



Una propuesta de formación para profesores de física en ejercicio que permita la integración del conocimiento tecnológico, pedagógico y de contenido sobre el sonido

Estudiante

Valery Daniela Bolaños Patiño

**Trabajo de investigación para optar por el grado académico de Doctora en Educación
énfasis en Ciencias**

**Facultad de Educación y Pedagogía
Doctorado Interinstitucional en Educación
Universidad del Valle.**

Director de Tesis: PhD. Alfonso Claret Zambrano Chaguendo

Co-Director de Tesis: PhD. Carlos Humberto Zuluaga Trujillo

Septiembre 2025

Una propuesta de formación para profesores de física en ejercicio que permita la integración del conocimiento tecnológico, pedagógico y de contenido sobre el sonido

VALERY DANIELA BOLAÑOS PATIÑO, Mg.

Trabajo de investigación para optar por el grado académico de Doctora en Educación
énfasis en Ciencias

Director de tesis ALFONSO CLARET ZAMBRANO CHAGUENDO, PhD.

Codirector de tesis CARLOS HUMBERTO ZULUAGA TRUJILLO, PhD

Comisión evaluadora OLGA LUCÍA GODOY MORALES, PhD
 Universidad Distrital Francisco José de Caldas
 ANA CRISTINA PIMENTEL CARNEIRO DE ALMEIDA, PhD
 Universidad Federal do Pará
 LEIDY YURANI VILLA GARCÍA, PhD
 Universidad Federal do Pará

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE EDUCACIÓN Y PEDAGOGÍA
DOCTORADO INTERINSTITUCIONAL EN EDUCACIÓN
ÁREA DE EDUCACIÓN EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
SANTIAGO DE CALI

2025

Dedicatoria

Al amor de mi vida, a esa energía que me hace sentir que puedo volar hasta el infinito; para ti, mi amado Josué Alejandro.

Agradecimientos

A Dios y a mi Virgencita de las Lajas, por permitirme alcanzar este éxito.

A mi amor, Andrés, por su inmenso apoyo, paciencia, por sacrificar tantos momentos por este proyecto que es de los dos, por escucharme, por celebrar mis triunfos, por darme ánimos para seguir adelante, gracias.

A mis padres Miguel Ángel y Ana María gracias por la vida, su confianza, apoyo y amor incondicional.

A mi papi Jo y a mi Mami Maura, porque lo que soy se los debo a ustedes, los amo infinitamente, gracias por escucharme mil veces, por comprenderme, por alentarme a seguir adelante, porque confían tanto en mí, más de lo que yo confío en mí misma.

A mis hermanos, Migue, Juan, Yanes y José Luis; por su amor y comprensión. A Paula por su apoyo incondicional.

A mi director de tesis Alfonso Claret Zambrano Chaguendo (PhD) y a mi Codirector Carlos Humberto Zuluaga Trujillo (PhD) por su paciencia, por dirigir esta investigación, por permitirme aprender de ellos durante estos cinco años, son fuente de inspiración.

A mis evaluadoras de Tesis, Leidy Yurani Villa García (PhD), Ana Cristina Pimentel Carneiro de Almeida (PhD), Olga Lucía Godoy (PhD), por sus valiosos aportes a esta tesis y permitirme crecer profesionalmente.

A mis colegas de trabajo, sin ellos no hubiese sido posible este trabajo, mil gracias.

Al Grupo de Estudios Ciencia Tecnología Sociedad y Ambiente (GECTSA) de la Universidad Federal do Pará-Brasil, al grupo de Investigación Ciencias Acciones y Creencias y al grupo de investigación Ciencia, Educación y Diversidad, de la Universidad del Valle, por brindarme espacios de reflexión presenciales y virtuales que permitieron fortalecer esta tesis.

Al profesor Edwin Germán García (PhD), por contribuir y debatir cada idea en torno a la enseñanza de la Física y a su esposa Martha Lucía Castillo por su constante apoyo en este proceso académico y personal.

A mis amigos, familiares, compañeros del Doctorado, y a mis estudiantes que me inspiran a ser una mejor maestra. A todos quienes hicieron posible este sueño. Gracias.

Tabla de contenidos

Resumen.....	10
1. Planteamiento del problema.....	13
1.1 Introducción	13
1.2. Justificación.....	15
1.3. Antecedentes	17
1.3.1. La formación de profesores y los procesos de reflexión	18
1.3.2. Del PCK al TPACK asociado a la enseñanza de la Física	25
1.3.3. El TPACK en la formación de profesores	31
1.3.4. Antecedentes relacionados con la enseñanza, aprendizaje y evaluación del sonido.....	33
1.4. Identificación del problema de investigación.....	36
1.5 Formulación de la pregunta de investigación.....	41
2. Marco conceptual de la línea de investigación	43
2.1 Conocimiento Tecnológico Pedagógico del Contenido (TPACK)	44
2.2. El conocimiento construido alrededor del sonido	49
2.2.1 Generalidades del Sonido	49
2.2.2. Historia y epistemología del sonido	50
2.2.3. Panorama general de la enseñanza del sonido en educación secundaria....	54
2.2.4 El sonido en los libros de texto de secundaria y media	55
2.2.5. Comparación de los textos escolares de la educación básica y media e históricos.....	56
2.3. El papel de la Tecnología en la educación	67
2.3.1. El papel de la historia y la filosofía de la tecnología.....	68
2.3.2. La innovación tecnológica.....	71
2.3.3. El papel del profesor respecto del uso de tecnologías.	71
2.4. La orientación reflexiva	72

2.4.1. Reflexión como orientación para la preparación del maestro de ciencias elementales.	73
3. Objetivos del proyecto	76
3.1. Objetivo general	76
3.2. Objetivos específicos.....	76
4. Metodología para resolver el problema de investigación	77
4.1. Planteamiento de la hipótesis	77
4.2. Verificación de la hipótesis: Fundamentos de la investigación	78
4.3. Contexto general de investigación y selección de estudios de caso.....	79
4.4. Fases del proceso investigativo	82
4.5 Descripción del desarrollo de las fases	84
4.5.1 Fase 1: Identificación de los elementos teóricos que permitan reconocer una integración del conocimiento tecnológico, pedagógico y de contenido para la enseñanza, aprendizaje y evaluación del sonido.	84
4.5.2 Fase 2: Elaboración de una propuesta de formación docente acerca del sonido desde el TPACK y la orientación reflexiva	87
4.5.3 Fase 3. Análisis de la integración del conocimiento tecnológico, pedagógico y de contenido de los profesores de Física en ejercicio acerca del sonido a través de la propuesta orientada.....	103
5. Recolección de datos.....	105
6. Análisis de datos	109
6.1 Proceso de categorización.....	109
7. Presentación de los resultados del Análisis	115
7.1 El Conocimiento Tecnológico Pedagógico de Contenido del profesor Genaro y su desarrollo.	115
7.1.1 Conocimiento del currículo de Ciencias.....	115
7.1.2 Conocimiento acerca de la comprensión de los estudiantes.....	124
7.1.3 Conocimiento sobre la evaluación en la enseñanza de las Ciencias.....	135

7.1.4 Conocimiento tecnológico de contenido	141
7.1.5 Conocimiento tecnológico pedagógico	148
7.1.6 Conocimiento de las estrategias e instrucciones para la enseñanza de las Ciencias (CEI)	155
7.2 El TPACK del profesor Julio y su desarrollo.....	163
7.2.1 Conocimientos y creencias acerca del currículo.....	163
7.2.2 Conocimientos sobre la comprensión de los estudiantes.....	174
7.2.3 Conocimiento sobre la evaluación.....	185
7.2.4 Conocimiento tecnológico de contenido	191
7.2.5 Conocimiento tecnológico pedagógico	200
7.2.6 Conocimiento sobre las estrategias e instrucciones para la enseñanza de las Ciencias.	208
Conclusiones	223
Referencias.....	229
Anexo A	245
Anexo B	266
Anexo C	269
Anexo D	270

Lista de Tablas

Tabla 1 Análisis de textos escolares	57
Tabla 2 Análisis textos históricos	59
Tabla 3 Comparación de textos escolares y textos históricos.....	62
Tabla 4 Fases de la metodología.....	83
Tabla 5 Adaptación de la metodología de orientación reflexiva de Abell y Bryan (1997).....	88
Tabla 6 Relación entre sesiones y dimensiones adaptadas de la orientación reflexiva	90
Tabla 7 Intencionalidad preguntas de la Representación de Contenido (ReCo)	95
Tabla 8 Codificación.....	108
Tabla 9. Respuestas del profesor Genaro a la pregunta No 1 de la ReCo inicial	116
Tabla 10 Respuestas del profesor Genaro a la pregunta No 1 de la ReCo final	121
Tabla 11. Comparación conocimiento del currículo al inicio y después del proceso formativo.....	124
Tabla 12 Tabla comparativa: Transición del conocimiento sobre la comprensión de los estudiantes antes y después del proceso formativo	133
Tabla 13 Respuestas del profesor Genaro a la pregunta No 10 y 11 de la ReCo final	160
Tabla 14 Respuestas del profesor Julio a la pregunta No 1, 2 y 3 de la ReCo inicial	163
Tabla 15 Respuestas del profesor Julio a la pregunta No 1, 2 y 3 de la ReCo final.	169
Tabla 16 Respuestas del profesor Julio a la pregunta No 4, 5 y 6 de la ReCo inicial	174
Tabla 17 Respuestas del profesor Julio a la pregunta No 4, 5 y 6 de la ReCo final ..	181
Tabla 18 Respuestas del profesor Julio a la pregunta No 12 de la ReCo inicial	185
Tabla 19 Respuestas del profesor Julio a la pregunta No 12 de la ReCo final	188
Tabla 20 Respuestas del profesor Julio a la pregunta No 8 y 9 de la ReCo inicial ...	191
Tabla 21 Respuestas del profesor Julio a la pregunta No 8 y 9 de la ReCo final	196
Tabla 22 Respuestas del profesor Julio a la pregunta No 7 de la ReCo inicial	200
Tabla 23 Respuestas del profesor Julio a la pregunta No 7 de la ReCo final	206
Tabla 24 Respuestas del profesor Julio a la pregunta No 10 de la ReCo inicial	209
Tabla 25 Respuestas del profesor Julio a las preguntas 10 y 11 de la ReCo final.....	216

Lista de figuras

Figura 1 Marco TPACK	44
Figura 2 Rutas para desarrollar TPACK	47
Figura 3 Desarrollo del TPACK dinamizado por el proceso de orientación reflexiva	48
Figura 4 Elementos de la orientación reflexiva de Abell y Bryan (1997).	87

Resumen

La formación de profesores en ejercicio de física enfrenta el reto de integrar de manera efectiva el conocimiento tecnológico, pedagógico y de contenido (TPACK), evitando su fragmentación. Diversos estudios muestran que el uso de la tecnología suele centrarse en lo instrumental, sin una articulación pedagógica que favorezca la comprensión de conceptos como el sonido. Esta limitación justifica el diseño de un proceso formativo que además, incorpore la reflexión como eje para transformar las prácticas de enseñanza.

De este análisis surge la pregunta central: ¿cómo realizar un proceso de formación docente que permita la integración del conocimiento tecnológico, pedagógico y de contenido en la enseñanza, aprendizaje y evaluación del sonido en profesores de física de grado octavo? Se plantea como hipótesis que la elaboración de un proceso formativo fundamentado en el modelo TPACK y en la orientación reflexiva posibilita dicha integración.

La investigación se desarrolló bajo un diseño de estudio de caso con dos docentes de una Institución oficial ubicada en el departamento de Nariño. Metodológicamente la investigación se desarrolló en tres fases articuladas a los objetivos específicos: (1) identificar los elementos teóricos que orientan la integración del conocimiento tecnológico, pedagógico y de contenido; (2) diseñar e implementar una propuesta de formación reflexiva estructurada en siete sesiones; y (3) analizar la integración alcanzada por los participantes a partir de la experiencia formativa.

Los resultados evidencian que la propuesta favoreció una mayor articulación entre los componentes tecnológicos, pedagógicos y disciplinares. Asimismo, se observó un uso más pertinente de la tecnología y un fortalecimiento de los procesos de enseñanza, aprendizaje y evaluación del sonido, potenciados por la reflexión crítica en la práctica docente.

Palabras clave: Conocimiento tecnológico pedagógico del contenido, formación de profesores, enseñanza del sonido, orientación reflexiva

Abstract

The training of practicing physics teachers faces the challenge of effectively integrating technological, pedagogical, and content knowledge (TPACK) while avoiding fragmentation. Several studies show that the use of technology tends to focus on instrumental aspects, without a pedagogical approach that fosters understanding of concepts such as sound. This limitation justifies the design of a training process that also incorporates reflection as a key element for transforming teaching practices.

This analysis raises the central question: how can a teacher training process be implemented that allows for the integration of technological, pedagogical, and content knowledge in the teaching, learning, and assessment of sound among eighth-grade physics teachers? It is hypothesized that developing a training process based on the TPACK model and a reflective approach enables such integration.

The research was conducted using a case study design with two teachers from a public institution located in the department of Nariño. Methodologically, the research was developed in three phases aligned with the specific objectives: (1) to identify the theoretical elements that guide the integration of technological, pedagogical, and content knowledge; (2) to design and implement a reflective training proposal structured in seven sessions; and (3) to analyze the integration achieved by the participants based on the training experience.

The results show that the proposal fostered greater coordination between the technological, pedagogical, and disciplinary components. Furthermore, a more relevant use of technology and a strengthening of the teaching, learning, and assessment processes of sound were observed, enhanced by critical reflection in teaching practice.

Keywords: Technological and pedagogical content knowledge, teacher training, teaching of sound, reflective orientation

Resumo

A formação de professores de física em exercício enfrenta o desafio de integrar efetivamente os conhecimentos tecnológicos, pedagógicos e de conteúdo (TPACK), evitando a fragmentação. Diversos estudos demonstram que o uso da tecnologia tende a se concentrar em aspectos instrumentais, sem uma abordagem pedagógica que promova a compreensão de conceitos como o som. Essa limitação justifica a concepção de um processo formativo que também incorpore a reflexão como elemento-chave para a transformação das práticas docentes.

Esta análise levanta a questão central: como implementar um processo formativo que permita a integração dos conhecimentos tecnológicos, pedagógicos e de conteúdo no ensino, aprendizagem e avaliação do som entre professores de física do oitavo ano? A hipótese é que o desenvolvimento de um processo formativo baseado no modelo TPACK e em uma abordagem reflexiva possibilite essa integração.

A pesquisa foi conduzida por meio de um estudo de caso com dois professores de uma instituição pública localizada no departamento de Nariño. Metodologicamente, a pesquisa foi desenvolvida em três fases alinhadas aos objetivos específicos: (1) identificar os elementos teóricos que norteiam a integração dos conhecimentos tecnológicos, pedagógicos e de conteúdo; (2) elaborar e implementar uma proposta de formação reflexiva estruturada em sete sessões; e (3) analisar a integração alcançada pelos participantes a partir da experiência de formação.

Os resultados demonstram que a proposta promoveu maior articulação entre os componentes tecnológico, pedagógico e disciplinar. Além disso, observou-se um uso mais relevante da tecnologia e um fortalecimento dos processos de ensino, aprendizagem e avaliação do som, potencializados pela reflexão crítica na prática docente.

Palavras-chave: Conhecimento tecnológico e pedagógico do conteúdo, formação de professores, ensino do som, orientação reflexiva

1. Planteamiento del problema

1.1 Introducción

Las nuevas demandas del siglo XXI, la cuarta revolución industrial, las necesidades de las nuevas generaciones de estudiantes, el cambio en el desarrollo del conocimiento científico, la emergencia generada por el COVID 19, plantea problemas fundamentales a los actores involucrados en los procesos de enseñanza, aprendizaje y evaluación de las ciencias, en particular en los programas de formación y educación continua de profesores, sin embargo; la comunidad educativa no ha avanzado en concordancia con los cambios actuales.

“Los contenidos en Física no varían de los que se presentaban hace algunas décadas”, (Romero y Aguilar. 2013, p. 25), esta afirmación se observa dentro de las prácticas pedagógicas en las que los avances tecnológicos se han concentrado en el aula de clases a cambiar el tablero y marcador por pantallas y el laboratorio físico por simuladores, los cuales de alguna forma transmiten los mismos contenidos muchas veces abstractos y sin significado para los estudiantes, esto conlleva a la pregunta ¿realmente el conocer la tecnología implica un buen uso de la misma con fines educativos?

En 2020 tras la eventual emergencia producida por el COVID 19, las tecnologías dieron la oportunidad de continuar con los procesos de enseñanza, aprendizaje y evaluación y a partir de allí han surgido nuevos retos. Estos retos actuales a los que el docente se enfrenta como la invención tecnológica, la inteligencia artificial, el uso de información en redes sociales, demandan una nueva orientación de los programas de formación tanto inicial como en ejercicio, de modo que el docente asuma una postura crítica y reflexiva ante el saber disciplinar y la enseñanza, en acuerdo con Romero et al. (2013)

Sobre esto Romero y Aguilar (2013) afirman:

Se hace necesario que los procesos de formación de los docentes se repiensen continuamente, atendiendo a los retos y a la pertinencia que deben tener estas propuestas de formación, transformar las prácticas y los discursos que circulan en el aula y que propicien modos particulares de asumir la ciencia y su enseñanza. (p. 54)

Investigaciones realizadas por García (2018) ponen en evidencia los problemas que subyacen en la formación del docente, manifestando que:

Estudiantes de licenciatura, después de haber pasado por la formación disciplinar de física general en la facultad de ciencias naturales y exactas, presentan serios problemas conceptuales sobre la física que aprendieron y que ahora enseñan la

educación básica y media, incluso desconocen muchos de los aspectos históricos y epistemológicos que la caracterizan, desconocen el papel experimental de la física que enseñan y además poco asocian el conocimiento adquirido con situaciones cotidianas o de su entorno social. (p. 11)

En este sentido es consecuente afirmar que es necesario fortalecer los procesos de formación en los docentes en ejercicio, que permitan identificar la manera como los maestros de Ciencias enseñan Física en secundaria y desde el reconocimiento de ese conocimiento poder realizar acciones que permitan mejorar los mismos procesos.

Dentro de los marcos que existen para analizar los conocimientos y habilidades que el docente posee un aporte significativo lo realizan autores como Angeli y Valanides (2015); Koehler y Mishra (2006); Mishra y Warr (2021), entre otros, al proponer la adecuada integración del conocimiento tecnológico al constructo del conocimiento pedagógico del contenido (PCK) construido por Shulman en 1986

Con la construcción del marco TPACK, los autores Mishra y Koehler, (2006) publican en Teachers College Record (TCR) su primer trabajo donde abordan el TPACK, titulado “Conocimiento Tecnológico y Pedagógico del Contenido”, como objeto de estudio, según los autores debe existir una intersección de estos tres tipos de conocimiento, ya que sólo la incorporación de la tecnología al proceso educativo no es suficiente, se hace necesario tener un conocimiento adecuado de ella, adoptar una postura crítica sobre su uso, analizar qué tecnologías son adecuadas para enseñar un contenido específico y entender la relación que se establece con el conocimiento pedagógico del contenido.

Por otra parte, el estudio de oscilaciones y ondas cobra gran importancia pues son fenómenos ampliamente utilizados en la construcción de instrumentos de medida, en dispositivos para el aprovechamiento de las energías renovables, la transmisión y recepción del sonido, en equipos para la transmisión y recepción de información, en equipos biomédicos y de aplicaciones industriales, entre otros (Ruíz et al., 2018)

De acuerdo con Palacios (1997), la tecnología actual se sirve del sonido y sus fundamentos para lanzar al mercado instrumentos con las más diversas aplicaciones: generadores ultrasónicos para el tratamiento de las nubes tóxicas o para ahuyentar insectos o roedores, el oído electrónico para la mejora de la capacidad auditiva o el tratamiento de la dislexia infantil, las ecografías para la revisión fetal, el microscopio acústico.

Desde la experiencia personal de la investigadora en el campo de la agroindustria el uso de ultrasonido para la extracción de antioxidantes de subproductos agroindustriales como

la cáscara de papa es otro claro ejemplo del uso de las ondas sonoras, pero a pesar de que estas aplicaciones son familiares con el sonido no basta para poder entender los conceptos asociados al fenómeno. De acuerdo a esto es necesario lograr que los conceptos sean comprendidos en su totalidad por el estudiante de manera significativa y no memorística que permita que los estudiantes logren no solo mejorar su rendimiento académico en pruebas internas y nacionales, sino que motiven al estudiante a desarrollar un pensamiento científico para la vida.

El sonido es un contenido inmerso en el movimiento ondulatorio orientado desde los estándares básicos de competencias y derechos básicos de aprendizaje propuestos por el Ministerio de Educación Nacional de Colombia (MEN, 2004; 2016), que se trabaja en secundaria en grados octavos y novenos y se amplía en grado once, sin embargo respecto al sonido es muy poco lo que se aborda, pasando simplemente a ser algo superficial y una mera ejemplificación de ondas mecánicas que incluso muchas veces es omitido de la práctica del plan de estudios.

Los antecedentes investigativos de la actual investigación permiten identificar una serie de dificultades en torno a la enseñanza del sonido: 1) No se da importancia a los recursos históricos. 2) Escasa atención a la actividad experimental en la enseñanza de la física. 3) Dependencia de los libros de texto en el proceso de enseñanza-aprendizaje del sonido. 4) La poca articulación de herramientas tecnológicas en los procesos de enseñanza-aprendizaje-evaluación de sonido. 5) No se reconoce la riqueza fenomenológica del sonido. 6) El conocer las tecnologías no garantizan que se integren adecuadamente en la enseñanza. 7) Hay una escasa literatura en las ideas que dieron origen a la naturaleza del sonido. 8) La formación de docentes es fragmentada lo que provoca una necesidad de nuevas propuestas que permitan desarrollar el conocimiento del docente. 9) los docentes poco asocian el conocimiento adquirido con situaciones cotidianas o de su entorno social.

Dado lo anterior, esta investigación pretende elaborar una propuesta de formación docente que permita la integración del conocimiento tecnológico, pedagógico y de contenido asociada al sonido.

1.2. Justificación

El desarrollo de esta investigación se justifica tras la necesidad de identificar y desarrollar el conocimiento del docente de Física en secundaria, a través de procesos de

formación orientados por reflexión, que involucren la integración de tecnología en los procesos de enseñanza, aprendizaje y evaluación de manera adecuada logrando que el contenido para este caso el sonido sea comprensible para los estudiantes. Como se ha expuesto anteriormente es necesario contribuir en nuevas propuestas de formación docente que den respuestas a las nuevas necesidades del siglo XXI, fortaleciendo el conocimiento del docente.

Como lo manifiesta Perafán (2004) la certeza histórica aportada por las investigaciones señala que no solo los procesos formales del pensamiento que ocurren necesariamente en los docentes durante la planeación y la enseñanza interactiva median en el proceso educativo, sino también sus contenidos implícitos y explícitos, lo que ha dirigido la atención de los investigadores hacia la necesidad de comprender mejor las características del conocimiento de los profesores en formación y en ejercicio.

Aunque en la actualidad los avances científicos y tecnológicos han permitido evocar la idea de que todo lo que vibra produce sonido, la comprensión de este concepto puede resultar complejo, dado que resulta difícil para los estudiantes relacionar el origen del sonido con la vibración de un objeto y la necesidad de un medio elástico para propagarse.

Es importante entonces delimitar como docentes que queremos que los estudiantes comprendan el sonido de acuerdo con su contexto. Calvo (2006) define el sonido como todo agente físico que impresiona el sentido del oído; es importante entonces relacionar el concepto de sonido con la sensación sonora que se experimenta, teniendo en cuenta además del cuerpo productor la presencia de un medio transmisor y de un elemento receptor.

En acuerdo con Fonseca y Castiblanco (2020) la enseñanza de las ciencias debe ir más allá de la ilustración en teorías, leyes y conceptos, y ofrecer tanto a los estudiantes como al docente oportunidades de comprensión y explicación de lo que ocurre a su alrededor, sin embargo, tal como lo manifiestan autores como García (2018) la enseñanza de la física suele educar para la aprehensión de verdades absolutas aisladas de las experiencias de vida y sin posibilidad de análisis y reflexión; en este sentido se deben desarrollar propuestas que impacten en la forma de abordar la física en el aula de clases, de modo que se asume que el problema de la enseñanza de la física está determinado y condicionado por la relación que el docente establece con el saber que enseña.

Se hace necesario bajo los argumentos expuestos identificar el conocimiento del docente y desarrollarlo a través de procesos de formación docente que brinden maneras diferentes al docente de plantear su enseñanza llevando procesos de resignificación que como

lo manifiestan Castiblanco y Vizcaino (2008) no deberán estar centrados en el contenido, sino en el sujeto y en las posibilidades de crecimiento humano y social que ofrece la clase, para lograr esto se requiere de profesores reflexivos que actualicen sus prácticas por medio de la formación continua que los hagan capaces de crear metodologías de enseñanza, aprendizaje y evaluación contextualizada.

1.3. Antecedentes

La búsqueda bibliográfica, se realizó con ayuda del centro de documentación de la Facultad de Educación y Pedagogía de la Universidad del Valle, CENDOPU, se tuvieron en cuenta bases de datos como ERIC (Ebsco); Scopus (Elsevier); Springer link; Web of Science (Clarivate). Se utilizaron palabras claves para la búsqueda como: Formación de profesores, TPACK, orientación reflexiva, reflexión docente, enseñanza del sonido; en idioma español e inglés; además el material analizado constaba de tesis, artículos y capítulos de libros.

Seguido a esto y teniendo en cuenta la rúbrica de Zambrano et al. (2013) se realizó un análisis de contenido a los antecedentes que son considerados importantes para el desarrollo de esta propuesta de investigación, identificando en cada uno de ellos el problema planteado, la metodología, resultados, conclusiones y el aporte pertinente a la propuesta.

Teniendo en cuenta el análisis de contenido realizado al material bibliográfico, se establecieron cuatro grupos: 1) Literatura referente a formación de profesores y los procesos de reflexión 2) Del PCK al TPACK 3) El conocimiento tecnológico pedagógico de contenido en la formación de profesores 4) Antecedentes relacionados con la enseñanza del sonido.

En la literatura referente a formación de profesores y los procesos de reflexión, se seleccionaron las investigaciones que son directamente relacionadas con el profesor, su proceso de formación y cómo los procesos de reflexión influyen en el desarrollo del conocimiento, que piensa, cuáles son sus motivaciones, cuáles son sus concepciones acerca de la tecnología, que elementos tiene en cuenta a la hora de seleccionar un contenido para su clase.

En la Literatura del PCK al TPACK, se destaca la transición que existe desde el conocimiento pedagógico del contenido (PCK) de Shulman (1986) al conocimiento tecnológico pedagógico de contenido (TPACK) de Mishra & Koehler (2006) como marco que permite integrar tecnología, pedagogía y contenido para volver un contenido comprensible a sus estudiantes; permitiendo desarrollar la idea que un proceso de formación docente basado en el marco del TPACK puede integrar el conocimiento inicial del profesor

de Física en ejercicio desde la particularidad del docente, entendiendo que cada profesor dependiendo de sus procesos de formación docente puede desarrollar en mayor proporción un tipo de conocimiento específico y mediante la experiencia y formación continua trascender a otro estado de conocimiento.

En la literatura referente al conocimiento tecnológico pedagógico de contenido en la formación de profesores, se destacan aquellas investigaciones las cuales, dentro de su metodología, han utilizado directamente el marco del TPACK en los procesos de formación de profesores. Este análisis, como se describe más adelante, nos permitió delimitar el problema de investigación, reconociendo que existen falencias en los procesos de formación inicial de los docentes y que dada la diversidad de formación profesional que poseen los docentes de educación básica y secundaria, la necesidad de incluir el uso adecuado de tecnologías al proceso de enseñanza, aprendizaje y evaluación, el TPACK se convierte en un marco no sólo integrador, sino también transformador del conocimiento, permitiendo su desarrollo.

Por último, se han agrupado aquellas investigaciones relacionadas con el proceso de enseñanza, aprendizaje y evaluación del contenido de sonido, con ello se identifican los problemas que se enmarcan dentro del proceso de aprendizaje del sonido y que está directamente relacionado con el qué y cómo el profesor enseña. Se determina entonces, que se hace necesario fortalecer los procesos de enseñanza, aprendizaje y evaluación del sonido desde la identificación e integración del conocimiento del maestro en ejercicio.

1.3.1. La formación de profesores y los procesos de reflexión

La enseñanza de las Ciencias, particularmente la enseñanza de la Física en educación básica y media, tal como lo manifiestan los autores Almeida y García (2022) y López, et al. (2000), puede catalogarse como tradicional, es necesario entonces, desde los procesos de formación de profesores, replantear el diseño de programas que pueden ser transformados a partir de los referentes actuales de la Educación en Ciencias, más aún cobra importancia cuando estos procesos de formación se ubican en entornos donde el docente ya pasó por un proceso de formación inicial y debe fortalecer sus prácticas desde la formación en ejercicio. En este sentido, algunos de los antecedentes que se han analizado en esta investigación giran alrededor del desarrollo del conocimiento del profesor y cómo este desarrollo se soporta en

los procesos de formación y reflexión docente, sobre esta temática se encuentran las siguientes investigaciones.

Sabino (2020), interesado en los procesos de formación docente en cuanto a las TIC analiza la formación de profesores recibida en diferentes universidades desde el modelo TPACK, Su investigación muestra que, aunque los profesores presentan un sólido dominio del contenido disciplinar (CK), sus competencias tecnológicas (TK y TPACK) son limitadas. En línea con lo advertido por Cabero (2000), el autor señala que la capacitación tecnológica se ha orientado principalmente a un uso instrumental de las TIC, concebidas como simples medios informativos más que como recursos pedagógicos transformadores

Tomando como referencia el marco TPACK de Mishra y Koehler (2006), Sabino (2020) exploró la formación de los docentes de las Facultades públicas de Ciencias de la Educación de Cádiz, Córdoba, Huelva y Sevilla; logrando así identificar los tipos de conocimientos tecnológicos, pedagógicos y de contenido que los maestros poseen.

La metodología se basó en una encuesta aplicada a 396 docentes mediante un cuestionario adaptado de Schmidt et al. (2009), cuyos resultados confirman que la integración efectiva de la tecnología requiere procesos formativos situados en el propio contexto laboral.

Sabino (2020) concluye que la situación del profesorado participante podría mejorar si la formación en TIC se realizará en servicio y en los contextos de trabajo. De ser así, y teniendo en cuenta las ventajas que ofrece el marco del TPACK, se facilitaría la integración tecnológica en la enseñanza.

Este antecedente de investigación es importante para esta propuesta de tesis puesto que, permite identificar una problemática clave al determinar que hay bajos niveles de conocimiento tecnológico en los procesos de formación docentes y que dada la vanguardia tecnológica, se hace necesario que en los procesos de formación de los docentes en ejercicio se incluya la integración de la tecnología al conocimiento de contenido y al conocimiento pedagógico, en este sentido el uso del marco TPACK permitirá la integración tecnológica en la enseñanza.

Por otra parte, los autores Sánchez y Valcárcel (2000), estudiaron cómo los docentes seleccionan y secuencian los contenidos escolares, ya que esta es una tarea esencial en el rol del docente como diseñador curricular. No obstante, advierten, siguiendo a Porlán et al. (1998), que muchos profesores, al actuar más como expertos disciplinares que como educadores, tienden a trasladar los contenidos académicos al currículo sin realizar las

distinciones necesarias. Los autores proponen un modelo procesual, abierto y flexible, aunque, en acuerdo con Jiménez y Sanmartí (1995) y Gil (1993), reconocen que este cambio implica un reto complejo, ya que exige transformar concepciones y prácticas para las cuales los maestros no fueron preparados en su formación inicial.

Resaltan, además, que las concepciones del profesor determinan tanto sus aprendizajes como los cambios que puede asumir, y que los conocimientos académicos, aunque indispensables, no son suficientes si no se articulan con la práctica. Con este enfoque, realizaron un estudio con 27 docentes de secundaria para responder tres preguntas: qué criterios usan al seleccionar y secuenciar contenidos, cómo valoran los contenidos ofrecidos en un curso de formación docente y qué aprendizajes y dificultades emergen tras el proceso.

La metodología incluyó entrevistas antes y después del curso, un cuestionario de 25 ítems y el análisis de las unidades didácticas elaboradas por los participantes, siguiendo el procedimiento de Miles y Huberman (1994). Los resultados muestran que los docentes priorizan el saber disciplinar, se apoyan en libros de texto y planificaciones previas, conciben la enseñanza de manera teórica, relegan actividades experimentales y dan escaso peso a las concepciones y características de los estudiantes. Estas dificultades confirman la necesidad de impulsar procesos de formación que, a través de la reflexión, fortalezcan el rol del profesor como diseñador curricular.

Por otro lado Maderick et al. (2016) destacan la relevancia internacional de la tecnología en la formación docente, señalando que el dominio de habilidades prácticas y aplicaciones teóricas es un requisito para garantizar una educación de calidad en el siglo XXI. En este contexto, diversos autores (Angeli & Valanides, 2009; Cuban, 2001; Harris et al., 2009; Mishra & Koehler, 2006) reconocen el valor del modelo TPACK como marco para integrar conocimiento tecnológico, pedagógico y disciplinar.

Los autores advierten, además que, aunque las escuelas y universidades están llenas de estudiantes inmersos en la tecnología digital, la condición de nativos digitales¹ no garantiza un dominio adecuado para la práctica pedagógica. Estudios como los de Li y Ranieri (2010), Van Deursen (2010) y Lei (2009) muestran que vivir en un entorno digital no implica ser competente, ya que el uso cotidiano de dispositivos no asegura las habilidades

¹ Nativo digital es el término utilizado para designar a los sujetos que han crecido con la red y el proceso tecnológico

necesarias para la enseñanza. De hecho, Li y Ranieri (2010) subrayan que “vivir en un entorno digital no implica ser competente digitalmente” (p. 1041).

Con este panorama, Maderick et al. (2016) cuestionan cómo los programas de formación docente pueden determinar con precisión el nivel de competencia digital de los futuros profesores. Su estudio evaluó la validez de la autoevaluación subjetiva al compararla con pruebas objetivas en siete dimensiones de competencia digital (procesadores de texto, hojas de cálculo, presentaciones, Web 2.0, bases de datos, correo electrónico e informática general).

Los resultados revelaron que los participantes tendían a sobrestimar sus capacidades. En consecuencia, los autores concluyen que la autoevaluación subjetiva no es un predictor preciso de la competencia digital, aunque puede ser útil si se combina con otras herramientas para fomentar la reflexión, ajustar percepciones y mejorar programas de formación docente. Esta investigación es importante para esta tesis ya que revela que la autoevaluación subjetiva de competencias tecnológicas en los docentes es sobreestimada en comparación con la autoevaluación objetiva, esto deja ver que la autoreflexión acerca de los conocimientos digitales no siempre es acorde al desempeño en la práctica, esto permite plantear la hipótesis que es necesario una orientación reflexiva que ayude a volvernos competentes tecnológicamente y que sean aplicables dentro de nuestro ejercicio docente de esta manera desarrollando el TPACK para el caso de mi propuesta no en formación inicial sino de docentes en ejercicio

Seufert et al. (2021) realizaron una revisión bibliográfica sobre los conocimientos, habilidades y actitudes tecnológicas (KSA) de docentes en formación y en ejercicio, motivada por los cambios que la enseñanza experimentó durante la pandemia del COVID-19. En este contexto, la “tecnología educativa” se entiende principalmente como tecnología digital aplicada a la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación. Dentro de la revisión, se destaca el metaanálisis del Abdul Latif Jameel Poverty Action Lab (2019), que clasifica cuatro grupos de intervención: acceso a dispositivos, aprendizaje asistido por computadora, estrategias conductuales como la gamificación y aprendizaje en línea.

Los autores concluyen que estas herramientas tienen potencial para mejorar los procesos educativos, pero su impacto depende de cómo los docentes las integren. En esta línea, se enfatiza que el profesorado cumple un rol central (Fraillon et al., 2018) y que su tarea exige gestionar múltiples actividades, lo que Dillenbourg (2013) denomina

orquestración. Para decidir en qué contextos usar o no una tecnología específica, los docentes requieren desarrollar conocimientos, habilidades y actitudes particulares (Kirschner, 2015).

El análisis evidenció que la mayoría de estudios recurre al marco TPACK como referencia para valorar competencias, aunque algunos autores lo conciben también como habilidades prácticas o incluso como competencia. Un hallazgo relevante fue el uso de la autoevaluación como herramienta de reflexión, útil para identificar y valorar las KSA, además de resaltar que las actitudes hacia la tecnología pueden predecir el nivel de TPACK alcanzado por los profesores (Scherer et al., 2018).

Este antecedente es importante para la investigación ya que clarifica qué se entiende por competencias tecnológicas docentes, refuerza la centralidad del TPACK como marco teórico y destaca la reflexión y la autoevaluación como estrategias claves para integrar de manera efectiva el conocimiento tecnológico, pedagógico y disciplinar en la enseñanza.

Por último, dentro de esta categoría hemos incluido el estudio de Abell y Bryan (1997), el cual aborda el problema de comprender las concepciones personales de los docentes en formación sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Los autores reconocen que estos futuros docentes llegan a los programas de formación con ideas previas sobre cómo enseñar ciencias, influenciadas por sus propias experiencias como estudiantes. El desafío radica en que estas concepciones pueden ser resistentes al cambio y causar dificultad en la adopción de enfoques pedagógicos más reflexivos y efectivos. En este contexto, el estudio plantea la necesidad de diseñar estrategias en la formación docente que permitan desafiar y modificar estas creencias, promoviendo una comprensión más fundamentada de la enseñanza de las ciencias.

Para abordar esta problemática, los autores desarrollaron una investigación-acción en un curso de métodos de enseñanza de ciencias, en el que participaron 49 estudiantes de educación primaria. El diseño metodológico incluyó cuatro fases de reflexión, cada una dirigida a fomentar el análisis crítico de la enseñanza: reflexionar sobre la enseñanza de otros a través de materiales multimedia integrados, reflexionar sobre la propia enseñanza mediante experiencias de campo, reflexionar sobre uno mismo como aprendiz de ciencias a través de actividades científicas y reflexionar sobre las opiniones de expertos mediante la lectura de textos académicos. Durante el curso, los estudiantes analizaron casos de enseñanza en video, participaron en tareas de reflexión escritas, discutieron en pequeños grupos y fueron

observados por los investigadores. En total, se recopilaron 1.506 respuestas escritas, junto con transcripciones de discusiones y registros de observaciones en las sesiones del curso.

Los resultados del estudio evidenciaron que los futuros docentes enfrentaban dificultades para reflexionar críticamente sobre la enseñanza. Se identificaron tres marcos desde los cuales interpretaban las prácticas observadas, un marco de aprendiz de ciencias, desde el cual evaluaban la enseñanza en función de sus propias experiencias; un marco de estudiante de pedagogía, donde utilizaban respuestas "correctas" sin un análisis profundo; y un marco de docente de ciencias, donde algunos participantes lograban analizar críticamente la enseñanza. A pesar de estas dificultades, las cuatro fases de reflexión ayudaron a algunos estudiantes a modificar sus concepciones previas. Con el tiempo, los participantes comenzaron a analizar las decisiones pedagógicas en los videos, reflexionar sobre su propia enseñanza y conectar mejor la teoría con la práctica. Sin embargo, persistieron algunas limitaciones, como la tendencia a mantener una visión tradicional de la enseñanza y la dificultad para utilizar conceptos pedagógicos de manera significativa.

Este estudio aporta elementos valiosos a la investigación sobre la formación docente y la integración del conocimiento pedagógico, tecnológico y disciplinar (TPACK). La estrategia de utilizar casos en video como herramienta de reflexión podría aplicarse en la enseñanza del sonido en grado octavo, permitiendo que los profesores en formación analicen y mejoren sus estrategias de enseñanza. Además, los hallazgos sobre las dificultades de los docentes en formación para integrar diferentes tipos de conocimiento pueden servir como base para diseñar estrategias formativas más efectivas dentro del marco TPACK. La incorporación de espacios estructurados de reflexión en la formación docente se presenta, por lo tanto, como una estrategia clave para mejorar la enseñanza de las ciencias y su integración con la tecnología.

Por otro lado, Candela (2023), identifica una problemática persistente en los programas de formación y desarrollo profesional docente: la presencia de una práctica reflexiva débil, superficial o instrumentalizada. A pesar de que la reflexión ha sido reconocida como un componente esencial para el desarrollo profesional docente, muchos programas limitan su implementación a un nivel técnico, sin lograr que los docentes avancen hacia niveles de reflexión práctica o crítica que les permitan resignificar su enseñanza.

Se trata de un artículo de reflexión teórica que realiza una revisión crítica y propositiva de autores como Dewey (1933), Schön (1983), Van Manen (1977), Habermas (1973), (Zeichner y Liston, 2013). A partir de esta revisión, el autor organiza

conceptualmente la práctica reflexiva en torno a tres niveles (técnico, práctico y crítico), los intereses cognitivos que la sustentan, los modos de pensamiento implicados (tecnológico, deliberado, situado y dialéctico) y las herramientas sociocognitivas que permiten su desarrollo en escenarios formativos.

El artículo concluye que la práctica reflexiva debe ser situada, deliberada y crítica, superando visiones instrumentales que reducen la reflexión a un ejercicio de evaluación de estrategias. El autor plantea que los niveles de reflexión no deben entenderse como jerárquicos, sino como horizontes de desarrollo profesional a los que se accede mediante dispositivos pedagógicos estructurados y una intención crítica en la formación. Además, destaca que herramientas como el diario de clase, la investigación-acción, el estudio de casos y la observación entre pares pueden mediar la construcción de una identidad profesional reflexiva y situada.

Este texto resulta altamente pertinente para la presente investigación, ya que ofrece una fundamentación teórica rigurosa sobre los niveles de reflexión que se han adoptado en el análisis del proceso formativo. La propuesta de Candela permite legitimar el tránsito reflexivo de los docentes desde lo técnico hacia lo crítico, tal como se pretende documentar a través del análisis de las ReCo, los metatextos y las narrativas docentes. Asimismo, fortalece el componente metodológico de la tesis al respaldar el uso de herramientas sociocognitivas para promover la reflexión situada, en sintonía con el marco del TPACK y la orientación reflexiva de Abell y Bryan (1997)

Consolidación del análisis a la literatura referente a formación de profesores y procesos de reflexión

La enseñanza de la Física en básica y media ha sido tradicionalmente transmisiva, con escasos espacios para la reflexión docente. Almeida y García (2022) y López et al. (2000) señalan la necesidad de reformular la formación, en especial de profesores en ejercicio, para integrar estrategias pedagógicas mediante procesos reflexivos. Aunque se han promovido programas de capacitación en TIC, Sabino (2020) advierte que no garantizan una integración efectiva, y Cabero (2000) subraya que con frecuencia su uso se limita a fines informativos. Maderick et al. (2016) insisten en que la competencia digital no se reduce al dominio técnico, sino que exige habilidades reflexivas que permitan aplicar la tecnología de manera significativa.

En esta misma línea, Sánchez y Valcárcel (2000) mostraron que muchos docentes planifican sin un análisis crítico del contenido; Loughran et al. (2001) propusieron la

Representación de Contenido (Re-Co) como herramienta para visibilizar concepciones; y Abell y Bryan (1997) evidenciaron que la reflexión estructurada ayuda a transformar creencias previas y a conectar teoría con práctica.

En síntesis, los antecedentes revisados destacan la reflexión como condición esencial para articular conocimiento pedagógico, tecnológico y disciplinar. El marco TPACK (Mishra & Koehler, 2006) se configura como referente central, y su aplicación en esta investigación permitirá integrar el conocimiento tecnológico, pedagógico de contenido de manera efectiva.

1.3.2. Del PCK al TPACK asociado a la enseñanza de la Física

De la revisión bibliográfica en el anterior apartado es clara la importancia del marco del TPACK en los procesos de formación y reflexión docente, así como analizar los instrumentos que permitan predecir y evaluar la integración del conocimiento tecnológico pedagógico de contenido, teniendo en cuenta que el TPACK es un marco que se construye teniendo en cuenta como base el PCK (Conocimiento pedagógico del contenido) planteado por Shulman en 1986, en este análisis se ha querido hacer referencia a investigaciones que marcan esa transición de PCK a TPACK en la enseñanza, aprendizaje y evaluación de conceptos físicos.

Además, la reflexión alrededor de este apartado muestra la importancia del TPACK al considerarse un constructo muy útil para pensar qué conocimientos deben tener los profesores de Física para integrar la tecnología en la enseñanza y cómo podrían desarrollar este conocimiento, para dar finalidad a lo anterior se encuentran los siguientes antecedentes.

Godoy (2019) expone los problemas existentes en torno a la enseñanza, aprendizaje y evaluación del concepto de movimiento a partir del modelo TPACK. Su planteamiento se fundamenta en que, a pesar de ser el movimiento un tema fascinante para la humanidad y formar parte de los contenidos curriculares, los estudiantes siguen teniendo dificultades para comprenderlo. Llegan al curso con ideas previas que no se corresponden con las explicaciones científicas, y que, a pesar del proceso formativo suelen persistir.

La revisión de antecedentes realizada por la autora le permite inferir que los problemas que manifiestan los estudiantes abarcan aspectos conceptuales, de interpretación y de relación, los cuales se mantienen durante y después del proceso educativo. En respuesta, plantea cinco premisas epistemológicas que orientan el proceso de enseñanza-aprendizaje-evaluación (E-A-E) del concepto de movimiento: los textos recogen un modelo pedagógico

que debe identificarse, la historia y epistemología aportan elementos valiosos, el docente construye su propio modelo a partir de su interpretación, las ideas iniciales del estudiante median el proceso, y la tecnología ofrece nuevos modelos para abordar el concepto.

Metodológicamente, Godoy (2019) abordó cada premisa con estrategias específicas: elaboró una tabla para analizar los textos escolares en torno a enseñanza, aprendizaje y evaluación; realizó una revisión histórica y epistemológica que incluyó a Aristóteles, Galileo, Newton y Einstein, con énfasis en la obra de Galileo; aplicó un cuestionario a cinco docentes y cinco estudiantes para indagar el modelo pedagógico; y retomó investigaciones previas sobre las ideas iniciales de los estudiantes. Finalmente, consultó bases de datos como Web of Science y Scopus para explorar la integración tecnológica en este campo.

Los hallazgos muestran que los textos escolares mantienen un rol dominante en la E-A-E, sustentado en la física clásica y en evaluaciones centradas en ejercicios, con una enseñanza mayoritariamente expositiva y escasa incorporación de tecnologías digitales. Asimismo, las concepciones previas de los estudiantes persisten sin cambios significativos, y se observa una limitada investigación tanto en Colombia como a nivel internacional sobre la enseñanza del movimiento desde el marco TPACK.

Como conclusión, la autora propone la necesidad de generar propuestas educativas que incluyan las ideas iniciales de los estudiantes, articulen los conceptos físicos con el formalismo matemático, y que utilicen la tecnología como herramienta pedagógica más allá de su función experimental. Una propuesta integradora de este tipo permitiría a cada docente transformar su modelo pedagógico y tomar decisiones como: qué enseñar, qué libros de física universitaria consultar, cómo enseñar, en qué orden, qué aspectos históricos incorporar y de qué manera, y qué actividades desarrollar para los procesos de E-A-Ev.

Esta investigación es importante para el desarrollo de esta propuesta ya que permite tener un referente directo con respecto al desarrollo del TPACK para la incorporación de conocimientos en el aula, ayudando al proceso de enseñanza, aprendizaje y evaluación de un concepto físico como movimiento. Permite reconocer la importancia de la construcción epistemológica del concepto y su relación con las ideas previas de los estudiantes permitiendo una mejor comprensión de los procesos de formalización matemática y cómo la tecnología puede utilizarse como herramienta significativa más que solo para la actividad experimental. Se trazan desde aquí entonces fuertes antecedentes que justifican y sustentan el problema.

Otro de los antecedentes relevantes en esta categoría es la investigación de Villa (2022) la cual busca comprender el desarrollo del Conocimiento Tecnológico Pedagógico del Contenido (TPACK) en la formación inicial de profesores de Ciencias Naturales. Específicamente, analiza cómo el TPACK de los profesores mentores influye en las intenciones de enseñanza de los futuros docentes en la Universidad Federal do Pará (UFPA).

El problema central que plantea la autora es la falta de integración efectiva del conocimiento tecnológico, pedagógico y disciplinar en los programas de formación docente. Argumenta que aunque el TPACK ha sido ampliamente estudiado hay poca investigación sobre cómo los formadores impactan en la adquisición del TPACK en los profesores en formación. Para ello, la autora formula la pregunta de investigación: ¿Cómo el TPACK de los profesores que orientan las disciplinas de práctica docente en la Licenciatura en Ciencias Naturales de la UFPA es proyectado en las intenciones de enseñanza de los profesores en formación?

Metodológicamente el estudio adopta un enfoque cualitativo con una perspectiva interpretativa y un diseño de estudio de caso instrumental siguiendo a Stake (1999). Se estructura en tres etapas principales:

1. Revisión bibliográfica del estado del arte del TPACK en el ámbito nacional e internacional hasta 2020.
2. Análisis del TPACK de los profesores mentores, examinando sus decisiones y acciones en la orientación de las disciplinas de práctica docente.
3. Identificación del TPACK en los profesores en formación, observando cómo proyectan el conocimiento en sus intenciones de enseñanza.

En la investigación la autora utiliza instrumentos como: entrevistas semiestructuradas a docentes y alumnos, observación de clases de profesores mentores y estudiantes, construcción de reflexiones escritas por parte de los participantes, además es importante mencionar la utilización del Análisis textual discursivo (ATD) para la revisión bibliográfica.

Dentro de los resultados la investigación identificó contribuciones teórico metodológicas en tres niveles:

1. Estado del arte del TPACK: Se recopilaron estudios que sustentan los elementos del TPACK y los indicadores clave para su identificación.
2. Práctica de los profesores mentores: Se encontró que sus decisiones pedagógicas reflejan su nivel de TPACK, el cual influye en la enseñanza de los futuros docentes.

3. Intenciones de enseñanza de los profesores en formación: Se evidenció que las concepciones y prácticas de los mentores afectan la manera en que los estudiantes integran el TPACK en sus propias estrategias didácticas.

Uno de los hallazgos clave es que existe una proyección del TPACK de los profesores mentores en las intenciones de enseñanza de los profesores en formación, lo que sugiere que el desarrollo del TPACK no ocurre en aislamiento, sino que se construye a partir de la interacción con otros docentes.

Como conclusiones se resaltan: i) El TPACK de los mentores tiene un impacto significativo en la forma en que los futuros docentes conceptualizan la integración de tecnología, pedagogía y contenido. ii) Los programas de formación deben enfatizar estrategias que permitan a los futuros docentes reflexionar sobre la integración del TPACK en su enseñanza. iii) Es necesario diseñar instrumentos específicos que permitan evaluar el desarrollo del TPACK en los formadores y en los docentes en formación.

El aporte de este antecedente a mi investigación es que el desarrollo del TPACK en docentes no ocurre de manera aislada, sino que está influenciado por el proceso formativo, reafirma la necesidad de analizar la formación docente y su impacto para nuestro caso la enseñanza de la Física particularmente el sonido, metodológicamente brinda una orientación clave para el uso del Análisis Textual Discursivo.

El estudio de Nilsson (2024) examina cómo los futuros docentes integran tecnologías digitales en la enseñanza de las ciencias, centrándose en la transición del PCK al TPACK. Su investigación busca comprender la relación entre el conocimiento tecnológico, pedagógico y disciplinar en la formación docente, destacando los desafíos que enfrentan los profesores en formación al intentar incorporar tecnología en su enseñanza.

Para abordar esta problemática, Nilsson trabajó con 24 estudiantes de formación docente en ciencias y utilizó la herramienta Representación de contenido (CoRe, por sus siglas e inglés), modificada a Technological Content Representation (T-CoRe) para enfatizar la integración tecnológica en la enseñanza. El estudio incluyó el análisis de 12 T-CoRes completados por los participantes y 6 discusiones grupales grabadas, las cuales permitieron explorar cómo los futuros docentes conceptualizan y aplican la interrelación entre contenido, pedagogía y tecnología. La investigación se desarrolló a partir de un análisis de contenido con el objetivo de identificar patrones en la forma en que los docentes en formación integran la tecnología en sus prácticas educativas.

Los resultados del estudio muestran que el uso del T-CoRe fue una estrategia clave para ayudar a los docentes en formación a reflexionar sobre la enseñanza con tecnología. Se identificó que la transición del PCK al TPACK no ocurre de manera automática, sino que requiere una formación estructurada y deliberada. Además, se encontró que el T-CoRe permite hacer explícitas las interacciones entre contenido, pedagogía y tecnología, lo que favorece tanto la planificación como el desarrollo profesional de los docentes. No obstante, el estudio también reveló que los futuros profesores enfrentan desafíos en la integración tecnológica, como la necesidad de evaluar críticamente los recursos digitales antes de implementarlos en el aula.

Este estudio aporta elementos importantes para la presente investigación, ya que refuerza la importancia de la reflexión en la integración del TPACK, un proceso formativo basado en la reflexión es fundamental para lograr una integración efectiva del conocimiento tecnológico, pedagógico y de contenido. Además, el uso de la T-CoRe como instrumento de análisis brinda un marco valioso de como la ReCo ampliada y modificada permite evaluar cómo los docentes estructuran su conocimiento TPACK en la enseñanza de un contenido específico.

Entre los antecedentes más relevantes para comprender el tránsito del PCK al TPACK se encuentra la propuesta original de Loughran, Mulhall y Berry (2004), quienes desarrollaron la herramienta CoRe (Content Representation) como instrumento para documentar el conocimiento pedagógico del contenido de los docentes. Esta herramienta, centrada inicialmente en el análisis del PCK, permitía explorar la estructura conceptual y pedagógica del conocimiento docente sobre un contenido específico. La CoRe se convirtió en una referencia clave para analizar cómo los profesores organizan, justifican y representan el conocimiento disciplinar para la enseñanza. Sin embargo, con el paso del tiempo y la inclusión de las tecnologías digitales en los contextos escolares, diversos autores comenzaron a cuestionar la suficiencia del marco del PCK para dar cuenta de los saberes docentes contemporáneos, proponiendo su ampliación hacia un enfoque que integrara también la dimensión tecnológica.

En esta línea, Candela (2018) propone una adaptación de la CoRe al modelo TPACK, reformulando las preguntas del instrumento y ampliando su alcance metodológico para capturar no solo el conocimiento pedagógico del contenido, sino también la forma en que los docentes integran tecnologías digitales en sus decisiones didácticas. Esta adaptación metodológica, denominada ReCo (Representación del Contenido) ampliada a TPACK, ha

sido utilizada en investigaciones formativas con docentes en ejercicio, permitiendo indagar la evolución de sus conocimientos y prácticas mediante procesos reflexivos. La ReCo ampliada conserva la estructura de preguntas inspiradas en la CoRe original, pero reorganizadas y reformuladas para visibilizar las interacciones entre contenido, pedagogía y tecnología en contextos reales de enseñanza.

A través del uso de la ReCo adaptada, diversos estudios han evidenciado que los profesores tienden a integrar progresivamente el conocimiento tecnológico, no como una adición externa a su práctica, sino como parte constitutiva de su pensamiento profesional. De igual forma, la reflexión sobre las propias respuestas a la ReCo se convierte en una oportunidad formativa en sí misma, al permitir explicitar tensiones, creencias, fortalezas y vacíos en la integración del TPACK. En este sentido, la ReCo no solo cumple una función diagnóstica o analítica, sino que también tiene una función pedagógica: acompaña al docente en la reconstrucción de su saber profesional, desde una lógica formativa.

Aspectos concluyentes de Antecedentes de la categoría del PCK al TPACK en la enseñanza de la Física

La transición del PCK al TPACK en la enseñanza de la Física ha sido abordada desde distintas perspectivas. Godoy (2019) muestra que, pese a ser el movimiento un contenido central, persisten dificultades conceptuales en los estudiantes, lo que evidencia la necesidad de integrar tecnologías y considerar las ideas previas en la enseñanza de fenómenos complejos, aspecto que se retoma en esta investigación para analizar el caso del sonido. Villa (2022), mediante un estudio de caso apoyado en el Análisis Textual Discursivo (ATD), demuestra que el TPACK de los formadores impacta directamente en las intenciones de enseñanza de los futuros docentes, aportando un referente metodológico clave para esta investigación. Nilsson (2024) emplea el T-CoRe para visibilizar cómo los docentes en formación estructuran la interacción entre contenido, pedagogía y tecnología, destacando que este tránsito no es automático, sino que requiere dispositivos reflexivos. Estos aportes legitiman mi propuesta al posicionar la ReCo ampliada como herramienta diagnóstica y formativa, además del uso del Análisis Textual Discursivo (ATD) como referente metodológico

1.3.3. El TPACK en la formación de profesores

Hasta este estado de la revisión bibliográfica podemos precisar dos aspectos destacables, primero que es necesario que los docentes para lograr un aprendizaje en sus estudiantes realicen un uso efectivo de su conocimiento tecnológico pedagógico de contenido, para esto es necesario integrar adecuadamente la tecnología al aula de clase, esto es posible lograrlo a través de los procesos de reflexión. Es importante para el interés de esta investigación una vez identificado el TPACK como un constructo que permite la integración efectiva del conocimiento del docente, ahora sí, analizar antecedentes donde el marco del TPACK se utilice directamente en los procesos de formación de profesores

A continuación, se presentan dos estudios que hemos considerados relevantes dado la directa relación entre el rol del TPACK en la clase de Ciencias y la formación de profesores.

Srisawasdi (2012) examina cómo los futuros docentes de Física construyen su competencia en TPACK a través de módulos de aprendizaje basados en casos. El autor sitúa su estudio en el contexto de los retos de la educación del siglo XXI, donde las tecnologías se convierten en herramientas cognitivas que transforman la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias (Edelson, 2001; Jimoyiannis, 2010).

En este ámbito, se destacan los entornos tecnológicos como simulaciones, animaciones, MBL, sistemas de tutoría inteligente y recursos web, ampliamente reconocidos por su potencial para promover aprendizaje activo, investigación científica y cambio conceptual (Jimoyiannis, 2010). Metodológicamente, el estudio incluyó tres casos seleccionados entre 43 futuros profesores de Física, quienes participaron en un módulo con seis estudios de caso sobre integración de TIC en STEM. Las actividades implicaron foros de discusión crítica alineados con los criterios ICT-TPACK de Angeli y Valanides (2009) y dos tareas de diseño en las que los participantes debían integrar CK, PK y TK en propuestas de enseñanza.

Los resultados mostraron cómo, en un inicio, los docentes mantenían conocimientos aislados de contenido, pedagogía y tecnología, pero a lo largo del proceso lograron transitar hacia un dominio más integrado de TPACK. En particular, una de las profesoras incorporó laboratorios basados en microcomputadoras y simulaciones para abordar propiedades abstractas de las ondas sonoras, evidenciando la articulación entre PCK, TPK y TCK.

Este antecedente subraya que el aprendizaje basado en casos es eficaz para favorecer la reflexión y consolidación del TPACK, además de resaltar que cada docente evoluciona

según su contexto y conocimientos iniciales, confirmando que TPACK no es la simple suma de saberes (CT+CP+CC), sino una integración efectiva (Godoy, 2020).

Por su parte, Widowati (2019) plantea un marco innovador que articula TPACK con la Naturaleza de la Ciencia (NOS), argumentando que el predominio del PCK de Shulman en la formación docente en Indonesia resulta insuficiente para preparar a los profesores en la integración tecnológica propia del siglo XXI (Lawless y Pellegrino, 2007). El autor enfatiza que la alfabetización tecnológica es parte esencial de las competencias actuales, junto con la adaptación de la enseñanza a las necesidades de los estudiantes y las denominadas “habilidades del siglo XXI”. En este sentido, el modelo TPACK con NOS busca ampliar la formación docente incorporando principios epistemológicos de la ciencia. Tanto NGSS Lead States (2013) como Lederman (2013) proponen dimensiones de la NOS (empirismo, creatividad, subjetividad, influencia sociocultural, carácter tentativo del conocimiento, entre otros) que fortalecen la enseñanza reflexiva. Widowati (2019) retoma estas perspectivas y, apoyándose también en estudios como Bell et al. (2011) y Lederman et al. (2002), sostiene que la enseñanza explícita de la NOS favorece una mejor comprensión científica en los futuros profesores. Así, su propuesta de integrar NOS al TPACK configura un modelo de formación docente que potencia no solo el conocimiento del contenido y su pedagogía, sino también la comprensión epistemológica de la ciencia.

En conjunto, estos antecedentes permiten concluir que la formación docente sustentada en TPACK requiere procesos metodológicos reflexivos, como el estudio de caso (Srisawasdi, 2012) o la incorporación de marcos complementarios como la NOS (Widowati, 2019), que promuevan tanto la integración de saberes como la construcción crítica del conocimiento científico. Para la presente investigación, estos aportes son valiosos porque: i) confirman la pertinencia de utilizar el TPACK como marco de análisis y formación; ii) orientan hacia estrategias metodológicas basadas en la reflexión y el diseño de casos; iii) evidencian la necesidad de contextualizar la enseñanza de la Física con apoyo de tecnologías y marcos epistemológicos. De este modo, se refuerza la idea de que el TPACK es una herramienta clave no solo para describir, sino también para transformar las prácticas de los docentes de Física en torno a contenidos complejos como el sonido.

1.3.4. Antecedentes relacionados con la enseñanza, aprendizaje y evaluación del sonido

La enseñanza del sonido conecta con situaciones cotidianas, incluso vividas por los estudiantes, sin embargo, muchas veces en el aula se dejan de lado los pensamientos y confrontaciones de los científicos y se reduce a presentar una única imagen de ciencia. Subyacen varias dificultades al proceso de enseñanza del sonido: los contenidos que se presentan en la escuela resultan ser lineales; los libros de textos no tienen en cuenta los contextos, la actividad experimental es subordinada a la teoría, los conceptos se presentan de forma abstracta, las herramientas tecnológicas se usan comúnmente para reemplazar herramientas tradicionales como tablero y papel, pero no dinamizan los conceptos que se forman alrededor de sonido.

Se hace necesario entonces reconocer dentro de los antecedentes cuales son las formas en que se aborda la enseñanza del sonido en las aulas, cuáles son las propuestas de investigación que se han generado alrededor de ello y como el conocimiento del docente juega un papel importante en la construcción del conocimiento del estudiante.

Arévalo (2019) orienta su investigación a partir de tres preguntas: cómo evidenciar experimentalmente la refracción del sonido, qué actividades permiten caracterizarlo en el aula y cómo interpretan los estudiantes dicho fenómeno. Para responderlas, diseñó un montaje experimental que muestra la variación de la velocidad del sonido con la temperatura y propuso una secuencia de actividades implementadas en clase, cuyos datos fueron analizados para evaluar la comprensión de los estudiantes.

Los resultados evidencian que estas actividades experimentales fortalecen la apropiación de los conceptos. La investigación confirma así, la relevancia de la práctica experimental en la enseñanza del sonido.

Este antecedente resulta significativo para la tesis, pues revela una falencia persistente, la práctica experimental suele subordinarse a la teoría. En consecuencia, se plantea la necesidad de resignificarla como estrategia central de enseñanza, aprendizaje y evaluación.

En la investigación de Caleon y Subramaniam (2007) se plantea que la literatura sobre la historia de las ideas del sonido es muy escasa, a diferencia de otros conceptos como el movimiento. Su metodología consistió en analizar las concepciones de los científicos hasta el siglo XVI, desde Pitágoras hasta Sauveur, en torno a la naturaleza del sonido. La historia del

sonido, al igual que la de cualquier otra idea científica, es una historia de imaginación, errores y correcciones, que muestra la importancia de la crítica sistemática en la construcción del conocimiento. Esta perspectiva permite dar cuerpo a conceptos generalmente abstractos de la física y se convierte en una ventana para analizar la naturaleza de la ciencia. Este antecedente resulta relevante para la presente investigación, pues brinda un punto de partida para contrastar las ideas originales con las que presentan los textos escolares actuales.

En la investigación de Rico et al. (2021), se realiza una revisión de literatura en búsqueda de las dificultades de aprendizaje del modelo del sonido en torno a tres ideas: naturaleza del sonido y sus propiedades, propagación del sonido y modelo de onda.

En este sentido plantean dar respuesta a la pregunta ¿Qué resultados muestra la investigación en enseñanza de las ciencias sobre las dificultades de los estudiantes de Educación Primaria, Secundaria y primeros cursos de universidad en el aprendizaje del modelo científico del sonido? A partir de este análisis de dificultades a lo largo de la enseñanza, ¿es posible identificar una progresión de aprendizaje sobre el concepto de sonido?

Metodológicamente la revisión sistemática de la literatura sigue cuatro fases: 1) definir los criterios para la búsqueda, 2) caracterizar los artículos que fundamentan la revisión, 3) dar una visión general sobre los artículos y 4) mostrar aspectos específicos de algunos estudios (Hadenfeldt et al., 2014).

Dentro de los resultados de investigación destacan que los estudiantes de niveles educativos de primaria, secundaria y universitaria presentan dificultades para relacionar el origen del sonido con la vibración de un objeto y la necesidad de un medio elástico para propagarse. Los estudios revisados en este artículo evidencian también la confusión entre las propiedades del sonido y las magnitudes del modelo de onda (Merino, 1998; Sozen y Bolat, 2016; Vallejo et al., 2017). En consecuencia, la literatura resalta la importancia de una enseñanza que explicita las propiedades del sonido y su relación con el fenómeno vibratorio antes de entrar a relacionar estas propiedades con las magnitudes de onda (Linder, 1977; P. Palacios, 1997; Podolefsky y Finkelstein, 2007; Sozen y Bolat, 2016).

En cuanto a la segunda idea descrita por los autores, la propagación del sonido, las concepciones materialistas de los estudiantes atribuidos al sonido los lleva a generar explicaciones incorrectas, incluso en EU, cuando el modelo de onda se ha incorporado en sus concepciones y están dotados de un aparato matemático para resolver ecuaciones de onda (Hrepic et al., 2010; Linder, 1992).

La literatura también muestra una serie de confusiones respecto a qué factores afectan a la velocidad de propagación, como la fuente vibratoria (Viennot, 2002), o la densidad de los materiales sin tener en cuenta su elasticidad o el empaquetamiento de las partículas (Hernández et al., 2012).

En cuanto a la comprensión del modelo de onda para representar el sonido, la mayoría de las investigaciones corresponden a educación secundaria y universitaria. Estas investigaciones evidencian que no hay una clara conexión entre los fenómenos sonoros y el modelo de onda, que exige una alta abstracción matemática (Merino, 1998). En sus investigaciones (Linder, 1992), indica incluso que la mayoría de graduados de física no utilizan correctamente el modelo de onda sinusoidal para explicar fenómenos sonoros. En formación de profesorado, la literatura demuestra que “este alumnado no es capaz de establecer relaciones entre las propiedades intrínsecas del sonido y las magnitudes de onda” (Bolat y Sözen, 2009)).

Dentro de las conclusiones de este artículo de revisión es que a pesar de que las investigaciones muestran un mayor aprendizaje conforme se avanza en las etapas educativas, la progresión es escasa y la mayoría de los estudiantes sigue teniendo dificultades en aprender un modelo científico sobre la naturaleza del sonido, su propagación y más aún el modelo de onda. Los resultados quedan lejos de las expectativas de aprendizaje señaladas en los currículos y no parece que haya una progresión significativa del aprendizaje. Estos resultados tal como afirman los autores nos alertan sobre la forma de enseñanza tradicional del sonido y sus aplicaciones. Es por eso que este antecedente brinda un apoyo a la investigación a desarrollar en el presente proyecto de tesis doctoral evidenciando la necesidad de fortalecer los procesos de enseñanza del sonido permitiendo la comprensión de un modelo científico en los diferentes niveles educativos.

En general el análisis de los antecedentes muestra dificultades persistentes en la enseñanza del sonido: contenidos lineales y descontextualizados, uso abstracto en textos escolares, escasa articulación teoría-práctica y actividad experimental subordinada. Los estudiantes de distintos niveles no logran relacionar el sonido con la vibración y el medio elástico, confunden propiedades con magnitudes del modelo de onda y presentan concepciones erróneas reforzadas por lenguaje ambiguo (Hrepic et al., 2010) o analogías inadecuadas (Linder, 1992). Además, la fragmentación entre conocimiento disciplinar, pedagógico y tecnológico en la formación docente genera explicaciones erróneas. De ahí la

necesidad de explicitar la relación entre vibración, propiedades del sonido y magnitudes de onda.

1.4. Identificación del problema de investigación

Dentro de la comunidad de educadores profesores de ciencias tal como lo manifiesta Zambrano et al. (2013) “existe el consenso de que la calidad de los procesos educativos en la escuela, dependen del desarrollo profesional del profesorado” (p.99). Esta situación evidencia que los aprendizajes de los estudiantes están directamente relacionados con el qué y el cómo los profesores enseñan. A la vez el qué y cómo los profesores enseñan se encuentra ligado al conocimiento del profesorado, los procesos de formación inicial y continua.

La revisión de literatura pone en evidencia los problemas que subyacen en la formación del docente, sobre esto García (2018) afirma que existen problemas conceptuales sobre la física que los docentes aprendieron y que ahora enseñan la educación básica y media, incluso desconocen muchos de los aspectos históricos y epistemológicos que la caracterizan, desconocen el papel experimental de la física que enseñan y además poco asocian el conocimiento adquirido con situaciones cotidianas o de su entorno social.

Los problemas que subyacen a la formación de profesores, las bases del conocimiento y del desarrollo profesional del docente han sido estudiados por varios autores, Shulman (1987) desarrolla un constructo el cual pretende dar solución a la fragmentación del conocimiento docente, donde se habla que el docente no solo tiene un conocimiento pedagógico y un conocimiento disciplinar, sino que existe un conocimiento representado en una intersección de ambos, donde el docente hace uso de su conocimiento pedagógico para hacer que un contenido disciplinar sea comprensible para los estudiantes. Sin embargo, tal como lo manifiesta Shulman (2015) el constructo presenta unas limitaciones.

La idea original del PCK carecía de emoción, de afecto, de sentimientos y motivación, es decir, fue concebido dejando de lado la dimensión no cognitiva. Inicialmente el PCK no prestó atención suficiente al carácter moral de la enseñanza. En palabras del propio Shulman (2015):

Estaba tan decidido en combatir el paradigma del contenido que faltaba, que no presté atención al afecto y la motivación, ni al juicio moral y al razonamiento en la enseñanza. Esta es una pieza tan importante que falta. Los aspectos afectivos de la comprensión y acción docente son importantes, porque mucho de lo que ellos saben y hacen está relacionado con sus propios estados afectivos y motivación, así como con

su capacidad de influir en los sentimientos, motivos, persistencia y formación de identidad de sus estudiantes. (p.33)

El constructo elaborado por Shulman (2015) deja de lado entonces la cultura pedagógica y del contexto. Otra limitación se enmarca en que en el momento en que Shulman presentó su constructo, la tecnología no presentaba en la educación los problemas que hoy se subyacen a ella. Mishra y Koehler (2006) hacen referencia que, aunque Shulman no discute la tecnología y su relación con la pedagogía y el contenido no es precisamente porque no se haya considerado ese tema como irrelevante, las tecnologías en ese entonces utilizadas en el aula se habían vuelto transparentes.

