



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**FORMALIZACIÓN DE FENÓMENOS FÍSICOS EN
ACTIVIDADES EXPERIMENTALES A TRAVÉS DE LA
MODELACIÓN**

**Diego Alejandro Ríos Pérez
Nicolás Adolfo Amaya Lozano**

**Universidad de Antioquia
Facultad de educación, Departamento de las Ciencias y las Artes
Medellín, Colombia
2019**



Formalización de fenómenos físicos en actividades experimentales a través de la
modelación

Diego Alejandro Ríos Pérez
Nicolás Adolfo Amaya Lozano

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Licenciado en matemáticas y física

Asesora:
Paula Andrea Rendón Mesa

Línea de investigación:
La modelación y experimentación como ejes articuladores entre la matemática y la física

Grupo Mathema

Universidad de Antioquia
Facultad de educación, Departamento de las Ciencias y las Artes
Medellín, Colombia

2019

“Yo, un universo de átomos, un átomo en el universo”

Richard P. Feynman

CONTENIDO

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Antecedentes de investigación	3
1.2. Justificación.....	4
1.3. Objetivos	8
1.3.1. Objetivo General	8
1.3.2. Objetivos específicos.....	8
2. MARCO TEÓRICO	10
2.1. La actividad científica escolar y los modelos teóricos escolares.....	10
2.2. La ACE como proceso	13
2.2.1. Los procesos experimentales en la ACE	15
2.2.2. Los procesos de modelación en la ACE.....	18
2.2.3. Sobre el carácter formal en los procesos de modelación de la ACE	21
3. METODOLOGÍA	23
3.1. El método cualitativo con enfoque hermenéutico	23
3.2. Contexto investigativo.....	24
3.3. El trabajo por colectivos científicos	25
3.4. Fases de la implementación.....	27
3.4.1. Primera fase: Concepción, diseño y construcción de las actividades experimentales.....	27
3.4.2. Segunda fase: Implementación.....	33
3.4.3. Tercera fase: Análisis de la información recolectada.....	33
4. ANÁLISIS Y RESULTADOS	42
4.1. Formalización de un fenómeno físico mediante la modelación y experimentación.....	42
4.1.1. Identificación de fenómenos físicos	42
4.1.2. Identificación de variables.....	45
4.1.3. Relaciones entre las variables del fenómeno.....	47
4.1.4. Representaciones esquemáticas.....	50
4.2. Construcción colectiva de conocimiento a través de la discusión y el debate.....	53
4.2.1. Síntesis de los enunciados verbales.....	53
4.2.2. Formulación de hipótesis de los fenómenos.....	54
4.3. La modelación y la experimentación como posibilitadoras de las relaciones entre lo formal y lo fenoménico.....	57
4.3.1. Construcción o uso de modelos consistentes con la experimentación	57
4.3.1. Explicaciones de los fenómenos que realizaron los colectivos científicos.....	59

5. CONCLUSIONES..... 62
REFERENCIAS 65
ANEXOS 69
 Anexo No. 1. Consentimiento informado..... 69
 Anexo No. 2. Actividad experimental No. 1 72
 Anexo No. 3. Actividad experimental No. 2..... 74
 Anexo No. 4. Actividad experimental No. 3..... 76
 Anexo No. 5. Actividad experimental No. 4..... 79

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Programación para el desarrollo de la propuesta	33
Tabla 2 Categorización de los indicios para el análisis.....	36

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1:</i> Planteamiento del problema de investigación	7
<i>Figura 2:</i> Relaciones de constitución de los modelos teóricos escolares	11
<i>Figura 3:</i> Interacciones entre los sujetos y el conocimiento en la ACE.....	13
<i>Figura 4:</i> Procesos en la ACE que se desprenden de las tres dimensiones cognitivas fundamentales.....	14
<i>Figura 5:</i> Proceso de modelación en la ACE.....	20
<i>Figura 6:</i> Categorías de análisis.....	37
<i>Figura 7:</i> Procedimiento para el análisis de los datos	42
<i>Figura 8:</i> Respuesta Actividad pre-experimental	44
<i>Figura 9:</i> Respuesta Actividad pre-experimental	44
<i>Figura 10:</i> Montaje del tubo de Kundt	46
<i>Figura 11:</i> Respuesta Actividad No. 3. “Conozcamos mejor el sonido”. C1	46
<i>Figura 12:</i> Respuesta Actividad No. 3. “Conozcamos mejor el sonido”. C2.....	47
<i>Figura 13:</i> Respuesta Actividad No. 3. “Conozcamos mejor el sonido”. C3.....	48
<i>Figura 14:</i> Respuesta Actividad No. 3. “Conozcamos mejor el sonido”. C1	48
<i>Figura 15:</i> Respuesta Actividad No. 3. “Conozcamos mejor el sonido”. C4.....	48
<i>Figura 16:</i> Respuesta Actividad No. 4. “Dar forma a fenómeno”. C4.....	51
<i>Figura 17:</i> Respuesta Actividad No. 4. “Dar forma a fenómeno”. C2.....	52
<i>Figura 18:</i> Respuesta Actividad No. 4. “Dar forma a fenómeno”. C8.....	58

RESUMEN

Durante el desarrollo de prácticas pedagógicas realizadas en el grado once de la Institución Educativa Escuela Normal Superior de Medellín, se impartieron clases magistrales de Física y, a su vez, se llevaron a cabo diferentes actividades experimentales en el aula de laboratorio enfocadas en el estudio de fenómenos físicos relacionados con las ondas mecánicas y los fenómenos ópticos. La experiencia en la Institución Educativa permitió identificar el problema que se desarrolló en esta investigación: los estudiantes de Educación Media no relacionaban el carácter formal del conocimiento científico y los aspectos fenoménicos asociados al mismo, es decir, se les dificultaba vincular aquello que ilustraban las teorías físicas (las definiciones, las leyes, las ecuaciones matemáticas, etc.) con los fenómenos observados en las actividades experimentales llevadas a cabo en el aula de laboratorio. Se propone una estrategia metodológica para solucionar el problema cuya intención es transformar las actividades experimentales tradicionales, para que el estudiante asuma el papel de constructor del conocimiento científico y así, pueda generar las relaciones entre ese conocimiento formal que construye y los aspectos fenoménicos que observa en el fenómeno físico formalizado, a través de la experimentación y la modelación. La implementación de la propuesta metodológica dejó en evidencia que los vínculos entre los modelos construidos y los fenómenos estudiados, dan cuenta de relaciones entre el carácter formal del conocimiento científico estructurado por ellos mismos y los aspectos fenoménicos que identificaron en el estudio. Esto también demuestra que las actividades experimentales diseñadas bajo las consideraciones de un diseño de Actividad Científica Escolar posibilitan generar dichas relaciones.

Palabras clave: actividad científica escolar, experimentación, fenomenología, formalización, modelación.

ABSTRACT

During the development of pedagogical practices carried out in the eleventh grade of the Higher Normal School Educational Institution of Medellín, master classes in Physics were taught and, in turn, different experimental activities were carried out in the laboratory classroom focused on the study of physical phenomena related to mechanical waves and optical phenomena. The experience in the Educational Institution made it possible to identify the problem that developed in this research: Middle School students did not relate the formal nature of scientific knowledge and the phenomenal aspects associated with it, that is, they were difficult to link what the theories illustrated physical (definitions, laws, mathematical equations, etc.) with the phenomena observed in the experimental activities carried out in the laboratory classroom. A methodological strategy is proposed to solve the problem whose intention is to transform the traditional experimental activities, so that the student assumes the role of builder of scientific knowledge and thus, can generate the relationships between that formal knowledge that he constructs and the phenomenal aspects that he observes in the formalized physical phenomenon, through experimentation and modeling. The implementation of the methodological proposal showed that the links between the models built and the phenomena studied, account for relationships between the formal nature of the scientific knowledge structured by themselves and the phenomenal aspects that they identified in the study. This also demonstrates that experimental activities designed under the considerations of a School Scientific Activity design make it possible to generate such relationships.

Keywords: School Scientific Activity, Experimentation, Phenomenology, Formalization, Modeling.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el campo de enseñanza de la Física en la Educación Media dirigida a estudiantes entre 16 y 18 años, se identifica como partes de ella, la constitución formal del conocimiento científico y los aspectos fenoménicos asociados a la misma.

Las prácticas pedagógicas que los futuros profesores realizamos en la Institución Educativa Escuela Normal Superior de Medellín se configuró en los espacios de clases y actividades experimentales del área de Física. Dichas prácticas se llevaron a cabo con estudiantes de grado once y, de acuerdo con las experiencias, se elaboró un registro escrito en diarios de campo de las afirmaciones que concebían los estudiantes y reflexiones de los investigadores. Al revisar los registros se identificaron dificultades referidas al carácter formal de la ciencia y su relación con los aspectos fenoménicos. Es decir, en las actividades experimentales que se realizaron en el aula de clase estuvieron ausentes las relaciones entre los fenómenos físicos y las matemáticas, entre los enunciados verbales y las representaciones gráficas que se asocian a dichos fenómenos.

En momentos posteriores, durante la explicación y actuación en las prácticas experimentales se percibió que los estudiantes afirmaban asuntos disonantes en correspondencia con la teoría física. Una serie de actividades experimentales sobre ondas sonoras y resonancia dejó en evidencia relaciones alejadas respecto al fenómeno de ondas estacionarias en columnas de aire y la ecuación que describía las frecuencias de vibración. Entre las afirmaciones que se identificaron de este carácter se encuentra: “la frecuencia fundamental aumenta según se incremente el sonido del altavoz que conecta al tubo de resonancia” (Diario de campo, 10 de septiembre de 2018). Esta afirmación discrepa con la idea de frecuencia fundamental, pues esta es invariante en un tubo de longitud constante e independiente de la intensidad sonora. Este tipo de afirmaciones plantea la reformulación de las prácticas de enseñanza y aprendizaje.

En particular, para la actividad experimental de ondas sonoras y resonancia, la mayoría de los estudiantes no vinculó lo que exponían los modelos matemáticos en relación

con la cantidad de antinodos que podían visualizarse al interior del tubo de resonancia. Al parecer, existe una problemática asociada a la enseñanza de estos temas, frente al modo de experimentación o explicación teórica, ya que como se mencionó, la actividad experimental se desarrolló en momentos posteriores a la conceptualización del tema a abordar. Al respecto, Romero y Aguilar (2013) conciben que el experimento se ha asumido como un proceso de toma de datos y medidas, con el propósito de verificar las teorías. Este asunto imposibilita interpretar el experimento, entender la teoría y generar relaciones, es decir, existe un problema en la manera de llevar el experimento al aula de ciencias.

En el desarrollo de actividades sobre nivel de intensidad sonora, algunos estudiantes presentaron dificultades para comprender qué significa físicamente el nivel de intensidad a cierta distancia de una fuente emisora de ondas y el porqué de la razón de la escala logarítmica. Ellos concibieron que “el nivel de intensidad de una lavadora a cierta distancia de la misma, puede llegar a ser de 6700 dB” (Diario de campo, 20 de septiembre de 2018); esta situación muestra la dificultad de dimensionar los resultados de los problemas respecto a aquellos admisibles físicamente, de donde surge un cuestionamiento frente al trabajo experimental tradicional. Prácticas experimentales como la de ondas sonoras y resonancia ¿posibilitan relacionar los resultados experimentales con las consideraciones teóricas? En el estudio de las frecuencias relativas, bajo la teoría del Efecto Doppler, se identificaron afirmaciones como “la frecuencia de las ondas es cero cuando el observador y la fuente se encuentran en reposo”(Diario de campo, 14 de octubre de 2018); esto muestra que los estudiantes conciben la posibilidad de que existan ondas con frecuencia nula, es decir, las relaciones entre teoría (concepto de onda y frecuencia) y los fenómenos que pueden vivenciar en el trabajo experimental se invisibiliza.

Las vivencias anteriores invitan a preguntarse si las estrategias que se utilizan a la hora de enseñar Física realmente posibilitan relaciones entre teoría y experimento. La práctica experimental tradicional resulta superflua en tanto se ha utilizado con motivos ajenos a la interpretación y se ha encaminado a la verificación, más no a la relación teórico-práctica. Por lo tanto, se vivencia una necesidad de transformar la práctica de enseñanza en el espacio experimental.

Así mismo, en cuanto a los aspectos ilustrativos del problema, se encuentran las actividades experimentales referidas a fenómenos ópticos. En dichas prácticas de laboratorio, los estudiantes ponían de manifiesto que “no hay rayo reflejado cuando el haz de luz incide perpendicular a la superficie del espejo, porque el ángulo de la fórmula de la Ley de Snell es cero” (Diario de campo, 5 de noviembre de 2018). Esta afirmación muestra que las interpretaciones derivadas de las ecuaciones propuestas desde la teoría, se centran en fenómenos ajenos al que se pretende analizar. En ese orden de ideas, cabe preguntarse si esta actividad experimental posibilita interpretaciones del experimento de acuerdo a la teoría.

Las dificultades anteriores constituyen el problema de investigación ya que en estas afirmaciones se destaca la falta de relación entre la teoría y el experimento que, en este caso, se asume la primera como la parte formal y la segunda como la parte fenoménica. A los estudiantes se les dificulta generar relaciones entre el conocimiento formal y los fenómenos físicos, bajo las dinámicas de la enseñanza mediada por la actividad experimental tradicional.

1.1. Antecedentes de investigación

El material bibliográfico que se presenta en esta sección permitió reconocer investigaciones que centran su análisis en dificultades similares a las que se identificaron en ésta, como por ejemplo el tomar la perspectiva de la enseñanza de las ciencias reducida a el planteamiento de definiciones y algoritmos (Malagón, Ayala y Sandoval, 2013); así mismo, las dificultades de estudiantes para describir un fenómeno físico en relación a la teoría (Wainmaier y Fleisner 2015). Por lo tanto, en el centro de práctica se identifica dificultades asociadas al distanciamiento del conocimiento formal en relación a los fenómenos físicos y a la experimentación tradicional como obstáculo para posibilitar las relaciones.

Malagón, Ayala y Sandoval (2013), en su obra *Construcción de fenomenologías y procesos de formalización: un sentido para la enseñanza de las ciencias*, exponen algunas

problemáticas que se relacionan con las identificadas, en cuanto a la perspectiva de asumir la enseñanza de las ciencias reducida a un proceso centrado en “definiciones, enunciados y algoritmos” (Malagón, Ayala y Sandoval, 2013, p. 10), situación que resulta en un problema en el momento de analizar los fenómenos físicos. Las dificultades en este proceso radican en que el manejo de algoritmos no aporta a los estudiantes información sobre el proceso de organización de las fenomenologías estudiadas. En este sentido, cabe destacar que la experimentación propicia los procesos de construcción del conocimiento pues, tal y como plantean Malagón, Ayala y Sandoval (2013), las descripciones e interpretaciones que realicen los estudiantes del fenómeno exigen construcción y comprensión conceptual que inicia en el reconocimiento del fenómeno físico que se pretenda estudiar.

De igual manera, Wainmaier y Fleisner (2015) exponen en su publicación “Interpretación del lenguaje simbólico de la física: Las ‘lecturas’ de los estudiantes”, elementos que muestran la dificultad de los estudiantes al referirse a fenómenos físicos, en tanto se realizan enunciados discrepantes con la teoría, tales como “El trabajo de una fuerza es la fuerza a lo largo de un desplazamiento” (Wainmaier y Fleisner, p. 2501-2). Estas dificultades que se asocian al manejo del lenguaje implican una falta de relación entre el carácter formal de las declaraciones en Física y los fenómenos que se intenta referenciar. A su vez, se advierte de las dificultades de los estudiantes para interpretar el significado de los formalismos en el área de Física. Autores como Lawson y Mc Dermott (1987) conciben estas dificultades como recurrentes en el desarrollo de su investigación titulada “Comprensión de los estudiantes de los teoremas de trabajo-energía e impulso-momentum” (Traducción de los autores). Allí se hace explícita la existencia de falencias al establecer conexiones entre el mundo físico, el lenguaje algebraico y las representaciones gráficas.

1.2. Justificación

Los *Lineamientos curriculares del área de ciencias naturales*, del Ministerio de Educación Nacional de Colombia (En adelante, MEN), afirman que el dominio de ecuaciones, modelos y construcciones teóricas se consideran un logro significativo que puede conducir a logros superiores como la capacidad para reinterpretar y reorganizar la

información que gira entorno a nosotros (MEN, 2016). Es una problemática que exista un distanciamiento entre la teoría y el campo fenoménico al que se refiere, pues el estudiante elabora una visión del mundo que carece de sentido físico (Ayala, Garzón y Malagón, 2007). La construcción de esa visión del mundo es uno de los propósitos del área de ciencias naturales en Colombia que procura brindar al estudiante la capacidad de plantear explicaciones sustentadas bajo teorías formalizadas y matematizadas y que, a su vez, se fundamenten en leyes articuladas desde un sistema formalizado (MEN, 2016).

