010). El cambio del profesorado de ciencias I: marco teórico y formativo. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(1), 31-46. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/189094>
- Retana-Alvarado, D. A. (2018). *El cambio en las emociones de maestros en formación inicial en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias basada en indagación* (Tesis doctoral, Universidad de Huelva). <https://rabida.uhu.es/dspace/handle/10272/21456>
- Retana-Alvarado, D. A., de las Heras Pérez, M. Á., Vázquez-Bernal, B. y Jiménez-Pérez, R. (2023). El cambio en las emociones de futuros maestros en la interacción con una enseñanza de las ciencias basada en indagación. *Tecné, Episteme y Didaxis (TED)*, (53), 139-161. <https://revistas.upn.edu.co/index.php/TED/article/view/13772>
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand knowledge growth in teaching. *Educational Research*, 57(1), 1-22. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 15(2), 4-14. <https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411>
- Shulman, L. S. (2015). PCK : its genesis and exodus. En A. Berry, P. Friedrichsen y J. Loughran (Eds.), *Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Edu-*

- ation (pp. 3-13). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315735665>
- Shuman, V. y Scherer, K. R. (2014). Concepts and Structures of Emotions. En R. Pekrun y L. Linnenbrink-Garcia (Eds.), *International Handbook of Emotions in Education* (pp. 13-35). Routledge, Taylor y Francis. <https://psycnet.apa.org/record/2014-09239-002>
- Van Driel, J. H., Berry, A. y Meirink, J. (2014). Research on Science Teacher Knowledge. En N. G. Lederman y S. K. Abell (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (vol. 2) (pp. 848-870). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203097267>
- Vázquez-Bernal, B., Jiménez-Pérez, R. y Mellado, V. (2007a). El desarrollo profesional del profesorado de ciencias como integración de la reflexión y la práctica. La hipótesis de la complejidad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(3), 372-393. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2007.v4.i3.01
- Vázquez-Bernal, B., Jiménez-Pérez, R. y Mellado, V. (2007b). La reflexión en profesoras de ciencias experimentales de enseñanza secundaria. Estudio de casos. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(1), 73-90. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/87863>
- Vázquez-Bernal, B., Jiménez-Pérez, R. y Mellado, V. (2007c). El programa AQUAD como generador de teorías sobre la reflexión: el caso de una profesora de ciencias en Secundaria. *Revista de Educación*, 9, 217-235. <http://hdl.handle.net/11162/23637>
- Vázquez-Bernal, B., Jiménez-Pérez, R. y Mellado, V. (2010). Los obstáculos para el desarrollo profesional de una profesora de enseñanza secundaria en ciencias experimentales. Estudio de casos. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(3), 417-432. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/210809>
- Vázquez-Bernal, B., Mellado, V., Jiménez-Pérez, R. y Taboada, M. C. (2012). The process of change in a science teacher's professional development: A case study based on the types of problems in the classroom. *Science Education*, 96(2), 337-363. <https://doi.org/10.1002/sce.20474>
- Vázquez-Bernal, B., Mellado, V. y Jiménez-Pérez, R. (2021). The long road to shared PCK: A science teacher's personal journey. *Research in Science Education*, (52), 1807-1828. <https://doi.org/10.1007/s11165-021-10028-4>

Anexo 1. Resumen de códigos de mayor aparición en el análisis cualitativo

| Código | Descriptor |
|--------|--|
| TIEM | DT: Las ideas alternativas sobre los contenidos científicos, las emociones negativas, el rechazo emocional ante cuestiones sociocientíficas, la falta de motivación para asistir a clase y el comportamiento disruptivo pueden obstaculizar el aprendizaje y las interacciones en el clima de clase. |
| TCOB | DT: El currículo es estructurado, desbordado de contenidos y obsoleto en algunos casos. |
| PDIV | DP: Utilización de amplia diversidad de actividades, métodos, técnicas e instrumentos para evaluar a los estudiantes, el profesorado y el proceso de intervención. |
| PEPM | DP: Las emociones positivas y una mayor motivación para asistir a clase contribuyen en el rendimiento académico y el aprendizaje. |
| PEQU | DP: La alteración de algún elemento que conforma el ecosistema afecta el equilibrio. |
| PREC | DP: Relación con otros contenidos |
| PSIT | DP: Se exploran las ideas de los estudiantes a través del uso de situaciones en las que manifiesten lo que piensan para hacerlas progresar, analizando los razonamientos y obstáculos. |
| CADA | DC: El profesor adapta el plan de lección a partir de las variables contextuales (espacio, tiempo y necesidades) a su vez que reflexiona en la acción para proporcionar apoyo afectivo, retroalimentación y regulación emocional en el clima de aula. |
| CAPO | DC: El profesor proporciona apoyo a los estudiantes cuando promueve la reflexión individual y grupal, explica la conducta deseada y sus consecuencias, refuerza cuando se comporta de manera apropiada y enseña estrategias de autocontrol, contribuyendo en el desarrollo de patrones de conducta alternativos. |
| CMET | DC: El profesor reflexiona sobre las metáforas para tomar consciencia de sus emociones y sentimientos, comprender, autorregular sus roles y emociones del grupo de estudiantes. |
| CPOS | DC: El profesor resalta lo positivo y corrige a los estudiantes sin castigar. |
| CSOC | DC: El ecosistema trasciende al ámbito social en el que asume un carácter transversal, integrador y formativo, a través de cuestiones sociocientíficas orientadas a la toma de decisiones basadas en principios éticos y la sensibilización acerca de las interacciones humanas con el medio y su conservación. |
| CHUM | DC: Los profesores involucran a los estudiantes en discusiones sobre las posibles consecuencias de la expresión emocional inapropiada, enseñan y aplican estrategias para la regulación emocional, utilizan el humor para fomentar emociones positivas, entre otras. |
| CREA | DC: El profesor plantea y reflexiona sobre la incorporación de estrategias de indagación escolar y de autorregulación de las emociones del grupo de estudiantes en la programación de la clase. |
| CREG | DC: La evaluación actúa como elemento regulador y de transformación colectiva para un aprendizaje significativo y reflexivo. |

Fuente: elaboración propia



Conocimiento didáctico del contenido, un constructo conceptual relevante en la enseñanza de las ciencias básicas

- Pedagogical Content Knowledge: a Conceptual Framework Relevant to the Teaching of Basic Sciences
- O conhecimento didático do conteúdo: um construto conceitual relevante no ensino das ciências básicas

Forma de citar este artículo





Campos-Nava, M. y Torres-Rodríguez, A. A. (2025). Conocimiento didáctico del contenido, un constructo conceptual relevante en la enseñanza de las ciencias básicas. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (57), 314 - 330. <https://doi.org/10.17227/ted.num57-21990>

Resumen

Este ensayo describe las características que han posicionado al constructo conceptual denominado Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) como una poderosa herramienta teórico-metodológica que permite identificar la naturaleza de los conocimientos base para la enseñanza de las ciencias básicas. Se describen asimismo diferentes aproximaciones que fueron robusteciendo su definición conceptual, para dar paso posteriormente a su análisis y desglose en componentes o sub-dimensiones que permitieron desarrollar metodologías para su cuantificación como variable operativa, no sin advertir que su medición resulta un tanto compleja debido a la naturaleza misma del constructo. Ambas descripciones, como concepto y variable, han potenciado su relevancia como un constructo que puede incidir fuertemente en los conocimientos que un profesor de ciencias desarrolla para mejorar su enseñanza, además de proveerle de un marco teórico-metodológico para su actualización profesional y docente.

Palabras clave

conocimiento didáctico del contenido; formación de profesores; conocimiento; ciencias básicas

Marcos Campos-Nava*  
Agustín Alfredo Torres-Rodríguez**  

* Doctor en Física Educativa, Profesor Investigador, Área Académica de Matemáticas y Física, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Blvd. Pachuca-Tulancingo s/n, col. Carboneras, CP 42000, Mineral de la Reforma, Hidalgo. mcampos@uaeh.edu.mx

** Doctor en Ciencias de la Educación, Profesor de Tiempo Completo, Departamento de Ciencias Básicas, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Atitalaquia. Av. Tecnológico No.9, col. Tezoquipa, CP 42970, Atitalaquia, Hidalgo. agustin.tr@atitalaquia.tecnm.mx

Artículo de ensayo

Fecha de recepción: 09/08/2024
Fecha de aprobación: 03/12/2024
Fecha de publicación: 01/01/2025



Abstract

This essay describes the features that have positioned the conceptual construct known as Pedagogical Content Knowledge (PCK) as a powerful theoretical and methodological tool for identifying the foundational knowledge required for teaching basic sciences. It also outlines various approaches that have strengthened its conceptual definition, leading to its subsequent analysis and breakdown into components or sub-dimensions. These sub-dimensions have facilitated the development of methodologies for quantifying it as an operational variable, albeit with the caveat that its measurement is somewhat complex due to the very nature of the construct. Both its description as a concept and as a variable have enhanced its importance as a construct that can strongly influence the knowledge a science teacher develops to improve their teaching. Additionally, it provides educators with a theoretical and methodological framework for professional and instructional development.

Keywords

pedagogical content knowledge; teacher education; knowledge; basic sciences

Resumo

Este ensaio descreve as características que posicionaram o construto conceitual denominado Conhecimento Didático do Conteúdo (CDC) como uma ferramenta teórico-metodológica poderosa para identificar a natureza dos conhecimentos fundamentais para o ensino das ciências básicas. Também são descritas diferentes abordagens que fortaleceram sua definição conceitual, levando ao seu posterior desdobramento em componentes ou subdimensões. Essas subdimensões permitiram o desenvolvimento de metodologias para quantificá-lo como uma variável operacional, ainda que sua medição seja um tanto complexa devido à própria natureza do construto. Tanto sua descrição como conceito quanto como variável têm aumentado sua relevância como um construto capaz de impactar significativamente os conhecimentos que um professor de ciências pode desenvolver para melhorar seu ensino, além de oferecer um referencial teórico-metodológico para sua atualização profissional e pedagógica.

Palavras-chave

conhecimento didático do conteúdo; formação de professores; conhecimento; ciências básicas

Introducción

La cuestión de qué conocimientos debe poseer o adquirir un docente de ciencias básicas (matemáticas, física o química) ha sido abordada por diversas investigaciones. No puede pensarse que todas las propuestas alrededor de esta problemática coincidan en forma puntual, pero sí se puede decir que existen puntos de vista convergentes a este respecto. En este sentido, el conjunto de conocimientos necesarios para la enseñanza de dichas disciplinas, se ha convertido en objeto de estudio (Alsina y Delgado, 2021; Soto *et al.*, 2021).

Y este aspecto no es cuestión menor, si se considera, por ejemplo, que en México como en otros países, los profesionales que atienden la enseñanza de las matemáticas, en los diferentes niveles educativos, suelen tener perfiles profesionales distintos (Rico y Sierra, 2000). Esta situación es más evidente en los niveles de bachillerato y educación superior, ya que a diferencia de los niveles educativos básicos, donde los profesionales de la enseñanza se forman por lo general en escuelas normales, no existe para los niveles mencionados, una uniformidad en ese aspecto.

La formación de los docentes en México para los niveles de educación básica es una práctica añeja, cuenta con una amplia tradición, una estructura organizacional clara y suficientemente organizada, con planes de estudio que permite contar con docentes con los conocimientos, habilidades y la práctica requerida (...) para el caso de la educación media superior es diferente (...). Por un lado [debido] a la heterogeneidad en el tipo de docentes y en segundo lugar en que estos docentes no cuentan con una formación específica para la docencia (...). (Lozano, 2016, p. 1)

Un ejemplo de lo mencionado se tiene en el hecho de que en nuestro país no es común

que los profesores que imparten cursos de matemáticas en los niveles de bachillerato y educación superior hayan tenido una formación pedagógica (Flores-Castro *et al.*, 2024), en vez de ello, son profesionales de distintas ramas de las ciencias. En estos casos, un buen número son ingenieros en alguna rama disciplinar, pero que durante su formación universitaria no tuvieron experiencias en las áreas de didáctica o pedagogía. En palabras de Kind (2009, citado por Verdugo *et al.*, 2017), el contar con un título o grado académico en alguna disciplina científica, no representa una garantía en sí misma, de lograr una enseñanza efectiva.

Regresando a la idea planteada en el primer párrafo de esta introducción, no hay un acuerdo universal sobre cuáles debieran ser los conocimientos y destrezas deseables de un profesor de ciencias, sin embargo un constructo que surgió sobre la base de estas discusiones, y que emergió desde una primera idea propuesta por Shulman (1986), fue el denominado *pedagogical content knowledge* (PCK por sus siglas en inglés), término que se tradujo al español como conocimiento pedagógico del contenido (CPC), y más precisamente como *conocimiento didáctico del contenido* (CDC). La idea inicial de Shulman lo describía como “una amalgama especial de contenido y pedagogía, que únicamente pueden aportar los profesores, por su manera especial y profesional de entender la enseñanza” (Shulman, 1986, p. 8).