Situaciones como la “enseñanza remota de emergencia” se ha convertido en un fenómeno mundial debido al COVID-19 evidencia la necesidad de ser competentes tecnológicamente, y estas habilidades aplicarlas a nuestro ejercicio docente, a pesar de vivir en un mundo donde la tecnología avanza a pasos agigantados y de conocer las herramientas tecnológicas esto no significa que se tenga la habilidad de incorporarlas adecuadamente a los procesos de enseñanza, aprendizaje y evaluación en el aula, autores como Maderick et al., (2016) recalcan la importancia de las competencias digitales en los docentes entendidas como las habilidades que el docente posee para hacer uso de la tecnología más allá de la sola idea de conocerlas resalta que el reconocer las tecnologías y el haber nacido en una era digital no garantiza que los futuros profesores puedan hacer un uso correcto de ella.

A nivel internacional existen relevantes investigaciones sobre la importancia crítica y en evolución de la integración de la tecnología digital en la enseñanza y la formación del profesorado. Varios estudios han abordado la importancia de integrar la tecnología digital en los programas de formación del profesorado (Angeli y Valanides, 2009; Koehler y Mishra, 2009; Mishra y Koehler, 2006). El conocimiento adecuado de las habilidades tecnológicas prácticas y las aplicaciones teóricas son, de hecho, un requisito para integrar la tecnología educativa en el aula de calidad del siglo XXI.

Dinamarca ha llegado al punto de haber iniciado requisitos para que los profesores en formación aprueben un examen de calificación de licencia que verifique su competencia digital para garantizar el uso de la tecnología de la información y las comunicaciones (TIC) de calidad (Pedersen, 2003).

A nivel nacional de igual forma investigadores en educación en Ciencias han indagado en los conocimientos que debe tener el docente y como son articulados con el conocimiento tecnológico para comunicar contenidos a sus estudiantes, que estos sean

comprensibles y con significado (Candela, 2018; Candela y Viafara, 2014; García et al., 2014; Godoy, 2019).

Según la revisión bibliográfica parece haber cierto potencial para el uso de la tecnología en términos de mejora de los procesos educativos. Sin embargo, tal como afirma Seufert et al., (2021) la efectividad y eficiencia de la tecnología depende de la forma en que se utilice, siendo fundamental el papel de formación y conocimiento docente en la integración de la tecnología en la educación, en este sentido, Dillenbourg (2013) acuñó el término *orchestration* para indicar que los profesores deben gestionar múltiples actividades teniendo en cuenta múltiples limitaciones. Deben decidir en qué contexto usan o no una tecnología específica.

Se reconoce entonces dentro de los marcos que son utilizados como base de la formación de profesores el conocimiento tecnológico del contenido, conocido como TPACK. Con respecto al TPACK Niess (2005) expresa a que se refiere la integración de los desarrollos de los conocimientos de la materia con el desarrollo de la tecnología y de conocimientos de enseñanza y aprendizaje. Además de buscar cada uno de los componentes por separado, también se deben considerar cada una de sus interacciones: “conocimiento pedagógico del contenido (PCK), conocimiento del contenido tecnológico (TCK), conocimiento pedagógico tecnológico (TPK), y los tres en su conjunto como conocimiento tecnológico pedagógico del contenido (TPACK)” (Mishra y Koehler. 2006, p. 34).

El TPACK como lo manifiesta Terpstra (2015), permite a los docentes utilizar tecnologías particulares para abordar problemas específicos que los estudiantes encuentran cuando aprenden un cierto contenido; en la enseñanza de la Física hay contenidos que presentan serias dificultades en el proceso de enseñanza-aprendizaje debido a su naturaleza abstracta, tal es el caso de la naturaleza del sonido.

Como lo afirma Rossing (2013) los fenómenos acústicos están estrechamente relacionados con nuestra vida cotidiana y por ello, la comprensión del modelo científico del sonido (MCS) forma parte de los currículos de ciencias desde primaria hasta la universidad, sin embargo, subyacen varias dificultades al proceso de enseñanza, aprendizaje y evaluación del sonido: los contenidos que se presentan en la escuela resultan ser lineales premeditados al cumplimiento de las políticas educativas; los libros de textos no tiene en cuenta los contextos y los conceptos se presentan de forma abstracta; otra dificultad radica en que la transición de la comprensión del MCS, desde un punto de vista fenomenológico e interpretativo, a la comprensión, como un fenómeno ondulatorio, no parece ser trivial, ya que el alumnado de

todas las etapas parece presentar dificultades para describir y conceptualizar el sonido (Eshach et al., 2016). Si uno de los objetivos de la educación científica es promover el aprendizaje de los estudiantes sobre su propio mundo y sobre el "conocimiento útil" (Eshach, 2014), entonces el tema del sonido debería ser un componente esencial de los planes de estudio de ciencias.

En acuerdo con Duit (2006) es importante reconocer que “la enseñanza de las ciencias es una disciplina verdaderamente interdisciplinaria” (p.742). Donde el docente debe tener la capacidad de integrar la Ciencia, la historia de la Ciencia, la filosofía de la Ciencia, la pedagogía, la psicología y otras disciplinas como la lingüística, la antropología, la sociología, a la hora de enseñar ciencia, en este sentido una enseñanza apropiada del sonido será aquella en la cual el docente identifique las principales ideas que considere que el estudiante debe aprender de sonido teniendo en cuenta el contexto, reconocer la riqueza fenomenológica del sonido, los problemas que se asocian al fenómeno; por ejemplo la contaminación acústica, la dificultad auditiva en algunas personas, la relación sonido, audición y salud, los fundamentos de las aplicaciones tecnológicas como los aislantes acústicos, auriculares, sonómetros, entre otros.

Desde la experiencia docente de la investigadora es posible revelar una problemática en la enseñanza de los conceptos asociados al sonido que se desprenden de las falencias de la integración de los conocimientos del profesorado para comunicar una temática a los estudiantes, de su formación, la falta de actualización y el escaso manejo de herramientas tecnológicas, lo cual ha permitido a los docentes reflexionar alrededor de 4 preguntas fundamentales que enmarcan la enseñanza de las Ciencias ¿Qué enseñar?, ¿Para qué enseñar?, ¿Por qué enseñar?, ¿Cómo enseñar?; la respuesta a estas preguntas pareciese que en las Instituciones educativas de educación secundaria y media están dadas por los contenidos escolares enmarcados dentro del currículo, los estándares básicos de competencia y los derechos básicos de aprendizaje que desde el ministerio de educación nacional se orienta a las escuelas, sin embargo; tal como lo afirma García (2011) el docente debe tener una posición crítica acerca de los contenidos que enseña.

En la enseñanza de la física existen varias investigaciones en torno a la interacción de los conocimientos del docente, Reyes y Romero (2011) centran su investigación en el conocimiento didáctico del contenido del profesor de física experimentado en la enseñanza del movimiento ondulatorio, constructo que se ha venido desarrollando en la cultura Española y que se ha retomado en países latinoamericanos, sin embargo, aunque estudios como este

son de gran relevancia en relación con el conocimiento del docente no abordan las dimensiones del TPACK. Por otro lado, en Colombia son escasos los estudios de TPACK de profesores de física en nivel secundaria.

Un proceso de formación docente a través del marco del TPACK permitirá integrar elementos al proceso de enseñanza que posibiliten en el estudiante la construcción de un pensamiento científico que se desarrolla desde la observación e interacción con situaciones del contexto; como lo manifiesta Castiblanco y Vizcaino, (2008) los fenómenos naturales “hacen que la capacidad de abstracción y raciocinio se ponga en juego por parte del estudiante llegando a campos del conocimiento que exigen interacción con el objeto de estudio”(p.22). La incorporación de la tecnología al proceso de enseñanza y aprendizaje permitirá desarrollar esa capacidad de abstracción y la construcción de un conocimiento dando explicaciones científicas a fenómenos de la naturaleza.

De acuerdo con Melo, et al. (2015) la enseñanza del sonido a estudiantes de secundaria debe enmarcar propuestas y mecanismos que acerquen a los estudiantes al modelo diferencial presente para el sonido como onda, desde el cual el tono, timbre, intensidad, los armónicos y la armonía entre otros elementos pueden ser explicados. Los estudiantes se encuentran familiarizados con el sonido todo el tiempo, instrumentos musicales, un reproductor de música, la propia voz, entre otros.

Viennot (2002) resalta la importancia de enseñar la propagación de señales en la secundaria, subrayando que los estudiantes deben aprender a identificar la fuente, el medio por el que se transmite y la posible presencia de factores como el rozamiento que puedan disipar energía. También es clave que logren asociar el fenómeno con sus magnitudes características, comprendiendo de qué dependen y de qué no. En particular, deben entender que la velocidad de propagación depende únicamente del medio y de sus propiedades físicas, y no de la amplitud ni de la forma de la señal. Dentro de las dificultades del proceso de enseñanza aprendizaje se encuentra la desarticulación de teoría y práctica, la transmisión de simples definiciones, la carga de contenidos dentro de las Instituciones educativas debido al currículo.

De por sí el estudio del movimiento ondulatorio no es fácil para los estudiantes como lo manifiesta Vera (2012)

Esto debido a que se requiere del estudio de variables espaciales y temporales en un mismo evento, al que no están acostumbrados ya que en la escuela se brinda un

aprendizaje de tipo puntual, es decir de conceptos aparentemente independientes. (p. 2)

Elizondo (2013) plantea que algunas de las dificultades en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física se encuentran en identificar los datos relevantes del problema, comprender los significados de los datos, dificultades para contextualizar los conceptos de la física y transcribir al lenguaje matemático los datos del problema, los problemas de aprendizaje del estudiante están ligados entre otros aspectos a cómo el docente enseña, y este ejercicio de enseñar está directamente relacionado con el conocimiento del docente y su formación.

La incorporación de la tecnología al proceso de enseñanza y aprendizaje permitirá desarrollar esa capacidad de abstracción y la construcción de un conocimiento dando explicaciones científicas a fenómenos de la naturaleza.

1.5 Formulación de la pregunta de investigación

La revisión de antecedentes muestra que la formación inicial de profesores de Física sigue siendo tradicional y fragmentada (Almeida y García, 2022), con un claro desbalance entre el dominio disciplinar y un bajo conocimiento tecnológico (Sabino, 2020). En este escenario, el marco TPACK (Mishra y Koehler, 2006) se consolida como referente para comprender la integración de contenidos, pedagogía y tecnología en la enseñanza de las ciencias.

El tránsito del PCK al TPACK no ocurre de forma espontánea: exige reflexión docente y el uso de instrumentos como la Representación del Contenido (ReCo), los PaP-eRs y metodologías como el Análisis Textual Discursivo (ATD), que ayudan a explicitar y cuestionar las prácticas. No obstante, en Colombia los estudios sobre TPACK en Física son escasos, lo que deja vacíos en la comprensión de cómo se construye este conocimiento en docentes en formación y en ejercicio.

Respecto al sonido, los antecedentes evidencian problemas persistentes: limitado uso de la historia de la ciencia, escasa valoración de la actividad experimental, dependencia de libros de texto, débil articulación de recursos tecnológicos, confusiones entre propiedades del sonido y magnitudes del modelo de onda, y poca vinculación con situaciones cotidianas.

Ante este panorama surge la pregunta de investigación: ¿Cómo realizar un proceso de formación docente que permita integrar el conocimiento pedagógico, tecnológico y de

contenido en la enseñanza, aprendizaje y evaluación del sonido en profesores de Física en ejercicio de grado octavo?

2. Marco conceptual de la línea de investigación

En este capítulo se presentan los fundamentos teóricos los cuales servirán de cimientos para dar respuesta a la pregunta de investigación anteriormente planteada, consideramos para la elaboración de un proceso de formación docente que permita la integración y el desarrollo del conocimiento pedagógico, tecnológico y de contenido el marco del TPACK es necesario considerar lo planteado por Mishra y Koehler (2006), desde una perspectiva integradora/transformadora, donde se considera que la influencia del conocimiento del contenido, conocimiento pedagógico y conocimiento tecnológico está totalmente mediada por sus intersecciones: Conocimiento Tecnológico Pedagógico (TPK), Conocimiento Tecnológico del Contenido (TCK) y Conocimiento Pedagógico del Contenido (PCK).

Se retoma el PCK como un elemento importante dentro del marco conceptual, puesto que es este quien da origen al TPACK, siendo considerado el TPACK como una ampliación del PCK más tecnología. Dada la influencia de la tecnología en el entorno social y por consiguiente en el proceso educativo, los investigadores enfocaron su mirada en mejorar o ampliar el PCK de Shulman para abordar el conocimiento necesario para enseñar con tecnología. Es importante resaltar que esto se estipula en acuerdo con autores como Koehler et al., (2014) y Villa (2022); el desarrollo del TPACK puede generarse desde diferentes modelos de conocimiento dependiendo de la identificación del conocimiento previo, puede ser por ejemplo que un maestro trascienda desde un PCK a un TPACK más elaborado tras un proceso de formación docente.

Por otro lado, dentro de los contenidos que merecen ser examinados en el proceso de enseñanza-aprendizaje-evaluación, es el sonido, ya que está presente en las directrices curriculares desde los primeros niveles de escolaridad, involucrando bases fundamentales para el aprendizaje de conceptos físicos complejos, además numerosos estudios revelan la persistencia de concepciones erróneas en los estudiantes y docentes, es así que dentro de este capítulo se dedica un apartado para analizar lo que hemos denominado el conocimiento construido alrededor del sonido, donde se tiene en cuenta las formas pedagógicas, tecnológicas y disciplinares que se han ido consolidando alrededor del sonido, desde su historia y epistemología, sus formas de enseñanza, cómo es presentado en los libros de texto, el papel de la tecnología y cómo el profesor asume un rol respecto del uso de esta tecnología.

A continuación, al tratarse de una formación docente motivada desde la reflexión se presenta en este marco de referencia, la orientación reflexiva propuesta por Abell y Bryan (1997), la cual permite una sistematización del proceso reflexivo con una perspectiva hacia el desarrollo del conocimiento.

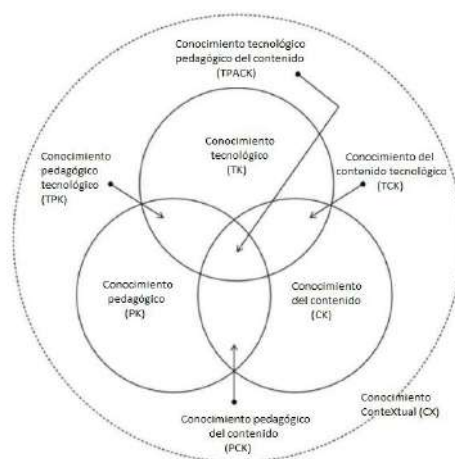
2.1 Conocimiento Tecnológico Pedagógico del Contenido (TPACK)

La investigación en torno a la conceptualización de TPCK o TPACK se ha basado principalmente en el trabajo fundamental de Shulman (1987; 1986) sobre el conocimiento pedagógico del contenido (PCK). Como lo manifiesta Angeli y Valanides (2015) los investigadores de TPCK/TPACK trabajaron para mejorar o ampliar el PCK de Shulman para abordar el conocimiento necesario para enseñar con tecnología. Los primeros trabajos datan del año 2001 cuando Pierson (2001) sugirió agregar conocimiento tecnológico (T) al modelo existente de PCK para definir mejor la integración de tecnología en la labor docente, de aquí en adelante diversos autores han trabajado buscando establecer la integración del conocimiento de las tecnologías al proceso de enseñanza (Angeli y Valanides, 2009; Chang et al., 2015; García et al., 2014; Graham, 2011; Haley y Bishop, 2015; Ilmi et al., 2020; Iswadi et al., 2020; Maneira y Gomes, 2016; Margerum y Marx, 2002; Mishra y Warr, 2021; Rahman, et al., 2017; Sabino, 2020; Saubern et al., 2020; Srisawasdi, 2012; Widowati, 2019).

Angeli y Valanides (2005) propusieron PCK relacionado con las TIC (ICT-TPCK), un marco que relaciona PCK con las TIC como un cuerpo único de conocimientos definidos en términos de la interacción de cinco bases de conocimiento diferentes: conocimiento del contenido, conocimiento pedagógico, conocimiento del alumno, conocimiento del contexto y conocimiento en TIC. Paralelamente Koehler y Mishra (2005) introdujeron su marco de trabajo de TPCK el cual, en 2006, cambió a TPACK, que se propuso como un término que se podía pronunciar y recordar más fácilmente.

En general el marco teórico del TPACK se ha utilizado para describir una gama completa de conocimientos de los docentes sobre la instrucción con tecnología. El TPACK propuesto por Mishra y Koehler (2006) describe una conexión integrada entre el conocimiento del contenido, el conocimiento pedagógico y el conocimiento tecnológico con el fin de ayudar a la integración de las herramientas TIC en el aula y las prácticas escolares, y se representa comúnmente con un diagrama de Venn con tres círculos superpuestos del conocimiento (ver Figura 1).

Figura 1 Marco TPACK



Nota: Koehler y Mishra (2008) y Mishra (2019)

El diagrama TPACK incluye tres categorías centrales de conocimiento, incluido el conocimiento sobre los procesos y prácticas o métodos de enseñanza y aprendizaje llamado conocimiento pedagógico (PK), el conocimiento sobre la materia que se va a aprender, enseñar y evaluar llamado conocimiento del contenido (TK), y el conocimiento sobre tecnologías que incluye las habilidades necesarias para operar tecnologías particulares llamada conocimiento tecnológico (TK). El marco de Mishra y Koehler (2006) también propone que la combinación de estos tres tipos centrales de conocimiento da como resultado cuatro tipos adicionales de conocimiento, incluido el conocimiento sobre la práctica pedagógica particular del docente que se ajusta apropiadamente a la naturaleza del contenido de una materia específica llamado conocimiento pedagógico del contenido (PCK), el conocimiento sobre la existencia, componentes y capacidades de tecnologías tanto como la tecnología blanda y las tecnologías de la información y comunicación que podrían usarse apropiadamente para apoyar particularmente en los procesos, prácticas y métodos de enseñanza, aprendizaje y evaluación llamado conocimiento pedagógico tecnológico (TPK).

El conocimiento sobre la manera como el conocimiento del contenido podría ser manipulado para obtener representaciones apropiadas mediante la aplicación de tecnologías, llamado conocimiento tecnológico del contenido (TCK), y el conocimiento sobre la manera en que la relación entre el conocimiento sobre el contenido (C), la pedagogía (P) y la tecnología (T) se dinamiza con el fin de desarrollar estrategias y representaciones apropiadas y específicas del contexto para un mejor aprendizaje del conocimiento del contenido llamado conocimiento tecnológico pedagógico del contenido (TPACK).

El trabajo posterior de Koehler y Mishra (2008) agregó el contexto al marco del TPACK, sin embargo, durante mucho tiempo no ha quedado claro cómo se entiende el contexto, si como los factores externos que influyen en el conocimiento de los docentes o como un dominio del conocimiento en sí, es así que Mishra (2019) enfatizó explícitamente en este punto actualizando contexto a conocimiento contextual (CX), de esta manera hacer referencia a TPACK es hablar de una enseñanza situada del conocimiento, reconociendo que la integración eficaz de la tecnología requiere que los maestros comprendan las complejas relaciones entre el contenido, la pedagogía, la tecnología y el conocimiento del contexto, es decir el conocimiento contextual de los estudiantes, la escuela, la infraestructura, el medio ambiente, las políticas escolares, entre otros.

Desde 2009 en adelante, ha habido una interesante discusión en la literatura sobre la naturaleza del conocimiento tecnológico pedagógico del contenido. En esencia, dos posturas epistemológicas diferentes sobre el constructo de TPACK dominaron el discurso, la visión integradora y la visión transformadora. La visión integradora se refleja en el marco TPACK propuesto por Koehler y Mishra (2008), y conceptualiza el conocimiento tecnológico pedagógico de contenido como un cuerpo integrador de conocimiento definido por sus subcomponentes ya que estos se forman como consecuencia de las intersecciones entre pedagogía y contenido (PCK), tecnología y contenido (TCK) y tecnología y pedagogía (TPK). La visión transformadora es sugerida por el marco ICT-TPCK de Angeli y Valanides (2005), y conceptualiza TPCK como un cuerpo de conocimiento único y distinto. En el modelo transformador, el contenido, la pedagogía, los alumnos, la tecnología y el contexto se consideran contribuyentes significativos al desarrollo de TPCK.

Un punto controversial dentro del estudio del TPACK ha sido si es metodológicamente plausible identificar y medir instancias de subcomponentes de TPACK, como, por ejemplo, conocimiento pedagógico tecnológico TPK y conocimiento del contenido tecnológico TCK. Mientras estudios como los realizados por Angeli y Valanides (2009) concluyeron que es difícil diferenciar entre los diferentes subcomponentes de TPACK, debido a la ambigüedad en los términos de los componentes y a la falta de límites entre los diferentes subcomponentes; por otro lado existe un considerable cuerpo de investigación en la literatura que adoptó el marco TPACK propuesto por Koehler y Mishra (2009) y buscó encontrar formas metodológicamente sólidas para medir TPACK en términos de sus subcomponentes (Harris y Hofer, 2011; Schmidt et al., 2009 y Villa, 2022).

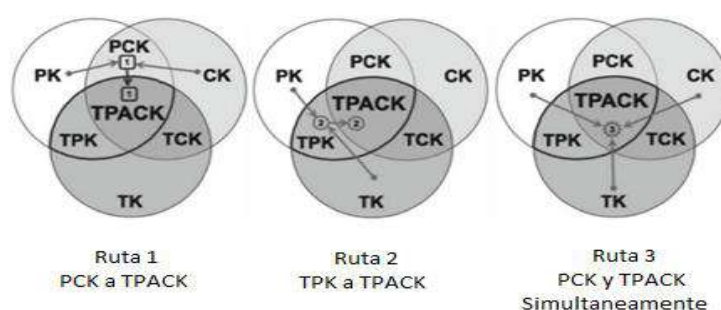
La investigación actual de TPACK sobre su conceptualización teórica incluye esfuerzos que buscan enriquecer y profundizar los modelos teóricos de TPACK existentes para abordar mejor la complejidad de la integración de tecnología (Benton, 2013; Jang y Chen, 2010; Kramarski y Michalsky, 2015; Porras y Salinas, 2013; Yeh et al., 2014). Paralelamente, los investigadores también han realizado intensos esfuerzos de investigación sobre el desarrollo y la evaluación de TPACK (Angeli, 2013; Benson y Ward, 2013; Ioannou y Angeli, 2013; Jimoyiannis, 2010; Mouza y Karchmer, 2013)

Es relevante resaltar que TPACK es una forma emergente de conocimiento que va más allá del conocimiento del contenido, la pedagogía y la tecnología tomados individualmente, sino que más bien existen en un entorno dinámico e integrador.

En este estudio teniendo en cuenta el análisis realizado por autores como Koehler et al., (2014) y Villa, (2022), el desarrollo del TPACK puede suceder desde diferentes estados de conocimiento, por ejemplo un docente puede desarrollar su TPACK desde su PCK, cuando se trata de un maestro que logra integrar adecuadamente la pedagogía a un contenido específico sin embargo, no conoce y no integra herramientas tecnológicas que le permitan mejorar la enseñanza del contenidos y las formas pedagógicas, por lo tanto si este maestro es instruido en una correcta integración de tecnología a su PCK inicial, estaría desarrollando su TPACK a partir de PCK.

En este sentido Koehler et al. (2014), plantea tres rutas (Ver figura 2) para desarrollar el TPACK: De PCK a TPACK; de TPK a TPACK, por último, la tercera alternativa es desarrollar PCK y TPACK simultáneamente.

Figura 2 Rutas para desarrollar TPACK



Nota: Koehler et al. (2014)

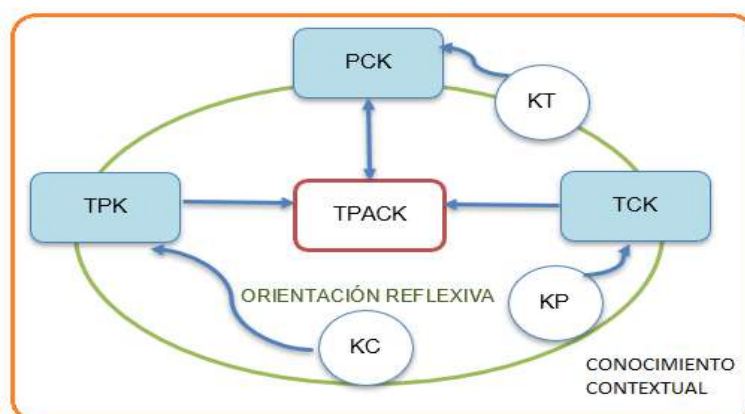
Hacer referencia al desarrollo del TPACK desde el TPK es hablar de un profesor en formación que aún no ha tomado cursos de métodos de contenido específico, sin embargo, ha tomado cursos de integración de tecnología (Koehler et al., 2014), un ejemplo claro en

nuestro contexto Colombiano es cuando desde el ministerio de las TIC ofrecen cursos de incorporación de TIC para la enseñanza, sin embargo no se aborda los métodos de un contenido específico, en acuerdo con Koehler et al. (2014), los cursos de integración de tecnología tienden a centrarse en cómo la tecnología puede apoyar la productividad docente y las estrategias pedagógicas generales, no de forma específica hacia un contenido, es por eso que un profesor que asistió a un curso de instrucción tecnológica no conoce estrategias pedagógicas específicas para la enseñanza de la Ciencia, por lo tanto tendría un TPK, al incluir a ese conocimiento previo que tiene este docente formas apropiadas de abordar un contenido científico se estaría guiando su conocimiento desde un TPK hacia un TPACK.

Por último, para Koehler et al. (2014) existe una ruta de desarrollo simultaneo de PCK y TPACK, esto puede darse cuando un docente en formación recibe el curso de contenido integrado con el uso de tecnologías y formas pedagógicas que permitirían que ese contenido sea enseñado de forma eficaz para el aprendizaje de los estudiantes.

El marco conceptual desarrollado, permite visualizar la importancia de la orientación reflexiva formulada por Abell y Bryan (1997), sobre la cual se guiará la elaboración del proceso de formación que pretende integrar y desarrollar el conocimiento tecnológico pedagógico del contenido del profesor de Física en ejercicio para la enseñanza del sonido, es entonces que este marco permite entender que se sustentará en una reflexión sistemática lo que a su vez contribuirá en el desarrollo del TPACK, teniendo en cuenta los diferentes estados iniciales de los docentes participantes como estudios de caso, lo cual se representa en la figura 3.

Figura 3 Desarrollo del TPACK dinamizado por el proceso de orientación reflexiva



Nota: Elaboración propia

La elección del sonido como contenido específico no es casual, pues responde a las múltiples dificultades señaladas en la enseñanza de este fenómeno: la poca atención que suele darse a la actividad experimental, la fragmentación entre lo disciplinar, lo pedagógico y lo tecnológico, así como la confusión constante frente al modelo de onda y sus propiedades (Rico et al., 2021; Hrepic et al., 2010; Linder, 1992). Estos vacíos evidencian que el sonido constituye un campo propicio para analizar cómo los docentes en ejercicio integran sus saberes cuando se enfrentan a un tema que demanda, al mismo tiempo, abstracción conceptual y el uso de recursos pedagógicos y tecnológicos que hagan posible su comprensión.

2.2. El conocimiento construido alrededor del sonido

2.2.1 Generalidades del Sonido

El sonido es una pequeña alteración de la presión atmosférica producida por la oscilación de las partículas a través de las cuales se transmite longitudinalmente la onda Sonora (Jaramillo, 2007), este fenómeno puede producir una sensación auditiva; cuando se habla del sonido usualmente se piensa en este estímulo que ocurre en nuestros oídos, sin embargo; cuando un árbol cae en un bosque desierto sin un oyente cerca ¿existe un sonido? Así mismo cuando se siente escuchar un sonido que en realidad ha sido generado dentro de nuestro aparato auditivo y no era el mundo externo, ¿existe un sonido? En ambos casos la respuesta correcta sería si existe un sonido.

La definición más completa del término sonido debe considerar tanto el fenómeno físico como el fenómeno físico acústico, para diferenciar ambos se diría que en el primer caso existió únicamente un evento sonoro y en el segundo caso únicamente un evento auditivo. Generalmente existen en ambos la onda mecánica que se propaga por un medio elástico y denso a través de sus partículas y la sensación auditiva que está produce.

Para obtener sonido es necesario que el cuerpo material Sólido y líquido gaseoso realiza un determinado tipo de movimiento denominado vibratorio dicho movimiento puede ser obtenido por procedimientos muy variados como es el caso de los diversos instrumentos musicales; Además del cuerpo productor es necesario la presencia de un medio transmisor y de un elemento receptor; el medio transmisor debe ser también material pudiendo ser Igualmente sólido líquido o gaseoso en este medio, el tercer elemento es el receptor, el cual posee una importancia fundamental pues en su ausencia solo habrá movimiento vibratorio y

las ondas que este produzca, pero no sonido. Luego para que exista sonido son precisas tres condiciones denominadas condiciones de existencia del sonido; dichas condiciones se derivan de la necesidad de la existencia de los siguientes tres elementos: un elemento productor, un elemento transmisor y un elemento receptor.

En este sentido se puede enunciar otra definición del sonido diciendo que es la sensación experimentada cuando llegan al oído ondas producidas por determinados movimientos vibratorios.

2.2.2. Historia y epistemología del sonido

Para dar lugar al recorrido histórico se pretende traer al texto un análisis histórico y filosófico de la actividad experimental asociada a la naturaleza y velocidad del sonido, es importante comprender las experiencias que impulsaron a Aristóteles, Galileo, Marin Mersenne, Isaac Newton, Sauveur entre otros a preguntarse acerca de la naturaleza y características del sonido.

Como primer punto para ello será necesario evocar a Aristóteles quien experimentó con las vibraciones de las cuerdas y agradable sonido que producían, fundamentándose en sus ideas filosóficas conjeturó que el sonido se propagaba a través del movimiento del aire, sin embargo, para Aristóteles las altas frecuencias se desplazaban a mayor velocidad que las bajas frecuencias, estas ideas del pensamiento aristotélico se encuentran presentes en los estudiantes tal cual como se evidencian en algunas investigaciones de Viennot (2002) las cuales se analizarán más adelante.

Galileo al igual que otros científicos como Mersenne concibió al sonido como una sucesión de impulsos regulares, impresos al aire por el movimiento vibratorio del cuerpo y transmitidos a través de este medio. De acuerdo a Caleon y Ramanathan (2008) Galileo escribió su primer relato de su visión ondulatoria del sonido en su trabajo “Diálogo sobre dos nuevas ciencias” imaginó ondas de sonido a través de movimientos de ondas de agua, contemplando que las ondulaciones del medio están ampliamente dispersas alrededor del cuerpo sonoro se evidencia por el hecho de que una copa de cristal con agua puede emitir un tono simplemente por la fricción de la yema del dedo sobre el borde de la copa; porque en esta agua es producida una serie de ondas regulares.

Galileo en sus experimentos pudo establecer el hecho de que el sonido producido por un instrumento de cuerda está determinado con mayor precisión por las proporciones de las

frecuencias del sonido y no por las proporciones definidas por la longitud, el tamaño y la tensión de las cuerdas, como habían afirmado los pitagóricos.

Señaló que la frecuencia, que es el “número de pulsos de ondas de aire” generados por una fuente vibrante (Galilei, 1638), es la causa física del tono que es percibido por el oído; descubrió esto a través de un experimento que involucra el raspado de un metal con un cincel, los experimentos de Galileo algunos de ellos mentales, lo llevaron a asociar las proporciones de consonantes con un aspecto específico del sonido: la frecuencia.

Es de resaltar dentro de los aportes de Galileo que su análisis del movimiento isocrónico del péndulo permitió que científicos como Newton hicieran grandes aportes a la Física, entre uno de ellos su intento por determinar la velocidad del sonido.

Newton en su libro principios matemáticos de la Filosofía natural expuso cómo la propagación del sonido a través de cualquier fluido dependía de las propiedades físicas del propio fluido, tales como la elasticidad y la densidad del mismo; Newton (1713) plantea, “Todo movimiento propagado a través de un fluido diverge de la trayectoria recta en espacios inmóviles” (p.5) deduce también “Todo cuerpo vibrante en un medio elástico propagará el movimiento de sus pulsaciones en directo hacia todas partes; en cambio, en un medio no elástico, excitará un movimiento circular”(p.10), Newton (1713) resalta que los pulsos que se propagan en un medio fluido hacen que las partículas vibren de un lado a otro. Utilizando las ideas de Galileo, señaló que las partículas en el medio fluido "siempre se aceleran o retardan de acuerdo con la ley del péndulo oscilante”.

Aunque en la clase de ciencias respecto a la física del sonido se comunica al estudiante de secundaria que este se comporta como una onda mecánica y que su velocidad de propagación depende de las características del medio y que no es posible su propagación en el vacío, es necesario construir significado alrededor de estos conceptos, ¿Qué significa que un medio sea elástico? ¿Si hablamos de la propagación del sonido en el aire, cuál es el papel del aire, qué características tiene este medio? ¿Qué pasa si cambiamos de medio? ¿Por qué el sonido no se propaga en el vacío? ¿A qué nos referimos cuando hablamos de vacío?

Es allí entonces donde se puede dar un nuevo rol a las prácticas experimentales; Siguiendo a García y Estany, (2010) así como a Malagón (2002) es importante incentivar la construcción de explicaciones a fenómenos físicos dentro de las actividades experimentales, lo que encierra procesos discursivos en relación con lo que se quiere “observar”, lo que se “percibe”, lo que se nombra como “hecho” y lo que se pretende representar con ese “hecho”.

En estos procesos, el rol del lenguaje es primordial, en la medida que permite llenar de significado la experimentación (García, 2011).

De esta manera es importante entonces reconocer el lenguaje que tienen los estudiantes al intentar explicar un fenómeno y cuáles son las ideas previas que ellos tienen respecto a la identificación previa de conceptos estructurantes que como docentes identificamos.

Viennot (2002) en su estudio respecto a las ideas de los estudiantes de la velocidad de sonido menciona que para el 40% de los alumnos interrogados el oyente no comienza a oír en el mismo instante los sonidos emitidos simultáneamente por dos fuentes equidistantes; según ellos la fuente de mayor potencia se oye en primer lugar, el papel del medio para los estudiantes no es más que un soporte pasivo dentro del cual se desplaza la perturbación. Si entienden ésta como un objeto que se desplaza, el medio corre el riesgo de más bien aparecer como un estorbo.

En estas condiciones es importante hacer alusión a la pregunta de Viennot (2002) quien expresa: ¿Comprenden los estudiantes que el sonido no se propaga en el vacío?, el papel de las prácticas experimentales en este cuestionamiento se torna importante, puesto que las mismas pueden permitir no solo traer a la clase los experimentos de los científicos sino dar un nuevo rol a la experimentación en ciencias, teniendo en cuenta que los instrumentos y procesos de medidas como lo manifiesta Romero y Aguilar (2013) no solo son el canal de comunicación entre lo que pensamos y lo que denominamos naturaleza, sino que se convierten en la condición de posibilidad de los efectos científicos y fenómenos naturales.

En 1660 Boyle pudo observar como la intensidad del sonido originado por un timbre colocado en una campana neumática disminuía a medida que el aire era extraído, Boyle concluyó que un medio como el aire era necesario para la propagación de las ondas sonoras Stolik, (2005) por su parte afirma que, aunque la conclusión es correcta hay una imprecisión en el experimento.

La imprecisión se debe a que el remanente de aire es suficiente para la propagación de la onda sonora. En realidad, la disminución de la densidad del aire hace que la vibración del timbre se va tornando incapaz de transmitirse al aire. El problema es de acoplamiento de impedancia por diferencia de las densidades entre el aire y el material sólido del timbre que vibra, o sea, que primero desaparece la transmisión de las vibraciones en la interfase sólido-aire. (p.166)

Es importante entonces dentro de este contexto hacer alusión a los experimentos de Boyle y con ello también a la importancia del papel del vacío. La idea del vacío de Boyle surgió del experimento de Evangelista Torricelli que implicaba la inversión de un tubo lleno de mercurio y que dejaba un espacio en la parte superior.

Como lo manifiesta García (2009) con Boyle se inicia otra forma de hacer ciencia y es la de controlar los experimentos y poner en evidencia el comportamiento de la naturaleza; de esta forma los experimentos que Boyle realizó con el fin de comprobar la existencia de vacío ayudan de alguna forma a recrear también como el sonido necesita un medio elástico para propagarse y que significa que un medio sea elástico, recobran también aquí importancia las analogías que se realizaron para explicar la característica elástica del aire haciendo similitud al comportamiento del resorte, observaciones derivadas de su actividad experimental al intentar extraer por completo el aire de una campana asociando el comportamiento violento del aire a la tendencia de un resorte a recuperar su posición inicial. Sugiere que tal vez el aire no son partículas discretas sueltas sino unidas entre sí, formando un resorte (García, 2009).

Traer al aula experiencias que permitan evidenciar las dificultades de realizar algunos experimentos permitirá contrastar ideas, cabe resaltar que Boyle no fue el único que realizó el experimento del timbre en la campana neumática, Caleon y Subramaniam, (2007) comentan como en un experimento con una bomba de aire, se escuchó el sonido de una campana en un frasco mientras la bomba eliminaba el aire del interior, lo que lo llevó a concluir que el aire no es necesario para la transmisión del sonido, no todos los científicos asumían la propagación del sonido como una onda, para Gassendi el sonido se propagaba en una corriente de partículas finas e invisibles desde la fuente original hasta el oído, Isaac Beeckman también imaginó una naturaleza del sonido a través de partículas, con la conclusión del experimento de Boyle mejorando la tecnología de vacío quedó de alguna forma confirmado que el sonido necesitaba de un medio para propagarse afianzando más su comportamiento a través de movimientos ondulatorios.

La propuesta de este escrito es realizar una revisión de las prácticas experimentales de los científicos que le permita reflexionar al docente y generar propuestas de enseñanza-aprendizaje en el aula y nuevas miradas a la actividad experimental. Acerca del contexto histórico del sonido queda mucho por indagar, como lo indica Caleon y Subramaniam (2007) hay una escasa literatura de la historia de las ideas sobre la naturaleza del sonido.

Es importante darles sentido a los conceptos que comúnmente se desea comunicar a un estudiante de secundaria, la experiencia de Galileo produciendo un tono simplemente por

la fricción de la yema del dedo sobre el borde de la copa de cristal es comúnmente realizada por los estudiantes en ferias de la ciencia en los colegios, sin embargo, no es solo replicar la experiencia sino encontrarle un significado que permita alrededor de ella ir construyendo conceptos, orientar preguntas como ¿Qué se observa en la experiencia? ¿Qué pasa si utilizó copas de diferentes tamaños? ¿Qué ocurre si utilizó diferentes volúmenes de agua? ¿Y si cambio el agua por otro líquido que sucede? ¿Y si la copa no fuera de cristal que sucedería? ¿Qué papel cumple el cristal?, unas preguntas bien orientadas pueden llevar al estudiante a comprender la naturaleza del sonido, asociar el papel del medio con la propagación del sonido, construir conocimiento y transitar a la comprensión de conceptos como frecuencia, tono, resonancia.

2.2.3. Panorama general de la enseñanza del sonido en educación secundaria

De acuerdo a Melo, et al. (2015) al igual que los estudiantes de otras carreras distintas a la Física e Ingeniería, la enseñanza del sonido a estudiantes de secundaria debe enmarcar propuestas y mecanismos que acerquen a los estudiantes al modelo diferencial presente para el sonido como onda, desde el cual el tono, timbre, intensidad, los armónicos y la armonía entre otros elementos pueden ser explicados. Los estudiantes se encuentran familiarizados con el sonido todo el tiempo, instrumentos musicales, un reproductor de música, la propia voz, entre otros, sin embargo, a pesar de encontrarnos tan familiarizados con el sonido eso no es suficiente para poder entender los conceptos asociados al fenómeno.

Es necesario como docentes identificar qué conceptos enseñar alrededor de sonido en cada nivel educativo, partiendo de las ideas propias de los estudiantes, Viennot (2002) reconoce la importancia de estudiar la propagación de las señales en la enseñanza secundaria; enseñar a los estudiantes a reconocer la fuente, el medio, la eventual existencia de rozamientos u otros fenómenos que disipen energía, asociar al fenómeno las magnitudes, analizar de qué dependen y no dependen estas magnitudes, en especial saber que la velocidad de propagación no depende más que del medio y de sus características físicas, y no de la amplitud de la señal o de su forma. Dentro de las dificultades del proceso de enseñanza aprendizaje se encuentra la desarticulación de teoría y práctica, la transmisión de simples definiciones, la carga de contenidos dentro de las Instituciones educativas debido al currículo.

2.2.4 El sonido en los libros de texto de secundaria y media

Al ser los libros de textos una herramienta pedagógica ampliamente utilizada por los docentes en ejercicio se hace necesario realizar un análisis de la actividad experimental asociada al sonido presente en ellos, es así entonces que se procedió a analizar dos libros de textos de Ciencias para educación secundaria y media: caminos del saber Ciencias 9 y Saberes Física 11, ambos de la editorial Santillana. Se encontró que el texto caminos del saber Ciencias 9 abarca un capítulo de sonido dentro de la unidad denominada “Ondas, sonido y Luz” y el texto Saberes Física 11 dedica una unidad completa al estudio del sonido denominada “Acústica”. En el libro caminos del saber Ciencias 9 se abarcan las siguientes temáticas: producción y propagación del sonido, reflexión, difracción del sonido, reflexión, eco, reverberación, resonancia, refracción del sonido, energía de las ondas sonoras, tono, intensidad, timbre, contaminación sonora, aplicaciones de las ondas; por otro lado en el libro Saberes Física 11 se abarcan la naturaleza y velocidad del sonido, las características del sonido, las pulsaciones, el efecto Doppler, el oído, la audición y los sistemas resonantes. Se observa una mayor carga teórica en el libro caminos del saber Ciencias 9, acaparando los conceptos como simples definiciones, de los dos libros es posible apreciar que las narraciones no presentan los procedimientos mediante los cuales los científicos asignan cualidades al sonido, a su propagación y velocidad en diferentes medios como en los gases, líquidos y sólidos, se limitan a dar definiciones que al no ser orientadas por el docente carecen por sí solas de significado.

Respecto a la velocidad del sonido los libros de textos Saber 11 de Santillana da cuenta que depende de las características del medio en que se propaga, compresibilidad, densidad, masa molecular, temperatura; como simples definiciones, seguido a esto el libro desarrolla ejercicios mecanizados para que el estudiante encuentre la velocidad del sonido en diferentes medios y variando la temperatura. En cuanto a las prácticas de laboratorio solo son subsidiarias a la teoría expuesta y se presentan al final de la unidad (Rojas y Castaño, 2016).

En el libro caminos del saber, Ciencias 9 indica respecto a la velocidad del sonido que la misma se propaga dependiendo de factores fundamentales del medio y temperatura en el que se transmite y respecto al sonido no hay ninguna actividad experimental expuesta en este texto.

Se puede notar entonces que las prácticas experimentales abordadas en los libros de textos no contribuyen a la construcción de significados alrededor de los fenómenos sonoros,

es necesario entonces replantear la actividad experimental vista más allá que el rol de subsidiaria a la teoría que le dan los libros. Realizar un análisis histórico y epistemológico de las prácticas experimentales realizadas por los científicos con fines didácticos permitirá el desarrollo del conocimiento del profesorado, siendo más crítico, reflexivo identificando aquellos conceptos estructurantes que permitirán al estudiante desarrollar su conocimiento y no únicamente la transmisión sin sentido de contenidos abordados en un libro que se ajustan a unos estándares los cuales muchas veces no responden al contexto del aula.

2.2.5. Comparación de los textos escolares de la educación básica y media e históricos

Zambrano (2009) afirma que:

Desde la teoría se asume que la historia y epistemología de la Ciencias, es en sí misma una explicación educativa y pedagógica. Saber cómo se origina y se justifica un concepto de las ciencias, es la base conceptual de su propia pedagogía en acto, con sus problemas de comprensión, apropiación y comunicación y sustentación para su reconocimiento epistemológico y cultural (p.9).

En este sentido es necesario comprender la historia tras la naturaleza del sonido que permita construir conceptos estructurantes, analizar los textos científicos históricos para seleccionar en ellos los episodios históricos y brindar a estos el valor educativo que permitan el desarrollo de un pensamiento científico.

Es necesario rescatar la relevancia de la historia y filosofía de las ciencias en los procesos de enseñanza permitiendo una mejor comprensión de los conceptos científicos, brindando un carácter humanista a la presentación de conceptos físicos normalmente abstractos en el aula; una reflexión profunda de la historia y filosofía de la ciencia asociada a la actividad experimental permitirá al docente asumir una posición crítica de cómo abordar los contenidos escolares y ser analítico de los libros de textos que utiliza.

En este apartado es también relevante entender cómo se desarrolla el sonido en los libros escolares, para ello se revisó el texto de física de educación media de Saberes Física 11 De Santillana, de Rojas y Castaño (2016).

El análisis de textos permite comprender cómo estos organizan el conocimiento científico para ser enseñado, en este sentido, autores como (Izquierdo, 2017; Karam, 2007; Lemke, 1997; Sutton y Caamaño, 1997; Van Dijk, 1997; Zambrano, 2009) han establecido

diferentes categorías para su análisis entre las que se destacan: La retórica, el discurso, el lenguaje, estructura del contenido y relación de conocimiento común y científico las cuales han sido adaptadas a los libros de texto en estudio; de igual forma, se tuvo en cuenta la estructura propia construida del análisis de textos escolares e históricos identificando aspectos para la construcción del capítulo de sonido en la sección de las prácticas de laboratorio. Sobre el análisis previo se pudo consolidar la siguiente información organizada en forma de **Tabla 1**

Tabla 1. Análisis de textos escolares

Construcción del Capítulo	Saberes Física 11 Santillana
Actividades experimentales propuestas	Dentro del apartado “Soy un científico natural” se plantean dos experiencias: 1. Propagación del Sonido 2. Sistemas resonantes
Estructura de la práctica	En la primera práctica “propagación del sonido” se describen los materiales, se resalta la individualidad como metodología del trabajo y el tipo de laboratorio que se desarrollará en una sesión, se describe el procedimiento en cuatro pasos y se generan 3 preguntas alrededor de la experiencia realizada. Posterior a esto bajo un título denominado “comunicación” se genera una nueva experiencia a realizar en tres cortos pasos. En la práctica “sistemas resonantes” la estructura se presenta de igual forma bajo los puntos: Materiales, metodología de trabajo, tipo, duración, procedimiento, sistematización y comunicación.
Relación conocimiento común y científico	En la primera práctica “propagación del sonido” se presenta una experiencia fácil de realizar bajo la cual se pretende que el estudiante reconozca que el sonido necesita de un medio material para propagarse bajo un conocimiento común, sin embargo la generalidad de la práctica y el esquema de las preguntas no permite que el estudiante genere hipótesis alrededor del fenómeno presentado; de igual forma en la práctica “Sistemas resonantes” las preguntas que orientan la experiencia no permiten que se generen ningún tipo de hipótesis alrededor del fenómeno, no es posible entonces establecer una relación entre el conocimiento del estudiante y el conocimiento científico.
Inducciones teóricas	En las prácticas planteadas se expone una carga teórica que supone la comprobación de teorías como verdades absolutas alejadas de la construcción y representación del fenómeno, las experiencias son desarrolladas a manera de receta cargada de un lenguaje abstracto y de la utilización de fórmulas sin ningún significado para el estudiante
Desarrollo paso a paso	Las preguntas planteadas en la práctica “propagación del sonido” someten al estudiante a dar respuestas cerradas. ¿Qué pasa con la vela? ¿Cuántas percusiones realizaste para obtener ese resultado? ¿El sonido se puede transmitir por otros medios además del aire?, estas preguntas alrededor de la experiencia no permiten identificar la relevancia del medio en la propagación del sonido,

	sus características, tampoco relaciona otras variables a considerar y que el estudiante puede tener en cuenta como temperatura, el papel de los materiales que se han escogido para la práctica, la experiencia no permite que el estudiante vaya más allá de seguir el paso a paso expuesto en la guía.
Formalización del fenómeno	La formalización del fenómeno está dada bajo la comprobación de la teoría mediante la utilización de fórmulas matemáticas como la que determina la frecuencia fundamental, la velocidad del sonido entre otras. En el desarrollo de la Unidad de Acústica contenida en el libro una vez presentada la parte teórica se invita al estudiante a desarrollar unas actividades dentro de las cuales se evocan algunas experiencias sin necesidad de realizarlas de forma empírica sino simplemente para desarrollar ejercicios matematizados. Como por ejemplo “Un diapasón al ser golpeado emite la nota mi, es decir 600 Hz. ¿Cuál es la longitud de la onda sonora si la temperatura ambiente es de 25°C?. Se trata de resolver ejercicios siguiendo fórmulas matemáticas y dejando de lado la construcción y representación del fenómeno. La importancia del medio y los hechos que explican el carácter de onda mecánica atribuido al sonido son reducidos a simples definiciones “El sonido es una onda longitudinal y mecánica, es decir que necesita un medio para propagarse”, respecto a la velocidad del sonido el libro refiere “ Como en todas las ondas, la velocidad del sonido depende de las características del medio donde se propaga, estos factores son la comprensibilidad y la densidad. Además de estos factores se consideran la masa molecular del gas y la temperatura”. Como se puede notar no se resalta el proceso que permite caracterizar al sonido como una onda mecánica ni las características que influyen en su velocidad, se entrega al estudiante una tabla que data la velocidad del sonido en diferentes medios para que con ella el estudiante desarrolle ejercicios matemáticos y reemplace los valores en las fórmulas, las características del sonido como tono, intensidad y timbre son presentadas como definiciones, se dice del tono “El tono o altura de un sonido es la característica que se refiere a los sonidos altos o agudos y a los bajos o graves” se indica que el tono es una cualidad que se debe a la frecuencia del sonido y que para analizar esta característica en el laboratorio se utilizan los diapasones que al ser golpeados producen un sonido en una frecuencia determinada, sin embargo la teoría es entregada como información y se refuerza con ejercicios bajo representaciones matemáticas olvidando el verdadero sentido experimental, la intensidad del sonido, su variación y el timbre son de igual forma entregadas como definiciones y posterior a ellas se encuentran la ejemplificación matemática. Los sistemas resonantes se plantean desde la pregunta ¿Cómo se produce el sonido en una guitarra?, sin embargo, solo se hace alusión que para producir sonidos musicales es necesario tener una caja de resonancia, se describen sistemas resonantes como las cuerdas, los tubos sonoros y la voz. La práctica de laboratorio planteada en los sistemas resonantes resulta ser sólo subsidiaria a la parte teórica donde se solicita al estudiante repita varias veces la experiencia para verificar el valor de la longitud a la cual se produce resonancia y luego a partir de la expresión para la frecuencia fundamental de resonancia de un tubo cerrado se determine la velocidad del sonido.
Aspectos históricos y culturales	Se observa en la narrativa del libro una intención de transmitir conceptos como verdades absolutas olvidándose del carácter humanista que

	permite que los conceptos físicos no sean entregados de forma tan abstracta en el aula, los aportes de los científicos son contados como si se tratara de simple información adicional, en una sola de las páginas del capítulo bajo el apartado “las ondas sonoras en la historia de la física” se relata que Jean-Baptiste Joseph Fourier plasmó su trabajo acerca de las ondas en su libro teoría analítica del calor, donde expresa la transferencia del calor en términos de funciones sinusoidales, bajo ningún término se tienen en cuenta los aportes de Pitágoras, Galileo, Newton, Sauveur a la construcción de los conceptos alrededor de sonido, se presentan las teorías como definiciones ya dadas pero no el proceso ni las ideas que llevaron a la construcción de las mismas
Lenguaje	En el capítulo se expone la parte teórica seguida de actividades en forma de talleres individuales y grupales y se termina con la práctica de laboratorio siendo subsidiaria a la teoría con el fin de constatarla. La narrativa que se identifica en la mayor parte del capítulo es apodíctica donde el autor muestra que el mundo es así, tal cual como lo describe la Ciencia “exacta”. No existe una articulación del lenguaje utilizado para representar los fenómenos y simplemente se exponen fórmulas sin explicar el por qué constituyéndose en futuras dificultades en el estudiante para transcribir al lenguaje matemático los datos de los problemas abordados en las actividades del texto.

Nota: Elaboración propia

2.3.5.1. Historia y epistemología de la actividad experimental asociada al sonido a través del análisis de textos históricos.

El conocimiento construido a través de los conceptos, su recorrido histórico y su vigencia en la actualidad hace parte de la forma como se presenta en los textos académicos y la forma como se transmite el conocimiento en las instituciones educativas, tal como menciona Chang (2015), “los episodios históricos son una ejemplificación en la que se logra identificar los personajes, el tipo de en la medida que se logren relacionar servirán para construir y dar sentido a los casos más generales” (p.43).

En este sentido, el desarrollo histórico favorece la construcción de conocimiento y desde el presente análisis, consignado en la **Tabla 2** se plantea el análisis Dialogues Concerning Two New Sciences de Galileo en cuanto a las actividades experimentales abordadas en su debido contexto y que actualmente tienen relevancia en la enseñanza de la física.

Tabla 2. Análisis textos históricos

Categorías	Análisis
Asociadas a la Historia del Fenómeno	

Método científico	En el pensamiento de Galileo no bastaba la observación objetiva y precisa, sino que era muy importante correlacionar los principios matemáticos que permitían comprender y explicar los datos observados, Galileo muestra su habilidad no solo en el conocimiento de la geometría y las matemáticas sino también en la aplicación de las mismas a la realidad física. En la obra de Galileo se resaltan los factores tecnológicos e ingenieriles de Galileo, la relación entre la geometría y el mundo físico y la interrelación dialéctica entre ambas para el conocimiento de la realidad.
Construcción de conceptos	Como lo manifiesta Zambrano (2009) en los textos científico histórico se recoge el concepto objeto de análisis en todo su desarrollo epistemológico. El concepto del sonido como onda, aunque es distinto del comportamiento ondulatorio del sonido cabe en este segundo por su carácter descriptivo la actividad experimental propiamente dicha. Como lo manifiesta (Caleon y Subramaniam, 2007) las exploraciones de la naturaleza del sonido se ramificaron en dos direcciones: hacia la noción de onda o de partículas de la naturaleza del sonido. Estas exploraciones fueron acompañadas por la determinación del mecanismo por el cual el sonido se propaga desde la fuente al receptor. La noción de que el sonido es una onda parece haberse originado a partir de observaciones de ondas de agua. Con Galileo comienzan los primeros tratamientos científicos del sonido y de la música, del estudio moderno de las ondas y la acústica. Galileo eleva a nivel de ciencia el estudio de las vibraciones y de la correlación entre la altura o tono y la frecuencia de la fuente del sonido (relación entre frecuencia, longitud, diámetro, densidad y tensión de las cuerdas)
Preguntas planteadas y vigencia en la actualidad	¿Cuál es la relación de la frecuencia del sonido y la armonía en la música? ¿las ondulaciones del medio están ampliamente dispersas alrededor del cuerpo sonoro? ¿Bajo qué condiciones calcular la velocidad del sonido? ¿Qué determina el sonido producido en las cuerdas? ¿No sería interesante si uno pudiera hacer con destreza algunas ondas que perduraran largo tiempo que nos dieran la facilidad de poder medirlas y numerarlas cómodamente?
Actividad experimental	Las teorías sobre la naturaleza del sonido se ramificaron en dos direcciones: hacia la noción de onda o de partículas. Galileo escribió su primer relato de su visión ondulatoria del sonido en su trabajo “Diálogo sobre dos nuevas ciencias” imaginó ondas de sonido a través de movimientos de ondas de agua. “Que las ondulaciones del medio están ampliamente dispersas alrededor del cuerpo sonoro se evidencia por el hecho de que una copa de cristal con agua puede emitir un tono simplemente por la fricción de la yema del dedo sobre el borde de la copa; porque en esta agua es producida una serie de ondas regulares”, Galileo en sus experimentos pudo establecer el hecho de que el sonido producido por un instrumento de cuerda está determinado con mayor precisión por las proporciones de las frecuencias del sonido y no por las proporciones definidas por la longitud, el tamaño y la tensión de las cuerdas, como habían afirmado los pitagóricos. Señaló que la frecuencia, que es el “número de pulsos de ondas de aire” generados por una fuente vibrante (Galilei, 1638) es la causa física del tono que es percibido por el oído; descubrió esto a través de un experimento que involucra el raspado de un metal con un cincel: Mientras raspaba una placa de latón con un cincel de hierro afilado ... escuché que la

placa emitía un silbido bastante fuerte y claro ... noté una larga fila de finas rayas paralelas y equidistantes entre sí ... Repitiendo el truco varias veces y haciendo el trazo, ahora con mayor ahora con menor velocidad, el silbido siguió con un tono que era correspondientemente más alto y más bajo. También noté que las marcas hechas cuando los tonos eran más altos estaban más juntas; pero cuando los tonos eran más profundos, estaban más separados. También observé que cuando, durante un solo golpe, la velocidad aumentaba hacia el final, el sonido se hacía más agudo y las rayas se acercaban, pero siempre de tal manera que permanecían claramente definidas y equidistantes. (Galilei, 1638, p. 43)

Los experimentos de Galileo algunos de ellos mentales, lo llevaron a asociar las proporciones de consonantes con un aspecto específico del sonido: la frecuencia. Es de resaltar dentro de los aportes de Galileo que su análisis del movimiento isocrónico del péndulo permitió que científicos como Newton hicieran grandes aportes a la Física, entre uno de ellos su intento por determinar la velocidad del sonido

La forma en que Galileo imaginó y se preguntó acerca de la relación de la frecuencia del sonido y la armonía en la música, a pesar de los sutiles errores mentales que cometió, es simplemente asombroso. La congruencia entre el hallazgo principal de Galileo y el de Mersenne agrega credibilidad a la idea común que descubrieron de forma independiente. Sin embargo, la eventual aceptabilidad de las proposiciones de Galileo no niega el peligro que conllevan los experimentos mentales.

Artefactos e
instrumentos

La experiencia de Galileo produciendo un tono simplemente por la fricción de la yema del dedo sobre el borde de la copa de cristal es comúnmente realizada por los estudiantes en ferias de la ciencia en los colegios. sin embargo, no es solo replicar la experiencia sino encontrarle un significado que permita alrededor de ella ir construyendo conceptos, orientar preguntas como ¿Qué se observa en la experiencia? ¿Qué pasa si utilizó copas de diferentes tamaños? ¿Qué ocurre si utilizo diferentes volúmenes de agua? ¿Y si cambio el agua por otro líquido que sucede? ¿Y si la copa no fuera de cristal que sucedería? ¿Qué papel cumple el cristal?, unas preguntas bien orientadas pueden llevar al estudiante a comprender la naturaleza del sonido, asociar el papel del medio con la propagación del sonido, construir conocimiento y transitar a la comprensión de conceptos como frecuencia, tono, resonancia.

Nota: Elaboración propia

Además de lo anterior fue importante realizar una comparación entre los textos escolares y los textos científicos originales, esto con el fin de establecer semejanzas y diferencias en la manera como se construyen los conceptos, los procesos de formalización, el sentido pedagógico y como se presenta la actividad experimental, este reconocimiento se encuentra dispuesto en la **Tabla 3**

Tabla 3. Comparación de textos escolares y textos históricos

Categorías de Análisis	Comparación Entre Textos Escolares e Históricos
Construcción de los conceptos	La imagen de ciencia desde lo tradicional encierra una mirada ahistórica, que no reconoce las problemáticas ni el contexto en el que se genera el conocimiento científico, En los textos escolares se minimiza el papel de la historia de la ciencia narrando algunos episodios de forma anecdótica y la relevancia queda reducida al producto final entregado como la única verdad. No hay un reconocimiento de ideas previas en los textos escolares que permitan la construcción de un conocimiento científico, las actividades experimentales propuestas son diseñadas para verificar teorías abordadas como simples definiciones carentes de significado para un lector que intenta acercarse a la explicación de un fenómeno. En contraposición a esto el análisis de los textos históricos permite la construcción de conceptos desde las perspectivas generadas en contextos sociales donde la controversia genera ideas que se complementan o se refutan, la actividad experimental cobra sentido no como subsidiaria a la teoría, sino donde el experimento y teoría surgen de acuerdo a las intencionalidades y problemáticas alrededor de un contexto. En este sentido Zambrano, (2009) afirma que: Desde la teoría se asume que la historia y epistemología de la Ciencias, es en sí misma una explicación educativa y pedagógica. Saber cómo se origina y se justifica un concepto de las ciencias, es la base conceptual de su propia pedagogía en acto, con sus problemas de comprensión, apropiación y comunicación y sustentación para su reconocimiento epistemológico y cultural (p.34).
Comunidad a la cual está dirigido el texto	La actividad científica siendo un recurso humano y cultural implica que la producción de conocimiento esté dirigida a una comunidad específica, en este caso, refiriéndonos a los Textos Científicos Históricos se orientan a la comunidad científica en la cual se construyeron los conceptos y tiene como finalidad validar el fenómeno, mientras que en los libros de texto académicos la retórica que emplean evidencia el lenguaje y la manera como representan los conceptos, los cuales llevan consigo la intención del autor, la transmisión del conocimiento científico y esto a su vez supone una relación de coherencia entre el conocimiento y la experiencia aunque en la realidad se evidencia que la imagen de ciencia que se da en los textos es proporcionadora de verdades que se deben aceptar y transmitir.
Actividades experimentales relevantes en la	En cuanto a las actividades experimentales relevantes en la construcción acerca de la naturaleza del sonido es importante realizar un recorrido histórico acerca

construcción del
fenómeno

de algunas concepciones que tuvieron ciertos científicos, es importante comprender las experiencias que impulsaron a Aristóteles, Leonardo Da Vinci, Marin Mersenne, Isaac Newton, Henri-Victor Regnault, entre otros a preguntarse acerca de las características del sonido como la velocidad de propagación, las variables que consideraron, sus ideas sujetas a la cultura, los aspectos políticos, entre otras, identificar qué aspectos podemos tomar de aquellas prácticas para ser llevadas al aula de clase no sólo contadas como anécdotas sino reconociendo las características de nuestro contexto que nos permita construir significados alrededor del fenómeno presentado a nuestros estudiantes. En la segunda mitad del siglo XVI aparecen los primeros intentos de explicar aspectos particulares de los fenómenos sonoros desde una perspectiva mecanicista (Boido, 2007). Un evento con el que todos estamos familiarizados es la música, Aristóteles sintiéndose maravillado por la música experimentó con las vibraciones de las cuerdas y agradable sonido que producían, fundamentándose en sus ideas filosóficas conjeturo que el sonido se propagaba a través del movimiento del aire. La música era en el Renacimiento una ciencia matemática. Los teóricos musicales poseían las reglas matemáticas que a su juicio debían ser seguidas estrictamente en la práctica. En cuanto a la naturaleza de los fenómenos sonoros, a principios del siglo XVII Francis Bacon lamentaba que la única relación conocida que vincula el sonido con algún parámetro físico era la proporción numérica pitagórica entre la longitud de las cuerdas y la altura de las notas (Boido, 2007).

Para los estudiosos de la música hubo entonces la necesidad de explorar las dimensiones materiales del sonido y de su producción efectiva, haciendo a un lado el sentido abstracto de las matemáticas. Bacon (2010) en su libro *Sylva Sylvarum* sugiere una serie de observaciones y experimentos acústicos que podrían ser realizados para contribuir a la comprensión científica del sonido. Bacon coincide con Kepler en que este último está conformado por una *Specie udibili*, entidad que, independientemente del oyente, es propiedad del cuerpo sonoro (Boido, 2007).

Bacon no funda hipótesis acerca del fenómeno sonoro, solamente da explicación especulativa de lo que él empíricamente interpreta de sus observaciones, y no da como hecho científico de que la producción del sonido es consecuencia de la vibración. (Montano Rodríguez, 2019)

Sauveur (como se citó en Montano, 2019) de su análisis de los aportes de distintos matemáticos y filósofos acerca del estudio de las cuerdas vibrantes (ondas sonoras en un contexto más actual) determina que es necesario separar la “física de ondas” de la “música” para hacer un estudio que permita entender estos fenómenos, sin embargo contrario a esto pensaría que en un aula de clases de secundaria donde se pretende enseñar el sonido como fenómeno es necesario evocar nuevamente situaciones como la propagación del sonido en las cuerdas de una guitarra, traer entonces las experiencias, aquellos instrumentos que en cierta parte de la historia permitieron el desarrollo de teorías.

Por otra parte, Galileo, Mersenne, Descartes desde su posición mecanicista concibieron al sonido como una sucesión de impulsos regulares, impresos al aire por el movimiento vibratorio del cuerpo y transmitidos a través de dicho medio de manera similar a como lo hacen las ondas en el agua. Sin duda alguna un aporte previo importante para el estudio del sonido como una onda lo tuvo Galileo con el análisis del movimiento isocrónico del péndulo permitiendo que científicos como Newton hicieran

grandes aportes a la Física, como lo afirma Matthews (1994) para Newton, el péndulo desempeñó un papel comparable al que tuvo para el trabajo de Galileo y de Huygens. Newton usó el péndulo para muchas de sus experiencias, entre ellas para determinar la velocidad del sonido. Sobre el papel del péndulo en la ciencia de Newton, Westfall (1980) dice que “No es exagerado afirmar que sin el péndulo no habrían existido los *Principia*” (p. 24).

Newton (1713) en su libro principios matemáticos de la Filosofía natural expuso cómo la propagación del sonido a través de cualquier fluido dependía de las propiedades físicas del propio fluido, tales como la elasticidad y la densidad del mismo; aunque en los *Principia* se indica en gran parte la matematización de los fenómenos también se puede notar las experiencias que llevaron a la realización de las teorías. Newton plantea, “Todo movimiento propagado a través de un fluido diverge de la trayectoria recta en espacios inmóviles” Newton a través de su abstracción matemática de la propagación de una onda plantea lo siguiente experimentando esto en los sonidos, que se oyen tanto con un monte interpuesto como, si entran en una habitación por una ventana y se extienden por todas partes de la habitación, se oyen en todas las esquinas, y no por reflexión en las paredes opuestas, sino propagándose directamente desde la ventana; en tanto que es posible juzgar por los sentidos (Newton, 1713).

Newton (1713) explica desde sus estudios por qué cesan los sonidos cuando cesa el movimiento del cuerpo sonoro, y no se oyen por más tiempo cuando estamos muy lejos de los cuerpos sonoros que cuando estamos muy cerca y por qué los sonidos aumentan tanto en los tubos amplificadores. Pues todo movimiento recíproco en cada regreso suele aumentar gracias a la causa generadora. Y el movimiento en los tubos que impiden la dilatación de los sonidos se pierde más tarde y se repite con más fuerza y, por tanto, es incrementado por el nuevo movimiento impreso en cada retorno. Una vez conocida la velocidad de los sonidos se obtienen también los intervalos de los impulsos. El Sr. Sauveur halló mediante experimentos hechos por él, que una flauta abierta de más o menos cinco pies parisinos de largo producía un sonido del mismo tono que el sonido de una cuerda que vibra cien veces por segundo. Por tanto, en el espacio de 1070 pies parisinos que recorre un sonido en un segundo hay más o menos cien impulsos; por lo cual una pulsación ocupa un espacio de casi 107/10 pies parisinos, es decir, casi el doble de la longitud de la flauta. Por lo que es verosímil que las amplitudes de los impulsos, en los sonidos de todas las flautas abiertas, sea igual a dos veces la longitud de las flautas (Newton, 1713). Es importante entonces analizar las ideas y prácticas experimentales de los científicos que no solo nos permitan entender la abstracción matemática sino plantear estrategias en el aula que nos permita jugar con ciertas variables, llevar al aula de clases experiencias a los estudiantes que permitan establecer la naturaleza del sonido, ¿por qué se puede considerar como una onda mecánica?, ¿Qué implicaciones tiene el medio donde se propaga el sonido? ¿Por qué los sonidos aumentan tanto en los tubos amplificadores?, es necesario reforzar el concepto de onda mecánica.

Es necesario enfatizar a los estudiantes el valor de la verificación cuidadosa de las ideas científicas antes de que sean aceptadas, citando la reproducibilidad como el sello de validez. Una cosa buena para señalar a los estudiantes es el hecho de que, en el proceso de verificación de ideas, como durante la replicación de experimentos previos, también se pueden hacer descubrimientos interesantes. Cuando Vincenzo Galilei repitió los llamados experimentos de Pitágoras, no sólo detectó los errores en estos

	experimentos, sino que también pudo deducir que las propiedades de la fuente del sonido son cruciales en la armonía musical. Los experimentos de Vincenzo fueron la base de los experimentos de Galileo.
Formalización matemática de los conceptos	La matemática ha posibilitado la formalización de los fenómenos como disciplinas científicas y las problemáticas de los fenómenos se han solventado con el desarrollo del cálculo y este como una rama de la matemática se convierte en una herramienta para la formalización de las teorías físicas obtenidas a partir de la experimentación. Para el caso de la acústica si nos remontamos a Pitágoras (s.f. cómo se citó en Caleon y Ramanathan, 2008) descubrió que los pesos de los martillos que producían sonidos armoniosos estaban en proporciones de pequeños números enteros. Luego realizó experimentos con otros materiales, como vasos, jarrones, campanas y cuerdas, para determinar si se podían obtener proporciones similares al crear sonidos consonantes, es así que la imagen de la naturaleza se representaba bajo concepciones matemáticas de proporcionalidad, La noción pitagórica de cosmología se rige por la armonía musical expresada en números matemáticos. En cuanto a los libros de texto, la formalización se da en forma de verificación de teorías finales y resolver ejercicios matemáticos carentes de sentido para los estudiantes.
Valor pedagógico	La elección y uso del texto escolar depende de la influencia que este tenga en el docente teniendo en cuenta sus intereses, la planificación, la motivación del docente y es por ello que se debe hacer una revisión de qué enseñar en ciencias, qué queremos de los estudiantes, de qué manera interpreta el mundo, qué conceptos enseñamos los profesores y qué conceptos enseñan los libros. La contribución del libro de texto depende del uso que se haga de él, puede contribuir en la formación, reflexión, construcción de conocimiento en un sentido crítico o también en un instrumento que limita y estandariza el proceso de enseñanza y aprendizaje, es allí donde la labor del docente es fundamental por su capacidad transformadora, su espíritu crítico y la influencia en los estudiantes para fomentar el uso de diversas fuentes de consulta. En términos generales los documentos en estudio presentan los contenidos de manera sencilla lo cual podría motivar a los estudiantes a la lectura donde el lenguaje principalmente empleado se enfoca en la transmisión de conceptos y no en conocer el sistema de representaciones y su poder problematizador aunque intenta ser incluyente al proponer una breve información por capítulo dirigida a la formación de ciudadanos, compromiso social y tecnología dando con ello la oportunidad al docente de recontextualizar el conocimiento, aportar una imagen sociocultural de la ciencia y condicionar la elección de criterios para elegir un libro y su uso en el aula. Se evidencia una visión positivista de la ciencia al no incluir su carácter histórico, se introduce formulaciones terminadas sin establecer las razones de la comunidad científica para interesarse en un modelo y se hace a un lado el proceso investigativo, mostrando la ciencia como una actividad rígida aplicada de igual forma en todos los contextos.
Contextualización del fenómeno	Los ejercicios propuestos en los textos escolares presentan una pseudocontextualización, que no toma en cuenta aspectos de la realidad y genera en los estudiantes incompreensión y orienta a que piensen que aprender ciencia es aplicar

fórmulas que no se relacionan con la realidad.