Respecto a estos propósitos del área de ciencias naturales, se reconoce la necesidad de transformar la práctica experimental instrumentalizada, es decir, aquella cuya intención es la toma de datos para verificar la teoría. Esta transformación puede asociarse a las ideas que conciben Ayala, Garzón y Malagón (2007) sobre el experimento, “un espacio de concreción y dinamización de la actividad conceptual y formal” (p. 51).

Adicionalmente, Romero (2013) sostiene que con la actividad experimental los estudiantes pueden llegar a construir conocimiento por sí mismos, y también de manera colectiva, con la mediación del docente como moderador. Por ende, la actividad experimental permite el desarrollo y el análisis de los fenómenos, puesto que se propicia un espacio de observación, experimentación y discusión, con lo cual los estudiantes pueden llegar a elaborar hipótesis, para validarlas de forma posterior (concretarlas). Este asunto dinamiza la apropiación teórica y conceptual, se enriquece la fenomenología y del mismo modo el planteamiento de nuevos problemas conceptuales y formales.

Investigaciones como las de García y Rentería (2011a, 2011b), en torno al uso de la modelación en el contexto escolar con la intención de mejorar las estrategias de enseñanza y aprendizaje, muestran la eficacia del uso de este medio en lo que refiere a la comprensión de los temas estudiados en el aula. La modelación como estrategia o recurso didáctico ha sido objeto de estudio para autores que se enuncian más adelante, cada uno con enfoques en diferentes problemáticas. Algunos señalan falencias en el proceso enseñanza y aprendizaje, a su vez, establecen rutas encaminadas a una solución a través de la modelación y la experimentación, tal y como lo plantean García y Rentería (2011a):

La experiencia de modelizar experimentos que posibiliten la construcción de modelos explicativos, puede desarrollar habilidades de experimentación referidas al manejo de la naturaleza de las relaciones entre las variables estudiadas, de su carácter causal y de cómo se articulan en la formulación de hipótesis. (p.46)

En referencia al anterior planteamiento, se podría enunciar que las falencias en el proceso de enseñanza aprendizaje se pueden superar si se propicia un espacio de experimentación mediado por la actividad de modelación, en la que se favorezca la formulación de hipótesis, identificación de variables y planteamiento de las mismas, con ello, se presentan o surgen variables que permiten a los estudiantes relacionar el mundo cotidiano con el fenómeno.

Al respecto, los lineamientos curriculares para el área de ciencias naturales, abordan la modelación como recurso didáctico que permite entender el mundo real para organizarlo en un “sistema conceptual” (MEN, 2016). De aquí se desprende la importancia de organizar las experiencias empíricas, lo que muestra la necesidad de utilizar estrategias de enseñanza acordes al cumplimiento de este propósito.

La modelación y la experimentación permiten construir y articular aquello referido al carácter representativo, matemático y formal en general, de lo fenoménico y los fenómenos mismos, como muestran las investigaciones ya mencionadas. En ese sentido, esta investigación se sitúa en el marco de la experimentación en ambientes de modelación, donde se entiende el ambiente de modelación como las dinámicas y formas de trabajo para la aproximación, la construcción, la formulación y la validación de modelos asociados a los fenómenos físicos que se observan en la práctica experimental.

La revisión de literatura (Izquierdo-Aymerich & Adúriz-Bravo, 2005; Izquierdo-Aymerich, 2007; Paz, Márquez & Adúriz-Bravo, 2008; Paz, 2009) ha permitido identificar que los procesos de modelación y experimentación en el aula hacen parte de la actividad científica en la escuela, o comúnmente llamada en la literatura como Actividad Científica

Escolar (En adelante, ACE). La ACE consiste en un proceso de atribución de sentido al mundo a través del pensamiento, la acción y el discurso. Se puede entender como el proceso que realizan los científicos, pero efectuado en la escuela por los estudiantes (Izquierdo, 2007). La ACE ha tenido un gran impacto en las aulas de ciencias, ya que posibilita conectar los hechos del mundo con los modelos adecuados para explicarlos, es decir, atribuirle sentido al mundo para describir los fenómenos mediante la utilización de un lenguaje formal.

Este trabajo investigativo pretende aportar una estrategia de enseñanza y aprendizaje consistente en el uso de la experimentación y la modelación bajo las dinámicas de la ACE para la construcción de conocimiento en el aula de ciencias. Esto se logra en la medida que se generen relaciones entre el fenómeno que se experimenta y el conocimiento formal que se construye, a fin de solucionar el problema de la falta de relación entre el carácter formal del conocimiento científico y los aspectos fenoménicos asociados al mismo.

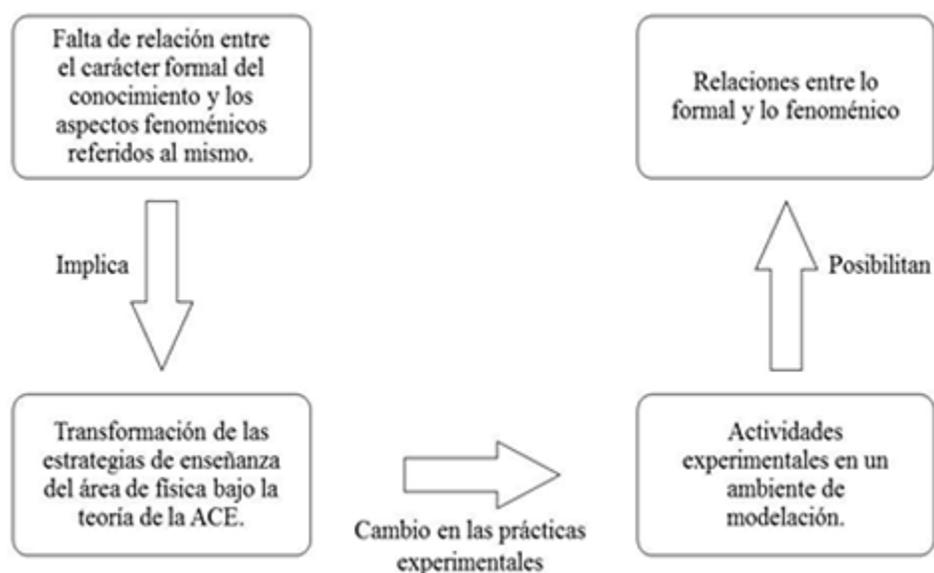


Figura 1: Planteamiento del problema de investigación

Fuente: Diseño de los autores de esta investigación.

El esquema muestra cómo esas dificultades que se identificaron en el centro de práctica (EI Normal Superior de Medellín) configuran el problema, que a su vez implica la

necesidad de hacer un cambio en las estrategias que se han utilizado para enseñar Física a los estudiantes de Educación Media; este cambio se propone de forma directa en las actividades experimentales, con el fin de posibilitar las relaciones entre lo formal y lo fenoménico.

A raíz de los planteamientos expuestos en el contexto de las prácticas pedagógicas se identifica el problema: Los estudiantes de Educación Media de la Institución Educativa Escuela Normal Superior de Medellín, en el área de Física, presentan una falta de relación entre el carácter formal del conocimiento científico y la parte fenoménica asociada al mismo.

En consecuencia, surge la pregunta que fundamenta la investigación: ¿Cómo las actividades experimentales en un ambiente de modelación posibilitan que los estudiantes relacionen el carácter formal del conocimiento científico y los aspectos fenoménicos asociados al mismo?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Analizar los modelos construidos por estudiantes en actividades experimentales, para dar cuenta de la experimentación y la modelación como posibilitadoras de relaciones entre el carácter formal del conocimiento científico y el carácter fenoménico asociado al mismo.

1.3.2. Objetivos específicos

Reconocer las posibilidades de construir conocimiento formalizado a través de la experimentación en colectivos científicos escolares.

Identificar los procesos realizados por los estudiantes para la construcción de modelos que formalizan los fenómenos físicos observados en actividades experimentales.

2. MARCO TEÓRICO

El presente marco teórico expone los conceptos tomados en consideración en el desarrollo del trabajo investigativo para generar constituciones teóricas que ayuden a referirse al objeto de investigación, de modo que pueda orientarse el diseño metodológico, los análisis de resultados y las conclusiones de la investigación. Por lo tanto, es importante definir en esta investigación el modo de comprender la actividad *científica escolar*, *la modelación*, *la formalización*, *la experimentación*, entre otros conceptos. Asimismo, se muestran las relaciones de dependencia y complementariedad que presentan estos *procesos* para la dinámica escolar.

2.1. La actividad científica escolar y los modelos teóricos escolares

La Actividad Científica Escolar (ACE) surge como alternativa de enseñanza. Su génesis radica en la necesidad concebida por la didáctica de que emerja conocimiento en el aula de ciencias. En la ACE se pretende que los alumnos relacionen sus propios conocimientos con la experiencia y se empiece a configurar el conocimiento científico a partir de aspectos disciplinares y personales (Izquierdo, 2007). La didáctica de las ciencias como planteamiento del diseño, configura la ACE como proceso mediante el cual los estudiantes dan sentido al mundo por medio de *modelos teóricos escolares* (Paz, 2009). En ese sentido, Izquierdo (2007) define los *modelos teóricos* como entidades abstractas que ayudan a interpretar los diferentes grupos de fenómenos del mundo. Son producto de un pensamiento abstracto caracterizado por un corte racional y lógico que, a su vez, puede surgir de un diálogo entre personas especializadas en diferentes campos del conocimiento, y que tiene como tarea u objetivo el análisis de una misma problemática. No obstante, los *modelos teóricos escolares* son realizados por los estudiantes, dejando de lado el enfoque tradicionalista escolar, ya que los estudiantes pertenecientes a un colectivo científico son los principales actores en el proceso de construcción de conocimiento por medio de dichos modelos. En consecuencia, se plantea una propuesta reflexiva de la actividad científica tradicional en la escuela.

Los modelos teóricos escolares deben caracterizarse por tener un corte racional y lógico, pues el propósito de la ACE es propiciar espacios de reflexión frente al fenómeno a analizar, con lo que el aprendizaje pasa a ser producto de la interacción o experimentación con el fenómeno, es decir, el aprendizaje es resultado de un *razonamiento*, circunstancia que deja de lado el aprendizaje memorístico (Izquierdo, 2007).

En el caso de la Física, los modelos teóricos escolares se entienden como definiciones, enunciados verbales, representaciones gráficas, relaciones y ecuaciones matemáticas, pues estos dan cuenta del fenómeno físico, y en el mismo sentido, los fenómenos físicos se pueden entender mediante los modelos teóricos escolares. Estas relaciones de modelos-fenómenos y de la constitución de los modelos se muestran en la figura 2.

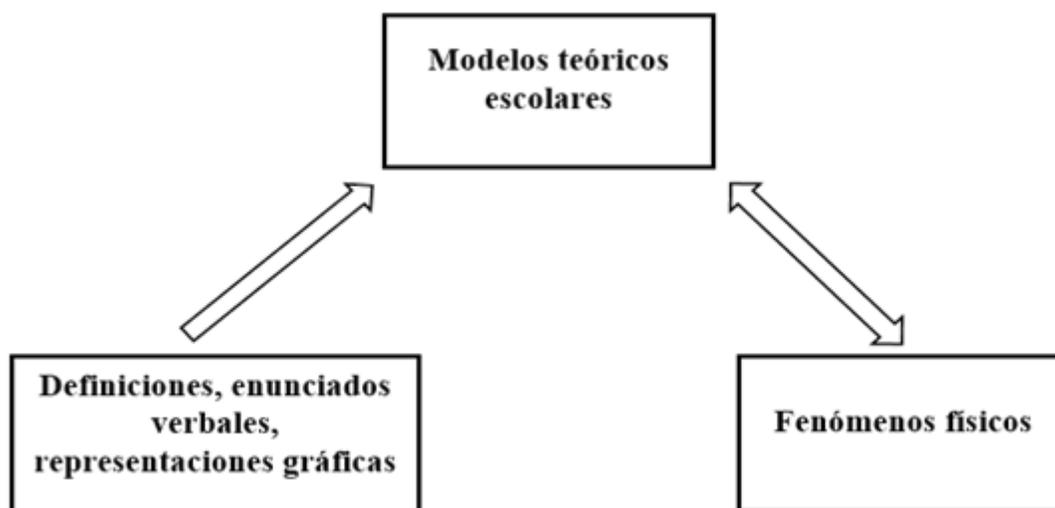


Figura 2: Relaciones de constitución de los modelos teóricos escolares

Fuente: Diseño de los autores de esta investigación.

La ACE se presenta como un espacio para acercar a los estudiantes a la ciencia y el trabajo que realizan los científicos y, como consecuencia, se visibiliza el conocimiento como un planteamiento inacabado (Izquierdo, 2007). Además, favorece la construcción del conocimiento científico mediante los modelos teóricos escolares.

La enseñanza de las ciencias debe conllevar a pensar de manera teórica, de modo que la comprensión de los fenómenos del mundo sea simplificada por medio de los modelos teóricos escolares, ya que permiten la conexión entre las ideas, las experiencias y los lenguajes. En ese mismo sentido, la actividad científica que se lleva a cabo en una comunidad escolar debe ser valorada, aunque los modelos propuestos por los estudiantes no se expresen o definan de la misma manera que en la actividad realizada por científicos (Izquierdo, 2007). Es así que el lenguaje tiene un papel clave en la ACE, pues este ha de ser auténtico y derivado del proceso, y el lenguaje disciplinar debe tomar sentido para los estudiantes.

En la ACE se reconocen dos sujetos que se involucran en su desarrollo: el profesor y los estudiantes. El primero tiene la tarea de posibilitar los espacios, construir el diseño metodológico que se llevará a cabo en el aula y guiar al estudiante mientras se aproxima al conocimiento; mientras que el segundo tiene la tarea de construir ese conocimiento científico bajo las dinámicas del diseño que realizó el profesor (Izquierdo 2007). Así pues, la interacción entre el conocimiento, el estudiante y el profesor es constante en el proceso de la ACE, donde se presentan diversas dinámicas en la construcción del conocimiento. Por tanto, resultan esenciales los diálogos entre los estudiantes y el profesor, pues se valida el conocimiento en la medida que se discute entre colectivos.

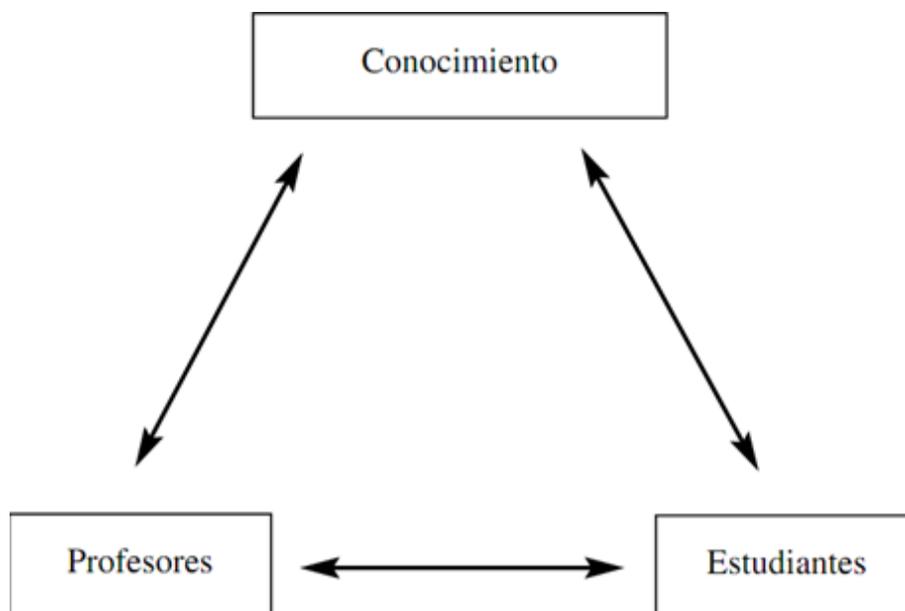


Figura 3: Interacciones entre los sujetos y el conocimiento en la ACE

Fuente: Diseño de los autores de esta investigación.

Esto quiere decir que el conocimiento es dinámico: variable y cambiante. Por tanto, se debe procurar porque los estudiantes establezcan por sí mismos los conocimientos básicos y que, posteriormente, se relacionen con los conocimientos científicos como producto de la interpretación y validación de los modelos teóricos escolares.