La importancia que ha ido adquiriendo este constructo conceptual se sustenta en la gran cantidad de investigaciones y artículos publicados que se han realizado desde la década de los noventa (Verdugo *et al.*, 2017) hasta la fecha. En la literatura que abarca las diversas investigaciones sobre el CDC, se identifica como un constructo conceptual pertinente para representar de forma adecuada el conjunto de conocimientos base para la

enseñanza de las disciplinas como la química, la física y las matemáticas. Además, se ha identificado su idoneidad para la planificación de la enseñanza y los modelos de formación docente (Campos-Nava y Ramírez-Díaz, 2019; Escudero, 2003; Leal, 2014; Park y Oliver, 2008; Sosa y Ribeiro, 2015).

Tesis y argumentos

Los antecedentes y su definición conceptual

Shulman (1986) fue uno de los pioneros en desarrollar las nociones de lo que denominó inicialmente como el *conocimiento profesional del profesor*. Dentro de este concepto, clasificó 7 categorías o tipos de conocimiento. Fue la tercera categoría, el conocimiento pedagógico del contenido (PCK por sus siglas en inglés), la que fue adquiriendo una relevancia mayor a través del tiempo (Evens *et al.*, 2016; Pinto y González, 2008; Talanquer, 2014). Para Shulman (1987), “El CDC representa la mezcla de contenidos y pedagogía, para entender cómo conceptos, temas o problemas se organizan, representan y adaptan para enseñar a los estudiantes” (p. 8). El concepto se fue enriqueciendo con aportaciones de investigaciones posteriores en el contexto anglosajón, y también en los países de habla hispana, donde se tradujo con el nombre de *conocimiento didáctico del contenido* (CDC).

Para autores como Grossman (1990) o Magnusson *et al.* (1999), el CDC representa el conocimiento necesario para transformar el contenido de la materia por enseñar en formas más comprensibles para los aprendices (Verdugo *et al.*, 2017). Para Park y Oliver (2008), “es la comprensión y representación de cómo ayudar a los estudiantes a entender cuestiones específicas de la materia, usando múltiples estrategias instruccionales, representaciones y evaluaciones (...)” (p. 264). Las subsiguientes investigaciones que continuaron el trabajo de Shulman fueron aportando mayores elementos, de modo que el concepto del CDC se fue ampliando, asimismo fueron definiéndose sus diferentes componentes o dimensiones. La definición conceptual de un constructo se hace necesaria cuando la información que se ha ido acumulando a su alrededor es demasiada, entonces se requiere un desglose amplio en dimensiones y/o subdimensiones (Conesa y Egea, 2000). Para el caso del CDC, han sido los cinco componentes desglosados y clasificados por Magnusson *et al.* (1999), los que más se han aceptado para describir con mayor amplitud el constructo. En la tabla 1 se muestran las descripciones de sus 5 dimensiones.

Tabla 1. Definición conceptual del CDC en cinco dimensiones

| | | | | |
|--|---|--|--|---|
| Concepciones, conocimientos y creencias sobre la enseñanza de las ciencias | Concepciones, conocimientos y creencias sobre los aprendizajes de los estudiantes | Concepciones, conocimientos y creencias sobre el currículo de las ciencias | Concepciones, conocimientos y creencias sobre las estrategias de instrucción | Concepciones, conocimientos y creencias sobre la evaluación de la enseñanza de las ciencias |
|--|---|--|--|---|

Fuente: elaboración propia a partir de Magnusson *et al.* (1999).

No soslayamos que existen otras clasificaciones, pero esta ha sido como decíamos, la más aceptada. En todo caso, con sus diferencias, pero muchas de las demás tienen elementos que convergen o se pueden equiparar con algunas de las 5 dimensiones referidas. En la tabla 2 se resumen algunas de tales clasificaciones, propuestas por diversas investigaciones que han ayudado a definir los distintos componentes y/o subdimensiones en los que se ha clasificado el CDC. No es la intención incluirlas todas, dado que el número de trabajos que han realizado propuestas para definir dichas subdimensiones del CDC es muy numeroso; más bien la intención es dar cuenta de la diversidad de trabajos que han abordado como objeto de estudio al CDC, y

han contribuido a su robustecimiento como constructo conceptual.

Puede apreciarse también en la tabla 2, que el CDC ha sido identificado como un dispositivo útil en la enseñanza de las matemáticas, pero también para el caso de la física, la química e incluso la biología. Aunque las investigaciones referidas en la tabla 2 no siguen un orden cronológico preciso, su inclusión pretende hacer notar que en los años noventa se realizaron propuestas diversas; sin embargo, conforme se revisan trabajos más recientes, la tendencia en la clasificación de los componentes o subdimensiones se asemeja más con la presentada en la tabla 1, que se basa en los trabajos de Magnusson *et al.* (1999).

Tabla 2. Aproximaciones a la definición conceptual del CDC

| Dimensión del CDC | Algunas subdimensiones del CDC identificadas | Tipo de estudio / Observaciones | Autores |
|---|---|--|--|
| Conocimientos y creencias sobre el aprendizaje de los estudiantes | Los contextos de aprendizaje, las habilidades del estudiante | Incluye conocimientos sobre concepciones e ideas previas, dificultades de aprendizaje, motivaciones, estilos de aprendizaje, necesidades | Luft y Roehrig (2007), Markic, Eils y Valanides (2008) |
| Conocimientos y creencias acerca de la enseñanza de las ciencias | Roles del profesor en el aula, fortalezas y debilidades percibidas, principios sobre los cuales se basa la enseñanza | Conocimientos y creencias sobre los objetivos, nivel académico, concepciones de enseñanza | Padilla y Garritz (2014), Finson, Pedersen y Thomas (2001) |
| Conocimientos y creencias sobre el currículo de las matemáticas escolares | Temas prioritarios para la enseñanza, contenidos y forma de abordarlos, conocimientos y experiencias previos de los estudiantes | Son conocimientos y creencias de los profesores en referencia a los objetivos, así como conocimientos sobre programas curriculares específicos | Padilla y Garritz (2014), Mkhwanazi (2013), Markic, Eilks y Valanides (2008) |
| Conocimientos y creencias sobre las estrategias de instrucción | Dificultades en la enseñanza, empleo de diversas estrategias | Engloba conocimientos de estrategias propias de la disciplina y conocimientos para estrategias específicas de un tema en particular | Luft y Roehrig (2007), Haidar y Teti (2015) |

| Dimensión del CDC | Algunas subdimensiones del CDC identificadas | Tipo de estudio / Observaciones | Autores |
|--|--|--|--|
| Conocimientos y creencias sobre la evaluación de la enseñanza en las matemáticas | Métodos e instrumentos de evaluación | Conocimientos de instrumentos de evaluación, tipos y principios de la evaluación | Haidar y Teti (2015) |
| Dimensiones y subdimensiones del CDC en la enseñanza de las ciencias | Conocimientos de enseñanza, conocimiento de dificultades de los estudiantes, conocimientos de currículo, conocimientos de estrategias y recursos, conocimientos de contenidos, conocimientos de evaluación, conocimientos de los contextos, conocimientos sobre la didáctica de la disciplina científica | Definición y caracterización de los componentes del CDC, conocer sobre el rol desempeñado por el conocimiento del contenido y sus relaciones con los demás componentes | Verdugo et al. (2017) |
| Conocimientos del profesor para la enseñanza de la química | Conocimiento disciplinar (CD), conocimiento pedagógico (CP), conocimiento contextual (CC), conocimiento metadisciplinar (CM) | Propuesta de tramas didácticas previas al diseño de unidades de enseñanza, para mejorar el entendimiento en estudiantes de química | Mora y Parga (2007, 2008, 2014, citados en Parga y Mora, 2017) |
| Componentes del CDC para la enseñanza de la física | Orientación hacia la enseñanza de la ciencia, conocimientos sobre el currículo de física, conocimientos sobre aprendizajes previos y dificultades de los estudiantes, conocimientos de estrategias de instrucción, y conocimientos sobre la evaluación de contenidos en física | Se describen componentes u orientaciones del CDC para la enseñanza de la física | Etkina (2010) |
| Componentes del CDC para la enseñanza de las ciencias | Orientaciones hacia la enseñanza de las ciencias, conocimientos y creencias sobre el currículo de ciencias, creencias sobre los conocimientos de los estudiantes acerca de temas específicos, conocimientos sobre la evaluación, y conocimientos sobre estrategias instruccionales | Describieron en subdimensiones, cada una de las cinco orientaciones para la enseñanza de las ciencias | Magnusson, Krajcik y Borko (1999) |
| Componentes del CDC en la enseñanza de las ciencias | Orientaciones didácticas para los docentes de ciencias, conocimientos de la comprensión de los estudiantes, conocimientos de programas de estudio, conocimientos de estrategias de enseñanza, conocimientos de evaluación en ciencias | Modelo hexagonal que plasma la reflexión del docente durante la planificación e implementación de las tareas en el aula | Park y Oliver (2008) |
| Componentes del CDC: Conocimientos del profesor que enseña ciencias | Conocimiento del contenido, conocimiento curricular, conocimiento pedagógico, conocimiento del contexto | El conocimiento del profesor debe sufrir una "transformación" para hacer enseñables los contenidos. | Grossman (1990); Gess-Newsome (1999); Magnusson et al. (1999) |

Como puede entenderse de la tabla 2, el constructo conceptual del CDC, en la mayoría de las investigaciones realizadas, se ha identificado como un concepto clave para comprender la enseñanza de las matemáticas, sin embargo también se ha identificado su importancia en relación con la enseñanza de las ciencias experimentales (Leal, 2014).

Para la enseñanza de la química, referiremos dos ejemplos dentro del contexto latinoamericano, que dan cuenta del interés creciente que ha existido sobre el estudio del CDC. El primero, realizado por Parga y Mora (2017), da cuenta de la creciente relevancia del CDC en el contexto latinoamericano en los últimos 15 o 20 años, donde a través de este constructo conceptual se han estudiado distintas problemáticas en la enseñanza de temas propios de la disciplina, tales como: mol y cantidad de sustancia, naturaleza de la materia, tabla periódica, teoría ácido-base, teoría de partículas, naturaleza de las reacciones químicas, entre muchos otros temas.

Por su parte, Garritz y colaboradores (2014) documentaron el CDC en algunos temas de química, como estructura microscópica de la materia, reacciones químicas y cantidad de sustancia, con profesores de bachillerato. Para ello, emplearon cuestionarios basados en representaciones del contenido y experiencias pedagógicas, que aplicaron en profesores de bachillerato de México y Argentina.

Para el caso de la enseñanza de la física, presentamos también dos ejemplos de investigaciones que dan cuenta de la relevancia que ha cobrado el CDC como objeto de estudio en años recientes, en ellos se realizaron *mediciones cuantitativas* del constructo, a través del empleo de cuestionarios, o se analizaron propuestas con la finalidad de obtener información útil en los procesos de formación docente, otra vertiente de las investigaciones alrededor del constructo del CDC.

El trabajo de Campos *et al.* (2021) caracterizó el CDC de un grupo de profesores en formación, en referencia a la enseñanza de un tema específico de física, el caso de las gráficas cinemáticas. En el estudio de Flores *et al.* (2024), se emplearon datos sobre el CDC de profesores de física en ejercicio, obtenidos previamente mediante cuestionarios, para diseñar tareas de aprendizaje que se incorporaron a un curso de capacitación de profesores de física de bachillerato. En este curso también se fomentaron las reflexiones de los participantes, y luego se trabajó con herramientas digitales para el análisis de situaciones que requerían la interpretación de gráficas cinemáticas.

En el campo de la enseñanza de las matemáticas, referiremos a continuación tres trabajos que ejemplifican algunos aspectos que se están estudiando en relación con el CDC, y que ponen en evidencia lo que se está realizando y proponiendo desde esta área en la actualidad.

En el estudio de Sakaria *et al.* (2023), se ha indagado acerca de los diferentes factores que pueden afectar el desarrollo del CDC de los profesores de matemáticas. Se clasificaron tres tipos de factores: personales, profesionales y organizacionales. Dentro de los primeros se han identificado factores como la experiencia docente, el nivel educativo en el que se imparte clase, la percepción de auto-eficacia y la motivación. Por su parte, el factor profesional más fuertemente asociado es el del desarrollo profesional del docente a lo largo de su trayectoria laboral. Por último, algunos factores organizacionales identificados son la gestión escolar, el ambiente laboral y los soportes (apoyos) institucionales.

Otro trabajo que representa un ejemplo de investigaciones actuales en el CDC, es el estudio de Zubaidah *et al.* (2023) que analiza el CDC de profesores, en el contexto de la implementación del modelo de la educación

matemática realista (RME) dentro del aula, el cual propone el aprendizaje a través de problemas reales del contexto.

En la investigación de Mansour *et al.* (2024), se tuvo como propósito estudiar los factores que impactan las competencias y autoeficacia de docentes de matemáticas, en el marco del desarrollo del *conocimiento tecnológico, pedagógico del contenido* (TPACK por sus siglas en inglés), en el contexto del aprendizaje basado en proyectos y el modelo *Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas* (STEM).