La experimentación cualitativa debe tomar protagonismo, ser discutida, analizada y planteada en un escenario dialógico entre estudiantes y docente para posteriormente acudir a lo cuantitativo.

El docente debe realizar un proceso de intertextualidad, plantear sus propias preguntas que impulsen la creatividad y pensamiento crítico, debe tener un papel activo, conocer al estudiante, saber qué quiere de él, orientar cuestionamientos que lo lleven a explorar y tener resultados significativos en el proceso de la experimentación.

Además, crear sus propios talleres, no orientarse únicamente por el libro de texto, generar conclusiones que sean significativas, enriquecer la experiencia sensible del estudiante, posibilitar explicaciones ligadas a partir de la propia experiencia y contrastar su conocimiento con otras formas tradicionales.

Los documentos analizados muestran situaciones que intentan ser contextualizadas, pero de poco interés para una persona común que intente tener una aproximación con la ciencia, de esta forma, los estudiantes no ven la relación de la teoría y los ejemplos presentados con su realidad inmediata, intereses e incluso con su sentido común. Para la unidad de sonido respecto a la física del sonido se comunica al estudiante de secundaria que este se comporta como una onda mecánica y que su velocidad de propagación depende de las características del medio y que no es posible su propagación en el vacío, es necesario construir significado alrededor de estos conceptos, ¿Qué significa que un medio sea elástico? ¿Si hablamos de la propagación del sonido en el aire, cuál es el papel del aire, qué características tiene este medio? ¿Qué pasa si cambiamos de medio? ¿Por qué el sonido no se propaga en el vacío? ¿A qué nos referimos cuando hablamos de vacío? Es allí entonces donde podemos dar un nuevo rol a las prácticas experimentales; incentivar la construcción de explicaciones a fenómenos físicos dentro de las actividades experimentales encierra procesos discursivos en relación con lo que se quiere “observar”, lo que se “percibe”, lo que se nombra como “hecho” y lo que se pretende representar con ese “hecho”. (García y Estany, 2010; Malagón, 2002).

En estos procesos, el rol del lenguaje es primordial, en la medida que permite llenar de significado la experimentación (García, 2011). De esta manera es importante entonces reconocer el lenguaje que tienen los estudiantes al intentar explicar un fenómeno y cuáles son las ideas previas que ellos tienen respecto a la identificación previa de conceptos estructurantes que como docentes identificamos.

Viennot (2002) en su estudio respecto a las ideas de los estudiantes de la velocidad de sonido menciona que para el 40% de los alumnos interrogados el oyente no comienza a oír en el mismo instante los sonidos emitidos simultáneamente por dos fuentes equidistantes; según ellos la fuente de mayor potencia se oye en primer lugar, el papel del medio para los estudiantes no es más que un soporte pasivo dentro del cual se desplaza la perturbación. Si entienden ésta como un objeto que se desplaza, el medio corre el riesgo de más bien aparecer como un estorbo. En estas condiciones es importante hacer alusión a la pregunta de Viennot ¿Comprenden los estudiantes que el sonido no se propaga en el vacío?, el papel de las prácticas experimentales se torna importante; que permitan no solo traer a la clase los experimentos de los científicos sino dar un nuevo rol a la experimentación en ciencias, teniendo en cuenta que los instrumentos y procesos de medidas como lo manifiesta Romero y Aguilar (2013) no solo son el canal de comunicación entre lo que pensamos y lo que denominamos naturaleza, sino que se convierten en la condición de posibilidad de los efectos científicos y fenómenos naturales.

Problemáticas del fenómeno	En los libros de texto académicos se plantean situaciones problemáticas aisladas de la cotidianidad del estudiante ya que existe un gran interés en las políticas educativas y currículos escolares por tanto las actividades programadas cumplen unos requerimientos específicos enfocados principalmente en pruebas Saber limitando el pensamiento crítico, la contextualización y las necesidades y preocupaciones de los aprendices, es por ello que se debe priorizar la intervención del docente en que se genere conocimiento científico e innovador propio, enfocado en la solución de problemas sociales, que se refuerce la necesidad de una revisión documental y el maestro plantee alternativas de lo que deberían proponer las actividades de los libros de texto y su intencionalidad política, social y cultural. Los textos científicos históricos para el caso del sonido van construyendo conceptos con respecto a experiencias preliminares, partiendo de problemáticas y experiencias reales, intentos por comprobar y refutar, hallazgos inesperados dentro de las prácticas que generan nuevas preguntas al rededor del comportamiento ondulatorio del sonido
----------------------------	--

Nota: elaboración propia

La intencionalidad del texto escolar busca que el estudiante conozca los conceptos básicos para alcanzar a desarrollar “competencias” que el Ministerio de Educación Nacional estipula dentro de sus políticas públicas, se hace necesario entonces que como docentes contextualicemos los saberes y seamos críticos de los libros de textos de acuerdo a las necesidades del entorno. Debe existir una articulación entre la parte teórica y experimental, la experimentación debe conducir a la generación de hipótesis, a explorar diferentes puntos de vistas del fenómeno y no solo a la comprobación de una teoría como se enfoca en los dos textos analizados

Aunque en el texto histórico Diálogo sobre dos nuevas ciencias se relata el experimento del cincel como una experiencia real autores como Caleon y Subramaniam, (2007) resaltan que este como otros experimentos de Galileo están teñidos de sutiles errores mentales sin embargo le permitieron a Galileo producir principios correctos que se mantienen hasta la actualidad. Galileo hacía uso de instrumentos cotidianos como cinceles, copas de cristal, entre otros haciendo uso también de un raciocinio mental.

La historia y filosofía de las ideas alrededor de la naturaleza del sonido nos brinda elementos para realizar un análisis de cómo se presenta la ciencia en los libros de textos que muchas veces utilizamos dentro de nuestro ejercicio docente, se constituye como un elemento primordial que nos permita desarrollar el conocimiento tecnológico pedagógico de contenido.

2.3. El papel de la Tecnología en la educación

En una sociedad influenciada por la ciencia y la tecnología se hace necesario como maestros de Ciencias preguntarnos ¿cómo estos avances repercuten en la escuela y cambian

la manera de direccionar nuestras prácticas pedagógicas ¿Qué papel juega la tecnología en la escuela?

Se presenta en este texto una reflexión alrededor del papel de la historia y la filosofía de la tecnología, cuáles son las implicaciones éticas tras de las innovaciones tecnológicas y su papel en el aula, cuáles son las principales miradas de la filosofía de la tecnociencia y cómo estas permiten nuevas maneras de comprender las relaciones científicas y sociales brindándonos formas de asumir los nuevos retos que presentan la construcción de conocimientos.

Por último, se reflexiona alrededor del papel del profesor respecto al uso de tecnologías y cómo estas pueden influir en el aprendizaje de contenidos y avanzar a la construcción de un conocimiento científico que no esté fragmentado de la realidad del estudiante.

Se concluye que la tecnología no son solo herramientas que subsidian la enseñanza de las Ciencias, sino que una reflexión desde la filosofía de la tecnología puede favorecer la construcción de conocimientos, en este sentido cobra importancia la reflexión alrededor de la epistemología en las propuestas de formación de profesores cuando se hace referencia al uso de la tecnología.

2.3.1. El papel de la historia y la filosofía de la tecnología.

Existe una tensión entre quien es la principal causa de las grandes transformaciones sociales, ¿la tecnología o la ciencia?, respecto a esto los investigadores resaltan que la tecnología ha influenciado más en los cambios sociales que la Ciencia moderna (Acevedo, 2006; Layton, 1988) y que incluso el uso de instrumentos tecnológicos por parte de la población común no precisa del conocimiento científico, es así que Acevedo (2006), resalta lo siguiente:

La vida cotidiana, en los medios urbano y rural, en el entorno del hogar y en el espacio laboral está repleta de productos e instrumentos tecnológicos además de otras tecnologías organizativas y simbólicas, cuyo uso no suele resultar demasiado complicado porque no precisa del conocimiento de los principios científicos o tecnológicos que los sostienen. (p.2)

En este sentido cobra importancia el análisis epistemológico de los grandes avances tecnológicos y los intereses que hay detrás de cada uno de ellos, intereses sociales, culturales,

religiosos, políticos y que se han constituido como base de la construcción de conocimiento influenciado por una lucha de poderes. De aquí entonces surgen distintos significados para el uso de técnica y tecnología, que al parecer en la vida cotidiana se manejan y se apropian con frecuencia, pero sin comprender su significado.

Para Martín (2018), la filosofía de la técnica y de la tecnología es relevante dado la diversidad de formas de entender la técnica, por consiguiente, el papel de la filosofía es crucial al momento de construir maneras de comprender su uso, algunas veces la técnica es vista como algo positivo que ha salvado la humanidad y otras veces como un monstruo que nos aleja de nuestra condición de humanos.

En este sentido Heisenberg (1955) , exponía su preocupación ante la dominación que tiene la técnica sobre el ser humano, esta preocupación acecha en la actualidad a los sujetos, algunos en acuerdo a este pensamiento argumentan que la tecnología se ha vuelto tan imprescindible al ser humano que olvida su relación con el entorno, otros quienes por el contrario ven en la tecnología un elemento que ha permitido acercarnos al desarrollo y al progreso, en este sentido es importante hacer uso de la tecnología siendo conscientes de cómo la usamos y para que la usamos sin caer en su dominación.

Martín (2018) sostiene que la guerra o, mejor dicho, la dialéctica de Estados ha sido para bien o para mal el principal propagador de la máquina; en este sentido las condiciones sociales enmarcan el panorama sobre el cual el uso de técnicas se tejen y dan paso a la invención tecnológica

Desde la filosofía de la técnica y la tecnología Ortega y Gasset (1982) han reflexionado sobre el impacto de estas en la sociedad de todas las épocas y en la actual. Distingue así varias fases en la evolución de la técnica, y como consecuencia de esto en la evolución de las culturas y sociedades. En este sentido las fases de la técnica de manera cronológica se enmarcan en i) la técnica del azar, ii) la técnica del artesano, iii) La técnica del técnico.

La técnica del azar se atribuye al hombre primitivo, aquella técnica inconsciente, es así entonces que el hombre primitivo ignora su propia técnica, existe una generalidad del acto donde la técnica se ejecuta por todos los miembros de la comunidad, el hombre no busca soluciones, es la solución quien busca al hombre. “Su inventar no es un previo y deliberado buscar soluciones; es la solución la que le busca” (Ortega y Gasset, 1982. p.14)

Ya en la edad media se presenta la técnica del artesano caracterizada por un crecimiento de actos técnicos, la complejidad de muchos de ellos hace que no cualquiera

pueda ejecutarlos, es entonces donde los artesanos constituyen el grupo de personas que se encargan de estas tareas. Se resalta la técnica como tradición, en consiguiente las técnicas están ya elaboradas y tienen que aprenderse, la técnica no evoluciona, se modifica conforme a las destrezas; la técnica del artesano se caracteriza por la invención de instrumentos.

Por último, Ortega y Gasset (1982) hacen referencia a la técnica del técnico, la cual tiene lugar en la revolución industrial, se da aquí un tránsito del instrumento a la máquina, es el ser humano quien ayuda y suplementa a la máquina, la técnica ya no es un azar ni se reduce a una persona, se tiene la plena seguridad que se llegará al descubrimiento.

Atencia (2003) indica que el tecnicismo de la técnica moderna es hijo de la revolución en la ciencia física de los siglos XVI al XVIII. El nuevo tecnicismo procede de la nueva ciencia ideada por Galileo en el siglo XVI.

Es así entonces que en cada etapa de la historia, la filosofía tiene un concepto de técnica; desde aquella que centra su atención en el azar, como de la filosofía antigua que el mundo para su creación necesitó de una técnica intentando responder ¿Cómo del caos se genera el mundo?, aquella técnica vista como una artesanía, la artesanía del metal, la artesanía del cuerpo, donde la técnica se limita al hacer de las cosas, la técnica de la navegación, la técnica del gobierno, hasta llegar a la técnica del técnico, donde es crucial el papel del científico, quien dentro de un contexto tras su deseo de responder a sus problemáticas mediante el uso consiente de técnicas y dando significado a la máquina llega a descubrimientos.

En este sentido se puede afirmar que la resolución de problemas al que se enfrentaban los científicos da paso a la utilización de técnicas y creación de artefactos; es así entonces que la filosofía se encuentra ligada con problemas donde el ingenio entra a jugar un papel crucial. Es dable inferir que los conceptos asociados a técnica, tecnología y ciencia están ligados a hechos históricos que enmarcan las problemáticas sociales y por consiguiente la manera de entender el mundo de cada época, el recurrir a los episodios históricos para identificar que los científicos resolvían problemas prácticos de la realidad nos permite entrever la relevancia del estudio de la historia y la filosofía de la tecnología comprendiendo la relación de Ciencia, técnica y tecnología con el contexto y no cómo en ocasiones se ha venido pensando una técnica y una ciencia separada del mismo mundo.

Recurrir a la Historia y filosofía de la tecnología permitirá integrar con sentido una serie de datos que a diario recibimos de forma fragmentada y pensar en la tecnología más allá

que en simples herramientas, asumiendo entonces una postura crítica frente a los retos que las invenciones tecnológicas traen consigo y cómo estas inciden en la escuela.

Es necesario que por medio de la filosofía se logre la generación de espacios de diálogo que permitan a la escuela formular preguntas relevantes relacionadas con los desafíos que presentan las innovaciones tecnológicas, preguntas como: ¿El mundo que queremos construir depende de las tecnologías? ¿Qué enseñar en un mundo tecnologizado? ¿Los hechos científicos cómo se relacionan con la experimentación, a qué se atribuye el resultado obtenido? ¿Qué se entiende por descubrimiento, es este una representación de la naturaleza? ¿Qué se entiende por innovación? ¿Cuándo somos maestros innovadores?

2.3.2. La innovación tecnológica.

Para Quintanilla (2017) en un sistema económico se producen continuos cambios de naturaleza muy diversa. Algunos de estos cambios tienen su origen en la variación del conocimiento disponible, bien sea por la creación de nuevos conocimientos o por la asimilación de conocimientos ya establecidos y su aplicación a las actividades económicas

A esos cambios que se introducen en la producción de riqueza o de bienestar social y que tienen su origen en la creación o asimilación de conocimientos y su aplicación es lo que para Quintanilla se denomina innovación; en este sentido la innovación es el proceso que consiste en crear o asimilar conocimientos y aplicarlos para generar riqueza o bienestar social de una forma nueva.

Es importante reconocer que el conocimiento es una parte importante de la cultura. Por consiguiente, Quintanilla (2017) afirma también que toda innovación tiene una importante dimensión cultural. Es relevante entonces analizar los elementos que constituyen la cultura de un país, una región, una empresa, una escuela o cualquier otro grupo social y cómo influyen esos elementos culturales en el proceso de innovación tecnológica.

2.3.3. El papel del profesor respecto del uso de tecnologías.

El contexto generado en la educación debido al COVID-19 provocó un cambio en el proceso de enseñanza, aprendizaje y evaluación, lo que evidencia la necesidad de ser competentes tecnológicamente, y ser capaces de aplicar estas habilidades al ejercicio docente, a pesar de vivir en un mundo tecnologizado y conocer las herramientas tecnológicas esto no

significa que se tenga la habilidad de reflexionar alrededor de ellas y de incorporarlas adecuadamente a los procesos de enseñanza, aprendizaje y evaluación en el aula.

Autores como Maderick et al., (2016) recalcan la importancia de las competencias digitales en los docentes, entendidas como las habilidades que el docente posee para hacer uso de la tecnología más allá de la sola idea de conocerlas resalta que el reconocer las tecnologías y el haber nacido en una era digital no garantiza que los futuros profesores puedan hacer un uso correcto de ella más allá de la sola herramienta.

Existen importantes investigaciones sobre la importancia crítica y en evolución de la integración de la tecnología en la enseñanza y la formación del profesorado. Varios estudios han abordado la importancia de integrar la tecnología digital (Angeli y Valanides, 2009; Mishra y Koehler, 2006).

El conocimiento adecuado de las habilidades tecnológicas prácticas y las aplicaciones teóricas son, de hecho, un requisito para integrar la tecnología educativa en el aula de calidad del siglo XXI, la efectividad del uso de la tecnología en el proceso de enseñanza, aprendizaje y evaluación de las Ciencias depende de la forma en que sea utilizada. Desde la Filosofía de la tecnología y el reconocimiento histórico de la construcción de conocimiento permitirá a los maestros reflexionar sobre la integración de tecnología en el aula.

2.4. La orientación reflexiva

La “orientación reflexiva” se conceptualiza por Candela y Viafara (2014) como la postura epistemológica de un programa de educación de profesores, que direccionan el diseño de las tareas centrales de este tomando en cuenta el sistema de conocimientos, creencias y valores acerca de la enseñanza de la ciencia con el que llegan los profesores a dicho programa, de hecho, este tipo de tareas les permitiría a los futuros profesores y docentes en ejercicio problematizar sus teorías personales a través de procesos de discernimiento y deliberación en diferentes contextos de reflexión; situación que quizás les posibilitaría a ellos que su sistema de ideas y creencias evolucione de manera progresiva hacia unas teorías de mayor coherencia con los marcos teóricos de las actuales reformas en la enseñanza de las ciencias naturales.

Abell y Bryan (1997) investigaron alrededor de la pregunta ¿Cómo desarrollan los futuros maestros de primaria el conocimiento y las creencias sobre la enseñanza de las ciencias? Manifestaban creer que el proceso es análogo al de los estudiantes que construyen conocimiento científico, es decir, los alumnos llegan a las clases de ciencias/programas de

formación de profesores con ideas sobre ciencia/enseñanza de ciencias con ideas existentes. Aprender ciencia/aprender a enseñar ciencia implica aclarar esas ideas existentes, sentirse insatisfecho con algunas ideas, encontrar alternativas útiles y aplicar nuevas ideas para resolver nuevos problemas. Convertirse en profesor de ciencias es un proceso que dura toda la vida. Comienza con años en un aprendizaje de observación (Lortie, 1975) como estudiantes de ciencias, avanza a través de un programa de preparación de maestros y los años de inducción de la enseñanza, y continúa a lo largo de la carrera de un maestro.

El curso de métodos de pregrado es una experiencia potencialmente poderosa en este proceso. En el contexto del curso melódico, los profesores-educadores de ciencias son responsables de modelar creencias, valores y suposiciones sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Nuestras acciones deben ser consistentes con nuestro marco filosófico si queremos ser responsables ante los futuros maestros. Abell y Bryan describen la reconceptualización de un curso de métodos de ciencias elementales consistente con las suposiciones sobre el aprendizaje de la enseñanza de las ciencias.

2.4.1. Reflexión como orientación para la preparación del maestro de ciencias elementales.

Una orientación para la enseñanza se refiere al conocimiento y las creencias del maestro sobre los propósitos de la enseñanza y sirve como un mapa conceptual para guiar las decisiones de instrucción (Magnusson et al., 1999).

Según Abell y Anderson (1997) las orientaciones hacia la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, como el cambio didáctico, impulsado por actividades y conceptual, representan una forma general de ver la enseñanza basada en ciertos supuestos sobre la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia. Una orientación para la enseñanza de las ciencias puede definirse (y diferenciarse de otras orientaciones) de acuerdo con los objetivos de la enseñanza, las características de la instrucción y las visiones de la ciencia que se describen (Magnusson et al., 1999).

Esta noción de orientación hacia la enseñanza también se puede aplicar a la enseñanza de los profesores de ciencias (Abell et al., 1996). La orientación a la reflexión para enseñar a los profesores de ciencias es marcadamente diferente de otros enfoques para conceptualizar un curso de métodos científicos. Muchos cursos de métodos se conciben en términos del contenido que se abordará, y cada sesión de clase se dedica a un tema de educación científica

en particular (por ejemplo, ideas científicas para niños, resolución de problemas, currículo científico, evaluación).

Esta orientación temática para la formación del profesorado de ciencias tiene como objetivo cubrir cada tema de la enseñanza de las ciencias. Otra orientación a los métodos científicos elementales se centra en las habilidades del proceso científico. Dentro de esta orientación, los estudiantes de enseñanza se mueven a través de actividades que ejemplifican cada habilidad del proceso, con el objetivo de que obtengan una comprensión de la ciencia como proceso y adopten este tipo de enfoque con sus propios estudiantes.

Podríamos llamar a esto una orientación de habilidades de proceso. Sin embargo, se desarrollan otros cursos de métodos de ciencias elementales basados en actividades científicas para niños. Los métodos que los estudiantes participan en una actividad tras otra, asumiendo el papel de los estudiantes de la escuela primaria. El objetivo de esta orientación de actividades es que los futuros profesores desarrollen su interés y confianza en la ciencia y adquieran un repertorio de actividades en el aula. El propósito aquí no es delinear una lista exhaustiva de orientaciones para enseñar a los profesores de ciencias, sino proporcionar un punto de partida para discutir la orientación a la reflexión.

La orientación a la reflexión se basa en la creencia de que aprender a enseñar ciencia, como aprender la ciencia en sí, es un proceso de reevaluación y reforma de las teorías existentes a la luz de evidencias perturbadoras. Los maestros en formación ingresan al curso de métodos elementales con ideas, creencias y valores (Lanier y Little, 1986; Pajares, 1992) que forman sus teorías personales sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

La orientación a la reflexión se caracteriza por pedir a los alumnos que describan sus ideas, creencias y valores sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias y por ofrecer experiencias que les ayuden a aclarar, confrontar y posiblemente cambiar sus teorías personales. Los profesores principiantes de ciencias necesitan muchas oportunidades para investigar y pensar críticamente sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Una orientación a la reflexión para la preparación del profesorado de ciencias tiene en cuenta que los futuros profesores aprenden sobre la enseñanza de la ciencia en varios contextos diferentes, cada uno de los cuales puede brindar una oportunidad para la reflexión y el aprendizaje.

Abell y Anderson (1997) diseñaron un curso de métodos de ciencias elementales guiado por la orientación a la reflexión. En el curso, los futuros profesores participan en la reflexión dentro de cuatro contextos de curso únicos pero interrelacionados. A lo largo del

curso de métodos, los estudiantes reflexionan sobre la enseñanza de otros a través de casos de medios integrados de enseñanza de la ciencia del cambio conceptual; reflexionar sobre su propia enseñanza a través de experiencias de campo en una escuela asociada; reflexionar sobre las opiniones de los expertos a través de las lecturas del curso; y reflexionar sobre sí mismos como estudiantes de ciencias a través de la participación en actividades de aprendizaje de ciencias.

Las descripciones de estos cuatro focos forman el cuerpo de la investigación de Abell y Ryan (1997). Aunque los contextos del curso se presentan como discretos componentes, cada uno de los cuales brinda una oportunidad única para la reflexión sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, solo entretejiendo los cuatro componentes se crea un tejido integrado para ayudar a los futuros maestros a convertirse en maestros reflexivos de las ciencias.

- i) Reflexionar sobre la enseñanza de otros a través de medios como videos de estudios de caso.
- ii) Reflexionar sobre su propia enseñanza, por medio de sus prácticas educativas.
- iii) Reflexionar sobre las opiniones de los expertos acerca de la enseñanza, desde las lecturas propuestas en los programas de formación.
- iv) Reflexionar sobre sí mismo como aprendiz de ciencias, por intermedio de actividades científicas.

3. Objetivos del proyecto

3.1. Objetivo general

Realizar un proceso de formación docente que permita la integración del conocimiento pedagógico, tecnológico y de contenido en relación con la enseñanza del sonido en profesores en ejercicio.

3.2. Objetivos específicos

1. Identificar los elementos teóricos y metodológicos que permitan integrar el conocimiento pedagógico, tecnológico y de contenido (TPACK) en la enseñanza del sonido, considerando los antecedentes investigativos y las herramientas de análisis (ReCo, PaPeRs).
2. Diseñar e implementar una propuesta de formación docente, fundamentada en el marco del TPACK y desarrollada bajo un proceso de orientación reflexiva, que facilite a los profesores de Física en ejercicio integrar el conocimiento pedagógico, tecnológico y de contenido para promover el aprendizaje del sonido en sus estudiantes.
3. Analizar la integración del conocimiento tecnológico, pedagógico y de contenido de los profesores de Física en ejercicio acerca del sonido a través de la implementación de la propuesta fundamentada desde la orientación reflexiva.

4. Metodología para resolver el problema de investigación

La elección de la metodología cualitativa se fundamenta en el objetivo general de la investigación y la naturaleza misma del fenómeno de estudio, el escoger el estudio de caso como tipo de investigación responde a los objetivos específicos, donde el estudio de caso permitirá identificar y analizar la transformación del conocimiento tras la integración del conocimiento tecnológico, pedagógico y de contenido de los profesores de Física en ejercicio acerca del sonido a través de la implementación de la propuesta fundamentada desde la orientación reflexiva.

En este sentido, se pretende realizar un proceso de formación docente que permita la integración del conocimiento pedagógico, tecnológico y de contenido en relación con la enseñanza del sonido en dos profesores de física en ejercicio, pretendiendo generar un cambio en el estudio de caso a través de un proceso de formación docente que toma como base el marco del TPACK y la orientación reflexiva. Se asume como método de análisis de datos el análisis textual discursivo planteado por Moraes y Galiuzzi, (2006), método de particular interés considerando la naturaleza holística del TPACK del profesor, en el cual se desarrollan diferentes dimensiones de su conocimiento.

4.1. Planteamiento de la hipótesis

El problema de investigación se recogió en la pregunta: ¿Cómo realizar un proceso de formación docente que permita la integración del conocimiento pedagógico, tecnológico y de contenido en la enseñanza, aprendizaje y evaluación del sonido en profesores de Física en ejercicio de grado octavo?

Desde el marco conceptual de la orientación reflexiva de Abell y Bryan, (1997) se sustenta que la orientación reflexiva es un proceso en el cual el profesor, a través de la orientación de un experto en educación, obtiene la oportunidad de llevar a cabo “experiencias prácticas”, las cuales le facilita explicitar y confrontar sus ideas, creencias y valores acerca de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, a tal punto que estas ideas evolucionen progresivamente hasta lograr reevaluar y reformular sus teorías personales a la luz de una evidencia perturbadora (Candela y Viafara, 2014), con lo anterior se asume como hipótesis de investigación:

La elaboración de un proceso de formación docente bajo el marco del TPACK y dentro de un proceso de orientación reflexiva, permitirá que el profesor integre el

conocimiento pedagógico, tecnológico y de contenido para la enseñanza, aprendizaje y evaluación del sonido en grado octavo.

4.2. Verificación de la hipótesis: Fundamentos de la investigación

Esta propuesta adopta una metodología de investigación cualitativa, teniendo en cuenta que esta, como lo manifiesta Gutierrez (2000) tiene un gran impacto en la educación, particularmente en la enseñanza de las Ciencias, permitiendo superar la tradición experimentalista de tipo cuantitativo heredada del positivismo, dando lugar a nuevas interpretaciones de las situaciones educativas.

Bajo el término investigación cualitativa se agrupan diferentes tipos de investigaciones que comparten diferentes características. Desde la perspectiva de Bogdan y Biklen (1994) estas características son:

En la investigación cualitativa, la fuente directa de datos es el entorno natural, siendo el investigador el principal instrumento. En la investigación cualitativa, se asume que el comportamiento humano está significativamente influenciado por el contexto en el que ocurre, que los eventos pueden entenderse mejor si se observan en su contexto natural, teniendo en cuenta las condiciones de producción de datos, por lo que la presencia en el lugar es muy importante de investigación.

La investigación cualitativa es descriptiva. Los estudios cualitativos son ricos en detalles descriptivos que permiten caracterizar las realidades investigadas y que pueden ser utilizados para desarrollar categorías conceptuales, además de ilustrar, defender o desafiar supuestos teóricos de otros estudios relacionados

La investigación cualitativa está más interesada en el proceso que simplemente en el resultados o productos. El principal interés de la investigación cualitativa es estudiar en profundidad una situación problema, reconociendo cómo se evidencia en cada situación presentada en el contexto del problema, lo que permite llegar a una comprensión más integral de la situación y su desarrollo.

Los investigadores cualitativos tienden a analizar sus datos de manera inductiva. Comienza con preguntas amplias o focos de interés, que se vuelven más directos y específicos durante el transcurso de la investigación. Así, se generan hipótesis durante el desarrollo del proceso investigativo, ya que los datos recolectados son agrupados y sus análisis permiten la construcción de un marco coherente, que permite teorizar sobre el objeto de estudio (p.49-51).

4.3. Contexto general de investigación y selección de estudios de caso

La investigación se desarrolla en una Institución Educativa oficial del Departamento de Nariño, ubicada en el sector urbano de un municipio del departamento de Nariño. La Institución ofrece los niveles de educación preescolar, básica primaria, básica secundaria y media, es de carácter académico y cuenta con una población de 586 estudiantes, quienes están ubicados en estratos 1 y 2; el 40% de los estudiantes viven en zonas rurales del municipio, el 10% corresponde a población desplazada, el 20% pertenecen a población indígena y el 1% corresponden a estudiantes con otra Nacionalidad.

Es importante resaltar que, aunque en el sistema educativo colombiano, la Física como disciplina particular se enseña en los grados correspondientes a Educación media, grado diez y grado once, haciendo uso de la autonomía Institucional, la Física es orientada desde grado sexto a noveno con una intensidad de 1 hora semanal independiente de la Biología, en grado diez con una intensidad de 3 horas semanales y en grado once con una intensidad de 4 horas a la semana.

El contenido de interés de esta investigación “sonido”, es dada en grados octavos dentro de la Unidad de movimiento ondulatorio y se profundiza en el grado once.

En sección secundaria el comité de Ciencias Naturales está conformado por 4 profesores y el comité de matemáticas se conforma de 6 profesores. Es relevante destacar que los docentes nombrados en el área de matemáticas son los encargados de la enseñanza de la Física en grados octavo, noveno, décimo y once. La docente investigadora hace parte del comité de matemáticas y orienta Física en los grados octavo, noveno y décimo, y matemáticas en los grados novenos. El trabajo laboral es de 30 horas semanales en la Institución y 10 horas semanales en jornada de la tarde utilizadas en preparación de clases, corrección de exámenes, elaboración de proyectos, adicionalmente el comité de matemáticas se reúne una vez por semana para el desarrollo de jornadas pedagógicas, formulación de proyectos, ajustes a planes de área y aula, entre otras actividades.

En esta investigación se asume que el estudio de caso “es el estudio de la particularidad y de la complejidad de un caso singular, para llegar a comprender su actividad en circunstancias importantes” (Stake, 1999, p.17). El estudio de caso analizado corresponde a un estudio instrumental, dado el contexto educativo, en donde el número de profesores de física es limitado, para el caso de secundaria se cuenta con cuatro profesores que orientan la

enseñanza de la Física en educación secundaria, los cuales tienen diferentes formaciones y se desempeñan en un grado específico.

Respecto al estudio instrumental, Stake (1999) refiere que surge cuando “nos encontramos con una cuestión que se debe investigar, una situación paradójica, una necesidad de comprensión general, y consideraremos que podemos entender la cuestión mediante el estudio de un caso particular” (p.19).

Se seleccionarán dos estudios de caso, que corresponde a dos docentes que participarán del proceso de formación quienes orientan Física en secundaria, Los estudios de caso se seleccionaron teniendo en cuenta las diferencias que se presentan como años de experiencia y su formación profesional de base, un docente con formación profesional como ingeniero agrónomo con 15 años de experiencia y un docente Licenciado en Matemáticas con 35 años de experiencia. Se utilizarán dos instrumentos, la representación de contenido “ReCo” y los PaP-eRs (Repertorios de Experiencias Pedagógicas y Profesionales)

La elección de un estudio de caso puede apoyarse en tres razones según Rodríguez et al. (1996):

1. Su carácter crítico, es decir, en la medida en que el caso permite confirmar, cambiar, modificar o ampliar el conocimiento sobre el objeto de estudio.
2. Su carácter extremo o unicidad, pues parte de una situación que tiene un carácter específico y peculiar.
3. Finalmente, el carácter revelador del caso permite observar y analizar un fenómeno o hecho particular relativamente desconocido en la investigación educativa y sobre el cual pueden realizarse aportaciones de enorme relevancia.

Rodríguez et al., (1996) sugieren otros criterios complementarios de utilidad, aunque secundarios, a la hora de seleccionar casos, tales como:

- Facilidad para acceder al mismo y/o permanecer en el campo todo el tiempo que sea necesario.
- Existencia de una alta probabilidad de que se dé una mezcla de procesos, programas, personas, interacciones y/o estructuras relacionadas con las cuestiones de investigación.
- Posibilidad de establecer una buena relación con los informantes.
- Poder asegurar la calidad y credibilidad del estudio.

Dando continuación a lo expuesto en los objetivos, esta tesis doctoral plantea elaborar un proceso de formación de profesores en ejercicio asociada al fenómeno del sonido que permita la integración del Conocimiento Tecnológico Pedagógico de Contenido a través

de la reflexión, esto sustentado en tres fases que dan lugar al cumplimiento de los objetivos específicos anteriormente expuestos.

Descripción de los estudios de caso seleccionados

Los docentes participantes fueron identificados con seudónimos con el fin de preservar sus identidades.

El docente a quien llamaremos Julio, es licenciado en Matemáticas, se desempeña en la enseñanza de la Física y Matemáticas en secundaria y media en una Institución Educativa oficial del departamento de Nariño y al inicio del proceso formativo contaba con 35 años de experiencia en el área de desempeño. Se procedió a realizar un primer análisis del contenido de la Re-Co como uno de los elementos para lograr identificar el TPACK del docente. Julio es un licenciado quien ingresó a la carrera docente adscrito al decreto 2277 de 1979.

El segundo estudio de caso corresponde al docente a quien llamaremos Genaro, es ingeniero Agrónomo, Magíster en Gestión de la Tecnología Educativa, se desempeña en la enseñanza de la Ciencias naturales, Física, Matemáticas en secundaria y Química en educación media; Al momento de iniciar la investigación contaba con 15 años de experiencia en el área de desempeño. El profesor se encuentra adscrito al magisterio docente mediante el decreto 1278 de 2002, el cual establece dentro de sus normas, el ingreso a la carrera docente por concurso de méritos no solo para profesionales licenciados, sino que está dirigido también a profesionales de diferentes carreras y que según su afinidad define el área en la cual pueden desempeñarse, el concurso incluye una prueba escrita; la cual evalúa competencias matemáticas, de lectura crítica, pedagógicas, psicotécnicas y competencias específicas en el área de desempeño, además de una entrevista y revisión de hoja de vida del aspirante.

Los criterios para su selección fueron orientar sonido en sección secundaria, además del interés del docente por participar en la investigación, compartir experiencias entre los docentes y de forma colectiva poder mejorar la práctica educativa. En el caso del profesor Genaro, es de importancia su estudio particular, ya que permite analizar como profesionales con una formación de base distinta a quienes se formaron como licenciados, asumen la enseñanza de las Ciencias Naturales.

Para efectos de la selección del presente estudio de caso, se socializó de manera inicial la propuesta de formación con los directivos docentes, el Rector y el Coordinador de la Institución Educativa, se acordaron los espacios para el desarrollo de la propuesta, los cuales estuvieron conformados por encuentros presenciales y encuentros virtuales, los encuentros

virtuales se desarrollaron extra clases y los encuentros presenciales tuvieron lugar en las horas libres dentro de la jornada escolar en acuerdo con los docentes participantes del proceso formativo, cabe resaltar que el primer encuentro donde se socializó la propuesta se realizó presencial para todos los docentes en la semana de desarrollo Institucional, además algunas sesiones virtuales con los docentes se implementaron de forma individual.

Una diferencia significativa entre los dos estudios de caso que conforman esta investigación es que, mientras al profesor Julio permitió la observación de clases durante el desarrollo del proceso investigativo, el profesor Genaro no permitió la observación directa de sus prácticas en el aula. Esta situación, lejos de constituir una debilidad metodológica, se interpreta desde el enfoque cualitativo como una fuente valiosa de información y análisis.

La investigación cualitativa reconoce el valor de comprender las realidades tal como se presentan, incluyendo tanto lo que ocurre como lo que no ocurre, lo que se permite como lo que se restringe. En este sentido, la negativa del docente a ser observado se convierte en un dato en sí mismo, que puede ser analizado como expresión de su posicionamiento profesional, su concepción de la práctica o incluso como un indicio de tensiones entre el discurso y la acción docente.

Desde esta perspectiva, la ausencia de observación directa en el caso de Genaro no invalida el análisis, sino que enriquece la comprensión de la diversidad de realidades docentes, permitiendo contrastar cómo se expresa el conocimiento profesional tanto en la acción como en la omisión, en la exposición como en la reserva. Esta diferencia busca ser comprendida críticamente como parte del entramado complejo que configura el proceso de formación y reflexión docente.

4.4. Fases del proceso investigativo

Fase 1: Identificación de los elementos teóricos que permitan reconocer una integración del conocimiento tecnológico, pedagógico y de contenido para la enseñanza, aprendizaje y evaluación del sonido.

Fase 2: Elaboración de una propuesta de formación docente acerca del sonido desde el TPACK y la orientación reflexiva

Fase 3: Análisis de la integración del conocimiento tecnológico, pedagógico y de contenido de los profesores de Física en ejercicio acerca del sonido a través de la implementación de la propuesta

En el estudio de caso, el fenómeno de interés necesita para ser comprendido estar inmerso en el contexto en el que ocurre, del cual forma parte, y debe ser analizado en una perspectiva integradora, y esta será la manera de llegar a la comprobación de la hipótesis descrita con anterioridad.

Sobre esto Zuluaga (2017) expone:

Para ello, el investigador se adentra en el campo, buscando captar el fenómeno en estudio, desde la perspectiva de las personas involucradas en él, considerando todos los puntos de vista, en el que se recolectan y analizan los diversos tipos de datos, con el fin de comprender la dinámica del fenómeno. Por lo tanto, la recopilación de datos debe incluir: entrevistas, observaciones, análisis de documentos y, según el enfoque, medidas estadísticas. (p. 84. Traducción propia)

Las fases de investigación y los instrumentos contruidos para la recolección de datos en cada una de las fases se describen en la **Tabla 4**

Tabla 4. Fases de la metodología

Fase	Objetivo	Instrumento
Fase 1: Identificación de los elementos teóricos que permitan reconocer una integración del conocimiento tecnológico, pedagógico de contenido para la enseñanza, aprendizaje y evaluación del sonido.	Identificar los elementos teóricos que permitan realizar una integración del conocimiento tecnológico pedagógico y de contenido para la enseñanza, aprendizaje y evaluación del sonido	Marco teórico del TPACK
Fase 2: Elaboración de una propuesta de formación docente acerca del sonido desde el TPACK y la orientación reflexiva	Elaborar un proceso de formación de profesores de Física en ejercicio que permita integrar el conocimiento tecnológico, pedagógico de contenido de los profesores de Física en estudio, acerca del fenómeno del sonido a	Adaptación de la orientación reflexiva al proceso de formación teniendo en cuenta los elementos del TPACK

través del marco conceptual del TPACK y la orientación reflexiva.

Fase 3: Análisis de la integración del conocimiento tecnológico, pedagógico y de contenido de los profesores de Física en ejercicio acerca del sonido a través de la implementación de la propuesta.	Analizar la integración del conocimiento tecnológico, pedagógico y de contenido de los profesores de Física en ejercicio acerca del sonido a través de la implementación de la propuesta fundamentada desde la orientación reflexiva	Grabación de sesiones Representación de contenido inicial (Re-Co), ampliada a TPACK Respuestas a cuestionarios orientados en cada sesión (Anexo A) Desarrollo de actividades propuestas en la literatura. Informes narrativos del docente sobre sus clases. (PaP-eRs) Entrevista final ReCo (representación del contenido).
---	--	--

Nota: Elaboración propia.

4.5 Descripción del desarrollo de las fases

4.5.1 Fase 1: Identificación de los elementos teóricos que permitan reconocer una integración del conocimiento tecnológico, pedagógico y de contenido para la enseñanza, aprendizaje y evaluación del sonido.

Para la primera fase, correspondiente a identificar los elementos teóricos que permitan realizar una integración del conocimiento tecnológico pedagógico y de contenido para la enseñanza, aprendizaje y evaluación del sonido; en primera instancia nos remitimos al análisis bibliográfico destacándose el marco del TPACK como aquel constructo que permite analizar cómo el docente integra tecnología, pedagogía y contenido (en este caso sonido) para que el contenido sea comprensible para los estudiantes, se destacan entonces los instrumentos que permiten identificar la existencia de tal integración como la representación de contenido (Re-Co) y los PaPeRs;

La propuesta de Loughran et al., (2004) denominada Representación de Contenido (Re-Co) y adaptada para la identificación de TPACK por Candela (2018) permite visualizar las ideas importantes sobre la enseñanza de sonido del profesor de física. Las preguntas de la ReCo ampliada como instrumento para ayudar a identificar el TPACK del profesor, propuesta por Candela (2018) consta de las siguientes preguntas:

1. ¿Que intenta que aprendan los alumnos alrededor de esta idea?, 2.- ¿Por qué es importante que los alumnos aprendan esta idea?, 3. ¿Qué más sabe respecto a esta idea (y que no incluya en sus explicaciones a sus alumnos?, 4. ¿Cuáles son las dificultades/limitaciones relacionadas con la enseñanza de esta idea?, 5 ¿Qué conocimientos acerca del pensamiento de los alumnos influyen en su enseñanza de esta idea?, 6 ¿Qué otros factores influyen en su enseñanza de esta idea?, 7. ¿Qué tecnologías digitales estándar empleas para planear y gestionar el aprendizaje de la idea?, 8. ¿Cuáles son las formas digitales y no digitales que utilizas con el fin de representar y formular la idea?, 9. ¿Cuáles son las herramientas digitales (ej., animaciones, simuladores, laboratorios virtuales, entre otros) más convenientes que utilizas para representar la idea en consideración, y en qué criterios apoyas dicha intención de diseño?, 10 ¿Cuáles procedimientos de enseñanza emplea? (y las razones particulares de su uso con esa idea), 11. ¿Cuáles actividades de aprendizaje mediadas o no por las tecnologías digitales empleas con el fin de ayudar a los estudiantes a superar sus dificultades y concepciones alternativas sobre la idea bajo consideración? ¿Qué juicios pedagógicos apoyan el diseño de dichas actividades?, 12. ¿Qué formas específicas de evaluación del entendimiento o de la confusión de los alumnos emplea alrededor de esta idea?

El modelo original propuesto por Loughran et al., (2004) se basa en la construcción de herramientas para hacer visible el PCK de los profesores, particularmente a través de la ReCo (Content Representation por sus siglas en inglés) y los PaP-eRs (Pedagogical and Professional-experience Repertoires). Estas herramientas permiten explorar cómo los docentes transforman su conocimiento disciplinar en conocimiento que puede ser enseñado, aprendido y evaluado, mediante la reflexión sistemática sobre sus decisiones pedagógicas. La ReCo se articula en torno a ideas centrales del contenido y una serie de preguntas que guían la identificación del conocimiento del profesor, mientras que los PaP-eRs relatan experiencias de enseñanza que ilustran este conocimiento en acción.

En esta investigación, como se mencionó anteriormente no se utilizó directamente la ReCo propuesta por Loughran et al., (2004), sino que se partió de la ReCo ampliada a TPACK, propuesta por Candela (2018). Esta adaptación integra los componentes del modelo

TPACK (Mishra y Koehler, 2006) en la estructura de preguntas originales, con el fin de explorar no solo el PCK sino también las dimensiones tecnológicas del conocimiento docente.

Reconociendo el valor del modelo original, esta investigación asume una postura metodológica, en la que se reconoce que la ReCo utilizada es un instrumento pertinente para el objetivo de caracterizar la integración del TPACK en el contexto de profesores en ejercicio. Esta decisión se justifica teniendo en cuenta que la ReCo adaptada por Candela (2018) ha sido utilizada y validada en investigaciones centradas en la formación de docentes de Ciencias, lo cual facilita su comprensión y aplicación, dado que esta tesis se enmarca en la integración del conocimiento tecnológico pedagógico de contenido, la versión ampliada permite abordar explícitamente el uso pedagógico de tecnologías en la enseñanza del sonido, además la estructura de preguntas de la ReCo ampliada ofrece un corpus valioso para la reflexión docente y para el análisis textual discursivo (ATD), técnica metodológica adoptada en esta investigación. Además, permite una articulación sistemática con las categorías a priori que organizan el análisis de datos.

Los Repertorios de experiencias Profesionales y Pedagógicas (PaP-eR) son relatos narrativos contruidos por Loughran et al., (2001), con el fin de complementar los datos obtenidos en la Re-Co, ya que una limitación de la Representación de Contenido es que solo aborda lo referido a la planificación del trabajo docente, sin analizar el proceso mismo de la enseñanza en acción, la elaboración de los PaP-eRs como lo manifiestan Candela y Viafara (2014):

Permiten evidenciar la intuición del profesor durante el acto educativo, estos retratos narrativos de los pensamientos, juicios, tomas de decisiones y acciones inteligentes de los profesores, tienen como función clave brindarle al lector la posibilidad de “ver” las múltiples interacciones entre los elementos del conocimiento pedagógico de contenido. (p. 97)

Los PaP-eR pueden ser contruidos a través de las descripciones e interpretaciones hechas por el investigador acerca de la narrativa del profesor durante las clases, las entrevistas y las discusiones de los elementos claves de la ReCo de un tópico específico, así, los PaP-eR por consiguiente emergen desde la práctica actual del profesor y dependen de ella (Loughran et al., 2004)

Como lo manifiesta Candela y Viafara (2014), la Re-Co y los PaP-eRs enfocados a través de una orientación reflexiva

brindan la oportunidad de diferenciar e integrar de manera progresiva los aspectos pertinentes de la ciencia y la educación en ciencias a partir de situaciones reales de enseñanza, brindando las oportunidades de poner en interacción sinérgica los conocimientos, creencias y valores sobre la enseñanza que se hayan construido. (p. 102)

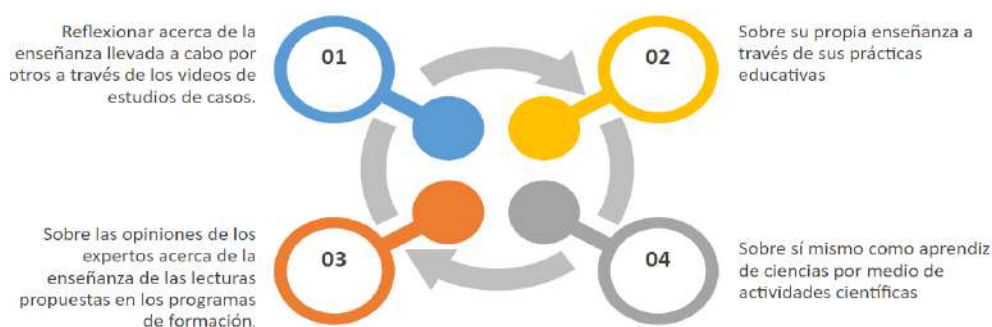
Existe así una complementación entre la Re-Co y los PaP-eRs, mientras la primera declara el conocimiento pedagógico de contenido del profesor, los PaP-eRs hace explícito el conocimiento práctico del maestro.

Se plantea en esta fase de la investigación complementar la información recogida en la Re-Co con Pa-PeRs enfocados hacia el estudio del conocimiento tecnológico, conocimiento pedagógico y conocimiento de contenido (sonido), los cuales se enfocarán en analizar la sincronía de las respuestas a la Re-Co con relatos narrativos del maestro a través de su práctica para esto se realizará observación de clases (en el caso del profesor Julio que si las permitió) y análisis de la planeación y ejecución del maestro sobre sus clases respecto al sonido.

4.5.2 Fase 2: Elaboración de una propuesta de formación docente acerca del sonido desde el TPACK y la orientación reflexiva

Continuando con la fase 2 y para efectos de la elaboración e implementación del curso de formación docente que permita la integración del conocimiento tecnológico, pedagógico de contenido, se toma como base la orientación reflexiva, metodología planteada por Abell y Bryan (1997), compuesta por cuatro elementos que se representan en la figura 4:

Figura 4 Elementos de la orientación reflexiva de Abell y Bryan (1997).



Nota: Abell y Bryan (1997)

Para efectos de la presente investigación se ha realizado una adaptación de la metodología de orientación reflexiva de Abell y Bryan (1997) ver **Tabla 5**

Tabla 5. Adaptación de la metodología de orientación reflexiva de Abell y Bryan (1997)

Elemento de orientación reflexiva planteado por Abell y Bryan (1997)	Elemento adaptado a la investigación
Reflexionar acerca de la enseñanza llevada a cabo por otros a través de los videos de estudios de casos.	Reflexionar acerca de la enseñanza de la Física, llevada a cabo por otros y documentada en la representación de contenido Reflexionar acerca de la enseñanza del sonido, llevada a cabo en los libros de textos
Sobre su propia enseñanza a través de sus prácticas educativas	Sobre su propia enseñanza del sonido a través de la reflexión de su representación de contenido ampliada a TPACK
Sobre las opiniones de los expertos acerca de la enseñanza de las lecturas propuestas en los programas de formación.	Reflexionar sobre las opiniones de los expertos acerca de la enseñanza en las lecturas propuestas en los programas de formación.
Sobre sí mismo como aprendiz de ciencias por medio de actividades científicas	Sobre sí mismo como aprendiz de ciencias por medio de actividades de aprendizaje de la naturaleza del sonido documentadas en la literatura.

Nota: Elaboración propia.

A partir de lo anterior fue posible plantear un proceso de formación docente centrado en la integración y desarrollo del conocimiento profesional docente desde una orientación reflexiva, que considera tanto la experiencia individual como la interacción con saberes expertos desde las lecturas especializadas y situaciones contextualizadas. La adaptación de la propuesta de Abell y Bryan (1997) permitió resignificar sus componentes reconociendo la importancia de analizar representaciones de contenido propias y ajenas, revisar críticamente los discursos presentes en los textos escolares, y vincularse con la literatura especializada como fuente de diálogo y cuestionamiento. Esta reconfiguración facilitó la construcción de espacios en los que los docentes participantes pudieron reconstruir sus concepciones, prácticas y conocimientos en torno al contenido, la pedagogía y la tecnología, promoviendo

un proceso formativo coherente con los principios del marco TPACK y con una mirada crítica sobre su propio aprendizaje.

La orientación reflexiva propuesta por Abell y Bryan (1997) fue adaptada en cinco dimensiones, estas no solo guiaron el diseño, sino que permitieron analizar la reflexión promovida en el proceso formativo y presente en los relatos, entrevistas y representaciones de contenido de los docentes. Estas dimensiones, formuladas desde el diseño del proceso, se emplean dentro de un análisis transversal, enriqueciendo la comprensión sobre la integración del conocimiento tecnológico pedagógico del contenido.

Además de las dimensiones asociadas a la orientación reflexiva, se consideraron niveles de la reflexión docente, adoptando la propuesta de Van Manen (1977), quien propone tres niveles de reflexión que permiten comprender con mayor profundidad el tipo de pensamiento que moviliza el profesorado en su práctica. La reflexión técnica, esta se vincula con la selección de estrategias pedagógicas y modelos de enseñanza eficaces para alcanzar los aprendizajes estipulados en el currículo. La reflexión práctica, por su parte, implica analizar los supuestos que subyacen a las decisiones instruccionales y curriculares, considerando sus posibles efectos tanto en lo personal como en lo social. Finalmente, la reflexión crítica interpela los fundamentos sociales y políticos del currículo oficial e institucional, abriendo la posibilidad de repensar la enseñanza desde una perspectiva ética orientada hacia la justicia y la equidad.

Validación y reformulación del proceso formativo: aportes desde una pasantía internacional

El diseño del proceso formativo no fue concebido como un esquema cerrado, sino como una propuesta flexible y en constante revisión. En esta línea, gran parte de las sesiones fueron validadas y ajustadas a partir de una pasantía de investigación desarrollada en la Universidad Federal do Pará (Brasil), en el marco del trabajo doctoral.

Durante esta experiencia internacional, a través del diseño e implementación de un minicurso se presentó el proceso formativo, se compartieron los materiales y se discutieron sus fundamentos con investigadores especializados en la formación de profesores de ciencias. Las observaciones surgidas en ese espacio académico permitieron reformular preguntas orientadoras, redefinir algunas de las actividades propuestas y fortalecer la coherencia pedagógica de cada sesión, en particular en lo que concierne a la articulación entre el modelo TPACK, la orientación reflexiva y los instrumentos empleados (como la ReCo).

Este ejercicio de validación externa no solo posibilitó ajustes específicos en el diseño, sino que también reafirmó la pertinencia del proceso formativo como experiencia de reflexión profesional situada.

En consecuencia, el proceso formativo finalmente aplicado se estructuró en siete sesiones, las cuales son el resultado del proceso de adaptación de las etapas de la orientación reflexiva, (1) reflexionar acerca de la enseñanza de la Física llevada a cabo por otros, (2) reflexionar sobre la enseñanza del sonido en los libros de texto, (3) reflexionar sobre la propia enseñanza del sonido, (4) reflexionar sobre las opiniones de expertos, y (5) reflexionar sobre sí mismo como aprendiz de ciencias. Estas dimensiones no se abordaron de forma jerárquica ni lineal, sino que se entrelazaron a lo largo de las siete sesiones.

La sesión 1 sirvió como introducción que justifica la aplicación de la propuesta y enmarca una introducción hacia el TPACK, la sesión 2 permitió trabajar la dimensión 1 mediante el análisis de representaciones de contenido elaboradas por otros docentes. La sesión 3 se centró en la dimensión 3, al invitar a los participantes a reflexionar sobre su propia enseñanza del sonido a través del diligenciamiento de la ReCo ampliada a TPACK. En la sesión 4 se abordaron principalmente las dimensiones 4 y 1, al analizar textos especializados sobre concepciones alternativas y dificultades de enseñanza del sonido, así como propuestas didácticas de expertos. La sesión 5 se orientó a la dimensión 2, al comparar libros de texto escolares con textos científicos históricos. La sesión 6 retomó la dimensión 3 y la articuló con la dimensión 4 al profundizar en el uso de la tecnología en la enseñanza del sonido a partir de sus propias experiencias y de textos especializados. Finalmente, la sesión 7 se centró en la dimensión 5, al situar a los docentes como aprendices en una experiencia sensorial e histórica vinculada a la cualidad del tono. La articulación de estas dimensiones favoreció un proceso de reflexión profesional desde diferentes perspectivas, permitiendo a los docentes tensionar sus saberes, prácticas y decisiones en torno a la enseñanza, aprendizaje y evaluación del sonido. Esto se describe en la **Tabla 6**

Tabla 6. Relación entre sesiones y dimensiones adaptadas de la orientación reflexiva

Sesión	Descripción breve	Dimensión(es) trabajada(s)
1	Introducción general al curso y justificación de la propuesta, presentación del marco TPACK	(Sesión introductoria – exploratoria)

Sesión	Descripción breve	Dimensión(es) trabajada(s)
2	Análisis de representaciones de contenido elaboradas por otros docentes	1. Reflexionar acerca de la enseñanza de la Física llevada a cabo por otros y documentada en representaciones de contenido
3	Reflexión sobre la propia enseñanza mediante el diligenciamiento de la ReCo ampliada a TPACK	3. Sobre su propia enseñanza del sonido a través de la reflexión de su representación de contenido ampliada a TPACK
4	Análisis de textos especializados y propuestas didácticas sobre la enseñanza del sonido	1. Reflexionar sobre la enseñanza de la Física por otros4. Reflexionar sobre las opiniones de expertos
5	Comparación entre libros de texto escolares y textos científicos históricos	2. Reflexionar sobre la enseñanza del sonido llevada a cabo en los libros de texto
6	Profundización sobre el uso de tecnología en la enseñanza del sonido y análisis de textos especializados	3. Reflexionar sobre su propia enseñanza4. Reflexionar sobre las opiniones de expertos
7	Experiencia como aprendices a través de actividades sensoriales e históricas sobre el sonido (tono)	5. Sobre sí mismos como aprendices de ciencias

Nota: Elaboración del autor

A continuación, se detallan cada una de las sesiones y sus actividades en enseñanza, aprendizaje y evaluación:

Sesión 1. Introducción al conocimiento tecnológico, pedagógico de contenido.

Pregunta base: ¿Cómo se integra la tecnología a la escuela?

Propósito

Comprender el marco teórico del conocimiento tecnológico pedagógico del contenido (TPACK) permitiendo una reflexión crítica sobre las condiciones y desafíos para integrar la tecnología en el contexto escolar actual.

Tiempo: 3 horas

Material de referencia: Angeli, y Valanides (2009), Koehler y Mishra (2006), Shulman (1986)

Descripción del encuentro

Este primer encuentro tuvo como propósito presentar el modelo TPACK como marco teórico para comprender el conocimiento profesional docente en la era digital, así como problematizar su aplicación en los contextos de enseñanza, aprendizaje y evaluación

La sesión fue aplicada a todos los docentes de la Institución Educativa, dado que, en una

primera instancia, se presentó la propuesta de investigación a los directivos docentes, quienes consideraron pertinente la participación de todos los docentes, considerando la relevancia de la propuesta doctoral en el marco del convenio MEN-ICETEX.

El encuentro se organizó en tres momentos principales: una introducción conceptual, una lectura crítica y una reflexión individual y grupal.

En la primera parte, se socializó la pregunta base que guiaría la sesión: ¿Cómo se integra la tecnología a la escuela? A partir de ella, se propuso una discusión inicial en torno al significado de la tecnología, su papel en el aula y sus implicaciones pedagógicas.

A los participantes se les presentó un código QR que los condujo a un formulario en Google Forms, donde debían responder las siguientes preguntas: ¿Qué entendemos por tecnología?, ¿Cómo se integra la tecnología en la escuela?, ¿Realmente el conocer las tecnologías implica un buen uso de la misma con fines educativos?

Actividad de enseñanza-aprendizaje

Tras la socialización de las respuestas obtenidas en el formulario, se discutieron las percepciones iniciales de los docentes, Las respuestas mostraron que para los docentes, la tecnología no solo es un conjunto de artefactos, sino también un sistema de métodos y estrategias orientadas a hacer más eficiente el aprendizaje. Además, identificaron usos concretos en la planificación, presentación de contenidos y evaluación.

En este sentido, Julio, uno de los docentes seleccionados como estudio de caso, afirmó:

“Que uno conozca una herramienta no quiere decir que sepa cuándo y por qué usarla. La tecnología tiene un gran potencial, pero es el docente quien le da sentido. Es su responsabilidad ética y pedagógica.” (UECSES1J05)

Posteriormente a la discusión en torno a las respuestas a las preguntas iniciales, se presentó el marco teórico del TPACK como una evolución del modelo PCK de Shulman (1986), destacando que integrar tecnología no es simplemente utilizar herramientas digitales, sino transformar las prácticas de enseñanza considerando los aprendizajes esperados, el contenido específico, las particularidades del contexto y las necesidades de los estudiantes.

A continuación, se llevó a cabo la lectura del texto de Mishra y Koehler (2006) "Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge". Luego de la lectura, los docentes respondieron un segundo formulario en Google Forms, que planteaba las siguientes preguntas: ¿Cómo los avances tecnológicos repercuten en la escuela

y cambian la manera de direccionar nuestras prácticas pedagógicas?, ¿Qué papel juega la tecnología en la escuela?, ¿Cómo lograr una integración de los conocimientos del docente?

En términos generales esta sesión permitió iniciar la apropiación del marco TPACK como herramienta para reflexionar sobre la práctica docente en contextos mediados por tecnología. Se evidenció un avance inicial en la comprensión del componente tecnológico no como una herramienta subsidiaria, sino como parte constitutiva de la planeación y gestión del conocimiento.

Sesión 2. Reflexionar acerca de la enseñanza de la Física, llevada a cabo por otros y documentada en la representación de contenido

Propósito

Analizar cómo es posible identificar el conocimiento tecnológico, pedagógico y de contenido (TPACK) en docentes, para esto se introdujo el estudio de Representaciones de Contenido (ReCo) buscando promover una reflexión sobre la enseñanza de la Física llevada a cabo por otros docentes.

Descripción de la sesión.

Actividad de enseñanza

Se presentó a los asistentes de qué manera es posible identificar el TPACK de los docentes alrededor de un contenido específico, para esto se introdujo la ReCo (Representación de contenido) ampliada a TPACK como instrumento cuyo papel no sólo es ayudar a documentar y representar el TPACK sino que desde la mirada de varios investigadores (Loughran, Berry y Mulhall, 2004; Bertram y Loughran, 2012; Candela, 2018; Candela, 2017; Hume y Berry, 2013) se ha comprendido que el desarrollo reflexivo de la ReCo dentro los cursos de formación de profesores de Ciencias, probablemente cataliza la identificación, explicitación y evolución del conocimiento de los profesores.

Posteriormente, se analizaron dos ejemplos de ReCo. El primero, tomado del trabajo de Godoy (2020), donde la autora desarrolla una ReCo sobre el contenido de movimiento. El segundo, proveniente del estudio de Reyes y Romero (2011), aquí se presenta la ReCo elaborada por una profesora considerada experta en la enseñanza del movimiento ondulatorio. Aunque esta última está orientada a documentar el PCK y no el TPACK, su uso es fundamental para ejemplificar el instrumento original planteado por Loughran y Berry (2004) y para comprender los elementos que caracterizan a un profesor experto, introduciendo las categorías que caracterizan a estos docentes según distintos autores, entre ellas: una visión flexible y comprensiva del contenido, capacidad de transformar el saber disciplinar en

conocimiento didáctico, planificación compleja, variedad en los ejemplos, uso de ejercicios contextualizados y aprendizaje a partir de la experiencia docente. Shulman (1986), García (1992), Gudmundsdottir (1990), Moral (1990), González (1991), Stein et al. (1990), Llinares et al. (1994)

La sesión contribuyó a la comprensión del TPACK desde la práctica docente mediante el análisis de representaciones concretas de enseñanza. Al analizar ReCo elaboradas por otros profesores, los participantes iniciaron un proceso de reconocimiento de los componentes del TPACK, lo cual fortalece su capacidad de reflexión crítica sobre su propia práctica.

Durante esta sesión, los docentes se mantuvieron en una actitud mayoritariamente pasiva. Aunque se presentaron dos ejemplos significativos de ReCo y se promovió el análisis conjunto, no surgieron muchas intervenciones ni preguntas por parte de los participantes. Esta actitud puede estar relacionada con el carácter introductorio del instrumento y con el hecho de que los ejemplos provenían de experiencias ajenas.

Sin embargo, esta actitud cambió en la siguiente sesión, cuando los docentes debían responder por sí mismos la ReCo sobre el contenido de sonido. En ese momento comenzaron a manifestarse inquietudes, especialmente respecto a la intencionalidad de cada pregunta del instrumento. Esto sugiere que el contacto directo con la ReCo como práctica activa despierta una reflexión más profunda y auténtica que la observación pasiva de ejemplos.

Sesión 3. Sobre su propia enseñanza del sonido a través de la reflexión de su representación de contenido ampliada a TPACK

Propósito

Promover un ejercicio reflexivo sobre la propia enseñanza del sonido mediante el diligenciamiento de la Representación de Contenido (ReCo) ampliada a TPACK.

Descripción del encuentro

Durante esta sesión, se invitó a los docentes a reflexionar sobre su propia enseñanza del sonido mediante el diligenciamiento del instrumento ReCo propuesto por Loughran et al., (2004) y ampliado a TPACK por Candela (2018), previamente entregado por correo electrónico y en físico. Se enfatizó que las respuestas debían estar fundamentadas en documentos de planificación y seguimiento: planes de área, planes de asignatura y plan de aula. La sesión giró en torno a la pregunta ¿Cómo ayuda la ReCo a reflexionar sobre mi enseñanza del sonido desde una perspectiva pedagógica, disciplinar y tecnológica?

Al comenzar la actividad, surgieron múltiples dudas sobre el sentido y la intención de las preguntas incluidas en la ReCo. Esto obligó a detener el ejercicio para explicar, con mayor profundidad, la intencionalidad de cada pregunta. Para ello, se retomó un cuadro analítico (Ver **Tabla 7**) que relacionaba cada pregunta del instrumento con su intención reflexiva y se ofrecieron ejemplos concretos previamente discutidos en la sesión 2.

Tabla 7. *Intencionalidad preguntas de la Representación de Contenido (ReCo)*

Pregunta Reco	Intencionalidad
1. ¿Qué intenta que aprendan los alumnos alrededor de esta idea?	Establecer metas de aprendizaje, ideas clave y conexiones curriculares.
2. ¿Por qué es importante que los alumnos conozcan esta idea?	Reflexionar sobre la relevancia del contenido desde lo conceptual y lo educativo.
3. ¿Qué más sabe respecto a esta idea (que no tiene la intención de que sus estudiantes conozcan)?	Identificar conocimientos del docente que se excluyen de la enseñanza, relación con el currículo oculto.
4. ¿Cuáles son las dificultades/limitaciones relacionadas con la enseñanza de esta idea?	Reconocer obstáculos didácticos o conceptuales en la enseñanza.
5. ¿Qué conocimientos acerca del pensamiento de los alumnos influyen en su enseñanza de esta idea?	Reconocer concepciones previas y su influencia en el diseño didáctico.
6. ¿Qué otros factores influyen en su enseñanza de esta idea?	Identificar elementos contextuales, sociales o personales que impactan la enseñanza.
7. ¿Qué tecnologías digitales estándar emplea para planear y gestionar el aprendizaje de la idea?	Identificar recursos digitales utilizados en la gestión del aula.
8. ¿Cuáles son las formas digitales y no digitales que utiliza con el fin de representar y formular la idea?	Analizar recursos concretos utilizados para presentar la idea en clase.
9. ¿Cuáles son las herramientas digitales más convenientes que utiliza para representar la idea?	Evaluar la pertinencia de herramientas digitales específicas en función del contenido.

en consideración, y en qué criterios apoya esta intención de diseño?

10. ¿Cuáles procedimientos de enseñanza emplea y las razones particulares de su uso?

Describir enfoques metodológicos y su justificación.

11. ¿Qué actividades de aprendizaje mediadas o no por tecnologías digitales usa para ayudar a superar dificultades o concepciones alternativas?

Diseñar estrategias didácticas alineadas con concepciones previas y obstáculos de aprendizaje.

12. ¿Qué formas específicas de evaluación del entendimiento o de la confusión de los alumnos emplea alrededor de esta idea?

Identificar formas de evaluación y su relación con la comprensión conceptual.

Nota: Adaptación: (Candela, 2018; Loughran et al., 2004)

La necesidad de comprender el instrumento llevó a un diálogo más activo y a un mayor nivel de reflexión por parte de los participantes. Fue necesario extender el trabajo más allá de una sola sesión para escuchar, dialogar y acompañar a cada docente en su proceso de diligenciamiento. Posteriormente, las respuestas escritas fueron profundizadas mediante entrevistas individuales, que permitieron ampliar y clarificar los elementos expresados inicialmente. Dichas respuestas fueron luego unitarizadas y categorizadas como parte del análisis textual discursivo de esta investigación bajo el código UExDnENT (Unidad empírica, número de unidad, Docente, entrevista).

Actividades de enseñanza: Presentación del cuadro analítico que relaciona pregunta e intención

Actividades de evaluación

- Presentación y socialización de las respuestas individuales al instrumento ReCo.
- Entrevistas de profundización a cada docente sobre sus respuestas.
- Recopilación de material para posterior unitarización y categorización.

La elaboración de la ReCo permitió a los docentes comenzar a identificar los componentes del TPACK presentes en su propia práctica. El proceso fue una autoreflexión que, aunque inicialmente difícil, se volvió más significativa a medida que los docentes fueron comprendiendo el sentido del instrumento. Las entrevistas permitieron captar tensiones, decisiones y justificaciones que enriquecen la comprensión del pensamiento y acciones que orientan al docente al momento de enseñar, aprender y evaluar sonido.

Esta sesión representó una transición clave en el proceso formativo: los docentes pasaron de una postura más pasiva a una participación activa, generada por el contacto directo con un instrumento que los interpela desde su propia práctica. Las dudas manifestadas fueron indicio de un involucramiento genuino con el ejercicio reflexivo. Acompañar este proceso no sólo permitió clarificar las intenciones de la ReCo, sino que cada uno de los involucrados en el proceso formativo (Investigadora y estudios de caso), tomarán conciencia de sus saberes sobre cómo se enseña, por qué se toma ciertas decisiones, qué se espera que aprendan los estudiantes o cómo interpreta las respuestas de ellos, saberes que no siempre están formalizados y que muchas veces se actúa "por experiencia", "por intuición", "porque siempre se ha hecho así", de aquí entonces que la reflexión sistemática permite también fortalecer el vínculo entre conocimiento implícito y explicitación profesional. (Tardif, 2002)

Textos de referencia: Candela (2018), Godoy (2020), Loughran et al., (2004), Reyes y Romero (2011)

Sesión 4. Reflexionando a partir de las opiniones de expertos sobre la enseñanza del sonido

Momento 1: El Conocimiento pedagógico de contenido (PCK) del profesor de Física sobre el sonido como componente constitutivo del TPACK

Propósito:

Reflexionar sobre las concepciones alternativas que los estudiantes presentan respecto al fenómeno del sonido y sobre las dificultades documentadas en la literatura para su enseñanza y aprendizaje, con esto se pretende fortalecer el conocimiento del docente.

Descripción del encuentro:

La pregunta que guio esta sesión fue ¿Qué concepciones tienen los estudiantes sobre el sonido y cómo estas influyen en el proceso de enseñanza, aprendizaje y evaluación? Una vez presentada la intencionalidad de la sesión se plantearon dos momentos claves, el primero consistió en realizar un diagnóstico de las concepciones de los estudiantes sobre sonido y que

han percibido los docentes en el proceso de enseñanza, aprendizaje y evaluación. Es así entonces que se solicitó a los docentes respondieran a las siguientes preguntas dispuestas en un formulario Google Form: ¿Qué concepciones previas tienen sus estudiantes sobre el sonido?, ¿Cómo utilizan las concepciones de sus estudiantes para enseñar el sonido?, ¿Estas ideas dificultan la enseñanza? ¿Por qué?, ¿Cuáles son las razones de las dificultades que pueden tener los estudiantes a la hora de conceptualizar el sonido?