El profesor ayuda a los estudiantes a saber cuándo y cómo utilizar algunos términos disciplinares. Este argumento corresponde a los planteamientos de la ACE y la construcción de conocimiento, pues en la creación de los modelos teóricos escolares se incorporan algunos términos científicos, por ejemplo: onda, frecuencia, longitud de onda, entre otros.

2.2. La ACE como proceso

A nivel elemental, existen tres dimensiones cognitivas que le permiten al estudiante aproximarse al conocimiento científico. Según Guidoni (1985) e Izquierdo (2007) estas dimensiones son “*el pensamiento, la actuación y el lenguaje*” (Izquierdo, 2007, p.131). Estas acciones deben fomentarse en el diseño de una ACE puesto que, como toda

dimensión cognitiva, posibilitan el entendimiento, la acción, la construcción y el uso de comprensiones para intervenir en el mundo y precisamente acercarse al conocimiento científico a través de los modelos teóricos escolares. En ese sentido, estas tres dimensiones forman parte esencial de la ACE como proceso, puesto que se adecuan al cumplimiento de sus intenciones. La modelación, la experimentación y la comunicación se relacionan directamente con cada una de las dimensiones. De esta forma, se puede establecer una conexión entre pares que, a su vez, se dinamiza en el aula. Con el ánimo de representar dichas conexiones se presenta la Figura 4.

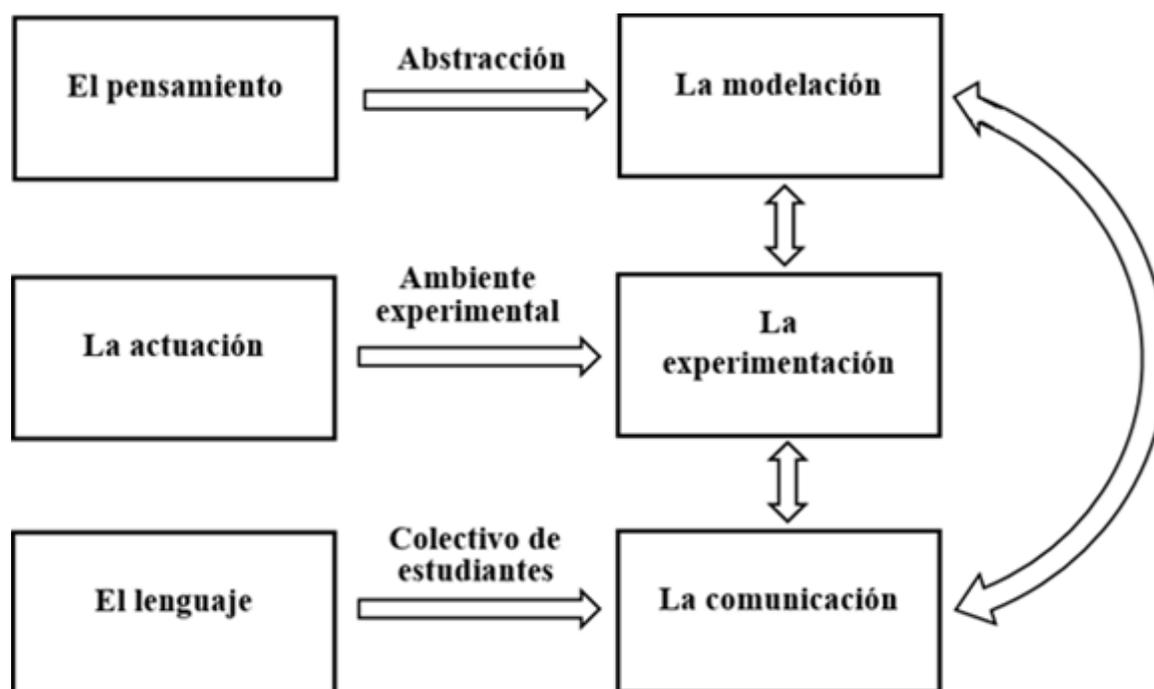


Figura 4: Procesos en la ACE que se desprenden de las tres dimensiones cognitivas fundamentales

Fuente: Diseño de los autores de esta investigación.

El esquema concibe la concepción de Izquierdo (2007) que hace referencia a cómo el pensamiento se relaciona de forma directa con la abstracción de los fenómenos que se estudian en el aula de ciencias. Al mismo tiempo, en este proceso se crean modelos de los mismos fenómenos a través de la *modelación*. La actuación bajo un ambiente experimental se asocia con la posibilidad de manipulación del fenómeno que tiene el estudiante en la actividad experimental. El lenguaje, además de ser mediador entre el fenómeno y su

configuración formal, posibilita la interacción entre colectivos de estudiantes a través de la comunicación. En el proceso de la ACE, estas tres dimensiones no se dan independientes la una de la otra, sino que se encuentran en un constante desarrollo bajo una relación dialéctica, es decir, no se puede modelar sin experimentar, o comunicar sin abstraer.

2.2.1. Los procesos experimentales en la ACE

Un elemento fundamental de la ACE es la *experimentación*, que se asume como su componente principal, ya que en torno a la experiencia se trata de identificar situaciones o fenómenos que permitan formular planteamientos con el propósito de construir un discurso con el lenguaje disciplinar para los nuevos conocimientos, en que el modo de expresar tenga significado para los estudiantes.

En cuanto a la experimentación, Hodson (1994) plantea que constantemente se les pide a los estudiantes que comprendan la fenomenología de la actividad experimental, puesto que es un propósito de la clase de ciencias. Sin embargo, el trabajo práctico genera inconvenientes en el proceso de comprensión de dicha fenomenología, ya que generalmente se adopta un “enfoque receta”, y se siguen instrucciones paso a paso; asunto que termina en la obtención de datos acorde a la guía propuesta.

Dicha situación no permite una interpretación de los resultados, por tanto, la reflexión y la participación de los estudiantes se reduce al punto de verse limitados a generar discusiones, preguntas o afirmaciones. Los anteriores planteamientos resultan problemáticos, pues el objetivo principal en la práctica de la ciencia es encaminarla a una actividad reflexiva, ya que si los estudiantes participaran de manera activa “aumentan su comprensión de lo que constituye hacer ciencia” (Hodson, 1994, p. 12). Alcanzar tal comprensión genera conexiones entre el conocimiento científico que se adquiere en el proceso de “hacer ciencia” y la fenomenología de la actividad experimental en la que se construye el conocimiento.

Ayala, Malagón y Sandoval (2013) plantean que el papel del experimento en clase de ciencias se ha reducido a una “perspectiva extrema” de práctica científica: “el experimento visto como un medio para validar el conocimiento que se tiene de los fenómenos naturales” (p.10). Por ello, resulta necesario redefinir los métodos mediante los cuales se presenta el conocimiento en el aula, para no caer en esa perspectiva extrema. Como se mencionó, la práctica científica no está solo determinada por el producto o por las teorías que se encuentren en dicha práctica, sino también por la actividad misma. Para aprender ciencia, esta debe ir acompañada de actividad experimental (Izquierdo, 2013). Si bien a la mayoría de estudiantes les entusiasma la práctica de laboratorio, no significa que mediante la actividad experimental aprendan más. Esta es una de las razones por las que algunos docentes optan por una enseñanza en física reducida a la pizarra (Izquierdo, 2013).

La experimentación se presenta en este trabajo como una alternativa que configura una nueva visión de enseñanza. Las experiencias, los hechos científicos, las teorías y el conocimiento son construcciones humanas; a pesar de esto, cualquier acontecimiento del mundo no es en sí mismo un hecho científico. Para considerarlo así y que se pueda construir conocimiento, primero ha de cumplir ciertas condiciones. La perspectiva de experimentación que se asume para la investigación es la de un espacio en el cual se analiza un tipo de fenómenos que interesan y sobre los que se pueda intervenir, es decir, es una manera de pensar y actuar (Paz, Márquez & Adúriz-Bravo, 2008).

La actividad científica escolar no sólo se realiza en un entorno experimental de laboratorio, por el contrario, abarca diferentes tipos saberes y experiencias del mundo real, pues el conocimiento se encuentra en el mundo que se quiere describir o analizar a partir de la interacción, en un sentido más amplio, las observaciones, las simulaciones, las manipulaciones de los instrumentos constituyen la experimentación (Izquierdo, 2007). Del mismo modo, en la clase de ciencias, la construcción del conocimiento se direcciona por las preguntas que se formulan a partir de las situaciones experimentales. Con estas preguntas se da inicio a plantear objetivos para dar explicación a los fenómenos que se pretenden analizar, los objetivos han de estar relacionados y establecidos de manera creativa a partir de las necesidades del momento (Izquierdo, 2007, p. 129). Por ello, la ACE ha de contribuir

a la construcción del conocimiento, el cuál surge con el planteamiento de preguntas de los estudiantes o profesores. Como se mencionó, se deben cumplir algunas características para que la ACE posibilite la construcción de conocimiento, entre ellas, se encuentran las siguientes:

- Quien analiza el fenómeno puede tener a disposición referentes adquiridos por experiencias anteriores, es decir, dispone de modelos que se han elaborado previamente para explicar otro tipo de situaciones, de ese modo, el conocimiento es el facilitador en la construcción de una nueva representación de lo observado.
- El nuevo conocimiento sirve para comprender lo que pasa en el fenómeno, así que el conocimiento se transforma en un modelo pues permite actuar sobre el fenómeno mismo; y
- Dicho modelo es producto de la intervención sobre el fenómeno realizado por estudiantes, concebido ahora como el modelo teórico escolar; este ha de tener sentido y configurar la experiencia que se observa con el propósito de comunicarlo y validarlo.

La construcción de conocimiento permite generar conexiones entre conceptos y trascender a un lenguaje formal que sustenta dichas conexiones. Estas conexiones se reflejan en los modelos teóricos que plantean los colectivos científicos. Obregón (2002) expone la idea en la que se define el colectivo de pensamiento como “cualquier comunidad de personas que intercambian ideas o mantienen cualquier tipo de interacción intelectual” (Obregón, 2002, p.43). En efecto, para el caso de la ciencia escolar y su relación con la construcción de conocimiento, la comunicación en el colectivo dinamiza la validación de los modelos teóricos escolares, pues permite la discusión y el constante intercambio de ideas, por ello, se plantea la idea de *colectivos científicos* en el aula de ciencias. Por eso, el conocimiento científico para cada colectivo científico debe tener un carácter teórico y práctico y, como lo plantea Izquierdo (2007), los modelos teóricos escolares favorecen la autonomía en lo que a descripción o análisis de situaciones experimentales se refiere.

2.2.2. Los procesos de modelación en la ACE

La perspectiva sobre enseñar a hacer ciencia desde la ACE, concebida por Izquierdo (2007), identifica un proceso de “modelización científica” o *modelación* como estrategia, la cual consiste principalmente en *pensar, hacer y comunicar*. Asimismo, el autor concibe que el proceso de modelación radica en la finalidad misma de la ACE: dar sentido al mundo por medio de modelos teóricos escolares. Para esto, el “mundo” a conocer a partir de la manipulación y la modelación debe ser orientado por el profesor, para darle sentido propio y característico a la ciencia escolar. Según Izquierdo, Sanmartí y Espinet (1999), la experimentación junto con la modelación en la clase de ciencias permite identificar características de un fenómeno y definir conceptos que, a su vez, pueden pasar a ser modelos teóricos, en tanto puedan ser aplicados a muchos fenómenos diferentes y cuyas propiedades sean interpretadas mediante un mismo modelo. En ese sentido, “los modelos teóricos son las entidades principales del conocimiento científico, siempre y cuando conecten con fenómenos y permitan pensar en ellos para poder actuar” (Izquierdo, 1999, p.48). Por lo anterior, que el estudiante logre concebir los modelos teóricos a través de los procesos de modelación es un propósito fundamental en los diseños de ACE, sin dejar de lado los de experimentación y comunicación colectiva.

Tal como se ha expuesto, la ACE reconoce un concepto de modelo de ciencias referido a la idea de *modelo teórico*. Al respecto, el concepto de “modelo” tiene diferentes interpretaciones. Rolleri (2013) plantea que “un modelo es una descripción interpretativa de un fenómeno que facilita el acceso al fenómeno” (p.279). La perspectiva de Rolleri se aproxima a las pretensiones del proceso de modelación en la ACE: la descripción de un fenómeno, en este caso de naturaleza física, para comprender el fenómeno observado en el aula de laboratorio.

Además, el autor destaca rasgos característicos de los modelos en Física, por ejemplo: 1) generan interpretaciones de fenómenos o cosas que acontecen, 2) involucran idealizaciones o simplificaciones, 3) implican la selección de unos aspectos del fenómeno u

omisión de otros.” (p. 280). Un modelo que se obtenga del proceso de modelación en Física debe tener las características mencionadas. Desde otro punto de vista, García y Rentería (2011a) plantean que un modelo “es la forma de caracterizar y organizar los hechos y fenómenos objetos de estudio” (p.13). Dicho planteamiento es una perspectiva que se relaciona directamente con los planteamientos de Rolleri (2013) e Izquierdo (2007), ya que los modelos que los estudiantes construyen son formas de observar los fenómenos, es decir, una posibilidad de dar sentido al mundo que se habita. Así mismo, los modelos propician la pregunta por el fenómeno y predicciones que se contestan con el modelo, pues el fenómeno observado forma parte del modelo porque se genera en relación al fenómeno y se observa a través de él (García y Rentería, 2011a).

Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich (1999, 2009) exponen una perspectiva de modelo que se relaciona con la ACE ya que conciben que cuando se habla de “modelo” en el lenguaje natural, puede atribuírsele diferentes connotaciones al concepto, hacer referencia a un objeto del mundo real (el modelo de un pintor, por ejemplo) que de alguna manera puede representarse, mientras que en ocasiones se habla de “modelo” como una *representación simbólica* que se hace de una entidad real (una maqueta, por ejemplo). En ese sentido, el uso del concepto “modelo” puede clasificarse en dos categorías: “un *arquetipo, ejemplo paradigmático o epítome* de una clase o conjunto; y (...) una versión *estilizada, réplica, esquema o diseño* de algo, (...) pero en general, un modelo señala una imitación o simulación de su referente, que sólo captura de manera simplificada algunos elementos centrales” (Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich, 2009, p.41). En efecto, un *modelo teórico* es necesariamente una versión estilizada, réplica, esquema o diseño de algo. Desde esta perspectiva, Izquierdo (2013) concibe que la modelación en la ACE involucra el proceso cíclico consistente en pensar, hacer y comunicar.

En el proceso de modelación, la obtención de un modelo teórico escolar se hace posible siempre que se establezcan *definiciones* (por ejemplo: presión, volumen, longitud de onda, velocidad angular, etc.) de las entidades observadas durante el proceso experimental. Durante el mismo proceso, el estudiante debe reconocer que el fenómeno en estudio se relaciona con otros que conoce, así, se establecen *hipótesis teóricas*

(consideraciones a tener en cuenta para modelar el fenómeno) que resultan de carácter similar entre el fenómeno observado y el ya conocido (por ejemplo: el comportamiento de las ondas estacionarias en columnas de aire se relaciona con el fenómeno observado en una cuerda vibrante). La Figura 5 muestra el proceso de modelación en la ACE bajo las consideraciones de Izquierdo (2007).