Un aspecto que ha diferenciado la forma de abordar el CDC desde la perspectiva de la enseñanza de las matemáticas, en contraste con la enseñanza de las ciencias en general, se ha dado desde su propia concepción. En este caso, dentro del contexto de un concepto más amplio, el del *conocimiento matemático para la enseñanza: MKT* (Ball *et al.*, 2008). Dentro de este se agrupan el CDC y el *MSK* (*subject matter knowledge*), que es el conocimiento del contenido. Esta clasificación obedece a la pregunta de ¿qué necesita un profesor de matemáticas para poder hacer una enseñanza efectiva? (Miller *et al.*, 2022), y ha orientado la mayoría de las investigaciones que se realizan desde ese campo de la ciencia.

Determinando o “midiendo” el CDC

Posterior a este esfuerzo inicial de contar con una definición conceptual, surgieron otras investigaciones que coadyuvaron a *operacionalizar* el constructo del CDC, lo que significa transformarlo en una variable que pueda “medirse”, esto es, poder determinarlo en forma cuantitativa. Y se ha hecho a pesar de las dificultades inherentes, pues se trata de un constructo complejo, tácito, es decir, que se puede inferir, pero no percibir de manera formal (Verdugo *et al.*, 2017).

Lo anterior significa que el CDC, como elemento de la cognición del profesor, no puede ser medido directamente como una variable objetiva observable (Pinto y González, 2008), sin embargo es posible medirlo en forma indirecta a través de lo que los profesores conocen, hacen y las razones por las que actúan de determinada manera; incluso a través de sus propias concepciones, creencias, perspectivas y valores (Garritz, 2014; Padilla y Garritz, 2014; Talanquer, 2014).

En este sentido, se han desarrollado diversas metodologías para poder aproximarse al CDC de forma cuantitativa. Durante los primeros estudios para determinar o medir el CDC, se encontró que este se asociaba de forma significativa a variables tales como las concepciones, las creencias y las experiencias docentes (Llinares, 2000; Pinto y González, 2008). En cuanto a las metodologías, la literatura reporta que se han empleado una gran variedad de medios para medirlo (Morrison y Luttenegger, 2015): cuestionarios, entrevistas, observación de clase y cuestionarios a estudiantes. En todo caso, es recomendable realizar la medición del CDC a través de la triangulación de diferentes fuentes de información.

Al revisar las características de varias de las investigaciones que se han realizado para medir o caracterizar el CDC de profesores, encontramos tres tendencias. Una de

ellas es que la mayoría de los estudios se realizaron con profesores de matemáticas o ciencias, de los niveles de educación básica (Carpenter *et al.*, 1988; Krauss *et al.*, 2008). Una segunda característica es que en la mayoría de casos se estudió solo alguna dimensión o factor constitutivo del CDC, por ejemplo medir conocimientos disciplinares o pedagógicos por separado (Hill *et al.*, 2004; Jüttner y Neuhaus, 2013). La tercera tendencia es la realización de estudios sobre el CDC de algún tema específico (Campos-Nava y Ramírez-Díaz, 2019; Llinares, 2000).

Otras investigaciones sobre el CDC, se han direccionado hacia aspectos distintos, como es el caso de trabajos que han determinado

una fuerte relación entre el CDC y la calidad de la enseñanza (Baumert *et al.*, 2010; Evens *et al.*, 2016; Krauss *et al.*, 2008).

La tabla 3 resume algunos de los trabajos que tuvieron como propósito describir y/o cuantificar dicho constructo. Se incluyen el tipo de estudio, así como las dimensiones y subdimensiones del CDC estudiadas. Como en el caso de la tabla 2, en este caso tampoco se tuvo la intención de mostrar mayor número de estudios, porque son muy numerosos, la idea fue solamente tomar algunos ejemplos que muestran ese interés por cuantificar o medir el constructo, utilizando para ello diversas herramientas metodológicas.

Tabla 3. Algunas investigaciones que han medido o caracterizado el CDC

| Investigación | Algunas subdimensiones del CDC identificadas | Tipo de estudio / Observaciones | Autores |
|---|---|---|---|
| Caracterización del CDC en un tema específico de física: gráficas cinemáticas | Conocimientos sobre contenidos específicos de física, sobre dificultades en la enseñanza de temas específicos, sobre ideas previas de los estudiantes | Se aplicó un instrumento tipo CORE instrumentalizado como escala Likert a profesores que impartían cursos de física de nivel bachillerato. | Campos-Nava y Ramírez-Díaz (2019) |
| Determinación del CDC en profesores de matemáticas | Cinco subdimensiones, adaptadas de las propuestas por Magnusson <i>et al.</i> (1999) | Se aplicó un instrumento tipo Likert a profesores de matemáticas de nivel superior en ejercicio | Torres <i>et al.</i> (2019) |
| Conocimientos y creencias sobre las estrategias de instrucción | Dificultades en la enseñanza, empleo de diversas estrategias | Guion de entrevista semi-estructurada | Luft y Roehrig (2007), Haidar y Teti (2015) |
| Medición del CDC en un tema específico: el equilibrio químico | Modelo del CDC para un tema específico: conocimientos previos, dificultades de enseñanza, representaciones y estrategias de enseñanza conceptual | Cuestionario aplicado a profesores (pre-test y post-test) | Mavhunga y Rollnick (2013) |
| El CDC de temas específicos: enlaces y estructura atómica, reacciones redox | CORE basado en las cinco subdimensiones de Magnusson <i>et al.</i> (1999) | Utilizaron como instrumento un cuestionario tipo CORE con profesores en cursos de formación. | Hume y Berry (2011) |
| Caracterización del CDC de un tema específico de ciencias | Estrategias instruccionales, dificultades de los estudiantes, evaluación y conocimientos de los objetivos de aprendizaje | Aplicación de un cuestionario a profesores de secundaria en ejercicio | Van Driel, Veerlop y de Voos (1998) |
| Caracterización del CDC de un tema específico en química | Estrategias instruccionales, dificultades de los estudiantes, modelos de teorías científicas | Debido a la complejidad del tema de miscibilidad e inmiscibilidad de sustancias en agua, se propusieron modelos alternos a los atómico-moleculares. | Talanquer (2014) |

Algunas bases teóricas del CDC

En esta sección se describen algunas de las bases teóricas sobre las cuales se ha ido sustentando paulatinamente el constructo del CDC, para entender su naturaleza y propósito. Tres de los ejes de análisis que han sido identificados por diversas investigaciones son los siguientes: la formación y profesionalización del docente, los conocimientos del profesor que enseña ciencias y el paradigma del docente como profesional reflexivo (Agüero-Servín *et al.*, 2022; Schön, 1982, citado en Camejo, 2017).

Existen diversas conceptualizaciones de la formación docente, en nuestra época predomina la visión de la formación docente como un proceso profundo, ligada a la cultura, a las capacidades y las disposiciones del profesor (Díaz-Barriga, 2014), que se diferencia de posiciones más *eficientistas* o *instrumentalistas*. En este sentido, la autora concibe la formación como “una vuelta, un retorno que hacemos al reflexionar nuestra vida, también es lo aprendido, lo sabido, la transformación es un estar siempre dispuesto a cambiar, es disposición y no técnica” (p. 93).

En torno a la profesionalización de la docencia, significa que independientemente de la profesión de origen, el docente necesita asumir la enseñanza como su actividad profesional, y comprender que su desarrollo profesional es un proceso de crecimiento para mejorar su acción y entender mejor su profesión (Roux y Mendoza, 2014).

En el eje referente a los conocimientos del profesor, se identifica que estos deben poseer o desarrollar un conjunto de conocimientos, destrezas y habilidades, que le son necesarios para poder seleccionar, diseñar y/o adaptar situaciones de aprendizaje que promuevan la contextualización de contenidos, también deben contar con una estructura epistémica, cognitiva e instruccional (Barrera y Reyes, 2013). Es justo en este marco de referencia de los conocimientos del profesor, donde se identifica la importancia del constructo conceptual del CDC (Leal, 2014; Mkhwanazi, 2013).

El tercer eje central en la formación se refiere a los procesos de reflexión. Según Alfonso *et al.* (2014), esta reflexión puede darse en tres ámbitos: conocimientos, experiencias y afectos. Los modelos formativos actuales le han dado mayor relevancia a los procesos reflexivos, pues el paradigma dominante es el de reflexión en la práctica (Torres *et al.*, 2017). El concepto del profesional reflexivo fue acuñado en principio por Schön, en 1982 (Camejo, 2017), según este hay tres momentos del pensamiento práctico de un profesor: 1) conocimiento en la acción, corresponde al saber hacer; 2) reflexión en y durante la acción, que lo identifica como el meta-conocimiento; 3) sobre la reflexión en la acción, asociado con el análisis final o evaluación del proceder.

De este modo, los enfoques actuales en torno a la formación docente consideran la intervención crítica del profesor y la innovación de su propia

práctica (Aramburuzabala *et al.*, 2013). Desde esta perspectiva, han surgido en los últimos años propuestas formativas basadas en el constructivismo, la cognición situada, la investigación-acción, entre otras, pero siempre impulsadas en el paradigma crítico-reflexivo (Roux y Mendoza, 2014).

Varias investigaciones han señalado que para lograr el desarrollo profesional del profesorado pueden seguirse ciertos criterios del paradigma crítico-reflexivo, como por ejemplo, el involucramiento activo de los docentes en sus procesos de formación, la cooperación entre pares, el trabajo y la discusión colegiados (Díaz-Barriga, 2014; Mkhwanazi, 2013). Además se ha identificado un paso clave en estos procesos: el cambio o modificación de las creencias del profesor, para lo que es necesario la reflexión sobre su práctica (Mkhwanazi, 2013).

Su relevancia en la Didáctica de las ciencias

¿De qué manera estos tres ejes de análisis que profundizan en posicionamientos teóricos se relacionan con el constructo conceptual del CDC? Como pudimos describir en las secciones previas, el constructo del CDC fue adquiriendo de forma gradual una mayor relevancia, evolucionando e incorporando distintos elementos que originalmente se ubicaban en algunas de las otras categorías de Shulman, de modo que hoy en día se ha transformado en un concepto de referencia, y en un constructo conceptual que retoma o asume diferentes elementos de diversas teorías (Morrison y Luttenegger, 2015). Como ejemplos de algunos de los elementos que pueden estar incluidos en este constructo, tenemos los siguientes: conocimientos disciplinares del profesor, conocimientos de tipo pedagógico —como la selección, preparación y/o adaptación de contenidos disciplinares

diversos, o el diseño o readaptación de materiales didácticos, e inclusive conocimientos sobre la organización de las actividades en el aula de clase, sobre cómo aprenden los estudiantes, o la misma selección de libros de texto (Garritz, 2014; Padilla y Garritz, 2014; Talanquer, 2014)—. Como tercer elemento, el CDC incluye también un conjunto de conocimientos de tipo práctico, constitutivos de la praxis pedagógica (Leal, 2014).

El CDC integra un conjunto muy amplio de elementos, pues va más allá del conocimiento de hechos, conceptos o teorías, y amalgama conocimientos de contenido, pedagógicos, incluso psicológicos, así como las experiencias personales de los profesores, para crear así una comprensión de cómo ciertos asuntos o problemas pueden ser presentados y adaptados a las diferentes características y habilidades de los estudiantes (Lange *et al.* 2012). Puede apreciarse, que el CDC constituye un término que aglutina todo un conjunto de conocimientos, pero asociados a dichos conocimientos se tienen también concepciones, creencias, experiencias, actitudes y valores (Garritz, 2014; Padilla y Garritz, 2014; Pinto y González, 2008).

Conclusiones

Esta revisión tuvo como propósito reflexionar sobre la naturaleza y características del CDC, así como su creciente relevancia en el campo de la enseñanza de las ciencias denominadas básicas; en este sentido, las investigaciones sobre el CDC se han incorporado en el estudio de las didácticas específicas de cada una de estas disciplinas.

Como evidencias de dicha relevancia, se compartieron algunos trabajos sobre el CDC, realizados en dos vertientes principales: por un lado, investigaciones de tipo teórico que han propuesto contribuciones a su definición

conceptual, con el propósito de indagar y ahondar en su definición, para lo cual se han propuesto componentes y subdimensiones. Por otro lado, investigaciones de corte empírico que intentan caracterizarlo en detalle, transformando el constructo conceptual en una variable operacional que ha sido aproximada a través del empleo de herramientas metodológicas, como la observación de la práctica docente, o diversos instrumentos desarrollados para tal efecto, como cuestionarios, guías y entrevistas. Los resultados de estos trabajos han servido igualmente para retroalimentar las nuevas propuestas teóricas, en una especie de *círculo virtuoso*, que ha permitido abundar en el CDC como objeto de estudio.

Mención especial merecen un tercer tipo de investigaciones, que han analizado su incidencia en la formación de los profesores de ciencias. Los autores de este trabajo consideramos que estas investigaciones resultan imprescindibles, si se tiene en cuenta que la finalidad última de acrecentar nuestro conocimiento acerca del constructo conceptual del CDC se relaciona con su contribución al desarrollo de las destrezas y conocimientos de los docentes, y con ello, conseguir mejorar los aprendizajes de los estudiantes.