Se socializaron y analizaron las respuestas, identificando patrones comunes en las dificultades de aprendizaje mencionadas por los docentes.

Momento 2: Análisis de las dificultades en el aprendizaje del sonido reportadas en la literatura.

Actividad de enseñanza-aprendizaje

Se entregó previamente a los docentes las lecturas: Razonamiento común en relación con el sonido, de Viennot (2002), y el artículo de Rico et al., (2021) denominado: Dificultades de aprendizaje del modelo de sonido: una revisión de la literatura. Ya en la sesión se presentó en power point un resumen de los principales aportes de Viennot (2002) y de la investigación realizada por Rico et al. (2021).

Posteriormente se propuso una discusión orientada sobre los siguientes ejes: i) Comparación entre las concepciones de sus propios estudiantes y las reportadas en la literatura. ii) Análisis de las causas de las dificultades de aprendizaje del sonido (dificultades de percepción, de abstracción, de conceptualización de ondas). iii) Identificación de las implicaciones para la enseñanza: ¿Qué deberían considerar los docentes a la hora de diseñar estrategias para abordar el sonido en el aula?

Momento 3: Analizando la enseñanza del sonido desde la propuesta de Castiblanco y Vizcaino (2010)

Actividad de enseñanza-aprendizaje

Con el fin de enriquecer la reflexión sobre la enseñanza del sonido, se propuso un tercer momento centrado en el análisis del artículo "Una secuencia didáctica para la enseñanza del sonido", de Castiblanco y Vizcaíno (2010). Este texto, previamente entregado a los docentes, presenta una propuesta estructurada de enseñanza del sonido basada en principios de metacognición, redes de significado y progresión conceptual, articulados en una secuencia de cuatro fases.

Durante la sesión, se realizó una presentación en powerpoint presentando los elementos del documento, acompañada de una actividad evaluativa compuesta por un

cuestionario mixto (preguntas cerradas y abiertas) disponible en Google Form. Las preguntas de selección múltiple, inspiradas en la fase 1 de la propuesta didáctica presentado por los autores, buscaron movilizar reflexiones sobre la percepción del sonido, la identidad sonora, las preferencias musicales y las relaciones afectivas con la música. Posteriormente, las preguntas abiertas permitieron a los docentes reflexionar sobre el texto, respondiendo a preguntas como: ¿Crees que la propuesta de Castiblanco y Vizcaíno presentan elementos innovadores?, ¿Cuál considera usted han sido esos elementos innovadores que pueda aplicar en su práctica docente?, ¿Qué similitudes encuentra entre la propuesta didáctica de los autores y la manera en que usted enseña el contenido de sonido?, ¿Que considera sería importante añadir a la propuesta de los autores?

Las respuestas generaron un espacio de discusión colectiva en el que se reconocieron como innovadores aspectos como la secuencia didáctica clara, el enfoque experiencial centrado en lo sensorial y la incorporación progresiva de elementos conceptuales. A su vez, los docentes valoraron positivamente la posibilidad de adaptar la propuesta a sus propios contextos, reconociendo puntos en común con sus prácticas, especialmente en lo que respecta a la contextualización del contenido. También se identificaron oportunidades de mejora, como la necesidad de una articulación más explícita entre el marco teórico y las actividades de aula, especialmente en lo que respecta a la modelación y el tratamiento matemático del sonido

Texto de referencia: Castiblanco y Vizcaíno (2010)

Sesión 5: Reflexionar acerca de la enseñanza del sonido, llevada a cabo en los libros de texto

Propósito: Fortalecer el conocimiento tecnológico y pedagógico del contenido (TPACK) de los docentes, a partir del análisis de textos científicos históricos y su comparación con textos escolares identificando implicaciones para la enseñanza

Momento 1. Tema de reflexión. El conocimiento del contenido como elemento fundamental del TPACK. Historia del concepto y naturaleza de sonido.

La sesión inició compartiendo con los docentes la pregunta que guía la investigación ¿Qué divergencias existen entre los textos científicos históricos y los libros escolares en torno a la actividad experimental y la representación de la naturaleza del sonido?

Posteriormente se inició con las actividades de enseñanza.

Actividad de enseñanza. A continuación, en la sesión, se presentó una organización teniendo en cuenta algunos momentos históricos que dan lugar a nuevas maneras de entender

cómo se entretajeron las ideas alrededor de la naturaleza del sonido y las tecnologías que median el aprendizaje.

Para esto se realizó una presentación en la cual se abordó:

- Una revisión histórica de los Textos científicos históricos (TCH) cuyos aportes conceptuales han sido fundamentales para el desarrollo de las ideas de Naturaleza y características del sonido y establecer la actividad experimental asociada al fenómeno
- Formulación de elementos orientadores derivados del estudio histórico para la enseñanza del sonido

Durante esta sesión se presentó el análisis de la actividad experimental presente en los libros de textos científicos históricos sobre la naturaleza del sonido y su comparación con el análisis de los libros de textos escolares utilizados en la educación secundaria y media alrededor del sonido. Para ello, se presentó un análisis documental de escritos histórico-científicos sobre la naturaleza del sonido y el análisis del texto escolar de una editorial reconocida en Colombia para la enseñanza de la física.

Actividad de aprendizaje. Una vez realizada la presentación se solicitó a los asistentes responder a las preguntas: ¿Qué aspectos tienen en común y que divergencia hay entre la retórica de los textos escolares y los textos científicos originales alrededor de la actividad experimental, que permitan destacar aspectos significativos para la enseñanza de la naturaleza del sonido en la educación media? ¿Qué tan frecuentemente utilizan los libros de textos para la enseñanza, aprendizaje y evaluación del sonido? ¿Qué elementos son semejantes o diferentes de los textos escolares usados en sus aulas?

Textos de referencia: Caleon y Ramanathan (2008), Bolaños y García (2023).

Sesión 6. Reflexionando sobre la integración tecnológica en la enseñanza del sonido: representación del contenido y toma de decisiones desde el TPACK

Propósito: Reflexionar sobre el papel de la tecnología en la enseñanza, aprendizaje y evaluación del concepto de sonido, promoviendo la integración del conocimiento tecnológico, pedagógico y de contenido (TPACK) a partir de la revisión de prácticas propias y el análisis crítico de textos especializados

Momento 1. La importancia de las competencias digitales en la enseñanza, aprendizaje y evaluación de sonido. Análisis desde la integración tecnológica para enseñar sonido desde la literatura

Actividad de enseñanza-aprendizaje. Partiendo del contexto de la “enseñanza remota de emergencia” el cual se convirtió en un fenómeno mundial debido al COVID-19,

provocando un cambio temporal a la enseñanza en línea (Hodges et al., 2020) se evidencia la necesidad de ser competentes tecnológicamente, y estas habilidades aplicarlas a nuestro ejercicio docente, a pesar de vivir en un mundo tecnologizado y de conocer las herramientas tecnológicas esto no significa que se tenga la habilidad de reflexionar alrededor de ellas y de incorporarlas adecuadamente a los procesos de enseñanza, aprendizaje y evaluación en el aula, autores como Maderick et al., (2016) recalca la importancia de las competencias digitales en los docentes entendidas como las habilidades que el docente posee para hacer uso de la tecnología más allá de la sola idea de conocerlas resalta que el reconocer las tecnologías y el haber nacido en una era digital no garantiza que los futuros profesores puedan hacer un uso correcto de ella más allá de la sola herramienta.

Desde la Filosofía de la tecnología y el reconocimiento histórico de la construcción de conocimiento permitirá a los maestros reflexionar sobre la integración de tecnología en el aula.

Se analizó en esta sesión textos donde se incluye la tecnología en el proceso de enseñanza del sonido, y se planteó responder a las preguntas: ¿De qué manera se relaciona la tecnología con el rol del profesor? Desde su rol de profesor ¿cómo ha utilizado la tecnología en sus labores diarias?, ¿cuáles son las problemáticas que percibe? y ¿para qué hace uso de la tecnología?

Después de responder estas preguntas, se socializó una presentación donde se abordó la lectura “Actividades didácticas para el tono como cualidad del sonido, en cursos de física del nivel básico, mediadas por la tecnología digital. Enseñanza de Las Ciencias” (Cuevas et al., 2017). Se solicitó a los dos docentes responder un cuestionario en Google Form con las siguientes preguntas: ¿Qué estrategias se usaron para representar el concepto de tono? ¿Son digitales, analógicas o híbridas?, ¿Qué tipo de conocimientos docentes se requieren para implementar una actividad como esta?, ¿Cuáles decisiones del diseño le parecen pedagógicamente fundamentadas?, ¿Qué aprendizajes o dificultades podrían derivarse para los estudiantes?, ¿Qué condiciones deben darse para que la tecnología no solo acompañe, sino transforme la forma en que enseñamos y evaluamos el concepto de sonido?

Actividad de evaluación. Se analizaron conjuntamente las respuestas dadas por los docentes. Posteriormente se solicitó también reflexionar frente a las respuestas a las preguntas de la Representación de Contenido en relación a sus ideas para enseñar, aprender y evaluar sonido.

¿Qué tecnologías digitales estándar empleas para planear y gestionar el aprendizaje de la idea?

¿Cuáles son las formas digitales y no digitales que utilizas con el fin de representar y formular la idea?

¿Cuáles son las herramientas digitales (ej., animaciones, simuladores, laboratorios virtuales, entre otros) más convenientes que utilizas para representar la idea en consideración, y en qué criterios apoyas dicha intención de diseño?

¿Cuáles procedimientos de enseñanza emplea? (y las razones particulares de su uso con esa idea)

¿Cuáles actividades de aprendizaje mediadas o no por las tecnologías digitales empleas con el fin de ayudar a los estudiantes a superar sus dificultades y concepciones alternativas sobre la idea bajo consideración? ¿Qué juicios pedagógicos apoyan el diseño de dichas actividades?

¿Qué formas específicas de evaluación del entendimiento o de la confusión de los alumnos emplea alrededor de esta idea?

Textos de referencia: Cuevas et al., (2017)

Momento 2. Para finalizar la sesión se solicitó a cada uno de los asistentes responder nuevamente las preguntas de la ReCo (Representación de contenido), ampliada a TPACK por Candela (2018), para esta última actividad se dió un tiempo a los participantes de diligenciar la ReCo.

Sesión 7. Sobre sí mismo como aprendiz de ciencias por medio de actividades de aprendizaje de la naturaleza del sonido documentadas en la literatura.

Propósito: Que los docentes reflexionen sobre su enseñanza del sonido a partir de la vivencia como aprendices, explorando la cualidad del tono mediante la experiencia con copas de cristal descrita por Galileo en la Segunda Jornada del Diálogo sobre dos nuevas ciencias.

Esta experiencia busco conectar la percepción sensorial, la experimentación, la historia de la ciencia y la explicación conceptual, promoviendo una comprensión más profunda del fenómeno sonoro y sus posibilidades didácticas.

Material de referencia

Video de copas de cristal <https://www.youtube.com/watch?v=SieK0RbVCwo>

Fragmento de la Segunda Jornada del Diálogo sobre dos nuevas ciencias de Galileo.

Preguntas orientadoras

¿Qué sucede con el tono emitido cuando alteramos el nivel del agua en la copa de cristal?

Y si se cambia el agua por otro líquido, ¿qué sucede?

Y si la copa no fuera de cristal, ¿qué sucedería?

¿Cuál es el papel del cristal?

¿Qué propiedades del líquido podrían influir en el tono? ¿Y del material de la copa?

¿Cómo se construyó tu explicación? ¿En qué cambiaste tu opinión?

Descripción de la sesión: Se presentó un video donde una copa de cristal produce un sonido al ser frotada con el dedo húmedo. Se invitó a los docentes a formular preguntas a partir de lo observado, anticipando posibles explicaciones físicas del fenómeno. Finalmente, se discutieron las implicaciones didácticas de esta experiencia para pensar la enseñanza del sonido desde el lugar del aprendiz.

Finalmente, los docentes reflexionaron con las siguientes preguntas: ¿Cómo suele usted enseñar el tono del sonido en sus clases?, ¿Qué herramientas tecnológicas ha utilizado para representar esta cualidad del sonido?, ¿Sus estudiantes comprenden el tono como una propiedad física o como una experiencia auditiva?, ¿Qué dificultades ha encontrado al enseñar este concepto?, ¿Qué dificultades conceptuales se observan en sus estudiantes al trabajar el tono?, ¿Cómo podría aprovechar las ideas previas de sus estudiantes en una secuencia didáctica?, ¿Qué importancia tienen las representaciones gráficas en la comprensión del sonido?, ¿Cree que el uso de la tecnología contribuye realmente al cambio conceptual en los estudiantes?, ¿Cómo evaluaría si sus estudiantes lograron un cambio conceptual respecto al tono?

4.5.3 Fase 3. Análisis de la integración del conocimiento tecnológico, pedagógico y de contenido de los profesores de Física en ejercicio acerca del sonido a través de la propuesta orientada

Finalmente se evaluará el desarrollo de TPACK de los docentes participantes. Para el procesamiento y reflexión de los datos se utilizará el análisis textual discursivo de Moraes y Galiazzi (2006, 2011). El cual consta de las siguientes etapas:

1. **Unitarización:** Esta fase implica descomponer el texto en estudio con el propósito de identificar y extraer los fragmentos más significativos para la investigación, es decir,

aquellas porciones del discurso que portan sentido y resultan relevantes tanto para el tema abordado como para el investigador.

2. **Categorización:** En este paso, se agrupan las unidades de significado previamente identificadas en torno a categorías, que pueden ser establecidas antes del análisis (a priori) o surgir durante el proceso (emergentes). Esta organización ocurre de forma progresiva en tres niveles: una categorización preliminar, una intermedia y una final. El análisis textual discursivo permite emplear diversas estrategias para construir nuevas comprensiones, ya sea a partir del reconocimiento inductivo e intuitivo de categorías emergentes (Zuluaga, 2017) o partiendo de esquemas preestablecidos que pueden reorganizarse conforme avanza el análisis (Magnusson et al., 1999). En ambos casos, las categorías no son estructuras rígidas, sino construcciones teóricas que el investigador afina en diálogo constante con el corpus.
3. **Comunicación:** Esta etapa corresponde a la elaboración del metatexto, una producción escrita en la que el investigador describe, interpreta y teoriza sobre el fenómeno investigado, articulando las categorías generadas con los fragmentos textuales seleccionados. La calidad del análisis no se limita a criterios de validez o confiabilidad, sino que también se fundamenta en la solidez argumentativa del investigador, quien asume un rol activo como autor de las interpretaciones (Moraes y Galianzi, 2011). A lo largo del proceso, se lleva a cabo un trabajo constante de revisión de las descripciones, interpretaciones y argumentos, con el fin de lograr una mediación significativa entre texto y sentido. Además, cada unidad de significado identificada es nombrada cuidadosamente para potenciar su aporte a la comprensión del fenómeno.

5. Recolección de datos

Los datos recolectados provinieron de tres fuentes principales: el desarrollo de la Re-Co inicial y final, los PaP-eRs y la producción oral y escrita del docente durante el proceso de identificación del conocimiento y el proceso de formación docente (respuestas a cuestionarios, guías del docente, grabaciones de reuniones, planes de área, planes de aula, entrevistas).

Estas fuentes están compuestas por textos narrativos contruidos por el docente sujeto de investigación o por el investigador. El método de análisis que se utilizó es el análisis textual discursivo. Se propuso teniendo en cuenta la naturaleza de las fuentes como textos discursivos, el método propuesto por Moraes y Galiuzzi, (2011), denominado: Análisis Textual Discursivo el cual se entiende como:

Un proceso autoorganizado de construcción de comprensión en el que nuevas comprensiones emergen de una secuencia recursiva de tres componentes: la deconstrucción del corpus, la unitarización, el establecimiento de relaciones entre elementos unitarios, la categorización y la captura. de lo nuevo emergente en el que se comunica y valida una nueva comprensión. (p. 192)

La propuesta metodológica de Moraes y Galiuzzi (2006) integra aspectos tanto del análisis de contenido como del análisis del discurso. Este enfoque se basa en una mirada hermenéutica, en la que la descripción e interpretación buscan reconstruir sentidos desde la perspectiva de quienes participan en la investigación. No se trata de aplicar de forma rígida una teoría determinada, sino de articular distintos elementos que permitan una comprensión más profunda del fenómeno en estudio (Moraes, 2003; Cuellar, 2023). En este sentido, una misma experiencia formativa puede dar lugar a diversas interpretaciones, dependiendo del enfoque desde el cual se analice, generando así múltiples significados posibles (Zuluaga, 2017).

Como se mencionó anteriormente, la mayoría de los datos capturados en esta investigación corresponden a elementos, fragmentos y narrativas procedentes de la interacción de forma reflexiva y colaborativa entre el investigador y los docentes participantes del proceso de formación continua. Estas narrativas fueron capturadas mediante la grabación de los encuentros. La transcripción de los encuentros de formación fueron apoyados por la herramienta tactiq añadida como extensión en los encuentros de Google

meet, además de la grabación de voz utilizando la grabadora del smartphone, y la herramienta TurboScribe que permitió transcribir los audios de algunos encuentros.

Otra parte de los datos obtenidos corresponde al material escrito, dentro de este conjunto de datos se encuentran la ReCo, y los PaPeRs contruidos a partir de las narrativas del profesor sobre sus clases, plan de área, sus planes de aula y las respuestas a los cuestionarios y reflexiones presentadas en los encuentros formativos a través del diligenciamiento de formatos en Google forms y el curso final contruido por los docentes participantes del proceso de formación orientado a la enseñanza, aprendizaje y evaluación del sonido para estudiantes de grado octavo.

Una vez el material se compiló en forma escrita fue organizado de la siguiente manera:

TPACK inicial: se compiló aquí la representación de contenido (ReCo) inicial, los PaPeRs plan de área del profesor, plan de asignatura ²y planes de aula

TPACK en desarrollo: se recopilaron aquí los datos brindados por los relatos narrativos del profesor en los encuentros reflexivos a través del levantamiento de los PaPeRs, así como las respuestas a los cuestionarios documentados en Google Forms

TPACK final del proceso: se organizó aquí la representación del contenido final y el diseño del curso por parte de los profesores orientado para la enseñanza aprendizaje y evaluación del sonido en grado octavo.

Proceso de codificación

El proceso de codificación tal como se muestra en la **Tabla 8** siguió los lineamientos del análisis textual discursivo (Moraes y Galiazzi, 2006), articulado con las categorías del marco TPACK (Mishra y Koehler, 2006) y la orientación reflexiva (Abell y Bryan, 1997). La categorización contó con categorías a priori derivadas del marco conceptual, y la posibilidad de categorías emergentes para recoger particularidades del discurso docente y del proceso formativo.

El corpus se conformó por diversos documentos generados durante el proceso formativo: entrevistas, ReCo (representación del contenido), PaPeRs, planes de aula, guías, actividades en plataforma, entre otros. Cada unidad de significado analizada fue identificada con una clave alfanumérica que permitía rastrear el tipo de fuente, el momento del proceso y el docente correspondiente. Por ejemplo:

² Ver Anexo B y Anexo C

CU2S6DG05 se descompone de la siguiente manera: CU2: Cuestionario 2; S6: Sesión 6; DG: Docente Genaro; 05: Unidad de análisis número 5

Este sistema permitió una trazabilidad rigurosa del material empírico, facilitando el análisis.

Cada unidad se categorizó a la luz del marco TPACK, el ATD permitió asignar uno o más unidades a diferentes categorías. Por ejemplo, en el caso del fragmento identificado como CU2S6DG05, el docente Genaro expresó:

“Comenzaría con la comparación entre distintos objetos que producen sonido, como tubos plásticos de diferente longitud, una regla que se hace vibrar en el borde de la mesa o una cuerda tensada. La idea es que ellos mismos hagan sonar estos objetos y observen qué diferencias escuchan. Les pediría que organicen sus observaciones según qué sonido es más agudo o más grave, y que intenten explicar por qué ocurre eso. Después de esa exploración, usaríamos programas para ver cómo cambia la onda cuando varía la frecuencia”.

CU2S6DG05.

Este fragmento fue codificado bajo las siguientes categorías:

TPK (Technological Pedagogical Knowledge): La propuesta integra recursos tecnológicos con el diseño de una estrategia pedagógica situada.

CEst (Conocimiento de la comprensión de los estudiantes): El docente anticipa procesos de exploración activa por parte de los estudiantes para favorecer la comprensión del sonido

Desde la orientación reflexiva la unidad de significado revela una planificación didáctica que se aleja de la simple reproducción del contenido y se aproxima a una propuesta situada, pensada desde la experiencia del aula.

Las categorías con sus respectivas unidades de significados fueron organizadas para la construcción del metatexto estructurado por momentos del proceso formativo (inicio, durante y final), permitiendo observar progresiones, rupturas o estancamientos. Los metatextos por cada categoría fueron contruidos a partir del análisis de las unidades codificadas, los cuales fueron articulados con los referentes conceptuales y las reflexiones de los docentes.

Este proceso de codificación permitió evidenciar, por ejemplo, que el docente Genaro pasó de una reflexión técnica centrada en la transmisión de contenidos, hacia propuestas más reflexivas y situadas, integrando tecnología, contenido y comprensión de sus estudiantes en el diseño de sus clases.

Tabla 8. *Codificación*

Fuente	Código
Profesor Julio	DJ
Profesor Genaro	DG
ReCo Inicial	Ri
ReCo final	Rf
PaP-eRs : Relatos narrativos	PPe
Cuestionarios	Cu
Entrevista	ENT
Plan de aula	PA
Guía didáctica	GD
Curso enseñanza, aprendizaje y evaluación sobre sonido para grado octavo	DCUSO
Número de unidad de análisis	1, 2, 3...

Nota: Elaboración propia

6. Análisis de datos

6.1 Proceso de categorización

La Fase 1 permitió realizar este proceso de categorización, tras haber identificado los elementos teóricos que permitirían reconocer la integración del Conocimiento, Tecnológico, Pedagógico del contenido, el establecimiento de categorías a priori se fundamentó en el marco del Conocimiento Tecnológico Pedagógico del Contenido (TPACK) propuesto por Mishra y Koehler (2006), el cual hace referencia que para enseñar un contenido específico de modo que este sea comprensible para los estudiantes debe existir una adecuada integración entre el conocimiento del contenido (CK), el conocimiento pedagógico (PK) y el conocimiento tecnológico (TK).

Para profundizar en la comprensión de cómo los docentes integran estos conocimientos en la enseñanza, aprendizaje y evaluación del sonido, se definieron unas categorías a priori que permiten analizar el conocimiento docente desde el marco TPACK, para esto se consideró el modelo de cúpula o modelo consensuado que originalmente se formuló en la cumbre del PCK llevada a cabo en 2012 se planteó para analizar el PCK de docente, este modelo referenciado por Fernández (2015), es un consenso de más de 30 investigadores y aunque toma de base modelos como el planteado por Magnusson y colaboradores en 1999 se diferencia de él al analizar el conocimiento del docente no como un conjunto de categorías aisladas sino como una interacción más reflexiva, situada y contextual.

En coherencia con esto, se adaptó el modelo de cúpula de PCK al TPACK de la siguiente manera:

1. Conocimientos base del profesorado

Este bloque reúne las dimensiones fundamentales del saber docente según el marco TPACK. Son los pilares estructurales desde los cuales se construyen las decisiones de enseñanza: **CK**: Conocimiento del contenido, **PK**: Conocimiento pedagógico, **TK**: Conocimiento tecnológico

En coherencia con el marco TPACK, esta investigación parte del reconocimiento de que el conocimiento docente para enseñar ciencias de manera efectiva implica una integración efectiva entre conocimientos disciplinares, pedagógicos y tecnológicos (Mishra &

Koehler, 2006). En este sentido se opta por una estrategia metodológica que distingue y analiza como el conocimiento del contenido (CK), el conocimiento pedagógico (PK) y el conocimiento tecnológico (TK) aparecen o no integrados en el discurso docente, especialmente en los momentos previos y durante el proceso formativo. Desde esta perspectiva, las categorías CK, PK y TK no se entienden como compartimentos estancos ni como sumandos del TPACK, sino como dimensiones observables del conocimiento docente que permiten identificar procesos de fragmentación, transición o articulación hacia una integración más compleja como TPK, TCK o TPACK.

De este modo, el análisis cualitativo no busca forzar una clasificación rígida, sino comprender cómo el conocimiento del profesorado se transforma en la medida en que se activa, se relaciona y se reconstruye en el marco de la enseñanza de un contenido específico, en este caso sonido. Esta estrategia también se alinea con el modelo de cúpula del PCK (Fernández, 2015), que reconoce que los saberes docentes emergen de una interacción dinámica entre conocimientos base, conocimiento específico y condicionamientos contextuales (transformadores y amplificadores) dentro de procesos reflexivos.

2. Conocimientos aplicados a la enseñanza del contenido: Estas categorías permiten identificar cómo los conocimientos base se articulan para enseñar un contenido específico, en este caso, el sonido. Consideramos que estos conocimientos aplicados deben incluir: i) Conocimiento del currículo de ciencias (CCurr), ii) Conocimiento tecnológico del contenido (TCK), iii) Conocimiento tecnológico pedagógico (TPK), iv) Conocimiento de la comprensión de los estudiantes (CEst), v) Conocimiento de las estrategias e instrucciones para la enseñanza de las Ciencias (CEI), vi) Conocimiento sobre evaluación (CEv)

i) Conocimiento del Currículo (CCurr): El conocimiento del currículo de ciencias se refiere a la comprensión que el docente tiene sobre los documentos oficiales (como estándares, planes de estudio, mallas curriculares) y sobre la forma en que estos documentos orientan, estructuran y regulan la enseñanza. Este conocimiento no es meramente normativo, sino que implica también la capacidad de seleccionar, secuenciar y adaptar los contenidos de manera situada y significativa, en función de los contextos escolares y las características de los estudiantes.

Shulman (1986) y Magnusson et al (1999) ya lo identificaban como parte de la base del conocimiento docente. Para Fernandez (2015), este conocimiento es un componente estructurante del modelo de cúpula del PCK, pues permite conectar el conocimiento disciplinar con las exigencias formativas del sistema educativo.

ii) Conocimiento Tecnológico del Contenido (TCK): El conocimiento tecnológico del contenido se refiere a la comprensión de cómo el uso de herramientas tecnológicas puede transformar, representar y enriquecer la enseñanza de un contenido específico. Establece que el docente es capaz de seleccionar tecnologías que se alineen con las características del contenido, potenciando su comprensión por parte de los estudiantes.

Este componente fue reconocido inicialmente por Mishra y Koehler (2006). En ciencias, esto incluye el uso de simuladores, laboratorios virtuales, videos interactivos o sensores digitales para ilustrar fenómenos abstractos o inaccesibles en la práctica.

iii) Conocimiento Tecnológico Pedagógico (TPK): El conocimiento tecnológico pedagógico implica entender cómo las tecnologías pueden ser integradas en la planificación y en las estrategias de enseñanza, de manera coherente con los objetivos pedagógicos. Este conocimiento está centrado en gestionar el aula en general con apoyo de la tecnología.

iv) Conocimiento de la Comprensión de los Estudiantes (CEst): Se refiere al conocimiento que el docente tiene sobre cómo aprenden los estudiantes, qué concepciones previas poseen, cuáles son sus dificultades comunes y cómo estos aspectos inciden en la enseñanza de contenidos específicos. Este conocimiento permite anticipar errores, planificar actividades de refuerzo y proponer estrategias adaptadas.

Shulman (1986) lo destacó como una dimensión central del PCK, y fue profundizado por Grossman y Magnusson (1994), quienes lo situaron en el centro de su modelo. Fernandez (2015) retoma esta noción al reconocer que la enseñanza debe tener en cuenta el reconocimiento de las concepciones de los estudiantes.

v) Conocimiento de las Estrategias e Instrucciones para la Enseñanza (CEI): Este conocimiento incluye el dominio de metodologías, secuencias y recursos para enseñar de manera eficaz un contenido específico. Involucra el uso de analogías, experimentos, preguntas guiadas, discusiones, representaciones gráficas y demás formas didácticas que

permitan a los estudiantes aprender un contenido. Fernández (2015) señala que estas estrategias deben ser seleccionadas y aplicadas considerando el contexto y la reflexión

vi) Conocimiento sobre Evaluación (CEv): El conocimiento sobre evaluación se refiere a la comprensión que tiene el docente acerca de cómo recolectar evidencias del aprendizaje, cómo interpretar esas evidencias y cómo retroalimentar a los estudiantes para mejorar su comprensión. Incluye también la capacidad de seleccionar instrumentos pertinentes y de integrar la evaluación como parte del proceso de enseñanza.

Magnusson et al. (1999) incluyen este componente como parte del PCK enfatizan su papel en la comprensión del aprendizaje, más allá del desempeño superficial. En el modelo de cúpula, la evaluación no es un componente aislado, sino un instrumento para transformar el conocimiento docente y el aprendizaje de los estudiantes.

Dimensiones situadas del conocimiento docente

En esta investigación se reconoce que las decisiones que toman los profesores al enseñar, un contenido específico como por ejemplo el sonido no dependen únicamente de su conocimiento disciplinar, pedagógico o tecnológico, sino que existen factores personales, institucionales y contextuales que inciden de manera directa en su práctica. Siguiendo la propuesta del modelo de cúpula del PCK (Fernández, 2015), estas dimensiones situadas funcionan como moduladores o filtros que transforman el conocimiento docente. Dentro de estas dimensiones hemos considerado las siguientes:

Orientaciones hacia la enseñanza de las ciencias (Orient). En acuerdo con lo que menciona Fernandez (2015) estas orientaciones son ideas, valores y propósitos que guían la acción docente, y que se construyen a partir de la experiencia y el contexto educativo. Es decir, lo que un profesor espera lograr al enseñar ciencias está atravesado por marcos normativos, políticas institucionales, modelos pedagógicos y otras influencias como el contexto que configuran su manera de interpretar qué enseñar, cómo hacerlo y con qué propósito.

Conocimiento contextual (CContext). Hace referencia a las condiciones reales del entorno educativo, desde aspectos generales como la infraestructura, los recursos disponibles hasta aspectos como la cultura, la heterogeneidad de los estudiantes o las dinámicas propias de cada comunidad escolar. Este conocimiento puede potenciar o limitar las estrategias que el

profesor desea implementar, el uso de tecnología, la incorporación de experimentación o la atención a las diferencias entre estudiantes. Este conocimiento contextual se reconoce desde el modelo del TPACK discutido por Kohler y Mishra (2019), donde ya no solo se reconoce simplemente el contexto como algo aislado sino como el docente lo conoce, lo reconoce y actúa en su práctica.

Creencias del profesorado. Las creencias que tiene un docente sobre el conocimiento científico, el aprendizaje o el rol de la escuela influyen en la forma como entiende el currículo, valora ciertas estrategias o espera determinados comportamientos de sus estudiantes.

Es importante resaltar también dentro de este análisis que hemos considerado la orientación reflexiva como dimensión transversal que permite identificar transformaciones, desplazamientos, tensiones o resignificaciones dentro de cada una de las categorías TPACK, se analizó cómo el proceso formativo promovió el desarrollo del conocimiento docente, tal como lo plantea el modelo de cúpula, no como resultado aislado, sino como integración de conocimientos. De este modo, el análisis buscó reconocer no solo lo que el docente conoce, sino también cómo transforma ese conocimiento, lo adapta, lo pone en cuestión o lo proyecta, en función de sus experiencias, su contexto y los espacios de reflexión generados en la formación docente.

Construcción de los Metatextos

El proceso de categorización permitió clasificar las unidades teniendo en cuenta sus semejanzas y relaciones, a partir de aquí se construyeron metatextos para cada categoría del conocimiento aplicado en la enseñanza, (Conocimiento del currículo de ciencias (CCurr), Conocimiento tecnológico del contenido (TCK), Conocimiento tecnológico pedagógico (TPK), Conocimiento de la comprensión de los estudiantes (CEst) y Conocimiento de las estrategias e instrucciones para la enseñanza de las Ciencias. (CEI)), teniendo en cuenta también en cada una de ellas como las dimensiones dinamizaban la integración del conocimiento

De esta manera se construyeron metatextos para cada estudio de caso estableciendo las relaciones que permiten ver como se fue dando la integración del conocimiento tecnológico pedagógico del contenido (TPACK) esto a través de la estructuración de textos

interpretativos reconstruidos a partir de las unidades del corpus en tres momentos el inicio, durante y después del proceso de formación docente que utilizó la orientación reflexiva. Siguiendo a Zuluaga (2017) cada metatexto fue estructurado respondiendo a tres preguntas clave que orientaron la descripción e interpretación del conocimiento docente en distintos momentos del proceso:

1. ¿Qué expresiones del conocimiento docente emergieron en relación con esta categoría al inicio del proceso formativo?
2. ¿Qué nuevas comprensiones o transformaciones se evidenciaron durante el desarrollo de la formación docente?
3. ¿Qué elementos se consolidaron o resignificaron al cierre del proceso, que dan cuenta de un avance en la construcción del conocimiento profesional docente?

Teniendo en cuenta el Análisis textual discursivo planteado por Moraes y Galiuzzi (2006), cada metatexto se organizó en dos momentos fundamentales: descripción e interpretación, la descripción se centró en organizar y relatar los fragmentos provenientes de las unidades del corpus, mientras que la interpretación buscó articular estos elementos con los marcos teóricos del TPACK y la orientación reflexiva.

Este enfoque metodológico permitió no solo identificar la presencia de conocimientos base (como CK, PK o TK), sino también analizar sus formas de articulación contextualizadas, por ejemplo, cuando el TK se convierte en TPK o TCK según el uso reflexivo del docente a través de la orientación reflexiva, así como las condiciones que permean su desarrollo.

En este sentido, el metatexto es una construcción analítica que da cuenta de las transiciones, tensiones y desplazamientos del conocimiento del profesorado en formación, en función de sus propias experiencias, de las interacciones con sus pares, del contexto y de los espacios de reflexión generados.

7. Presentación de los resultados del Análisis

7.1 El Conocimiento Tecnológico Pedagógico de Contenido del profesor Genaro y su desarrollo.

7.1.1 Conocimiento del currículo de Ciencias

¿Qué expresiones del conocimiento docente emergieron en relación con el Conocimiento del currículo de Ciencias al inicio del proceso formativo?

El conocimiento del currículo, como componente del TPACK, hace referencia al saber docente sobre los propósitos formativos del área, los lineamientos oficiales, la secuenciación de contenidos, los materiales disponibles y las decisiones que articulan estos elementos con la enseñanza en contextos concretos (Magnusson et al., 1999; Fernández, 2015). En el caso del profesor Genaro, al inicio del proceso formativo se identifican elementos de este conocimiento que revelan una aproximación incipiente mediada por restricciones contextuales, y en tensión entre lo prescrito y lo posible.

Al inicio del proceso formativo, los conocimientos y creencias del profesor Genaro acerca del currículo fueron identificados a partir de la información recolectada en la ReCo, especialmente a través de las preguntas 1, 2 y 3, complementadas con datos provenientes de fuentes documentales como el plan de área, el plan de aula del docente y las guías didácticas del docente utilizadas en sus clases.

Tal como se observa en la **Tabla 9**, el profesor Genaro organiza su enseñanza del sonido en tres grandes ideas: sonido, producción y propagación. Es importante señalar que la ReCo inicial fue complementada con una entrevista y en ese diálogo con el profesor, él manifestó que en su primera idea “sonido”, la catalogaba de esa manera para referirse a una visión global, contextual e introductoria del fenómeno, que funciona como punto de partida para luego analizar sus procesos constitutivos (producción y propagación).

Sin embargo, esta categoría inicial de “el sonido” en términos generales durante todo el desarrollo de la ReCo resulta ambigua en términos conceptuales, bastantes aspectos ubicados en las respuestas al instrumento se solapan entre sí.

Tabla 9. Respuestas del profesor Genaro a la pregunta No 1,2 y 3 de la ReCo inicial

IDEAS	IDEA 1 El sonido	IDEA 2 Producción del sonido	IDEA 3 Propagación del sonido
1. ¿Que intenta que aprendan los alumnos alrededor de esta idea?	La enseñanza del sonido le permite al estudiante apropiarse de manera más clara del concepto que éste enmarca; identificando, no solamente los elementos que lo conforman, sino también los factores que lo pueden afectar	Con el desarrollo de esta idea se pretende que los estudiantes logren comprender el origen del sonido, en donde se contemplen aspectos tales como bajo qué condiciones se produce, qué factores lo afectan o modifican, entre otros	Al abordar esta idea se busca que los estudiantes comprendan los mecanismos de transporte del sonido, así como también los factores que inciden en este proceso
2.- ¿Por qué es importante que los alumnos aprendan esta idea?	La importancia de la enseñanza del sonido radica es que se constituye en base de todo tipo de comunicación, desde el simple mensaje auditivo hasta los soportes sonoros empleados en diversos ambientes y en los diferentes dispositivos de uso cotidiano	El tener conocimiento acerca de la producción del sonido les permite a los estudiantes comprender este elemento no sólo como recurso en el proceso de comunicación, sino también como un insumo y complemento de múltiples herramientas tecnológicas de uso común	La comprensión de esta idea lleva al estudiante a apropiarse de forma clara el concepto de movimiento o propagación del sonido y asociarlo con las diferentes aplicaciones de este elemento en las herramientas tecnológicas utilizadas
3. ¿Qué más sabe respecto a esta idea (y que no incluya en sus explicaciones a sus alumnos?)	A pesar de que se trata de orientar de manera práctica al estudiante en las diferentes transformaciones y utilidades que se le pueden encontrar al sonido, en el aula ciertas temáticas se ven restringidas en su desarrollo debido a factores al margen del docente; razón por la cual, de forma no intencional,	Dentro de la producción del sonido es posible analizar la variación de éste de acuerdo al material que genere las ondas sonoras haciendo uso, para ello, de softwares de edición, los cuales deben estar disponibles para los estudiantes	En esta idea se hace necesario el uso de material didáctico que le permita a los estudiantes detallar de forma práctica el comportamiento de las ondas sonoras, pero circunstancias relacionadas con la dotación en el área de Ciencias Naturales obstaculizan el proceso

algunos contenidos no
pueden ser desarrollados
en clase

Fuente: Autor

El análisis inicial indica que el currículo es entendido como una guía externa sin criterios claros para la selección, secuenciación ni representación de los contenidos. Esta visión se manifiesta en su énfasis en limitaciones institucionales para justificar omisiones, más que en una toma de decisiones didácticas fundamentadas:

“A pesar de que se trata de orientar de manera práctica al estudiante en las diferentes transformaciones y utilidades que se le pueden encontrar al sonido, en el aula ciertas temáticas se ven restringidas en su desarrollo debido a factores al margen del docente; razón por la cual, de forma no intencional, algunos contenidos no pueden ser desarrollados en clase.” (UE07DGPRI3 – UE08DGPRI3)

En la fase inicial, el conocimiento sobre el contenido del sonido revela una apropiación técnica de conceptos (como su clasificación como onda mecánica, longitudinal y tridimensional) que intenta articular con saberes previos de los estudiantes. Sin embargo, no se evidencia una reflexión profunda sobre la progresión conceptual ni sobre su potencial didáctico. Las guías de aula analizadas muestran un esfuerzo por vincular propiedades del sonido con instrumentos musicales, pero también presentan afirmaciones poco rigurosas que podrían reforzar concepciones erróneas si no se contextualizan ni discuten críticamente en clase. Por ejemplo:

“Si la tensión de las cuerdas es alta el tono obtenido se caracterizará por ser agudo, mientras que cuando la tensión de una cuerda es baja el sonido tendrá un tono grave.” (GDPG05)

Un aspecto central del análisis es la existencia de un conocimiento curricular latente, pero no activado, el docente reconoce recursos, estrategias y saberes, como el uso de software de edición, pero no los integra por restricciones contextuales. Esto evidencia un desajuste entre su conocimiento disciplinar y las posibilidades de implementación en aula, lo que limita la función transformadora del currículo.

Desde el marco de Magnusson et al. (1999) y Grossman (1990), esta fragmentación refleja una debilidad en la articulación del currículo como herramienta para tomar decisiones pedagógicas significativas. Genaro no explicita criterios para priorizar contenidos, y si bien alude a aprendizajes esperados (por ejemplo, el reconocimiento del sonido como base de la comunicación), estos no se traducen en estrategias concretas ni se articulan con el plan de área de forma coherente. El análisis de las unidades PADGDL (plan de aula) muestra correspondencias parciales con sus guías, pero sin una progresión estructurada ni intencionalidad didáctica clara. Por ejemplo, en la unidad PADGDL01 se mencionan contenidos como “Instrumentos sonoros”, pero no se evidencia una intención clara del docente de abordarlos específicamente en grado octavo, según lo expresado en las entrevistas. En el PADGDL02, el eje problemático plantea la pregunta “¿Cómo se producen los sonidos en los instrumentos musicales?”, que podría articularse con los contenidos desarrollados en la guía didáctica. No obstante, esta pregunta no se acompaña de una secuencia conceptual estructurada ni de actividades orientadas a promover la comprensión de los principios físicos que rigen esos instrumentos.

Finalmente, la visión del currículo como documento prescriptivo limita el tránsito hacia un conocimiento más integrado. Las tensiones entre lo que el docente sabe, valora enseñar y lo que realmente aborda (por restricciones materiales, tiempo o falta de formación) muestran que su conocimiento del currículo aún no se ha transformado en un saber profesional activo que dialogue con el contenido (CK), la pedagogía (PK) y la tecnología (TK).

¿Qué expresiones del conocimiento docente emergieron en relación con el Conocimiento del Currículo de Ciencias durante el proceso formativo?

Durante el proceso formativo, el conocimiento del currículo del profesor Genaro transitó hacia una apropiación más reflexiva e integrada con otros componentes del TPACK, especialmente con el conocimiento pedagógico del contenido (PCK) y el conocimiento tecnológico del contenido (TCK). Este desplazamiento fue propiciado por el diseño de actividades con una orientación reflexiva (Abell y Bryan, 1997; Candela y Viafara, 2014), que promovieron la problematización de sus concepciones curriculares desde múltiples contextos: su propia práctica, la enseñanza de otros, la visión de expertos y su experiencia como aprendiz de ciencia.

En esta etapa, Genaro comienza a reconocer explícitamente las tensiones entre el currículo prescrito y las condiciones institucionales, así como la necesidad de adaptar los contenidos a partir de una lectura crítica del contexto. Durante la entrevista (UE12DRENT), señala que muchas temáticas deben abordarse de forma exclusivamente teórica por falta de recursos; sin embargo, reconoce que algunos contenidos pueden adaptarse con materiales alternativos, mostrando una disposición a resignificar el currículo en función de su viabilidad didáctica (UE13DRENT). Este cambio de postura es significativo respecto a su visión inicial, donde el currículo aparecía como un documento rígido y externo.

En la sesión 3, al diligenciar la ReCo extendida, Genaro reflexiona sobre las diferencias entre lo que el currículo propone, lo que planifica y lo que efectivamente implementa. Esta actividad lo llevó a reconocer una disociación entre su conocimiento del contenido y su capacidad de integrarlo didácticamente, como se evidencia en la categoría “Representación del contenido”, donde señala:

“Veo mucha dificultad en la implementación de la unidad didáctica dedicada al sonido en los estudiantes de grado octavo, puesto que ahora con el equipo de trabajo estamos nuevamente replanteando el plan de área y hemos priorizado los conceptos asociados a la biología y a la química; lo de física aún nos falta...” (UE21DRENT)

Esta declaración revela no solo un obstáculo institucional, sino una fragmentación disciplinar, donde los contenidos de Física son desplazados sin una reflexión articuladora que considere la continuidad entre los diferentes campos de las ciencias naturales. La tensión entre lo prescrito y lo posible se convierte en objeto de análisis y reflexión profesional.

Durante la sesión 5, centrada en el análisis comparativo entre libros escolares y textos científicos históricos, Genaro amplía su visión del currículo y comienza a concebirlo como una construcción negociada. En este espacio señala:

“La frecuencia (de uso de libros) varía de acuerdo con la actividad que se pretenda desarrollar. En el caso de la enseñanza, el empleo de libros se realiza en el inicio del año académico donde, trabajando como equipo de Ciencias Naturales, se establece la secuencia didáctica de cada una de las asignaturas que integran el área.” (CUS5DG01)

Aquí el docente reconoce que el currículo no solo es prescripción, sino también una construcción colectiva que debe responder a intenciones pedagógicas consensuadas. Esto da cuenta de una incipiente reflexión práctica (Van Manen, 1977), en la que el currículo comienza a verse como una herramienta para pensar la enseñanza, más allá de simplemente ejecutarla.

En términos categoriales, se evidencian tres aspectos claves del conocimiento del currículo:

Conocimiento y creencias sobre el currículo de la ciencia: Genaro identifica diferencias entre libros escolares y textos científicos, destacando que los primeros son útiles para el aula, pero requieren ser complementados con recursos que permitan profundizar en los procesos. Esto indica una comprensión más crítica de las mediaciones curriculares.

Selección de contenidos: Se mantiene una orientación hacia contenidos conceptuales clásicos (naturaleza del sonido, propagación, eco), pero con una mayor conciencia sobre cómo secuenciar y adaptar los temas en función de los contextos y recursos disponibles.

Relación con los estándares oficiales: El docente logra articular competencias relacionadas con la comprensión del sonido como fenómeno físico, pero también identifica la necesidad de vincular dichas competencias con actividades significativas para los estudiantes, como lo plantea en la unidad UE25DGPRI1, donde incluye una actividad sensorial que relaciona tonos y percepción auditiva.

Desde la integración TPACK, el currículo empieza a funcionar como un mediador entre el contenido, la pedagogía y la tecnología. En la unidad UE26DGPRI2, Genaro propone el uso de software de edición para analizar las cualidades del sonido. Aunque en la práctica reconoce que no siempre están disponibles, plantea estrategias para acercarse a este tipo de recursos a través de simuladores o videos interactivos. Esto muestra una articulación emergente entre CCurr, TCK y PCK.

Asimismo, la participación del docente como aprendiz activo en la sesión 7, donde vivencia la cualidad del tono en una experiencia sensorial guiada, fortalece su disposición a vincular el currículo con dimensiones experienciales del aprendizaje. Esta actividad permitió que Genaro reconstruyera su noción de enseñanza del sonido, no solo desde el contenido,

sino desde su vivencia personal como sujeto que aprende, lo cual refuerza una comprensión más situada del currículo.

En síntesis, durante el proceso formativo se observa un tránsito desde una comprensión técnica del currículo hacia una apropiación más crítica y reflexiva. Este tránsito, aunque incipiente, se refleja en una mayor disposición para tensionar lo prescrito con lo contextual, para articular contenidos con experiencias significativas, y para comenzar a integrar el currículo con dimensiones pedagógicas y tecnológicas del conocimiento docente.

¿Qué elementos se revelan sobre los conocimientos y creencias del currículo de Ciencias en el TPACK del profesor Genaro al final del proceso de formación docente?

Al finalizar el proceso de formación docente, se encontraron diferencias importantes en los conocimientos y creencias del profesor Genaro sobre el currículo con respecto a sus conocimientos previos al inicio del proceso, La ReCo final (Ver fragmento en la **Tabla 10**) y el curso planteado por los profesores para estudiantes de grado octavo indica una de las diferencias más significativas.

Los temas que el profesor identifica como ideas principales en la enseñanza del sonido son los mismos que los identificados en la ReCo inicial, con la diferencia que hace explícita la naturaleza del sonido como idea 1 y no simplemente sonido, además realiza una diferenciación en esta primera idea colocando entre paréntesis “enfoque histórico”, lo que permite deducir que el profesor Genaro incluye ahora una perspectiva epistemológica en su enseñanza, en la que no solo se aborda qué es el sonido desde una simple definición, sino cómo se han ido construyendo los conceptos desde problemáticas históricas, lo cual podría facilitar que los estudiantes reconozcan la construcción del conocimiento científico como un proceso dinámico y no como un conjunto de verdades absolutas.

Tabla 10. *Respuestas del profesor Genaro a la pregunta No 1 de la ReCo final*

IDEAS	IDEA 1	IDEA 2	IDEA 3
	Naturaleza del	Producción del	Propagación
	sonido (enfoque	sonido	del sonido
	histórico)		

1 ¿Que intenta que aprendan los alumnos alrededor de esta idea?	Que el sonido es un fenómeno físico que se origina por las vibraciones de un objeto y que es necesario distinguir entre sonido como fenómeno físico y percepción del sonido (oír). También intento que los estudiantes aprendan que el sonido ha sido históricamente comprendido mediante distintos modelos científicos	Que el sonido se origina en una fuente vibrante y que la naturaleza de esa vibración depende de las características del objeto (material, forma, tensión, etc.).	Que el sonido se propaga como una onda mecánica longitudinal a través de medios materiales, y que su velocidad depende del medio y condiciones como la temperatura.
---	---	--	---

Fuente: autor

Al cierre del proceso formativo, el conocimiento del currículo por parte del profesor Genaro revela una transformación significativa. Esta se expresa en una comprensión más estructurada y crítica del contenido, en una apropiación progresiva de su dimensión epistemológica y en una mayor integración con los demás componentes del TPACK, particularmente el conocimiento pedagógico del contenido (PCK) y el conocimiento tecnológico del contenido (TCK). Esta evolución es especialmente visible en la ReCo final, donde el docente reconoce que: “el sonido es un fenómeno físico que se origina por las vibraciones de un objeto... y que ha sido históricamente comprendido mediante distintos modelos científicos” (UE01DGPRF1).

Aquí se articula el contenido disciplinar (CK) con una visión histórica de la ciencia, lo que sugiere un tránsito desde una concepción positivista hacia una enseñanza que reconoce los modelos científicos como construcciones humanas. Esta postura se consolida cuando en UE02DGPRF1 señala que es importante enseñar el sonido desde esta perspectiva “porque permite abordar concepciones alternativas, articular ciencia, percepción e historia, y comprender cómo se construye el conocimiento científico”.

En esta línea, la planificación colaborativa de la unidad didáctica final, desarrollada junto a los demás docentes participantes, constituye un punto de inflexión: en ella se jerarquizan conceptos, se alinean con propósitos del área, se integran vínculos CTS y se anticipan obstáculos de aprendizaje con base en ideas previas de los estudiantes. Esto da cuenta de una mayor conexión entre el currículo y el diseño didáctico (PCK), así como del uso de recursos tecnológicos de forma más articulada (TCK), especialmente tras la dotación de aulas STEAM en la institución. Además, Genaro evidencia mayor conciencia sobre la selección de contenidos y su adecuación a las capacidades de los estudiantes. En UE15DGPRF2 declara:

“Conozco fórmulas matemáticas complejas pero que no son para trabajar con estudiantes de secundaria”, y en UE27DGPRF3 añade que prefiere priorizar “una comprensión intuitiva del papel del medio y de la variación de la velocidad”, lo cual muestra una toma de decisiones curriculares informada, situada y con intención formativa (Grossman, 1990; Fernández, 2015).

El análisis indica que este tipo de decisiones revela que el conocimiento curricular comienza a operar como eje articulador del saber profesional. A diferencia del momento inicial donde el currículo era asumido como documento prescriptivo ahora se convierte en herramienta activa para estructurar, justificar y contextualizar la enseñanza.

Asimismo, la integración de la dimensión histórica del contenido promueve una comprensión epistemológica más detallada, permitiendo pasar de una planificación basada en secuencias temáticas a una estructurada conceptualmente. Como expresa el docente:

“He comenzado a mirar una utilidad pedagógica y didáctica en utilizar recursos históricos” (UE03DGPRF1).

Esto se relaciona directamente con una reflexión de tipo práctica en la que el docente no solo selecciona estrategias, sino que cuestiona el currículo y resignifica el contenido desde su experiencia docente y la perspectiva del estudiante.

Finalmente, en la **Tabla 11** se representa la comparación del conocimiento del currículo entre el momento inicial y después del proceso formativo

Tabla 11. Comparación conocimiento del currículo al inicio y después del proceso formativo

Aspecto	Estado inicial	Estado final
Comprensión del currículo	Documento prescriptivo y externo	Herramienta profesional activa
Selección de contenidos	Repetición de secuencias oficiales	Adecuada secuencia y pertinencia conceptual
Integración CK–PCK–TCK	Débil y fragmentada	En proceso de integración, mediada por reflexión y planificación conjunta
Enfoque epistemológico	Técnica – Positivista	Histórica – Constructivista
Uso de tecnología	Inexistente o limitado por contexto	Articulado a decisiones curriculares tras mejora en infraestructura
Nivel de reflexión (Van Manen)	Técnica	Práctica, con elementos incipientes de crítica

Nota: Elaboración propia.

En conclusión, esta fase muestra un avance cualitativo en el conocimiento curricular del docente ya no se limita a reproducir lineamientos oficiales, sino que comienza a construir sentido didáctico a partir de una visión más integrada, situada e históricamente informada del contenido. Aunque, siguiendo a Van Manen (1977), aún no se alcanza un nivel plenamente crítico, se evidencian elementos sólidos de apropiación reflexiva del currículo, que lo convierten en un mediador entre el conocimiento del contenido, las necesidades del aula y las posibilidades tecnológicas del contexto.

7.1.2 Conocimiento acerca de la comprensión de los estudiantes

¿Qué expresiones del conocimiento docente emergieron en relación con esta categoría al inicio del proceso formativo?

Este componente corresponde al conocimiento que tiene el profesor Genaro sobre sus estudiantes, con el fin de ayudarlos a desarrollar sus conocimientos sobre sonido, lo que incluye cómo aprenden, qué dificultades tienen, cuáles son sus concepciones alternativas (Fernandez, 2015).

En el análisis de la ReCo inicial del profesor Genaro, el conocimiento que el docente expresa sobre la comprensión de los estudiantes aparece formulado en términos generales, valora el papel de las experiencias previas como un recurso importante en el aprendizaje del concepto de sonido, la producción y la propagación, pero no llega a precisar cuáles son esas ideas o preconceptos, ni cómo podrían influir en la comprensión del contenido. Tampoco se observan referencias a dificultades específicas que los estudiantes puedan tener sobre estos fenómenos. Sus respuestas a la ReCo inicial no permiten ver una organización pedagógica y didáctica clara basada en el pensamiento de los estudiantes, sino más bien una mención genérica a su importancia. Esto se constata en el análisis de las respuestas 4, 5 y 6 de la ReCo para cada una de las ideas identificadas por el profesor.

En la idea “sonido” el docente destaca que las *experiencias propias* de los estudiantes “tienen gran relevancia” para que puedan apropiarse del conocimiento (UE13DGPRI5, UE14DGPRI5). Esta afirmación sugiere un reconocimiento del papel activo del estudiante, aunque se mantiene en un plano muy general, sin aludir a obstáculos típicos de la comprensión del sonido en Física, la literatura especializada ha documentado concepciones alternativas frecuentes entre los estudiantes de secundaria, tales como la tendencia a confundir el sonido con el objeto que lo produce, a atribuir propiedades materiales, sin comprender que se trata de una onda mecánica que requiere un medio material para propagarse (Rico et al., 2021; Hrepic et al., 2010). En efecto, se ha observado que los estudiantes suelen asumir que el sonido “sale del objeto” como una sustancia, o que es algo que “se lanza”, más que un proceso de transmisión de energía por vibración de partículas del medio (Hernández et al., 2012; Viennot, 2002)

Asimismo, al mencionar que la *heterogeneidad del grupo* afecta el “grado de fundamentación mínimo” (UE10DGPRI4), Genaro reconoce un desafío real de la práctica docente, aunque no lo traduce en estrategias diferenciadas ni menciona contenidos específicos que deban ser abordados.

En la idea 2 “producción del sonido” el docente señala que los conocimientos previos vinculados al uso de herramientas y dispositivos electrónicos contribuyen notablemente en el proceso de enseñanza (UE45DGPRI5-UE46DGPRI5). Esto muestra cierta conexión entre el contexto del estudiante y el contenido escolar, lo que puede facilitar procesos de contextualización. Sin embargo, tanto la ReCo como los relatos narrativos del docente dejan

ver que el profesor no ha realizado un seguimiento con trazabilidad y claridad de cuáles son esos saberes previos ni cómo estos pueden entrar en conflicto con la comprensión científica del fenómeno, como por ejemplo confundir la fuente del sonido con su medio o creer que el sonido “viaja más rápido si suena más fuerte”, Genaro indica en sus relatos narrativos que realiza un diagnóstico de conocimientos previos muy superficial por tema de tiempo para el desarrollo de los temas así lo deja ver cuando afirma:

“Yo suelo hacer diagnósticos, pero por falta de tiempo los hago muy por encima, como se dice, “a vuelo de pájaro”, y comienzo enseguida con la temática”.

PPES6DG06

A nivel de dificultades, Genaro enfatiza limitaciones materiales, como la falta de acceso al aula de informática (UE43DGPRI4-UE44DGPRI4), y propone el uso de equipos propios (UE47DGPRI6-UE48DGPRI6), lo que evidencia iniciativa, pero aún sin una planificación sistemática basada en el diagnóstico del pensamiento de los estudiantes.

En la idea 3 propagación del sonido, el profesor repite el énfasis en los *preconceptos* y experiencias de los alumnos (UE74DGPRI5), señalando que estos “favorecen” el proceso de enseñanza y aprendizaje. No obstante, como en los casos anteriores, no se explicita cuáles son esas ideas previas, ni si generan obstáculos epistemológicos que deban ser transformados didácticamente. Desde la investigación en didáctica de la Física, se sabe que muchos estudiantes creen que el sonido puede propagarse en el vacío o que “se pega” a los objetos; sin embargo, estas concepciones no son abordadas por el profesor Genaro. (Rico et al 2013, West 2008, West et al 2013)

Además, menciona la falta de dotación en los laboratorios y las restricciones de tiempo (UE71DGPRI4-UE73DGPRI4) como factores limitantes para realizar actividades prácticas, aunque sí reconoce que *materiales didácticos, trabajo en equipo y estrategias dinámicas* (UE75DGPRI6-UE77DGPRI6) podrían favorecer la enseñanza, lo que sugiere una intención de dinamización, aunque no necesariamente estructurada a partir de un análisis del pensamiento estudiantil.

Desde el modelo consensual de cúpula del PCK, propuesto en la PCK Summit de 2012 (Gess-Newsome y Carlson (2013), Helmes y Stokes (2013)) y recopilados por Fernández, (2015), desde nuestra interpretación el conocimiento de Genaro sobre la

comprensión de los estudiantes se ubica en una fase “situada pero no integrada”, es decir el docente reconoce que los saberes previos y las experiencias de los alumnos son relevantes, pero no los traduce en decisiones curriculares, ni en representaciones pedagógicas sistemáticas. Este tipo de conocimiento permanece en el nivel técnico (Van Manen, 1977), en tanto se conoce que los estudiantes llegan con unos conocimientos previos, pero no se cuestiona profundamente las construcciones conceptuales de los estudiantes.

Desde el TPACK, no se observa una articulación clara entre el conocimiento del estudiante (Cest), el contenido (CK) y la pedagogía (PK), ni tampoco con herramientas tecnológicas (TK) que pudieran ayudar a visualizar o representar fenómenos abstractos como las ondas sonoras.

¿Qué conocimientos sobre la comprensión de los estudiantes emergen en el profesor Genaro durante el proceso formativo?

Durante el proceso formativo, el conocimiento del profesor Genaro sobre la comprensión de los estudiantes transitó de una valoración general de los saberes previos hacia una mayor apropiación, en la que comienza a identificar concepciones alternativas, obstáculos comunes en la comprensión del sonido y posibles formas de intervención pedagógica y didáctica. Este avance fue promovido por las distintas sesiones de formación que articularon múltiples contextos de reflexión (Abell y Bryan, 1997), como la reflexión sobre su propia enseñanza, el análisis de otras Representaciones de Contenido, la lectura de expertos y el análisis de los libros de textos.

Por ejemplo, durante la sesión 3, en el desarrollo de la entrevista al reflexionar sobre su propia ReCo el docente menciona que la heterogeneidad de la que habla en su Representación de contenido no se refiere sólo a aspectos cognitivos sino también sociales, culturales y emocionales.

“Cuando hablo de la heterogeneidad de los estudiantes como una dificultad para enseñar sonido, no me refiero solo a lo cognitivo. También tiene que ver con lo emocional y lo social. Muchos vienen de otros departamentos como Putumayo, o incluso de Ecuador, y llegan con niveles académicos muy bajos. También influye el acceso a la tecnología: quienes tienen equipos en casa pueden investigar más por su

cuenta. Por eso a veces uno tiene que bajar el nivel, casi a lo más fundamental, para poder mantener cierta homogeneidad en la clase.” (UE16DRENT) (UE17DRENT).³

Este reconocimiento sugiere una visión del estudiante como sujeto complejo, atravesado por condiciones que afectan su aprendizaje. No obstante, al hacer referencia a “bajar el nivel” refleja una postura que está más centrada en resolver una dificultad de forma superficial, sin una problematización más profunda sobre cómo transformar la heterogeneidad en una oportunidad pedagógica y didáctica.

Esta reflexión sobre la heterogeneidad estudiantil, aunque aún centrada en el plano práctico, permitió al docente comenzar a reconocer que los estudiantes no solo enfrentan dificultades por carencias de base, sino también por cómo se representan los conceptos científicos. En esa misma línea, la sesión 4 profundizó en el conocimiento de las concepciones estudiantiles a partir de un cuestionario específico, que invitó a Genaro a identificar ideas previas frecuentes sobre el sonido y a considerar cómo estas influyen o pueden aprovecharse en la enseñanza.

Así en la sesión 4, al responder al cuestionario sobre las concepciones de sus estudiantes Genaro identifica que los estudiantes asocian el sonido con experiencias cotidianas vinculadas al uso de dispositivos como celulares (CUS4DG01) y manejan ideas sobre volumen, graves y agudos, aunque no con el vocabulario técnico apropiado (CUS4DG02). Reconoce también que estas ideas no son necesariamente un obstáculo, sino que pueden facilitar el aprendizaje si se integran a la enseñanza (CUS4DG04), y afirma que pueden ser útiles para diseñar estrategias y materiales didácticos (CUS4DG03). Este reconocimiento representa un avance importante respecto a la visión general previa, pues comienza a relacionar el conocimiento del pensamiento estudiantil con decisiones pedagógicas.

Sin embargo, también señala que una dificultad importante en la comprensión del sonido es el uso de las ecuaciones matemáticas (CUS4DG05), lo que sugiere que el obstáculo

³ (UE16DRENT), (UE17DRENT). Esta codificación corresponde al desarrollo de una entrevista que amplió el proceso formativo UE(Unidad empírica) DR (Responde a la inicial del nombre real de Genaro) y ENT (Corresponde a entrevista)

no está solo en los contenidos científicos sino en la forma en que estos se representan o se introducen.

En un momento posterior de la sesión Genaro reflexiona sobre la lectura de Rico et al. (2013), identifica concepciones materialistas persistentes como imaginar el sonido como “algo que se transporta físicamente” y no como una onda de presión. Él mismo reflexiona: *“Eso me hizo pensar mucho. Porque pasar de imaginar el sonido como ‘algo que se mueve’ a entenderlo como una onda de presión no es nada fácil”* (PPES6DG03)

También señala la confusión frecuente entre magnitudes como volumen, tono e intensidad, al observar que sus estudiantes “dicen que un sonido es más fuerte y están hablando del volumen, pero lo confunden con el tono” (PPES6DG04)

Estas apreciaciones dan cuenta de una mirada más reflexiva hacia las dificultades conceptuales que enfrentan los estudiantes, superando la referencia genérica a los “preconceptos” como obstáculo que mencionaba al inicio del proceso formativo.

Otro aspecto clave es que Genaro comienza a cuestionar su propia práctica respecto al diagnóstico de ideas previas. En sus palabras: *“Yo suelo hacer diagnósticos...y comienzo enseguida con la temática. Además, uno a veces supone que en grados anteriores ya vieron eso. Pero el artículo dice que incluso en la universidad persisten estas dificultades”* PPES6DG06.

Esta reflexión se complementa con una intención más clara de transformar esas ideas previas, al afirmar: *“Reconocer las ideas previas es importante, pero no para quedarse ahí, sino para transformarlas con propuestas bien pensadas”* (PPES6DG07). En ese sentido, se comienza a perfilar una articulación más directa entre el conocimiento sobre las concepciones estudiantiles y la planificación didáctica.

También se observa que Genaro incorpora la noción de progresión conceptual. En sesiones posteriores, muestra interés en que los estudiantes pasen de una percepción sensorial del sonido a una comprensión más científica: *“Enseñar sonido no es sólo explicar cómo se comporta una onda. Es entender cómo lo perciben los estudiantes, cómo lo piensan, y trabajar desde ahí para que puedan reconstruir el concepto”* (PPES6DG08). Esto marca un giro hacia

una mirada más situada del aprendizaje, que reconoce el punto de partida cognitivo de los estudiantes como base para el diseño de estrategias pedagógicas.

Desde el marco de cúpula del PCK adaptado al TPACK, puede decirse que el conocimiento de Genaro avanza desde una fase situada no integrada hacia un nivel más articulado. Comienza a establecer conexiones entre las concepciones de los estudiantes (CEst), el conocimiento de las estrategias e instrucción (CEI) y conocimiento tecnológico (TK) que permitan superar las barreras epistemológicas, como en el caso del uso de simuladores para representar la propagación del sonido.

En términos de reflexión docente, se empieza a observar un tránsito desde una perspectiva técnica hacia una reflexión práctica (Van Manen, 1977), al reconocer que las decisiones sobre qué y cómo enseñar deben partir del conocimiento profundo del pensamiento de los estudiantes, y no solo de la cobertura de contenidos. Este avance también se alinea con los componentes adaptados de la orientación reflexiva propuestos por Abell y Bryan (1997), particularmente en lo relacionado con la reflexión sobre su propia enseñanza a partir de lecturas, análisis de prácticas ajenas y autorreflexión crítica de la representación de contenido (ReCo)

¿Qué conocimientos sobre la comprensión de los estudiantes emergen en el TPACK del profesor Genaro al final del proceso formativo?

Al cierre del proceso formativo, el conocimiento del profesor Genaro sobre la comprensión de los estudiantes muestra un avance significativo respecto a su visión inicial. En sus respuestas a la ReCo final, el docente comienza a explicitar concepciones alternativas concretas que dificultan el aprendizaje de los estudiantes y a vincularlas con decisiones pedagógicas, observándose un tránsito hacia un conocimiento más articulado con las categorías del TPACK, especialmente con el conocimiento de la comprensión de los estudiantes (CEst), su integración con el conocimiento de estrategias de instrucción (CEI) y con el conocimiento tecnológico (TK).

En la idea 1, “naturaleza del sonido”, Genaro reconoce que muchos estudiantes piensan que el sonido “viaja” o que se propaga incluso en el vacío. Además, identifica confusiones frecuentes entre la representación gráfica y la experiencia sonora, así como entre tono, timbre e intensidad. Así lo expresa en la ReCo final:

“Hay estudiantes que piensan que el sonido está en el objeto o que se propaga sin necesidad de un medio, incluso en el vacío. También confunden lo visual con lo sonoro, al creer que el sonido ‘se ve’ por su representación gráfica. Además, creen que viaja instantáneamente o a la misma velocidad en cualquier medio. Otro aspecto frecuente es la confusión entre tono, timbre e intensidad”. (UE05DGPRF1)

Este conocimiento se relaciona con la selección de tecnologías digitales, como lo menciona al responder a la pregunta “¿Qué tecnologías digitales estándar empleas?”:

“Simuladores como PhET, videos, aplicaciones que permiten de algún modo representar el sonido que es tan abstracto”. (UE07DGPRF1)

Las unidades UE08DGPRF1 a UE11DGPRF1 muestran que el conocimiento sobre la comprensión de los estudiantes que ahora reflexiona el profesor Genaro le permite pensar en propuestas que incorporan estrategias con diversas herramientas para superar estas concepciones, como el uso de simuladores, representaciones históricas y gráficas, así como actividades de comparación de modelos. No obstante, en algunos casos, el uso de estas herramientas aún parece más instrumental que transformador.

En la idea 2, “producción del sonido”, Genaro identifica que los estudiantes no reconocen el papel del medio

“... No reconocen el papel del medio. También desconocen el concepto de resonancia”. (UE17DGPRF2)

Esta identificación lo lleva a pensar en el diseño de actividades orientadas a superar dichas dificultades, como la comparación de copas con distintos volúmenes de agua o juegos con la voz, que permiten trabajar la relación entre frecuencia y resonancia de forma experimental. Esto queda claro cuando responde a la pregunta “¿Cuáles actividades de aprendizaje empleas para superar dificultades y concepciones alternativas?”:

“Comparación entre copas con distintas masas de agua, visualización de ondas, estimación de frecuencia a partir de ciclos, juegos con voz y objetos”.
(UE23DGPRF2)

Asimismo, incorpora referentes culturales y narrativos como la música y la historia de la ciencia, lo cual amplía el uso de recursos para abordar el pensamiento estudiantil desde el contexto:

“Aprovecho la música para hacer analogías (copas, tubos, instrumentos)”. (UE18DGPRF2)

Se fortalece así la conexión entre el conocimiento de las concepciones estudiantiles (CEst), el uso de herramientas tecnológicas (TK) y el diseño de estrategias de instrucción (CEI), lo que evidencia un nivel de integración más avanzado en el TPACK del docente.

En la idea 3, “propagación del sonido”, se consolida también en Genaro una comprensión más articulada de las dificultades conceptuales que enfrentan los estudiantes, así como de los recursos pedagógicos y tecnológicos que pueden facilitar el tránsito hacia una comprensión científica del fenómeno. El docente identifica, por ejemplo, que *“algunos estudiantes creen que “el sonido se mueve como una cosa”*” (UE28DGPRF3), lo cual refleja una concepción materialista que dificulta la comprensión del carácter ondulatorio del sonido.

Estas observaciones no solo son registradas como un simple diagnóstico, sino que orientan a Genaro a la formulación de propuestas pedagógicas concretas. En respuesta a estas ideas, Genaro diseña actividades experimentales como la comparación de propagación del sonido en distintos medios (vasos, mesas, agua), el análisis de la propagación en función de la temperatura y el uso de videos y simulaciones que muestran la propagación del sonido en el vacío, lo que permite confrontar creencias desde el sentido común con evidencias (UE35DGPRF3).

Es importante mencionar que las concepciones que Genaro ahora identifica y las estrategias relacionadas a ellas son abordadas de manera intencionada en la unidad didáctica producto del trabajo del grupo colaborativo, mediante el uso de experiencias desde la fenomenología, la indagación de ideas previas a través de dibujos, discusiones guiadas y confrontación con modelos científicos históricos como los de Galileo y Gassendi. Esto refleja un conocimiento del pensamiento estudiantil (CEst) más elaborado, que es utilizado como punto de partida para el diseño de actividades, en línea con el modelo consensual de cúpula del PCK y que para esta investigación se ha adaptado a TPACK.