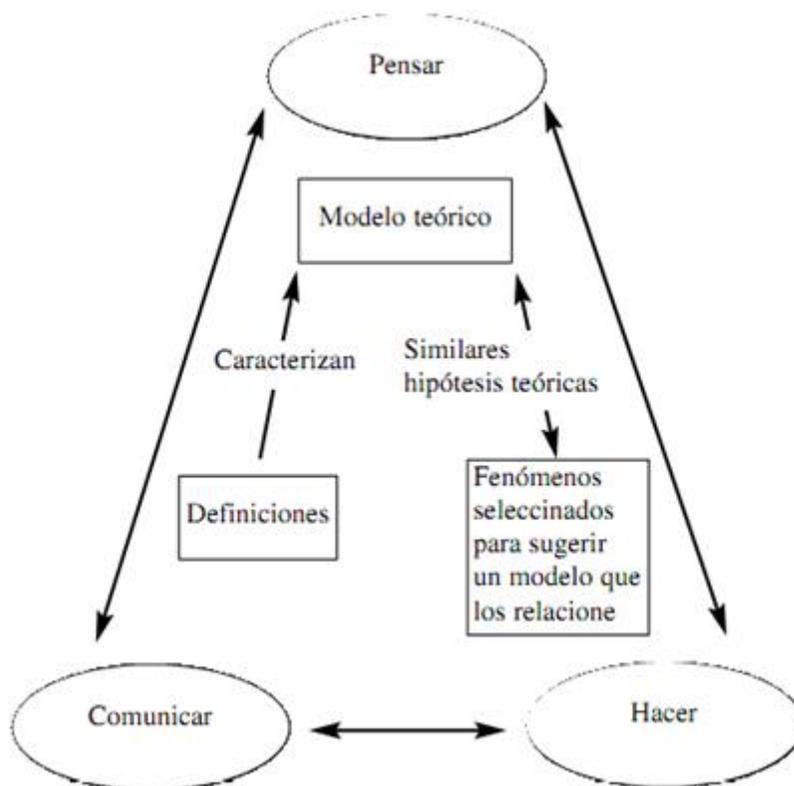


Figura 5: Proceso de modelación en la ACE

El propósito del proceso de modelación no es que los estudiantes presenten un cambio en cuanto a los conceptos o términos científicos, pero sí que manifiesten que la construcción de conocimiento es una posibilidad plausible en el aula de ciencias. Por tanto, que al modelar algunos fenómenos en la escuela, se incluya la descripción de la actividad experimental en términos que son cotidianos para los estudiantes, pero que poco a poco se transformen. Es entonces cuando la apropiación teórica y fenoménica del fenómeno que se observa permite introducir el lenguaje propio de la ciencia (Izquierdo, 2013).

2.2.3. Sobre el carácter formal en los procesos de modelación de la ACE

Este trabajo investigativo contempla como uno de sus ejes principales el carácter formal del conocimiento científico, el cual se relaciona de forma directa con el proceso de modelación. Considérese, por ejemplo, un herrero que pretende materializar una escultura de hierro; esta materia prima no posee una forma definida antes de que el herrero la transforme, es él quien a través de un proceso de calentamiento del material y acomodación le da la forma de escultura. Para darle un carácter formal a las cosas se requiere de la acción del individuo. En dicho sentido, *formalizar*, a nivel elemental, “quiere decir dar una forma definida y esquematizada a alguna cosa; significa ver y operar sobre alguna cosa según las propiedades y las reglas de un entrecruce de formas que ya se conocen en cuanto tales, que se precisan y se organizan ulteriormente en el acto mismo de formalizar” (Arcà y Guidoni, 1987, p.138).

La descripción responde al proceso mismo de modelación en la ACE. Los modelos bajo las ideas expuestas de Rolleri (2013), García y Rentería (2011), Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich (1999, 2009) poseen ese carácter esquemático, con estructura y orden que se le atribuye a aquello que es formal. En ese sentido, y tal como lo conciben Rodney y Bassanezi (1994), el proceso de modelación culmina con la elaboración de una formalización. Así, en la ACE, un modelo teórico es sustancialmente formal.

Para reforzar esta concepción del proceso de modelación en la ACE, se retoma la perspectiva de “modelo” que se presentó antes (Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich, 2009). Un modelo es una versión *estilizada, esquema o diseño* de algo. Si dicha visión se compara con la definición de Arcà y Guidoni (1987) sobre *formalizar*, se observa que ambos aluden a esquemas y versiones o *formas* estilizadas de algo. En ese sentido, un modelo teórico escolar debe ser una *construcción formal* de aspectos externos, y el proceso de modelación es en sí mismo un proceso de formalización, a través del cual se les da forma a los fenómenos con el pensamiento, la acción y el discurso (pensar, hacer y comunicar), acciones inherentes a la ACE. Las construcciones formales que realizan los

estudiantes, a partir de la experiencia, constituyen la ciencia escolar que se realiza en el aula. El término *construcción formal*, entendido desde García y Rentería (2011a), hace alusión a los modelos físicos, lingüísticos, o matemáticos.

La formalización en el aula de ciencias ha sido un asunto constante de discusión, pues “se suele centrar en definiciones, enunciados y algoritmos, perspectiva que dificulta a los estudiantes procesos de formalización que puedan articular a la organización de su experiencia” (Ayala, Malagón y Sandoval, 2013, p.10). Esta perspectiva de formalización del aula tradicional entra en conflicto con las pretensiones de la ciencia escolar acometidas por la ACE, pues el estudiante no interviene en el mundo, solo se le presenta un mundo previamente construido, inmutable y absoluto. El MEN (2016) hace especial énfasis en dar la posibilidad al estudiante de intervenir en el mundo, en la clase de ciencias. Se pretende que los estudiantes puedan hacer representaciones formales de los fenómenos físicos objeto de estudio a partir de la experimentación en un ambiente de modelación, es decir, en el proceso de modelación; que las representaciones formales obtenidas por los estudiantes o modelos teóricos escolares les permitan organizar sus experiencias, de manera que la fenomenología del mismo tenga sentido para los estudiantes mediante su interacción con el mundo.

3. METODOLOGÍA

Hernández, Fernández y Baptista (2006) conciben la investigación un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno. Por lo tanto, establecer un marco metodológico para orientar los actos investigativos resulta de vital importancia. Esta metodología de investigación se compone de una serie de elementos fundamentales para su desarrollo: el método de análisis que se asume para la investigación, el enfoque investigativo, el contexto en el cual se desarrolla, los participantes y sus funciones, las fases de la implementación, el carácter del instrumento de intervención, entre otros.

3.1. El método cualitativo con enfoque hermenéutico

La investigación se acoge al enfoque de tipo cualitativo. Esto quiere decir que la recolección de la información no tiene medición numérica dada la necesidad de analizar el proceso de formalización y modelación que realizan los colectivos científicos a partir de la actividad experimental. Los métodos cualitativos son flexibles y dinámicos respecto a los eventos y la interpretación de estos, entre las respuestas y el desarrollo teórico. Este dinamismo permite evidenciar la construcción de conocimiento por medio de la experimentación, las discusiones, modelos teóricos y socialización de los mismos durante la propuesta de intervención.

Se presenta un hermenéutico que se plantea como la reflexión del humano que comprende, en particular, “que se relaciona comprensivamente con el mundo” (Neira, 2012, p. 192). En este caso, comprender la relación entre fenomenología y formalismo es precisamente el problema que se identificó. La falta de relación del sujeto con el mundo termina en la incomprensión del mismo, pues carece de relación la fenomenología con un sistema formal que permita describir y analizar los diferentes fenómenos a estudiar.

Ahora bien, si se incorpora la experiencia en la realidad de los seres humanos, esta, modifica a quien comprende, pues como menciona Neira (2012) “en toda interacción

humana con el mundo se produce comprensión e interpretación” (Neira, 2012, p. 192). Esto es relevante ya que durante la actividad científica escolar en el proceso de experimentación se interacciona con el mundo. De esta forma, los estudiantes plantean diversas interpretaciones de los fenómenos físicos permeadas por los conocimientos que tengan del mundo, pues se acude a los conocimientos que se tienen y a la comprensión de un nuevo fenómeno. Dichas interpretaciones dotan de sentido los modelos teóricos escolares que construyen los colectivos científicos, esto es, adquieren racionalidad debido a las discusiones que se presentan en cada uno de los colectivos. Es así que mediante dichos modelos se posibilita la conexión entre la fenomenología y el carácter formal del conocimiento.

3.2. Contexto investigativo

En este apartado se presentan las características del espacio y las condiciones bajo las que se desarrolló la investigación. Por tanto, se describe el espacio donde se llevó a cabo la implementación, los participantes o personas que se vincularon al proceso investigativo. Se precisan también las funciones que cumplieron cada uno al asumir un rol investigativo.

La investigación se desarrolló en la Institución Educativa Normal Superior de Medellín, ubicada en la comuna número 8 de la ciudad de Medellín. Los estudiantes provienen del barrio Villa Hermosa y de barrios aledaños como Enciso, Manrique, Boston, entre otros. La implementación de las actividades se efectúa en el tercer periodo académico institucional, para el cual, el plan de área institucional estipula que los estudiantes se encuentren en el estudio de los *fenómenos sonoros*. En consecuencia, la génesis del tema que se trabajó obedece a continuar con los estudios programados por la institución con el propósito de no centrar la atención en problemáticas particulares y convenientes. Además, según Chirino et al. (2009), en correspondencia con la teoría de la actividad científica escolar, la escogencia tema a trabajar bajo debe atender a problemas de naturaleza curricular. En ese sentido, las actividades construidas para la implementación se relacionan con la experimentación de fenómenos sonoros.

En cuanto a los participantes de la investigación e intervención, son 33 estudiantes que cursan el grado 11, con edades comprendidas entre los 16 y 18 años. Ellos no contaron con profundizaciones o explicaciones adicionales al momento de iniciar la intervención sobre el tema específico que se trabajó, por lo cual, desarrollaron las actividades experimentales con conceptos básicos en los procesos de experimentación y modelación de los fenómenos observados.

3.3. El trabajo por colectivos científicos

El acto educativo en el aula se caracteriza por ser un proceso en conjunto donde la construcción de conocimiento es un proceso colectivo. La actividad científica por colectivos posibilita la construcción de conocimiento. Tal y como plantean Romero (2013), Vilches y Gil (2012), para enseñar a hacer ciencias se ha de tener en cuenta que los estudiantes desarrollen procesos propios de la construcción de conocimiento como, “proponer, defender, negociar, validar y compartir significados y representaciones” (Romero, 2013, p. 3). El aprendizaje se convierte en una actividad creativa y abierta a “la discusión del posible interés y relevancia de las situaciones estudiadas, la emisión de conjeturas fundamentadas, la elaboración y puesta en práctica de estrategias de resolución, el análisis y la comunicación de los resultados” (Vilches & Gil, 2012, p. 42).

El trabajo por colectivos se convierte entonces en un “instrumento imprescindible para lograr aprendizaje” (Vilches & Gil, 2012, p. 42). Así, las propuestas de fenómenos físicos a estudiar que se presenten a los estudiantes promueven espacios de reflexión frente a los fenómenos observados, tal y como mencionan Romero (2013), Vilches y Gil (2012). El aprendizaje, en este caso la construcción del conocimiento, se media por las diferentes acciones como el análisis, la comunicación y validación. Estas acciones toman relevancia al momento de experimentar, pues se analiza un fenómeno físico y se desarrolla en el colectivo un momento de validación del planteamiento de cada estudiante. El trabajo en colectivo “conlleva un papel orientador sobre cada alumno, ayudando a superar los errores personales y enriqueciendo los planteamientos individuales” (Vilches & Gil, 2012, p. 43). En este caso, la discusión entre colectivos científicos permite a los estudiantes alcanzar los

objetivos planteados por el docente. Sin embargo, no es posible que un trabajo colectivo permita (re)construir conocimiento si las actividades no se encuentran orientadas por el docente.

Los investigadores, además de ejecutar acciones como agentes en la recolección, tratamiento de datos y análisis de estos, se ven en la tarea de cumplir con las funciones del docente que se plantean desde la teoría de la actividad científica escolar: *metodológica, orientadora e investigativa*. Al respecto de esta idea de docente investigador. Así pues, para realizar con éxito la tarea de investigar, el investigador mismo debe enseñar.

En correspondencia con el primer tópico, la *función docente metodológica*, tal como lo concibe Chirino et al. (2009), es entendida como desarrollar actividades encaminadas a la planificación, ejecución, control y evaluación del proceso enseñanza aprendizaje. Por su naturaleza docente, resulta ser un factor esencial en la tarea instructiva y en el cumplimiento de las tareas educativas.

El docente investigador tiene la tarea de desarrollar didácticamente la asignatura, en consideración con el contexto grupal en el que se aplica la actividad científica, las diferencias individuales de los estudiantes y las exigencias curriculares de la institución. En ese sentido, el docente investigador debe preguntarse por cuestiones como: [...] ¿Qué necesidades de aprendizaje tienen?, ¿Cuál es el nivel de desarrollo que han alcanzado?, [...], ¿Qué influencias educativas inciden sobre ellos?, ¿Cómo satisfacer las necesidades individuales desde el marco grupal? (Chirino et al., 2009, p.4).

Peña, Gamboa, Díaz y Parra (2017) hacen especial énfasis en la *función docente orientadora*. En el ámbito pedagógico, la orientación adquiere características propias y se denomina orientación educativa. Así pues, el docente investigador tiene la tarea de provocar intercambio de ideas y percepciones en los colectivos, tal que se genere un ambiente de ayuda mutua y se puedan perfeccionar los modos de actuar, pensar y sentir.

Acciones que permiten a cada uno de los integrantes del colectivo científico el desarrollo cognitivo.

La última función de los investigadores es la *función docente investigativa*. La teoría de la actividad científica escolar presenta particular importancia en la preparación para el cumplimiento de esta función porque exige que el docente se apropie del método científico en el proceso formativo, es decir, que tenga conocimiento sobre los elementos implicados en el proceso experimental y de modelación.

3.4. Fases de la implementación

La investigación se desarrolló en tres fases que se describen en los siguientes apartados. Esta propuesta se plantea para orientar el desarrollo de actividades experimentales que permitan a los estudiantes apropiarse de los procesos de la ACE. Las actividades se diseñaron con el propósito de propiciar el trabajo en un colectivo configurado con 4 ó 5 estudiantes. Las actividades se diseñaron de forma que los colectivos fueran partícipes en la construcción del conocimiento científico escolar.

3.4.1. Primera fase: Concepción, diseño y construcción de las actividades experimentales

En la construcción de las actividades para la propuesta de intervención se tuvo presente la reflexión y la experiencia como docentes en formación durante el proceso de práctica pedagógica. Por ende, las propuestas se diseñaron de acuerdo con los presupuestos teóricos que enmarcaron esta investigación. Es decir, se tuvo en cuenta la actividad científica escolar, los procesos de modelación y de formalización. Esta propuesta se orienta para desarrollar actividades experimentales que permitieran a los estudiantes vivenciar la actividad científica y sus alcances referidos a procesos de experimentación, de modelación y formalización.

En esta fase se hizo la construcción de las actividades experimentales que desarrollaron los colectivos, en las cuales se reconoce el papel de la actividad científica escolar como teoría fundamental para el establecimiento de los tópicos y procedimientos a trabajar en cada una de las actividades. Se puede observar los anexos correspondientes a las actividades experimentales No. 3. Generemos sonido, 4. Conozcamos mejor el sonido, 5. Dar forma al fenómeno.

La actividad científica escolar permea la configuración de las actividades de manera que, en concordancia con las ideas de Paz (2009) y Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich (2009), deben caracterizarse por ser de tipo: experimental, interpretativo, construcción o uso de modelos, comunicativo.

En cuanto al primer tipo de contenido *experimental*, toda actividad científica en el aula debe llevar al estudiante a actuar e intervenir sobre el mundo. En ese sentido, resulta imprescindible dotar las actividades experimentales de carácter exploratorio en cuanto a la manipulación del fenómeno en cuestión. El carácter regulatorio o guiado de la experimentación surge de la necesidad que se tiene de llevar al estudiante a reconocer formas abstractas de lo que se observa. Según Arcà y Guidoni (1987), esto se hace posible en la medida que se mire por clases, sistemas o *variables*, pues implica un proceso correspondiente a mirar imponiendo una forma formal a la “forma primaria” que las cosas parecen tener.

Con relación al contenido *interpretativo* y bajo el paradigma hermenéutico, se asume que la interpretación es un proceso simultáneo a la experimentación. Tal y como lo mencionan Paz, Márquez, Adúriz-Bravo (2008), la interpretación son los planteamientos acerca de aquellas ideas sobre los fenómenos que se observan, en este caso, la interpretación depende del tipo de interacción con el mundo. Si sólo se observa o si se interviene de forma directa, la interpretación varía pues se hace por medio de los conocimientos que tengan los estudiantes, en este caso, el conocimiento común.

Con respecto a *la construcción o uso de modelos*, la idea de conocimiento científico que se ha de propiciar en el aula de clase se relaciona con el conocimiento práctico y teórico a la vez. Investigaciones como la de Izquierdo (2007) muestran que pensar mediante modelos organiza las experiencias en el laboratorio, los modelos se destacan por ser representaciones abstractas o no de diferentes situaciones.

En lo referido al contenido comunicativo, la ciencia no es un constructo individual sino colectivo, tal como lo enuncian diferentes autores como Romero et al. (2017); Mendoza, (2015); Obregón, (2002). Entre ellos, vale la pena mencionar el trabajo “la experimentación en la clase de ciencias” (2017), donde Romero et al., describen la importancia de la interacción en la construcción del conocimiento científico. En ese sentido, las actividades experimentales de la clase de ciencias deben hacer especial énfasis en procesos comunicativos, donde los diversos modos de mirar y concebir los fenómenos se integren; esto culmina en la obtención de los modelos teóricos escolares.