En cuanto a la incidencia del CDC sobre la profesionalización de los docentes de ciencias, se pueden identificar algunos elementos:

- Ayuda a los docentes a autoevaluar sus propios conocimientos y creencias
- Proporciona el marco idóneo para reflexionar sobre sus propias prácticas
- Puede impulsar la actualización y formación continua de los docentes en ejercicio
- Se puede emplear como una guía para el diseño de tareas de aprendizaje o instrucción
- Contribuye a formar lo que algunos autores denominan la *identidad* de la profesión docente
- Es punto de partida para diseño de programas formativos de profesores en temas específicos del currículo de ciencias

El interés en el estudio del CDC se ha robustecido, y de ello dan cuenta los distintos trabajos y líneas de investigación que se han consolidado. Miller *et al.* (2022) clasifican los tipos de estudios que se han realizado en los últimos años en relación con el constructo del CDC: 1) estudios sobre su naturaleza, lo que incluye su conceptualización medida o caracterización, 2) estudios sobre la adquisición gradual o desarrollo del CDC a lo largo de la vida profesional docente, 3) la relación del CDC con las prácticas de enseñanza y 4) relación con los aprendizajes de los estudiantes.

Además, y en razón de la gran diversidad de enfoques, perspectivas e intereses alrededor de su conceptualización y caracterización, se han presentado esfuerzos de la comunidad investigadora por unificar criterios que ayuden a

orientar las líneas de investigación presentes y futuras, de forma que contribuyan a acrecentar los conocimientos.

En este sentido, en el 2012 se propuso un modelo consensuado (MC) o TPKS (*Teacher Professional Knowledge and Skill*), para el conocimiento profesional de los profesores de ciencias. Posteriormente, sobre la base del anterior se propuso un Modelo de Consenso Refinado: MCR (Carlson et al., 2019). En el caso del MC, se fortaleció su concepción como el conocimiento necesario para la enseñanza de temas particulares a través de formas específicas, que atiendan a las características de los estudiantes y verifiquen la mejora en sus aprendizajes. Esta concepción derivó a causa de las distintas controversias suscitadas por la gran diversidad de concepciones del CDC que se habían estado estudiando: CDC sobre temas o contenidos específicos, CDC de una disciplina específica, CDC de un tema particular; así como estudios segmentados del CDC en referencia solo a algunas de sus dimensiones o subdimensiones.

Para el caso del modelo de consenso refinado (MCR), se tomó en consideración que las competencias y conocimientos de los profesores no pueden analizarse en forma aislada de lo que se ha definido como el conocimiento promulgado, el personal y el colectivo; además de reconocer elementos que forman parte del contexto, como son los conocimientos pedagógicos o curriculares, o aspectos como los conocimientos de los estudiantes o los contextos de aprendizaje.

Referencias

- Agüero-Servín, M., Martínez-Álvarez, S. I. y Mansilla, M. P. (2022). Formación y profesionalización docente en la educación media superior en México: revisión crítica y narrativa de la literatura científica. *Revista Electrónica en Educación y Pedagogía*, 6(10), 228-248. <https://doi.org/10.15658/rev.electron.educ.pedagog22.04061015>
- Alfonso, M., López, M. M. y Mendoza, I. (2014). El docente y su rol en el proceso de superación profesional. *Universidad y Sociedad*, [seriada en línea], 6(1), 52-60. <http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus>
- Alsina, A. y Delgado, R. (2021). Identificando los conocimientos para enseñar matemáticas en educación infantil, un primer paso para el desarrollo profesional. *Revista Sergipana de Matemática e Educação Matemática*, 2, 1-23. <https://doi.org/10.34179/revistem.v6i2.16003>
- Aramburuzabala, P., Hernández, R. y Ángel, I. C. (2013). Modelos y Tendencias de la Formación Docente Universitaria. *Revista Profesorado*, 17(3), 345-357. <https://revista-seug.ugr.es/index.php/profesorado/article/view/19703>
- Barrera, F. y Reyes, A. (2013). *Elementos Didácticos y Resolución de Problemas: Formación Docente en Matemáticas*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Ball, D. L., Thames, M.H. y Phelps, G. (2008). Content knowledge for teaching: What makes it special? *Journal of Teacher Education*, 59, 389-407.
- Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Brunner, M., Voss, T., Jordan, A. y Klusman, U. (2010). Teachers' mathematical knowledge, cognitive activation in the classroom, and student progress. *American Educational Research Journal*, 47(1), 133-180. <http://dx.doi.org/10.3102/0002831209345157>
- Camejo, S. (2017). Schön, el profesional reflexivo, como piensan los profesionales cuando actúan. *Educación en contexto*, 2(5), 113-119.

- Campos-Nava, M. y Ramírez-Díaz, H. (2019). Diseño de un instrumento para caracterizar el Conocimiento Didáctico del Contenido en profesores de Física sobre un Tópico específico. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 14(2), 340-359. <http://doi.org/10.14483/23464712.13900>
- Campos, M., Ramírez, H., Flores, E., Torres, A. y Morales, L. M. (2021). Mathematical Knowledge to Teach Physics and Teacher Training: the case of kinematics graphs. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 12(14), 5925-5939. <https://doi.org/10.17762/turcomat.v12i14.11913>
- Carlson, J., Daehler, K. R., Alonzo, A. C., Barendsen, E., Berry, A., Borowski, A., Carpendale, J., Chan, K. K. H., Cooper, R., Friedrichsen, P., Gess-Newsome, J., Henze-Rietveld, I., Hume, A., Kirschner, S., Liepertz, S., Loughran, J., Mavhunga, E., Neumann, K., Nilsson, P., Park, S., Rollnick, M., ... y Wilson, C. D. (2019). The Refined Consensus Model of Pedagogical Content knowledge in Science Education. En A. Hume, R. Cooper y A. Borowski (Eds.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teacher's Knowledge for Teaching Science* (pp. 77-92). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2.2>
- Carpenter, T. P., Fennema, E., Peterson, P. L. y Carey, D. A. (1988). Teacher's Pedagogical Content Knowledge of Students Problem Solving in Elementary Arithmetic. *Journal of Research in Mathematics Education*, 19(5), 385-401.
- Conesa, P. y Egea, P. (2000). Operativización de variables en la investigación psicológica *Revista Psicothema*, 12(2), 157-162.
- Díaz-Barriga, F. (2014). Formación docente y Educación basada en Competencias. En Á. Valles Flores (Coord.), *Formación en Competencias y Certificación Profesional* (pp. 76-104). UNAM ISSUE.
- Escudero, T. (2003). La Formación Pedagógica del Profesorado Universitario vista desde la Enseñanza Disciplinar. *Revista de Educación*, 331, 101-121.
- Etkina, E. (2010). Pedagogical content knowledge and preparation of high school physics teachers. *Physic Education Research*, 6, 1-26. <http://dx.doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.6.020110>
- Evens, M., Elen, J. y Depaepe, F. (2016). Pedagogical Content Knowledge in the context of foreign and second language teaching: a review of research literature. *Porta linguarum*, 26, 187-200.
- Finson, K., Pedersen, J. y Thomas, J. (2001). Comparing Science Teaching Style to Student's Perception of Scientist. *School Science and Mathematics*, 106(1), 8-15.
- Flores-Castro, E., Campos-Nava, M., Ramírez-Díaz, M. H. y Moreno-Ramos, J. (2024). The Construction of Knowledge for Teaching of Sciences: a Reflection Seem from the Pedagogical Content Knowledge. *Kurdish Studies*, 12(1), 3536-3555. <https://doi.org/10.58262/ks.v12i1.251>

- Garritz, A. (2014). Creencias de los Profesores, su importancia y cómo obtenerlas. *Educación Química*, 25(2), 88-92.
- Gess-Newsome, J. (1999). Pedagogical Content Knowledge, an introduction and orientation. En: J. Gess-Newsome y N. G. Lederman (Eds.), *pck and Science Education* (pp. 3-17). Kluwer Academic Press.
- Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: teacher knowledge and teacher education*. Teachers College Press.
- Haidar, A. y Teti, C. (2015). Una primera aproximación a la caracterización del conocimiento didáctico del contenido de docentes. En: *iv Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales*, 28, 29 y 30 de octubre, Ensenada, Argentina.
- Hill, H.C., Schilling, S. y Ball, D. L. (2004). Developing Measures of Teacher's Mathematics knowledges for Teaching. *The Elementary School Journal*, 105(1), 11-30. <https://doi.org/10.1086/428763>
- Hume, A. C. y Berry, A. (2011). Constructing CORES-a strategy for building PCK in pre-service science teacher education. *Research in Science Education*, 41(3), 341-355. <https://doi.org/10.1007/s11165-010-9168-3>
- Jüttner, M., y Neuhaus, B. J. (2013). Validation of a paper-and-pencil test instrument measuring biology teachers' pedagogical content knowledge by using think-aloud interviews. *Journal of Education and Training Studies*, 1(2), 113-125. <http://dx.doi.org/10.11114/jets.v1i2.126>.
- Krauss, S., Brunner, M., Kunter, M., Baumer, J., Blum, W., Neubrand, M. y Jordan, A. (2008). Pedagogical Content Knowledge and Content Knowledge of Secondary Mathematics Teachers. *Journal of Educational Psychology*, 100(3), 716-725. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.100.3.716>
- Lange, K., Kleickmann, T. y Möller, K. (2012). Elementary Teacher's Pedagogical Content Knowledge and Student Achievement in Science Education. En: C. Bruguere, A. Tiberghien y P. Clément (Eds.), *Science Learning and Citizenship*. Proceedings of the Ninth ESERA-Conference 2011, Lyon.
- Leal-Castro, A. (2014). El Conocimiento Didáctico del Contenido: una herramienta que contribuye en la configuración de la identidad profesional del Profesor. *Revista Magistro*, 8(15), 89-110.
- Linares, S. (2000). Intentando comprender la práctica del profesor de matemáticas. En: J. P. da Ponte y L. Serrazina (Coords.), *Educação matemática em Portugal, Espanha e Italia* (pp. 109-132). Secção de Educação Matemática da Sociedade Portuguesa de Ciências de Educação.
- Lozano, A. (2016). La formación docente en la educación media superior en México, retos y posibilidades. *xi Seminario Internacional de la Red Estrado*, noviembre 16-18, Ciudad de México.
- Luft, J. y Roehrig, G. (2007). Capturing Science Teacher's Epistemological Beliefs: the development of the teachers beliefs interview. *Electronic Journal of Science Education*, 11(2), 38-53.
- Magnusson, S., Krajcik, J. y Borko, H. (1999). Nature, source and development of pedagogical content knowledge for science teaching. En: J. Gess-Newsome y N. G. Lederman (Eds.), *pck and Science Education* (pp. 95-132). Kluwer Academic.
- Mansour, N., Said, Z. y Abu-Tineh, A. (2024). Factors impacting science and mathematics teachers' competencies and self-efficacy in TPACK for PBL and STEM. *Eurasian Journal of*

Mathematics, Science and Technology Education, 20(5), em2442. <https://doi.org/10.29333/ejmste/14467>

Markic, S., Eilks, L. y Valanides, N. (2008). Developing a tool to evaluate differences in beliefs about science teaching and learning among freshman science students teachers from different science teaching domains: a case study. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 4(2), 109-120. <https://doi.org/10.12973/ejmste/75311>

Mavhunga, E. y Rollnick, M. (2013). Improving PCK in Chemical Equilibrium in Pre-Service Teachers. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, 17(1-2), 113-125. <https://doi.org/10.1080/10288457.2013.828406>

Miller, D., Pinerua, I., Margolin, J. y Gerdeman, D. (2022). *Teacher's Pedagogical Content Knowledge in Mathematics and Science. A Cross-Disciplinary Synthesis of Recent drk-12 projects*. American Institutes for Research. <https://www.air.org/sites/default/files/2022-05/Teachers-Pedagogical-Content-Knowledge-in-Math-and-Science-April-2022.pdf>

Mkhwanazi, S. (2013). Teacher Professional Learning: an Analysis of Teacher's Views on their Professional Content Knowledge. *Journal of Social Sciences*, 37(2), 179-187. 10.31901/24566756.2013/37.02.09

Morrison, A. D. y Luttenegger, K. C. (2015). Measuring Pedagogical Content Knowledge using multiple point of data. *The Qualitative Report*, 20(6), 798-809. <https://doi.org/10.46743/2160-3715/2015.2155>

Padilla, K. y Garritz, A. (2014). Creencias Epistemológicas de dos profesores-investigadores de la Educación Superior. *Educación Química*, 25(3), 343-353.

Parga, D. L. y Mora, W. M. (2017). El CDC en química: una línea de investigación y de relaciones con la práctica docente. En x Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Sevilla, 5-8 septiembre.

Park, S. y Oliver, J. S. (2008). Revisiting the conceptualization of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in Science Education*, 38(3), 261-284. <https://doi.org/10.1007/s11165-009-9163-8>

Pinto, J. E. y González, M. T. (2008). El Conocimiento Didáctico del Contenido en el Profesor de Matemáticas ¿una cuestión ignorada? *Educación Matemática*, 20(3), 83-100.

Rico, L. y Sierra, M. (2000). Didáctica de la matemática e investigación. En J. Carrillo y L. C. Contreras (Eds.), *Matemática española en los albores del siglo XXI* (pp. 77-131). Hergué.