Asimismo, el análisis didáctico incluido en la unidad muestra que el equipo de docentes reconoce explícitamente la necesidad de diseñar estrategias de intervención para transformar dichas concepciones, como el uso de simulaciones digitales (TCK) para mostrar la propagación del sonido y su visualización como onda longitudinal. Se incorporan herramientas tecnológicas para observar la forma de onda, medir frecuencias y amplitudes, lo que sugiere una articulación entre el conocimiento del contenido, la tecnología y la pedagogía (TPACK), particularmente en actividades como las de resonancia con copas o visualización del espectro sonoro.

Por ejemplo, en las sesiones 1 y 2, los estudiantes representan gráficamente cómo creen que viaja el sonido, lo comparan con modelos históricos y luego con modelos científicos apoyados en simulaciones, lo que permite una reestructuración progresiva de su comprensión. En las sesiones posteriores, se articulan experiencias prácticas, narrativas cotidianas y representaciones digitales para trabajar la propagación, la resonancia y la percepción del sonido, aprovechando las ideas de los estudiantes como recursos didácticos y no como errores a corregir directamente.

Desde el marco del modelo de cúpula del PCK (Gess-Newsome y Carlson-J 2013) y adaptado en esta investigación al TPACK, el conocimiento de Genaro se ubica en una forma integrada, ya que se evidencian conexiones explícitas entre el pensamiento estudiantil (CEst), las decisiones curriculares (Ccurr), las estrategias pedagógicas (CEI) y los recursos tecnológicos (TCK). Esta integración también se expresa en los instrumentos de evaluación que permiten acceder a los procesos de construcción conceptual, más allá de la repetición memorística.

En resumen, tal como lo muestra la **Tabla 12** al finalizar el proceso formativo, el conocimiento de Genaro sobre la comprensión de los estudiantes se transforma desde una visión general hacia un conocimiento situado, articulado e intencional, enmarcado en un enfoque reflexivo de la enseñanza que valora las ideas estudiantiles como punto de partida para la construcción del conocimiento científico.

Tabla 12. Transición del conocimiento sobre la comprensión de los estudiantes antes y después del proceso formativo

Aspecto	Estado inicial	Estado final
---------	----------------	--------------

Reconocimiento de ideas previas	Valoración genérica de las experiencias previas del estudiante, sin identificar concepciones alternativas ni sus implicaciones didácticas	Reconocimiento explícito de concepciones alternativas (sonido como sustancia) y reflexión sobre cómo afectan el aprendizaje
Comprensión de los estudiantes	Diagnóstico superficial por falta de tiempo, sin sistematización ni trazabilidad (PPES6DG06).	Cuestionamiento crítico de su propia práctica; interés en hacer diagnósticos más profundos e intencionados (PPES6DG07).
Vinculación con decisiones pedagógicas	No hay articulación entre saberes previos y la enseñanza, ni actividades basadas en el pensamiento estudiantil.	Diseño de actividades (simulaciones, analogías musicales) para superar concepciones erróneas, desde el TPACK (CEst–CEI–TK).
Comprensión de obstáculos de aprendizaje	Ausencia de mención de dificultades específicas o concepciones erróneas documentadas en la literatura.	Reconoce obstáculos conceptuales (tono vs. volumen, sonido en el vacío) y busca estrategias específicas para abordarlos.
Reflexión docente	Enfoque técnico: mención de ideas previas sin problematización o uso didáctico.	Reflexión práctica: reconoce y transforma el pensamiento estudiantil en eje de decisiones pedagógicas.
Articulación TPACK (CEst - CEI - TK)	Sin integración entre el conocimiento del estudiante, la pedagogía y la tecnología.	Conexión explícita entre concepciones estudiantiles, estrategias instruccionales y herramientas digitales
Nivel de integración (Siguiendo el modelo de cúpula Fernandez, 2015)	Conocimiento situado pero no integrado (Gess-Newsome & Carlson, 2013).	Conocimiento articulado e intencional, fundamentado en decisiones curriculares desde el pensamiento estudiantil.
Síntesis global	Conocimiento técnico y general sobre el pensamiento estudiantil, sin conexión con la acción pedagógica.	Conocimiento contextualizado y articulado, que integra concepciones, estrategias y tecnologías en función del aprendizaje.

Este tránsito da cuenta de una evolución del conocimiento profesional docente en la línea propuesta por el modelo de cúpula del PCK adaptado al TPACK. En particular, se evidencia una creciente articulación entre la comprensión del pensamiento estudiantil (CEst), las decisiones instruccionales (CEI) y el uso de tecnologías (TK), así como una progresiva

apropiación de la reflexión práctica según Van Manen (1977), al pasar de una mirada técnica a una problematización pedagógica situada.”

7.1.3 Conocimiento sobre la evaluación en la enseñanza de las Ciencias.

¿Qué elementos emergen sobre la evaluación en la enseñanza de las Ciencias en el profesor Genaro al inicio y desarrollo del proceso formativo?

Teniendo en cuenta el modelo de consenso que mantiene fuertemente elementos del modelo de Magnusson et al (1999) pero de una forma dinámica, el conocimiento sobre la evaluación incluye aspectos como: la comprensión de estrategias y herramientas para evaluar la comprensión de los estudiantes, el conocimiento sobre cómo diagnosticar dificultades de aprendizaje en un tema específico, la habilidad para diseñar, adaptar o seleccionar instrumentos de evaluación apropiados al contenido y al contexto.

Se reconoce que este conocimiento evaluativo es clave para transformar el conocimiento disciplinar en enseñanza efectiva, porque permite identificar ideas previas no acordes con las teorías científicas consideradas válidas, adaptar la enseñanza al nivel del estudiante, retroalimentar la práctica docente, (Rollnick et al. (2008); Gess-Newsome, 2015; Liepertz y Borowski, 2018) en este sentido el conocimiento sobre la evaluación es dinámico y se integra con otros conocimientos del docente como el conocimiento sobre la comprensión de los estudiantes (Cest), el conocimiento de las estrategias de instrucción (CEI) y el conocimiento curricular (Ccurr)

Al inicio del proceso formativo, el conocimiento del profesor Genaro sobre la evaluación en la enseñanza de las Ciencias aparece como un componente presente pero no debidamente articulado a los objetivos formativos ni al pensamiento de los estudiantes. En el análisis conjunto de su plan de aula y la ReCo inicial, se evidencia una combinación de enfoques tradicionales e intenciones formativas pero que no dan cuenta de una estrategia evaluativa integral para el aprendizaje del sonido.

En relación con la primera idea “sonido”, el plan de aula menciona de manera general actividades como talleres en grupo y carteleras, pero no explicita cómo se evalúan los aprendizajes asociados a los conceptos trabajados. Solo en la última parte del plan de aula se menciona una “evaluación escrita”, ubicada tras el abordaje de fenómenos como

reverberación y ruido, sin una correspondencia clara con procesos de retroalimentación o uso de resultados para la mejora.

No obstante, en la Representante de Contenido (ReCo), el profesor Genaro comienza a explicitar diversas formas de evaluación que como se dijo anteriormente, combinan estrategias tradicionales con propuestas formativas. En respuesta a la pregunta 12 de la ReCo inicial ¿Qué formas específicas de evaluación emplea?, señala:

“La evaluación incluye pruebas escritas y orales, individuales y grupales, complementadas con una evaluación formativa que fomenta participación continua, retroalimentación y estrategias como evaluaciones mediadas por el juego, discusiones y actividades en equipo.” (UE33DGPRI11, UE34DGPRI11, UE35DGPRI11).

Estas unidades reflejan una intención de diversificar la evaluación, incorporando tanto prácticas convencionales como juegos, discusión y trabajo colaborativo, aunque sin vinculación explícita con las ideas clave ni con criterios asociados al pensamiento de los estudiantes, lo que sugiere una predominancia aún de un enfoque sumativo tradicional.

Durante el proceso formativo, el profesor Genaro reflexiona sobre la necesidad de una evaluación más formativa y significativa. En la sesión 6 durante la reflexión sobre el papel de la tecnología y la reflexión sobre su Representación de Contenido y la de sus pares, reconoce que el uso de la tecnología podría permitir nuevas formas de evaluación más integradas con el pensamiento de los estudiantes:

“Algo que he venido reflexionando en estas sesiones es que hace falta tiempo para planear distinto, para pensar en cómo usar la tecnología no como adorno, sino como una forma de representar el contenido, de cuestionar ideas previas o incluso de evaluar de otra manera.” (CU2S6DG06)

Asimismo, al responder cómo evaluaría el cambio conceptual respecto al tono, indica:

“La evaluación debe incorporar el aspecto experimental directo, en el cual el estudiante aprenda a reconocer y clasificar los diferentes tonos en una serie de ejemplos prácticos. Por otra parte, y con el uso de herramientas tecnológicas (Plataformas, programas o apps) se reforzaría dicha clasificación por medio de la interpretación de los gráficos.” (UE09EFINR)

Esto sugiere un tránsito hacia una concepción más articulada con el pensamiento estudiantil y con el uso significativo de herramientas digitales.

Respecto a la idea 2 producción del sonido, el docente introduce formas de evaluación centradas en el trabajo colaborativo, señalando:

“Para identificar el nivel de aprendizaje relacionado con la idea planteada, se llevan a cabo actividades de trabajo en equipo, esto con el objeto de que, a través de los diferentes aportes hechos por cada participante, se concrete un concepto más claro de la temática en desarrollo.” (UE62DGPRI11, UE63DGPRI11, UE64DGPRI11).

Este planteamiento sugiere una evaluación orientada a los procesos de construcción colectiva del conocimiento, que reconoce el valor del diálogo entre pares y el aprendizaje colaborativo como fuente de evidencias sobre la comprensión del fenómeno sonoro. Aunque este enfoque es más formativo, su implementación concreta en el aula aún no queda evidenciada en el plan de clase.

Durante el proceso de formación docente, en el momento 3 de la sesión 4, al reflexionar sobre la enseñanza de sonido reportada en la literatura, Genaro profundiza en estas ideas y valora propuestas como la de Castiblanco y Vizcaino (2010) que integran la evaluación con estrategias didácticas, destacando que:

“La unidad de evaluación es mucho más completa. No se remite a una sola herramienta o a muy pocas herramientas, sino que es bastante completa. [...] facilita al estudiante apropiarse del conocimiento y para uno como docente mirar el progreso en el aprendizaje del estudiante.” (Ent2DG01)

Esto sugiere que comienza a percibir la evaluación como parte integral del proceso de enseñanza-aprendizaje, más allá del momento final.

En cuanto a la idea propagación del sonido, el profesor Genaro complementa el uso de pruebas escritas con estrategias como el debate y la coevaluación. En sus palabras:

“Aunque, la evaluación de tipo escrito es la herramienta más usada, ésta suele ser complementada con actividades como debates y coevaluación, donde los mismos estudiantes identifican las falencias y, mediante la retroalimentación, logran

comprender de manera más integral la idea.” (UE89DGPRI11, UE90DGPRI11, UE91DGPRI11, UE92DGPRI11).

Aquí se percibe una mayor intención de promover la reflexión y la metacognición, a través de estrategias participativas como el debate y la coevaluación. Durante la Sesión 6, se refuerzan estas ideas, Genaro menciona:

“He empezado a revisar mis prácticas y a buscar formas de incorporar la tecnología no solo para gestionar tiempo o cambiar la dinámica del aula, sino para que los estudiantes interactúen, exploren y construyan conocimiento.”
(CU1S6DG08)

Además, en la entrevista final reflexiona que:

“La evaluación no puede quedarse en ver si respondieron bien o mal. Tiene que mostrar cómo están pensando, si lograron cambiar sus ideas, cómo las justifican. Yo creo que eso también se puede evaluar.” (Ent2DG13)

En conjunto, al inicio del proceso formativo, el conocimiento del profesor Genaro sobre la evaluación oscila entre un enfoque tradicional, centrado en pruebas orales y escritas (UE33DGPRI11), y una apertura hacia prácticas más formativas como el trabajo en equipo, los juegos, los debates y la retroalimentación (UE34DGPRI11, UE63DGPRI11, UE90DGPRI11).

Durante el proceso formativo, este conocimiento comienza a transformarse hacia una visión más reflexiva y articulada. Se reconocen nuevas posibilidades para integrar la evaluación con el pensamiento de los estudiantes, con el uso de tecnología y con la construcción colectiva del conocimiento, como se evidencia en unidades como CU2S6DG06 y Ent2DG01.

Desde el modelo de TPACK adaptado al modelo de cúpula, este avance se puede ubicar en un tránsito hacia una fase más integrada y reflexiva, especialmente en las ideas de producción y propagación del sonido. Empieza a emerger una integración entre conocimiento de la evaluación (CEv), conocimiento tecnológico (TK) y conocimiento acerca de los estudiantes (CEst), aunque aún de forma incipiente.

¿Qué conocimientos sobre la evaluación en la enseñanza de las Ciencias emergen en el profesor Genaro al final del proceso formativo?

Al finalizar el proceso formativo, se observa un avance en la concepción de evaluación del profesor Genaro, quien pasa de una mirada centrada en pruebas tradicionales hacia una perspectiva más formativa, diversificada y articulada con las estrategias pedagógicas, el pensamiento de los estudiantes y el uso de herramientas tecnológicas. Este cambio se evidencia tanto en las respuestas a la ReCo final como en el diseño del curso construido colaborativamente.

En relación con la enseñanza de la idea “naturaleza del sonido”, Genaro propone una evaluación que permite observar el proceso de aprendizaje a partir de diversas fuentes de evidencia. Menciona que utiliza “*bitácoras reflexivas, comparación entre representaciones iniciales y finales, debates guiados, tareas de reinterpretación histórica, rúbricas de argumentación*” (UE12DGPRF1), lo cual indica una intención de valorar no sólo los productos sino también los procesos de construcción de conocimiento. Esta visión se alinea con una evaluación que tiene en cuenta el pensamiento y las creencias del estudiante promoviendo en ellos la reflexión sobre su propio aprendizaje, es decir el profesor Genaro comienza a reflexionar sobre los procesos de metacognición en sus estudiantes

Este enfoque aparece reflejado también en la unidad didáctica en momentos como el de construcción inicial y final del concepto de sonido (DCUSO05 y DCUSO48), la comparación entre modelos históricos (DCUSO09), el uso de softwares para optimizar procesos de evaluación en clase y su vinculación con la reflexión metacognitiva, promoviendo una comprensión de los conceptos enseñados.

Respecto a la idea de “producción del sonido”, la ReCo final muestra que Genaro evalúa habilidades analíticas y reflexivas en torno a la interpretación del fenómeno, señala explícitamente al preguntarle sobre las maneras de evaluar la idea:

“Análisis gráfico, interpretación de tablas, estimación de frecuencia, reflexión escrita sobre percepción y fenómenos físicos” (UE24DGPRF2), lo que evidencia una intención de conectar la percepción sensorial de los estudiantes con representaciones científicas mediante diversos instrumentos de evaluación.

Este enfoque se implementa en la unidad didáctica a través de experiencias como la manipulación de copas con agua, el uso de apps para visualizar las ondas, y la construcción del concepto de frecuencia a partir del conteo de ciclos. La evaluación no se restringe a la reproducción de información, sino que busca evidenciar comprensiones construidas a partir de experiencias sensoriales y tecnológicas, favoreciendo la apropiación significativa de conceptos complejos.

En cuanto a la propagación del sonido, Genaro plantea una evaluación que incluye elementos de una evaluación formativa:

“Problemas contextualizados, comparación de representaciones, registro en bitácoras, esquemas comparativos de medios, autoevaluación guiada” (UE36DGPRF3).

Esto muestra una intención clara de vincular la evaluación con la comprensión de fenómenos físicos complejos como la velocidad de propagación, la influencia del medio o la resonancia, y no sólo con la memorización de fórmulas.

La unidad didáctica recoge este planteamiento en diversas sesiones donde se utilizan narrativas (DCUSO23), simulaciones digitales (DCUSO08, DCUSO20), actividades experimentales (DCUSO12, DCUSO39) y producción de esquemas y gráficas (DCUSO14, DCUSO25). La evaluación integra estrategias como la coevaluación (DCUSO35), la reflexión sobre experiencias perceptuales (DCUSO15) y la resolución de problemas contextualizados (DCUSO21), fortaleciendo la articulación entre el conocimiento del contenido (CK), el conocimiento pedagógico (PK), el conocimiento tecnológico (TK) y el conocimiento sobre la comprensión de los estudiantes (CEst).

En síntesis, al cierre del proceso formativo el conocimiento del profesor Genaro sobre la evaluación en la enseñanza de las Ciencias se ha transformado desde una visión centrada en instrumentos tradicionales hacia una comprensión más amplia y situada. Las estrategias de evaluación no solo permiten valorar conocimientos, sino también acompañar y visibilizar los procesos de pensamiento de los estudiantes. Desde el marco de la cúpula del PCK adaptado al TPACK, se evidencia una forma más integrada de conocimiento sobre evaluación (CEv) que la presentada al inicio del proceso formativo, en articulación con el contenido, la pedagogía, la tecnología y el conocimiento de las concepciones estudiantiles. La evaluación se convierte

así en una herramienta de construcción compartida del conocimiento y no únicamente en una forma de medición.

7.1.4 Conocimiento tecnológico de contenido

¿Qué aspectos sobre el conocimiento tecnológico de contenido en la enseñanza de las Ciencias emergen en el profesor Genaro al inicio del proceso formativo?

El conocimiento tecnológico del contenido, como componente del TPACK, se refiere a la capacidad del docente para integrar herramientas tecnológicas en la enseñanza de conceptos específicos, en este caso, el sonido con el fin de transformar el contenido haciéndolo comprensible para los estudiantes, como por ejemplo se incluye aquí el conocer y usar software de edición de audio, simuladores interactivos y demás herramientas digitales que permiten a los estudiantes analizar, visualizar y comprender las características del sonido bajo diferentes condiciones.

En este sentido en el análisis de la ReCo particularmente en las respuestas a la pregunta 8 y 9 se observa que el profesor Genaro encuentra en la tecnología un apoyo para representar el concepto de onda tridimensional asociado a él, esto se evidencia en el diseño de recursos visuales apoyados en herramientas digitales como diseñadores gráficos para la elaboración de guías didácticas y presentaciones en powerpoint.

Por ejemplo, en una de las guías diseñadas por el docente, se incluye una imagen de una ambulancia rodeada de esferas concéntricas que simbolizan la propagación del sonido en todas las direcciones. Este recurso gráfico permite al estudiante visualizar un fenómeno que no es directamente observable, facilitando así la comprensión del carácter tridimensional de la propagación del sonido.

En otro caso, el docente recurre a gráficas que muestran la disposición molecular en los distintos estados de la materia (sólido, líquido y gaseoso) para explicar por qué la velocidad del sonido varía según el medio, siendo mayor en los sólidos, luego en los líquidos y por último en los gases, aquí entonces se nota una vinculación inicial del conocimiento tecnológico del contenido (TCK) con el conocimiento de las estrategias e instrucciones para la enseñanza de la Ciencia (CEI), ya que como estrategia para la comprensión de un

fenómeno abstracto, el docente recurre a la representación gráfica y a analogías apoyadas en las herramientas tecnológicas.

Estos ejemplos evidencian que su TCK está orientado al uso de herramientas digitales para el diseño de imágenes que representen de alguna forma conceptos físicos abstractos. Esto se verifica en la respuesta del docente a la pregunta 8 de la ReCo ¿Cuáles son las formas digitales y no digitales que utilizas con el fin de representar y formular la idea? donde Genaro señala:

"En la estructuración y elaboración de guías y evaluaciones se emplean herramientas del tipo diseñadores gráficos, los cuales también son empleados para elaborar material didáctico en el desarrollo de la idea. Para representar y formular la idea se emplean gráficas diseñadas en computador, presentaciones en PowerPoint y programas de diseño gráfico, editores de audio, entre otros. Complementando lo anterior, se recurre al desarrollo de actividades, tanto en el aula como fuera de ella (en campo)." UE21DGPRI8, UE22DGPRI8, UE23DGPRI8

En este mismo sentido al referirse a la idea 2 “producción de sonido” Genaro alude que para representar y formular los conceptos trabajados en esta idea también recurre a las guías didácticas y lo complementa con editores de audio:

"Dentro de las herramientas no digitales se acude a guías estructuradas de forma adecuada en donde no sólo se explique de forma teórica la temática, sino que se muestre su aplicación. Aunado a lo anterior, se utilizan recursos como editores de audio, complementados con videos y presentaciones UE51DGPRI8 UE52DGPRI8

Adicionalmente en la pregunta ¿Cuáles herramientas digitales son más convenientes para representar la idea en consideración, y en qué criterios apoyas dicha intención de diseño? menciona nuevamente los editores de audio:

"Esta idea se orienta con el uso de programas de edición de audio en razón a que muestran al estudiante, de forma clara, las características de las ondas de sonido generadas en diferentes condiciones."

Los editores de audio pueden considerarse una herramienta que transforma el contenido, cuando se tiene un uso consciente de ellos, puesto que permiten al profesor que logre que sus estudiantes establezcan relaciones entre lo que se oye y lo que se representa visualmente. Este tipo de herramientas tecnológicas contribuye a ir más allá de la enseñanza meramente expositiva, donde se transmiten conceptos muchas veces sin sentido para los estudiantes, que se alejan de los contextos y de la misma naturaleza fenomenológica del sonido, de hecho la literatura ha encontrado potencial muy alto en la integración de editores de audio para la enseñanza de cualidades del sonido como el tono (Cuevas et al 2017, Castiblanco y Vizcaíno, 2010, Cuevas y Villamizar 2017).

Sin embargo, en las respuestas del docente se evidencia que el uso de estos recursos tecnológicos se orienta más a mostrar al estudiante representaciones ya elaboradas del contenido que a la manipulación activa por parte del estudiante, lo cual limita su potencial como herramientas para la exploración y construcción del conocimiento. A pesar de esto, el uso de editores de audio y la capacidad del docente para manejar cada uno de estos softwares representa una oportunidad para que él reflexione su uso desde una postura más crítica y se integre de una manera más adecuada al proceso de enseñanza, aprendizaje y evaluación.

Respecto a la propagación del sonido Genaro afirma que hace *“uso de prácticas de campo, para que los estudiantes verifiquen elementos que la afectan...Los recursos digitales no son empleados debido a la falta de este tipo de herramientas en la dotación de laboratorio”*
UE80DGPRI8-UE82DGPRI8

Es así que debido al contexto según lo expone el docente es más factible recurrir a la interacción en campo que a las herramientas tecnológicas debido a la falta de disponibilidad de estas en la Institución Educativa, al profundizar en las respuestas a la ReCo comenta que una aplicación práctica que él realiza es el cálculo de la temperatura a partir de fórmulas matemáticas que modelan la velocidad del sonido, pero también integrando herramientas tecnológicas como el celular, no obstante nuevamente las prácticas que involucren tecnologías digitales se ven obstaculizadas por la falta de herramientas.

Para la enseñanza de producción de sonido, las herramientas digitales que para Genaro apoyan su representación son softwares como Simphy, Algodo y Physion, sin embargo, a

pesar de ser software compatibles con dispositivos móviles y computadores y aparentemente accesibles para los estudiantes nuevamente hay dificultades por su falta de disponibilidad en las instituciones.

"Entre las herramientas digitales que se pueden emplear en la orientación de la idea se encuentran Simphy, Algodo y Physion. Estas herramientas permiten diseñar experimentos realistas, algunos en 3D o 2D. Son compatibles con dispositivos móviles y computadoras... Asimismo, se utilizan programas de edición de audio y gráficos, que ofrecen interfaces intuitivas y gratuitas." UE24DGPRI9 UE25DGPRI9

"El uso de esta clase de herramientas es complicado debido a que el laboratorio no cuenta con ellos". UE83DGPRI9

Las unidades relacionadas sugieren una posible integración entre tecnología y contenido, no obstante, esta intención se ve limitada por el acceso restringido a estos recursos, en términos de reflexión, siguiendo a Van Manen (1979) el discurso del docente se sitúa en un nivel técnico, pues reconoce el valor instrumental de ciertos recursos y programas, pero no los articula intencionadamente con los conceptos físicos ni con una estrategia pedagógica definida.

Desde el modelo TPACK, el conocimiento TCK de Genaro aparece en forma incipiente, condicionado por la infraestructura disponible y sin una elaboración conceptual sólida que integre de forma dinámica el contenido disciplinar con las posibilidades representacionales de la tecnología. Su uso se orienta a la demostración o visualización de fenómenos, pero no se configura aún como una mediación cognitiva consciente y planificada.

¿Qué aspectos sobre el conocimiento tecnológico de contenido en la enseñanza de las Ciencias emergen en el profesor Genaro durante el proceso formativo?

A lo largo del proceso formativo a través de la orientación reflexiva el conocimiento tecnológico del profesor Genaro comienza a integrarse a su conocimiento de contenido para promover una enseñanza del sonido, evidenciándose un tránsito desde el uso instrumental de la tecnología como gráficas realizadas en diseñadores gráficos y presentaciones, hacia una comprensión de la tecnología como medio para promover un cambio conceptual.

En este sentido en los relatos narrativos, el docente al responder a la pregunta ¿Qué herramientas tecnológicas ha utilizado para representar cualidades del sonido, como por ejemplo el tono? menciona explícitamente que ha utilizado *“aplicaciones empleadas para aprender música como Toc and Roll, Music Box, entre otras; asimismo, han servido como recursos de apoyo programas como Audacity y Sony Vegas, donde, por medio del gráfico de picos, es posible explicar dicho concepto”*. UE02EFINR

Además, cuando se le pregunta cómo los estudiantes comprenden el tono, el docente afirma: *“Inicialmente, lo perciben como una experiencia auditiva; sin embargo, el uso de herramientas tecnológicas les permite identificarlo como propiedad”*. UE03EFINR

Esto sugiere que posiblemente el profesor está comenzando a ver en la tecnología una herramienta potencial que permite al estudiante conectar los conceptos del sonido desde lo que perciben (Interacción con el fenómeno) su modelación e interpretación desde lo cualitativo y cuantitativo, el acercamiento a ejemplificar esto desde cualidades como el tono posiblemente se deba a las reflexiones generadas en los encuentros a través de las lecturas propuestas y como aprendiz de Ciencias, donde se trabajó significativamente alrededor de esta cualidad del sonido.

Cuando se le pregunta por la contribución de la tecnología al cambio conceptual, Genaro responde:

“La contribución de las herramientas en el desarrollo de este concepto es palpable, en el sentido que a través de ellas el estudiante logra apropiarse de forma más tangible un concepto que, desarrollado de forma netamente teórica, le resultaría muy etéreo” (UE08EFINR).

Esta afirmación coincide con lo planteado en el marco del TPACK donde se destaca que la tecnología al integrarse adecuadamente en los procesos de enseñanza permite que los contenidos sean comprensibles.

Este acercamiento a una adecuada integración de la tecnología y el contenido se puede ver en la sesión 6 en la cual al reflexionar alrededor de la enseñanza del sonido propuesta en la literatura, respecto a la actividad planteada por Cuevas et al (2017) Genaro menciona:

“Me pareció muy acertado que la actividad no empezara con la tecnología, sino con una experiencia que los estudiantes puedan vivir. Primero escuchan, producen el sonido y lo comparan. Luego con la ayuda de la app ven que ese sonido tiene una representación”.CU2S6DG03

Aquí se evidencia que el profesor comprende que la tecnología es más eficaz cuando se usa para resignificar experiencias previas. Asimismo, propone una secuencia didáctica que inicia desde la parte fenomenológica con la manipulación de materiales físicos (tubos, cuerdas, reglas) y experiencias cotidianas y culmina con un el uso de simuladores:

“Después de esa exploración, usaríamos programas para ver cómo cambia la onda cuando varía la frecuencia” (CU2S6DG05).

Aquí, el uso de la tecnología ya no se limita a mostrar contenido, sino que forma parte de una progresión conceptual que permite a los estudiantes visualizar relaciones matemáticas y físicas. Otras unidades que evidencian un inicio de integración del conocimiento tecnológico de contenido de Genaro en el desarrollo del proceso de formación son:

“Conocer los conceptos asociados al sonido como frecuencia y su relación con el tono, saber utilizar herramientas tecnológicas que ayuden a comprender los conceptos, conocer el funcionamiento de herramientas tecnológicas básicas”.CU2S6DG02

“Hace falta tiempo para planear distinto, para pensar en cómo usar la tecnología no como adorno, sino como una forma de representar el contenido, de cuestionar ideas previas o incluso de evaluar de otra manera”. CU2S6DG06

Estas unidades demuestran una comprensión más reflexiva de la tecnología como forma de representar el contenido y de alguna forma transformarlo y no como un recurso instrumental.

¿Qué aspectos sobre el conocimiento tecnológico de contenido en la enseñanza de las Ciencias emergen en el profesor Genaro al final del proceso formativo?

Al final del proceso formativo, el conocimiento tecnológico del contenido (TCK) del profesor Genaro da cuenta de una mejor integración pasando de un uso meramente

instrumental de la tecnología hacia uno con mayor conciencia de transformación conceptual. En la ReCo final, el profesor menciona el uso de tecnologías como PhET, Audacity, Oscilloscope, que si bien también eran mencionadas al inicio del proceso formativo esta vez se hace referencia a ellas de manera más articulada con los propósitos de aprendizaje, por ejemplo en la idea de naturaleza del sonido, señala que utiliza:

“Simuladores como PhET, videos, aplicaciones que permiten de algún modo representar el sonido que es tan abstracto. Audacity.” (UE07DGPRF1)

Al describir cómo representa esta idea, señala:

“Escritura colaborativa de definiciones, esquemas de transmisión del sonido, discusiones guiadas, Audacity por ejemplo al hablar de cualidades como tono.” (UE08DGPRF1)

Esta vinculación de tecnologías específicas con elementos del contenido revela que el docente comienza a integrar recursos como Audacity no solo como apoyo visual, sino como una herramienta que permite explorar las cualidades del sonido como el tono, lo cual se alinea con lo propuesto por Cuevas y Villamizar (2017), quienes se apoyan en editores de audio para transitar desde la experiencia (fenomenología) hasta la matematización

En la idea de producción del sonido, al responder la pregunta 8 acerca de cuáles son las formas no digitales y digitales para representar la idea, la ReCo final incluye respuestas que muestran un uso más experimental e interactivo de las tecnologías:

“Apps como Oscilloscope para visualizar ondas. Plataformas para grabar y comparar sonidos, editores como Audacity.” (UE19DGPRF2)

“Experimentos con copas y agua, comparación perceptiva, gráficas digitales, grabaciones de voz” (UE20DGPRF2)

Su uso se justifica por accesibilidad y conexión con los sentidos (UE21DGPRF2). Es de resaltar que si bien al principio del proceso formativo la ReCo de Genaro insistía en sus respuestas que una dificultad estaba en la poca e incluso nula disponibilidad de herramientas digitales en la Institución, sus respuestas se modifican precisamente por ese cambio de contexto al contar en la actualidad con 2 aulas STEAM y la motivación a su uso.

Respecto a la propagación del sonido, el docente señala como herramientas tecnológicas el uso de vídeos para hablar del sonido y el vacío, simulaciones como PHET y Simphy, apps para medir decibeles y relacionar con la intensidad pero también hace alusión a herramientas no digitales como teléfonos de vasos, mesas de maderas, guías didácticas.

“Video sobre el vacío, simulaciones PHET, Simphy, apps para medir decibeles” (UE31DGPRF3)

“Teléfono de vasos, analizar la propagación del sonido en diferentes materiales como mesas de madera, comparación de velocidades con tablas y gráficas” (UE32DGPRF3)

“Videos que permiten representar la velocidad del sonido al cambiar el medio. Se seleccionan por permitir reforzar la explicación que doy en las guías acerca de la disposición de las moléculas según el estado de la materia”.
(UE33DGPRF3)

En comparación con las respuestas iniciales, es notorio que hay una mayor conciencia de que el uso de tecnologías en el aula no puede reducirse a su dimensión instrumental. Más bien, su integración pedagógica requiere una reflexión profunda sobre el sentido de la tecnología, su influencia en la construcción del conocimiento y su vínculo con el contexto de los estudiantes.

7.1.5 Conocimiento tecnológico pedagógico

¿Qué aspectos sobre el conocimiento tecnológico pedagógico en la enseñanza de las Ciencias emergen en el profesor Genaro al inicio del proceso formativo?

Al comienzo del proceso formativo el profesor Genaro usa las herramientas digitales como recursos para la preparación de clases, como por ejemplo guías que permiten organizar la información, este análisis se fundamenta en la reflexión de la pregunta 7 de la ReCo inicial ¿Qué tecnologías digitales estándar empleas para planear y gestionar el aprendizaje de la idea?, respecto a la cual en la idea sonido, el docente manifiesta:

“En la realización de este tipo de actividades se recurre como base a textos actualizados; sin embargo, esta información se complementa con el

contenido de plataformas digitales. El diseño y elaboración de guías y pruebas a través del uso del computador.” (UE18DGPRI7, UE19DGPRI7, UE20DGPRI7)

Estas unidades indican que la tecnología se emplea para planear y elaborar recursos didácticos como guías, evaluaciones, presentaciones, sin embargo, no se evidencia un uso de la tecnología integrado de forma adecuada a los procesos de enseñanza, aprendizaje y evaluación del sonido.

En cuanto a la idea de producción del sonido, al responder la misma pregunta el profesor Genaro afirma:

“Para la orientación de esta temática se emplean objetos de uso cotidiano los cuales estén hechos de diferentes materiales para que el estudiante identifique las propiedades básicas del sonido, actividad que se complementa con videos relacionados con el tema.” (UE49DGPRI7, UE50DGPRI7)

Aquí se introduce el uso de videos como complemento, pero su función se remite simplemente a ilustrar o reforzar una actividad previamente diseñada. No se explicita cómo se integran estos recursos digitales en la gestión del aula, ni cómo se aprovechan para promover el aprendizaje.

Respecto a la idea de propagación del sonido, el docente menciona:

“Similar a la anterior idea, se emplean objetos que el estudiante manipule y conozca en su entorno, los que son empleados en prácticas de campo en las cuales se manejen diversas condiciones que le permitan al estudiante identificar el movimiento que sufre el sonido según las condiciones que se planteen.” (UE78DGPRI7, UE79DGPRI7)

En este caso no se hace referencia al uso de herramientas tecnológicas. Se enfatiza el trabajo experimental con materiales del entorno, si bien esto es significativo se vuelve a evidenciar una ausencia de tecnologías digitales integradas al diseño pedagógico.

En síntesis, al inicio del proceso formativo, el conocimiento tecnológico pedagógico de Genaro se orienta al uso de tecnologías digitales para la planificación y producción de materiales como guías y pruebas, pero sin una clara integración al conocimiento pedagógico

¿Qué aspectos sobre el conocimiento tecnológico pedagógico en la enseñanza de las Ciencias emergen en el profesor Genaro durante y al final del proceso formativo?

En esta etapa del proceso el profesor Genaro manifiesta un uso de herramientas tecnológicas en el diseño y organización de guías pero también para optimizar el tiempo en el aula con ayuda de las presentaciones en power point, brindar a los estudiantes motivación gracias a actividades interactivas como cuestionarios de selección múltiple en línea, sorteos para que la participación de los estudiantes sea diferente al llamado a lista o al simple señalamiento del docente, esto se manifiesta en los relatos narrativos recogidos a lo largo de las sesiones, en la sesión 1 por ejemplo el docente reflexiona la tecnología como herramientas y métodos que optimizan actividades humana al responder a la preguntas sobre ¿Qué es la tecnología y cómo se integra en la escuela el docente responde:

“Son aquellas herramientas que buscan hacer más eficiente el desarrollo de ciertas actividades del ser humano” UECS1G01

“También se debe entender como el conjunto de métodos que permiten el correcto uso de los diferentes artefactos tecnológicos” UECS1G02

“Se integra en el diseño de materiales didácticos que contribuyen a un desarrollo más fluido y claro de los diferentes contenidos” UECS1G03

En las siguientes sesiones el profesor Genaro reflexiona sobre cómo la tecnología no es solo una herramienta subsidiaria, sino que también cambia la manera de enseñar, aprender y evaluar, en este sentido se observa que en la primera sesión Genaro mira en la tecnología una herramienta eficiente para ahorrar tiempo, pero a lo largo de las sesiones su visión va transitando de una atribución a la tecnología meramente operativa a una más con sentido pedagógico. es así que el menciona al inicio:

“He utilizado diversas herramientas tecnológicas para abordar gran cantidad de contenido que generalmente en cursos de secundaria se deben dar en poco tiempo” (CUIS6DG06).

Genaro también identifica barreras estructurales que afectan directamente la integración tecnológica:

“No siempre contamos con las condiciones necesarias como una buena conectividad o suficientes equipos, lo que limita las posibilidades de una integración tecnológica” (CU1S6DG10).

Se ve en Genaro que reflexiona alrededor de las condiciones del contexto, frente a estas limitaciones del contexto, el profesor Genaro no solo identifica problemas externos sino que reconoce también que el desafío está en los procesos de formación continua:

“Otra dificultad es la formación docente, como lo hemos visto en los textos: no basta con saber manejar una herramienta, hay que saber para qué, cómo y cuándo utilizarla dentro de una clase” (CU1S6DG11).

En la sesión 6 el docente reflexiona sobre el rol del profesor y la relación con la tecnología y como son utilizadas en el aula

“Como lo vimos en las discusiones sobre el TPACK, como profesores debemos saber integrar el conocimiento del contenido, la pedagogía y la tecnología de manera coherente, pertinente y significativa. Esto implica una postura más reflexiva y deliberada, donde el docente no solo elige herramientas, sino que las vincula con una intencionalidad pedagógica”.CU1S6DG04- CU1S6DG05

En la reflexión sobre la enseñanza de otros documentada en la literatura al respecto del uso de la tecnología vinculada a aspectos pedagógicos el profesor señala:

“Otra cosa importante que plantea el artículo (haciendo referencia a la secuencia didáctica de Castiblanco y Vizcaíno 2010) es que no se debería comenzar directamente con los modelos matemáticos, sino trabajar primero lo cualitativo, lo conceptual. Y creo que eso puedo incorporarlo. Podría hacer más actividades que partan de situaciones reales o experimentos simples. Me parece clave que puedan visualizar el fenómeno antes de pasarlo a fórmulas. Usar simuladores, por ejemplo, podría ayudarles a ver cómo se propaga una vibración.” PES6DG05

Respecto a la lectura de Cuevas et al (2017) el profesor reflexiona:

“Me pareció muy acertado que la actividad no empezara con la tecnología, sino con una experiencia que los estudiantes puedan vivir, primero escuchan producen el sonido y lo comparan, eso conecta con lo que ellos ya saben o creen. Luego con la ayuda de la app ven que ese sonido tiene una representación esto hace que el estudiante construya significado por sí mismo” CU2S6DG03

Durante esta misma sesión el docente también reflexiona sobre la integración de la tecnología en su propia práctica:

“Ya no basta con transmitir información de manera tradicional, sino que como docentes debemos mediar el conocimiento a través de múltiples lenguajes, entre ellos el tecnológico” (CU1S6DG02)

“He comenzado a reconocer que ese uso, aunque útil, puede quedarse en una dimensión instrumental si no está articulado con las necesidades de mis estudiantes” CU1S6DG07

“He utilizado diversas herramientas tecnológicas para abordar gran cantidad de contenido que generalmente en cursos de secundaria se deben dar en poco tiempo” CU1S6DG06

“No siempre contamos con las condiciones necesarias como una buena conectividad o suficientes equipos, lo que limita las posibilidades de una integración tecnológica”. CU1S6DG10

“Otra dificultad es la formación docente, como lo hemos visto en los textos no basta con saber manejar una herramienta hay que saber para qué, cómo y cuándo utilizarla dentro de una clase” CU1S6DG11

Durante la sesión 6 el profesor Genaro reflexiona en cómo puede integrar las discusiones que se han generado en el proceso formativo en una actividad para enseñar tono, el docente respondió al cuestionario:

“Comenzaría con la comparación entre distintos objetos que producen sonido, como tubos plásticos de diferente longitud, una regla que se hace vibrar en el borde de la mesa o una cuerda tensada. La idea es que ellos mismos hagan sonar estos objetos y observen qué diferencias escuchan. Les pediría que organicen sus observaciones según qué

sonido es más agudo o más grave, y que intenten explicar por qué ocurre eso. Después de esa exploración, usaríamos programas para ver cómo cambia la onda cuando varía la frecuencia”. CU2S6DG05.

Aquí se evidencia como el docente relaciona el TPK con el conocimiento sobre la comprensión de los estudiantes (Cest), formulando una actividad con una articulación progresiva entre la exploración fenomenológica, la indagación guiada y la tecnología como apoyo visual y representacional, esta unidad es un claro ejemplo de cómo su reflexión transita de tener elementos de una reflexión técnica a una más práctica,

A lo largo del proceso formativo también el profesor Genaro menciona que hace uso de las herramientas tecnológicas para formular diversos tipos de evaluaciones del aprendizaje y fomentar la participación entre sus estudiantes, compartiendo experiencias sobre el uso de plataformas offline y online:

“He explorado tanto herramientas en línea como offline, algunas de las cuales conocí durante mis estudios de maestría y especializaciones. Dentro de las herramientas offline, destacó el uso de aplicaciones tipo sorteo, no solo para asignar equipos sino también como opción para aplicar evaluaciones de selección múltiple con retroalimentación automática.” (UE25DRENT)

“He realizado actividades evaluativas dentro de plataformas digitales lo cual ha resultado motivador para sus estudiantes.” (UE27DRENT)

Para Genaro el incluir las herramientas tecnológicas en el proceso de enseñanza, aprendizaje y evaluación es asertivo en sus palabras, *“muchos pierden el miedo a participar y expresarse, al tratarse de entornos menos formales.”* (UE28DRENT), particularmente para Genaro realizar evaluaciones con estas herramientas ha sido una manera de diversificar los formatos:

“he usado JClick para diseñar pruebas en diferentes formatos, incluyendo apareamientos y ejercicios de complemento.” (UE29DRENT)

“También ha empleado entornos como eXe Learning, destacando su utilidad al permitir configurar ayudas cuando los estudiantes seleccionan una respuesta

incorrecta, proporcionando retroalimentación tanto con explicaciones como con pistas.” (UE30DRENT)

“La ventaja de estas herramientas es que algunas permiten trabajar sin conexión a internet, lo que es fundamental en contextos con limitaciones tecnológicas.” (UE31DRENT)

“También valoró su posibilidad de incorporar imágenes como soporte a las preguntas. Sin embargo, hay ciertas plataformas que presentan limitaciones, como la imposibilidad de incluir imágenes en extensiones de texto más complejas.” (UE32DRENT)

El profesor Genaro al referirse al uso de presentaciones digitales, explicó que el PowerPoint ha sido una herramienta clave para agilizar la clase, disminuir el tiempo dedicado a escribir en el tablero y hacer las explicaciones más llamativas, pero también que puede ser sustituido por otras aplicaciones:

“el PowerPoint puede ser sustituido por JClick o por otras herramientas como quizzes digitales, que permiten reafirmar conocimientos.” (UE34DRENT)

Respecto a la enseñanza del sonido el profesor Genaro reconoció que el trabajo experimental se ha visto limitado por la escasa dotación de laboratorios. No obstante, resaltó que gracias a su formación como bachiller técnico, ha incorporado distintos instrumentos de medición en sus clases.” (UE35DRENT)

Estos fragmentos evidencian cómo el docente reflexiona al integrar la tecnología con diversas estrategias pedagógicas teniendo en cuenta el contexto, el currículo y los estudiantes. En este sentido, se perfila una forma más consciente del conocimiento tecnológico pedagógico, conectado con la reflexión, esto se aplica en el diseño del curso en compañía del grupo colaborativo donde las actividades incluyen herramientas tecnológicas integradas más intencionalmente a guiar el proceso de enseñanza, aprendizaje y evaluación.

Aunque en la ReCo final, al responder la pregunta 7 ¿Qué tecnologías digitales estándar empleas para planear y gestionar el aprendizaje de la idea?, Genaro se enfoca a reflexionar las tecnologías para transformar el contenido, es notorio durante todo el proceso formativo que Genaro reflexiona sobre el valor didáctico de ciertas herramientas tecnológicas, la intención de articular su uso con estrategias pedagógicas y una conciencia de los elementos contextuales y formativos que condicionan su implementación.

Respecto a las respuestas de la pregunta 7 en la idea “naturaleza del sonido” el profesor menciona herramientas como *PhET*, *videos* y *Audacity*, que “permiten de algún modo representar el sonido que es tan abstracto” (UE07DGPRF1), para gestionar el aprendizaje de la producción de sonido Genaro emplea aplicaciones como *Oscilloscope* y *Spectroid*, además de plataformas para grabar y comparar sonidos y editores como *Audacity*, (UE19DGPRF2) y para la idea “propagación de sonido” Genaro menciona el uso de videos sobre el vacío, simuladores como *PhET*, *Simphy*, y aplicaciones para medir decibeles (UE31DGPRF3).

Es así entonces que a lo largo del desarrollo de las sesiones se explicita cómo el docente reflexiona cómo la tecnología cambia las prácticas de enseñanza, no solo se trata de saber usar una herramienta de forma técnica, sino de entender cómo su uso puede cambiar realmente la forma en que se enseña, se aprende y se evalúa.

7.1.6 Conocimiento de las estrategias e instrucciones para la enseñanza de las Ciencias (CEI)

¿Qué aspectos sobre el conocimiento de las estrategias e instrucciones para la enseñanza de las Ciencias emergen en el profesor Genaro al inicio del proceso formativo?

Esta categoría se enfoca en la serie de técnicas, modelos y estrategias de enseñanza tal como lo estipulan autores como Magnusson et al (1999), Zuluaga (2017) Cuellar (2023), particularmente se analizaron las respuestas a las preguntas 10 y 11 de la ReCo. Sus respuestas reflejan una intención de promover el aprendizaje a través de diversas estrategias, aunque aún se perciben ciertas tensiones entre la intención pedagógica y la implementación en el aula.

Una de las estrategias que menciona es la gamificación. Así lo menciona:

“Uno de los procedimientos empleados es la gamificación, ya que permite al estudiante apropiarse del conocimiento por medio del juego” UE27DGPRI10

Esta unidad reconocida en la ReCo cuando el profesor Genaro responde a la pregunta ¿Cuáles procedimientos de enseñanza emplea y cuáles son las razones particulares de su uso con esa idea? evidencia su intención de hacer del aula un espacio más dinámico, además menciona:

También se utilizan debates y el método del caso, promoviendo curiosidad y creatividad. La combinación de aprendizaje colaborativo con el experimental fomenta la construcción del conocimiento a través de trabajo práctico y experiencias propias”

UE28DGPRI10 -UE29DGPRI10

Para las ideas producción y propagación del sonido la selección de estrategias son similares:

“A fin de que el estudiante plantee diversas situaciones en que se produce el sonido y analice los resultados obtenidos, resulta apropiado el método del caso, el cual a su vez promueve el trabajo en equipo” UE56DGPRI10 UE57DGPRI10

UE58DGPRI10

Respecto a la propagación del sonido:

“Similar a la anterior idea, el método del caso se presenta como una herramienta pedagógica que orienta al estudiante a desarrollar su creatividad diseñando diversas condiciones que afectan la propagación del sonido”.

Esto demuestra un interés por promover el debate como forma de fomentar la construcción de conocimiento, por otra parte también se evidencia una intención de estrategias enfocadas a que los estudiantes aprendan tanto desde la práctica como desde la interacción con sus compañeros, si bien las respuestas del profesor Genaro se encaminan a estrategias usadas en el constructivismo, el modo en que se articula estas estrategias con las ideas científicas que el prioriza aún no está del todo desarrollado en el discurso inicial.

En cuanto al análisis de las respuestas dadas a la pregunta 11 de la ReCo, la cual se refiere a las actividades para superar dificultades y concepciones alternativas, el profesor plantea estrategias pensadas para acompañar mejor a cada estudiante según sus necesidades, como el uso de guías claras, explicaciones personalizadas y ejemplos relacionados con su contexto (UE30DGPRI11–UE31DGPRI11)

El profesor Genaro también reconoce la importancia de ajustar la enseñanza a los distintos ritmos de aprendizaje, diciendo que *“se desarrollan actividades básicas que progresan a niveles de mayor profundización, considerando los ritmos de aprendizaje de los estudiantes”* (UE32DGPRI11). Esta respuesta muestra que el profesor reconoce que sus estudiantes no aprenden todos de la misma manera y que esa diversidad influye en cómo se

enseña. Sin embargo, aunque reconoce esas diferencias todavía no se ve que use esa información para tomar decisiones pedagógicas para adaptar sus estrategias de enseñanza al ritmo de sus estudiantes, tampoco se explicita claramente cómo estas estrategias se relacionan con las dificultades de comprensión que suelen tener los estudiantes en torno al concepto de sonido, es así que no se observa una adecuada articulación con el conocimiento del pensamiento de los alumnos (Cest), lo cual es fundamental para que las estrategias tengan un sentido pedagógico más profundo.

En cuanto a la idea producción de sonido el profesor Genaro propone actividades donde los estudiantes puedan explorar las condiciones bajo las cuales se produce sonido, y como estrategia utiliza los debates para que puedan cuestionar sus ideas con sus compañeros de clase, así lo expresa:

“Para reforzar la apropiación de esta idea, se ofrecen actividades extras donde se presentan cambios en las condiciones en que se produce el sonido se complementa con estrategias pedagógicas como el debate, en el que los estudiantes analicen los elementos en cada situación” (UE59DGPRI11 - UE60DGPRI11)

Además, resalta la importancia de la retroalimentación en estos espacios, destacando que se busca *“complementar inquietudes a través de un proceso de retroalimentación mediado por el docente”* (UE61DGPRI11). Este énfasis en la retroalimentación como mediación del aprendizaje muestra que el profesor reconoce su rol como guía más que como transmisor de saberes acabados, esto también se refleja en la respuesta a la pregunta 11 para la idea de propagación del sonido:

“Debido a la falta de herramientas tecnológicas en laboratorio, para superar deficiencias en la apropiación del conocimiento se apela a actividades como el debate, donde se establece un proceso de retroalimentación entre los estudiantes mediada por el docente”
UE86DGPRI11- UE88DGPRI11

Es así como la ReCo inicial del profesor Genaro indica que hace uso de varias estrategias pedagógicas que combinan lo colaborativo, lo práctico y lo lúdico, aunque todavía no hace explícita la articulación con otros conocimientos como el conocimiento de las

concepciones de los estudiantes, el conocimiento tecnológico o el conocimiento sobre la evaluación.

¿Qué aspectos sobre el conocimiento de las estrategias e instrucciones para la enseñanza de las Ciencias emergen en el profesor Genaro durante el proceso formativo?

Durante la sesión 1, el profesor Genaro plantea la necesidad de “*adoptar estrategias que conecten con los intereses y necesidades del grupo*” y “*crear ambientes de aprendizaje en los que se valore la participación, la interacción y la construcción colectiva del conocimiento*” (UECS1G06, UECS1G07). Esto indica que Genaro valora que las estrategias vayan más allá de las clases magistrales.

También menciona que “*una buena estrategia de enseñanza debe partir del conocimiento previo que tiene el estudiante y buscar reestructurarlo o profundizarlo*” (UECS1G09), lo que indica que el docente considera que las estrategias deben vincularse al pensamiento de los estudiantes, aunque todavía en esta primera sesión no detalla cómo llevarlo a la práctica es un buen comienzo de reflexión sobre la propia práctica.

En la entrevista de la sesión 3, al reflexionar sobre su propia práctica a través de la ReCo, el profesor Genaro explica que inicia con una visión general del fenómeno para luego profundizar en sus características, y afirma: “uno arranca con la generalización... pero de una forma un poquito más aplicada, más práctica, más de campo” (UE01DRENT). Al ejemplificar, menciona una actividad en la que se calcula la temperatura a partir de la diferencia de tiempos entre la caída de un objeto y el sonido que produce, con la intención de relacionar conceptos como velocidad, tiempo y propagación sonora:

“se trata de un grupo de estudiantes que se encuentran al inicio de una línea recta, y con la diferencia en el tiempo, entre lo que el objeto hace contacto con el suelo y se recibe el sonido, se demuestra ... propiedades de las ondas sonoras” (UE04DRENT).

Este tipo de actividades, aunque aún puntuales y no siempre sistematizadas, reflejan un interés por vincular el aprendizaje con la actividad experimental.

Genaro también reflexiona sobre la organización de la enseñanza y el riesgo de limitarse a fórmulas sin sentido:

“Porque a veces nos limitamos simplemente a enseñar una fórmula sin explicar de dónde proviene.Cuál es el sentido de aplicarla” (Ent2DG04).

Sin embargo, para el docente el explicar de dónde provienen las fórmulas matemáticas en etapas iniciales del proceso formativo se enfocan más al despeje matemático que a la representación del fenómeno físico:

“Yo les explico con una especie de balanza... si uno hace una cosa en un lado, en la otra tiene que hacer lo contrario para que la balanza no se vaya a perder el equilibrio” (Ent2DG07)

Durante la sesión 4, al analizar la propuesta de Castiblanco y Vizcaíno (2010) el profesor Genaro resalta la necesidad de articular la parte fenomenológica con la matematización, esto se evidencia cuando responde a la pregunta ¿Qué estrategias añadiría a la propuesta de los autores?

“Una articulación más cercana entre la orientación teórica del fenómeno del sonido y la explicación práctica de este con apoyo de los fundamentos matemáticos” (CUS4M3DG08).

Genaro reflexiona sobre la incorporación de estrategias que permitan como lo diría autores como Rico et al 2021, transitar desde lo fenomenológico hasta un modelo científico de sonido. Al reflexionar sobre la lectura de Cuevas et al., 2017 afirma:

“Podría hacer más actividades que partan de situaciones reales o experimentos simples. Me parece clave que puedan visualizar el fenómeno antes de pasarlo a fórmulas. Usar simuladores, por ejemplo, podría ayudarles a ver cómo se propaga una vibración.” (PPES6DG05).

Estas unidades reflejan un diseño instruccional en el que se articulan actividades prácticas, estrategias visuales y tecnología.

En la sesión 5, al reflexionar sobre los libros de texto el profesor Genaro cuestiona las estrategias contenidas en ellos, argumentando que las secuencias son muy básicas y que sin el profesor guiando el proceso los estudiantes muy probablemente no comprenderán los contenidos (CUS5DG05), además propone:

“Algunos de ellos presentan una secuencia que en ciertas temáticas no guardan una lógica para el correcto aprendizaje por lo que, de forma autónoma, es preciso llevar a cabo un mejoramiento de la secuencia en cuestión”.CUS5DG06

Además, en la entrevista final (sesión 7), Genaro manifiesta que una enseñanza del sonido debe *“iniciar por la percepción y avanzar hacia la construcción del concepto”* (UE06EFINR), Tal como se había analizado en el TCK y en el TPK esta unidad también es relevante en esta categoría del conocimiento (CEI) ya que esta progresión hace explícita la comprensión del rol de las estrategias en el desarrollo del conocimiento de los estudiantes. Precisamente esta relación de conocimientos es la que planteamos desde el modelo de cúpula adaptado a TPACK desde los fundamentos de Gess-Newsome y Carlson (2013).

En general durante el proceso formativo Genaro describe de forma más detallada las estrategias e instrucciones para la enseñanza de las ciencias, su conexión con la parte fenomenológica, procesos de indagación guiada, vinculación de la tecnología más clara, cuestionamiento de los libros de textos, e incluso una evaluación más formativa, además se reconocen las ideas previas como claves para la formulación de estrategias que guíen el proceso de enseñanza, aprendizaje y evaluación.

¿Qué aspectos sobre el conocimiento de las estrategias e instrucciones para la enseñanza de las Ciencias emergen en el profesor Genaro al final del proceso formativo?

Para finalizar el análisis del conocimiento sobre las estrategias e instrucciones para la enseñanza (CEI) se tuvieron en cuenta las respuestas a las preguntas 10 y 11 de la ReCo como se muestra en la **Tabla 13**:

Tabla 13. *Respuestas del profesor Genaro a la pregunta No 10 y 11 de la ReCo final*

Pregunta	Naturaleza del sonido	Producción del sonido	Propagación del sonido
10 ¿Cuáles procedimientos de enseñanza emplea? (y las razones particulares de su uso con esa idea)	Naturaleza del sonido: Indagación, debates, prácticas experimentales, discusiones guiadas. UE10DGPRF1	Producción del sonido: Indagación, Experimentos guiados, Medición de frecuencia con aplicaciones móviles. Actividades de experimentación	Propagación del sonido: Indagación, experimentos prácticos (vasos, mesas), método del caso, explicación sobre cómo cambia la velocidad del sonido

		comparando tensión, grosor y longitud. UE22DGPRF2	dependiendo de las características del medio, introducción gradual al lenguaje matemático UE34DGPRF3
11. ¿Cuáles actividades de aprendizaje mediadas o no por las tecnologías digitales empleas con el fin de ayudar a los estudiantes a superar sus dificultades y concepciones alternativas sobre la idea bajo consideración? ¿Qué juicios pedagógicos apoyan el diseño	Naturaleza del sonido: Presentación de vídeos que permitan a los estudiantes comprender la naturaleza del sonido, uso de simulaciones para explicar el comportamiento ondulatorio del sonido , debates sobre modelos para explicar el sonido, experimentos sencillos, con materiales que pueda manipular de la mejor manera, que le parezcan llamativos realizar y que tengan en esencia el conocimiento que se quiere reforzar; cuya sustentación la pueda realizar ya sea por medios orales como participación en los debates o la puedan registrar en su cuaderno. UE11DGPRF1	Producción del sonido: Presentación de vídeos, visualización de ondas a través de simulaciones, estimación de cualidades del sonido con ayuda de softwares, experiencias sencillas pero significativas como las de copas de cristal, en cada actividad recurrir al debate como lo dije también en el inicio a través del debate los estudiantes pueden analizar los elementos y condiciones para la producción del sonido y uno como docente retroalimentar el aprendizaje. UE23DGPRF2	Propagación del sonido: vídeos, lecturas, presentaciones y actividades en Jclic, Análisis de un video sobre sonido en el vacío, introducción de fórmulas matemáticas de forma gradual, actividades experimentales. UE35DGPRF3

Aunque en comparación con las respuestas en la ReCo inicial esta vez el docente no hizo explícito en el instrumento cuáles eran las razones particulares de su uso con cada idea, es notorio que al final Genaro muestra una mayor variedad en las estrategias que menciona (indagación, modelización, escritura colaborativa, prácticas experimentales).

Al inicio del proceso formativo Genaro en su ReCo incluía una justificación pedagógica general del uso de ciertas estrategias, aunque no específica del contenido, en la segunda ReCo aunque hay una variedad de estrategias no se explica por qué usar indagación para enseñar la naturaleza del sonido, qué rol juega la modelización en relación con las dificultades que enfrentan los estudiantes sobre la naturaleza del sonido, cómo las prácticas experimentales ayudarían a superar las ideas erróneas sobre el vacío o la propagación del

sonido. Es por eso que además de la ReCo se tuvo en cuenta la unidad didáctica planteada por el grupo colaborativo, identificando los aportes del profesor Genaro, queda claro entonces que en acuerdo con Loughran y Berry (2004) solo la ReCo no permite reconocer por completo el conocimiento del docente.

Genaro menciona durante el diálogo que escoge la indagación como procedimiento de enseñanza de las tres ideas porque *“permite explorar lo que los estudiantes ya saben o creen sobre el sonido”* ENT4DG01. Es decir, Genaro al referirse a indagación habla de reconocer los conocimientos y concepciones de los estudiantes, reconoce que su identificación es un aspecto clave para comenzar los procesos de enseñanza, aprendizaje y evaluación.

Además de la indagación el profesor Genaro señala como estrategias de enseñanza el uso de debates, prácticas experimentales, discusiones guiadas y herramientas tecnológicas para apoyar la visualización y análisis del sonido. Aunque estas estrategias aparecen en forma de lista dentro de la ReCo final, su implementación concreta se detalla mejor en la unidad didáctica elaborada en conjunto con el grupo colaborativo.

En este sentido, si bien Genaro no explicita detalladamente los fundamentos pedagógicos detrás de cada estrategia, sus decisiones en la unidad y en los relatos narrativos recogidos muestran una mayor conciencia sobre la necesidad de partir de las ideas de los estudiantes, vincular lo fenomenológico con lo conceptual y generar experiencias de aprendizaje más significativas y activas. En su relato, al ser preguntado por el diseño de la clase para trabajar el tono, afirma:

“Comenzaría con la comparación entre distintos objetos que producen sonido, como tubos plásticos de diferente longitud, una regla que se hace vibrar en el borde de la mesa o una cuerda tensada. La idea es que ellos mismos hagan sonar estos objetos y observen qué diferencias escuchan. Les pediría que organicen sus observaciones según qué sonido es más agudo o más grave, y que intenten explicar por qué ocurre eso. Después de esa exploración, usaríamos programas para ver cómo cambia la onda cuando varía la frecuencia”

(CU2S6DG05)

Esta secuencia muestra una planificación donde se combinan la experiencia directa, el diálogo entre pares, la argumentación y el apoyo tecnológico, en coherencia con lo que propone el modelo TPACK sobre la integración pedagógica significativa de la tecnología.

Al final del proceso formativo el conocimiento del profesor Genaro sobre las estrategias e instrucciones para la enseñanza de las Ciencias se amplía. Se observan esfuerzos por diseñar actividades más intencionadas, centradas en la actividad del estudiante, con uso progresivo de tecnología y una preocupación por transitar desde las concepciones alternativas hacia los modelos científicos. Aunque en la ReCo final no se explicitan todas las razones pedagógicas detrás de cada procedimiento, el análisis de sus producciones escritas y orales durante la formación permite afirmar que Genaro comienza a articular su CEI con los demás componentes del TPACK, particularmente con el conocimiento de los estudiantes (CEst) y el conocimiento tecnológico del contenido (TCK).

7.2 El TPACK del profesor Julio y su desarrollo.

7.2.1 Conocimientos y creencias acerca del currículo

¿Qué elementos sobre el conocimiento y creencias acerca del currículo emergieron al inicio del proceso formativo?

Esta categoría está relacionada con los contenidos que el profesor Julio enseña en relación al sonido, cuáles son los criterios para la selección, que pretende que sus estudiantes aprendan y qué conocimientos el docente posee que considera no son convenientes enseñar en grado octavo y como los justifica, es así que el análisis para identificar el conocimiento y creencias acerca del currículo al inicio del proceso formativo se basa en las respuestas a las preguntas 1, 2 y 3 del profesor Julio en la ReCo inicial.

Como se observa en la **Tabla 14**, el profesor Julio organiza la enseñanza de sonido en grado octavo en cuatro ideas: Concepto de sonido como onda, velocidad del sonido, cualidades del sonido y fenómenos ondulatorios:

Tabla 14. Respuestas del profesor Julio a la pregunta No 1, 2 y 3 de la ReCo inicial

IDEAS	IDEA 1	IDEA 2	IDEA 3	IDEA 4
		Velocidad del sonido	Cualidades del sonido	Fenómenos ondulatorios

	Concepto de sonido como onda			
1. ¿Que intenta que aprendan los alumnos alrededor de esta idea?	Que distingan el sonido como una onda mecánica longitudinal tridimensional y porque se produce el sonido y cómo se propaga	Que identifiquen los diferentes factores de los cuales depende la velocidad del sonido tanto en sólidos, líquidos y gases	Que diferencien las cualidades del sonido con base en ejemplos prácticos.	Hacer analogía entre los fenómenos ondulatorios construidos con base en las ondas generadas en el agua y los fenómenos ondulatorios que se relacionan con el sonido y las aplicaciones de los mismos.
2.- ¿Por qué es importante que los alumnos aprendan esta idea?	Para conceptualizar el sonido como una onda mecánica y longitudinal que se produce por la vibración de la materia y que necesita de un medio para propagarse.	Para que se comprenda que tan rápido se mueve una perturbación correspondiente a una onda sonora y buscar aplicaciones cotidianas, por ejemplo, calcular la distancia aproximada a la que cae un rayo	Para que se pueda diferenciar algunos sonidos de acuerdo a determinadas características Como son la intensidad física y auditiva, el tono o altura y el timbre	Para interpretar diferentes variaciones de los sonidos de acuerdo a como interactúa con diferentes medios o con otra onda sonora y algunas aplicaciones prácticas por ejemplo el eco y la interferencia
3. ¿Qué más sabe respecto a esta idea (y que no incluya en sus explicaciones a sus alumnos?	Todo lo que se del concepto de sonido se lo explico a mis alumnos, pero podía ser el empleo los infrasonidos	Todo lo que se sobre velocidad del sonido se lo explico a mis alumnos, pero podía ser Porque las ondas de luz y sonido no se interfieren	Todo lo que se sobre las cualidades del sonido se lo explico a mis alumnos, pero puede ser en qué consisten las ecografías	Todo lo que se de fenómenos ondulatorios relacionados con el sonido se lo explico a mis alumnos, pero podía ser Cómo funcionan las máquinas empleadas para los ultrasonidos

Fuente: autor

A través de sus respuestas en la ReCo inicial, se pueden identificar sus objetivos de enseñanza. Para la idea 1 “concepto de sonido como onda”, el profesor Julio expresa que busca que sus estudiantes *“distingan el sonido como una onda mecánica longitudinal tridimensional y porque se produce el sonido y cómo se propaga”* (UE01DJPRI1).

Aquí se evidencia un conocimiento adecuado del contenido, aunque no se profundiza en cómo esta idea se integra curricularmente ni en qué grado o nivel se espera trabajarla con estudiantes de grado octavo. Esta visión se refuerza en la respuesta a la pregunta 2 donde el docente explica porque él considera que es importante enseñar esta idea:

“Para conceptualizar el sonido como una onda mecánica y longitudinal que se produce por la vibración de la materia y que necesita de un medio para propagarse” (UE02DJPRI2).

En la pregunta 3 el profesor Julio señala:

“Todo lo que sé del concepto de sonido se lo explico a mis alumnos, pero podría ser el empleo de los infrasonidos” (UE03DJPRI3)

Lo cual sugiere que, aunque no omite información relevante, identifica contenidos que podrían profundizarse.

En cuanto a la idea 2 “velocidad del sonido”, el profesor manifiesta que quiere que los estudiantes *“identifiquen los diferentes factores de los cuales depende la velocidad del sonido tanto en sólidos, líquidos y gases” (UE14DJPRI1)*

Además, considera importante que los estudiantes comprendan *“qué tan rápido se mueve una perturbación correspondiente a una onda sonora”* y cómo esta idea puede aplicarse, *“por ejemplo, calcular la distancia aproximada a la que cae un rayo” (UE16DJPRI2; UE17DJPRI2).*

Esto da cuenta de un intento por conectar el contenido con fenómenos cotidianos, lo cual es un buen indicador de una integración entre conocimiento pedagógico y el conocimiento del contenido. En la pregunta 3 al reflexionar sobre los contenidos que no se abordan pero conoce, nuevamente repite:

“Todo lo que sé sobre velocidad del sonido se lo explico a mis alumnos, pero podría ser por qué las ondas de luz y sonido no se interfieren” (UE18DJPRI3; UE19DJPRI3)

Respecto a la idea 3 cualidades del sonido, el profesor indica que su intención es que los estudiantes *“diferencien las cualidades del sonido con base en ejemplos prácticos”* (UE39DJPRI1), nuevamente esto demuestra que el profesor Genaro se esfuerza para que los estudiantes relacionen los conceptos con situaciones concretas de su vida cotidiana.

Asimismo, plantea en la respuesta a la segunda pregunta ¿Por qué es importante que los alumnos aprendan esta idea? que aprender las cualidades del sonido es importante para *“diferenciar algunos sonidos de acuerdo a determinadas características como la intensidad física y auditiva, el tono o altura y el timbre”* (UE40DJPRI2).

Al igual que en las ideas anteriores, respecto a la pregunta 3 afirma: *“Todo lo que se sobre las cualidades del sonido se lo explico a mis alumnos, pero puede ser en qué consisten las ecografías”* (UE41DJPRI3; UE42DJPRI3), reflejando nuevamente una conciencia de que podría ampliar su enseñanza incorporando aplicaciones tecnológicas de los conceptos del sonido.

Finalmente, en la idea 4 “fenómenos ondulatorios”, el profesor Julio menciona que desea que sus estudiantes *“hagan analogía entre los fenómenos ondulatorios contruidos con base en las ondas generadas en el agua y los fenómenos ondulatorios que se relacionan con el sonido y las aplicaciones de los mismos”* (UE57DJPRI1). Considera que es importante enseñar esta idea *“para interpretar diferentes variaciones de los sonidos de acuerdo a cómo interactúa con diferentes medios o con otra onda sonora y algunas aplicaciones prácticas, por ejemplo el eco y la interferencia”* (UE58DJPRI2).

De nuevo, sostiene *“todo lo que sé de fenómenos ondulatorios relacionados con el sonido se lo explico a mis alumnos, pero podría ser cómo funcionan las máquinas empleadas para los ultrasonidos”* (UE59DJPRI3; UE60DJPRI3).

En conjunto, las respuestas de Julio al inicio del proceso formativo revelan un conocimiento general sobre el currículo de Ciencias en torno al sonido, con cierta articulación con los lineamientos curriculares Institucionales, con ejemplos que se acercan al contexto de los estudiantes. Asimismo, se destaca su disposición a enseñar “todo lo que sabe”, pero también a reconocer temas que podrían incorporarse o profundizarse.

¿Qué elementos sobre el conocimiento y creencias acerca del currículo emergieron durante el proceso formativo?

El profesor Julio durante la entrevista de profundización de la ReCo al preguntarle por la enseñanza del sonido manifiesta que esta está determinada en gran medida por los lineamientos curriculares Institucionales, por ejemplo, señala que en algunas Instituciones Educativas se trabaja en grado octavo, en otras en grado noveno y en algunas otras se trabaja en once, respecto a la Institución Educativa donde se desarrolla la investigación manifiesta lo siguiente:

“El contenido de ondas lo trabajo en octavo. Organizo mi enseñanza tomando como referencia los estándares de octavo y noveno. En las clases abordo elementos como la frecuencia, la longitud de onda, el período, la velocidad, las clasificaciones de las ondas y los fenómenos ondulatorios, reflexión, refracción, difracción, todo esto de manera general” PPE1DJ02

“Cuando enseño el tema de ondas, siempre comienzo trabajando desde lo más general. A los estudiantes les pregunto qué entienden por onda y cuáles conocen. Algunos mencionan el sonido, la luz, el mar. Desde ahí empiezo a construir el concepto, utilizando ejemplos y simulaciones que permitan distinguir qué es y qué no es una onda. Les hablo que una onda transporta energía, pero no materia, y que eso es clave para entender fenómenos como el sonido”. PPE1DJ01

El discurso del profesor en su entrevista coincide con lo plasmado en el plan de área, donde se observa que el estándar prioriza el contenido de las ondas en grado noveno, lo que refleja una articulación entre el contenido disciplinar y el currículo oficial, además menciona que toma como referencia las concepciones de los estudiantes.