El contenido comunicativo se dinamiza consecuentemente en cuanto la organización de los estudiantes sea tal que permita estar en constante discusión e intercambio de ideas; de aquí deviene la idea de generar *colectivos científicos* en el aula de clase. Así pues, no se delimita este concepto a una gran comunidad científica, sino que, un colectivo de pensamiento puede encontrarse en el mundo profesional, el comercio, la política, la moda, la religión, los deportes y, en este caso, en la escuela. En ese sentido, este trabajo fundamenta la idea de colectivo científico en el desarrollo de la actividad científica, como un conjunto de estudiantes que se agrupan con el objetivo de ejecutar actividades experimentales para observar, analizar, describir y comunicar los resultados en el estudio de los fenómenos físicos.

Para inducir el acercamiento de los estudiantes a los procesos de actividad científica, se diseña una serie de actividades experimentales en las que se busca que los estudiantes sean partícipes en la construcción de conocimiento. Se pretende configurar las actividades de manera que se posibilite dicha construcción a partir de la experimentación. La propuesta resalta los planteamientos de la denominada Actividad Científica Escolar, la

formalización y la modelación para el caso del *sonido*, con lo que se pretende mostrar que estos dos procesos involucran la experimentación y parte del conocimiento común de los estudiantes. Como se ha expuesto anteriormente, en la experimentación, los integrantes del colectivo científico hacen uso de los diferentes modelos y/o experiencias anteriores en busca de configurar y dar sentido a la experiencia que se pretende analizar.

Los procesos de la actividad científica escolar se encuentran relacionadas desde el punto de vista lógico y dialéctico, es decir, que conducen a la producción de nuevos conocimientos y su integración en sistemas conceptuales. Las funciones principales de la ACE son describir, explicar, predecir y transformar la realidad (Chirino et al., 2009; Izquierdo, 2007). Por ello, las actividades que desarrollan los colectivos tienen un orden lógico y secuencial que se basa en analizar las diferentes características del sonido.

Las sesiones de intervención se dividen en tres momentos experimentales. En cada uno de ellos se desarrolló una actividad (Anexos No. 2, 3 y 4) que permitió a los estudiantes adentrarse en el proceso de la actividad científica escolar. De esta forma, los estudiantes podían estudiar y construir conocimiento frente a conceptos y propiedades del sonido, a partir del análisis y experimentación con el tubo de Kundt. Se pretende evidenciar la relación del mundo con los diferentes modelos que puedan establecer los estudiantes para describir y analizar el comportamiento en relación al fenómeno del sonido. Al finalizar cada actividad se pretende configurar un espacio de diálogo entre colectivos (consenso), con el propósito de validar los conceptos que se desarrollan durante cada sesión. A continuación, se presenta la descripción de cada actividad.

Actividad pre-experimental: El sonido.

Esta actividad permite identificar las descripciones del fenómeno presentadas por los estudiantes, es decir, cómo conciben, interpretan y representan el mundo basados en sus experiencias y algunos modelos previamente aprendidos (Romero, et al, 2017). La experiencia obtenida, bien sea por sus estudios escolares o modelos previos, configuran los modelos teóricos escolares que plantean cada uno de los estudiantes, esto es, se habla de la

experiencia como un conocimiento sobre el cual es pertinente partir, ya que mediante las siguientes actividades se generan nuevas experiencias. Así mismo, lenguaje y conocimiento se transforman debido a la interacción dentro del colectivo en el proceso de validación y confrontación de los modelos teóricos escolares establecidos por cada estudiante.

Actividad experimental 1: Generemos sonido

Los estudiantes vivencian la temática que se pretende abordar: el sonido. La propuesta se ha de realizar en colectivos científicos, en efecto, como afirman Vilches y Gil (2012), hay un “constructivismo como discusión sobre el aprendizaje”. Se organiza el aula como un colectivo científico y se corresponde con la idea de investigación orientada por el maestro y estudiantes que son los actores principales en la construcción de conocimiento. El saber común de los estudiantes se configura como un eje articulador entre los conocimientos propios de los estudiantes con el propósito de elaborar modelos que se relacionen o describan el fenómeno físico objeto de análisis.

En esta actividad, los colectivos describen, analizan y representan los fenómenos que observan. Además, se pide a los estudiantes realizar un montaje experimental con elementos diversos donde se escuche y observe la producción de sonido. Ya que se presentan diversos materiales para la realización de dicha actividad, cada uno de los estudiantes integrantes del colectivo científico usa su propio lenguaje y pensamiento. Se busca que los colectivos tengan posibilidad de dar cuenta propia de los fenómenos que observaron, es decir, en un lenguaje que tenga significado para los colectivos y que se constituya como una explicación o modelo razonable (Anexo No. 3).

Actividad experimental 2: Conozcamos mejor el sonido

La Actividad Científica Escolar (ACE) plantea un criterio para la construcción del conocimiento, en el que se destaca la experimentación, abstracción, modelación y comunicación. En concordancia con Romero (2013) la actividad experimental permite responder a cuestiones inherentes del conocimiento científico. Por ello, se plantea un

espacio para acercar a los estudiantes a las ciencias experimentales; el conocimiento se presenta como producto de la experimentación, pues tal y como lo plantea Rodríguez (2016), la actividad experimental permite identificar situaciones reales que se pueden modelar. El proceso de experimentación en conjunto con la abstracción posibilita la identificación de ciertas variables que se han de tener en cuenta en el proceso o ciclo de modelación que se encuentra en la ACE.

Se pretende que los colectivos se acerquen a la experimentación. Con base en ella, describen y elaboran gráficas que le permiten a cada colectivo identificar algunas de las variables del fenómeno. Además, las preguntas orientadoras en esta actividad experimental son abiertas y de carácter descriptivo. Se posibilita que el análisis del fenómeno tome como punto de partida el lenguaje común de los estudiantes, para que luego se modifique y adquiera una estructura formal (Anexo No. 4).

Actividad experimental 3: Dar forma al fenómeno

Esta actividad induce a los colectivos a efectuar representaciones formales del fenómeno que observan, donde se enfrentan a explicar lo que sucede. Las dinámicas de comunicación, tal como se han desarrollado en las anteriores actividades, corresponden a las consideraciones de Romero, Aguilar y Mejía (2017), quienes sostienen la necesidad de la interacción de ideas para la construcción de conceptos. De aquí la actividad de explicar verbalmente entre colectivos los modelos teóricos escolares a través de material audiovisual (Anexo No. 3).

La modelación del fenómeno como proceso posibilitador de la formalización, en este caso, termina en la obtención de un modelo teórico escolar que se corresponde con uno de los procesos de la actividad científica escolar, según Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich (1999). Adicionalmente, la intención de la actividad de modelación tiene fundamento en las consideraciones de Arcà y Guidoni (1987) sobre *dar forma al mundo*, es decir imponer otras convenciones primarias y adaptarlas a sus relaciones, representándolas

esquemáticamente, es decir, por medio de gráficas, ecuaciones o los denominados modelos teóricos escolares. (Anexo No. 5).

3.4.2. Segunda fase: Implementación

La propuesta de intervención se aplica a un grupo expuesto en el contexto investigativo, el cual se conforma con 40 estudiantes, para un total de 10 colectivos científicos (4 a 5 estudiantes por colectivo). A cada colectivo se le proporciona de manera impresa la guía de las actividades experimentales. El desarrollo de la propuesta tiene un supuesto de seis sesiones de clase, en las cuales se implementarán tres actividades.

Tabla 1

Programación para el desarrollo de la propuesta

Actividad experimental	Sesión
Actividad pre-experimental	1
Actividad experimental 1 Generemos sonido	2 y 3
Actividad experimental 2 Conozcamos mejor el sonido	4
Actividad experimental 3 Dar forma al fenómeno	4 y 5

Para el desarrollo de cada actividad experimental se estipula un tiempo de una hora y cincuenta minutos. La implementación de las actividades se efectúa en el escenario del aula de laboratorio de la institución, espacio dotado con los materiales para la ejecución de las actividades experimentales.

3.4.3. Tercera fase: Análisis de la información recolectada

Las reflexiones y construcciones que realicen los estudiantes se registran por medio de audios, videos y fotografías, además de los escritos que hacen parte de las descripciones en las actividades. Algunas de las actividades de la propuesta de intervención implican la

elaboración de material audiovisual por parte de los estudiantes. En ese sentido, se les pide que envíen el material a una dirección de correo electrónica para su análisis posterior.

Como se expuso con anterioridad, el método investigativo es de tipo cualitativo y, en ese sentido, deben establecerse parámetros que permitan hacer un análisis riguroso a la información que se recolectó. En primer lugar, resulta importante hacer explícita la forma cómo se categorizará la información: por colectivos. Se reconocen así, un total de 10 colectivos científicos que se denotan o simbolizan por la nomenclatura C1, C2,..., C10, C20. La única actividad individual es la primera (actividad pre-experimental), donde a cada estudiante se le asigna la notación E1, E2,..., E40.

El primer acercamiento al análisis de la información se desarrolló a través de la selección de respuestas, afirmaciones y conclusiones que realizaron los estudiantes durante las actividades experimentales. Esta selección se realizó con el fin de encontrar coincidencias y similitudes con “indicios” de la construcción del conocimiento científico y su relación con los aspectos fenoménicos observados. Entiéndase por “indicio”, según el diccionario de la RAE, como un fenómeno que permite conocer o inferir la existencia de otro que no se infiere sin la observación detallada del fenómeno en cuestión. Dichos indicios se declaran a continuación y se encuentran en relación con los objetivos, categorías y subcategorías de análisis.

- Reconocimiento del tipo de fenómeno al que se refiere el experimento.
- Identificación de los factores que intervienen en el experimento.
- Reconocimiento de las variables que afectan el fenómeno.
- Filtración de factores que no son relevantes para el estudio del fenómeno.
- Declaración de las dependencias entre las variables que se reconocen en el fenómeno.
- Establecimiento de relaciones matemáticas de proporcionalidad.
- Gráficas, ecuaciones y modelos formales que involucran las relaciones establecidas entre las variables.

- Gráficas, ecuaciones y modelos formales que involucran las relaciones establecidas entre las variables.
- Explicaciones verbales coherentes con el fenómeno y la representación elaborada por el colectivo.
- Se satisface el objetivo que culmina con la elaboración de representaciones esquemáticas.
- Argumentos sustentados en la práctica experimental y la discusión entre los integrantes del colectivo.
- Conclusiones colectivas de la dependencia entre las variables y su influencia en el experimento.

A su vez, los elementos que se asocian a cada uno de los indicios son nombrados como las *unidades de análisis*, e influyen en todo el análisis, puesto que serán los que se relacionen con la teoría y, en conjunto, permitirán inferir si en efecto los estudiantes lograron establecer relaciones entre el carácter formal del conocimiento científico y los aspectos fenoménicos asociados al mismo.

Al revisar los indicios, se llegó a una categorización y agrupación a raíz de la lectura de los registros escritos, es decir, de las respuestas dadas por los estudiantes en las actividades planteadas. Se observó que algunos corresponden a procesos o acciones específicas que resultan ser determinantes en el proceso de modelación para constituir las construcciones formales (los modelos teóricos). Del mismo modo, se observaron algunos indicios que se corresponden con las acciones efectuadas en el colectivo científico que también son influyentes en esa actividad científica, cuyo fin es relacionar el fenómeno con las construcciones formales; y finalmente, se identificaron indicios referidos a las relaciones entre los aspectos formales y fenoménicos. La Tabla 2 evidencia que los indicios pueden agruparse por categorías.

Tabla 2

Categorización de los indicios para el análisis

Indicios	Categorías emergentes
Reconocimiento del tipo de fenómeno al que se refiere el experimento.	Identificación de fenómenos físicos
Identificación de los factores que intervienen en el experimento.	
Reconocimiento de las variables que afectan el fenómeno.	Reconocimiento de variables
Filtración de factores que no son relevantes para el estudio del fenómeno.	
Declaración de las dependencias entre las variables que se reconocen en el fenómeno.	Relaciones entre las variables del fenómeno
Establecimiento de relaciones matemáticas de proporcionalidad.	
Gráficas, ecuaciones y modelos formales que involucran las relaciones establecidas entre las variables.	Representaciones esquemáticas
Explicaciones verbales coherentes con el fenómeno y la representación elaborada por el colectivo.	Explicaciones de los fenómenos realizadas por cada colectivo.
Se satisface el objetivo que culmina en la elaboración de representaciones esquemáticas.	Construcción o uso de modelos consistentes con la experimentación
Argumentos sustentados en la práctica experimental y la discusión entre los integrantes del colectivo.	Síntesis de los enunciados verbales
Conclusiones colectivas de la dependencia entre las variables y su influencia en el experimento.	Formulación de hipótesis de los fenómenos

En la figura 6 se muestra una síntesis de las categorías principales, las categorías secundarias (subcategorías) y los indicios para el análisis de las mismas.

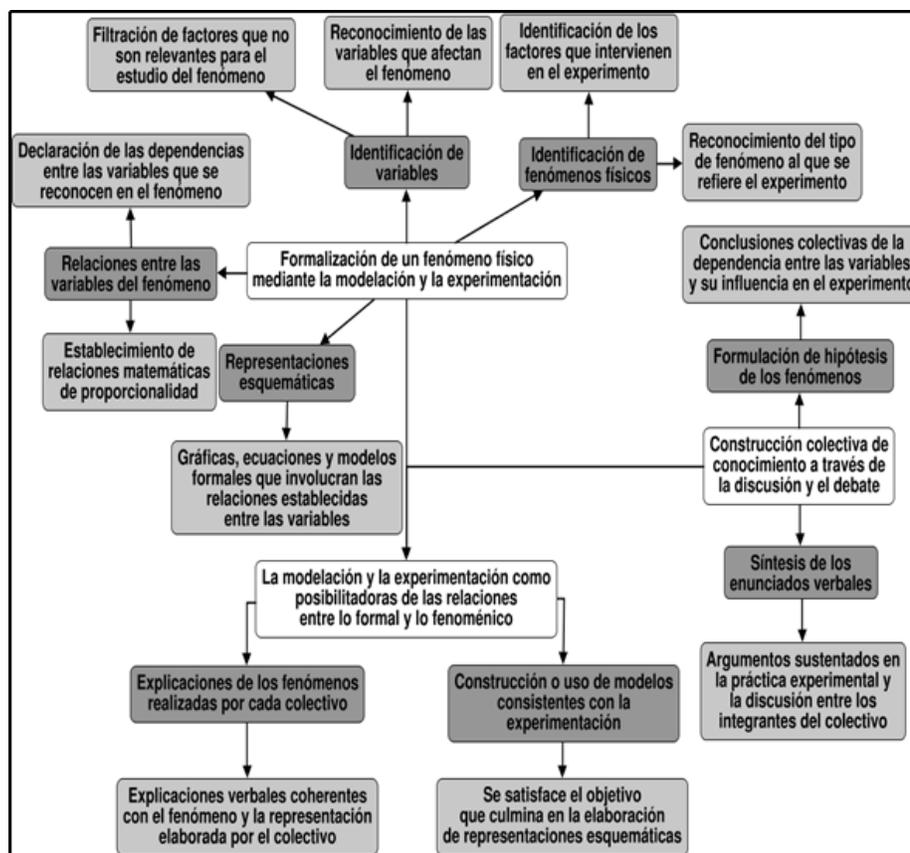


Figura 6: Categorías de análisis

A continuación, se presenta la descripción de cada una de las categorías de análisis.

Sobre las categorías de análisis

- *Identificación de los fenómenos físicos.* Esta categoría constituye la parte inicial del proceso de modelación del experimento que, como lo detallan Rodríguez y Quiroz (2010), consiste en enfrentarse a la situación real del problema. En ese sentido, a través de la observación en el aula experimental, el estudiante tiene la posibilidad de: reconocer el fenómeno al que se refiere el experimento, en tanto se asocia fenómenos conocidos con anterioridad o *similares hipótesis teóricas*, cómo lo llamaría Izquierdo (2007). A su vez, en este punto, pueden identificarse los factores que intervienen en el fenómeno físico, pues estos comienzan a constituirse antes o después del reconocimiento del fenómeno físico.