Roux, R. y Mendoza, J. (2014). El Concepto de Desarrollo Profesional Continuo. En R. Roux y J. Mendoza (Coords.), *Desarrollo Profesional Continuo de los Docentes:*

- Teoría, investigación y práctica*. El Colegio de Tamaulipas.
- Sakaria, D., Matt, S. M. y Matore, M. E. E. (2023). Factors influencing mathematics teacher's pedagogical content knowledge (PCK): A systematic review. *Pegem Journal of Education and Instruction*, 13(2), 1-14. DOI: 10.47750/pegegog.13.02.01
- Schön, D. (1992). *La formación de profesionales reflexivos, hacia un nuevo diseño en la enseñanza y aprendizaje en las profesiones*. Paidós.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Research*, 15(2), 4-14.
- Sosa, L. y Ribeiro, C. M. (2015). El conocimiento profesional como característica distintiva de profesionalización docente en formación de profesores. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*, 2, 1-19.
- Soto, M., Aguayo, L. M. y Galván, A. (2021). Educación Matemática y Didáctica de la Matemática, una relación histórica en desarrollo. *xvi Congreso Nacional de Investigación Educativa*, Puebla, México.
- Talanquer, V. (2014). Razonamiento Pedagógico Específico sobre el Contenido. *Educación Química*, 25(3), 391-397.
- Torres, A., Chong, M. y Baute, L. (2017). Bases teórico-conceptuales para la formación del profesor de matemáticas universitario. *Revista Sarance*, 38(1), 5-21. <https://revistasarance.ioaotavalo.com.ec/index.php/revistasarance/article/view/619/649>.
- Torres, A. A., Morales, L. M., Cáceres, M. L. y Campos, M. (2019). Validación de un instrumento para caracterizar el Conocimiento Didáctico del Contenido del profesor de matemáticas. *Revista Conrado*, 15(70), 267-273.
- Van Driel, J. H., Veerlop, N. y de Voos, W. (1998). Developing Science Teacher's Pedagogical Content Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 673-695. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199808\)35:6%3C673::AID-TEA5%3E3.0.CO;2-J](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199808)35:6%3C673::AID-TEA5%3E3.0.CO;2-J)
- Verdugo, J. J., Solaz, J. J. y Sam José, V. (2017). El Conocimiento Didáctico del Contenido en Ciencias: estado de la cuestión. *Cadernos de Pesquisa*, 47(164), 586-611. <https://doi.org/10.1590/198053143915>
- Zubaidah, T., Johar, R., Annisa, D., Yuhasriati, Y. y Safitri, Y. (2023). Teacher's Pedagogical Content Knowledge (PCK) in implementing Realistic Mathematics Education (RME). *Beta: Jurnal Tadris Matematika*, 16(1), 38-54. <https://doi.org/10.20414/betajtm.v16i1.550>



Intereses de los profesores en formación posgradual, una mirada desde el CDC en química

- Interests of Teachers in Postgraduate Training: A Perspective from PCK in Chemistry
- Interesses dos professores em formação pós-gradual: um olhar a partir do CDC em Química

Forma de citar este artículo

Delgado-Jiménez, J. A. y Ariza-Ariza, L. G. (2025). Intereses de los profesores en formación posgradual, una mirada desde el CDC en química. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (57), 331 - 347. <https://doi.org/10.17227/ted.num57-21954>

Resumen

Este artículo de investigación refleja las tendencias en didáctica de la química de un programa posgradual especializado en didáctica, a la luz de las categorías *Enseñanza, Energía, Formación de profesores, Ambiental e Historia y epistemología de la química*, se utilizó como herramienta el software *Nvivo* para la clasificación y sistematización de la información documental. Se identificaron algunos aspectos que movilizan las investigaciones didácticas en química a partir del análisis de investigaciones de un programa posgradual reconocido, donde ingresan profesionales de diferentes enfoques que se dedican a la enseñanza de la química tanto en la universidad como en instituciones escolares. El análisis de estas investigaciones se realizó desde la mirada del Conocimiento Didáctico del Contenido en química y su influencia en el contexto de enseñanza. Entre los resultados obtenidos se destaca el interés de los investigadores por indagar en los procesos formativos en la educación media, lo cual va en dirección con las tendencias investigativas del programa, se encontró que los aspectos más trabajados se relacionan con el desarrollo de competencias científicas, fortalecimiento de habilidades argumentativas en las ciencias naturales-química, alfabetización científica, estimulación y desarrollo del pensamiento crítico, integración y reformulación de los contenidos químicos.

Palabras clave

conocimiento didáctico del contenido; enseñanza de la química; formación continua; contexto

José Armando Delgado-Jiménez*  
Leidy Gabriela Ariza-Ariza**  

* Maestrante en Docencia de la Química, Lic. Químico. Universidad Pedagógica Nacional. Profesor de Química y Biología en la Ciudad Educadora Espíritu Santo. Colombia. dqu_jadelgadoj220@pedagogica.edu.co

** Doctora en Educación Ambiental. Magíster en Docencia de la Química. Lic. Química. Docente de planta, Universidad de Córdoba. leidyarizaa@correo.unicordoba.edu.co

Artículo de investigación

Fecha de recepción: 03/08/2024
Fecha de aprobación: 02/10/2024
Fecha de publicación: 01/01/2025



Abstract

This study examines trends in chemistry didactics within a postgraduate program specialising in teaching methodologies. Using the software *Nvivo* to classify and systematise documentary information, the analysis focused on five key categories: *Teaching*, *Energy*, *Teacher Training*, *Environmental Issues*, and the *History and Epistemology of Chemistry*. The study identified key aspects that drive research in chemistry didactics, based on an analysis of studies conducted within a recognised postgraduate program. This program brings together professionals from diverse perspectives who are engaged in teaching chemistry at both university and school levels. The analysis of these studies was conducted from the perspective of Pedagogical Content Knowledge (PCK) in chemistry and its influence on the teaching context. The findings highlight researchers' strong interest in examining formative processes in secondary education, in alignment with the program's research trends. Key areas of focus included the development of scientific competencies, the enhancement of argumentative skills in natural sciences and chemistry, scientific literacy, the promotion and cultivation of critical thinking, and the integration and reformulation of chemical content.

Keywords

pedagogical content knowledge; chemistry teaching; continuing education; context

Resumo

Este texto reflete as tendências em didática da química dentro de um programa de pós-graduação especializado em metodologias de ensino. Sob as categorias *Ensino*, *Energia*, *Formação de Professores*, *Meio Ambiente* e *História e Epistemologia da Química*, foi utilizado o software *Nvivo* como ferramenta para classificar e sistematizar informações documentais. Identificaram-se aspectos-chave que impulsionam as pesquisas em didática da química, com base na análise de investigações realizadas em um programa de pós-graduação reconhecido, que atrai profissionais de diferentes formações que atuam no ensino de química, tanto no ensino superior quanto em instituições escolares. A análise dessas pesquisas foi feita sob a perspectiva do Conhecimento Didático do Conteúdo (CDC) em química e sua influência no contexto de ensino. Entre os resultados, destaca-se o interesse dos pesquisadores em investigar os processos formativos na educação média, alinhando-se com as tendências de pesquisa do programa. Os aspectos mais trabalhados relacionam-se ao desenvolvimento de competências científicas, fortalecimento de habilidades argumentativas em Ciências Naturais-Química, alfabetização científica, estímulo e desenvolvimento do pensamento crítico, além da integração e reformulação de conteúdos químicos.

Palavras-chave

conhecimento didático do conteúdo; ensino de Química; formação continuada; contexto

Introducción

Hoy por hoy la educación en ciencias ha tomado un papel preponderante en el ámbito escolar, autores como Quiroga *et al.* (2014 citado en Asencio-Cabot, 2017) aseguran que la educación en ciencias se ha configurado como la piedra angular en la formación de los ciudadanos, al permitirles ser partícipes en la toma de decisiones responsables que orientan la ciencia y la tecnología hacia un desarrollo sostenible.

Por lo anterior, los programas de posgrado orientados hacia la enseñanza de la ciencia han tenido un interés por parte de profesionales de diferentes áreas del conocimiento, que han terminado en la enseñanza de esta, por ejemplo, químicos, ingenieros, agrónomos, entre otros han entrado en los campos de los licenciados en química en Colombia. De Longhi *et al.* (2018) manifiestan las necesidades y motivaciones de los profesores para realizar posgrados en educación en ciencias, al mencionar que estas promueven “espacios para una toma de conciencia, brinda conocimientos y metodologías que ayudan a trabajar en situaciones didácticas complejas” (p. 34). A diferencia de un investigador en su carrera profesional base, en estos posgrados los profesores llegan con deseos de mejorar sus prácticas educativas, de encontrar respuestas a problemáticas del día a día, pero se enfrentan a desafíos como los que brinda el camino investigativo, es por esto, que la reflexión, el debate y el intercambio de conocimiento se convierten en aliados en su formación continua.

Al tener en cuenta lo anterior, resulta importante que los centros educativos destinados a la formación de docentes investigadores en la didáctica de las Ciencias Naturales, en este caso en Química, se interesen en promover y desarrollar habilidades investigativas que den respuesta a los diversos retos que pueden

presentarse a la hora de enseñar las ciencias experimentales.

En esa dirección, esta investigación traza una mirada hacia la tendencia en la formación posgradual de profesores desde el análisis del programa de Maestría en Docencia de la Química de la Universidad Pedagógica Nacional, a la luz de las categorías *Enseñanza, Energía, Historia y epistemología de la química, Formación de profesores y Ambiental* como una forma de examinar elementos de reconocimiento que permitan un panorama de acciones hacia la didáctica de la química.

La razón por la cual los autores han decidido que las categorías de análisis sean estas se debe a su relación con los objetivos de desarrollo sostenible 2030 (categorías emergentes) y que además están vinculadas con algunas propuestas investigativas en los componentes del Conocimiento Didáctico del Contenido (categorías *a priori*). Estas categorías habilitan comprender la interrelación entre las categorías inductivas (conocimiento psicopedagógico y conocimiento del contexto escolar) y las categorías deductivas (conocimiento disciplinar y conocimiento histórico-epistemológico) lo que da un enfoque más integral a la enseñanza de las ciencias, facilitando la conexión entre teorías y prácticas.

En esta línea de investigación, se indaga en las articulaciones de los diversos tipos de conocimiento del profesor, pero estos están dinamizados o sostenidos por la afectividad, sensibilidad, motivación, creencias y experiencias de vida, que conducen a consolidar elementos en equilibrio o desequilibrio del CDC al reconocer qué se quiere investigar o cuáles son las problemáticas que se desea resolver en lo educativo.

En este diagnóstico del CDC es normal que no se encuentre el ideal sino ciertos desequilibrios que van mejorando con la reflexión y

acción, por esto Parga y Mora (2008) manifestaron la existencia de tramas y puentes cognitivos entre las dimensiones del CDC para articular lo que se enseña y la correlación con el aprendizaje del mismo profesor como de los estudiantes con quienes interacciona.

A lo largo de los años, la didáctica de la química ha sido objeto de investigaciones y múltiples debates por parte de los académicos en diferentes niveles educativos, lo cual ha promovido la profundización en aspectos centrales de la química que van desde su enseñanza hasta la manera como es interpretada por los estudiantes. En esta investigación, se toma como referente este campo de conocimiento para reconocer la relación entre lo que piensan y lo que motiva a los profesores en su nivel de posgraduación con las realidades escolares que enfrentan al enseñar la química.

Antecedentes

Algunos estudios han indagado en cuanto a los aportes de la investigación posgradual en educación, como lo identificado por Ariza y Ruíz (2012), al realizar una caracterización de los trabajos de grado de la Maestría en Educación con énfasis en Gestión Educativa y Docencia Universitaria de los años 2009 y 2010. Los resultados sugieren la necesidad de una autoevaluación sobre los contenidos y estructuras del programa de posgrado de Gestión Educativa y su aplicación posible a la Educación física, puesto que en la caracterización de trabajos de grado no se encontraron investigaciones relacionadas con dicha área.

Por otro lado, Pacheco *et al.* (2018) llevan a cabo un estudio bibliométrico de los trabajos de grado de la Maestría en educación matemática, programa de posgrado ofertado por la Universidad de Carabobo, donde encuentran que existe una tendencia investigativa hacia contenidos propios de la Geometría, Algebra y Aritmética. El estudio evidenció, además, que estas investigaciones toman como referentes teóricos diferentes teorías pedagógicas como lo son las cognitivistas, constructivistas y conductistas propias de la psicología educativa.

Otra indagación, realizada por Delgado (2021), dilucida los resultados del análisis y caracterización de las investigaciones en didáctica de la química publicadas en revistas indexadas especializadas en educación científica divulgadas en el periodo de tiempo 2009-2019 por investigadores de nacionalidad colombiana. Algunas investigaciones que han analizado el CDC en licenciados y en profesionales no licenciados, como es el caso de Moreno y Parga (2014), al analizar a Licenciados en Química y Químicos reconocen que en ambos “predomina el conocimiento disciplinar, su enseñanza depende de la transposición didáctica del conocimiento y no una integración” (p. 669) aunque relacionan su enseñanza con el contexto no muestran el equilibrio del CDC.