Se observa también dentro del discurso del docente que las decisiones curriculares son influenciadas por las políticas educativas públicas nacionales y su orientación hacia los resultados de las pruebas Saber:

“Y si uno revisa la prueba Saber de noveno, aparecen preguntas relacionadas con termodinámica y con ondas, por supuesto, en un nivel básico, no tan profundo. En la prueba Saber 11 también se retoman estos temas, pero con un nivel de

complejidad un poco mayor. Como le digo, en los estándares se mencionan estos contenidos, aunque no se habla específicamente de sonido en los de décimo y once, o al menos eso he visto al revisarlos; he estado haciendo un listado”. PPE1DJ0

Sin embargo, además de los lineamientos curriculares externos e internos el profesor Julio también cuestiona no sólo qué enseñar, sino para qué hacerlo, especialmente en un contexto donde los estudiantes tienen acceso a gran cantidad de información desde sus celulares. Esta reflexión aparece cuando dice:

“Ahora todo lo pueden hacer con la inteligencia artificial, entonces uno se pregunta ¿En un mundo tecnologizado qué debo enseñar?, mis reflexiones me han llevado a pensar que si toda la información está allí, el conocimiento ya está dado, lo que yo debo hacer con el estudiante es presentarle esa información, que él al menos la conozca y de alguna manera la seleccione y lo que le interese indague” (UECUSES1J07).

El profesor Julio reconoce que su rol como docente también está en orientar a los estudiantes en la selección, apropiación e indagación de los conocimientos.

Es importante señalar que el profesor Julio al comienzo del proceso formativo aceptó que se realizarán observaciones de sus clases donde abordaba sonido, estas observaciones se realizaron en el año 2023, durante el segundo periodo académico.

Después de observar las clases se mantuvo diálogo con el profesor de modo que permitió la reflexión tanto de la docente investigadora como del participante, esto permitió levantar PaPeRs que apoyaron el análisis. Dentro del conocimiento del currículo pudo observarse en las clases de Julio que estas corresponden a lo dispuesto en el plan de estudios, comenzando con la conceptualización del sonido como onda mecánica longitudinal tridimensional, la secuencia de los contenidos impartidos corresponde a un currículo vertical, donde se prioriza una serie de acumulación de contenido.

A pesar de esto durante el proceso formativo pudo evidenciarse momentos en los cuales el docente reflexionaba sobre el currículo a través de las lecturas de enseñanza del sonido propuestas en la literatura, es así que en la sesión 4 al analizar el artículo de Castiblanco y Vizcaíno 2010. hace una crítica a la secuencia didáctica planteada:

“tal vez sería útil una articulación más clara con el currículo oficial, porque a veces los docentes necesitamos ver cómo estas propuestas se pueden insertar sin que parezca que estamos agregando más cosas a una carga ya muy pesada”

CUS4M3DJ08

¿Qué elementos sobre el conocimiento y creencias acerca del currículo emergieron después del proceso formativo?

Para identificar y analizar los elementos sobre el conocimiento y creencias acerca del currículo que emergieron en el profesor Julio después del proceso formativo se tuvo en cuenta como Corpus las respuestas a la pregunta 1, 2 y 3 de la ReCo final registradas en la **Tabla 15** así como las reflexiones en la construcción de la unidad didáctica.

Tabla 15. *Respuestas del profesor Julio a la pregunta No 1, 2 y 3 de la ReCo final*

IDEAS	¿Qué es el sonido y por qué necesita un medio para propagarse?	¿Cómo cambia la velocidad del sonido?	¿Cómo se relacionan las propiedades físicas del sonido con la forma en que lo escuchamos?	¿Qué fenómenos del sonido nos permiten entender que se trata de una onda?
1 ¿Que intenta que aprendan los alumnos alrededor de esta idea?	Que distingan el sonido como una onda mecánica longitudinal tridimensional producida por la vibración de un objeto. Que los estudiantes conozcan que para que el sonido se propague, necesita un medio material (como el aire, el agua o un sólido) ya que es el movimiento de las partículas del medio lo que permite la transmisión de la onda y que no puede propagarse en el vacío, ya que en ausencia de materia no hay partículas que	Que la velocidad del sonido depende del medio por el que se propaga, dependiendo de su densidad y rigidez. También influye la temperatura del medio (por ejemplo, el sonido viaja más rápido en aire caliente que en aire frío). UE13DJPRF	Quiero que mis estudiantes comprendan que las propiedades físicas del sonido están estrechamente relacionadas con cómo los seres humanos percibimos ese sonido, por ejemplo, la frecuencia de una onda sonora se relaciona con el tono (grave o agudo) que percibimos, la amplitud está relacionada con la intensidad, por qué diferentes instrumentos o voces pueden emitir la misma nota pero sonar distinto, esto hablando del timbre.	Que el sonido presenta comportamientos característicos de las ondas, como reflexión (eco), absorción, refracción, transmisión, e interferencia Para facilitar esta comprensión, se busca que los estudiantes establezcan analogías entre fenómenos ondulatorios visibles (como las ondas generadas en el agua al lanzar una piedra) y los fenómenos del sonido, como el eco (reflexión), la pérdida de sonido al pasar por cortinas gruesas (absorción), la distorsión al escucharlo desde otra habitación (refracción), o las zonas donde el sonido

	transmitan la vibración, esta propagación es una transferencia de energía, no de materia. También quiero que reconozcan ejemplos cotidianos de esto (como no poder oír en el espacio, o cómo el sonido cambia al taparse los oídos o al sumergirse en agua). UE01DJPRF		Quiero que comprendan que a pesar de estas relaciones el cómo percibimos el sonido también depende de factores fisiológicos (el oído) y psicológicos (cómo nos sentimos). El sonido es una experiencia física y perceptiva al mismo tiempo. UE24DJPRF	se refuerza o atenúa (interferencia). Estas analogías permiten que los estudiantes construyan una imagen mental clara del comportamiento ondulatorio del sonido, lo que sienta las bases para entender fenómenos acústicos más complejos en etapas posteriores. UE35DJPRF
2.- ¿Por qué es importante que los alumnos aprendan esta idea?	Permite comprender un fenómeno presente en su vida diaria, pero que es explicado muchas veces erróneamente desde la intuición. Además, es la base para entender otras ideas del sonido (velocidad, reflexión, absorción, percepción). Ayuda a construir una imagen científica del mundo, entendiendo que no todo lo que oímos o percibimos se transmite de la forma en que intuitivamente creemos. Tiene aplicaciones relevantes en tecnología (micrófonos, ecografía, aislamiento acústico) y en comprensión del entorno (cómo viaja la voz, por qué	Porque ayuda a comprender y explicar situaciones cotidianas, como por qué en el agua se escucha diferente o por qué los sonidos se escuchan mejor en la noche que en el día, También sienta las bases para entender el uso del sonido en tecnologías como, el ultrasonido o la acústica de edificios. UE14DJPRF	Porque les permite conectar la física con su experiencia cotidiana, explicando fenómenos comunes, como por qué una voz aguda suena diferente a una grave, les da herramientas para analizar sonidos musicales. Los prepara para comprender conceptos más avanzados y para reflexionar sobre problemas reales como la contaminación sonora UE25DJPRF	Porque estos fenómenos están presentes en situaciones cotidianas, cuando gritamos en una cancha y escuchamos el eco, cuando una puerta cerrada reduce el ruido, o cuando el sonido cambia si abrimos una ventana. Porque les permite comprender cómo se comporta el sonido en distintos entornos, explicando fenómenos cotidianos como los ecos, el aislamiento acústico, la cancelación del sonido en algunos espacios, o la forma en que el sonido se propaga o se atenúa según las condiciones del entorno. Además, esta comprensión es clave para consolidar la noción de sonido como onda, lo cual es fundamental para avanzar en el estudio de otros fenómenos ondulatorios en Física (como la luz, el electromagnetismo o las ondas sísmicas). También se relaciona con

hay ecos, etc.).

Corrige creencias
comunes erróneas,
como que el sonido
puede viajar en el
espacio exterior,
fomentadas por
películas o
videojuegos.

UE02DJPRF

aplicaciones tecnológicas
y sociales como el diseño
de espacios acústicos, los
sistemas de audio, la
acústica arquitectónica y
el control del ruido.

UE36DJPRF

3. ¿Qué más sabe respecto a esta idea (y que no incluya en sus explicaciones a sus alumnos?) ¿y que no incluya en sus explicaciones a sus alumnos?

Todo lo que se del concepto de sonido se lo explico a mis alumnos, soy licenciado en matemáticas y hace años lo que se incluía de Física era lo elemental, podría ser las ecuaciones diferenciales de onda, pero es que ni siquiera las recuerdo bien, además para el nivel de los educandos tampoco aplica. UE03DJPRF

Fuente: autor

Al contrastar las respuestas de la ReCo inicial y la ReCo final del profesor Julio en relación con el conocimiento sobre el currículo, se evidencia un cambio en la manera como se estructura la organización de la enseñanza. En la ReCo inicial, el docente organiza sus ideas siguiendo una estructura rígida centrada en los contenidos, en correspondencia a un currículo vertical, es así que plantea cuatro ideas: *concepto de sonido como onda, velocidad del sonido, cualidades del sonido y fenómenos ondulatorios*, las respuestas en torno a estas ideas están centradas en su mayoría en la descripción conceptual de los contenidos, por ejemplo:

“Que distingan el sonido como una onda mecánica longitudinal tridimensional y porque se produce el sonido y cómo se propaga”

(UE01DJPRI1)

“Que identifiquen los diferentes factores de los cuales depende la velocidad del sonido tanto en sólidos, líquidos y gases” (UE14DJPRI1)

“Que diferencien las cualidades del sonido con base en ejemplos prácticos” (UE39DJPRI1)

“Hacer analogía entre los fenómenos ondulatorios contruidos con base en las ondas generadas en el agua y los fenómenos ondulatorios que se relacionan con el sonido y las aplicaciones de los mismos” (UE57DJPRI1)

En contraste, en la ReCo final se observa un discurso más articulado y reflexivo donde las ideas ya no se organizan mecánicamente, sino que se orientan como preguntas, ¿Qué es el sonido y por qué necesita un medio para propagarse? ¿Cómo se propaga el

sonido? ¿Cómo se relacionan las propiedades físicas del sonido con la forma en que lo escuchamos? ¿Qué fenómenos del sonido nos permiten entender que se trata de una onda?, estas preguntas conectan el contenido científico con el contexto fenomenológico y brindan una secuencia más contextualizada, esto permite una mayor conexión con la experiencia del estudiante y favorece la progresión conceptual enriqueciendo no solo la planificación, sino que contribuye a una enseñanza más reflexiva.

En este sentido en la unidad UE01DJPRF el profesor Julio no solo quiere que los estudiantes comprendan el concepto físico de que es el sonido, sino que lo conecta con el contexto y da cuenta de una clara intención pedagógica enmarcada en un currículo orientado a su aplicación cotidiana.

...También quiero que reconozcan ejemplos cotidianos de esto (como no poder oír en el espacio, o cómo el sonido cambia al taparse los oídos o al sumergirse en agua)” (UE01DJPRF).

Otro aspecto importante dentro del conocimiento del currículo al final del proceso formativo es la conexión más explícita con el conocimiento del estudiante, así lo manifiesta al referirse a la importancia de enseñar la idea ¿Qué es el sonido y por qué necesita un medio para propagarse? *“corrige creencias comunes erróneas, como que el sonido puede viajar en el espacio exterior, fomentadas por películas o videojuegos” (UE02DJPRF),*

Además de esto las respuestas del docente dan cuenta de una relación entre el contenido y sus implicaciones tecnológicas y sociales. Por ejemplo, el profesor Julio menciona que es importante enseñar que es el sonido porque:

“Tiene aplicaciones relevantes en tecnología (micrófonos, ecografía, aislamiento acústico) y en comprensión del entorno (cómo viaja la voz, por qué hay ecos, etc.)” (UE02DJPRF).

Esto muestra una preocupación por formar estudiantes que puedan conectar lo aprendido con diferentes ámbitos de su vida y comprender el impacto del conocimiento físico en el mundo actual.

En este sentido el currículo es también articulador de experiencias y vivencias cotidianas por ejemplo Julio al referirse a la propagación del sonido afirma que es importante su enseñanza *“Porque ayuda a comprender y explicar situaciones cotidianas, como por qué en el agua se escucha diferente o por qué los sonidos se escuchan mejor en la noche que en el día. También sienta las bases para entender el uso del sonido en tecnologías como el sonar, el ultrasonido o la acústica de edificios”* (UE14DJPRF), lo que implica una visión curricular que se orienta hacia la importancia del fenómeno desde la experiencia y no solo académica del contenido.

Esto también se evidencia cuando el profesor plantea que quiere que los estudiantes comprendan que *“las propiedades físicas del sonido están estrechamente relacionadas con cómo los seres humanos percibimos ese sonido, por ejemplo la frecuencia de una onda sonora se relaciona con el tono (grave o agudo)... la amplitud está relacionada con la intensidad... y que el timbre depende de otras características... El sonido es una experiencia física y perceptiva al mismo tiempo”* (UE24DJPRF). Esto sugiere una visión curricular más articulada con múltiples dimensiones del conocimiento, incluyendo la percepción, la subjetividad y la cultura.

En cuanto a la reflexión sobre los fenómenos del sonido como evidencia de su naturaleza ondulatoria, el docente busca intencionalmente que sus estudiantes construyan modelos mentales a partir de analogías, esto queda evidenciado cuando el docente expresa:

“se busca que los estudiantes establezcan analogías entre fenómenos ondulatorios visibles (como las ondas generadas en el agua al lanzar una piedra) y los fenómenos del sonido, como el eco... o las zonas donde el sonido se refuerza o atenúa (interferencia)” (UE35DJPRF).

Esta postura evidencia un conocimiento curricular orientado al desarrollo del pensamiento científico a partir de recursos accesibles y cercanos al estudiante. Finalmente, respecto a lo que conoce pero no enseña, el docente reafirma una postura realista en relación con los contenidos y el nivel de profundización adecuados a su contexto educativo, afirmando: *“Todo lo que sé del concepto de sonido se lo explico a mis alumnos, soy licenciado en matemáticas y hace años lo que se incluía de Física era lo elemental, podría ser las ecuaciones diferenciales de onda, pero es que ni siquiera las recuerdo bien, además*

para el nivel de los educandos tampoco aplica” (UE03DJPRF). Esta respuesta denota una toma de conciencia sobre la pertinencia y adecuación curricular del contenido, en función del nivel de los estudiantes.

En conjunto, después del proceso formativo el profesor Julio expresa una comprensión más contextualizada y reflexiva del currículo, reconociendo su papel en la construcción de sentido, la transformación de ideas previas dadas por el sentido común e influenciadas por el contexto, la vinculación con la vida cotidiana y la selección pertinente del contenido según el nivel educativo. Se consolida así una visión del currículo no solo como una lista de temas, sino como una herramienta cultural, pedagógica y epistemológica para formar ciudadanos científicamente alfabetizados.

7.2.2 Conocimientos sobre la comprensión de los estudiantes

¿Qué elementos sobre la comprensión de los estudiantes emergieron al inicio del proceso formativo?

Este componente corresponde al conocimiento que el profesor Julio tiene de los estudiantes para ayudarlos a desarrollar su comprensión sobre el sonido, lo cual incluye el conocimiento de los requisitos de aprendizaje, las dificultades de comprensión, la relación del contenido con otros conceptos (Magnusson et al., 1999; Fernández 2015).

En este sentido se procedió a analizar las respuestas a las preguntas 4, 5 y 6 de la ReCo inicial (Ver **Tabla 16**). Las principales dificultades se encuentran en comprender el concepto del sonido como onda por su carácter abstracto.

Tabla 16. *Respuestas del profesor Julio a la pregunta No 4, 5 y 6 de la ReCo inicial*

IDEAS	Concepto de sonido como onda	Velocidad del sonido	Cualidades del sonido	Fenómenos ondulatorios
4. ¿Cuáles son las dificultades/limitaciones relacionadas con la enseñanza de esta idea?	Es complicado crear el concepto de onda mecánica longitudinal esférica y concéntrica con la fuente emisora y demostrar que no	Es difícil medir la velocidad del sonido porque no se cuenta con instrumentos de precisión y el patio del colegio es pequeño para intentarlo.	Es difícil diferenciar las cualidades del sonido con simple explicación didáctica, se necesita algunos videos de internet	Se hace complejo demostrar los fenómenos ondulatorios en laboratorio, y demostrar como varía la velocidad del sonido cuando pasa del aire al

	se propaga en el vacío Las ondas no se pueden ver, solo se puede escuchar e imaginar como son.	Las ondas sonoras son esferas concéntricas, ¿Cómo visualizarlas?	que pueden ayudar. Es difícil captar un eco en el salón de clases y en el exterior tocaría buscar lugares lejanos	agua o como interfieren dos ondas sonoras No podemos examinar una máquina de ecografías o ultrasonidos
5 ¿Qué conocimientos acerca del pensamiento de los alumnos influyen en su enseñanza de esta idea?	Las ideas previas de los estudiantes influyen en la construcción del conocimiento, además se supone que ya están en la etapa de las operaciones formales por lo tanto pueden dar significado a los contenidos que se dinamizan en clase para tratar de comprender la realidad	Las ideas previas de los estudiantes influyen en la construcción del conocimiento, el concepto de velocidad ya debe estar cimentado en su mente, por lo tanto, su cerebro puede hacer analogía entre la velocidad de un cuerpo y la rapidez de una onda	La actividad experimental puede ayudar a reforzar la teoría impartida en clase, sin embargo, también la parte audiovisual puede ayudar a construir el significado de los conceptos en la mente de los estudiantes.	Si la construcción del conocimiento sobre fenómenos ondulatorios con las ondas generadas en el agua fue significativo, entonces el estudiante extrapolará estos fenómenos al sonido y a lo mejor realizar operaciones de análisis y síntesis en su cerebro
6 ¿Qué otros factores influyen en su enseñanza de esta idea?	La diferencia entre ruido y sonido crea controversias, por lo tanto, la motivación será un factor importante para promover la discusión y generación de preconcepciones e ideas previas	El efecto Doppler es difícil de conceptualizar, por este motivo aquí seguramente se necesitará voluntad de estudio y ánimo para profundizar en el conocimiento.	No hay elementos de laboratorio para demostrar las cualidades del sonido, entonces seguramente se necesitará ingenio y creatividad para ampliar el conocimiento	No hay elementos de laboratorio para demostrar los fenómenos ondulatorios de manera práctica, aquí las estrategias pedagógicas influirán en la comprensión de los fenómenos ondulatorios

Estas respuestas dejan ver que al inicio del proceso formativo emergieron varios elementos sobre la comprensión de los estudiantes organizados para cada una de las cuatro ideas que Julio considera necesario que los estudiantes comprendan.

Un aspecto que se presenta como dificultad en el concepto de onda y su velocidad que el docente señala es la complejidad de los conceptos al ser abstractos para los estudiantes, esto se demuestra cuando el docente expresa:

“Las ondas no se pueden ver, solo se puede escuchar e imaginar como son”.

UE05DJPRI4

“Las ondas sonoras son esferas concéntricas, ¿Cómo visualizarlas?”

UE21DJPRI4

El profesor Julio plantea además que las actividades experimentales que podrían representar el concepto abstracto del sonido se ven limitadas por factores contextuales, por ejemplo respecto a la idea 2 “Velocidad del sonido” afirma:

Es difícil medir la velocidad del sonido porque no se cuenta con instrumentos de precisión y el patio del colegio es pequeño para intentarlo UE20DJPRI4

Asimismo, respecto a las cualidades del sonido también afirma:

“No hay elementos de laboratorio para demostrar las cualidades del sonido”

En cuanto a las respuestas a la pregunta 5 ¿Qué conocimientos acerca del pensamiento de los alumnos influyen en su enseñanza? El profesor Julio indica que las ideas previas influyen en la construcción del conocimiento, sin embargo estas ideas no se reconocen de manera explícita.

Además, menciona que se esperaba que los estudiantes ya se encuentren en un nivel donde se puede introducir operaciones formales haciendo referencia al proceso de matematización para explicar el fenómeno físico (el profesor aclaró más adelante que la introducción de las matemáticas depende del grado de escolaridad, en grado once los estudiantes tienen más bases matemáticas pero en grado octavo hay conceptos matemáticos que aún no se trabajan o se trabajan en simultáneo).

Respecto a los fenómenos ondulatorios, Julio menciona que es difícil demostrar en laboratorio cómo cambia la velocidad del sonido al pasar de un medio a otro o cómo interfieren dos ondas, reconociendo los límites para representar ciertos conceptos:

“Se hace complejo demostrar los fenómenos ondulatorios en laboratorio, y demostrar cómo varía la velocidad del sonido cuando pasa del aire al agua o cómo interfieren dos ondas sonoras” (UE61DJPRI4).

Y aunque reconoce que no se pueden mostrar directamente tecnologías como una ecografía, considera que las explicaciones o analogías ayudan a compensar esas limitaciones:

“No podemos examinar una máquina de ecografías o ultrasonidos”
(UE62DJPRI4).

Desde esta perspectiva, el docente hace un esfuerzo por vincular los contenidos con el contexto del aula, aunque admite que muchas veces los recursos disponibles no permiten realizar actividades experimentales. De allí que en sus respuestas también destaque la importancia del interés y la motivación del estudiante para superar algunas de esas barreras, como en el caso del efecto Doppler:

“El efecto Doppler es difícil de conceptualizar, por este motivo aquí seguramente se necesitará voluntad de estudio y ánimo para profundizar en el conocimiento” (UE25DJPRI6).

Respecto a la idea 3, cualidades del sonido, vuelve a señalar la falta de recursos, pero enfatiza que es necesaria la creatividad del docente para generar estrategias que ayuden a los estudiantes a comprender:

“No hay elementos de laboratorio para demostrar las cualidades del sonido, entonces seguramente se necesitará ingenio y creatividad para ampliar el conocimiento” (UE47DJPRI6).

También plantea la motivación como un puente entre los conocimientos previos y los nuevos aprendizajes, cuando menciona que la discusión en clase sobre qué es sonido y qué es ruido puede despertar la curiosidad y movilizar ideas espontáneas de los estudiantes:

“La diferencia entre ruido y sonido crea controversias, por lo tanto, la motivación será un factor importante para promover la discusión y generación de preconcepciones e ideas previas” (UE07DJPRI6).

En síntesis, durante esta fase inicial, el profesor Julio reconoce que los estudiantes enfrentan desafíos importantes para comprender el sonido, especialmente por tratarse de conceptos abstractos que no se pueden observar directamente. Si bien no explicita en profundidad las ideas previas de los estudiantes, sí señala que estas influyen en el proceso de aprendizaje, y se preocupa por generar condiciones (motivación, analogías, apoyo audiovisual) que ayuden a superar las limitaciones contextuales y didácticas. También muestra una visión realista de las capacidades cognitivas esperadas en cada nivel educativo,

lo que sugiere un acercamiento reflexivo sobre cómo adaptar su enseñanza al momento formativo de los estudiantes.

¿Qué elementos sobre el conocimiento sobre la comprensión de los estudiantes emergieron durante el proceso formativo?

Durante la primera sesión el docente muestra una preocupación por cómo sus estudiantes se relacionan con el conocimiento, plantea que aunque muchos manejan muy bien la herramientas tecnológicas como los celulares, esto no es suficiente para establecer un uso consciente de la tecnología,

“Son muy buenos en la parte operativa pero no tienen conciencia de su uso” (UECSES1J08). Esta observación lo lleva a repensar su rol como docente en un contexto donde la información parece estar al alcance de todos: “lo que yo debo hacer con el estudiante es presentarle esa información, que él al menos la conozca y de alguna manera la seleccione y lo que le interese indague” (UECSES1J07).

Aquí se evidencia que Julio reconoce como conocimientos previos en sus estudiantes el uso técnico de herramientas tecnológicas.

A lo largo de la sesión 4, el profesor Julio identifica de manera clara varias ideas previas que sus estudiantes tienen sobre el sonido, como la creencia de que el sonido es una “cosa” que se traslada físicamente entre la fuente y el receptor. Así lo expresa al señalar:

“Muchos de ellos tienden a pensar el sonido como algo material que ‘viaja’ de un lugar a otro, como si las partículas mismas se desplazaran, y no como una transmisión de energía.” (CUS4DJ02)

Asimismo, menciona otras dificultades comunes entre sus estudiantes, como la idea de que el sonido se propaga en línea recta:

“Algunos estudiantes tienen nociones erróneas sobre la forma en que se propaga el sonido, por ejemplo, que viaja en línea recta, sin comprender bien su propagación tridimensional como onda esférica.” (CUS4DJ03-CUS4DJ04)

Durante los cuestionarios Julio afirma que no solo identifica las concepciones previas de los estudiantes sino que mira en ellas posibilidades para construir conocimiento, esto se observa en afirmaciones del docente como:

“Yo considero que las ideas previas de los estudiantes son fundamentales en la construcción del conocimiento las tomo como punto de partida para diseñar estrategias de enseñanza que permitan resignificar saberes.”

(CUS4DJ05) (CUS4DJ06)

Esta conexión entre el conocimiento de los estudiantes y su pedagogía también se manifiesta en su preocupación por el impacto que dichas concepciones pueden tener sobre el aprendizaje. En la sesión 4 menciona que efectivamente representan una barrera para el proceso educativo:

“Sí, estas concepciones previas dificultan la enseñanza porque los estudiantes tienden a asociar de manera errónea los modelos físicos (como las ondas concéntricas) a ideas de movimiento de cuerpos masivos, lo que genera confusión sobre la verdadera naturaleza del sonido.” (CUS4DJ11)

Durante esta sesión también menciona también que al no comprender conceptos como la naturaleza del sonido se dificulta la comprensión de fenómenos más complejos como el eco, la reflexión, la refracción o el efecto Doppler (CUS4DJ12)

Otro aspecto importante dentro del análisis de las unidades relacionadas con esta categoría es que se identifica una tendencia a reconocer las dificultades en la interpretación de conceptos, por ejemplo en la sesión 6 durante la reflexión de la lectura de Cuevas et al 2017 al preguntarle que dificultades identifica en las actividades planteadas para la enseñanza del tono como cualidad del sonido, Julio menciona:

“Podría dificultárseles interpretar la gráfica en el osciloscopio”. CU2S6DJ04

Julio no se queda únicamente en el diagnóstico de los errores, sino que propone estrategias para enfrentarlos. Por ejemplo, plantea el uso de analogías, videos, talleres, debates, presentaciones y simulaciones como recursos que le permiten hacer explícitas esas concepciones y trabajar activamente sobre ellas:

“Utilizo actividades como analogías (por ejemplo, ondas en el agua para explicar la propagación del sonido), videos didácticos, presentaciones en PowerPoint, talleres y simuladores PhET.” (CUS4DJ07)

“La idea es reconocer las concepciones previas y contrastarlas con experiencias nuevas que ayuden a modificar los conceptos erróneos.” (CUS4DJ08)

Incluso reconoce que el debate y el trabajo colaborativo son herramientas valiosas para transformar esas ideas:

“También empleo el debate y el trabajo en equipo como formas de reflexión sobre estas concepciones.” (CUS4DJ09)

Además, el docente es consciente de las limitaciones institucionales que dificultan la transformación conceptual, como la escasez de recursos:

“La falta de recursos experimentales en el laboratorio también limita poder corregir estas concepciones mediante experiencias prácticas.” (CUS4DJ13)

“Cuando detecto que un estudiante está pensando en el sonido como partículas que viajan, lo utilizo como una oportunidad para fomentar el pensamiento crítico. Les planteo preguntas como: Si el sonido fuese una corriente de partículas, ¿cómo explicamos que alguien detrás de una pared pueda oír el sonido de una conversación? Este tipo de reflexiones los lleva a reevaluar su concepción inicial y a adoptar una comprensión más precisa del fenómeno”. UE34DJPPE

El análisis en general indica que el conocimiento del currículo de Julio comienza a vincularse más con la comprensión real de sus estudiantes que con una lista de contenidos preescritos, lo que evidencia un avance hacia un enfoque más reflexivo y centrado en el aprendizaje, hay entonces una relación entre el conocimiento sobre la comprensión de los estudiantes y el conocimiento curricular.

¿Qué elementos sobre el conocimiento sobre la comprensión de los estudiantes emergieron al final del proceso formativo?

Al final del proceso formativo se identificaron los elementos que emergieron en el conocimiento del docente sobre la comprensión de los estudiantes, para esto se analizaron las respuestas a las preguntas 4, 5 y 6 de la ReCo final. Los resultados se presentan en la **Tabla 17**

Tabla 17. *Respuestas del profesor Julio a la pregunta No 4, 5 y 6 de la ReCo final*

IDEAS	¿Qué es el sonido y por qué necesita un medio para propagarse?	¿Cómo cambia la velocidad del sonido?	¿Cómo se relacionan las propiedades físicas del sonido con la forma en que lo escuchamos?	¿Qué fenómenos del sonido nos permiten entender que se trata de una onda?
4. ¿Cuáles son las dificultades/limitaciones relacionadas con la enseñanza de esta idea?	Este no es un fenómeno visible. El sonido está ahí, lo escuchamos, pero no lo vemos moverse, ni vibrar, ni reflejarse de forma clara. Eso ya lo hace difícil de explicar. Representarlo como una onda longitudinal que se extiende desde una fuente en todas las direcciones requiere mucha imaginación por parte del estudiante, y por parte del docente, una buena selección de analogías, recursos o experimentos que permitan visualizarlo de alguna forma. Y lo cierto es que no siempre se cuenta con esos recursos. Otra dificultad es que, aunque uno explique que el sonido no se propaga en el vacío, no basta con decirlo: mostrarlo es complicado si no se tiene una campana de vacío o algún dispositivo similar. Sin esa experiencia directa, la explicación se vuelve	Como lo he manifestado es difícil medir la velocidad del sonido porque no se cuenta con instrumentos y las instalaciones del colegio son pequeñas, en este sentido me parece pertinente el ingenio y creatividad con el uso de vídeos y simuladores. UE15DJPRF	Es complejo diferenciar las cualidades del sonido con simple explicación, insisto que se necesita de algunos videos de internet que pueden ayudar. Es difícil la actividad experimental (Hablando de laboratorio físico), pero con ayuda de simuladores y otras herramientas como lo hemos venido reflexionando es posible trabajar el contenido. UE26DJPRF	Es muy difícil visualizar los fenómenos ondulatorios en laboratorio, nuevamente es necesario de creatividad e ingenio, es aquí donde juega un papel importante las simulaciones y vídeos como apoyo didáctico. UE37DJPRF

	muy teórica. También me ha pasado que, incluso cuando logro que los estudiantes acepten que “el sonido necesita un medio”, es difícil hacer que entiendan por qué lo necesita. Comprender que el medio no es solo un canal pasivo, sino que vibra, transmite energía y permite que el sonido exista, es algo que requiere más tiempo y trabajo del que muchas veces nos permite la programación curricular. UE04DJPRF			
5 ¿Qué conocimientos acerca del pensamiento de los alumnos influyen en su enseñanza de esta idea?	Los estudiantes tienden a imaginar el sonido como una cosa que se mueve, y creen que es el aire el que empuja el sonido hasta llegar al oído. No comprenden que el sonido necesita un medio para propagarse, pero que el medio no lo transporta como si fuera una sustancia. otros dicen reconocer que el medio es necesario para la propagación pero al abordar otros conceptos como velocidad del sonido uno se da cuenta que no, y que miran el medio como un estorbo, creen que en el aire el sonido viaja más rápido, porque para ellos el aire al ser menos denso ofrece un medio de menos obstáculos y eso debería aumentar la velocidad del sonido, no entienden qué función cumple ese medio, no notan que es justamente la vibración de las partículas del medio lo	Entre los conocimientos que traen los estudiantes están sus ideas de sentido común como por ejemplo creer que un sonido fuerte viaja más rápido que uno débil, o que el volumen influye en la distancia o la velocidad, cuando en realidad la velocidad depende del medio, no de la intensidad, como lo manifesté en la primera entrevista el concepto de velocidad ya debe estar cimentado en su mente, por lo tanto, su cerebro puede hacer analogía entre la velocidad de un cuerpo y la rapidez de una onda esto ayuda para la comprensión de la matematización.	Una de las dificultades más marcadas es que los estudiantes tienen una percepción muy intuitiva del sonido y sus cualidades, pero no logran vincular fácilmente esas experiencias auditivas con las propiedades físicas que las explican. Por ejemplo, el tono lo relacionan con si un sonido “suena agudo o grave”, pero no con la frecuencia. O creen que el volumen depende del esfuerzo con el que alguien habla, sin entender que tiene que ver con la amplitud de la onda. El timbre es aún más abstracto para ellos: saben que no es lo	Si el trabajo previo con las ondas en el agua fue significativo, los estudiantes deberían extrapolar lo aprendido hacia el comportamiento o del sonido. Esto les permite relacionar fenómenos como el eco, la refracción o la interferencia con comportamientos propios de una onda. Aun así, algunos tienen dificultades para entender lo que no se puede ver. Por ejemplo, no

	que permite la propagación	F	UE16DJPR	mismo un piano que una flauta, pero no comprenden por qué suenan diferente si tocan la misma nota.	reconocen que en la interferencia las ondas pueden sumarse o anularse, También hay quienes piensan que el sonido cambia de tono al reflejarse o refractarse, y eso muestra que no diferencian bien entre variables como frecuencia, velocidad o dirección.
	También es común que confundan la fuente emisora con el sonido, como si el sonido fuera parte del objeto. Por otro lado, influye mucho lo que han visto en películas, donde el sonido se representa como si pudiera viajar en el vacío, lo que refuerza la idea de que no necesita un medio para existir. Aunque en grado octavo los estudiantes ya están en la etapa de operaciones básicas formales, necesitan actividades donde puedan cuestionar sus ideas iniciales y observar situaciones que no encajan con sus explicaciones previas.		UE27DJP RF		UE38DJPRF
6 ¿ Qué otros factores influyen en su enseñanza de esta idea?	La motivación del estudiante en el proceso de aprendizaje, el concepto abstracto siempre será complejo de tratarlo, no contar con recursos para hacer evidente la ausencia de propagación en el vacío puede dificultar también la enseñanza. En general la falta de laboratorios		La falta de elementos de laboratorio que posibiliten una mayor interacción física con experimentos relacionados con fenómenos sonoros y que tienen como objetivo potenciar la comprensión de los mismos. Mi reflexión siempre ha sido que el efecto Doppler es difícil de comprender en grado octavo podrían servir las simulaciones de las que hemos venido dialogando.	No hay elementos de laboratorio para demostrar las cualidades del sonido, aquí es crucial el uso de recursos alternativos	No hay elementos de laboratorio para demostrar los fenómenos ondulatorios de manera práctica.
	UE05DJPRF			UE28DJP RF	UE39DJPRF
	UE06DJPRF		UE017DJPRF		

Fuente: autor

Al analizar las respuestas finales del profesor Julio, se observa una comprensión más reflexiva sobre cómo piensan y aprenden sus estudiantes. Por ejemplo, para la primera idea, reconoce que los estudiantes no comprenden bien que el sonido no se traslada como una sustancia, sino que es la fuente vibrante la que permite que haya un transporte de energía, el docente afirma:

“...Los estudiantes tienden a imaginar el sonido como una cosa que se mueve, y creen que es el aire el que empuja el sonido hasta llegar al oído. No comprenden que el sonido es una perturbación que necesita un medio para propagarse, pero que el medio no lo transporta como si fuera una sustancia...”

Para la segunda idea, Julio identifica que los estudiantes muchas veces no reconocen que la velocidad del sonido depende del medio, y que pueden tener dificultades para aceptar que el sonido viaja más rápido en los sólidos que en aire. En su relato narrativo expresa:

“Creen que en el aire el sonido viaja más rápido, porque para ellos el aire al ser menos denso ofrece un medio de menos obstáculos y eso debería aumentar la velocidad del sonido”.

Esto indica que ha reflexionado sobre las concepciones intuitivas erróneas que traen los estudiantes y cómo estas pueden interferir con el aprendizaje.

En la tercera idea, reconoce que la dificultad para comprender las cualidades del sonido se relaciona con la forma en que se perciben y su poca relación con el concepto físico:

El tono lo relacionan con si un sonido “suena agudo o grave”, pero no con la frecuencia. O creen que el volumen depende del esfuerzo con el que alguien habla, sin entender que tiene que ver con la amplitud de la onda. El timbre es aún más abstracto para ellos, saben que no es lo mismo un piano que una flauta, pero no comprenden por qué suenan diferente si tocan la misma nota.

Respecto a la cuarta idea, reconoce que los estudiantes suelen confundir los fenómenos ondulatorios del sonido con otras cualidades, por ejemplo:

“También hay quienes piensan que el sonido cambia de tono al reflejarse o refractarse, y eso muestra que no diferencian bien entre variables como frecuencia, velocidad o dirección”.

Finalmente, se nota un avance en cómo el docente articula sus conocimientos sobre las ideas previas de los estudiantes, con su forma de enseñar. Ya no se limita a decir que tienen ideas previas, sino que identifica con más precisión cuáles son, cómo se manifiestan, de dónde podrían venir, y cómo enfrentarlas en el aula, reconoce también que algunos factores, como el lenguaje cotidiano, la falta de recursos, o la teoría no vinculada a la experiencia sensorial de los estudiantes, pueden afectar la comprensión.

7.2.3 Conocimiento sobre la evaluación

¿Qué elementos sobre el conocimiento de la evaluación emergieron al inicio del proceso formativo?

Para identificar los elementos sobre esta categoría del conocimiento, se analizó la respuesta a la pregunta 12 de la ReCo inicial, las respuestas dadas por el profesor Julio se registran en la **Tabla 18**:

Tabla 18. Respuestas del profesor Julio a la pregunta No 12 de la ReCo inicial

IDEAS	IDEA 1	IDEA 2	IDEA 3	IDEA 4
	Concepto del sonido como onda	Velocidad del sonido	Cualidades del sonido	Fenómenos ondulatorios
12 ¿Qué formas específicas de evaluación del entendimiento o de la confusión de los alumnos emplea alrededor de esta idea?	Se realiza un quiz al finalizar cada sesión de clase, en estas pruebas se indaga con alguna pregunta sobre la comprensión del tema de aprendizaje	Se realiza un taller de problemas sobre velocidad del sonido y se evalúa posteriormente mediante prueba escrita.	Se busca un video en YouTube y se hace que los estudiantes identifiquen las diferentes cualidades de los sonidos.	Se pide a los estudiantes realizar un ensayo sobre los fenómenos ondulatorios y sus diferentes aplicaciones tecnológicas.

Fuente: autor

El conocimiento del profesor Julio sobre la evaluación al inicio del proceso formativo buscó identificar cuál es su comprensión de estrategias y herramientas para evaluar la

comprensión de los estudiantes, el conocimiento sobre cómo diagnosticar dificultades de aprendizaje en un tema específico, la habilidad para diseñar, adaptar o seleccionar instrumentos de evaluación apropiados al contenido y al contexto.

Para la identificación del Conocimiento de la evaluación (Cev) al inicio del proceso formativo se analizó las respuestas a la pregunta 12 de la ReCo, se identificó que el profesor Julio emplea diversos métodos, como talleres, quizzes, pruebas escritas y ensayos, para medir la comprensión de los estudiantes. También destaca la promoción del trabajo en equipo, el uso de debates para desarrollar competencias comunicativas y la integración de aplicaciones tecnológicas en las actividades evaluativas, esto se manifiesta en las unidades del corpus previamente identificadas en esta categoría:

Respecto al concepto del sonido como onda, respecto a la evaluación el profesor Julio afirma: *“Se realiza un quiz al finalizar cada sesión de clase, en estas pruebas se indaga con alguna pregunta sobre la comprensión del tema de aprendizaje.”* UE13DJPRI12

Para evaluar la comprensión sobre la velocidad del sonido, el docente acude nuevamente a evaluaciones tradicionales y que priorizan un enfoque sumativo

“Se realiza un taller de problemas sobre velocidad del sonido y se evalúa posteriormente mediante prueba escrita.” UE37DJPRI12

Sin embargo, el docente también incluye algunas herramientas tecnológicas dentro de la evaluación:

“Se busca un video en YouTube y se hace que los estudiantes identifiquen las diferentes cualidades de los sonidos.” UE56DJPRI12

Finalmente, en la unidad, sobre fenómenos ondulatorios, se propone: *“Se pide a los estudiantes realizar un ensayo sobre los fenómenos ondulatorios y sus diferentes aplicaciones tecnológicas.”* UE73DJPRI12

Los elementos que emergieron sobre el conocimiento de la evaluación al inicio del proceso formativo se centran en la recolección de evidencias del aprendizaje más que en la retroalimentación del proceso. Las estrategias como los quices o las pruebas escritas

evidencian un conocimiento pedagógico donde la evaluación cumple una función de diagnóstico o verificación puntual. El uso de recursos como el *video de YouTube* manifestado en la unidad UE56DJPRI12 señala una articulación con el conocimiento tecnológico (TK), pero aún sin alcanzar una integración sistemática con el contenido, lo que indica una incipiente emergencia del conocimiento tecnológico pedagógico (TPK).

Por otra parte, la actividad propuesta en UE73DJPRI12 la elaboración de un *ensayo sobre fenómenos ondulatorios y sus diferentes aplicaciones tecnológicas* permite identificar una posible evaluación formativa, conectadas con el desarrollo de habilidades de análisis, síntesis y comunicación del conocimiento.

¿Qué elementos sobre el conocimiento de la evaluación emergieron durante el proceso formativo?

Durante el proceso formativo, el conocimiento del profesor Julio sobre la evaluación muestra un cambio desde prácticas centradas en la verificación puntual del aprendizaje hacia formas más integrales y reflexivas.

Por ejemplo, en la sesión 1, el docente retoma estrategias centradas en la resolución de problemas como mecanismo para valorar el entendimiento de conceptos claves. En la unidad UE13DJPPe afirma: *“Resolvemos problemas que involucran fórmulas relacionadas con la velocidad, frecuencia del sonido”*. Esta afirmación da cuenta de un conocimiento sobre la evaluación de habilidades aplicadas, articuladas con el contenido disciplinar, ya en la sesión 4 su discurso es más reflexivo, sus intervenciones dan cuenta que el docente incorpora una mirada diagnóstica y contextualizada del proceso evaluativo, al reconocer la importancia de las concepciones previas de los estudiantes. En la unidad CUS4DJ01 afirma: *“las concepciones previas de los estudiantes influyen significativamente en su comprensión del sonido, sería útil una prueba diagnóstica”*. Aquí emerge una perspectiva más situada de la evaluación, pensada no como punto final, sino como insumo para ajustar la enseñanza a las necesidades reales del grupo.

Asimismo, en la sesión 6, Julio menciona explícitamente el uso de herramientas digitales para fortalecer los procesos evaluativos. En la unidad CU1S6DJ05 señala: *“También he usado algunas plataformas para realizar evaluaciones o hacer ejercicios interactivos en clase.”*, lo que evidencia un esfuerzo de integrar recursos tecnológicos para diversificar los

instrumentos de evaluación. Si bien en este estado del proceso formativo no se detalla el tipo de plataformas ni el grado de sistematicidad, esta unidad revela una apertura hacia nuevas formas de recolectar evidencias del aprendizaje, articuladas con el conocimiento tecnológico.

En resumen, los elementos emergentes del conocimiento sobre la evaluación durante el proceso formativo comprenden: i) El tránsito desde una evaluación sumativa hacia una evaluación más formativa e integral. ii) La incorporación del diagnóstico como parte del proceso de enseñanza, especialmente a través del reconocimiento de ideas previas. iii) El uso de ejercicios prácticos y problemas para evaluar comprensión aplicada. iv) La exploración inicial de tecnologías digitales como mediadoras del proceso evaluativo.

Estas transformaciones reflejan un avance en la comprensión del papel de la evaluación, no solo como mecanismo de calificación, sino como herramienta para acompañar el aprendizaje, en coherencia con lo planteado por autores como Magnusson et al. (1999) y Fernández (2015). No obstante, el conocimiento evaluativo del profesor aún requiere mayor sistematicidad y articulación con los propósitos pedagógicos y las concepciones sobre el aprendizaje del sonido.

¿Qué elementos sobre el conocimiento de la evaluación emergieron después del proceso de formación docente?

Al finalizar el proceso formativo, el conocimiento sobre la evaluación por parte del profesor Julio evidencia una transformación significativa (Ver **Tabla 19**) respecto a los momentos anteriores. Aunque se mantienen algunas estrategias tradicionales, como los talleres y pruebas escritas, emergen elementos que denotan una comprensión más compleja y reflexiva del proceso evaluativo.

Tabla 19. *Respuestas del profesor Julio a la pregunta No 12 de la ReCo final*

IDEAS	¿Qué es el sonido y por qué necesita un medio para propagarse?	¿Cómo cambia la velocidad del sonido?	¿Cómo se relacionan las propiedades físicas del sonido con la forma en que lo escuchamos?	¿Qué fenómenos del sonido nos permiten entender que se trata de una onda?
12 ¿Qué formas específicas de evaluación del entendimiento o de la confusión de los alumnos emplea	Al final de la clase realizo preguntas a manera de quiz o reflexión que indagan si los	Propong o un taller de ejercicios donde los estudiantes resuelven problemas que	Escuchar diferentes sonidos y les pido que identifiquen las cualidades presentes (intensidad, tono y	Elaboración de un ensayo escrito, donde expliquen alguno de los fenómenos ondulatorios

alrededor de esta idea?	estudiantes comprendieron que el sonido es una onda mecánica longitudinal que requiere un medio para propagarse. También reviso sus dibujos iniciales y finales sobre cómo creen que viaja el sonido, para identificar cambios en sus representaciones y detectar posibles confusiones persistentes. Esta evaluación me permite ajustar las explicaciones y reforzar conceptos clave en clases posteriores. UE12DJPRF	implican calcular la velocidad del sonido en distintos medios. Al finalizar, aplico una prueba escrita con preguntas conceptuales y de aplicación, que me permite identificar si comprenden qué factores influyen en la velocidad y si pueden justificar por qué cambia en diferentes situaciones. UE23DJPRF	timbre) en cada uno. Esto me permite evaluar si logran reconocer las propiedades físicas que dan lugar a esas diferencias perceptivas. También reviso los cuadros comparativos que elaboran en clase, observando si asocian correctamente cada cualidad con la variable física correspondiente. Esta evaluación busca ir más allá de la memorización y verificar si los estudiantes comprenden cómo lo que escuchan se relaciona con fenómenos físicos medibles. UE34DJPRF	abordados (como resonancia, interferencia o efecto Doppler) y su aplicación en la vida cotidiana. Esta producción me permite valorar si comprenden las propiedades ondulatorias del sonido y cómo las conectan con situaciones reales. Además, pido la realización de un video explicativo en grupos, lo cual evidencia si pueden representar de forma clara y contextualizada estos fenómenos. Ambas producciones permiten identificar tanto comprensiones como posibles confusiones conceptuales. UE45DJPRF
-------------------------	--	---	---	--

Fuente: autor

Uno de los principales avances se relaciona con el uso de la evaluación como herramienta para identificar y reinterpretar las ideas previas de los estudiantes. En la unidad UE12DJPRF, el docente manifiesta:

“Al final de la clase realizo preguntas a manera de quiz o reflexión que indagan si los estudiantes comprendieron que el sonido es una onda mecánica longitudinal que requiere un medio para propagarse. También reviso sus dibujos iniciales y finales sobre cómo creen que viaja el sonido, para identificar cambios en sus representaciones y detectar posibles confusiones persistentes.”

Esta práctica evidencia un conocimiento más cercano a una evaluación formativa, centrada en los procesos de construcción conceptual y no solo en los resultados.

El uso de instrumentos evaluativos también se diversifica. En la unidad UE23DJPRF, se propone una actividad que incluye tanto resolución de ejercicios como una prueba escrita:

“Propongo un taller de ejercicios donde los estudiantes resuelven problemas que implican calcular la velocidad del sonido en distintos medios. Al finalizar, aplico una prueba escrita con preguntas conceptuales y de aplicación, que me permite identificar si comprenden qué factores influyen en la velocidad y si pueden justificar por qué cambia en diferentes situaciones.”

Aquí se observa una articulación entre el contenido disciplinar, la aplicación contextualizada y la evaluación del razonamiento.

Asimismo, el docente incorpora estrategias que promueven la evaluación de aprendizajes complejos a través de experiencias auditivas. En la unidad UE34DJPRF señala:

“Escuchar diferentes sonidos y les pido que identifiquen las cualidades presentes (intensidad, tono y timbre) en cada uno. Esto me permite evaluar si logran reconocer las propiedades físicas que dan lugar a esas diferencias perceptivas. También reviso los cuadros comparativos que elaboran en clase, observando si asocian correctamente cada cualidad con la variable física correspondiente.”

Esta actividad muestra una clara intención de relacionar los fenómenos físicos con la experiencia perceptiva del estudiante, superando una evaluación basada únicamente en definiciones o fórmulas.

Finalmente, se destaca la integración de producciones escritas y audiovisuales como evidencias del aprendizaje. En la unidad UE45DJPRF se describe:

“Elaboración de un ensayo escrito, donde expliquen alguno de los fenómenos ondulatorios abordados (como resonancia, interferencia o efecto Doppler) y su aplicación en la vida cotidiana. [...] Además, pido la realización de un video explicativo en grupos, lo cual evidencia si pueden representar de forma clara y contextualizada estos fenómenos.”

Esta práctica sugiere un conocimiento evaluativo orientado al desarrollo de competencias comunicativas, científicas y tecnológicas, coherente con los principios de una evaluación formativa. El profesor Julio comienza a reconocer el potencial de la evaluación para diagnosticar concepciones previas, retroalimentar procesos y generar espacios de reflexión metacognitiva.

7.2.4 Conocimiento tecnológico de contenido

¿Qué elementos sobre el conocimiento tecnológico de contenido emergieron al inicio del proceso formativo?

Para analizar los elementos sobre el conocimiento tecnológico de contenido al inicio del proceso formativo se tuvo en cuenta las preguntas 8 y 9 de la ReCo inicial. (Ver **Tabla 20**)

Tabla 20. Respuestas del profesor Julio a la pregunta No 8 y 9 de la ReCo inicial

IDEAS	IDEA 1	IDEA 2	IDEA 3	IDEA 4
8. ¿Cuáles son las formas digitales y no digitales que utilizas con el fin de representar y formular la idea?	Concepto de sonido como onda Explicación didáctica y dictado de la parte teórica Exposición de los estudiantes de sus experiencias con el sonido	Velocidad del sonido Explicación didáctica, Consulta bibliográfica y transcripción de texto de un cuadro de velocidades del sonido en diferentes medios sólidos, líquidos y gaseosos.	Cualidades del sonido Explicación didáctica. Presentación del video con diferentes sonidos para diferenciar intensidades, tonos y timbres.	Fenómenos ondulatorios Explicación didáctica Exposición de videos realizados por los estudiantes donde cada grupo explica un fenómeno ondulatorio, sus características y magnitudes que varían y otras que no.
9. ¿Cuáles son las herramientas digitales (ej., animaciones, simuladores, laboratorios virtuales, entre otros) más convenientes que utilizas para representar la idea en consideración, y en qué criterios apoyas	Simuladores phet que permiten diferenciar las ondas transversales de las ondas longitudinales https://phet.colorado.edu/sims/html/waves-	Videos de youtube https://www.youtube.com/watch?v=UKjArU7sWgA&ab_channel=KhanAcademyEspañol y Diapositivas elaboradas en	Simuladores phet Videos de youtube https://www.youtube.com/watch?v=f5_OOHJ4U1U&ab_channel=Ra%C3%A1nDicesenM%C3%BAsica	Simuladores phet Videos de youtube Gifs sobre fenómenos ondulatorios https://www.google.com/search?q=gifs+fenomenos+ondulatorios&rlz=1C1CHZN_esC

dicha intención de diseño?	intro/latest/waves-intro_es.html	Power Point que explican los conceptos de movimiento con velocidad constante para hacer analogía con la velocidad del sonido. Las imágenes dan una mejor representación de la idea que el simple discurso imaginario	Los videos refuerzan el aprendizaje porque las imágenes ilustran mejor los conceptos y crean el significado en la mente de cada estudiante.	O936CO936&oeq=gifs+fenomenos+ondulatorios&aq=s=chrome..69i57j33i160.18128j0j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8
	Las imágenes dan una mejor representación de la idea que el discurso verbal. Como criterio se puede decir que el aprendizaje se puede reforzar mediante la realización de laboratorios que consoliden los conocimientos y que favorezcan la opción de dar significado al concepto que se busca aprender			Las imágenes enriquecen el significado que el estudiante le da a la construcción del conocimiento e ilustran mejor el discurso pedagógico

Fuente: autor

Al inicio del proceso formativo, el conocimiento tecnológico del contenido por parte del profesor Julio se manifiesta principalmente en la selección y uso de recursos digitales que buscan facilitar la comprensión de conceptos abstractos en la enseñanza del sonido. Este conocimiento se evidencia en su tendencia a recurrir a videos, simuladores, imágenes y herramientas audiovisuales para representar fenómenos que, por su naturaleza invisible o compleja, suelen presentar obstáculos en el aula.

Uno de los primeros indicios de esta articulación entre tecnología y contenido aparece en la unidad UE10DJPRI9, donde el docente destaca el uso de simuladores PHET para diferenciar ondas transversales y longitudinales:

“Simuladores PHET que permiten diferenciar las ondas transversales de las ondas longitudinales. Las imágenes dan una mejor representación de la idea que el discurso verbal.”

Esta afirmación sugiere una conciencia inicial sobre el potencial de la tecnología como medio para enriquecer la representación conceptual, reforzar el aprendizaje y facilitar la comprensión del contenido desde lo visual.

Esta misma intención aparece en relación con la enseñanza de la velocidad del sonido. En la unidad UE28DJPRI7, el docente señala el uso de celulares inteligentes con acceso a internet como herramienta para que los estudiantes busquen información:

“Celulares inteligentes con acceso a internet que permiten buscar información para diferenciar conceptos como intensidad, tono y timbre.”

Esta acción refleja un conocimiento tecnológico del contenido en una fase emergente, donde se privilegia el acceso a la información, aunque aún no se consolida un diseño sistemático de experiencias de aprendizaje mediadas por la tecnología.

En esa misma línea, se reconocen otros usos tecnológicos orientados a apoyar la representación del contenido. Por ejemplo, en la unidad UE31DJPRI9 se afirma:

“Videos de YouTube y diapositivas elaboradas en PowerPoint que explican los conceptos de movimiento con velocidad constante.”

Y en la unidad UE30DJPRI8 se recurre a cuadros comparativos como apoyo visual:

“Consulta bibliográfica y transcripción de texto de un cuadro de velocidades del sonido.”

Estas estrategias apuntan a un conocimiento TCK que busca traducir conceptos abstractos en imágenes, esquemas o simulaciones accesibles para el estudiante.

¿Qué elementos sobre el conocimiento tecnológico de contenido emergieron durante el proceso formativo?

Durante el proceso formativo, el conocimiento tecnológico del contenido por parte del profesor Julio fue evidenciando una mayor integración entre la tecnología y los conceptos disciplinares del sonido. A partir de las unidades analizadas, emergen varios elementos claves que permiten identificar esta transformación.

En primer lugar, se destacan prácticas en las que la tecnología es utilizada para representar fenómenos físicos complejos. En la unidad CU1S6DJ02, el docente expresa:

“Por ejemplo, al proyectar una simulación o un video explicativo, siento que los estudiantes logran visualizar mejor ciertos fenómenos, como el comportamiento de una onda sonora.”

Este tipo de uso instrumental apunta a una representación visual del contenido que permite hacer más accesibles conceptos abstractos, como la naturaleza ondulatoria del sonido. Aunque el enfoque es inicial, implica un punto importante hacia la transformación del contenido a través de medios tecnológicos.

Una evolución significativa aparece en la sesión 6 al reflexionar sobre el conocimiento tecnológico pedagógico del contenido y las lecturas sobre la enseñanza del sonido, donde el docente propone una actividad didáctica que articula experiencia sensorial, representación digital y análisis conceptual:

“La clase empezaría con una pequeña exploración en la que cada estudiante emite sonidos con su voz, y con ayuda de una app tipo osciloscopio instalada en un celular, capturamos esas voces y las proyectamos en pantalla. El objetivo es que ellos puedan ver gráficamente cómo su voz se transforma en ondas y que empiecen a identificar que cuando el sonido es más agudo hay mayor frecuencia.” CU2S6DJ05

Esta experiencia muestra un avance importante en el conocimiento tecnológico del contenido, ya que el docente no se limita a usar tecnología como apoyo, sino que la integra a una secuencia donde los estudiantes primero experimentan físicamente el sonido con su propia voz, luego lo representan gráficamente mediante una app tipo osciloscopio y finalmente interpretan esa representación para comprender el concepto de frecuencia. Se trata de una actividad que conecta lo sensorial, lo tecnológico y lo conceptual, generando una experiencia de aprendizaje más integrada

En este mismo sentido, al responder a la pregunta ¿Qué tipo de conocimientos docentes se requieren para implementar una actividad como esta (Refiriéndose a la actividad propuesta por Cuevas et al 2017)?, el profesor Julio reconoce la necesidad de una preparación docente que no solo abarca el conocimiento del contenido, sino también la habilidad para operar con tecnologías específicas que permitan su representación:

“Se requiere tener claridad sobre conceptos de frecuencia, periodo y su relación con el tono, saber cómo guiar a los estudiantes para interpretar las gráficas y además manejar la app, proyectarla, saber capturar el sonido, etc.”

CU2S6DJ02

Aquí se pone en evidencia la reflexión hacia la integración entre el conocimiento del contenido (CK) y el tecnológico (TK), en función de una enseñanza contextualizada del sonido.

Otro elemento emergente se relaciona con el uso de laboratorios virtuales como alternativa ante la ausencia de recursos físicos, el docente señala:

*“En ocasiones, he utilizado laboratorios virtuales para complementar los temas cuando no contamos con los materiales físicos.”*CU1S6DJ06

Y de manera más elaborada, en sus relatos narrativos Julio profundiza sobre las posibilidades y límites de los simuladores:

“El uso de simuladores es importante ya que permite cambiar parámetros y observar cómo se comporta físicamente el sonido... Pero también hay limitaciones. La simulación PHET, por ejemplo, no permite analizar cómo cambia la velocidad del sonido en diferentes medios ... Sería interesante tener recursos digitales que lo muestren de manera más significativa.” PPES4DJ10

Estas reflexiones revelan una postura más crítica sobre la tecnología, reconociendo su valor como mediadora del contenido, pero también sus restricciones, lo cual se alinea con una perspectiva reflexiva del TPACK.

Además, se identifican casos donde la tecnología es utilizada para ayudar a transitar desde concepciones erróneas dadas por el sentido común a representaciones científicas validas actualmente del sonido:

“Les muestro un video donde se simulan explosiones espaciales con efectos sonoros y luego explico que, en el vacío, el sonido no puede propagarse porque no hay partículas que lo transmitan.” UE05DJPPe

“También analizamos imágenes que representan ondas sonoras, mostrando cómo se comportan en distintos escenarios.” UE14DJPe

Estas prácticas indican que el docente utiliza medios tecnológicos para confrontar representaciones previas de los estudiantes y favorecer una comprensión más adecuada del fenómeno.

Por último un aspecto importante que se identifica en el proceso es que el docente conecta la tecnología con una mirada histórica y crítica de la ciencia:

“Estoy considerando hacer más uso de recursos digitales, y también volver a los experimentos mentales, como los que analizamos en la sesión sobre episodios históricos.” PPES4DJ09

Esto muestra un interés por combinar la simulación con estrategias didácticas más profundas, enmarcando la enseñanza en una comprensión epistemológica del contenido.

¿Qué elementos sobre el conocimiento tecnológico de contenido emergieron al final del proceso formativo?

Para el análisis del conocimiento tecnológico del contenido del profesor Julio se tuvieron en cuenta las respuestas dadas a las preguntas 8 y 9 de la ReCo final (Ver **Tabla 21**), así como también los elementos de la unidad didáctica.

Tabla 21. *Respuestas del profesor Julio a la pregunta No 8 y 9 de la ReCo final*

IDEAS	¿Qué es el sonido y por qué necesita un medio para propagarse?	¿Cómo cambia la velocidad del sonido?	¿Cómo se relacionan las propiedades físicas del sonido con la forma en que lo escuchamos?	¿Qué fenómenos del sonido nos permiten entender que se trata de una onda?
8. ¿Cuáles son las formas digitales y no digitales que utilizas con el fin de representar y	Indagación de las ideas previas de los estudiantes mediante exposición de sus experiencias con el sonido. trabajo con actividades no digitales como experimentos simples (vibración de bandas elásticas, reglas o copas) que permiten vivenciar el fenómeno. Digitalmente,	Las formas no digitales incluyen experiencias con teléfonos de vasos, mesas y cuerdas para observar la transmisión del	Escuchamos distintos sonidos reales, también utilizamos la grabación de los mismos. Paralelamente, usamos aplicaciones que permiten visualizar las ondas	Explicación didáctica Construcción de instrumentos caseros. Reproducción de videos. Exposición por parte de los estudiantes donde cada grupo explica

formular la idea?	recurso a videos introductorios y a esquemas proyectados que se reconstruyen colectivamente con los estudiantes. Sigue siendo importante que ellos tengan la parte teórica en sus cuadernos. UE08DJPRF	sonido. Digitalmente, se emplean videos para comprender la velocidad del sonido en diferentes medios y tablas con datos de velocidades del sonido (Presentadas digitalmente en presentaciones de power point y también impresas para registro en el cuaderno). Consulta bibliográfica. UE19DJPRF	generadas y observar cómo varían las cualidades del sonido. También se emplean esquemas del oído humano en papel y en pantalla para vincular percepción con fisiología. UE30DJPRF	un fenómeno ondulatorio UE41DJPRF
9. ¿Cuáles son las herramientas digitales (ej., animaciones, simuladores, laboratorios virtuales, entre otros) más convenientes que utilizas para representar la idea en consideración, y en qué criterios apoyas dicha intención de diseño?	Uso el simulador PhET “Introducción a las ondas” porque permite distinguir entre ondas longitudinales y transversales, clarificando el modelo físico del sonido. Seleccione este recurso porque hace visible el comportamiento de las partículas y resalta la necesidad de un medio, lo cual ayuda a superar la idea errónea del sonido “viajando solo”. El criterio clave es la visualización conceptual y su conexión con la modelación, decidimos incorporarlo con un enfoque histórico y epistemológico. Las imágenes dan una mejor representación de la idea que el discurso verbal. Como criterio se puede decir que el aprendizaje se puede reforzar mediante la realización de	Videos de youtube, El video sobre el sonido en el vacío resulta clave porque permite observar que el sonido necesita un medio para propagarse. Videos donde se comparan velocidades en aire, agua y sólidos. Seleccione estos recursos por su capacidad de contrastar contextos (aire vs. vacío). Lecturas contextualizadas que permitan desarrollar	Simulaciones Phet y apps como spectroid para visualizar el espectro de distintos sonidos. También integro videos de youtube como “Cualidades del sonido”, que presenta comparaciones auditivas accesibles. Estos recursos se eligen por su capacidad de conectar percepción sensorial con representación gráfica, favoreciendo tanto la comprensión subjetiva como objetiva. UE31DJPRF	Gifs animados, videos y simulaciones de experimentos como el del efecto Doppler con fuentes móviles. Estos recursos se eligen porque permiten representar visualmente fenómenos difíciles de percibir directamente, facilitando su apropiación conceptual. UE42DJPRF

laboratorios que consoliden los conocimientos y que favorezcan la opción de dar significado al concepto que se busca aprender UE09DJPRF	pensamiento crítico en los estudiantes .Presentaciones en power point para explicar los conceptos de movimiento con velocidad constante para hacer analogía con la velocidad del sonido. UE20DJPRF
--	---

Fuente: autor

Al finalizar el proceso formativo, se evidencia una consolidación más integrada del conocimiento tecnológico de contenido (TCK) por parte del profesor Julio. A diferencia de la etapa inicial, donde la tecnología aparecía principalmente como un recurso de apoyo, al final del proceso formativo mediante la reflexión se observa una selección más estratégica y fundamentada de herramientas digitales que se articulan con el contenido disciplinar del sonido y con propósitos didácticos concretos.

En relación con la idea 1, vinculada a la naturaleza del sonido como onda mecánica, se utilizan experimentos físicos simples (como bandas elásticas o copas vibrantes) combinados con videos introductorios y esquemas proyectados, lo cual refleja una integración progresiva entre experiencias concretas y representaciones visuales digitales.

Esta intención se fortalece con el uso del simulador PhET “Introducción a las ondas”, el cual se selecciona explícitamente por su capacidad de hacer visible el comportamiento de las partículas y de representar el papel del medio material en la propagación del sonido. En palabras del docente:

“Selecciono este recurso porque hace visible el comportamiento de las partículas y resalta la necesidad de un medio, lo cual ayuda a superar la idea errónea del sonido ‘viajando solo’” (UE09DJPRF).

Esta elección revela una comprensión más profunda de cómo la tecnología puede contribuir a desestabilizar concepciones erróneas y favorecer modelos mentales más ajustados al conocimiento científico.

En la idea 2, sobre la velocidad del sonido, se integran actividades no digitales (como el uso de teléfonos con vasos y cuerdas) con videos de YouTube y presentaciones digitales, los cuales permiten contrastar el comportamiento del sonido en diferentes medios (aire, agua, sólidos) así lo expresa:

“Las formas no digitales incluyen experiencias con teléfonos de vasos, mesas y cuerdas para observar la transmisión del sonido. *Digitalmente, se emplean videos para comprender la velocidad del sonido en diferentes medios y tablas con datos de velocidades del sonido (Presentadas digitalmente en presentaciones de power point y también impresas para registro en el cuaderno)...*”. UE19DJPRF

“*El video sobre el sonido en el vacío resulta clave porque permite observar que el sonido necesita un medio para propagarse. Vídeos donde se comparan velocidades en aire, agua y sólidos. Selecciono estos recursos por su capacidad de contrastar contextos (aire vs. vacío).*

Lecturas contextualizadas que permitan desarrollar pensamiento crítico en los estudiantes . Presentaciones en power point para explicar los conceptos de movimiento con velocidad constante para hacer analogía con la velocidad del sonido”. UE20DJPRF

Este tipo de selección muestra una intención deliberada de exponer comparaciones y relaciones contextuales, lo cual apunta a un uso del TCK orientado no solo a la ilustración, sino al desarrollo del pensamiento crítico. La analogía entre el sonido y el movimiento uniforme, apoyada en presentaciones en PowerPoint, también indica un esfuerzo por vincular representaciones abstractas con experiencias visuales accesibles para los estudiantes.

Para la idea 3, relacionada con la percepción y las cualidades del sonido, se integran de forma significativa experiencias auditivas reales (como la escucha de sonidos grabados), con el uso de apps como Spectroid y simulaciones PHET que permiten visualizar el espectro y asociar gráficamente el tono, la intensidad y el timbre (UE30DJPRF, UE31DJPRF). Esta

propuesta, que conecta dimensiones subjetivas (lo que se oye) con representaciones objetivas (lo que se ve y se mide), es muestra clara de un avance en el dominio del TCK, ya que permite a los estudiantes transitar entre distintos niveles de representación y construir significados más sólidos a partir de una experiencia multimodal.

Finalmente, en la idea 4, se observa un uso enfocado de gifs animados, simulaciones y videos que representan fenómenos ondulatorios como la interferencia o el efecto Doppler (UE41DJPRF, UE42DJPRF). Estos recursos se seleccionan por su capacidad de mostrar fenómenos que no son fácilmente perceptibles de forma directa, facilitando así su comprensión conceptual. El uso de tecnologías digitales aquí no es superficial, responde a la necesidad de hacer visible lo invisible, algo fundamental en la enseñanza de fenómenos físicos complejos.

7.2.5 Conocimiento tecnológico pedagógico

En esta categoría se pretende identificar en el docente la integración de la tecnología al proceso de enseñanza, aprendizaje y evaluación.

¿Qué aspectos sobre el conocimiento tecnológico pedagógico en la enseñanza de las Ciencias emergen en el profesor Julio al inicio del proceso formativo?

Para analizar el conocimiento tecnológico pedagógico del profesor Julio al inicio del proceso de formación, se analizó las respuestas a la pregunta 7 de la ReCo (Ver **Tabla 22**) para cada gran idea que el docente consideró en su organización de la enseñanza del contenido.

Tabla 22. *Respuestas del profesor Julio a la pregunta No 7 de la ReCo inicial*

IDEAS	IDEA 1	IDEA 2	IDEA 3	IDEA 4
	Concepto de sonido como onda	Velocidad del sonido	Cualidades del sonido	Fenómenos ondulatorios
7. ¿Qué tecnologías digitales estándar empleas para planear y gestionar el aprendizaje de la idea?	Videos que se puede bajar de YouTube y proyectar en un tv Smart, diapositivas diseñadas en power point para explicar la	Impresoras digitales para fotocopiar documentos que tienen que ver con la temática.	Celulares inteligentes con acceso a internet que permiten buscar información para diferenciar conceptos como	Computadores de la sala de informática que se emplean para que los estudiantes presenten sus videos y diapositivas que ilustran los

temática en mención.	intensidad, tono y timbre	fenómenos ondulatorios para luz y sonido, ondas en el agua
-------------------------	------------------------------	---

Fuente: autor

Durante el inicio del proceso formativo, el conocimiento tecnológico pedagógico del profesor Julio se manifiesta en el uso básico de herramientas digitales como apoyo a la enseñanza, con énfasis en la proyección de contenidos y la búsqueda de información por parte de los estudiantes. Este conocimiento, aunque todavía limitado en términos de una reflexión pedagógica y tecnológica, da cuenta de una integración incipiente de la tecnología con fines pedagógicos, especialmente desde una lógica expositiva y de apoyo visual al contenido.

Para la idea 1 (sonido como onda mecánica), el profesor indica:

“Videos que se puede bajar de YouTube y proyectar en un tv Smart, diapositivas diseñadas en power point para explicar la temática en mención.”

(UE08DJPRI7)

Aquí se evidencia una utilización instrumental de las tecnologías, orientada a reforzar la explicación magistral del contenido. La tecnología se presenta como un medio para ilustrar lo ya conceptualizado, más que como un recurso para promover la indagación o la construcción activa del conocimiento.

En la idea 2 (velocidad del sonido), el docente menciona:

“Impresoras digitales para fotocopiar documentos que tienen que ver con la temática.” (UE27DJPRI7)

Este uso sugiere una mirada tradicional de la tecnología, entendida como soporte para la difusión de materiales más que como parte del diseño de experiencias de aprendizaje. No se integran aquí tecnologías que puedan potenciar la modelación o exploración del fenómeno.

En cuanto a la idea 3 (calidades del sonido), se resalta:

“Celulares inteligentes con acceso a internet que permiten buscar información para diferenciar conceptos como intensidad, tono y timbre.”

(UE49DJPRI7)

Aunque este enunciado muestra cierta apertura hacia el uso autónomo de la tecnología por parte de los estudiantes, se mantiene centrado en una función informativa. No hay mención explícita a la mediación docente ni a la integración de estas búsquedas en una secuencia didáctica más amplia.