- *Reconocimiento de las variables.* Una mirada por variables del fenómeno al que se refiere el experimento es sustancial para el proceso de modelación. Tal y como conciben Arcà y Guidoni (1987), reconocer las variables y operar alrededor de ellas, permite culminar con una formalización. A su vez, Villa (2007) reconoce la importancia de la simplificación del fenómeno en tanto se filtran las variables que se identifican, se descartan aquellas que no influyen en el análisis, por ejemplo, el aire en el movimiento de una esfera maciza bajo la acción de la gravedad, pues en este caso, el aire es una variable que no influye en el análisis del fenómeno.
- *Relaciones entre las variables del fenómeno.* Establecer conexiones entre las variables que se identifican del fenómeno en la actividad experimental, posibilita la creación de modelos de carácter matemático como ecuaciones lineales, en tanto se reconocen las relaciones de proporcionalidad. También permite realizar declaraciones verbales que ayuden a la formalización del fenómeno o elaborar gráficas que den cuenta de la relación de dependencia. Villa (2007) resalta la importancia que tiene el establecimiento de las relaciones entre las magnitudes observadas en el experimento, para el proceso de construir un modelo de carácter matemático.
- *Representaciones esquemáticas.* La elaboración de representaciones que hagan explícito el fenómeno que se observa es un paso constitutivo para la modelación del fenómeno. Podría decirse que la construcción del modelo teórico culmina cuando se llega a la descripción total o parcial en un lenguaje representacional del fenómeno. Así pues, se establece esta categoría como una característica fundamental de la formalización, es decir, el carácter esquemático de las representaciones formales que se le atribuye al objeto de estudio (Arcà & Guidoni, 1987).
- *Síntesis de los enunciados verbales.* La construcción de conocimiento en un diseño de la ACE que involucra, como se ha enunciado en varias ocasiones, la interacción entre estudiantes pertenecientes al colectivo científico. Referente a este

elemento, el colectivo de estudiantes debe decidir cuáles son las conclusiones apropiadas para hablar del fenómeno que se pretende modelar. Romero (2013) concibe que la construcción del conocimiento científico en colectivo se da a través de esas discusiones y debates que efectúan los estudiantes en el proceso. La interacción entre pares permite entonces llegar a síntesis de enunciados verbales que se sustentan en la práctica experimental colectiva.

- *Formulación de hipótesis de los fenómenos.* Con los procesos de pensar, hacer y comunicar, el fenómeno físico adquiere forma durante la modelación en tanto el colectivo científico formula hipótesis del comportamiento del fenómeno mismo. Estas hipótesis se construyen de manera colectiva, en tanto el conjunto de estudiantes se encuentra en un proceso constante de comunicación (Izquierdo 2007). Lo anterior, muestra la importancia de observar las hipótesis que surgen durante todo el proceso, para dar cuenta de esa construcción colectiva de conocimiento que posibilita la formalización del fenómeno en estudio.

- *Explicaciones de los fenómenos en cada colectivo.* Como elementos sustanciales de la actividad experimental, se encuentran las explicaciones que realizan los colectivos sobre el fenómeno al finalizar el proceso de modelación y experimentación. Es decir, se compara el fenómeno físico con el carácter formal que se le atribuye. Así pues, esta categoría permite acercarse a la identificación de las relaciones entre lo formal y lo fenoménico. Las explicaciones, como lo detalla Romero (2013), forman parte de la construcción de conocimiento científico.

- *Construcción o uso de modelos consistentes con la experimentación.* Como lo muestra Villa (2007), la validación de los modelos que se construyen en el aula se hace a través de procesos evaluativos, donde se somete el modelo a verificaciones que den cuenta de su exactitud respecto al fenómeno. Las comparaciones entre colectivos de los modelos creados resulta ser un “instrumento” que dinamiza esta evaluación pues, a través de la discusión entre los estudiantes, estos mismos pueden dar cuenta de si esos modelos construidos describen el fenómeno. En ese sentido, si

el modelo teórico genera explicaciones del fenómeno, puede encontrarse allí una significativa relación entre lo formal (el modelo) y lo fenoménico (el fenómeno físico del experimento).

Estas categorías emergentes también forman parte de *categorías principales*, en la medida que se agrupan según los tonos de grises mostrados en la tabla 2. Se reconocen las categorías principales, puesto que se observa que las emergentes responden a ciertos grupos que comparten características en común. Por ejemplo, el reconocimiento de las variables y la relación entre ellas puede asociarse a un único tópico que alude a la formalización de un fenómeno físico en el aula de clase. Se llaman “principales” puesto que cada una cobija varias emergentes y resultan ser generales. En ese sentido, a continuación se mencionan las tres categorías principales y se muestran según el ordenamiento respectivo de los tonos de grises:

- Formalización de un fenómeno físico mediante la modelación y la experimentación.
- La modelación y la experimentación como posibilitadoras de las relaciones entre lo formal y lo fenoménico.
- Construcción colectiva de conocimiento a través de la discusión y el debate.

3.4.4. Gestión y análisis cualitativo de los datos

La categorización de la información, filtración, esquematización, organización y agrupación, se efectuará con ayuda del software especializado en análisis cualitativo Atlas.ti v7, el cual será productivo para la gestión y el análisis mismo de los datos. El uso de este software, como lo concibe Hwang (2008), es de suma utilidad para investigaciones asociadas a las ciencias humanas, como lo son las ciencias de la educación. Atlas.ti permite asociar códigos con fragmentos de texto, aspecto que resulta de gran importancia para la relación entre los enunciados concebidos por los estudiantes, los indicios, las subcategorías y las categorías principales. El software es versátil en cuanto a estas asociaciones, puesto que admite archivos de audio, vídeos, imágenes, dibujos y otros formatos digitales que

exponen problemas que se analizan de forma rigurosa con métodos estadísticos y formales. Adicionalmente, Atlas.ti ayuda a buscar códigos de patrones y clasificarlos, pues esto beneficia el hallazgo de recurrencias en cuanto a los modelos, afirmaciones o enunciados de carácter formal concebidos por los estudiantes.

4. ANÁLISIS Y RESULTADOS

A continuación, se presentan los hallazgos obtenidos durante la intervención e implementación de las actividades experimentales que se diseñaron. Se hará un análisis de aquellas afirmaciones de los estudiantes que se relacionen con los indicios que se presentaron en la sesión anterior. El análisis de la información se dinamiza como se representa en la Figura 7.

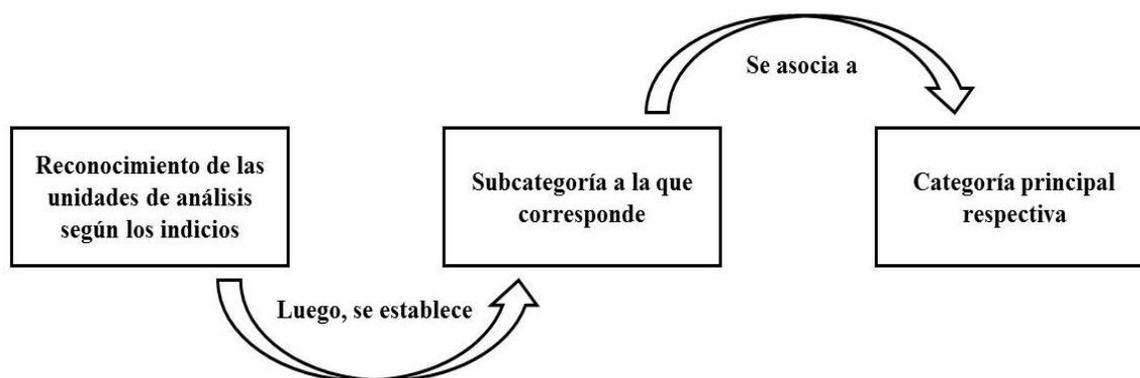


Figura 7: Procedimiento para el análisis de los datos

4.1. Formalización de un fenómeno físico mediante la modelación y experimentación

En este trabajo de investigación se considera que, en el proceso de formalización de un fenómeno físico, los colectivos científicos deben partir de la actividad experimental en el reconocimiento de algunos momentos que son clave en dicho proceso. En este caso, se encuentran las siguientes subcategorías a analizar: identificación de los fenómenos físicos, identificación de las variables, relaciones entre las variables del fenómeno y sus respectivas representaciones esquemáticas. Los hallazgos se describen a continuación.

4.1.1. Identificación de fenómenos físicos

Las consideraciones para el análisis de esta subcategoría se centran en identificar las unidades que corresponden al reconocimiento del tipo de fenómeno al que se refiere el

experimento que los estudiantes observaron en las actividades iniciales y a la identificación de los factores que intervienen en el experimento y el fenómeno.

Se logra reconocer una recurrencia en cuanto a las palabras que utilizaron los estudiantes para asociar los fenómenos a conceptos físicos. En la actividad individual N°1, las preguntas previas a la experimentación dejan en evidencia algunas afirmaciones de los estudiantes que se exponen a continuación.

Indicaciones para el desarrollo de la actividad: Explica brevemente qué consideras que es el sonido

E5: *El sonido es una onda* porque vea que hace que las cosas se muevan.

E14: ¿Cierto que las *partículas* de sonido hacen que el oído *vibre* y uno pueda escuchar?

E29: *Tiene que haber aire* para que se pueda escuchar. En el espacio no se escucha el sonido porque *no hay medio*.

E17: *El sonido son ondas que se propagan por el aire*.

E33: *El sonido hace que se muevan las partículas del aire* y por eso es que es capaz de quebrar las copas.

Estas ideas configuran elementos para la experimentación pues, en el momento de ejecutar las actividades experimentales, los estudiantes se condicionaron para reconocer el sonido a partir de las consideraciones que le atribuyeron al sonido (como se presentará en los análisis de las subcategorías posteriores). Algunas de las consideraciones que los estudiantes dieron al sonido fueron: onda (E5 y E17), movimiento de partículas (E14 y E33), propagación en un medio (E17 y E29) y que la inexistencia del medio implica incapacidad de propagación (E29). La asociación del sonido al movimiento, en tanto se toma como una *onda*, permitió reconocer en actividades posteriores los factores que intervienen en el fenómeno mismo, ya que reconocer el sonido como una onda permitió atribuirle elementos como la velocidad de propagación, frecuencia y longitud. Este asunto se observa en las siguientes afirmaciones de los estudiantes:

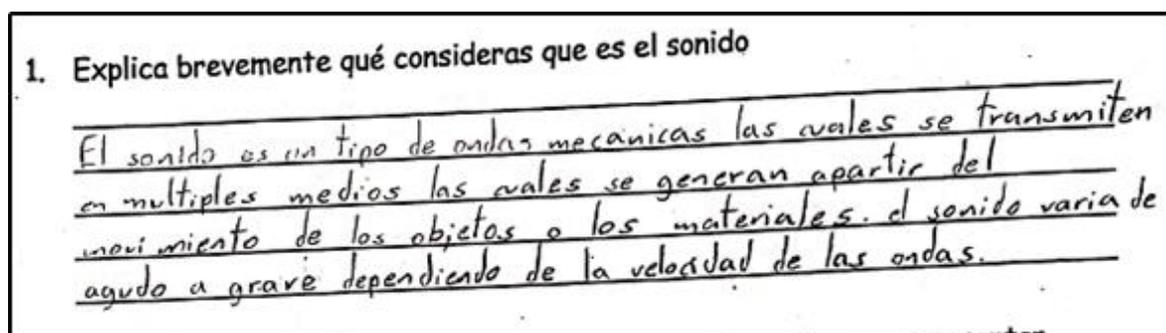


Figura 8: Respuesta Actividad pre-experimental

Obsérvese que las anotaciones sobre la *frecuencia* de las ondas se asocian a la percepción del sonido y a la *velocidad* con el medio en el que se propaga. Este reconocimiento de la necesidad de un medio fue recurrente en los estudiantes. Así mismo, las representaciones pictóricas que los estudiantes realizaron muestran dicha característica de la onda, como se muestra en la Figura 9.



Figura 9: Respuesta Actividad pre-experimental

Los planteamientos mostraron la tendencia a la asociación del fenómeno con hipótesis teóricas similares tal como lo concibe Izquierdo (2007) en el proceso de modelación de la ACE puesto que, en dichas situaciones, los estudiantes intentaron construir un modelo teórico a través de la comparación con fenómenos conocidos (las ondas mecánicas) y generaron hipótesis teóricas a partir de ellos. En este proceso surgieron

algunas definiciones que atribuyeron a los elementos del fenómeno (frecuencia, velocidad, longitud de onda, medio de propagación, partículas en movimiento, etc.). Así pues, los colectivos científicos tuvieron a disposición algunos referentes que adquirieron previamente, a la vez que estos les ayudaron a organizar su experiencia.

4.1.2. Identificación de variables

En el análisis de esta subcategoría se mostrarán aquellos fragmentos en los que se aprecia un reconocimiento de las variables propias del fenómeno. De igual manera, cómo los estudiantes decidieron filtrar variables con el propósito de deshacerse de aquellas que no eran relevantes para describir el fenómeno y llegar a la construcción de un modelo. Los fragmentos corresponden a las actividades experimentales que realizaron en colectivos científicos (Anexos N° 3, 4 y 5). Entre los fragmentos se encuentran las afirmaciones y las declaraciones en los consensos que efectuaron y las que se plasmaron en respuesta a los cuestionamientos.

Los siguientes fragmentos hacen parte de la actividad denominada “Conozcamos mejor el sonido” (Anexo N°3), en la que por medio de la visualización y modificación de las frecuencias en el aplicativo Frequency Sound Generator, los estudiantes identificaron algunas de las variables propias del fenómeno. A continuación, se presenta el montaje que realizaron.

Indicaciones para el desarrollo de la actividad: El colectivo científico debe realizar el montaje del tubo de Kundt. Luego de efectuarlo, respondan las siguientes preguntas. 1. ¿Qué pueden decir del movimiento que observaron en el tubo de Kundt?



Figura 10: Montaje del tubo de Kundt

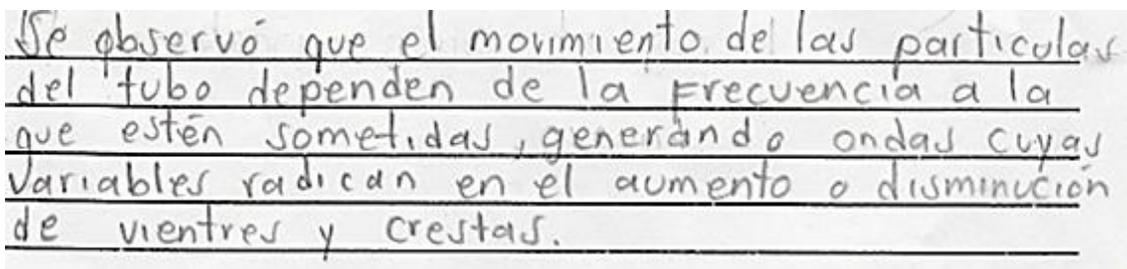
Se puede apreciar algunas de las ondas producidas al modificar la frecuencia en el aplicativo Frequency Sound Generator.

Las siguientes figuras muestran las respuestas dadas por los colectivos. Se puede evidenciar la identificación de algunas variables propias del fenómeno, como la frecuencia y longitud de onda entre otras.

Apartir de cierta frecuencia se comienzan a generar patrones continuos dependiendo del nivel de la frecuencia, mientras más aguda es el sonido más vientes se generan pero con una menor longitud de onda, en algunas frecuencias no se logra reconocer.

Figura 11: Respuesta Actividad No. 3. "Conozcamos mejor el sonido". C1

En la figura 11 se observa que la identificación de las variables como frecuencia partió de la visualización del fenómeno. Se destacó la capacidad de los colectivos en lo referido a los procesos de abstracción, pues asocian el movimiento de las partículas al interior del tubo de Kundt como patrones continuos que dependen en este caso de la frecuencia.



Se observó que el movimiento de las partículas del tubo dependen de la frecuencia a la que estén sometidas, generando ondas cuyas variables radican en el aumento o disminución de vientres y crestas.

Figura 12: Respuesta Actividad No. 3. “Conozcamos mejor el sonido”. C2

Los fragmentos anteriores dan cuenta de cómo los colectivos científicos C1 y C2 concluyen, a través de la discusión, que el movimiento que se produjo al interior del tubo de Kundt dependió en cierta medida de la *frecuencia* a la que se encontraba el aplicativo Frequency Sound Generator. Además, C1 y C2 asocian la variable *longitud de onda*; presentaron también la variable denominada *vientres*, que representa los antinodos generados en la onda. Asimismo C2, enunció una nueva variable denominada *crestas*. Se observa que los colectivos reconocieron las variables para explicar el fenómeno. Así, la experimentación que se *mira por variables* permitió atribuir características formales al fenómeno que se observó (Arcà & Guidoni, 1987). Las situaciones descritas dieron cuenta de que la actividad experimental mediante colectivos posibilitó la identificación de variables, incluso, sin que el docente las mencionara. En concordancia con Romero (2013), las circunstancias descritas muestran que el debate, la discusión y el trabajo en colectivo, dinamiza la construcción de conocimiento en el aula de ciencias; esto se ve reflejado en las respuestas de cada uno de los colectivos. Del mismo modo, los estudiantes, hicieron uso de conocimientos propios y colectivos para llegar a una conclusión del fenómeno.