Los trabajos de Ariza y Ruíz (2012), Pacheco *et al.* (2018) y Delgado (2021) son solo algunos ejemplos de investigaciones que han pretendido identificar las

tendencias investigativas en los programas de formación posgradual y este último en las investigaciones orientadas hacia la didáctica de la química. De igual forma, en la línea de investigación CDC, como lo manifiestan Montoya y Arroyave (2021), Colombia es uno de los países que más publica en este tema y específicamente en ciencias experimentales, y los instrumentos que más utilizan las investigaciones en este tema son las Representaciones del Contenido o ReCo.

Ante los desafíos que enfrenta la educación superior tanto en Colombia como fuera, es necesario evaluar lo que se realiza en este contexto educativo a la luz de la coherencia con sus intencionalidades y las estrategias de sus programas de formación ya que dicha evaluación es un indicador de la gestión de calidad y referente de las necesidades que se deben profundizar y atender a propósito de las realidades del país.

Algunos de los resultados presentados en este texto hacen parte de la investigación desarrollada por Delgado (2021). Dicha obra dilucida los resultados del análisis y caracterización de las investigaciones en didáctica de la química publicadas en el periodo 2009-2019, y su relación con el conocimiento didáctico del contenido (CDC). También se retoma la investigación realizada por Parga Lozano (2024), quien determina la tendencia en la producción investigativa del CDC químico a nivel internacional y destaca a tres países con mayor producción en el tema, Colombia, Brasil y Argentina; de acuerdo con estos resultados, se relaciona el posgrado analizado con los intereses investigativos tanto locales como internacionales.

Marco referencial

Shulman (1986) introdujo el concepto de Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC)

como un elemento crítico en la práctica educativa efectiva. Según este autor, el CDC es una amalgama de contenido y pedagogía, donde los educadores no solo deben comprender profundamente el material que enseñan, sino también saber cómo enseñarlo de manera que sea comprensible y accesible para los estudiantes. Esta integración de conocimiento del contenido y las estrategias pedagógicas facilita que los docentes puedan anticipar las dificultades de aprendizaje y desarrollar métodos didácticos que promuevan una comprensión más profunda del material (Shulman, 1986).

El CDC trasciende al profesor individual y forma un cuerpo colectivo de conocimientos, habilidades y disposiciones que definen la enseñanza como una profesión, reflejándose en textos y revistas especializadas (Wilson *et al.*, 1987). Además, el CDC se entiende como un proceso cíclico que incluye cinco fases: conocimiento comprensivo, transformación, instrucción, evaluación, reflexión y generación de nuevo conocimiento comprensivo. Este modelo recoge las propuestas de Schön (1992) sobre la importancia de la reflexión en la acción dentro de la formación de profesores, y destaca la fase de transformación como crucial, aunque a menudo subestimada en la investigación educativa (Marcelo, 1994). La integración de estos elementos en la práctica educativa permite a los docentes anticipar dificultades de aprendizaje y desarrollar métodos pedagógicos efectivos que promuevan una comprensión profunda y duradera del contenido (Marks, 1990; Reynolds, 1995).

Los componentes del CDC se manifiestan de diferentes maneras en la práctica docente. Esta manifestación puede ser completa o parcial y a menudo ocurre de manera inconsciente. La interacción dinámica de estos elementos en el aula no siempre permite que todos los componentes del CDC sean evidentes al mismo tiempo. Algunos docentes priorizan ciertos

componentes sobre otros, lo que puede deberse a la dificultad para identificarlos o a la falta de familiaridad con el lenguaje adecuado para expresarlos. La integración de estos componentes depende en gran medida de las preferencias contextuales, culturales, sociales y personales del docente, así como de su sistema de creencias y su modelo didáctico personal (Parga y Mora, 2017).

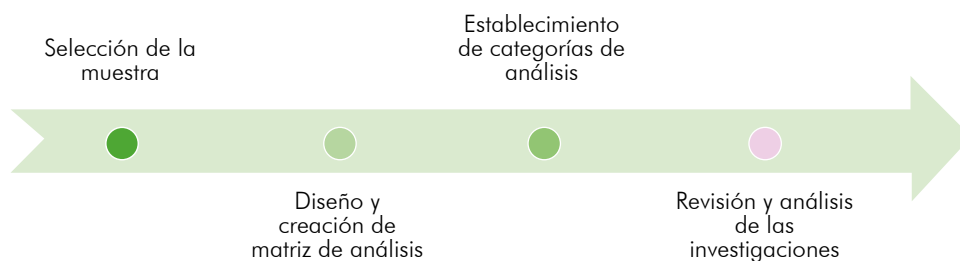
Además, otros estudiosos han expandido este concepto, destacando su relevancia en la práctica educativa contemporánea. Por ejemplo, Mishra y Koehler (2006) ampliaron la idea de CDC con su modelo de Conocimiento Tecnológico Pedagógico del Contenido (TPACK), que incorpora la tecnología como un componente esencial en la enseñanza moderna. Este enfoque subraya que los educadores deben estar equipados no solo con el conocimiento del contenido y la pedagogía, sino también con la capacidad de integrar tecnologías digitales en su enseñanza para mejorar el aprendizaje de los estudiantes. Según Mishra y Koehler (2006), el TPACK es fundamental para enfrentar los desafíos educativos del siglo XXI, ya que permite a los docentes adaptar sus estrategias pedagógicas a contextos de aprendizaje diversificados y tecnológicamente avanzados.

Metodología

Esta indagación se orienta metodológicamente desde los principios de la investigación cualitativa; partiendo de la perspectiva de Hernández Sampieri *et al.* (2014). Dentro de los propósitos investigativos estuvo determinar los intereses de los profesores que están en programa posgradual hacia la investigación en didáctica de la química desde el Conocimiento Didáctico del Contenido de esta área del conocimiento científico. El estudio documental se enfocó en la revisión de los trabajos de investigación en didáctica de la química desarrollados en el programa de posgrado en nivel maestría de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia, publicados entre los años 2013 a 2022.

La figura 1 muestra cada una de las fases que se llevaron a cabo en esta investigación, orientadas a identificar el CDCQ (CDC en química) en las investigaciones realizadas dentro del programa analizado.

Figura 1. Fases de la investigación



Fuente: elaboración propia

A continuación, se hace una descripción general de las unidades de análisis que se emplearon en la clasificación, sistematización y análisis de la documentación producida por el programa posgradual. En esta investigación cada unidad de análisis es el eje de clasificación de la información, las categorías *a priori* (CAP) corresponden a la direccionalidad de la tendencia en el análisis y las categorías emergentes (CES) se configuran como elementos encontrados en el análisis de los trabajos que no son contemplados por las CAP.

Unidad de análisis i. Productividad: En esta unidad de análisis se examina el número de investigaciones publicadas por año, con

lo cual se determina el periodo académico de mayor productividad investigativa de la MDQU-UPN (2013-2022).

Unidad de análisis ii. Contextos investigados: Hace referencia al lugar o nivel educativo del sistema educativo colombiano (educación primaria, secundaria, media y superior) seleccionado por el o los autores para desarrollar su investigación.

Categorías a priori: Para el análisis de las investigaciones se proponen las categorías *a priori* *Energía, Ambiental, Formación de profesores, Historia y epistemología de la química y Enseñanza de la química.* En la tabla 1 se describe la categoría de análisis y su asignación.

Tabla 1. *Relación entre el CDC y las categorías a priori*

| COMPONENTES DEL CDC | DESCRIPCIÓN | CATEGORÍA A PRIORI | PALABRAS CLAVE |
|---------------------------------------|--|--|--|
| Conocimiento disciplinar | Conocimiento / creencias de la materia por enseñar, el saber académico de referencia | Energía | Hidrocarburos, Óxido, Reducción, Electroquímica, Energías renovables, Prácticas experimentales |
| | | Ambiental | Biocombustibles, Biorremediación, Energías limpias, Contaminación del aire, Ecosistemas. |
| Conocimiento psicopedagógico | Aprender a pensar en la materia desde la perspectiva del estudiante | Enseñanza | Competencias científicas, Habilidades argumentativas, Pensamiento crítico, Currículo, Modelos didácticos |
| Conocimiento del contexto escolar | Aprender a organizar el medio donde se desarrolla la enseñanza | Formación profesores | Práctica docente, Reflexiones didácticas, Aula invertida, Didáctica de los contenidos, Desarrollo de competencias profesionales |
| | | Ambiental | Biocombustibles, Biorremediación, Energías limpias, Contaminación del aire, Ecosistema |
| Conocimiento histórico-epistemológico | Comprender qué y cómo ha cambiado el conocimiento | Historia y epistemología de la química | Filosofía de las ciencias, Estudios histórico-críticos, Estudios sociales de la química, Controversias científicas, Obstáculos epistemológicos, Naturaleza de las ciencias |

Fuente: adaptación de Delgado (2021) y Parga *et al.* (2021)

Se seleccionaron las anteriores categorías *a priori*, porque son términos que se presentan con mayor frecuencia en investigaciones en didáctica de las ciencias experimentales, en las políticas educativas y en los desafíos de políticos ante reformas o mejoras en educación en diversos países, un ejemplo de esto es la Agenda de Educación 2030 de la Unesco.

El tamaño de la muestra analizada fue de 120 investigaciones, la cual se sistematizó y se analizó mediante el programa *Nvivo*. Mediante el software se clasificaron los trabajos de investigación de acuerdo con las categorías *a priori* (Energía, Ambiental, Formación de profesores, Historia y epistemología de la química y Enseñanza).

La asignación de las categorías para cada investigación se hizo teniendo en cuenta elementos tales como título, resumen, palabras claves y líneas de investigación; durante el proceso de lectura y análisis se evidenciaron características importantes que no estaban dentro del marco de las categorías *a priori*, por ello se vio la necesidad de la creación de un nuevo grupo de categorías de análisis que se denominó categorías emergentes (CE), esta nueva categoría permitió la construcción de meta-textos los cuales fueron de vital importancia para el análisis de los trabajos de grado.

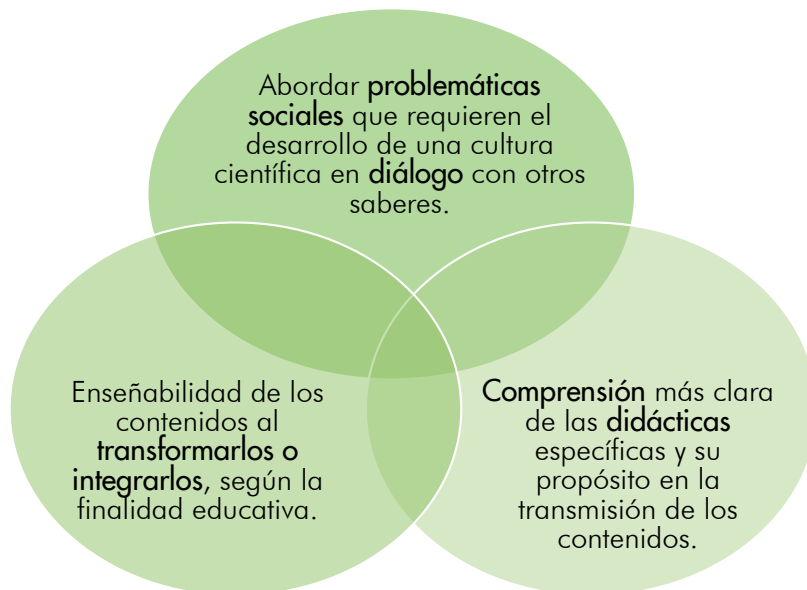
Resultados y Análisis

Entre los resultados se obtuvo que los contextos más investigados corresponden a la educación media y superior, ya que los trabajos en su mayoría se orientan hacia la enseñanza de los contenidos en química, lo cual está en concordancia con la naturaleza del programa posgradual; pero también son muy frecuentes las investigaciones que se orientan en las categorías *a priori* definidas, *Energía y Ambiental* las cuales muestran relación con los ODS-2030. Esta tendencia podría responder a que desde las políticas públicas en educación se ha pretendido abordar una educación para el desarrollo sostenible (EDS); la cual sugiere proporcionar a los estudiantes las herramientas necesarias para la toma de decisiones frente a los desafíos mundiales que tenemos, como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, la utilización no sostenible de los recursos, las desigualdades y el consumo sostenible (Unesco, 2022).

Uno de los ejes de trabajo investigativo en los últimos años ha sido indagar cómo se piensa la química para su enseñanza, en dirección a ello, una de las líneas de investigación es y ha sido el Conocimiento Didáctico del Contenido en Química (CDCQ), el cual se ha configurado en una dimensión importante para conocer los intereses del profesor, desde su planeación hasta la ejecución de sus clases, y realidades comunes en la enseñanza de la química en diferentes niveles de formación.

En la figura 2 se presentan algunos de los aportes más relevantes de la línea en la investigación en didáctica de la Química y la práctica docente.

Figura 2. Aportes del CDC en la investigación y la práctica docente



Fuente: adaptado de Parga y Mora (2017)

Al tener en cuenta el anterior esquema, las palabras resaltadas promueven un proceso de enseñanza dinámico que establece diálogo entre lo que se va a enseñar y lo que se necesita de acuerdo con el contexto y los intereses del profesor y el rol de los estudiantes; considera también la comprensión y transformación de realidades tanto del profesor como del estudiante y la institución y articula al sujeto con sus interacciones tanto intrínsecas como extrínsecas.