Por último, para la idea 4 (fenómenos ondulatorios), el profesor menciona:

“Computadores de la sala de informática que se emplean para que los estudiantes presenten sus videos y diapositivas que ilustran los fenómenos ondulatorios para luz y sonido, ondas en el agua.” (UE65DJPRI7)

Este ejemplo sugiere una práctica más activa, en la que los estudiantes se convierten en productores de representaciones mediadas por tecnología. Sin embargo, no se explicita cómo se articula esta actividad con los objetivos de aprendizaje o con el desarrollo conceptual del fenómeno.

Desde el marco del TPACK, estos ejemplos reflejan un conocimiento tecnológico pedagógico aún emergente. El docente emplea tecnologías disponibles, pero su integración con el contenido y la pedagogía es incipiente. La tecnología se ubica como herramienta auxiliar de la enseñanza más que como mediadora epistémica del conocimiento.

¿Qué aspectos sobre el conocimiento tecnológico pedagógico en la enseñanza de las Ciencias emergen en el profesor Julio durante el proceso formativo?

Durante el proceso formativo los elementos que emergen permiten establecer que el docente identifica que la tecnología, como simulaciones y videos, facilita la visualización de fenómenos abstractos como las ondas sonoras. Sin embargo, también reconoce que su uso no garantiza la participación activa de los estudiantes, lo que subraya la necesidad de estrategias pedagógicas más integradas:

“...Al proyectar una simulación o un video explicativo, siento que los estudiantes logran visualizar mejor ciertos fenómenos, como el comportamiento de una onda sonora” CU1S6DJ02

“Una de las dificultades es que no siempre los estudiantes se conectan con la clase, aún si uno utiliza tecnología. A veces, cuando les muestro una simulación o un recurso digital, esperan que yo se los explique todo, es difícil en ellos la conciencia de trabajo autónomo o a través de una guía orientada”. CU1S6DJ09 CU1S6DJ10

El docente durante la sesión 6 reflexiona sobre la evolución de su rol, pasando de un enfoque expositivo a uno que busca crear situaciones de aprendizaje activas mediadas por tecnología, esto se evidencia cuando al responder a la pregunta ¿De qué manera se relaciona la tecnología con el rol del profesor?, el docente menciona:

“...después de lo trabajado en las sesiones, reconozco que mi rol también está en transformación, ya no se trata sólo de explicar bien, sino de crear situaciones de aprendizaje donde el estudiante pueda participar más activamente, y allí la tecnología puede tener un papel más profundo”. CU1S6DJ03

Esto refleja un cambio hacia un enfoque más reflexivo y centrado en el estudiante.

El profesor Julio emplea herramientas como simuladores PhET y laboratorios virtuales para complementar la enseñanza en contextos donde los recursos físicos son limitados:

“En ocasiones, he utilizado laboratorios virtuales para complementar los temas cuando no contamos con los materiales físicos.” (CU1S6DJ06)

También reconoce el valor de plataformas digitales en los procesos de evaluación y ejercitación interactiva:

“También he usado algunas plataformas para realizar evaluaciones o hacer ejercicios interactivos en clase.” (CU1S6DJ05)

Un aspecto clave en la evolución del TPK del profesor Julio durante la formación a través de la reflexión es que problematiza el uso de herramientas tecnológicas en la

enseñanza reconociendo la necesidad de guiar pedagógicamente su utilización para que tengan un impacto en el aprendizaje:

“Muchas veces creemos que usar tecnología es mostrar una simulación o poner un video. Pero lo que me deja esta sesión es que representar el contenido con tecnología es una forma de pensar el contenido. El sonido puede verse como una onda solo si uno guía al estudiante a hacer ese paso. De nada sirve una app si no se conecta con la idea que quiero enseñar. Me llevo la idea de que la tecnología no debe reemplazar la experiencia, sino proyectarla y hacerla más visible.” (CU2S6DJ06)

Esta idea se complementa con su experiencia respecto al uso de simuladores y su alcance limitado:

“El uso de simuladores también tiene su lugar. Siempre que permitan visualizar lo invisible, cambiar parámetros y observar cómo se propaga el sonido en distintos medios, pueden ser muy útiles. Pero también hay limitaciones. La simulación PHET, por ejemplo, no permite analizar cómo cambia la velocidad del sonido en diferentes medios... Pero sería interesante tener recursos digitales que lo muestren de manera más significativa.” (PPES4DJ10)

Además, otro aspecto relevante dentro de los elementos que se identificaron en el proceso formativo es que el profesor Julio plantea una reorganización de su práctica que considera el punto de partida conceptual de los estudiantes:

“Esto también me hace repensar mi práctica. A lo largo de nuestras sesiones, he hablado de estrategias que suelo usar: analogías, simuladores PHET, debates, dictados... pero creo que necesito reforzar algunos aspectos. Por ejemplo, planificar mejor las secuencias, que tengan un orden más claro: primero una etapa de exploración de ideas previas, luego una confrontación conceptual, y finalmente una reconstrucción activa. A veces uno salta directo a la explicación o al PowerPoint, pero si no trabajamos primero sobre las representaciones mentales, esas concepciones persisten.” (PPES4DJ07)

Este tipo de reflexión muestra que el docente comienza a integrar la tecnología como parte de un diseño didáctico intencionado y no simplemente como un accesorio informativo.

Durante la reflexión sobre las lecturas del modelo de cúpula (Cuevas et al., 2017), el docente destaca el valor de combinar lo sensorial con lo tecnológico:

“Me parece que la propuesta de los autores articula bien la experiencia sensorial de los estudiantes y la representación digital. Usar una flauta para generar el sonido conecta con la idea de producción del sonido. Luego, representar ese sonido mediante una app como osciloscopio permite evidenciar cómo el sonido es una perturbación que se propaga, algo que para todos resulta abstracto, considero que es una estrategia híbrida, parte de lo cotidiano para ser representado mediante una herramienta tecnológica.” (CU2S6DJ01)

A esto se suma una propuesta concreta de clase:

“Una actividad para enseñar por ejemplo el tono del sonido consiste en utilizar la voz de los propios estudiantes...Con ayuda de una app tipo osciloscopio instalada en un celular, capturamos esas voces y las proyectamos en pantalla. ... Siempre he puesto estos ejemplos, pero la verdad no he utilizado osciloscopios en las clases, sería interesante.” (CU2S6DJ05)

Es así como durante el proceso formativo, emergen elementos clave del Conocimiento Tecnológico Pedagógico (TPK), como la reflexión sobre el uso de tecnología, la transformación del rol docente hacia un enfoque más activo, y la integración de recursos híbridos para mediar el aprendizaje. Estas prácticas reflejan un avance hacia una enseñanza más reflexiva y centrada en el estudiante. El docente reconoce la importancia de diseñar secuencias más intencionadas y contextualizadas, donde la tecnología se articula con las experiencias de los estudiantes y las metas conceptuales. Este tránsito evidencia una comprensión más profunda de cómo la tecnología puede enriquecer, pero no reemplazar los procesos pedagógicos.

¿Qué aspectos sobre el conocimiento tecnológico pedagógico en la enseñanza de las Ciencias emergen en el profesor Julio al final del proceso formativo?

Al finalizar el proceso formativo se analizaron los aspectos del conocimiento tecnológico pedagógico teniendo en cuenta las respuestas a la pregunta 7 de la ReCo, la cual se encuentra consignada en la **Tabla 23**:

Tabla 23. *Respuestas del profesor Julio a la pregunta No 7 de la ReCo final*

IDEAS	¿Qué es el sonido y por qué necesita un medio para propagarse?	¿Cómo cambia la velocidad del sonido?	¿Cómo se relacionan las propiedades físicas del sonido con la forma en que lo escuchamos?	¿Qué fenómenos del sonido nos permiten entender que se trata de una onda?
7. ¿Qué tecnologías digitales estándar empleas para planear y gestionar el aprendizaje de la idea?	Uso videos breves proyectados en el televisor del aula para motivar la clase y despertar preguntas sobre qué es el sonido, por ejemplo el vídeo de la campana de vacío y el timbre dentro de ella. Presentaciones en PowerPoint con ejemplos cotidianos y explicaciones básicas del concepto. Estas herramientas me ayudan a organizar el contenido de forma clara	Uso de vídeos para gestionar el aprendizaje de la idea. Recursos digitales disponibles en Colombia aprende. Las guías de clase se diseñan en Word e incluyen vínculos a recursos digitales, lo cual facilita la gestión secuencial de clases prácticas.	Uso de celulares, sala de informática, el acceso a internet para realizar actividades que permitan diferenciar conceptos como intensidad, tono y timbre	Computadores de la sala de informática, apps como Oscilloscope o Visual Sound.

Fuente: autor

Al finalizar el proceso formativo, se evidencia un cambio en el conocimiento tecnológico pedagógico del profesor Julio. A diferencia de la etapa inicial, donde predominaba una lógica expositiva centrada en el uso ilustrativo de recursos digitales, ahora se observa una intención más clara de articular las tecnologías con las formas de enseñar, aprender y evaluar. Esta transformación se manifiesta en la forma en que emplea herramientas digitales no solo como apoyo visual, sino como mediadoras activas del proceso de enseñanza, aprendizaje y evaluación.

Para la primera idea, “¿Qué es el sonido y por qué necesita un medio para propagarse?”, el docente menciona:

“Uso videos breves proyectados en el televisor del aula para motivar la clase y despertar preguntas sobre qué es el sonido, por ejemplo el vídeo de la campana de vacío y el timbre dentro de ella. Presentaciones en PowerPoint con ejemplos cotidianos y explicaciones básicas del concepto. Estas herramientas me ayudan a organizar el contenido de forma clara.” UE07DJPRF

En este enunciado se nota una preocupación por generar preguntas significativas y por conectar el contenido con situaciones del mundo cotidiano, lo cual da cuenta de una progresiva apropiación del potencial pedagógico de los recursos digitales.

En relación con la segunda idea, “¿Cómo cambia la velocidad del sonido?”, se reporta el uso de videos y de recursos disponibles en plataformas como Colombia Aprende, así como la elaboración de guías en Word que integran enlaces a materiales digitales:

“Uso vídeos para gestionar el aprendizaje de la idea. Recursos digitales disponibles en Colombia aprende. Las guías de clase se diseñan en Word e incluyen vínculos a recursos digitales, lo cual facilita la gestión secuencial de clases prácticas”. UE18DJPRF

Esto sugiere un esfuerzo por sistematizar el trabajo con tecnología, integrando recursos de manera organizada en las planificaciones de clase, lo cual marca una diferencia con su enfoque inicial.

Para la tercera idea, “¿Cómo se relacionan las propiedades físicas del sonido con la forma en que lo escuchamos?”, se describe el uso de diversos dispositivos con acceso a internet:

“Uso de celulares, sala de informática, el acceso a internet para realizar actividades que permitan diferenciar conceptos como intensidad, tono y timbre.” UE29DJPRF

Aquí se evidencia una apertura hacia el uso más interactivo de la tecnología, facilitando actividades que permiten a los estudiantes observar y contrastar representaciones gráficas con sus propias percepciones auditivas.

Finalmente, en la cuarta idea, “¿Qué fenómenos del sonido nos permiten entender que se trata de una onda?”, el docente señala respecto a la pregunta 7 de la ReCo:

“Computadores de la sala de informática, apps como Oscilloscope o Visual Sound.” UE40DJPRF.

La elección de estas aplicaciones implica un avance importante, pues ya no se trata solo de reproducir videos, sino de una intención de vincular experiencia, representación y comprensión conceptual mediante tecnología.

En conjunto, estos ejemplos muestran que el conocimiento tecnológico pedagógico del profesor Julio ha transitado hacia una forma más reflexiva e intencionada de integrar recursos digitales. Ya no se trata solo de incorporar tecnología por disponibilidad, sino de seleccionar herramientas que se articulen con las ideas clave del contenido, que favorezcan el aprendizaje activo, y que permitan planificar experiencias con sentido pedagógico. Si bien persisten desafíos en la apropiación plena del enfoque TPACK, lo observado al cierre del proceso formativo evidencia una transformación relevante en la forma en que el docente piensa y gestiona el uso de la tecnología en la enseñanza de las ciencias.

7.2.6 Conocimiento sobre las estrategias e instrucciones para la enseñanza de las Ciencias.

En esta categoría se analizan las formas en que el profesor Julio organiza y realiza su enseñanza del sonido, incluyendo los enfoques pedagógicos que adopta y las decisiones que toma para diseñar sus clases. Se consideran aquí las elecciones que realiza respecto al uso o no de tecnologías, así como la manera en que articula distintos recursos y actividades para construir propuestas didácticas que busquen facilitar la comprensión del sonido por parte de sus estudiantes

¿Qué aspectos del conocimiento sobre las estrategias e instrucciones para la enseñanza de las Ciencias emergen en el profesor Julio al inicio del proceso formativo?

En la etapa inicial se identifican los aspectos del conocimiento sobre las estrategias e instrucciones para la enseñanza de las Ciencias emergen en el profesor Julio a través de las respuestas a las preguntas 10 y 11 (ver **Tabla 24**) para cada idea descrita en la ReCo inicial:

Tabla 24. *Respuestas del profesor Julio a la pregunta No 10 de la ReCo inicial*

IDEAS	IDEA 1	IDEA 2	IDEA 3	IDEA 4
	Concepto de sonido como onda	Velocidad del sonido	Cualidades del sonido	Fenómenos ondulatorios
10. ¿Cuáles procedimientos de enseñanza emplea? (y las razones particulares de su uso con esa idea)	Exposición didáctica y presentación de videos. Los estudiantes plantean que si no se les explica no entienden, ellos se acostumbraron a la clase magistral puesto que argumentan que con la explicación del docente se entiende el tema de estudio	Exposición didáctica y solución de problemas de aplicación relacionados con el eco resueltos en taller individual o en taller en binas. EL trabajo en equipo siempre será importante para la construcción del conocimiento y de pronto para la generación de empresa	Exposición didáctica y transcripción de texto para promover procesos de lectura, escritura, valoración de la información y curiosidad por la indagación.	Exposición didáctica. Y debate entre grupos de estudiantes para que hagan analogía de los fenómenos ondulatorios estudiados con agua a los fenómenos ondulatorios relacionados con el sonido. El debate permite desarrollar la competencia comunicativa y el uso de argumentos convincentes
11. ¿Cuáles actividades de aprendizaje mediadas o no por las tecnologías digitales empleas con el fin de ayudar a los estudiantes a superar sus dificultades y concepciones alternativas sobre la idea bajo consideración? ¿Qué juicios pedagógicos apoyan el diseño de dichas actividades?	Talleres de resolución de preguntas donde se busca diferenciar el concepto de sonido como onda mecánica longitudinal tridimensional de otro tipo de ondas, esto ayuda a reforzar y profundizar en el conocimiento	Talleres de resolución de preguntas y problemas de aplicación de fórmulas y conceptos relacionados con la velocidad del sonido. Los talleres sirven para reforzar y profundizar en el conocimiento y promover la lectura de texto de manera comprensiva.	Cuadros comparativos de las cualidades del sonido que buscan diferenciar cada concepto y relacionarlos con la identificación de dichas cualidades en diferentes sonidos.	Desarrollo de laboratorios guiados empleando simuladores Phet que nos ayuden a consolidar los conocimientos relacionados con los fenómenos ondulatorios.

Fuente: autor

Durante la etapa inicial del proceso formativo, el conocimiento sobre las estrategias e instrucciones para la enseñanza de las Ciencias del profesor Julio se caracteriza por una combinación de enfoques tradicionales como la exposición didáctica con algunas propuestas de participación estudiantil mediadas por tecnología. Para enseñar el concepto de sonido como onda, el docente plantea como estrategia central la explicación didáctica complementada con participación de los estudiantes:

“Explicación didáctica y dictado de la parte teórica. Exposición de los estudiantes de sus experiencias con el sonido.” UE09DJPRI8

Si bien se abre un espacio para que los estudiantes compartan experiencias, este momento parece estar desarticulado de una secuencia que promueva la problematización o el diálogo entre representaciones previas y el contenido escolar. El uso de simuladores se plantea más como un refuerzo que como mediador conceptual:

“Simuladores phet que permiten diferenciar las ondas transversales de las ondas longitudinales...las imágenes dan una mejor representación de la idea que el discurso verbal. Como criterio se puede decir que el aprendizaje se puede reforzar mediante la realización de laboratorios que consoliden los conocimientos y que favorezcan la opción de dar significado al concepto que se busca aprender”.

UE10DJPRI9

Aquí la tecnología se utiliza como confirmación visual de lo explicado, no como motor para generar nuevas preguntas o hipótesis. El docente reconoce además una fuerte dependencia de los estudiantes hacia su explicación, lo que da cuenta de una práctica centrada en el profesor:

“Los estudiantes plantean que si no se les explica no entienden, ellos se acostumbraron a la clase magistral puesto que argumentan que con la explicación del docente se entiende el tema de estudio.” (UE11DJPRI10)

Aunque propone talleres como forma de profundización estos parecen orientarse al cierre más que al inicio del proceso, reforzando una lógica lineal: explicación–práctica–evaluación.

“Talleres de resolución de preguntas donde se busca diferenciar el concepto de sonido como onda mecánica longitudinal tridimensional de otro tipo de ondas, esto ayuda a reforzar y profundizar en el conocimiento.” (UE12DJPRI11)

En la enseñanza de la velocidad del sonido y de las cualidades del sonido, el profesor Julio estructura sus clases a partir de una estrategia recurrente, la explicación didáctica inicial apoyada en recursos visuales y audiovisuales. Esta práctica se manifiesta tanto en sus descripciones metodológicas como en su justificación del uso de tecnologías, donde predomina una lógica de transmisión de conocimiento apoyada en la imagen para clarificar los conceptos. Como él afirma:

“Las imágenes dan una mejor representación de la idea que el simple discurso imaginario.” UE32DJPRI9

Esta idea refleja que para el docente las imágenes explican mejor que las palabras algunos contenidos complejos y abstractos pero no se acompaña de una reflexión sobre cómo estas representaciones son procesadas o resignificadas por los estudiantes. En ese sentido, la enseñanza se centra más en la transmisión de conceptos que en la activación de procesos cognitivos complejos.

Aunque se integran materiales audiovisuales, transcripción de textos, y cuadros comparativos como parte de la propuesta, estos recursos se insertan en secuencias que siguen siendo lineales. Por ejemplo:

“Consulta bibliográfica y transcripción de texto de un cuadro de velocidades del sonido.” UE30DJPRI8

“Cuadros comparativos de las cualidades del sonido que buscan diferenciar cada concepto...” UE55DJPRI11

Estas estrategias muestran una intención de diversificar los formatos, pero todavía se enmarcan en una práctica dirigida desde el docente, sin una problematización del contenido ni del proceso de aprendizaje.

En cuanto al rol del estudiante, se plantea una participación que se limita, en la mayoría de los casos, a la recepción y reproducción de información. Actividades como la resolución de

problemas o identificación de características en un video sugieren ejercicios de aplicación, pero no necesariamente de reconstrucción conceptual:

“Solución de problemas de aplicación relacionados con el eco.”
(UE33DJPRI10)

“Se busca un video en YouTube y se hace que los estudiantes identifiquen las diferentes cualidades de los sonidos.” (UE56DJPRI12)

Aquí la estrategia se enfoca más en la ejemplificación de conceptos ya explicados, que en el uso de estos ejemplos para provocar preguntas o reorganizar representaciones previas.

En cuanto a la enseñanza de la cuarta idea “fenómenos ondulatorios”, emergen algunos indicios de transformación hacia prácticas más participativas y significativas. Se observa una apertura a estrategias comparativas y colaborativas, como el uso de analogías, la exposición de videos creados por los estudiantes y el desarrollo de debates:

“Hacer analogía entre los fenómenos ondulatorios contruidos con base en las ondas generadas en el agua y los fenómenos ondulatorios que se relacionan con el sonido y las aplicaciones de los mismos” UE57DJPRI1

“Exposición de videos realizados por los estudiantes donde cada grupo explica un fenómeno ondulatorio, sus características y magnitudes que varían y otras que no.”
UE66DJPRI8

“Debate entre grupos de estudiantes para que hagan analogía de los fenómenos ondulatorios estudiados con agua a los fenómenos ondulatorios relacionados con el sonido.” UE70DJPRI10

Estas actividades, si bien aún no están plenamente articuladas a una secuencia intencionada, suponen un avance hacia formas de enseñanza donde el estudiante comienza a ser constructor de significados y no solo receptor de contenidos.

También se destaca el uso de simuladores como parte de los laboratorios guiados, lo que sugiere una búsqueda de representaciones más dinámicas del contenido, aunque todavía bajo una lógica de consolidación del conocimiento previamente explicado:

“Desarrollo de laboratorios guiados empleando simuladores Phet que nos ayuden a consolidar los conocimientos relacionados con los fenómenos ondulatorios.”

UE72DJPRI11

En conjunto, estos elementos permiten identificar que el conocimiento del profesor Julio sobre estrategias e instrucciones para la enseñanza de las ciencias se encuentra en un estado emergente donde combina prácticas tradicionales (dictado, transcripción, proyección de contenido) con algunas experiencias que apuntan hacia una enseñanza más exploratoria y significativa. Sin embargo, aún falta una articulación pedagógica más sólida entre la estrategia, el contenido y el rol del estudiante. La planificación aparece fragmentada, y las actividades no siempre se integran a procesos de construcción de conocimiento desde la indagación o el conflicto cognitivo.

¿Qué aspectos del conocimiento sobre las estrategias e instrucciones para la enseñanza de las Ciencias emergen en el profesor Julio durante el proceso formativo?

Durante el proceso formativo, el profesor Julio comienza a proyectar una transformación en su concepción y aplicación de estrategias de enseñanza, transitando desde prácticas más tradicionales hacia enfoques más estructurados, reflexivos y mediados por tecnologías. Uno de los elementos que más claramente emerge es la valoración de estrategias híbridas que articulan la experiencia física con representaciones digitales. Así lo expresa cuando comenta:

“Me parece que la propuesta de los autores articula bien la experiencia sensorial de los estudiantes y la representación digital. Usar una flauta para generar el sonido conecta con la idea de producción del sonido. Luego, representar ese sonido mediante una app como osciloscopio permite evidenciar cómo el sonido es una perturbación que se propaga, algo que para todos resulta abstracto, considero que es una estrategia híbrida, parte de lo cotidiano para ser representado mediante una herramienta tecnológica.” (CU2S6DJ01).

Esta cita da cuenta de una comprensión más integrada de la enseñanza, en la que lo concreto no queda aislado de lo conceptual, sino que es mediado tecnológicamente para favorecer su visualización y comprensión.

Otro aspecto relevante es la forma en que el docente reconoce y valora las concepciones previas de los estudiantes como punto de partida para la enseñanza del sonido. Se distancia de una lógica que ve al error como algo que debe corregirse directamente, y comienza a asumirlo como una oportunidad pedagógica:

“Yo considero que las ideas previas de los estudiantes son fundamentales en la construcción del conocimiento.” (CUS4DJ05)

“Las tomo como punto de partida para diseñar estrategias de enseñanza que permitan resignificar esos saberes.” (CUS4DJ06)

Estas afirmaciones revelan una orientación que privilegia el sentido que los estudiantes otorgan a los fenómenos y el diseño de experiencias que favorezcan la resignificación conceptual.

En línea con lo anterior, el profesor manifiesta la necesidad de reorganizar sus secuencias didácticas, con un orden más claro que parta de las ideas previas, avance hacia una confrontación conceptual, y finalice con una reconstrucción activa:

“Esto también me hace repensar mi práctica. A lo largo de nuestras sesiones, he hablado de estrategias que suelo usar: analogías, simuladores PHET, debates, dictados... pero creo que necesito reforzar algunos aspectos. Por ejemplo, planificar mejor las secuencias, que tengan un orden más claro: primero una etapa de exploración de ideas previas, luego una confrontación conceptual, y finalmente una reconstrucción activa. A veces uno salta directo a la explicación o al PowerPoint, pero si no trabajamos primero sobre las representaciones mentales, esas concepciones persisten”. (PPES4DJ07).

Esta estructura no solo muestra una mayor intención pedagógica, sino también una toma de conciencia sobre los riesgos de una enseñanza que omite el trabajo con las ideas intuitivas de los estudiantes

El docente también revisa críticamente el uso de analogías, reconociendo su valor pero también sus límites si no se explicitan adecuadamente. Así lo plantea al referirse a la analogía entre las ondas en el agua y las ondas sonoras:

“También debo tener más cuidado con las analogías. Por ejemplo, la onda en el agua puede ser útil, pero si no se aclara bien, puede reforzar la idea de que la materia se mueve. Si no se explica con cuidado que lo que se propaga es la perturbación y no la sustancia, se puede generar más confusión.” (PPES4DJ08)

En términos de mediaciones tecnológicas, Julio continúa utilizando simuladores como PhET y laboratorios virtuales para suplir la carencia de recursos físicos en su contexto. No obstante, lo relevante aquí es la forma en que empieza a problematizar el uso de la tecnología, entendiendo que su función no es meramente acompañar, sino transformar el proceso de enseñanza:

“En ocasiones, he utilizado laboratorios virtuales para complementar los temas cuando no contamos con los materiales físicos.” (CUIS6DJ06)

“Muchas veces creemos que usar tecnología es mostrar una simulación o poner un video. Pero lo que me deja esta sesión es que representar el contenido con tecnología es una forma de pensar el contenido. El sonido puede verse como una onda solo si uno guía al estudiante a hacer ese paso. De nada sirve una app si no se conecta con la idea que quiero enseñar. Me llevo la idea de que la tecnología no debe reemplazar la experiencia, sino proyectarla y hacerla más visible.” (CU2S6DJ06)

Estas ideas permiten ver cómo el docente avanza hacia una visión más integradora del uso tecnológico, reconociendo que su eficacia no está en la herramienta en sí, sino en su integración con los propósitos pedagógicos y las representaciones del contenido.

Julio también desarrolla estrategias que promueven el pensamiento crítico, como cuando transforma errores comunes en oportunidades para el cuestionamiento conceptual:

“Adicionalmente, cuando detecto que un estudiante está pensando en el sonido como partículas que viajan, lo utilizo como una oportunidad para fomentar el pensamiento crítico. Les planteo preguntas como: Si el sonido fuese una corriente de partículas, ¿cómo explicamos que alguien detrás de una pared pueda oír el sonido de una conversación? Este tipo de reflexiones los lleva a reevaluar su concepción inicial...” (UE34DJPPe)

Aquí, la estrategia no se limita a la corrección directa, sino que invita a la reflexión mediante preguntas que desafían el sentido común.

Finalmente, el docente muestra conciencia de las limitaciones materiales de su contexto, pero no desde una postura de resignación, sino como punto de partida para imaginar alternativas creativas, como los experimentos mentales inspirados en la historia de la ciencia:

“Respecto al trabajo experimental, siento que ese es un gran problema. La falta de laboratorio me limita mucho. Pero estoy considerando hacer más uso de recursos digitales, y también volver a los experimentos mentales, como los que analizamos en la sesión sobre episodios históricos. Me pareció muy interesante pensar cómo Galileo usaba situaciones imaginadas para entender fenómenos...” (PPES4DJ09)

En síntesis, durante el proceso formativo, el profesor Julio amplía su repertorio de estrategias didácticas desde una perspectiva más crítica, situada y reflexiva. El conocimiento sobre las estrategias e instrucciones para la enseñanza de las Ciencias no se reduce a un conjunto de técnicas, sino que se articula con una comprensión más profunda del aprendizaje, las concepciones estudiantiles, los contextos institucionales y el papel mediador de la tecnología.

¿Qué aspectos del conocimiento sobre las estrategias e instrucciones para la enseñanza de las Ciencias emergen en el profesor Julio al final del proceso formativo?

Para analizar los aspectos del conocimiento sobre las estrategias e instrucciones para la enseñanza de las Ciencias que emergieron en el profesor Julio al final del proceso formativo se tuvieron en cuenta las respuestas a las preguntas 10 y 11 de la ReCo final recopiladas en la **Tabla 25**

Tabla 25. *Respuestas del profesor Julio a las preguntas 10 y 11 de la ReCo final*

IDEAS	¿Qué es el sonido y por qué necesita un medio para propagarse?	¿Cómo cambia la velocidad del sonido?	¿Cómo se relacionan las propiedades físicas del sonido con la forma en que lo escuchamos?	¿Qué fenómenos del sonido nos permiten entender que se trata de una onda?
10 ¿Cuáles procedimientos de enseñanza emplea?	Para abordar esta idea, empleo la exposición didáctica	Para abordar esta idea empleo la explicación didáctica	Uso la exposición didáctica al inicio para presentar las	En esta parte recurro a la exposición

(y las razones particulares de su uso con esa idea)	apoyada con videos y simulaciones, combinada con preguntas que guían la reflexión. Los estudiantes están acostumbrados a la explicación directa del docente, aprovecho ese punto de partida, pero no me quedo únicamente en la clase magistral, la presentación se articula con ejemplos cotidianos, analogías sencillas y actividades breves como dibujos o predicciones, que permiten que ellos expresen cómo creen que funciona el sonido. Por ejemplo, en la primera clase de la unidad, los estudiantes dibujan cómo creen que viaja el sonido desde una fuente hasta su oído. Esa producción inicial es clave para evidenciar concepciones en los estudiantes, luego de esta actividad, volvemos a la explicación, pero ahora con apoyo visual (videos, animaciones o esquemas), lo que permite que los estudiantes confronten sus ideas previas con el modelo físico que propone la ciencia.	complementada con la resolución de problemas contextualizados. En clase planteo situaciones donde el sonido se propaga en diferentes medios y condiciones, como aire frío y caliente, agua o materiales sólidos. Los estudiantes trabajan en binas o grupos pequeños para resolver ejercicios que integran estos escenarios, buscando no solo aplicar fórmulas, sino también razonar por qué la velocidad del sonido varía. Esta forma de trabajo promueve el intercambio de ideas y permite detectar confusiones. Elijo este procedimiento porque ayuda a construir el concepto desde la comparación entre medios, y porque el trabajo colaborativo favorece la argumentación y el aprendizaje entre pares. Además, al resolver problemas con base en situaciones reales, los estudiantes comprenden mejor el papel que juegan variables como densidad, elasticidad o temperatura en la velocidad del sonido. UE21DJPRF	cualidades del sonido (intensidad, tono y timbre) de manera clara. Luego recorro al uso de videos y sonidos seleccionados que contrastan esas cualidades, permitiendo que los estudiantes escuchen, comparen y asocien los conceptos a experiencias auditivas reales. Esta combinación ayuda a reducir la confusión entre los términos y facilita que los estudiantes construyan relaciones más precisas entre las propiedades físicas del sonido y la manera como lo percibimos. Además, estas actividades estimulan la participación y permiten vincular el conocimiento con su contexto cultural o musical. UE32DJPRF	didáctica para presentar los fenómenos que evidencian el carácter ondulatorio del sonido, como el eco, la interferencia y la reflexión. Además, promuevo el trabajo en equipo con actividades como el debate o la construcción de videos explicativos. Esto les permite a los estudiantes discutir, comparar ideas y utilizar el lenguaje para argumentar, lo que considero fundamental para afianzar el concepto de onda. Busco que los estudiantes puedan representar los fenómenos y explicar qué características ondulatorias los hacen posibles. UE43DJPRF
---	---	---	---	--

	El objetivo es aprovechar la familiaridad que tienen con la clase expositiva, pero transformarla en una experiencia más reflexiva y dialógica, donde lo que se dice se conecta con lo que el estudiante ya imagina, siente o ha experimentado. UE10DJPRF			
11. ¿Cuáles actividades de aprendizaje mediadas o no por las tecnologías digitales empleas con el fin de ayudar a los estudiantes a superar sus dificultades y concepciones alternativas sobre la idea bajo consideración? ¿Qué juicios pedagógicos apoyan el diseño de dichas actividades?	Actividades diagnósticas y de indagación para identificar concepciones previas en los estudiantes, por ejemplo, dibujar cómo creen que viaja el sonido desde una fuente emisora hasta sus oídos. Uso del simulador PhET “Introducción a las ondas”. Esta herramienta me permite mostrar de forma visual la diferencia entre una onda longitudinal (como el sonido) y una transversal, lo que es difícil de explicar solo con palabras. La animación muestra claramente que el sonido necesita un medio porque las partículas vibran en su lugar, y así se transmite la energía. Esto ayuda a que los estudiantes cuestionen sus ideas previas. Complemento estas	Utilizo talleres con problemas que presentan el sonido propagándose en distintos medios (aire, agua, sólidos) y a diferentes temperaturas. Estas actividades permiten comparar velocidades y discutir por qué cambia en cada caso. Para reforzar la visualización, proyecto videos donde se muestra cómo influye la densidad y la rigidez del medio en la propagación. Además uso una tabla con velocidades del sonido en diferentes materiales que los estudiantes consultan y analizan en grupos. Diseño estas actividades con base en dos criterios pedagógicos: primero que los estudiantes puedan	Diseño de actividades como el análisis comparativo de sonidos mediante videos de YouTube o grabaciones y apps, donde los estudiantes identifican diferencias de tono, intensidad y timbre. Complemento esto con cuadros comparativos y discusiones guiadas en clase, lo que permite clarificar conceptos que muchas veces confunden. Esta estrategia combina la percepción auditiva con la organización conceptual, y se apoya en la idea de que para superar las confusiones comunes es necesario vincular la experiencia sensorial con categorías físicas, dando sentido a lo que se escucha mediante una representación formal del fenómeno. UE33DJPRF	Utilizo simuladores como el de PhET y videos didácticos que muestran fenómenos como el eco, la interferencia o la reflexión del sonido, porque permiten representarlos cuando no se pueden experimentar directamente. También diseño actividades donde los estudiantes exponen las aplicaciones y usos de estos fenómenos. Estas actividades ayudan a vincular la experiencia cotidiana con el concepto científico, fortaleciendo su comprensión y fomentando el aprendizaje activo mediante

actividades con talleres cortos donde los estudiantes deben identificar en qué situaciones el sonido no se transmite (concepto de vacío) y relacionarlo con ejemplos cotidianos o de películas. El juicio pedagógico que guía estas decisiones es que los estudiantes aprenden mejor cuando hacen visible lo que piensan, lo contrastan con otras formas de representación y se les ofrece la posibilidad de reconstruir sus ideas desde sus propios procesos. UE11DJPRF	vincular la teoría con situaciones reales o cercanas y segundo, que identifiquen patrones y construyan generalizaciones a partir de la comparación entre contextos. El uso de recursos visuales apoya representar fenómenos invisibles como la propagación del sonido. UE22DJPRF	recursos accesibles y visuales. UE44DJPRF
---	--	---

Fuente: autor

Al finalizar el proceso formativo, el profesor Julio demuestra una evolución sustancial en su concepción y aplicación de estrategias para la enseñanza del sonido, integrando actividades más estructuradas, con intencionalidad pedagógica, que promueven la indagación, la representación y el debate.

En relación con la enseñanza de la idea "¿Qué es el sonido y por qué necesita un medio para propagarse?", el docente mantiene el recurso a la explicación didáctica, pero esta vez la articula con actividades de indagación inicial y representaciones visuales, configurando una experiencia más dialógica y significativa para los estudiantes. Tal como lo expresa:

“Empleo la exposición didáctica apoyada con videos y simulaciones, combinada con preguntas que guían la reflexión... la presentación se articula con ejemplos cotidianos, analogías sencillas y actividades breves como dibujos o predicciones, que permiten que ellos expresen cómo creen que funciona el sonido”. (UE10DJPRF)

Esta combinación responde a un juicio pedagógico orientado a visibilizar las ideas previas de los estudiantes y promover su confrontación con modelos científicos, como lo amplía en su explicación:

“Uso del simulador PhET ‘Introducción a las ondas’... La animación muestra claramente que el sonido necesita un medio porque las partículas vibran en su lugar, y así se transmite la energía. Esto ayuda a que los estudiantes cuestionen sus ideas previas”. (UE11DJPRF)

El recurso tecnológico ya no se limita a una función ilustrativa, sino que media un proceso de reconstrucción conceptual.

Para abordar la idea “¿Cómo cambia la velocidad del sonido?”, Julio incorpora la resolución de problemas contextualizados, combinando trabajo colaborativo, recursos visuales y análisis comparativo. Este tipo de estrategia instruccional fomenta la argumentación entre pares y la aplicación del conocimiento en situaciones concretas. Así lo explica:

“Planteo situaciones donde el sonido se propaga en diferentes medios y condiciones... buscan no solo aplicar fórmulas, sino también razonar por qué la velocidad del sonido varía... el trabajo colaborativo favorece la argumentación y el aprendizaje entre pares”. (UE21DJPRF)

Estas decisiones didácticas se apoyan en una visión más contextualizada del aprendizaje, donde los estudiantes no solo reciben explicaciones, sino que identifican patrones y generalizan a partir de la comparación de contextos:

“Diseño estas actividades con base en dos criterios pedagógicos: primero que los estudiantes puedan vincular la teoría con situaciones reales o cercanas y segundo, que identifiquen patrones y construyan generalizaciones a partir de la comparación entre contextos”. (UE22DJPRF)

Este enfoque evidencia una transición hacia prácticas más activas y conectadas con el pensamiento científico.

En la enseñanza de la idea “¿Cómo se relacionan las propiedades físicas del sonido

con la forma en que lo escuchamos?”, el profesor Julio diseña actividades perceptivas y de comparación, donde los estudiantes trabajan con grabaciones, videos y aplicaciones para discriminar características como tono, intensidad y timbre. Esto le permite vincular lo sensorial con lo conceptual, promoviendo una comprensión más articulada:

“Uso de videos y sonidos seleccionados que contrastan esas cualidades, permitiendo que los estudiantes escuchen, comparen y asocien los conceptos a experiencias auditivas reales... estas actividades estimulan la participación y permiten vincular el conocimiento con su contexto cultural o musical”.
(UE32DJPRF)

“Diseño actividades como el análisis comparativo de sonidos mediante videos de YouTube o grabaciones y apps, donde los estudiantes identifican diferencias de tono, intensidad y timbre... esta estrategia combina la percepción auditiva con la organización conceptual”. (UE33DJPRF)

El uso de cuadros comparativos y discusiones guiadas facilita la organización del conocimiento y contribuye a superar concepciones erróneas frecuentes, mostrando un refinamiento en sus estrategias de instrucción.

Finalmente, al abordar la idea “¿Qué fenómenos del sonido nos permiten entender que se trata de una onda?”, el docente combina la exposición conceptual con el trabajo colaborativo y el uso de recursos digitales que representan fenómenos como el eco, la interferencia y la reflexión. Esta decisión permite movilizar habilidades argumentativas, así como conectar lo cotidiano con lo científico:

“Promuevo el trabajo en equipo con actividades como el debate o la construcción de videos explicativos. Esto les permite a los estudiantes discutir, comparar ideas y utilizar el lenguaje para argumentar, lo que considero fundamental para afianzar el concepto de onda”. (UE43DJPRF)

“Utilizo simuladores como el de PhET y videos didácticos que muestran fenómenos como el eco, la interferencia o la reflexión del sonido, porque permiten representarlos cuando no se pueden experimentar directamente”.
(UE44DJPRF)

Estas prácticas, integradas en una secuencia didáctica clara, reflejan un avance hacia un enfoque más activo, argumentativo y tecnológicamente mediado, donde las estrategias no solo comunican información, sino que promueven procesos de pensamiento científico y reconstrucción conceptual.

En conjunto, al final del proceso formativo, el profesor Julio manifiesta un conocimiento instruccional más complejo, intencionado y adaptado a las necesidades del aprendizaje del sonido en ciencias. Las estrategias que selecciona revelan no solo una preocupación por la claridad conceptual, sino también una búsqueda por activar el pensamiento de sus estudiantes, representando así un avance significativo hacia un enfoque pedagógico más reflexivo, situado y mediado por tecnología.

Conclusiones

Esta investigación partió del reconocimiento de una problemática claramente evidenciada: la falta de integración del conocimiento tecnológico, pedagógico y de contenido (TPACK) en la enseñanza, aprendizaje y evaluación del sonido. Frente a este panorama, el propósito central de esta tesis fue realizar un proceso de formación docente que permitió la integración del conocimiento pedagógico, tecnológico y de contenido en relación a la enseñanza, aprendizaje y evaluación del sonido en profesores en ejercicio.

Respecto al primer objetivo específico, referido a la identificación de los elementos teóricos y metodológicos que permiten integrar el conocimiento pedagógico, tecnológico y de contenido (TPACK) en la enseñanza del sonido, considerando los antecedentes investigativos y las herramientas de análisis (ReCo, PaPeRs), se logró articular dentro del proceso de formación docente el marco TPACK con la orientación reflexiva y los niveles de reflexión propuestos por Van Manen (1977), dando lugar a una resignificación crítica del TPACK, ya no como superposición de saberes, sino como una construcción dinámica.

En el plano metodológico, la combinación de ReCo, PaPeRs y orientación reflexiva demostró ser efectiva para caracterizar y promover la integración del Conocimiento Tecnológico Pedagógico de Contenido del docente. Estos instrumentos, al ser implementados, permitieron que los participantes hicieran visibles sus conocimientos y tomaran conciencia de las decisiones que configuran su práctica.

Esta investigación destaca por la adaptación del modelo de cúpula del PCK al análisis del TPACK, lo que permitió observar que el conocimiento docente no se presenta como una suma de dimensiones aisladas, sino como una interacción situada, reflexiva y dinámica entre conocimientos base (CK, PK, TK), conocimientos aplicados y dimensiones contextuales. A partir de esta estructura, se definieron categorías a priori que orientaron el análisis del conocimiento profesional en la enseñanza del sonido: CCurr: Conocimiento del currículo de ciencias, TCK: Conocimiento tecnológico del contenido, TPK: Conocimiento tecnológico pedagógico, CEst: Conocimiento sobre la comprensión de los estudiantes, CEI: Conocimiento sobre estrategias e instrucciones para la enseñanza de las ciencias, CEv:

Conocimiento sobre la evaluación, y dos dimensiones transversales a las categorías: Orient: Orientaciones hacia la enseñanza de las ciencias, y CContex: Conocimiento contextual.

El análisis de las categorías mediante unidades de significado permitió construir metatextos que documentan cómo cada docente avanzó en la integración de estas categorías. Si bien los hallazgos de esta investigación aportan una comprensión profunda y contextualizada sobre la integración del conocimiento del docente desde el marco TPACK y la orientación reflexiva, es necesario reconocer una serie de limitaciones inherentes al diseño y desarrollo del estudio, las cuales abren a su vez líneas de exploración futuras.

En relación con el segundo objetivo específico, orientado al diseño e implementación de una propuesta de formación docente fundamentada en el marco del TPACK y desarrollada bajo un proceso de orientación reflexiva, se constató que la implementación de la propuesta formativa permitió transformaciones en el conocimiento de los docentes participantes.

Se desarrolló un proceso investigativo cualitativo mediante el estudio de caso de Stake (1999), que incluyó un proceso formativo estructurado en siete sesiones guiadas por la orientación reflexiva de Abell y Bryan (1997), apoyado en instrumentos como la Representación de Contenido (ReCo), los PaPeRs, los cuestionarios reflexivos, entrevistas y observaciones de clase. Estos instrumentos posibilitaron no sólo una identificación del conocimiento del docente desde la caracterización de concepciones, decisiones pedagógicas y usos tecnológicos de los profesores, sino también una oportunidad para la integración y desarrollo del conocimiento a través de la reflexión sistemática. La interpretación de los datos se realizó mediante el análisis textual discursivo de Moraes y Galiuzzi (2006), lo que permitió comprender de forma profunda cómo los docentes reconfiguran su conocimiento.

Respecto al tercer objetivo específico, centrado en analizar la integración del conocimiento tecnológico, pedagógico y de contenido de los profesores de Física en ejercicio acerca del sonido a través de la implementación de la propuesta fundamentada desde la orientación reflexiva, el análisis de los estudios de caso evidenció trayectorias diferenciadas pero convergentes hacia una mayor integración del conocimiento profesional.

Al inicio, se identificaron tensiones entre lo que los docentes sabían y lo que podían implementar en aula, derivadas de concepciones tradicionales o restricciones institucionales. A lo largo del proceso reflexivo emergieron nuevas formas de pensar el contenido, seleccionar tecnologías pertinentes e integrar la evaluación como parte del proceso de enseñanza-aprendizaje.

El análisis de las respuestas a las Representaciones de Contenido (ReCo), las producciones escritas (reconstrucción de los PaPeRs, cuestionarios), y los discursos emergentes en entrevistas y en cada una de las sesiones, evidenció un tránsito desde concepciones fragmentadas, normativas o técnico-instrumentales hacia formas de conocimiento más integradas, situadas y reflexivas. Esta evolución no fue homogénea ni lineal, sino profundamente marcada por sus historias formativas, creencias pedagógicas, áreas disciplinares de origen y condiciones contextuales.

El profesor Julio, licenciado en matemáticas con más de 35 años de experiencia en el aula, se destacó por partir de un conocimiento pedagógico del contenido (PCK) mejor trabajado a lo largo de su trayectoria docente, el cual se evidenció en su capacidad para analizar las dificultades de aprendizaje de sus estudiantes y proponer estrategias de acuerdo al contenido a enseñar. A lo largo del proceso formativo, Julio avanzó en la apropiación del componente tecnológico, integrado también con la comprensión del conocimiento de los estudiantes, el conocimiento curricular y el conocimiento de la evaluación, incorporando progresivamente herramientas que no solo representaban el contenido, sino que lo transformaban conceptualmente.

Por su parte, el profesor Genaro, ingeniero agrónomo de formación, con más de 15 años de experiencia en la enseñanza de las Ciencias Naturales, se caracteriza gracias a su formación posgradual por conocer distintas herramientas tecnológicas. Al comienzo del proceso formativo, estas eran utilizadas principalmente para la gestión de aula y estaban incipientemente relacionadas con el conocimiento del contenido. Sin embargo, a lo largo del proceso formativo, Genaro integró estas tecnologías de manera más efectiva, articuladas con el conocimiento pedagógico y el conocimiento disciplinar.

Un ejemplo particularmente significativo del desarrollo del conocimiento de los profesores fue la integración de una actividad en el diseño del curso que propusieron, inspirada en la propuesta de Cuevas et al. (2017), en la que se utiliza una app tipo osciloscopio no como una herramienta instrumental, sino como un medio para construir el conocimiento del sonido desde la experiencia fenomenológica. En esta actividad, los estudiantes generan sonidos con su propia voz y observan en tiempo real cómo estos se representan. Esta experiencia no busca simplemente representar el contenido, sino propiciar una comprensión desde lo sensorial y lo matemático, al permitir que los estudiantes vinculen la percepción del tono con el concepto de frecuencia y lo interpreten visual y cuantitativamente.

La tecnología no solo se presenta como un recurso aislado, sino como parte de una progresión curricular reflexionada: primero la exploración fenomenológica, luego su visualización en la pantalla mediante el osciloscopio, y finalmente la interpretación conceptual y matemática de lo observado. Esta integración evidencia cómo la orientación reflexiva, desde las dimensiones de reflexionar sobre las prácticas propias y las prácticas de otros, logra una articulación entre el conocimiento tecnológico pedagógico de contenido, que se traduce en una experiencia de aprendizaje en la que la tecnología no solo media, sino transforma el contenido.

Esta investigación aporta de manera significativa a la línea de formación docente, la enseñanza de la Física y la integración del conocimiento a través del marco TPACK, mediante cinco contribuciones principales: (1) una resignificación teórica del marco TPACK desde la orientación reflexiva, (2) el análisis del conocimiento docente a partir de los niveles de reflexión propuestos por Van Manen (1977), (3) la adaptación del modelo de cúpula para analizar la integración del conocimiento tecnológico pedagógico de contenido, (4) el diseño de un proceso de formación docente basado en la orientación reflexiva y en herramientas como la ReCo y los PaPeRs, y (5) una experiencia formativa contextualizada que promueve la integración del conocimiento del docente.

Dentro de la identificación de los elementos teóricos, esta investigación no se limita a adoptar el marco TPACK, sino que lo tensiona y enriquece al articularlo con la orientación reflexiva de Abell y Bryan (1997) y los niveles de reflexión de Van Manen (1977). Esto

permite comprender el TPACK no como una yuxtaposición de saberes, sino como una construcción dinámica y situada, atravesada por las creencias, el contexto y la intencionalidad. Se reconoce que la integración no se presenta de forma espontánea, sino como un tránsito complejo, con tensiones, retrocesos y avances que deben ser comprendidos en todas sus dimensiones.

Otro aporte importante es la incorporación de los niveles de reflexión (técnico, práctico y crítico), que permitió analizar cómo los docentes avanzan desde una selección mecánica de estrategias hacia una comprensión más profunda de los fundamentos de su enseñanza.

Dentro de las limitaciones, en primer lugar se destaca que el estudio se basó en dos estudios de caso con docentes específicos, lo que, si bien permitió una indagación densa y contextualizada, limita la posibilidad de generalizar los resultados a otros contextos educativos. No obstante, como plantea Stake (1999), el valor del estudio de caso radica precisamente en su particularidad y profundidad, en tanto permite comprender las complejidades del fenómeno en contextos reales. Esta limitación se convierte entonces en una invitación a adaptar esta propuesta en otros contextos, con docentes de distintas áreas, niveles educativos o trayectorias formativas, lo cual podría fortalecer la validez del modelo de formación propuesto.

En segundo lugar, no fue posible realizar observación directa de aula en uno de los casos (profesor Genaro), lo que implicó apoyarse exclusivamente en los discursos, producciones escritas y sesiones de formación para el análisis. Esta situación fue asumida desde una perspectiva interpretativa no como una carencia, sino como un dato relevante en sí mismo: la resistencia a ser observado revela concepciones, tensiones o posicionamientos profesionales que enriquecen la comprensión del conocimiento docente, incluyendo lo que se omite o se restringe.

En tercer lugar, se reconoce que la integración y transformación del conocimiento docente es un proceso continuo, que no culmina con el cierre de la propuesta formativa. Los cambios observados, aunque significativos, son el reflejo de un tránsito aún en curso, que requeriría un seguimiento para analizarlos en el tiempo, su impacto en las prácticas de aula y

en los aprendizajes de los estudiantes. Esta tesis deja así una línea abierta para estudios que acompañen procesos formativos más prolongados.

Otra limitación fue la carga de trabajo de los docentes participantes, quienes en algunos momentos enfrentaron dificultades para asistir a las sesiones, problemas de conectividad, además del traslado de la docente investigadora a otro lugar de trabajo y la dificultad en obtener permisos por parte de la Institución Educativa para realizar los encuentros de formación docente. Por ello, algunas sesiones se realizaron de forma virtual y otras de manera independiente para cada docente. Esto evidencia que los tiempos institucionales y las condiciones laborales son factores clave que deben considerarse en cualquier propuesta de formación docente y que la integración del TPACK exige no solo voluntad docente, sino estructuras de apoyo institucional que valoren el desarrollo profesional como un proceso necesario que influye directamente en el aprendizaje de los estudiantes.

Finalmente, se plantea como proyección ampliar el alcance del análisis a partir de otras herramientas o marcos complementarios, como la evaluación del impacto del TPACK en el aprendizaje de los estudiantes, o la exploración de cómo la reflexión puede enriquecer otras dimensiones del saber docente (como el conocimiento ético, emocional), contribuyendo a una comprensión más integral del conocimiento docente en diferentes contextos.

Referencias

- Abdul Latif Jameel Poverty Action Lab. (2019). education-technology-evidence-review. *Evidence Review*.
- Abell, B. y Anderson, M. (1997). Investigating preservice elementary science teacher reflective thinking using integrated media case-based instruction in elementary science teacher preparation. *Science Education*, 82(4), 491–509.
[https://doi.org/10.1002/\(sici\)1098-237x\(199807\)82:4<491::aid-sce5>3.0.co;2-6](https://doi.org/10.1002/(sici)1098-237x(199807)82:4<491::aid-sce5>3.0.co;2-6)
- Abell, S., Smith, D. y Magnusson, S. (1996). Building a pedagogical content knowledge base for elementary science teacher education. *Research in Science Teaching*.
- Abell, S., y Bryan, L. (1997). Reconceptualizing the Elementary Science Methods Course Using a Reflection Orientation. *Journal of Science Teacher education*, 8(3), 153-166.
<https://doi.org/10.1023/A>
- Acevedo, J. (2006). Modelos de relaciones entre ciencia y tecnología: un análisis social e histórico. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 3(2), 198–219. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2006.v3.i2.03
- Almeida, H. y García, E. (2022). Aportes de la Historia y la Filosofía en la enseñanza de las ciencias a partir de la actividad experimental asociada a la hidráulica. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de Las Ciencias*, 18(1), 134–148.
<https://doi.org/10.14483/23464712.19116>
- Angeli, C. (2013). Teaching Spreadsheets: A TPCK Perspective. *Improving computer science education*, 132–145). Routledge.
- Angeli, C., y Valanides, N. (2009). Epistemological and methodological issues for the conceptualization, development, and assessment of ICT-TPCK: Advances in technological pedagogical content knowledge (TPCK). *Computers and Education*, 52(1), 154–168. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.07.006>
- Angeli, C., y Valanides, N. (2005). Preservice elementary teachers as information and communication technology designers: An instructional systems design model based on an expanded view of pedagogical content knowledge. *Journal of Computer Assisted Learning*, 21(4), 292–302. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2005.00135.x>
- Angeli, C., y Valanides, N. (2015). Technological Pedagogical Content Knowledge (C. Angeli y N. Valanides, Eds.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-8080-9>
- Arévalo, L. (2019). *Actividades experimentales para el estudio de las cualidades del sonido y*

- el fenómeno de la refracción*. [Tesis de pregrado, Universidad pedagógica Nacional de Colombia]. Repositorio pedagógica Nacional.
- Atencia, M. J. (2003). Ortega y Gasset, Meditador de la Técnica. Argumentos de Razón *Técnica*, 6, 61–95.
- Bacon, F. (2010). *Sylva Sylvarum or a natural history in ten centuries*. Literary Licensing, LLC.
- Bell, R., Matkins, J. y Gansneder, B. (2011). Impacts of contextual and explicit instruction on preservice elementary teachers' understandings of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(4), 414–436. <https://doi.org/10.1002/tea.20402>
- Benson, S. y Ward, C. (2013). Teaching with technology: Using TPACK to understand teaching expertise in online higher education. *Journal of Educational Computing Research*, 48(2), 153–172. <https://doi.org/10.2190/EC.48.2.c>
- Benton, B. (2013). A universally designed for learning (UDL) infused technological pedagogical content knowledge (TPACK) practitioners' model essential for teacher preparation in the 21st century. *Journal of Educational Computing Research*, 48(2), 245–265. <https://doi.org/10.2190/EC.48.2.g>
- Bertram, A., y Loughran, J. (2012). Science Teachers' Views on CoRes and PaP-eRs as a Framework for Articulating and Developing Pedagogical Content Knowledge. *Research in Science Education*, 42(6), 1027–1047. <https://doi.org/10.1007/s11165-011-9227-4>
- Bogdan, R., y Biklen, S. (1994). *Investigação qualitativa em educação: uma introdução a teoria e aos métodos*. Porto Editora.
- Boido, G. (2007). El surgimiento de la acústica a fines del siglo XVI: Vincenzo Galilei y Giovanni Benedetti. *Epistemología e Historria de La Ciencia*, 13(35), 97–101.
- Bolaños, V. y García, E. (2023). ¿Cómo se construye el concepto de sonido desde los problemas que vivieron los científicos? aportes para la enseñanza de las ciencias. *Bio-Grafía*, (Extraordinario), 16 <https://revistas.upn.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/20516>
- Bunyamin. (2016). Teacher professionalism: a study on teacher's professional and pedagogic competence at vocational high schools in the northern coastal of Jakarta. *IJER.*, 2(1).
- Cabero, J. (2000). Usos de los medios audiovisuales y las nuevas tecnologías en los centros andaluces. *Kronos*, 467-502
- Caleon, I., y Ramanathan, S. (2008). From music to physics: The undervalued legacy of

- pythagoras. *Science and Education*, 17(4), 449–456. <https://doi.org/10.1007/s11191-007-9090-x>
- Caleon, I., y Subramaniam, R. (2007). From Pythagoras to Sauveur: tracing the history of ideas about the nature of sound. *Physics Education*, 42(2), 173–179.
- Calvo, C. (2006). *A vuelo de murciélago el sonido, nueva materialidad*, Colección sin condición 5.
- Candela, B. (2018). Identificación, explicitación y desarrollo del CTPC de la química en profesores en formación. *Avances en educación y humanidades*, 1(2), 23-40 <https://doi.org/10.21897/25394185.1111>
- Candela, B. F. (2017). Adaptación del instrumento metodológico de la representación del contenido (ReCo) al marco teórico del CTPC. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de Las Ciencias*, 12(2), 158. <https://doi.org/10.14483/23464712.11175>
- Candela Rodríguez, B. F. (2023). Elementos de la práctica reflexiva en la formación y desarrollo profesional de los docentes. *Tecné, Episteme Y Didaxis: TED*, (54), 339–354. <https://doi.org/10.17227/ted.num54-16421>
- Candela, B., y Viafara, R. (2014). Articulando la CoRe y los PaP-eR al programa educativo por orientación reflexiva: una propuesta de formación para el profesorado de química. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 1(35), 89–111. <https://doi.org/10.17227/01213814.35ted89.111>
- Castiblanco, O. y Vizcaino, D. (2008). El uso de las TICs en la enseñanza de la Física. *Ingenio Libre*, 32, 20-26.
- Castiblanco, O., Vizcaino, D., y Iachel, G. (2010). Proposta didática para o ensino do som. Simpósio Nacional de Ensino Ciência e Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná-UTFPR, (86), 1-15.
- Chang, Y., Jang, S. y Chen, Y. (2015). Assessing university students' perceptions of their Physics instructors' TPACK development in two contexts. *British Journal of Educational Technology*, 46(6), 1236–1250. <https://doi.org/10.1111/bjet.12192>
- Cheung, A. y Slavin, R. (2013). The effectiveness of educational technology applications for enhancing mathematics achievement in K-12 classrooms: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 9, 88–113. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2013.01.001>
- Cuban, L. (2001). *Oversold and underused: computers in the classroom*. Harvard university press.

- Cuevas, C., Villamizar, F., & Martínez, A. (2017). Actividades didácticas para el tono como cualidad del sonido, en cursos de física del nivel básico, mediadas por la tecnología digital. *Ensenanza de Las Ciencias*, 35(3), 129–150.
- Dare, E., Ellis, J. y Roehrig, G. (2018). Understanding science teachers' implementations of integrated STEM curricular units through a phenomenological multiple case study. *International Journal of STEM Education*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0101-z>
- Decreto 1278 de 2002. (19 de junio de 2002). Por el cual se expide el Estatuto de Profesionalización Docente.
- Dewey, J. (1933). *How we think* (revised ed.). Boston: D C Heath & Co.
- Dillenbourg, P. (2013). Design for classroom orchestration. *Computers and Education*, 69, 485–492. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.04.013>
- Duit, R. (2006). La investigación sobre enseñanza de las ciencias. un requisito imprescindible para mejorar la práctica educativa. *Revista mexicana de investigación educativa*, 11(30), 741–770. <http://redalyc.uaemex.mx>
- Edelson, D. C. (2001). Learning-for-Use: A framework for the design of technology-supported inquiry activities. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(3), 355–385. [https://doi.org/10.1002/1098-2736\(200103\)38:3<355::AID-TEA1010>3.0.CO;2-M](https://doi.org/10.1002/1098-2736(200103)38:3<355::AID-TEA1010>3.0.CO;2-M)
- Elizondo, S. (2013). Dificultades en el proceso enseñanza aprendizaje de la Física. *Presencia universitaria*, 3(5), 70–77.
- Eshach, H. (2014). Development of a student-centered instrument to assess middle school students conceptual understanding of sound. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 10(1). <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.10.010102>
- Eshach, H., Lin, T. y Tsai, C. (2016). Taiwanese middle school students' materialistic concepts of sound. *Physical Review Physics Education Research*, 12(1). <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.12.010119>
- Fariyani, Q., Mubarok, F. K., Masfu, S. y Syukur, F. (2020). Pedagogical Content Knowledge of Pre-service Physics Teachers. *Journal ilmiah Pendidikan fisika Al-Biruni*, 9(1), 99–107. <https://doi.org/10.24042/jipfalbiruni.v9i1.3409>
- Fernández, C. (2015). Revisitando a base de conhecimentos eo conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) de professores de ciências. *Ensaio Pesquisa em Educação em*

- Ciências (Belo Horizonte)*, 17(2), 500-528.
- Fonseca, Y. y Castiblanco, O. (2020). Desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo a partir de la enseñanza del sonido, *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (47) 111–126.
- Frailon, J., Ainley, J., Schulz, W., Friedman, T., y Duckworth, D. (2018). *Preparing for life in a digital world*. International Computer and Information Literacy Study.
- Galilei, G. (1638). Dialogues Concerning Two New Sciences. *The American Mathematical Monthly*, 21(10). <https://doi.org/10.2307/2973363>
- García, C. M. (1992). Cómo conocen los profesores la materia que enseñan. Algunas contribuciones de la investigación sobre conocimiento didáctico del contenido.
- García, D., Domínguez, A., y Stipcich, S. (2014). El modelo TPACK como encuadre para enseñar electrostática con simulaciones. *J. Phys. Educ.*, 8(1).
- García, E. (2018). *La experimentación en electrostática en la física de campos*. Editorial Universidad del Valle.
- García, E. G. (2009). *Historia de las ciencias en textos para la enseñanza neumática e hidrostática* (21st ed.). Editorial Universidad del Valle.
<https://doi.org/10.25100/peu.85>
- García, E. G. (2011). Retórica y Enseñanza de la Física. Conferencia Dictada En El V Congreso Nacional de Enseñanza de La Física, Bogota, Mayo de 2011. Enviado Para Su Publicación a Journal of Research in Science Teaching En Mayo de 2011.
- García, E. y Estany, A. (2010). Filosofía de las prácticas experimentales y enseñanza de las ciencias. *Praxis Filosófica*, 31, 7–24.
- Gess-Newsome, J., & Carlson, J. (2013). The PCK summit consensus model and definition of pedagogical content knowledge. In Reports from the Pedagogical Content Knowledge (PCK) Summit, ESERA Conference.
- Gil, D. (1993). Aportaciones de la didáctica de las ciencias a la formación del profesorado, en Montero, L. y Vez, J.M (eds.). *Las didácticas específicas en la formación del profesorado I*, pp. 277-293. Santiago de Compostela: Torculo
- Godoy, O. (2019). El modelo TPACK para enseñar, aprender y evaluar el concepto de movimiento. *Praxis, Educación y Pedagogía*, 106–135.
<https://doi.org/10.25100/praxis>
- Godoy, O. (2020). *Una propuesta curricular para el concepto de movimiento que integra la pedagogía, el contenido y la tecnología*. [Tesis de doctorado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas], Repository Udistrital.

- González, J. (1991). *Enseñando inglés en bachillerato: profesores expertos y noveles*. Grupo Investigación Didáctica, Universidad de Sevilla.
- Graham, C. (2011). Computers y Education Theoretical considerations for understanding technological pedagogical content knowledge (TPACK). *Computers y Education*, 57(3), 1953–1960. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.04.010>
- Gudmundsdottir, S. (1990). Nancy: pedagogical content knowledge of an expert teacher. Annual Meeting of the American Educational Research Association, Boston.
- Gutierrez, J. (2000). Fundamentos pedagógicos y didácticos. En Palacios, F. (Ed.), *Didáctica de las ciencias experimentales: teoría y práctica*, (pp. 109–139). Editorial Marfil.
- Habermas, J. (1973). *Knowledge and human interests*. London: Heinemann.
- Hadenfeldt, J., Liu, X. y Neumann, K. (2014). Framing students' progression in understanding matter: a review of previous research. *Studies in Science Education*, 50(2), 181–208. <https://doi.org/10.1080/03057267.2014.945829>
- Häkkinen, P., Järvelä, S., Mäkitalo-Siegl, K., Ahonen, A., Näykki, P., y Valtonen, T. (2017). Preparing Teacher-Students for Twenty-First-Century Learning Practices (PREP 21): A. *Theory and practice*, 23(1), 25-41.
- Häkkinen, P., Järvelä, S., Mäkitalo-Siegl, K., Ahonen, A., Näykki, P. y Valtonen, T. (2017). Preparing Teacher-Students for Twenty-First-Century Learning Practices (PREP 21): A Framework for Enhancing Collaborative Problem-Solving and Strategic Learning Skills. *Teachers and Teaching: Theory and Practice*, 23(1), 25–41.
- Haley, S. y Bishop, J. (2015). Exploring TPACK model practices: Designing, facilitating, and evaluating effectiveness of technology experiences among pre-service teachers. En Angeli, C. y Valanides, N. (eds) *Technological Pedagogical Content Knowledge: Exploring, Developing, and Assessing TPACK* (pp. 253–268). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-8080-9_13
- Harris, J. y Hofer, M. (2011). Technological Pedagogical Content Knowledge in Action: A Descriptive Study of Secondary Teachers' Curriculum-Based. *Technology-Related Instructional Planning JRTE*, 43(3), 211-229.
- Harris, J., Mishra, P. y Koehler, M. (2009). Teachers' technological pedagogical content knowledge and learning activity types: Curriculum-based technology integration reframed. *Journal of Research on Technology in Education*, 41(3). <https://scholarworks.wm.edu/educationpubs>
- Heisenberg, W. (1955). *La imagen de la naturaleza en la física actual*. Biblioteca de

divulgación científica.

- Hernández, M. (2021). Qué y cómo enseñar sobre vibraciones y ondas mecánicas. *Alambique Didáctica de Las Ciencias Experimentales*, 9–15.
- Hernández, M., Couso, D. y Pintó, R. (2012). The Analysis of Students' Conceptions as a Support for Designing a Teaching/Learning Sequence on the Acoustic Properties of Materials. *Journal of Science Education and Technology*, 21(6), 702–712.
<https://doi.org/10.1007/s10956-011-9358-4>
- Hodges, A., Moore, S., Lockee, B., Trust, T., y Bond, A. (2020). *The Difference Between Emergency Remote Teaching and Online Learning*. Educause Rewiew.
- Howey, K. y Grossman, P. (1989). A Study in Contrast: Sources of Pedagogical Content Knowledge for Secondary English. *Journal of Teacher Education*, 40(5), 24–31.
<https://doi.org/10.1177/002248718904000504>
- Hrepic, Z., Zollman, D., y Rebello, N. (2010). Identifying students' mental models of sound propagation: The role of conceptual blending in understanding conceptual change. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 6(2).
<https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.6.020114>
- Hume, A., y Berry, A. (2013). Enhancing the Practicum Experience for Pre-service Chemistry Teachers Through Collaborative CoRe Design with Mentor Teachers. *Research in Science Education*, 43(5), 2107–2136. <https://doi.org/10.1007/s11165-012-9346-6>
- Ilmi, A. M., Sukarmin, S., y Sunarno, W. (2020). Development of TPACK based-physics learning media using macro VBA to enhance critical thinking skills. *Journal of Physics: Conference Series*, 1521(2). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1521/2/022052>
- Ioannou, I., y Angeli, C. (2013). Teaching computer science in secondary education: A technological pedagogical content knowledge perspective. *ACM International Conference Proceeding Series*, 1–7. <https://doi.org/10.1145/2532748.2532755>
- Iswadi, M., Soewarno, H., y Nurina, C. (2020). A systematic literature review of science teachers' TPACK related to stem in developing a TPACK-stem scale. *Journal of Physics: Conference Series*, 1460(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1460/1/012105>
- Izquierdo, M. (2017). Estructuras retóricas en los libros de ciencias. *Tarbiya: Revista de Investigacion e Innovación Educativa.*, 42(2), 11–34.

- Jang, S. y Chen, K. (2010). From PCK to TPACK: Developing a Transformative Model for Pre-Service Science Teachers. *Journal of Science Education and Technology*, 19(6), 553–564. <https://doi.org/10.1007/s10956-010-9222-y>
- Jaramillo, A. (2007). *Acústica: la ciencia del sonido*. Fondo Editorial ITM, 1 ed.
- Jiménez, M. y Sanmarti, N. (1995). The development of a new science curriculum for secondary school in Spain: Opportunities for change. *International Journal of Science Education*, 17(4), 425–439. <https://doi.org/10.1080/0950069950170403>
- Jimoyiannis, A. (2010). Designing and implementing an integrated technological pedagogical science knowledge framework for science teachers professional development. *Computers and Education*, 55(3), 1259–1269. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.05.022>
- Karam, T. (2007). Lenguaje y Comunicación en Wittgenstein. *Razón y Palabra*, 12(57).
- Kirschner, P. A. (2015). Do we need teachers as designers of technology enhanced learning? *Instructional Science*, 43(2), 309–322. <https://doi.org/10.1007/s11251-015-9346-9>
- Kirschner, P. y Vvan Merriënboer, J. (2013). Do Learners Really Know Best? Urban Legends in Education. *Educational Psychologist*, 48(3), 169–183. <https://doi.org/10.1080/00461520.2013.804395>
- Koehler, M. J., y Mishra, P. (2009). What Is Technological Pedagogical Content Knowledge? Contemporary Issues. *Technology and Teacher Education*, 9, 60–70. <https://www.researchgate.net/publication/241616400>
- Koehler, M., y Mishra, P. (2008). Introducing TPCK. *Handbook of Technological Pedagogical Content Knowledge (TPCK) for Educators* (pp. 3–30). Routledge.
- Koehler, M., Mishra, P., Kereluik, K., Shin, T. S., y Graham, C. R. (2014). The technological pedagogical content knowledge framework. En *Handbook of Research on Educational Communications and Technology: Fourth Edition* (pp. 101–111). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_9
- Koehler, M., y Mishra, P. (2006). Teachers Learning Technology by Design. *Journal of Computing in Teacher Education*, 21, 94–102.
- Kramarski, y Michalsky, T. (2015). Effect of a tpck-srl model on teachers' pedagogical beliefs, self-efficacy, and technology-based lesson design. *Learning and Instruction* 89–112. Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-8080-9_5
- Lanier, J., y Little, J. (1986). Research on teacher education. En Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching* (3rd Ed.). pp. 527-569. New York: MacMillan Publishing.