4.1.3. Relaciones entre las variables del fenómeno

Para el análisis de esta subcategoría se hizo especial énfasis en aquellos fragmentos que hicieron referencia a la declaración de dependencia entre las variables (relaciones de diferentes tipos, por ejemplo, lineales), es decir, aquellos asociados al lenguaje matemático (relaciones de proporcionalidad explícitas) o verbal (enunciados en el discurso oral). Lo anterior se evidencia en la actividad N°3: “Conozcamos mejor el sonido”

Entre los colectivos científicos, discutan acerca de lo que identificaron del fenómeno al modificar estas variables. ¿Qué evidencian en común?
 Se observó que a mayor frecuencia menor longitud de onda, y a menor frecuencia mayor longitud de onda

Figura 13: Respuesta Actividad No. 3. “Conozcamos mejor el sonido”. C3

La longitud de onda y la frecuencia son inversamente proporcionales; se llega a una constante.

Figura 14: Respuesta Actividad No. 3. “Conozcamos mejor el sonido”. C1

Se evidenció que la longitud de onda y la frecuencia son inversamente proporcionales, a mayor frecuencia, menor distancia entre ondas y a mayor distancia, entre ondas menor frecuencia.

Figura 15: Respuesta Actividad No. 3. “Conozcamos mejor el sonido”. C4

En los fragmentos anteriores se puede evidenciar que los colectivos científicos C1, C3 y C4 exponen una dependencia entre las variables propias del fenómeno, es decir, mostraron que cuando una variable cambia, la otra se modifica y es inversamente proporcional. Este aspecto indicó que, además de establecer dicha relación entre variables, se estableció una relación matemática de proporcionalidad inversa o directa. En concordancia con Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich (2009), la experimentación y la modelación en clase de ciencias permitió a los colectivos científicos identificar las características de los fenómenos. A la vez, la definición de dichos conceptos y relaciones de proporcionalidad, identificadas en las respuestas de los colectivos C1, C3 y C4, pueden asumirse como modelos teóricos escolares, pues es la construcción del colectivo y el medio por el cual dan explicación e interpretación al fenómeno que se estudia.

Se resalta que la experimentación le permitió a los estudiantes formular planteamientos que terminaron en un modelo teórico escolar y que mediante la

argumentación se construye un discurso que, además de tener sentido para los estudiantes, tiene una componente del conocimiento disciplinar. En consecuencia, la experimentación posibilitó a los colectivos establecer que la longitud de onda se encuentra en una relación de proporcionalidad inversa con la frecuencia y permitió realizar representaciones, en tanto se comenzó a asociar dicho discurso con la forma gráfica de la relación. Adúriz-Bravo e Izquierdo (2005) mencionan la capacidad de los estudiantes de vincular los modelos teóricos construidos en el aula de ciencias con otros.

Durante el desarrollo de dicha actividad, los estudiantes reconocieron un principio fundamental de los armónicos en el tubo de resonancia: la dependencia entre los vientres y el n -ésimo armónico. La anterior situación se observó en los siguientes diálogos de los colectivos científicos al momento de modificar las variables del fenómeno físico:

C4: Vea que tiene que multiplicarlo por tres para que se le levanten más.

C1: *La próxima estaría en 500 Hz más o menos, porque la de ahora estaba en 255 Hz.*

C7: Para que se formen más vientres, tiene que *sumarle más veces la fundamental.*

C5: *Si hay un vientre, la frecuencia es la fundamental, o sea 310 Hz; para 2 vientres sería de 620 Hz; si hay 3, entonces hay multiplicar 310 por 3 y así...*

C5: *La frecuencia para que se formen n vientres es n veces la frecuencia fundamental.*

Estas afirmaciones mostraron la configuración que realizaron los estudiantes en relación a los antinodos y la frecuencia que se le impone al tubo de resonancia. Se visibilizó la recurrencia entre la frecuencia siguiente y la anterior (primera afirmación de C5 y segunda de C7), y se formalizó sustancialmente cuando se asociaron los n -ésimos armónicos con los vientres (segunda afirmación de C5). Aquí, se expone una relación lineal y discreta de valores para la frecuencia. El estudiante comienza a dar sentido a los fenómenos observados a través de estos modelos teóricos (Izquierdo, 2007). Así pues, se evidencia que el establecimiento de los modelos teóricos permite relacionar la fenomenología del experimento con las observaciones que realizaron.

En el análisis de esta subcategoría se evidenció que la experimentación permitió el establecimiento de las relaciones entre las variables implicadas en el fenómeno. Por medio de la descripción los colectivos analizaron las implicaciones de la modificación de una variable y su correspondencia al observar en el fenómeno los nuevos sucesos; todo esto mediado por la actividad experimental y la discusión de los colectivos que termina en la elaboración de un enunciado verbal.

4.1.4. Representaciones esquemáticas

En el análisis de esta subcategoría se hace especial énfasis en aquellos fragmentos que dan cuenta de diferentes tipos de representaciones formales, tales como gráficas, ecuaciones, enunciados verbales en los que se encuentre una relación de las variables del fenómeno que establecieron los estudiantes. Dicho análisis se realizó en la actividad No. 4 denominada “Dar forma al fenómeno” (Anexo No. 5).

Indicaciones para el desarrollo de la actividad: Modelemos las ondas sonoras

Su colectivo científico se enfrenta a la tarea de utilizar el montaje del tubo de Kundt para estudiar el movimiento en su interior. El objetivo es observar y describir cómo varían las ondas si se modifican dos de las variables (una por una): la frecuencia y la longitud el tubo. Para esto, deberán efectuar modificaciones y así representar aquello que se observa. Pueden representar a través de gráficos, relaciones matemáticas de proporcionalidad, esquemas, etc.

Dentro de las representaciones que elaboraron los estudiantes se encuentra la siguiente:

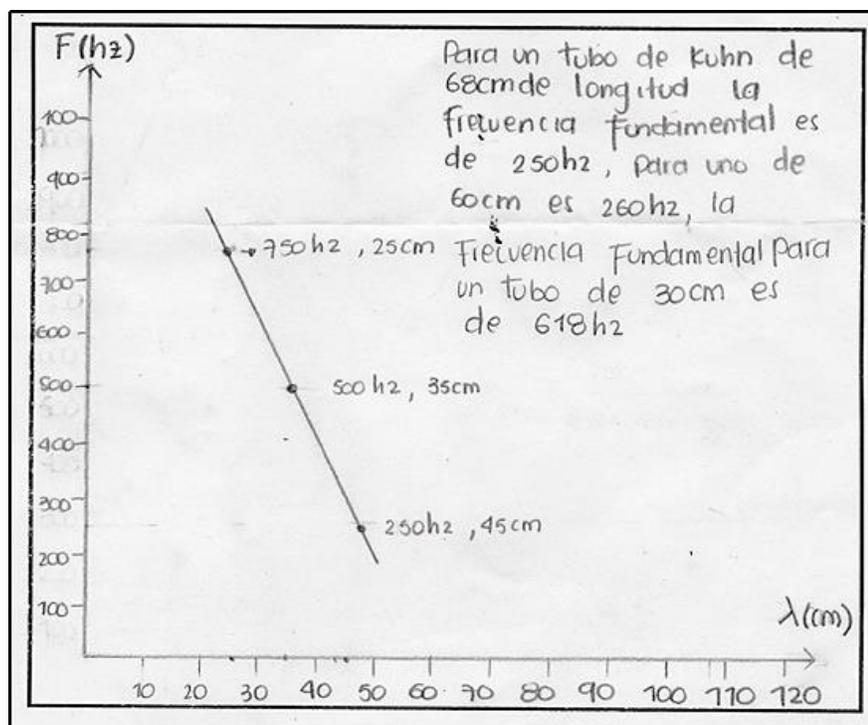


Figura 16: Respuesta Actividad No. 4. “Dar forma a fenómeno”. C4

Se evidenció el tipo de relación que estableció cada colectivo. En la gráfica se apreció una relación lineal en la que las variables que estudió el colectivo son la frecuencia contra la longitud de onda en correspondencia con el fenómeno que se observó en el tubo de Kundt. Tal y como enuncian Ayala, Garzón y Malagón (2007), “en el proceso de comprensión de los fenómenos físicos se hacen explícitas ciertas formas matemáticas” (p.40). En esta situación se explicitó la relación de proporcionalidad entre frecuencia y longitud del tubo, y a su vez, longitud de onda y frecuencia. Como se observó en los diferentes tubos de Kundt, entre más corto el tubo mayor es su frecuencia fundamental. La longitud de onda al ser una variable dependiente de la frecuencia y de la longitud del tubo, implica que entre mayor sea la frecuencia, menor es la longitud de onda asociada a esa frecuencia. En consecuencia, “la física y la matemática pueden compartir formas similares en cuanto se puede considerar que son elaboraciones formales de lo externo” (Ayala, Garzón y Malagón, 2007, p.40). Como muestra de esto, la figura 16 es una elaboración matemática con la que los estudiantes ejemplificaron el fenómeno físico, en este caso, el diagrama frecuencia vs longitud de onda es una elaboración formal que parte de un fenómeno estudiado.

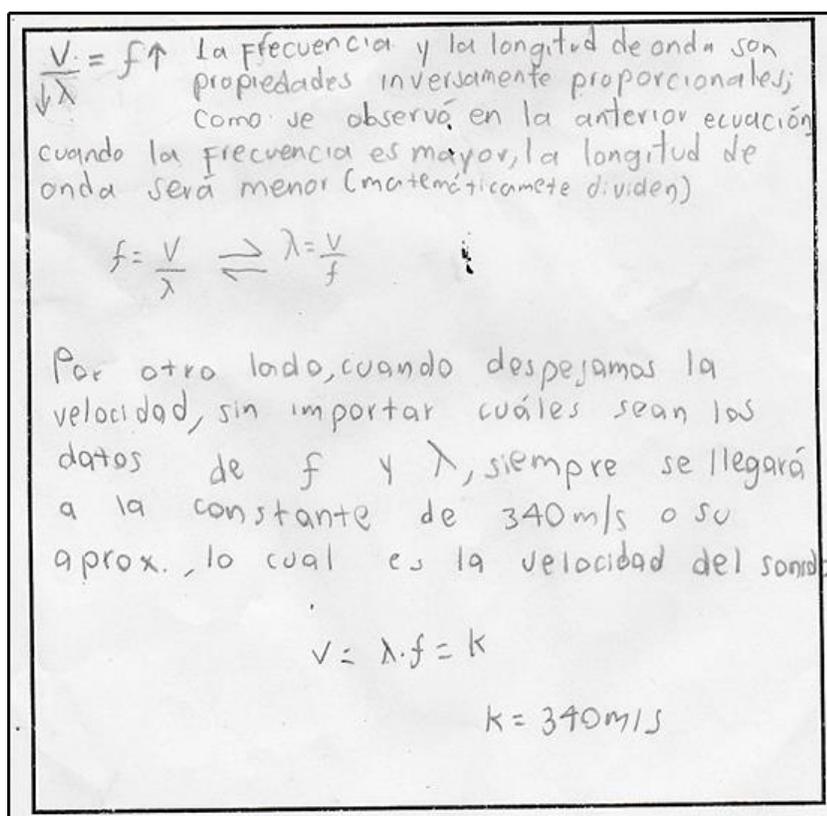


Figura 17: Respuesta Actividad No. 4. “Dar forma a fenómeno”. C2

En la figura No. 17 se evidenció otro aspecto de los modelos teóricos escolares que corresponde a la diversidad en cuanto a modelos que pueden plantear cada uno de los colectivos, en este caso, el colectivo C2 plantea un modelo matemático que es explicado a partir de un texto. En particular, hubo concordancia en los planteamientos de García y Rentería (2011a) en cuánto a construcciones formales, es decir, que estos modelos propuestos por C2 cumplieron las características de ser lingüísticos y matemáticos. Son lingüísticos por el planteamiento escrito que enuncia que “la frecuencia y la longitud de onda son propiedades inversamente proporcionales” y son matemáticos porque dicha descripción surge de la interpretación de la ecuación que relaciona la frecuencia, longitud de onda y velocidad. A su vez, esta forma de organizar la experiencia tiene estructura y se presenta de manera organizada, con lo que se dio cuenta de la posibilidad de construir conocimiento en el aula, pues algunos conceptos que se relacionan con el fenómeno del sonido se transforman. De esta forma, la apropiación teórica y fenoménica de los

fenómenos que se observaron permitió a los colectivos científicos introducirse en un lenguaje propio de las ciencias, que se construyó mediante la actividad experimental.

Las gráficas, ecuaciones y enunciados verbales se convirtieron en modelos teóricos escolares, ya que cumplen la particularidad de ser racionales. Este aspecto tiene correspondencia con la experimentación realizada ya que les permitió actuar, pensar y evaluar los modelos teóricos propuestos, con el fin de satisfacer la necesidad que radica en la obtención o formulación de un modelo.

4.2. Construcción colectiva de conocimiento a través de la discusión y el debate

4.2.1. Síntesis de los enunciados verbales

Durante el proceso de construcción colectiva de conocimiento en el aula de ciencias, en reiteradas ocasiones, se registraron afirmaciones alusivas a la síntesis de ideas clave para la modelación de los fenómenos experimentales. Estas afirmaciones se mostrarán a continuación. El objetivo que compete a esta subcategoría es analizar aquellas unidades que se asociaron al aspecto progresivo de la construcción de conocimiento, en tanto los colectivos científicos plantearon, mediante el diálogo, la discusión y el debate, una idea que sintetiza las que enunciaron entre el colectivo. Se identifican las afirmaciones efectuadas por C2 y C5.

Diálogos internos en C2:

E1: Los vientres se separan menos cuando usted sube más la frecuencia

E2: Sí, pero hay frecuencias para que no se ve nada. Entonces ¿ahí qué?

E1: Es porque la presión no es lo suficientemente fuerte.

E3: Igual, podemos poner que la frecuencia es proporcional a la longitud de onda, *si una aumenta, la otra disminuye.*

E1: Pero eso sería inversamente proporcional

E3: ¿Entonces *la longitud de onda y la frecuencia son inversamente proporcionales?*

E2: Sí, póngalo así.

Por otro lado, bajo esta misma dinámica, el colectivo C5 dialoga en torno a los significados de esta proporcionalidad inversa, asunto que encontraron previamente:

E1: *Cuando son inversamente proporcionales, siempre dan lo mismo si se multiplican.*

E2: Entonces pongámoslo como que es igual a “k”.

E1: Sí, eso, ¿pero cuánto vale k?

E2: *Probemos con varios valores...*

Con ayuda de los profesores, las discusiones de C5, culminan en que el valor de la constante se aproxima al conocido valor de la velocidad del sonido: 340 m/s.

Las anteriores discusiones mostraron cómo la experimentación en colectivo fomentó la construcción de conocimiento científico, ya que los estudiantes lograron inferir elementos relevantes del estudio del sonido relacionados con la existencia de una magnitud invariante y la dependencia entre pares de variables. En estos fragmentos el proceso de síntesis de las ideas se hace explícito, pues C2 expuso particular interés por una relación de proporcionalidad inversa que tomó sentido en la medida que intercambiaron las ideas que cada integrante observaba. Las inferencias de cada estudiante resulta sustancial para culminar el enunciado y acercarse a los modelos teóricos escolares. Del mismo modo, los integrantes de C5 expusieron un conocimiento matemático previo: el producto de dos variables inversamente proporcionales debe ser constante. Esto le dio sentido al fenómeno que observaron y, a través de la comprobación con ayuda de todo el colectivo, contribuyó a la simplificación de los hallazgos.

4.2.2. Formulación de hipótesis de los fenómenos

En esta categoría se analizaron fragmentos de los videos que realizaron los colectivos científicos. En ellos se evidenció que su forma de explicar los fenómenos se

sustenta en la práctica y en la discusión entre los colectivos. Dicho asunto evidenció la apropiación del fenómeno físico que se estudió; los estudiantes defendieron sus propuestas a partir del desarrollo de explicaciones, argumentos y demostraciones con los instrumentos que dispusieron para el desarrollo de las actividades.