La selección de este programa posgradual está estrechamente relacionada con el reconocimiento nacional e internacional al liderar investigaciones a nivel social, pedagógico, didáctico y científico. Dentro de sus objetivos se contempla el desarrollo de la investigación

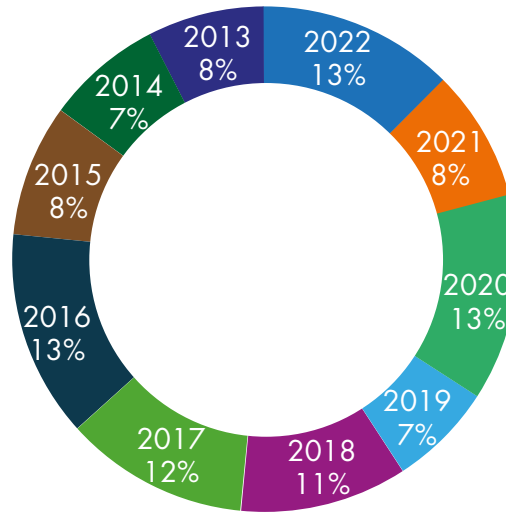
en términos de la pedagogía, la didáctica y la enseñanza de la química en todos los niveles que conforman el sistema educativo colombiano.

A continuación, se dilucidan los resultados obtenidos mediante el software Nvivo para cada una de las unidades de análisis propuestas.

Unidad de análisis I. Productividad

La revisión documental comprendió el análisis de un total de 120 investigaciones las cuales se distribuyen en un periodo de diez (10) años, la figura 3 revela el porcentaje de trabajos de investigación publicados por año atendiendo al intervalo determinado para este trabajo.

Figura 3. Productividad 2013-2022



Fuente: elaboración propia

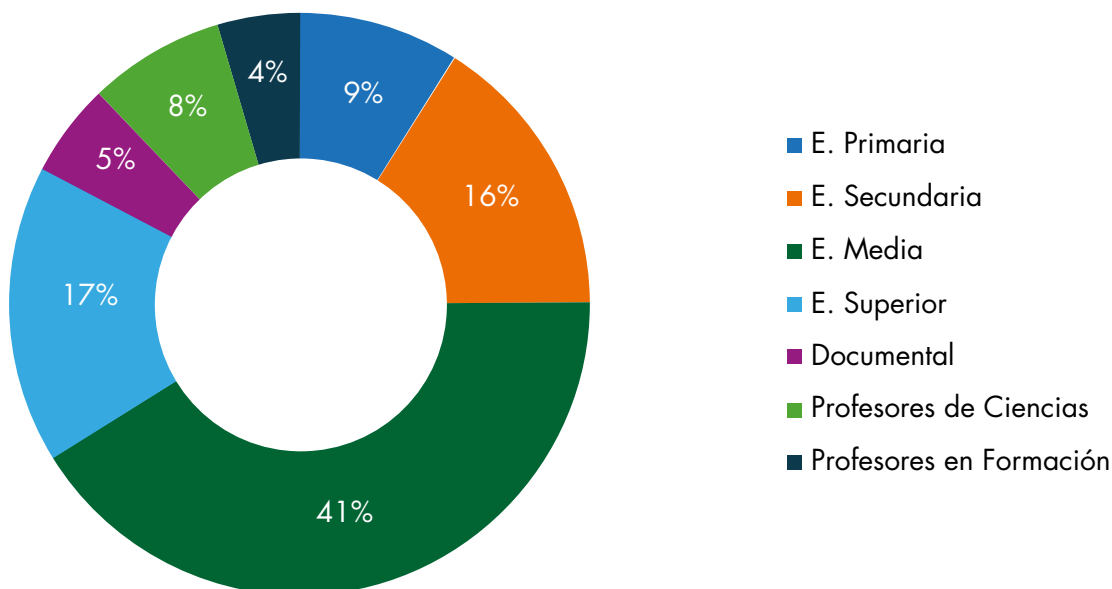
Como se aprecia en la figura 3, durante el periodo 2013-2022, la mayor producción se dio en los años 2016 y 2020 con un 26,6 % del total de las investigaciones, lo que corresponde a dieciséis (16) trabajos de investigación publicados cada año; para el año 2022 se reportan alrededor de quince (15) investigaciones; en lo que respecta a los años 2013-2014 la cantidad de investigaciones es baja y permanecen constantes; para los años posteriores 2015, 2017, 2018 y 2021 hay un incremento considerable; sin embargo, para el año 2019 se registra la menor producción con un total de ocho trabajos que corresponde al 6,7 % respecto al intervalo de tiempo analizado; no se tiene información para conocer las razones académicas o administrativas de esta disminución.

Unidad de análisis II. Contextos investigados

El sistema educativo colombiano lo conforman: la educación inicial, preescolar, la educación básica (que contempla la primaria, desde el grado primero hasta el quinto, y la secundaria, desde el grado sexto hasta noveno), la educación media que abarca los dos últimos grados, décimo y undécimo, y finalmente la educación superior. Esta unidad de análisis surge de la categoría del CDC denominada: *Conocimiento del contexto escolar*, que se relaciona con el conocimiento del entorno escolar, el contexto donde el profesor reflexiona e investiga (Delgado, 2022).

Esta unidad de análisis permitió identificar en qué nivel del sistema educativo de Colombia se sitúan las investigaciones que se desarrollan en los trabajos del programa. La figura 4 deja en evidencia que el 41 % de las investigaciones se sitúan en la educación media, 17 % en la educación superior y un 16 % se realizaron con poblaciones correspondientes a la educación secundaria.

Figura 4. Contextos o fuentes de análisis que enmarcan las investigaciones



Fuente: elaboración propia

Estos resultados son apenas predecibles, si se considera que dentro de los objetivos del programa se contempla el desarrollo de la investigación en términos de la pedagogía y la enseñanza y aprendizaje de la química; a esto se le suma que los estudiantes de este programa, en su mayoría, son docentes en ejercicio que a través de la academia buscan mejorar sus prácticas educativas utilizando situaciones que suceden en el aula (planteamiento o dificultades en la enseñanza de un contenido) como problemáticas de investigación.

Ahora bien, estos números demuestran que existe una cercanía desde lo que se investiga en la didáctica de la química con los asuntos de la escuela, podríamos afirmar entonces, que la maestría está respondiendo a las necesidades de la población estudiantil, especialmente en el contexto de la enseñanza de la química en la educación media.

Los contextos Profesores en formación y Profesores de ciencias presentan una frecuencia del 9 % y 8 % respectivamente, mientras que el

contexto documental (análisis de textos, estudios hermenéuticos, análisis bibliométrico) es menos frecuente y presenta un porcentaje del 5%.

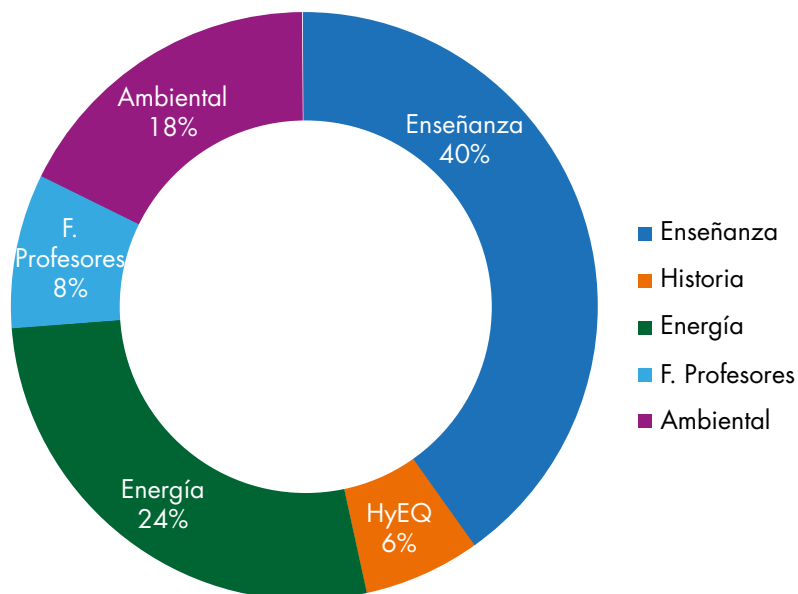
En este proceso se identificaron los intereses de investigación mediante las pesquisas de los profesores en formación continua, que de acuerdo con Melo *et al.* (2022) “es un elemento fundamental para su desarrollo es el reconocimiento de las dificultades de aprendizaje de las estudiantes y los perfiles epistemológicos utilizados en la construcción de sus explicaciones” (p. 266). Esto revela el afán por mejorar sus prácticas en la enseñanza de la química, la cual, por políticas educativas en el país, está en profundización en la educación media, por esto, la gran frecuencia de investigaciones en este contexto.

Categorías a priori y emergentes

Categorías a priori encontradas: Para identificar las categorías *a priori* se realizó una lectura detallada de todos los componentes

del documento anexo al trabajo de grado, esto es el documento RAE. La figura 5 especifica el porcentaje encontrado de cada categoría en las investigaciones.

Figura 5. Frecuencias de categorías a priori



Fuente: adaptado de Delgado (2021)

Se observa que la categoría Enseñanza de la química presenta una frecuencia superior en comparación con las otras categorías propuestas. Este comportamiento no es extraño y se podría afirmar que era lo esperado, ya que las investigaciones que se analizan se llevan a cabo todas bajo la didáctica de la química, lo cual corresponde con la naturaleza del programa académico y las líneas de investigación vinculadas a él.

Cabe anotar, que esta categoría surge de la integración de los componentes del CDC Conocimientos y creencias del contexto escolar y Conocimiento/Creencias psicopedagógicas, propuestos por Mora y Parga (2014). Por lo anterior, en esta categoría se vincula todo aquello relacionado con usos de teorías educativas, los conocimientos, estudios y propuestas de currículos en ciencias, implementación, estudios de modelos de desarrollo y aprendizaje de los estudiantes, estrategias de enseñanza y evaluación.

En las investigaciones se encontraron aspectos importantes como: *desarrollo de competencias científicas, fortalecimiento de habilidades argumentativas en las ciencias naturales-química, uso de programas y software educativo, alfabetización científica, estimulación y desarrollo del pensamiento crítico, concepciones alternativas, integración y reformulación de los contenidos químicos.*

Es importante mencionar que la categoría *Enseñanza de la química* se encuentra vinculada a las demás categorías a priori e incluso las categorías emer-

gentes que surgieron a partir de la creación de los meta-textos.

Otra categoría *a priori* que presentó un número considerable de frecuencias, ha sido la denominada *Energía*. Las investigaciones donde se identificó esta categoría se caracterizan por el estudio de temáticas y/o conceptos pertenecientes a los campos de conocimiento como la fisicoquímica y la electroquímica.

En estos trabajos se remarcan los saberes de tipo sintáctico/procedimental y los conocimientos sustantivo-declarativo; en este último se consideran las interrelaciones de teorías, leyes, postulados, paradigmas de la química, lo cual se corresponde con el componente *Conocimiento disciplinar*. En esta categoría se destacan las palabras clave: *hidrocarburos, combustión, reacciones químicas, energías renovables, equilibrio químico, óxido-reducción, y teorías de ácido-base*.

Se detectó además, una relación bastante interesante con la categoría *a priori Ambiental*, de estas se encontró un 18 %, ya que desde el estudio de temáticas pertenecientes a los campos de conocimiento ya mencionados hay un interés hacia las propuestas de alternativas en cuanto a energías sostenibles (biocombustibles y energías renovables) y las problemáticas ambientales que se presentan en la actualidad, como la contaminación de fuentes hídricas, consumo desmedido de elementos y recursos naturales producción de energías limpias; tales elementos se orientan hacia los temas abordados en la agenda ODS-2030.

Estos elementos identificados en las investigaciones dejan en evidencia el interés por parte de los didactas de la química, de construir una perspectiva social de la ciencia-química, fundamentos que son propios del paradigma propuesto por Kuhn, pues estas cuestiones han movilizad a los investigadores a orientar sus currículos e investigaciones en

didáctica de la química hacia los problemas energéticos y ambientales que son evidentes en el país y el continente.

La categoría *Formación de profesores* también está presente en los documentos que se analizaron, sin embargo, no es recurrente como se esperaba, esto podría obedecer a que las investigaciones están orientadas hacia los procesos formativos en la escuela, es decir, enseñanza de contenido, beneficios y desafíos en la inclusión de tecnologías, efectividad de las prácticas experimentales en la enseñanza, entre otras.

Sin embargo, se encuentran investigaciones que están orientadas hacia procesos formativos en la universidad, donde las poblaciones de estudio corresponden a profesores en formación y/o profesores en ejercicio (Educadores en Química). Esto comprende reflexiones en cuanto al desarrollo profesional y la evolución de las prácticas de enseñanza, estudios sobre conocimiento base para la enseñanza y la formación profesional docente en el contexto de las didácticas específicas-Química, reflexiones orientadas hacia las creencias de los profesores en formación, así como las implicaciones de la formación continua en la enseñanza de los contenidos.