- Lawless, K. y Pellegrino, J. (2007). Professional development in integrating technology into teaching and learning: knowns, unknowns, and ways to pursue better questions and answers. *Review of Educational Research*, 77(4), 575–614.
<https://doi.org/10.3102/0034654307309921>
- Layton, D. (1988). Revaluating the T in STS. *International Journal of Science Education*, 10(4), 367–378. <https://doi.org/10.1080/0950069880100404>
- Lederman, Abd-El-Khalick, F., Bell, R. y Schwartz, R. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497–521.
<https://doi.org/10.1002/tea.10034>
- Lederman, N. (2013). Nature of Science: Past, Present, and Future. In *Handbook of Research on Science Education* (pp. 831–879).
- Lei, J. (2009). Digital Natives As Preservice Teachers: What Technology Preparation Is Needed? *Journal of Computing in Teacher Education*, 25(3), 87-97.
- Lemke. (1997). Aprender a hablar ciencia: Lenguaje, aprendizaje y valores.
- Li, Y., y Ranieri, M. (2010). Are “digital natives” really digitally competent?-A study on Chinese teenagers. *British Journal of Educational Technology*, 41(6), 1029–1042.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.01053.x>
- Linder, C. (1977). Higher Diploma in Education [Tesis de doctorado, University of British Columbia]. Open library
- Linder, C. J. (1992). Understanding sound: So what is the problem? *Physics Education*, 27(5), 258–264. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/27/5/004>
- LLinares, S., Sánchez, V., y García, B. (1994). Conocimiento de contenido pedagógico del profesor. Tareas y modos de representación para las fracciones. *Revista de Educación*, 304, 199-225.
- López, A., Flores, F., y Gallegos, L. (2000). La formación de docentes en física para el bachillerato. Reporte y reflexión sobre un caso. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 5(9), 113–135. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14000904> Abdul Latif Jameel Poverty Action Lab. (2019).
- Lortie, D. C. (1975). *Schoolteacher: A sociological study*. University of Chicago Press.
- Loughran, J., Milroy, P., Berry, A., Gunstone, R., y Mulhall, P. (2001). Documenting Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge Through PaP-eRs. *Research in Science Education*, 31.

- 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>
- Maderick, J. Zhang, S., Hartley, K., y Marchand, G. (2016). Preservice Teachers and Self-Assessing Digital Competence. *Journal of Educational computing*, 0(0), 1-26.
<https://doi.org/10.1177/0735633115620432>
- Magnusson, S., Krajcik, J., y Borko, H. (1999). Nature, Sources, and Development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. *Examining Pedagogical Content Knowledge*, 95–132. https://doi.org/10.1007/0-306-47217-1_4
- Malagón, F. (2002). Teoría y experimento, una relación dinámica: Implicaciones en la enseñanza de la física. *Revista Física y Cultura*, 8, 95–104.
- Maneira, S., y Gomes, M. (2016). Professores e TPACK: uma revisão sistemática da literatura. Atas do VII Congresso Mundial de Estilos de Aprendizagem. 1345-1360.
<http://hdl.handle.net/10198/12934>
- Margerum, J., y Marx, R. W. (2002). Teacher knowledge of educational technology: a case study of student/mentor teacher pairs*. *Educational computing research* 26(4).
- Martín, L. (2018). Filosofía de la técnica y de la tecnología. Pentalfa Ediciones.
- Matthews, M. (1994). La enseñanza de la ciencia: Un enfoque desde la historia y la filosofía de la ciencia. *Perfiles educativos*, 39(158), 226-230.
- Melo, L., Cañada, F. y Sánchez, R. (2015). Del evento sonoro al fenómeno físico: Un estudio sobre las ideas que los estudiantes mantienen sobre el sonido. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de Las Ciencias*, 10(1), 102-115.
<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.gdla.2015.1.a06>
- Merino, J. M. (1998). Some difficulties in teaching the properties of sounds. *Physics Education*, 33(2), 101–104. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/33/2/014>
- Miles, M., y Huberman, A. (1994). *Qualitative Data Analysis, second edition*. Sage Publications. [https://books.google.com.co/books?hl=en&lr=&id=U4IU_-wJ5QEC&oi=fnd&pg=PR12&dq=Miles,+M.,+%26+Huberman,+A.+M.+\(1994\).+Qualitative+Data+Analysis+\(Vol.+2\).&ots=kGTI1MQYXS&sig=2E1u6GIJ3090QIsbijhJCxgnMbY#v=onepage&q=Miles%2C%20M.%2C%20%26%20Huberman%2C%20A.%20M.%20\(1994\).%20Qualitative%20Data%20Analysis%20\(Vol.%202\).&f=false](https://books.google.com.co/books?hl=en&lr=&id=U4IU_-wJ5QEC&oi=fnd&pg=PR12&dq=Miles,+M.,+%26+Huberman,+A.+M.+(1994).+Qualitative+Data+Analysis+(Vol.+2).&ots=kGTI1MQYXS&sig=2E1u6GIJ3090QIsbijhJCxgnMbY#v=onepage&q=Miles%2C%20M.%2C%20%26%20Huberman%2C%20A.%20M.%20(1994).%20Qualitative%20Data%20Analysis%20(Vol.%202).&f=false)
- Ministerio de Educación Nacional de Colombia. (2004). Estándares básicos de competencias

- en Ciencias Naturales y Sociales. Guía No. 7, 7(Serie Guías), 48.
http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-81033_archivo_pdf
- Ministerio de Educación Nacional. (2016). Derechos Básicos de Aprendizaje - Ciencias Naturales.
- Mishra, P. y Warr, M. (2021). Computers in Human Behavior Contextualizing TPACK within systems and cultures of practice. *Computers in Human Behavior*, 117. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106673>
- Mishra, P., y Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054. http://one2oneheights.pbworks.com/f/MISHRA_PUNYA.pdf
- Montano, W. (2019). El paradigma del comienzo de la acústica como disciplina independiente en 1700. Apuntes para la discusión. *Revista ECOS*, 7–16.
- Moraes, R. (2003). Uma Tempestade de Luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. *Ciência & Educação*, São Paulo, v.9, n.2, p. 191 – 211.
- Moraes, R., y Galiuzzi, M. (2006). Análise textual discursiva. *Ciencia y educacao*, 2(1), 117-128.
- Moraes, R., y Galiuzzi, M.C (2011). Análise Textual Discursiva. Ijuí: Ed. Unijuí,
- Moral, C. (1990). *Análisis de la estructura de conocimiento de profesores expertos y principiantes en la enseñanza de la lectura*. [Tesis Doctoral, Universidad de Granada]
- Mouza, C., Karchmer, R. (2013). Promoting and Assessing pre-service teachers’ technological pedagogical content knowledge (TPACK) in the context of case development. *Journal of Educational Computing Research*, 48(2), 127–152. <https://doi.org/10.2190/EC.48.2.b>
- Newton, I. (1713). Principios matemáticos de la filosofía natural (Principia).
- NGSS Lead States. (2013). Next generation science standards : for states, by states. *The National Academies Press*.
- Niess, M. L. (2005). Preparing teachers to teach science and mathematics with technology: Developing a technology pedagogical content knowledge. *Teaching and Teacher Education*, 21(5), 509–523. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2005.03.006>
- Nilsson, P. (2024). From PCK to TPACK - Supporting student teachers’ reflections and use of digital technologies in science teaching. *Research in Science and Technological Education*, 42(3), 553–577. <https://doi.org/10.1080/02635143.2022.2131759>
- Nugraheni, A. (2015). Controversy a Policy Change in the Curriculum in Indonesia in Terms

- of the Point of View of Indonesian Language Subject. *Journal of Education and Practice*, 6(2). www.iiste.org
- Ortega y Gasset, J. (1982). *Meditación de la técnica y otros ensayos sobre ciencia y filosofía*. Alianza.
- Pajares, M. (1992). Teachers' Beliefs and Educational Research: Cleaning Up a Messy Construct. *American educational research Association*, 62(3), 307-332
- Palacios, P. (1997). Escuchando el sonido: concepciones sobre acústica en alumnos de distintos niveles educativos. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 15(2), 233-247.
- Palacios, P. (1997). Escuchando el sonido: concepciones sobre acústica en alumnos de distintos niveles educativos. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 15(2), 233-247–247.
- Pedersen, D. (2003). National policies and practices on ICT in education. *Cross-National Information and Communication Technology Policies and Practices in Education*. 1–179.
- Perafán, G. A. (2005). La epistemología del profesor sobre su propio conocimiento profesional. *Enseñanza de las ciencias*, (5), 1-17.
- Pierson, M. E. (2001). Technology integration practice as a function of pedagogical expertise. *Journal of Research on Computing in Education*, 33(4), 413–430.
<https://doi.org/10.1080/08886504.2001.10782325>
- Podolefsky, N. y Finkelstein, N. (2007). Analogical scaffolding and the learning of abstract ideas in physics: Empirical studies. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 3(2). <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.3.020104>
- Porlán, R., Rivero, A., y Del pozo, M. (1998). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores , II : *Enseñanza de Las Ciencias*, 16, 271–288.
- Porras, L. H., y Salinas, B. (2013). Strengthening TPACK: A broader notion of context and the use of teacher's narratives to reveal knowledge construction. *Journal of Educational Computing Research*, 48(2), 223–244. <https://doi.org/10.2190/EC.48.2.f>
- Putra, F., Nur Kholifah, I., Subali, B. y Rusilowati, A. (2018). 5E-Learning Cycle Strategy: Increasing Conceptual Understanding and Learning Motivation. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 7(2), 171–181.
<https://doi.org/10.24042/jipfalbiruni.v7i2.2898>
- Quintanilla, M. Á. (2017). *Tecnología: un enfoque filosófico y otros ensayos de filosofía de la*

tecnología. Fondo de cultura economica

- Rahmadhani, Y., Rahmat, A., y Purwianingsih, W. (2016). Pedagogical Content Knowledge (PCK) Guru dalam Pembelajaran Biologi SMA di Kota. *Cimahi. Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Pendidikan Sains*. <http://fsm.uksw.edu/ojs>
- Rahman, S., Chacko, S. y Kapila, V. (2017). Building trust in robots in robotics-focused STEM education under TPACK framework in middle schools. ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings. <https://doi.org/10.18260/1-2--27990>
- Rahman, S., Krishnan, V. y Kapila, V. (2017). Exploring the dynamic nature of TPACK framework in teaching STEM using robotics in middle school classrooms. ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings. <https://doi.org/10.18260/1-2--28336>
- Reyes, J., y Romero, G. (2011). Conocimiento didáctico del contenido del profesor de física experimentado en la enseñanza del movimiento ondulatorio. *Revista EDUCyT*, 4, 3-15
- Rico, A., Ruíz, A., Azula, O. y Guisasola, J. (2021). Dificultades de aprendizaje del modelo de sonido: una revisión de la literatura. *Enseñanza de Las Ciencias*, 39(2), 5–23.
- Rodríguez, G., Gil Flores, J., y García Jiménez, E. (1996). Metodología de la Investigación Cualitativa. Ediciones Aljibe.
- Rojas, D., y Castaño, J. (2016). *Saberes, ser hacer. Física 11*. Editorial Santillana.
- Romero, Á. y Aguilar, Y. (2013). *La experimentación y el desarrollo del pensamiento físico: Un análisis histórico y epistemológico con fines didácticos (21st ed.)*. Editorial Universidad de Antioquia.
- Rossing, T. (Ed.). (2013). *Handbook of Acoustics*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-0755-7>
- Ruíz, E., Duarte, J., y Fernández, F. (2018). Validación de un material didáctico computarizado para la enseñanza de Oscilaciones y Ondas a partir del estilo de aprendizaje de los estudiantes. *Espacios*, 39, 38–52.
- Sabino, M. J. (2020). *La formación del profesorado universitario de Cádiz, Córdoba, Huelva y Sevilla sobre las T.I.C. Análisis desde el modelo TPACK*. UMAeditorial. www.uma.es/servicio-publicaciones-y-divulgacion-cientifica
- Sánchez, G. y Valcárcel, M. (2000). ¿Qué tienen en cuenta los profesores cuando seleccionan el contenido de enseñanza? cambios y dificultades tras un programa de formación.

- Enseñanza de las ciencias*, 18(3), 423–437.
- Saubern, R., Henderson, M., y Heinrich, E. (2020). Editorial TPACK – time to reboot? *Australasian. Journal of Educational Technology*, 36(3), 1–9.
- Scherer, R., Tondeur, J., Siddiq, F., y Baran, E. (2018). The importance of attitudes toward technology for pre-service teachers’ technological, pedagogical, and content knowledge: Comparing structural equation modeling approaches. *Computers in Human Behavior*, 80, 67–80. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.11.003>
- Schmidt, D., Baran, E., Thompson, A., Mishra, P., Koehler, M. y Shin, T. (2009). Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK): The Development and Validation of an Assessment Instrument for Preservice Teachers. *Journal of Research on Technology in Education*, 42(2), 123-149. www.iste.org.
- Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. New York: Basic Book
- Seufert, S., Guggemos, J., y Sailer, M. (2021). Technology-related knowledge, skills, and attitudes of pre- and in-service teachers: *The current situation and emerging trends*. *Computers in Human Behavior*, 115. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106552>
- Shulman, L. (1987). Conocimiento Y Enseñanza. *Estudios Públicos*, 83.
- Shulman, L. (2015). PCK: Its genesis and exodus. En Berry, A. Friedrichsen, P y Loughrhan, J (Eds.), *Re-examinig Pedagogical Content Knowledge in Science Education*. Routledge.
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14.
- Sozen, M., y Bolat, M. (2016). Developing an Achievement Test for the Subject of Sound in Science Education. *Journal of Education and Learning*, 5(2), 149. <https://doi.org/10.5539/jel.v5n2p149>
- Srisawasdi, N. (2012). The Role of TPACK in Physics Classroom: Case Studies of Preservice Physics Teachers. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 46, 3235–3243. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.043>
- Stake, R. E. (1999). Investigación con estudio de casos. Morata (2 ed).
- Stein, M., Baxter, J. y Leinhardt, G. (1990). Subject-Matter Knowledge and Elementary Instruction: A Case from Functions and Graphics. *American Educational Research Journal*, 27(4), 639-663.
- Stolik, D. (2005). El aporte de los físicos al desarrollo de la música. *Revista Cubana De*

- Física*, 22(2), 164–172.
- Sutton, C., y Caamaño, A. (1997). Ideas sobre la ciencia e ideas sobre el lenguaje. *Revista Alambique*, 12, 1–9.
- Tamim, R., Bernard, R., Borokhovski, E., Abrami, P. y Schmid, R. (2011). What forty years of research says about the impact of technology on learning: A second-order meta-analysis and validation study. *Review of Educational Research*, 81(1), 4–28.
- Terpstra, M. (2015). Tpacktivity: An activity-theory lens for examining tpack development. En Angeli y Valiandes. (ed.), *Technological Pedagogical Content Knowledge*: (pp.63–88). Springer https://doi.org/10.1007/978-1-4899-8080-9_4
- Vallejo, C., Araque, F. y Uribe, A. (2017). Actividades didácticas para el tono como cualidad del sonido, en cursos de física del nivel básico, mediadas por la tecnología digital. *Enseñanza de Las Ciencias*, 35(3), 129–150.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2091>
- Van Deursen, A. (2010). *Internet skills : vital assets in an information society*. [Tesis de PhD - University of twente]. <https://doi.org/10.3990/1.9789036530866>
- Van Dijk, T. A. (1997). What is Political Discourse Analysis? *Belgian Journal of Linguistics*, 11(1), 11–52.
- Van Manen, M. (1977). Linking ways of knowing with ways of being practical. *Curriculum inquiry*, 6(3), 205-228.
- Vera, A. (2012). *Explorando Las Ondas: Una Propuesta Didáctica Para La Enseñanza - Aprendizaje De Algunos Conceptos Básicos Del Movimiento Ondulatorio*. Repositorio UNAL.
- Viennot, L. (2002). *Razonar en física, la contribución del sentido común*. Madrid: A. Machado libros, S.A.
- Villa, L. (2022). O conhecimento tecnológico pedagógico de conteúdo (TPACK) na prática docente em ciências naturais: a projeção do TPACK dos formadores nas intenções de ensino dos professores em formação na. UFPA-Belém.
- Westfall, R. (1980), *Never at Rest: A Biography of Isaac Newton*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Widowati, A. (2019). The Innovative Framework for Developing Science Teacher Education: NOS Within TPACK. *Journal of Physics: Conference Series*, 1233(1).
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1233/1/012091>
- Yeh, Y., Hsu, Y., Wu, H., Hwang, F. y Lin, T. (2014). Developing and validating

technological pedagogical content knowledge-practical (TPACK-practical) through the Delphi survey technique. *British Journal of Educational Technology*, 45(4), 707–722. <https://doi.org/10.1111/bjet.12078>

Zambrano, A. C. (2009). Historia y epistemología de los conceptos básicos de la termodinámica: calor, temperatura y trabajo.

Zambrano, A. C., Salazar, T., Candela, B. y Villa, L. (2013). las líneas de investigación en educación en ciencias en Colombia”. *Revista EDUCyT*, 7.

Zeichner, K. M., y Liston, D. P. (2013). *Reflective teaching: An introduction*. Routledge.

Zuluaga, C. (2017). *O Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK) do professor de Química e seu desenvolvimento a partir da reflexão sobre os modelos de ligação química e sua modelagem* [Tesis Doctoral, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita].

Anexo A

Cuestionarios utilizados durante las sesiones del proceso de formación:

5/8/25, 1:00

La tecnología en la escuela

La tecnología en la escuela

* Indica que la pregunta es obligatoria

1. Nombres y Apellidos *

2. ¿Cómo los avances tecnológicos repercuten en la escuela y cambian la manera de *
direccionar nuestras prácticas pedagógicas?

3. ¿Qué papel juega la tecnología en la escuela? *

4. ¿Cómo lograr una integración de los conocimientos del docente? *

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

Google Formularios

Introducción al conocimiento tecnológico, pedagógico de contenido. ¿Cómo se integra la tecnología a la escuela?

* Indica que la pregunta es obligatoria

1. Nombres y Apellidos *

2. Correo electrónico *

3. Área de desempeño *

4. ¿Qué entendemos por tecnología? *

5. ¿Como la tecnología es integrada en la escuela? *

6. ¿Realmente el conocer las tecnologías implica un buen uso de la misma con fines educativos? *

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

Google Formularios

Reflexiones y análisis de textos

* Indica que la pregunta es obligatoria

1. Nombres y Apellidos *

2. ¿Con qué frecuencia utiliza libros de texto para enseñar, aprender y evaluar el sonido? *

3. ¿Qué elementos identifica de la presentación son similares o diferentes en los libros de texto que usted utiliza en sus aulas? *

4. ¿Qué aspectos tienen en común y qué divergencias existen entre la retórica de los libros escolares y los textos científicos originales en torno a la actividad experimental, que permitan resaltar aspectos significativos para la enseñanza de la naturaleza del sonido en la educación secundaria? *

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

Google Formularios

Concepciones de sonido de los alumnos.

* Indica que la pregunta es obligatoria

1. Nombres y Apellidos *

2. ¿Qué concepciones previas tienen los estudiantes sobre el sonido? *

3. ¿Cómo se utilizan las concepciones de estos estudiantes para enseñar el sonido? *

4. ¿Estas ideas de los estudiantes dificultan la enseñanza? *

5. ¿Cuáles son las razones de las dificultades que pueden tener los estudiantes a la hora de conceptualizar el sonido?

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

Google Formularios

La tecnología y el rol del profesor

* Indica que la pregunta es obligatoria

1. Correo *

2. Nombres y Apellidos *

3. ¿De qué manera se relaciona la tecnología con el rol del profesor? *

4. Desde su rol de profesor ¿cómo ha utilizado la tecnología en sus labores diarias? *

5. ¿Cuáles son las problemáticas que percibe? y ¿para qué hace uso de la tecnología?



Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

Google Formularios

Sonido Onda o partícula?

ensino.

1. **1. Como usted cree que se produce el sonido?**

2. **2. Dónde el sonido viaja más rápido?**

Marca solo un óvalo.

- ☐ Agua
- ☐ Aire
- ☐ Vacío
- ☐ Madera
- ☐ Otro: _____

3. **3. Que diferencia existe en la propagación del sonido en los siguientes materiales sólidos, líquidos y gaseosos?**

5/8/25, 0.55

Sonido Onda o partícula?

4. 4. De que depende el tono del sonido?

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

Google Formularios

<https://docs.google.com/forms/d/13679exQY2biYhnboQxwV-iCl3ol2Ik5SwuTi3Ny4IEY/edit>

2/3

5/8/25, 0.55

Sonido Onda o partícula?

<https://docs.google.com/forms/d/13679exQY2biYhnboQxwV-iCl3ol2Ik5SwuTi3Ny4IEY/edit>

3/3

Reflexionando sobre el video

1. 1. ¿Que sucede con el tono emitido cuando alteramos el nivel del agua en la copa de cristal?

2. 2. Y si se cambia el agua por otro líquido¿ que sucede?

3. 3. Y si la copa no fuera de Cristal. ¿Que sucedería?

4. 4. ¿Cuál es el papel del cristal?

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

Google Formularios

Sesión: Aprender de la enseñanza documentada en la literatura

* Indica que la pregunta es obligatoria

1. **1. Las personas sordas no pueden oír porque: ***

Marca solo un óvalo.

- ☐ a) Tus oídos están incompletos.
- ☐ b) No sienten vibraciones
- ☐ c) El cerebro no interpreta tus oídos

2. **2. Qué produce el sonido en las personas. ***

Marca solo un óvalo.

- ☐ a) Sensaciones.
- ☐ b) Comunicaciones.
- ☐ c) Identidad.
- ☐ Otro: _____

3. **3. Tus preferencias musicales dependen de: ***

Marca solo un óvalo.

- ☐ a) Los instrumentos con los que se produce la música.
- ☐ b) Intérpretes musicales (cantantes).
- ☐ c) Ritmo musical.

4. 4. De que depende la música que escuchas? *

Marca solo un óvalo.

- ☐ a) Tu estado de ánimo.
- ☐ b) Tu tiempo libre
- ☐ c) Tus costumbres

5. 5. Crees que la propuesta de Castiblanco y Vizcaíno presentan elementos innovadores?

6. 6. ¿Cuál considera usted han sido esos elementos innovadores que pueda aplicar en su práctica docente? *

7. 7.¿ Que similitudes encuentra entre la propuesta didáctica de los autores y la manera en que usted enseña el contenido de sonido? *

8. 8. ¿Que considera sería importante añadir a la propuesta de los autores?

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

Google Formularios

SESIÓN 6

Reflexión sobre el TPACK en la representación del contenido para la enseñanza, aprendizaje y evaluación del concepto sonido

Propósito: Reflexionar sobre el papel de la tecnología en la enseñanza, aprendizaje y evaluación del concepto de sonido, promoviendo la integración del conocimiento tecnológico, pedagógico y de contenido (TPACK) a partir de la revisión de prácticas propias y el análisis crítico de textos especializados

* Indica que la pregunta es obligatoria

1. *
Teniendo en cuenta la lectura "Actividades didácticas para el tono como cualidad del sonido, en cursos de física del nivel básico, mediadas por la tecnología digital" Cuevas et al. (2017). ¿Qué estrategias se usaron para representar el concepto de tono? ¿Son digitales, analógicas o híbridas?

2. ¿Qué tipo de conocimientos docentes (CK, PK, TK) se requieren para implementar una actividad como esta? *

3. ¿Cuáles decisiones del diseño te parecen pedagógicamente fundamentadas? *

4. ¿Qué aprendizajes o dificultades podrían derivarse para los estudiantes? *

5. Describa una actividad que usted realizaría en su clase para enseñar sonido?, *
tenga en cuenta reflexionar alrededor de los aspectos del modelo presentado en la
lectura ¿Cómo inicia el proceso? (experiencia física). ¿Qué rol cumple la
representación tecnológica?. ¿Cómo se conecta lo físico con lo matemático?

6. ¿Qué condiciones deben darse para que la tecnología no solo acompañe, sino transforme la forma en que enseñamos y evaluamos el concepto de sonido?

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

Google Formularios

Anexo B

Plan de área segundo periodo académico

AREA: FISICA

GRADO: 8

PERIODO: SEGUNDO

I.H. SEMANAL: 1H

AÑO LECTIVO: 2022

PROFESOR:

ASPECTOS CURRICULARES.

ESTANDAR BASICO DE COMPETENCIA.

Explicar las aplicaciones de las ondas estacionarias en el desarrollo de los instrumentos musicales.

EJE PROBLEMICO:

¿Cómo se producen los sonidos en los instrumentos musicales?

GRUPO TEMATICO: EL SONIDO

- Naturaleza del sonido
- Velocidad de propagación
- Características del sonido
- El eco
- Cuerdas y tubos sonoros
- Contaminación acústica

LOGRO ESPERADO:

Interpretar el sonido como un movimiento ondulatorio y establecer sus características para explicar algunos fenómenos relacionados con él.

ACTIVIDAD PEDAGOGICA:

- Exposición didáctica
- Resolución de talleres
- Consulta bibliográfica
- Trabajo grupal
- Revisión de tareas
- Prácticas de Laboratorio.
- Presentación de videos.

MATERIAL DIDACTICO:

- Textos escolares
- Cuaderno de apuntes
- Documentos fotocopiados
- Libros de texto
- Materiales de laboratorio
- Videos

PLAN ESPECIAL DE APOYO:

Empleando tubos sonoros y un sonómetro del laboratorio explicar ante los compañeros las características del sonido.

CRITERIOS DE EVALUACION:

Asistencia y puntualidad a clase y a las diferentes actividades pedagógicas, desarrollo con pulcritud y calidad de las guías de trabajo y de los laboratorios, participación activa en clase y trabajos en grupo, buen rendimiento en las pruebas escritas, llevar ordenadamente su cuaderno y colaborar con la buena disciplina del grado.

COMPETENCIAS:

Comprender el sonido como un fenómeno ondulatorio y analizar a partir de este concepto los fenómenos ondulatorios relacionados con él.

NIVELES DE COMPETENCIA

COMPETENCIA INTERPRETATIVA:

NIVEL BAJO DE COMPETENCIA:

Diferencia ondas infrasónicas y ultrasónicas

NIVEL MEDIO DE COMPETENCIA:

Establece las condiciones de propagación del sonido

NIVEL ALTO DE COMPETENCIA:

Diferencia las características del sonido

COMPETENCIA ARGUMENTATIVA:

NIVEL BAJO DE COMPETENCIA:

Define el eco

NIVEL MEDIO DE COMPETENCIA:

Relaciona los fenómenos ondulatorios con el sonido

NIVEL ALTO DE COMPETENCIA:

Argumenta sobre problemas ambientales como la contaminación acústica

COMPETENCIA PROPOSITIVA:

NIVEL BAJO DE COMPETENCIA:

Propone ideas sobre la generación del sonido

NIVEL MEDIO DE COMPETENCIA:

Elabora un experimento para calcular la velocidad de un sonido

NIVEL ALTO DE COMPETENCIA:

Establece condiciones para evitar la contaminación acústica.

Anexo C

Plan de aula



República de Colombia - Departamento de Nariño
INSTITUCIÓN EDUCATIVA A NUESTRA MANERA DE LAS YOVES
Instituto Tecnológico - Científico y Humanístico
Bachillerato en Ciencias y Matemáticas
JULIANO PÉREZ
Quindío, 2023
Página 1 de 1

PLAN DE ASIGNATURA

Datos de identificación del plan				
Área/Asignatura	Año: 2023	Grado: Octavo	Periodo Segundo	Fecha Elaboración 22/04/2023
Física				
Docentes:				

Logro de aprendizaje Segundo periodo	
2	Interpretar el sonido como un movimiento ondulatorio y establecer sus características para explicar algunos fenómenos relacionados con él

Indicadores de aprendizaje del Segundo periodo	
2.1	Comprende la naturaleza de la propagación del sonido como fenómeno ondulatorio correspondiente a ondas mecánicas

Plan de actividades del Segundo periodo	Intensidad Horaria En la semana: 1 hora	5. Verificación
Qué debo Saber - Contenidos programados Temas y Subtemas	Cómo lo voy Hacer – Competencias, didácticas, recursos, tiempos, actividades de evaluación	Registro de desarrollo Novedades (ajustes realizados)
EL SONIDO: Fenómenos acústicos.	Consignación de programación, e Indagación conocimientos previos – lluvia de ideas.	
Cualidades del sonido.	Dialogo y talleres en grupo.	
Intensidad, duración y Tono.	Taller en clase.	
Instrumentos sonoros.	Fotocopias, Taller en clase.	
El oído y la voz.	Cartelera, diapositivas y exposiciones.	
Propagación, reverberación, resonancia y ruido.	Evaluación escrita.	
Actividades de cierre del periodo	Autoevaluación, Actividades de cierre.	

Elaboró	Observaciones	Indicador
Firma:		Cumplimiento actividades pedagógicas Actividades

Anexo D

Diseño de curso por parte de los participantes

CURSO PARA GRADO OCTAVO: De Galileo a nuestro salón de clase, la buena onda del sonido

Vivimos en un mundo de sonidos: oímos música, voces, alarmas, ruidos molestos y sonidos naturales. Pero ¿Qué es realmente el sonido? ¿Por qué se produce y cómo llega a nuestros oídos? ¿Por qué a veces no lo escuchamos? ¿Qué pasa con el sonido en el espacio, en el agua, en los instrumentos? ¿Cómo entienden la ciencia, la historia y la tecnología?

A partir de estas preguntas, esta unidad propone un recorrido por el fenómeno del sonido como construcción física, experiencia sensorial y construcción cultural. Se invita a los estudiantes a explorar, experimentar, modelar y debatir sobre cómo el sonido nos conecta con el mundo y cómo lo representamos científicamente.

Análisis científico del contenido: El sonido

El fenómeno del sonido se aborda en esta unidad como una construcción científica que permite explicar la vibración de los cuerpos, la propagación de ondas mecánicas en diferentes medios, y su percepción por parte del ser humano. Este análisis permite organizar conceptualmente los saberes que se quieren desarrollar, desde un enfoque progresivo y relacional.

Nivel 1: Concepto central

- El sonido es una onda mecánica longitudinal tridimensional que se origina por la vibración de un cuerpo y se propaga a través de un medio material.

Nivel 2: Subconceptos fundamentales

- **Producción del sonido:** cuerpos vibrantes, fuentes sonoras (instrumentos, cuerdas, objetos).
- **Propagación:** necesita un medio material (sólido, líquido o gas), no se transmite en el vacío, depende del tipo de material.

- **Modelo ondulatorio:** frecuencia, longitud de onda, amplitud, velocidad; relación matemática
$$v=\lambda \cdot f$$
- **Resonancia:** vibración forzada, ondas estacionarias
- **Cualidades del sonido:** tono (frecuencia), intensidad (amplitud), timbre (forma de onda).
- **Percepción del sonido:** anatomía del oído humano, proceso físico y neurosensorial del sonido, interpretación cerebral.

Nivel 3: Enlace con contextos CTS

- Representaciones erróneas del sonido en el cine (ciencia ficción).
- Tecnología y representación del sonido: espectrogramas, visualizadores, apps.
- Diversidad auditiva y discapacidad sensorial.
- Ambiente acústico: ruido ambiental, contaminación sonora, bienestar auditivo.

Preguntas científicas orientadoras

- ¿Qué es el sonido y cómo se produce?
- ¿Cómo se transmite el sonido y por qué necesita un medio?
- ¿Qué ocurre con el sonido en el vacío?
- ¿Qué relación existe entre frecuencia, tono e intensidad?
- ¿Qué es la resonancia y cómo se experimenta?

- ¿Por qué algunos sonidos suenan diferentes a otros?
- ¿Cómo percibimos el sonido y qué ocurre cuando no lo escuchamos?
- ¿Qué errores comete el cine al representar el sonido?

Análisis didáctico: Ideas previas y obstáculos de aprendizaje sobre el sonido

El concepto de sonido, aunque cotidiano, presenta múltiples obstáculos para su comprensión científica. A partir de experiencias previas y observaciones en el aula, se han identificado las siguientes ideas comunes entre los estudiantes:

- A pesar de la riqueza fenomenológica del sonido este no se reconoce como fenómeno físico.
- Se cree que el sonido “está en el objeto” o “sale por sí solo”, sin reconocer la necesidad de vibración.
- No se identifica el papel del medio material en la propagación del sonido, y se cree que este puede viajar en el vacío.
- Se considera que “el sonido se ve” por su representación gráfica, confundiéndose con ondas luminosas.
- Se piensa que el sonido viaja instantáneamente o a la misma velocidad en todos los medios.
- Se desconocen las cualidades del sonido como tono, timbre e intensidad, y se usan indistintamente.
- Se cree que el oído “escucha por sí solo”, sin considerar el rol del cerebro en la percepción auditiva.

- Se desconoce la existencia de personas con diversidad auditiva, o se asocia solo con sordera total.
- Se da por hecho que en el espacio se oyen explosiones, por la influencia del cine o videojuegos.

Relación de las clases diseñadas con los estándares básicos de competencia (MEN-2004-2006) (Octavo y noveno grado)

Clases	Objetivos	Relación con el estándar básico de competencia
1-2	Reconocer el sonido como un fenómeno físico originado por vibraciones. Comparar modelos históricos (partículas vs. ondas) y construir representaciones propias.	Me aproximo como científico natural: Reconozco que los modelos de la ciencia cambian con el tiempo.
3-5	Comprender que el sonido se propaga en medios materiales (no en el vacío), y que su velocidad depende del medio y la temperatura. Aplicar el modelo ondulatorio y experimentar.	Entorno Físico: Establezco relaciones entre frecuencia, amplitud, velocidad de propagación y longitud de onda en diversos tipos de ondas mecánicas.
6-7	Establecer relaciones entre propiedades del sonido. Explorar resonancia y frecuencia.	Entorno Físico: Explico las aplicaciones de las ondas estacionarias en el desarrollo de instrumentos musicales.
8-9	Identificar cualidades del sonido (tono, intensidad, timbre). Comprender cómo el entorno y el movimiento afectan el sonido (eco, Doppler, reflexión, absorción).	Entorno Físico: Establezco relaciones entre frecuencia, amplitud, velocidad de propagación y longitud de onda en diversos tipos de ondas mecánicas
10	Comprender la	Desarrollo

	diversidad auditiva desde la biología, la cultura y el respeto por las diferencias sensoriales.	compromisos personales y sociales: Escucho activamente a mis compañeros y compañeras, reconozco otros puntos de vista, los comparo con los míos y puedo modificar lo que pienso ante argumentos más sólidos.
--	---	--

CLASE 1: ¿Qué es el sonido?

Objetivo general:

Que los estudiantes reconozcan el sonido como un fenómeno físico originado por vibraciones transitando desde la fenomenología hasta su modelo científico.

El profesor propone un momento de silencio absoluto y propone:

“Ahora vamos a hacer algo diferente. Durante los próximos 2 minutos, no vamos a hablar, ni movernos. Solo vamos a escuchar. Escuchar todo. Luego hablaremos de lo que pasó.”

(Después del tiempo): ¿Qué escucharon?, ¿De dónde venían esos sonidos?, ¿Todos escuchamos lo mismo?

Actividad de aprendizaje: cada estudiante anota individualmente todos los sonidos que logró oír.

Actividad colectiva de clasificación.

En grupos pequeños, los estudiantes comparten lo que escucharon y agrupan los sonidos según categorías propias:

- Naturales / artificiales
- Constantes / pasajeros
- Lejanos / cercanos

- Agradables / molestos

Cada grupo escribe sus categorías en una hoja y las socializa brevemente con el resto.

El profesor retoma las preguntas: ¿Hay sonidos que no se pueden evitar?, ¿Hay sonidos que nos dan información importante?, ¿Hay sonidos que dependen de la cultura o del contexto?

Enseñanza-aprendizaje: se fomenta la discusión sobre el valor y la función del sonido en la vida cotidiana.

Introducción al concepto de vibración

Demostración del profesor:

- Hace vibrar una banda elástica entre dos dedos.
- Muestra una regla vibrando en el borde de una mesa.
- Si es posible, una cuerda de guitarra o una copa golpeada suavemente.

Se plantean preguntas como: ¿Qué pasa cuando la banda elástica se suelta?, ¿Qué parte se mueve?, ¿Podrías escuchar el sonido si la banda no se moviera?, ¿El aire participa en esto?

Aquí se introduce el concepto de vibración: una oscilación que se propaga y genera sonido.

Actividad de aprendizaje: los estudiantes repiten los experimentos por sí mismos observan y comentan lo que sienten y oyen.

Construcción colectiva del concepto

En el tablero, el profesor dibuja el esquema:

Objeto vibrante → Aire (medio) → Oído → Cerebro



El anterior gráfico esquematiza la relación entre la producción desde la fuente, propagación y percepción de sonido, sin embargo el papel del docente como guía debe ser activo para evitar que el estudiante interprete las líneas onduladas como que “algo viaja físicamente” (como olas o partículas), es necesario conceptualizar que las partículas no se trasladan, sino que vibran en su lugar, transmitiendo la energía, es así entonces que la gráfica anterior se puede tomar de base, pero es indispensable que sea reconstruida con los estudiantes.

Se discute brevemente:

¿Podría haber sonido en el espacio (vacío)?

¿El sonido se mueve?

¿Podemos verlo?

El profesor guía una escritura compartida: se redacta entre todos una definición inicial de sonido, desde lo vivido y observado:

“El sonido comienza cuando algo vibra y esa vibración se transmite por el aire en forma de ondas, hasta llegar a nuestros oídos.”

Evaluación formativa

Bitácora de ciencias:

- ¿Qué sonidos escuché hoy?

- ¿Qué aprendí sobre cómo se produce el sonido?
- ¿Qué dudas me quedaron?

El profesor cierra preguntando: ¿Qué pasará si tapamos nuestros oídos?, ¿El sonido puede viajar por el agua?, ¿Cómo lo verán los científicos?”

Se refuerza lo aprendido reproduciendo los primeros dos minutos del vídeo disponible en Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=NU9aeHLMd-Q>

Después de mirar el vídeo el estudiante da respuesta a la pregunta ¿Por qué se mueve la bolita al acercarla al diapasón en vibración?

CLASE 2 *¿Cómo se mueve el sonido? Modelos en tensión: partícula vs. onda*

Objetivo general:

Comprender que existen distintas formas de representar el sonido y que los modelos se usan para explicar fenómenos. A partir de sus propias ideas, los estudiantes comparan explicaciones históricas y construyen representaciones científicas.

Etapa 1 *¿Cómo creo que viaja el sonido?*

Actividad de indagación individual:

El docente propone: Piensa en un sonido cualquiera: una campana, una voz, una explosión. ¿Cómo crees que ese sonido viaja hasta tu oído?
Dibuja lo que ocurre entre el objeto que suena y tú. Usa flechas, palabras, lo que necesites.

Los estudiantes dibujan su propia representación espontánea. Luego escriben una breve explicación al lado.

Puesta en común en grupos pequeños:

- Comparten sus dibujos.
- Se identifican patrones comunes: flechas, pelotas, ondas, puntos.
- Se anotan en el tablero algunas expresiones o símbolos comunes: “choque”, “rebotar”, “onda”, “viaja”, “se mueve el aire”, etc.

Etapas 2 ¿Así pensaban también los científicos?

El docente introduce:

“Ahora vamos a ver cómo pensaban dos científicos hace siglos. Quizás se parezcan a lo que ustedes dibujaron”

- Se hace referencia a las ideas de Galileo sobre el sonido y su explicación a través del comportamiento ondulatorio y las ideas de Gassendi sobre sus ideas corpusculares del sonido
- En grupos, los estudiantes identifican: ¿Qué idea tiene cada uno? ¿Se parece a lo que yo había pensado?

Etapas 3 – Exploración con simulación

Uso de la simulación PhET “Sound Waves”:

https://phet.colorado.edu/sims/html/waves-intro/latest/waves-intro_es.html

Los estudiantes manipulan la simulación y observan:

- Fuente que vibra
- Aire que transmite
- Partículas que no cambian de lugar, solo vibran
- Onda que se propaga

Discusión orientada: ¿Las partículas viajan o vibran?, ¿Esto se parece más al modelo de Gassendi o de Galileo?, ¿Qué parte de tu dibujo se sostiene y qué parte podrías repensar?

Etapas 4 – Dibujamos los modelos históricos

Los estudiantes ahora dibujan los dos modelos:

Modelo de Gassendi	Modelo de Galileo
--------------------	-------------------

Choque entre partículas que se mueven	Vibración transmitida como onda en el aire
---------------------------------------	--

Usan flechas, etiquetas, analogías y discuten en sus grupos cuál modelo explica mejor lo observado.

Etapas 5 – Argumentamos con ciencia e historia (5-8 minutos)

Debate guiado o reflexión escrita:

- ¿Cuál modelo te parece más útil?
- ¿Qué cosas explica uno que el otro no puede?
- ¿Por qué crees que hoy preferimos el modelo ondulatorio?

Evaluación:

- Análisis de los dibujos iniciales y finales.
- Participación en el debate.
- Registro reflexivo en la bitácora: ¿Cómo pensaba yo que viajaba el sonido y qué aprendí hoy?

CLASE 3 *¿Por dónde viaja el sonido? El medio, el vacío y la vibración*

Objetivo general:

Comprender que el sonido es una vibración que se propaga a través de un medio material, y que no puede transmitirse en el vacío. Explorar cómo se comporta el sonido en distintos materiales mediante experiencias sencillas.

Contenidos:

- Propagación del sonido en sólidos, líquidos y gases.
- Concepto de medio material.
- Introducción al concepto de vacío y sus implicaciones.
- Observación de fenómenos ondulatorios en diferentes contextos.

ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA

1. Introducción del concepto de “medio material”

El docente retoma lo aprendido en sesiones anteriores y plantea:

“El sonido necesita algo para viajar: un medio. Hoy vamos a investigar qué pasa si no lo tiene.”

Se introduce el concepto de vacío como ausencia de materia, y se pregunta: ¿Creen que se puede escuchar algo en el espacio?

2. Explicación guiada

Se proyecta un vídeo sobre la conformación molecular de tres medios: aire, agua y sólido (partículas más separadas o compactas). Se anticipa que cuanto más compacto el medio, más rápido viaja el sonido.

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

1. Teléfono de vasos.

- En grupos, construyen teléfonos con vasos y cuerdas.
- Prueban con la cuerda tensa y floja.
- Discuten qué parte vibra.
- Experimentan con diferentes longitudes.
- Registran observaciones en la bitácora.

2. Transmisión a través de la mesa

Un estudiante golpea suavemente la mesa mientras otro escucha con el oído apoyado.

Comparan con escuchar el mismo golpe sin contacto físico.

ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

Visualización del sonido en el vacío

Se presenta un video corto de una campana sonando dentro de una cámara de vacío. Ejemplo sugerido:

<https://www.youtube.com/watch?v=qioIFGWn-1Y>

¿Qué pasa con el sonido cuando se saca el aire?, ¿La campana sigue vibrando?, ¿Pero se escucha?

Se dialoga sobre el papel del aire como medio transmisor.

- Representación gráfica: En hojas o cuaderno, los estudiantes dibujan tres situaciones:
Sonido en el aire, sonido en un sólido, situación en el vacío

ACTIVIDADES DE EVALUACIÓN

Revisión de los esquemas y explicaciones en bitácora.

Preguntas al cierre (Recomendación: uso de programas como JCLIC para gestionar la evaluación)

1. ¿Qué es el vacío?
2. ¿Por qué no puede viajar el sonido en el vacío?
3. ¿Qué aprendiste del sonido en la mesa y en los vasos?

ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE:

Vimos que el sonido no puede viajar en el vacío. Pero en muchas películas del espacio... ¡Se oyen explosiones! ¿Cómo es eso?

Presentación del caso Star Wars

Se proyecta una escena de *La guerra de las galaxias* donde se oyen explosiones o batallas espaciales.

¿Esto es científicamente correcto?

¿Por qué lo representan así?

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

Análisis guiado de la escena

Los estudiantes observan y responden por escrito en su cuaderno: ¿Qué sucede visualmente?, ¿Qué sonidos escuchas?, ¿Qué sabes ahora sobre el vacío?, ¿Cómo explicarías esta escena desde la ciencia? ¿Qué error científico se está cometiendo?, ¿Por qué creen que los productores no lo corrigen?, ¿Qué pasaría si no hubiera sonido en la escena?, ¿Qué

aprendemos cuando vemos ciencia ficción?, ¿Es importante que sepamos distinguir la ciencia de la ficción?

Clase 4 Matematización del sonido: de la cuerda al sonido

El docente lee la siguiente narración

Tema: Representación matemática del sonido: velocidad, frecuencia y longitud de onda

Objetivo: Comprender la relación entre frecuencia, longitud de onda y velocidad del sonido, reconociendo que el sonido es una onda longitudinal que requiere un medio material para propagarse.

Actividad de enseñanza-aprendizaje

Etapas	Descripción	Recursos
1. Activación de conocimientos previos	Se presenta una cuerda tensa y se genera una onda con una cuerda real, vídeo o aplicación. Se pregunta: ¿qué elementos observan?, ¿cómo relacionan esto con el sonido?	Video de onda en cuerda o cuerda real
2. Exploración del modelo físico	Se introduce la fórmula $v = \lambda \cdot f$ a partir del comportamiento de las ondas en la cuerda. Luego se discute si esta fórmula puede aplicarse al sonido	Presentación, pizarra, hoja de trabajo

3. Transición conceptual	Se explica que a diferencia de las ondas en cuerda (transversales), el sonido se propaga en forma longitudinal. Se visualiza con simulaciones	PhET: Ondas sonoras
4. Aplicación contextualizada (15 min)	Con ayuda de una tabla con velocidades del sonido en diferentes medios (aire, agua, acero), los estudiantes calculan frecuencia o longitud de onda para distintos instrumentos y situaciones.	Tabla, ficha con ejercicios prácticos

Actividad de aprendizaje

Se presenta a los estudiantes los siguientes ejercicios para resolver:

- Si un sonido tiene una frecuencia de 440 Hz, ¿cuál es su longitud de onda en el aire? ($v = 340 \text{ m/s}$)
- ¿Qué cambia si ese mismo sonido se propaga en el agua? ($v = 1500 \text{ m/s}$)
- ¿Qué relación hay entre la frecuencia y el tipo de instrumento?

Actividad de evaluación

- Presentación de situaciones problema (matematización).

Clase 5 Transmisión del sonido en sólidos, líquidos y gases. ¿Por qué a veces se escucha más el tráfico?

Duración: 55 minutos

Tema: Transmisión del sonido en sólidos, líquidos y gases.

Objetivo: Reconocer qué la velocidad del sonido depende de las características del medio de propagación

Todos los sonidos son resultado de vibraciones que se transmiten a través del aire u otro medio en forma de ondas sonoras. Estas ondas se generan a partir de las vibraciones de objetos y se propagan desde la fuente emisora en todas las direcciones

¿Qué hemos aprendido hasta ahora?

El sonido es un fenómeno físico que se origina a partir de una perturbación en un medio material. Dicha perturbación provoca un comportamiento ondulatorio que se propaga hasta alcanzar un receptor. En este tipo de fenómeno, no es el medio el que se desplaza, sino la perturbación que se produce en él, lo que se denomina una onda.

El sonido corresponde a una onda mecánica de tipo longitudinal, ya que las partículas del medio vibran en la misma dirección en que se propaga la onda. Además, este tipo de ondas requiere obligatoriamente de un medio material, ya sea sólido, líquido o gaseoso, para su transmisión.

La propagación del sonido ocurre mediante las partículas que conforman un gas, líquido o sólido, las cuales transfieren la vibración por medio de colisiones entre ellas. Así, el sonido es una onda que surge de objetos que vibran y se desplaza a través de un medio material.

Algunas fuentes de vibración que generan sonido incluyen un tambor, un locutor de radio, las cuerdas vocales de una persona, el motor de un automóvil o el paso de un avión. Aunque comúnmente se asocia el sonido al aire, este también puede propagarse por sólidos y líquidos.

El sonido en los sólidos, líquidos y gases

Se presenta el siguiente recurso digital

https://www.colombiaaprende.edu.co/sites/default/files/files_public/contenidosaprender/G_9/S/S_G09_U03_L02/S/S_G09_U03_L02/S_G09_U03_L02_03_01.html

Los sólidos están formados por partículas (átomos) con movimiento muy limitado, ya que se encuentran muy próximas entre sí y unidas por fuertes fuerzas intermoleculares. Esto hace que permanezcan en posiciones fijas y solo puedan oscilar en su lugar. En consecuencia, la transmisión de las ondas sonoras en los sólidos es rápida. Por ejemplo, en el agua a 25 °C, el sonido se propaga a unos 1493 m/s, mientras que en el acero alcanza una velocidad de 5130 m/s.

Estado	Medio	Velocidad (m/s)
Gaseoso	Aire (a 20 °C)	340
	Hidrógeno (a 0 °C)	1286
	Oxígeno (a 0 °C)	317
	Helio (a 0 °C)	972
Líquido	Agua (a 25 °C)	1493
	Agua de mar (a 25 °C)	1533
Sólido	Aluminio	5100
	Cobre	3560
	Hierro	5130
	Plomo	1322
	Caucho	54

Al igual que otros fenómenos físicos, el sonido posee ciertas propiedades que determinan su comportamiento. Una de estas características es la velocidad del sonido, que permite describir con precisión el patrón de propagación de cada tipo de onda.

Esta velocidad no es constante, sino que depende del medio material por el cual se desplazan las ondas sonoras. Además, la velocidad del sonido se ve influida por los cambios

de temperatura del medio. Cuando la temperatura aumenta, se incrementa la frecuencia con la que las partículas del medio interactúan entre sí al transmitir la vibración. Este incremento en la actividad interna provoca, a su vez, una variación en la velocidad de propagación del sonido, que puede aumentar o disminuir dependiendo de las condiciones.

ACTIVIDAD DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

Se guía a los estudiantes a la siguiente lectura

¿Por qué a veces se escucha más el tráfico?

Camila y Andrés caminan de regreso a casa después de salir del colegio. El sol brilla y se escucha el canto de un azulejo por ahí, "tui-tui...", Aunque es febrero, el aire está un poco fresco; parece que el verano ya se quiere ir y la brisa de la mañana todavía no se ha ido. En los jardines se empiezan a ver florecidas las veraneras.

—Oye, Andrés —dice Camila—, he notado algo raro: cuando me siento afuera en la banca del parque por las tardes, a veces escucho el ruido de las motos y carros de la carretera como si estuvieran muy cerca, y otras veces casi no se oyen.

—Ah, debe ser por el viento —le responde Andrés—. A veces sopla para un lado, a veces para otro.

—Eso pensé también —dice Camila, masticando un bocadillo—, pero no. Siempre que me pasa está todo calmado, sin viento. ¡Siempre!

Hace una pausa y continúa:

—Una vez vi un programa en Señal Colombia donde hablaban de eso. Era como de experimentos científicos. Dijeron algo sobre que el aire caliente y el aire frío se ponen como en capas... pero ya no me acuerdo bien cómo era la cosa.

Andrés abre una chocolatina, se la mete a la boca y se queda callado, pensativo. Se rasca la cabeza como si estuviera haciendo fuerza para recordar algo del profe de Física.

—Ummm... —dice.

Se pide a los estudiantes en grupos discutir la siguiente pregunta: ¿por qué creen que a veces el sonido del tráfico se oye más “claro” o más “fuerte”? Escriban todas las ideas que se les ocurran.

Explicación – ¿Escuchas el tráfico más fácilmente algunos días?

Cuanto más cálido está el aire, más rápido se transmite el sonido. Una superficie caliente calienta el aire que está sobre ella, y por eso el sonido se transmite más rápidamente. En cambio, una superficie fría enfría el aire, haciendo que el sonido se

transmita más lentamente. En resumen, la velocidad del sonido aumenta con la temperatura.

En un día cálido, el suelo se calienta por los rayos del sol y el aire se vuelve más caliente entre más cerca esté del suelo, lo que hace que el sonido se mueva más rápido cerca del suelo. A medida que el aire se enfría con la altura, el sonido de un objeto se mueve más lentamente. La dirección del sonido también cambia cuando pasa por capas de aire a diferentes temperaturas. En consecuencia, el sonido se "aleja" del suelo. El resultado es que el ruido del tráfico en esos días no se transmite tan lejos a ras del suelo.

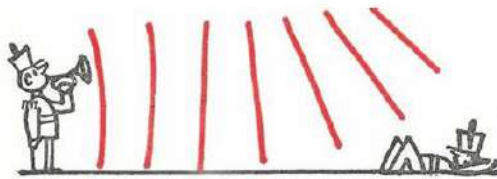


Figura 1: Día caluroso

En un día o noche fresca, las capas de aire más cercanas al suelo se enfrían más que las capas superiores, y como resultado, la velocidad del sonido es menor cerca del suelo. Por lo tanto, el sonido de un objeto se moverá un poco más rápido en el aire más cálido de arriba que en las capas inferiores y más frías. El resultado es que, en esos días, el ruido del tráfico se transmite de manera más eficiente a lo largo del suelo.

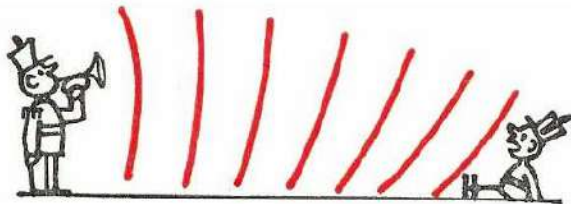


Figura 2: Día frío o noche fresca.

La velocidad del sonido en el aire está dada por:

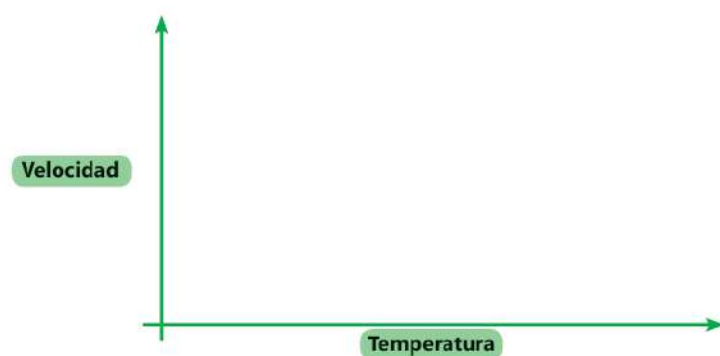
$$V_{\text{sonido en aire}} = 331,4 + 0,6T$$

Donde T es la temperatura en escala Celsius Ejemplo: Si el aire presenta una temperatura de 47°C, la velocidad del sonido es:

Reemplazamos los datos en la ecuación: $V = 331,4 + 0,6 \cdot 47^{\circ}\text{C} = 360 \text{ m/s}$ Aprox.
 Partiendo de los datos de la tabla 1 completa la información de la velocidad del sonido en el aire, partiendo de la ecuación dada.

Posteriormente gráfica la transmisión del sonido en el aire.

Temperatura °C	Velocidad m/s
48	
60	
90	
110	



Sugerencias para desarrollar en clase y reforzar la temática

- Golpear una regla contra diferentes superficies (madera, metal, agua).
- Reproducir un sonido en un extremo de una mesa larga y escucharlo al otro lado con el oído pegado.

Clase 6 : Cuerdas y tubos sonoros – Vibraciones que producen música

¿Por qué suena diferente una cuerda corta y tensa a una larga y floja?

Objetivos

- Observar y explicar la formación de ondas estacionarias en cuerdas y columnas de aire.
- Relacionar la longitud, la tensión y el grosor de una cuerda o tubo con la frecuencia y el tono del sonido producido.
- Reconocer cómo se aplican las ondas estacionarias en el diseño y funcionamiento de distintos instrumentos musicales.

Recursos necesarios

- Bandas elásticas, cuerdas de distintos grosores
- Cajas vacías
- Tubos de PVC o pitillos de diferentes longitudes
- Tijeras, cinta adhesiva
- Aplicación digital para medir frecuencia

Exploración inicial: visualizando las ondas estacionarias

El docente dispone una cuerda tensa entre dos sillas (o usa una banda elástica gruesa) y la golpea o frota suavemente.

Los estudiantes observan que hay puntos que vibran mucho (vientres) y otros que permanecen casi inmóviles (nodos).

Se refuerza la experiencia con el uso de la simulación phet Ondas en una cuerda:
https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_all.html?locale=es

Preguntas guía:

¿Qué partes de la cuerda se mueven más?

¿Por qué hay partes quietas?

¿Cómo creen que esto se relaciona con los sonidos que producen los instrumentos?

El docente explica que este patrón se llama onda estacionaria, y que es la base del sonido en instrumentos de cuerda y viento.

Actividad de enseñanza-aprendizaje

Se realiza una breve presentación de distintos instrumentos de cuerda y viento

Pregunta inicial: ¿Qué tienen en común? ¿Cómo creen que se produce el sonido?

Se realiza una breve explicación retomando sesiones anteriores: Todos funcionan a partir de la vibración de cuerdas o columnas de aire

Actividad de aprendizaje

Cada grupo arma un instrumento casero con una caja de cartón y varias bandas elásticas de diferente tensión y grosor.

Se realiza un diálogo con los estudiantes alrededor de las preguntas:

¿Cuál banda suena más aguda? ¿Cuál más grave? ¿Qué pasa si estiramos más la banda?

La discusión lleva a relacionar tensión, longitud y grosor con la frecuencia del sonido.

Actividad de aprendizaje: Tubos sonoros

Se solicita a los estudiantes cortar tubos de pitillo o PVC de diferentes longitudes. Posteriormente los estudiantes realizan una exploración soplando para escuchar la diferencia entre tubos largos y cortos.

El docente conduce el diálogo: A mayor longitud, menor frecuencia, sonido más grave.

Se responde a las preguntas ¿Cómo se relacionan las características físicas con el tono del sonido?

Evaluación

Formativa: Observación de la experimentación y participación en discusión

Sumativa: Evaluación final utilizando Jclic, haciendo alusión a las preguntas: ¿Qué factores influyen en la altura del sonido de una cuerda? ¿Por qué un tubo largo produce un sonido más grave que uno corto?

Clase 7

¿Qué hacen vibrar las copas? Resonancia, frecuencia y representación del sonido



Objetivo general:

Explorar el fenómeno de la resonancia sonora en copas de cristal, representando gráficamente el comportamiento vibratorio del sonido mediante tecnología digital. Construir colectivamente el concepto de frecuencia como razón entre ciclos de onda y tiempo, sin partir de fórmulas.

Contenidos:

Vibración y resonancia.

Frecuencia como cantidad de repeticiones en el tiempo.

Gráfica del sonido (onda periódica).

Introducción al uso de representaciones y razones matemáticas.

ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

Narración histórica: Galileo y las copas

Se hace referencia a las ideas de Galileo y se describe cómo Galileo describe el comportamiento del sonido al frotar el borde de copas con agua.

Discusión guiada: ¿Qué hace que suenen diferente?

Exploración perceptiva con registro cualitativo

En grupos, los estudiantes manipulan copas con distinta cantidad de agua, escuchan y describen el sonido que produce cada una, registrando:

C opa	Nivel de agua	¿Sonido grave o agudo?	¿Qué vibra?
1	Vacía		
2	Poca agua		
3	Mitad		
4	Casi llena		

3. A continuación, con las mismas copas y en los mismos grupos, realizarán el experimento utilizando una app de visualización de sonido para medir y analizar la frecuencia de cada caso.

Experimento con copas y visualizador de sonido

En grupos:

Frotan copas con diferente cantidad de agua.

Usan una app tipo Oscilloscope o Spectroid para capturar la forma de onda.

Observan en la pantalla ondas sinusoidales y miden: Tiempo de 5 ciclos (en milisegundos), Número de ciclos en un segundo.

Registro de datos en tabla:

Copa	Tiempo para 5 ciclos (ms)	Tiempo por ciclo (ms)	Frecuencia estimada (Hz)

Nota: La app proporciona valores reales o estimados de frecuencia, pero los estudiantes comparan sus cálculos con esos datos, redescubriendo la relación.

ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

Construcción conceptual: ¿Qué es la frecuencia?

El docente guía una discusión:

Contaron ciclos, midieron tiempo, dividieron... ¿Qué nombre le da la ciencia a eso?

¿Por qué algunas copas tienen más ciclos por segundo?

Se construye el concepto de frecuencia como:

“Número de repeticiones de un ciclo en una unidad de tiempo”.

Luego se introduce la relación:

$$f=1/T$$

como síntesis de lo que ya calcularon con sus datos.

3. Momento de reflexión

El docente guía una reflexión:

- ¿Qué parte vibra realmente?
- ¿Cómo afecta el nivel de agua al sonido?
- ¿Qué significa que haya más ciclos por segundo?
- ¿Qué aprendió Galileo observando estas copas?

Concepto clave: Frecuencia natural = velocidad a la que un objeto vibra por sí solo, dependiendo de su forma, tamaño y masa.

ACTIVIDADES DE EVALUACIÓN

Evaluación escrita: ¿Qué aprendí sobre el sonido y el tiempo?, ¿Por qué algunas copas vibran más rápido?, ¿Qué relación encontré entre número de ciclos y tiempo? ¿Cómo se ve el sonido cuando lo mido?

Clase 8– ¿Por qué suenan distintos los sonidos? Explorando tono, intensidad y timbre desde la percepción y la física

Objetivo

Identificar y diferenciar las cualidades del sonido (tono, intensidad y timbre) mediante la escucha comparativa, la visualización digital de ondas y la comprensión del rol del oído como decodificador. Relacionar propiedades físicas del sonido con su percepción subjetiva.

ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA

En el contexto de nuestra Institución varios estudiantes de los diferentes grados participan de forma activa de la banda de paz. Se solicita a los estudiantes llevar un instrumento musical y realizar una consulta previa acerca de los materiales de los cuales está hecho el instrumento además de investigar cuál es el origen del instrumento.

El docente reproduce sonidos distintos:

Una flauta (tono agudo)

Un tambor (sonido grave)

Dos instrumentos tocando la misma nota (Usar los instrumentos llevados por los estudiantes o sonidos grabados)

Se pregunta: ¿Qué escuchan de diferente? ¿Podemos ver esas diferencias de alguna forma?

Se anotan las ideas.

Explicación inicial con apoyo visual

Con esquemas o animaciones, se explican las tres cualidades básicas del sonido:

Cualidad	Relación física	Ejemplo
Tono	Frecuencia (Hz)	flauta produciendo tono agudo vs. tambor (grave)
Intensidad	Amplitud (volumen)	Voz fuerte vs. susurro
Timbre	Forma de onda (mezcla de armónicos)	Instrumentos tocando misma nota

¿Cómo puede un mismo tono sonar diferente según quién lo produzca?

ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

En grupos los estudiantes, usando generador de tonos y visualizador (como phypbox, Spectroid), realizan las siguientes actividades.

Cambian la frecuencia: ¿más agudo o más grave?

Modifican la amplitud: ¿más fuerte o más suave?

Graban sonidos reales: Instrumentos de la banda de paz (flauta, guitarra, tambor, lira)

Observan forma de onda y espectro ¿cómo se ve el timbre?

Tabla de registro:

Frecuencia (Hz)	¿Agudo o grave?	¿Fuerte o suave?	Timbre (forma o descripción)

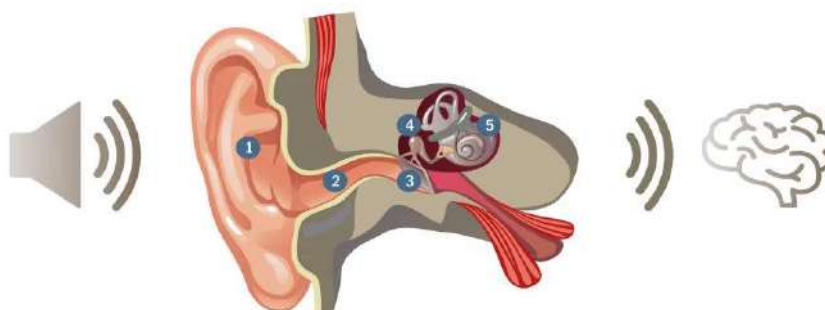
Visualización del sistema auditivo

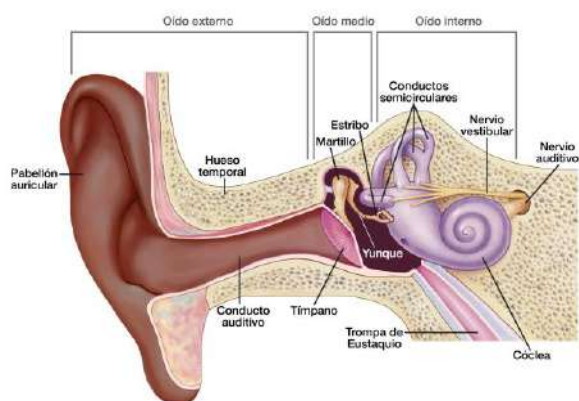
El docente presenta un esquema digital o impreso del oído humano, destacando:

Oído externo → canal → tímpano

Huesecillos → cóclea

Neuronas → cerebro





¿Qué parte del oído transforma la vibración en impulso eléctrico? ¿Por qué no todos oímos lo mismo?”

ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA–APRENDIZAJE

Se reflexiona con los estudiantes alrededor de las siguientes preguntas:

¿Por qué un instrumento metálico suena distinto a uno de madera?

¿Por qué una voz grave no siempre es fuerte?

¿Qué percepción es subjetiva y cuál es medible?

Se solicita a los estudiantes consultar las funciones de cada parte del oído posteriormente se les pide completar la siguiente tabla de reflexión:

Cualidad	Propiedad física	Ejemplo real	¿Qué parte del oído interviene?
Tono	Frecuencia	Silbato	Cóclea

ACTIVIDADES DE EVALUACIÓN

Los estudiantes reflexionan sobre las siguientes preguntas y las plasman en su cuaderno

¿Qué aprendí sobre cómo se diferencian los sonidos?

¿Qué parte del oído permite oír esas diferencias? ¿Qué sonido me pareció agradable?

¿Cuál es molesto? ¿Por qué?

¿Puedo ver el sonido, no solo oírlo?

Actividad Experimental: Interferencia del Sonido

Recursos necesarios:

- Un dispositivo de grabación de sonido (celular o grabadora)
- Una canción o melodía conocida por los estudiantes

Procedimiento

1. Reúnanse en un salón cerrado.
2. Seleccionen una canción corta o melodía conocida.
3. Parte 1: Varios estudiantes cantan o reproducen la canción al mismo tiempo. Una persona graba el sonido.
4. Parte 2: Los mismos estudiantes cantan o reproducen la canción, pero en diferentes momentos (fuera de sincronía). Otra persona graba esta segunda versión.
5. Escuchen ambas grabaciones y respondan las preguntas de análisis.

¿Qué diferencias percibiste entre las dos grabaciones?

¿En cuál caso el sonido fue más claro o más fuerte? ¿Por qué?

¿Qué entiendes por interferencia constructiva y destructiva?

Explica con tus propias palabras qué fenómeno ondulatorio se observa en esta experiencia.

Clase 9 ¿Cómo interactúa el sonido con los espacios y el movimiento?

El docente plantea las siguientes preguntas: ¿Han notado cómo suena diferente una sala vacía y una con cortinas? ¿O cómo cambia el sonido de una ambulancia cuando se acerca y luego se aleja?

Se invita a los estudiantes a compartir situaciones en las que hayan sentido que el sonido cambia según el lugar o el movimiento. Algunas preguntas guía:

¿Qué es un eco?

¿Dónde rebota el sonido y dónde se apaga?

¿El sonido cambia de verdad cuando algo se mueve, o solo lo percibimos distinto?

Se explica que en esta sesión se explorarán fenómenos del sonido que dependen del entorno y del movimiento.

Actividades de enseñanza-aprendizaje**1. Experiencia sobre reflexión y absorción**

El docente produce un sonido golpeando dos superficies distintas: una pared o escritorio (superficie dura) y una toalla o cortina (superficie blanda). Luego pregunta:

¿Dónde sonó más fuerte?

¿Dónde se apagó más rápido?

Se introduce el concepto de reflexión (el sonido rebota) y absorción (el sonido se disipa). Se ejemplifican espacios como teatros, salones vacíos, iglesias o salas con alfombra.

María puso su celular debajo de su almohada para oír la alarma en la mañana. Sin embargo, sonó y ella no lo escuchó. ¿Qué fue lo que sucedió? ¿Qué fenómeno ondulatorio se asocia?

3. Experiencia sobre el efecto Doppler

El docente reproduce un tono constante (440 Hz) desde un celular o bocina y camina lentamente hacia y luego alejándose del grupo.

Se pregunta:

¿El tono se escuchaba igual al acercarse y al alejarse?

¿Realmente cambia el sonido o solo lo percibimos diferente?

Se explica que es un fenómeno llamado efecto Doppler, y se conecta con ejemplos cotidianos: ambulancia, tren, motor.

Actividad de evaluación: Se pide a los estudiantes elaborar un ensayo sobre los fenómenos ondulatorios y sus diferentes aplicaciones tecnológicas, por último, se solicita realizar un vídeo en grupos donde los estudiantes escojan un fenómeno ondulatorio y expliquen su relación en la vida cotidiana.

Clase 10– ¿Por qué algunas personas no escuchan? Ciencia y diversidad auditiva

Objetivo:

Comprender que la audición es un proceso físico-biológico que puede afectarse en diferentes niveles. Reconocer que hay personas que no escuchan o lo hacen de forma diferente, y que esto no implica una carencia, sino una diversidad sensorial y cultural.

Contenidos:

El recorrido del sonido en el oído.

Causas posibles de pérdida auditiva.

Percepción vs. interpretación del sonido.

Introducción a la sordera como condición y a formas de comunicación alternativas (señas, lectura labial).

Actividades

Actividades de enseñanza:

Reflexión alrededor de las preguntas: ¿Se han preguntado por qué algunas personas no escuchan?, ¿Qué puede estar pasando en su cuerpo para que eso ocurra?”

Apoyo nuevamente en el esquema visual del oído humano
(señalando: pabellón, tímpano, huesecillos, cóclea, nervio, cerebro)

Actividades de aprendizaje:

Lectura de un caso real (adaptado de Eva West,2013):

“Ana nació sin escuchar. Su tímpano estaba sano, pero su cóclea no podía transformar las vibraciones en señales eléctricas. Ella usa lengua de señas para comunicarse.”

Los estudiantes responden:

Si el tímpano no vibra, ¿qué pasa?

Si los huesos no transmiten, ¿qué se interrumpe?

Si no se interpreta en el cerebro, ¿escuchamos?

Actividades de enseñanza-aprendizaje:

Discusión en grupos

¿Una persona sorda puede sentir una vibración?

¿Puede comunicarse igual que los demás?

¿Qué formas de comunicación conocen?

¿La sordera es una enfermedad o una diferencia?

Actividades de evaluación formativa:

¿Qué aprendí sobre cómo funciona el oído?

¿Qué entendí sobre la sordera?

¿Cómo puedo comunicarme con alguien que no oye?

Recursos:

Esquema visual simple del sistema auditivo.

Historias breves (adaptadas del documento de Eva West) sobre pérdida auditiva.

Video o imagen de personas usando lengua de señas.

CLASE 11 ¿Qué aprendí sobre el sonido? Cierre, evaluación y proyección

Objetivo general:

Promover la autoevaluación, la metacognición y la construcción colectiva del conocimiento.

ACTIVIDADES DE EVALUACIÓN

Autoevaluación y metacognición

Cada estudiante responde de forma personal y reflexiva:

¿Qué fue lo más interesante que aprendí sobre el sonido?

¿En qué sesión me sentí más motivado? ¿Por qué?

¿Qué concepto me costó más entender?

¿Qué haría diferente si pudiera volver a empezar?

Evaluación del docente: rúbrica global

Comprensión de conceptos clave.

Aplicación práctica de lo aprendido.

Trabajo en equipo y creatividad.

Participación activa.