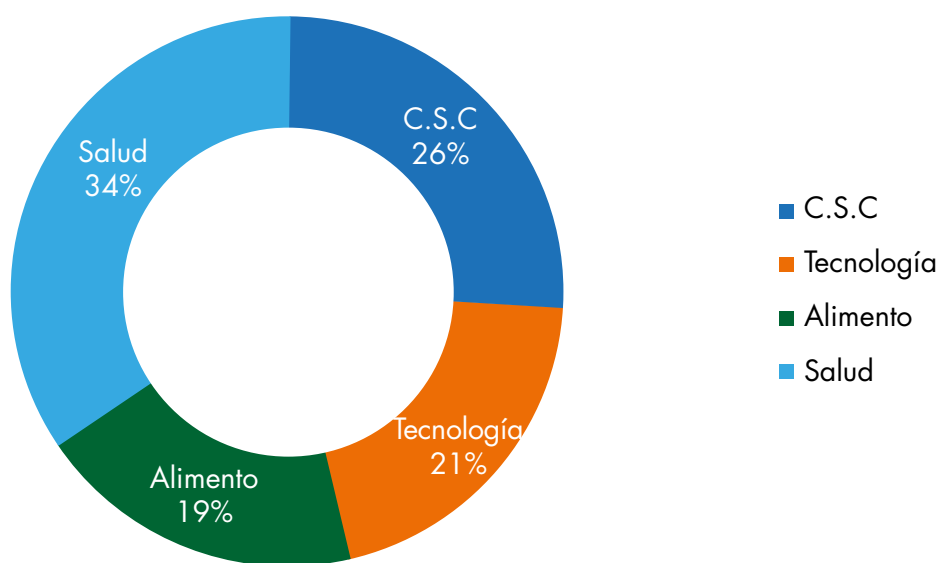
En cuanto a la categoría *Historia y epistemología de la química*, esta se ubica en la cuarta posición con menor referencia, pues se identificó que hay relaciones entre esta y las categorías enseñanza y formación de profesores, al abarcar cuestiones como: las maneras de enseñar y qué enseñar, enseñabilidad y aprehensibilidad de los contenidos, indagaciones acerca de los mecanismos de producción del conocimiento, análisis y estudios de textos.

Se encontró que algunas investigaciones estaban orientadas al fortalecimiento de esta línea de investigación, ya que sus temáticas principales giran en torno a la construcción de

conceptos, estudios históricos alrededor de teorías y/o leyes, conceptos particulares propios de la química, análisis y estudios de obstáculos epistemológicos. Las investigaciones desarrolladas bajo esta categoría tienden a estar direccionadas hacia la escuela y los procesos de enseñanza de la disciplina.

Categorías Emergentes encontradas: Esta nueva unidad de análisis comprende las categorías que surgieron en el transcurso del análisis de los documentos y que permitieron la ampliación del estudio al lograr capturar elementos relevantes que no eran contemplados en las categorías *a priori*. La figura 6 presenta los porcentajes de frecuencia revelados en los documentos.

Figura 6. Frecuencias de categorías emergentes



Fuente: adaptado de Delgado (2021)

En la figura 6 se puede apreciar que la categoría emergente *Salud* en los últimos años es la más trabajada, ya que se encontró que un buen número de investigaciones vinculan dentro de sus temáticas aspectos que se relacionan con la dieta alimenticia, la bioquímica, nutrición e incluso medicina.

Sin embargo, aunque los trabajos analizados tienen una fuerte presencia de esta categoría, su eje central no es precisamente el ámbito disciplinar; si bien es tenido en cuenta, todas las investigaciones se estructuran en la enseñabilidad, los aspectos ya mencionados han sido empleados como medio para el desarrollo de los contenidos en química que se abordan en el aula de clases.

Como era de esperarse, las categorías emergentes identificadas, al igual que las categorías *a priori* presentan relaciones e interacciones entre ellas, de esta manera, la categoría emergente *Alimento*, la cual se posesiona como la segunda categoría emergente más frecuente, se relaciona de manera

directa con la categoría emergente *Salud* y a su vez con las categorías *a priori Energía* y *Enseñanza*.

Lo anterior debido a que varias de las temáticas abordadas en las investigaciones se relacionan con la dieta, patologías asociadas a desórdenes alimenticios, carbohidratos, y análisis y clasificación de sustancias químicas presentes en los alimentos, todo ello como conducto para el estudio y enseñanza de los contenidos propuestos en la asignatura.

Otra de las categorías emergentes más frecuente corresponde a la denominada *Cuestiones socio-científicas (CSC)* al encontrarse investigaciones direccionadas hacia contenidos tecnocientíficos controvertidos de alto impacto social, que buscan la apertura a discusiones relacionadas con el medio ambiente, uso responsable de recursos ambientales y energéticos, responsabilidad y bienestar alimenticio.

Las cuestiones socio-científicas no solo permiten enseñar los contenidos propios de las ciencias, en este caso de la química, sino que, además, vinculan aspectos que habitualmente no son tenidos en cuenta, como la tecnología, el ambiente, la sociedad, la educación en valores, la cultura, entre otros (Acevedo, 1995). Esta categoría presenta una clara interacción con las categorías *a priori Enseñanza*, *Energía* y *Ambiental* y con las categorías emergentes *Tecnología* y *Alimento*.

En cuanto a la categoría *Tecnología* es clara una interacción con la categoría *Enseñanza* ya que se vinculan con la utilización de herramientas digitales para abordar contenidos o situaciones propuestas en el aula de clases. Se destaca el manejo de las TIC específicamente con el uso y diseño de simuladores y laboratorios virtuales con el propósito de abordar contenidos que van desde la química general, fisicoquímica, electroquímica, bioquímica hasta la química computacional.

Un hilo conductor entre las intencionalidades identificadas por los profesores ha sido lo ambiental, porque consideran que el contexto y la realidad de los problemas ambientales acercan al estudiante al conocimiento científico que se debe enseñar y aprender. Por este motivo, enseñar ciencia articulada con la educación ambiental es consolidar sujetos políticos, reflexivos, críticos y sistémicos, nada fácil para las realidades educativas de nuestro país; por lo tanto, el profesor cuando tiene un pensamiento diferencial puede consolidar relaciones cognitivas y sistémicas establecidas por tendencias pedagógicas, políticas, económicas, conservadoras y socioambientales (Ariza, 2022).

Conclusiones

El proceso metodológico permitió reconocer las tendencias investigativas en didáctica de la química del programa posgradual a la luz de las categorías *Enseñanza*, *Energía*, *Formación de profesores*, *Ambiental* e *Historia y epistemología de la química*, las cuales se relacionan de forma estrecha con los componentes del *Conocimiento Didáctico del Contenido* y los *Objetivos de Desarrollo Sostenible-2030*.

Se encontró que la categoría *Enseñanza* es la más frecuente en los trabajos de investigación, se determinó que las temáticas de mayor interés por parte de los docentes investigadores corresponden a: *Desarrollo de competencias científicas*, *promoción del pensamiento crítico*, *uso de las TIC* y *alfabetización científica*. Todas estas temáticas se encuentran vinculadas al componente del *CDC*, *Conocimiento psicopedagógico* que se ha posesionado como la categoría más frecuente con un porcentaje de 40 %.

En cuanto a la categoría *Energía*, se ubica en el segundo lugar con una frecuencia del 27 %, y las categorías *Ambiental*, *Formación de profesores* e *Historia y epistemología* con

18 %, 8 % y 7 %, respectivamente. Se encontraron relaciones importantes entre categorías como lo es la categoría Energía con Enseñanza y Ambiental.

Las investigaciones demuestran gran interés por lo disciplinar, pero están dejando a un lado la afectividad que es otro de los componentes del CDC que se deben enseñar.

Se encontró que en la actualidad existe una preocupación por parte de los profesores sobre la visibilización de las problemáticas de orden ambiental; se destaca además el uso de situaciones que involucran aspectos relacionados con la categoría Salud, esto es, por ejemplo, abordar temáticas relacionadas con bioquímica, nutrición, medicina, química analítica, caracterización y estudio de sustancias o materiales (alimentos) y criterios de consumo responsable. Se aprecia así una relación directa entre las categorías Salud, Alimento y Enseñanza.

Referencias

- Acevedo, J. A. (1995). Educación tecnológica desde una perspectiva CTS. Una breve revisión del tema. *Alambique* (3), 75-84. https://www.researchgate.net/publication/39151645_Educacion_tecn
- Ariza, A. y Ruíz, F. (2012). *Caracterización de los trabajos de grado de la maestría en educación con énfasis en gestión educativa y docencia universitaria de los años 2009 y 2010 de la facultad de ciencias de la educación de la Universidad Libre*. Universidad Libre de Colombia. <https://hdl.handle.net/10901/9070>
- Ariza, L. G. (2022). *Telares formativos entre la educación ambiental y la educación a distancia*. Universidad Pedagógica Nacional.
- Asencio-Cabot, E. C. (2017). La educación científica percepciones y retos actuales. *Educación y Educadores*, 20(2), 282-296. DOI: <https://doi.org/10.5294/edu.2017.20.2.7>
- De Longhi, A. L., Martínez, S., Solbes, J. y González, E. M. (2018). ¿Cursar un posgrado en educación en ciencias mejora la enseñanza? *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (44), 129-146. <https://www.redalyc.org/journal/6142/614264658008/html/>
- Delgado, J. J. (2022). Interacciones del conocimiento didáctico del contenido desde el conocimiento químico y su didáctica [Trabajo de grado, Universidad Pedagógica Nacional]. <http://hdl.handle.net/20.500.12209/13340>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw Hill.
- Marcelo, C. (1994). *Formación del profesorado para el cambio educativo*. PPU.
- Marks, R. (1990). Pedagogical content knowledge: From a mathematical case to a modified conception. *Journal of Teacher Education*, 41(3), 3-11. <https://doi.org/10.1177/00224871900410030>
- Melo, L., Paixão, F., Marín, E., Cubero, J. y Muñoz, A. (2022). Conocimiento Didáctico del Contenido con maestros en formación sobre la Densidad: Validación de

- un Cuestionario. *Investigações em Ensino de Ciências*, 27(2), 257-270.
- Mishra, P. y Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054. https://one2oneheights.pbworks.com/f/MISHRA_PUNYA.pdf
- Montoya, N. E. y Arroyave, D. I. (2021). Conocimiento didáctico del contenido. Una revisión sistemática exploratoria. *Boletín Redipe*, 10(8), 55-71.
- Mora, W. M. y Parga, D. L. (2014). Aportes al CDC desde el pensamiento complejo. En A. Garritz, G. Lorenzo y S. Daza (Comps.), *Conocimiento Didáctico del Contenido. Una perspectiva Iberoamericana* (pp. 100- 143). Académica Española Saarbrücken.
- Moreno, W. F. y Parga, D. (2014). Caracterización del conocimiento didáctico del contenido curricular de un licenciado en química y de un químico. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*. Número Extra, 663-671. <https://doi.org/10.17227/01203916.3371>
- Pacheco, M. V., Martínez, P. O. y González, F. E. (2018). Análisis de los Trabajos de Grado de la Maestría en Educación Matemática de la Universidad de Carabobo: 2005-2014. *Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, (53), 159-180. <http://funes.uniandes.edu.co/17202/1/Pacheco2018An%C3%A1lisis.pdf>
- Parga Lozano, D. L. (2024). CDC químico en Latinoamérica y su contraste con la producción mundial. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (55), 910-913. <https://revistas.upn.edu.co/index.php/TED/article/view/21020>
- Parga Lozano, D. L. y Mora Penagos, W. M. (2008). El conocimiento didáctico del contenido en química: integración de las tramas de contenido histórico–epistemológicas con las tramas de contexto–aprendizaje. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (24). <https://doi.org/10.17227/ted.num24-1083>
- Parga, D. y Mora, P. W. (2017). El CDC en química: una línea de investigación y de relaciones con la práctica docente. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas* (Extra), 97-102. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/333995>
- Parga, D., Ariza, L. y Rodríguez, R. (2021). Dimensiones del conocimiento didáctico del contenido: Análisis desde la enseñanza de la Química. *CRV*.
- Reynolds, A. (1995). The Knowledge Base for Beginning Teachers: Education Professionals' Expectations versus Research Findings on Learning to Teach. *The Elementary School Journal*, 95(3), 199–221. <http://www.jstor.org/stable/1001931>
- Schön, D. A. (1992). *La formación de profesionales reflexivos: hacia un nuevo diseño de la enseñanza y el aprendizaje en las profesiones*. Paidós.
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14. <https://journals.sagepub.com/doi/10.3102/0013189X015002004>
- Unesco. (05 de mayo de 2022). Qué debe saber acerca de la Educación para el Desarrollo Sostenible. *Unesco*. <https://www.unesco.org/es/education-sustainable-development/need-know>
- Wilson, S. M., Shulman, L. S. y Richert, A. (1987). 150 different ways of knowing: Representations of knowledge in teaching. En J. Calderhead (Ed.), *Exploring teachers' thinking* (pp. 104-124). Holt, Rinehart & Winston.