Los siguientes fragmentos hacen parte de la actividad experimental No. 4. (Anexo No. 5)

Indicaciones para el desarrollo de la actividad: Expliquemos las ondas estacionarias

Con ayuda de un Smartphone y en colaboración de todo el colectivo científico, graben un video donde expliquen el comportamiento de las ondas estacionarias en relación con las representaciones formales que realizaron anteriormente.

A continuación, se presenta la discusión al interior del colectivo científico C1

E1: Nos encontramos en el laboratorio de física utilizando una herramienta llamada el tubo de Kundt que se utiliza para poder generar...

E2: Nooo, para poder generar no. Sirve es para observar las ondas que se generan con ciertas frecuencias con el sonido.

E1: Bueno, para observar cómo varían las ondas al modificar una de sus variables, como lo es la frecuencia. En este caso, el tubo de Kundt mide 68 cm, lo que hace que experimentalmente su *frecuencia fundamental este en un rango de 243 a 255 hz*. Como se puede observar, aquí se genera una onda.

E3: *Eso, vea, ahora, si modificamos la frecuencia, es decir, si la aumentamos, porque si la disminuimos no pasa nada, la onda se irá moviendo más rápido, esas crestas que se generaban en la fundamental se dispersan, y cuando uno pone la frecuencia en aproximadamente el doble de la fundamental, es decir unos 480-500 hz*. Bueno pero el experimento como que falló, no se ve bien.

E4: Espere que no lo tiene bien, vea, si usted espera un momento, las pepitas de icopor se acomodan, en este caso *se generan dos ondas, con esto se muestra que las bolitas de icopor muestran la relación entre frecuencia y longitud de onda, es decir, que si se aumenta la frecuencia se van a generar más ondas, pero estas nuevas*

ondas van a tener una longitud de onda menor, entonces es como una relación inversamente proporcional.

E2: De eso podemos inferir que la longitud de onda y la frecuencia fundamental no dependen de la longitud del tubo.

E3: Noooo, espere, así no es. Vea, lo que está pasando es lo siguiente, si en este tubo de 68cm. la frecuencia es de 245Hz aproximadamente, y la longitud de onda de unos 45cm, de eso podemos inferir que la longitud de onda es proporcional a la longitud del tubo y que también la frecuencia fundamental depende de la longitud del tubo.

E4: Sí, es como si las dos variables dependen de la longitud del tubo, porque como usted acabó decir, la longitud de onda y la frecuencia fundamental son como dependientes de la longitud del tubo, espere, *entonces ahí ya vemos que hay unas variables que dependen y otras que no.*

E1: Sí, vea, por ejemplo, la longitud del tubo es independiente de la longitud de onda, a la vez que la longitud del tubo tampoco depende de la frecuencia fundamental, *esas dos variables, longitud de onda y frecuencia son dependientes de la longitud del tubo, vea, acuérdesse del tubo de Kundt pequeño.*

E4: Es verdad, acuérdesse que *con el tubo pequeño, la frecuencia era mucho mayor*, por lo que sí, la frecuencia depende de la longitud del tubo, y a su vez, la longitud de onda depende de la frecuencia, que depende de la longitud del tubo.

En el anterior fragmento se desarrolla una discusión en torno a la relación de dependencia entre la frecuencia y la longitud de onda y que a su vez, éstas dos variables dependen de la longitud del tubo de Kundt.

Se evidencia que los integrantes del colectivo científico C1 sustentaron sus ideas con base en la práctica experimental, como es el caso de E1 “*esas dos variables, longitud de onda y frecuencia son dependientes de la longitud del tubo, vea, acuérdesse del tubo de Kundt pequeño*”. En este caso, E1 pretendió convencer a E2 e indicó a través del uso de otros tubos de Kundt cómo se presentó dicha relación de dependencia entre variables. Frente al fragmento expuesto, se evidenció la postura de los estudiantes con base en la

práctica experimental, y cómo las discusiones y el trabajo por colectivos posibilitó espacios de reflexión para los fenómenos que se quieren estudiar. Se elaboraron reflexiones referidas a preguntas como ¿puede generalizarse este comportamiento de las bolas de icopor y la longitud del tubo?, ¿qué pasaría en un tubo muy corto o en uno muy largo?, ¿qué pasa con el grosor del tubo?

Cómo se planteó, el propósito de la actividad experimental era que los colectivos tuvieran la posibilidad de construir conocimiento en el aula de ciencias. Es por ello que al modelar estos fenómenos físicos, la descripción de la actividad tiene inicio con términos que son cotidianos para los estudiantes, pero poco a poco se modifican y se logra que los colectivos científicos se apropien fenoménica y teóricamente del fenómeno que observaron; asunto que posibilitó a los colectivos introducirse en un lenguaje que es propio de las ciencias.

4.3. La modelación y la experimentación como posibilitadoras de las relaciones entre lo formal y lo fenoménico

4.3.1. Construcción o uso de modelos consistentes con la experimentación

En el análisis de esta subcategoría se tendrán en cuenta los modelos planteados por los colectivos científicos. En particular, se analizaron los fragmentos de las respuestas escritas en la actividad “conozcamos mejor el sonido” y “dar forma al fenómeno” (Anexos No. 4 y 5), en donde se encuentran representaciones esquemáticas que dan cuenta de la modelación y experimentación.

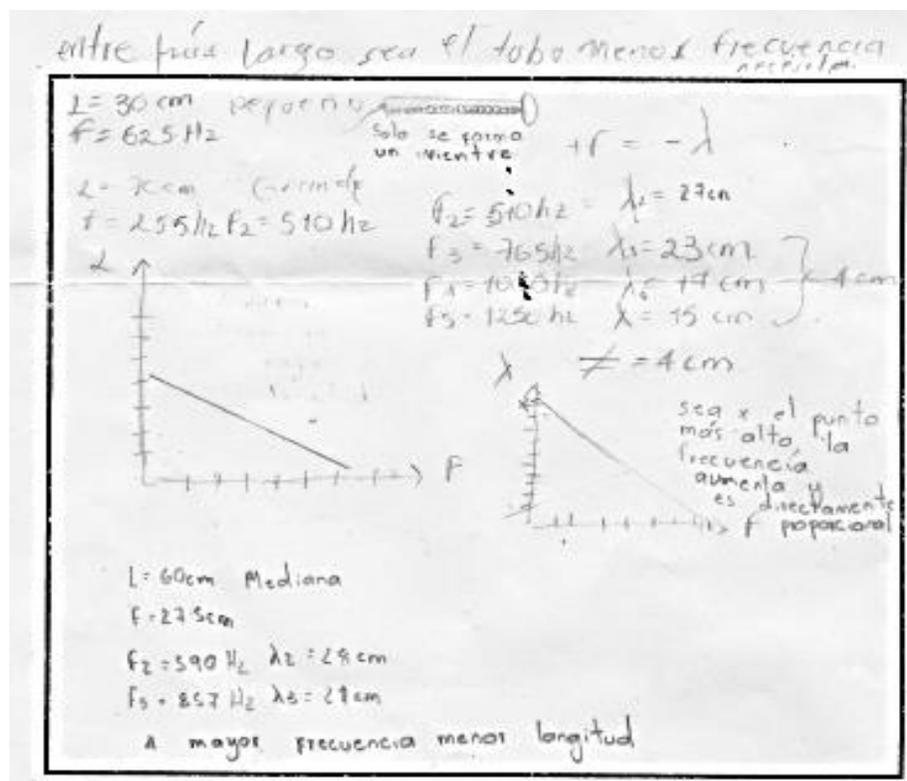


Figura 18: Respuesta Actividad No. 4. “Dar forma a fenómeno”. C8

En la figura anterior, las representaciones esquemáticas de frecuencia vs longitud del tubo y frecuencia vs longitud de onda, permitieron a los colectivos científicos establecer la proporcionalidad entre frecuencia y longitud de onda, y la relación entre la longitud del tubo y la frecuencia. Las ideas expuestas evidenciaron el planteamiento de Rolleri (2013) sobre los rasgos característicos de los modelos en Física. En la figura 18 se resalta la interpretación que los estudiantes dieron de fenómeno; también, que en la elaboración de estos modelos se involucró la selección de unos aspectos del fenómeno, en este caso, las variables que se relacionaron entre sí. En ese sentido, se plantea una correspondencia entre frecuencia-longitud del tubo y frecuencia-longitud de onda.

Cabe resaltar que el planteamiento “entre más largo sea el tubo, menos frecuencia necesita” se hace en un lenguaje cotidiano para los colectivos. Sin embargo, este planteamiento no carece de una estructura lógica y racional, pues cumple los requisitos de describir el fenómeno físico en cuestión. Tal y como enuncia Izquierdo (2007), la característica principal de estos modelos es que son producto de la experimentación con el

fenómeno, acorde con esto, el aprendizaje es resultado de un razonamiento, se hace a un lado la perspectiva de aprendizaje memorístico pues los datos suministrados por cada colectivo parten de la modificación de las variables del fenómeno, es decir, las construcciones que realizaron fueron correspondientes con la práctica experimental. También hay concordancia con el planteamiento de Villa (2007) ya que este modelo teórico explica el fenómeno, además de que se evaluó por el colectivo, con lo que se produjo un consenso, es decir, la discusión proporcionó a los colectivos científicos las herramientas para validar el modelo teórico; entre los estudiantes del colectivo se evaluó la concordancia con la experimentación. Esto se percibió cuando los estudiantes socializaron los resultados obtenidos, y durante el consenso se mostró que, en efecto, los argumentos realizados fueron consistentes con el fenómeno físico, lo que involucra una relación explícita entre fenómeno y teoría, puesto que se asocia directamente el modelo teórico con los hechos experimentales.

4.3.1. Explicaciones de los fenómenos que realizaron los colectivos científicos

La culminación de la última actividad experimental gozó de un ambiente argumentativo a partir de la elaboración de un video de cada colectivo científico. El propósito del análisis bajo esta subcategoría se centró en la interpretación de las explicaciones que brindaron los colectivos, expuestas en el video de la Actividad No. 3.

Los colectivos científicos utilizaron tubos de resonancia de diferente longitud para argumentar los constructos efectuados durante el proceso. El uso de estos tubos permitió exponer relaciones entre la frecuencia y la longitud del tubo. A su vez, otros colectivos expusieron las relaciones entre frecuencia y longitud de onda, frecuencia y cantidad de antinodos, y otras relaciones que hicieron referencia a los armónicos, la frecuencia y la longitud de onda. Algunas de las exposiciones que se extrajeron como fragmentos de los videos que realizaron los estudiantes, se seleccionaron de acuerdo con su correspondencia con el fenómeno y su capacidad de explicación. Tales fragmentos se presentan a continuación:

Indicaciones para el desarrollo de la actividad (Anexo No. 4)

Expliquemos las ondas estacionarias

Con ayuda de un Smartphone y en colaboración de todo el colectivo científico, graben un video donde expliquen el comportamiento de las ondas estacionarias en relación con las representaciones formales que realizaron antes.

C1: Veamos lo siguiente. Aquí tenemos el tubo de Kundt de 70 centímetros.

Podemos ver que si ponemos la frecuencia en 255 Hz, *se ve la frecuencia fundamental* y las bolitas de icopor se suben al máximo, en el centro... Luego, si miramos este otro más corto, debemos poner la frecuencia en 600 Hz para que se vea la fundamental. O sea, *si el tubo es de corta longitud, la frecuencia que se necesita es mucho más grande*. Entonces podemos decir que *la frecuencia es inversamente proporcional a la longitud del tubo*. (...) Además, para que en el tubo se puedan ver las ondas, se necesita que la frecuencia esté *solo en algunas específicas*, (...) cuando uno suma una y otra vez la frecuencia fundamental, *tenemos ondas con más vientres*, (...) vemos que se levanta para 255 Hz... 510 Hz... y 765 Hz, (...) nosotros creemos que en las frecuencias donde no hay ondas, es porque *las ondas se anulan* cuando la una va y la otra viene.

C2: El tubo de Kundt es un tubo de ondas estacionarias en el que podemos ver detalladamente cómo se forman las ondas con el sonido (...) Las ondas se generan utilizando el celular y cambiando la frecuencia para que se suban o bajen las bolas de icopor. Si ponemos la frecuencia en 280 Hz, visualizamos la frecuencia fundamental. Encontramos que la segunda frecuencia, por ejemplo, es dos veces la primera, la tercera es tres veces la fundamental... *entonces la frecuencia número n se calcula como n por la frecuencia fundamental*. Lo podemos ver con esta fórmula:

$$f_n = n f_1$$

(...) Como la frecuencia es inversamente proporcional a la longitud de onda, podemos ver las fórmulas:

$$\lambda f = v$$

$$\lambda = v/f$$

$$f = v/\lambda$$

Además, sabemos que k es igual a esto... 340 m/s, que es la velocidad del sonido.

C6: En este tubo, las ondas se forman con frecuencias más bajas que en los otros porque es más largo (...) La frecuencia de las ondas la podemos modificar para que se vean más vientres... si la ponemos en 280 se forma la frecuencia fundamental y así, si la sumamos otra vez, vemos la segunda frecuencia, y así sucesivamente...

Las afirmaciones de C1 exponen asociaciones entre dos variables fundamentales para el estudio del fenómeno: la longitud de onda y la frecuencia. Aquí se identificó un constructo formal en tanto se mira el fenómeno físico por variables y se enlaza a una dependencia mutua entre ellas.

Los estudiantes de los colectivos mostraron un dominio de los conceptos diferente a uno intuitivo, pues el establecimiento de las relaciones entre las variables del fenómeno presentó una constitución formal del conocimiento que adquirieron. El uso de ecuaciones matemáticas para explicar el comportamiento y asociarlo al fenómeno físico, a su vez, muestra una estrecha relación entre lo formal (construido por ellos mismos) y lo fenoménico (el fenómeno de ondas estacionarias). En ese sentido, la formalización del fenómeno a través de las representaciones gráficas y su argumentación verbal demostraron que los modelos teóricos que construyeron incorporaron al estudiante en un escenario científico.

El proceso de la ACE fue determinante para que los colectivos científicos dieran forma a los fenómenos físicos y relacionaran aquellos modelos teóricos construidos mediante el acto experimental y de modelación, con el fenómeno que observaron. La información que se recopiló durante la investigación mostró que las relaciones entre lo formal y lo fenoménico se potencian cuando se incita al estudiante a la construcción de conocimiento científico.

5. CONCLUSIONES

Asumir la actividad experimental a partir del análisis de las propuestas instrumentales posibilita que los estudiantes intervengan en la producción de conocimiento científico estrechamente relacionado con los hechos experimentales del laboratorio. En ese orden de ideas, si se retoma la pregunta investigativa ¿Cómo la experimentación en un ambiente de modelación posibilita que los estudiantes generen relaciones entre lo formal y lo fenoménico?, puede afirmarse que estas relaciones son posibles en tanto la actividad experimental permite que los estudiantes deriven el conocimiento formal de lo que observan sobre fenómeno físico y se complementa con el trabajo cooperativo, la discusión, validación de argumentos y el debate.

El objetivo principal de la investigación fue el de analizar los modelos formulados por los estudiantes para dar cuenta del proceso de experimentación en un ambiente de modelación como posibilitador de las relaciones formal-fenómeno. Este objetivo incitó el direccionamiento del análisis de la información hacia los modelos teóricos y los vínculos que guardan con el experimento, acción que condujo a la identificación de las relaciones pretendidas e hizo posible identificar que el diseño elaborado de las actividades experimentales, en efecto, posibilita generar relaciones entre el carácter formal del conocimiento científico y los aspectos fenoménicos referidos al mismo.

Esta perspectiva de la experimentación permitió a los colectivos científicos formalizar los diferentes conceptos y sus relaciones asociadas a la práctica, como lo son la dependencia y relación inversa entre frecuencia y longitud de onda, la velocidad del sonido constante como consecuencia de dicha proporción inversa, la frecuencia fundamental y su relación de constitución de la n-ésima frecuencia, entre otros. Estas construcciones formales resultantes del trabajo colectivo muestran que existe la posibilidad de llegar a este tipo de constructos en tanto se dinamiza la componente comunicativa y de interacción con el otro. Lo anterior evidencia que el objetivo investigativo referido al reconocimiento de las

posibilidades de construir conocimiento formalizado a través de la experimentación en colectivos científicos escolares, culmina, puesto que, dicho conocimiento puede construirse bajo la experimentación colectiva.

Se favoreció el cambio en la perspectiva de enseñanza asumida en la escuela, pues los colectivos científicos resultan ser los partícipes principales en la construcción y validación del conocimiento, en este caso, de los modelos teóricos escolares. En ningún momento se pretendió que los colectivos utilizaran modelos dados por el docente. Por esta razón se presentan diversos modelos teóricos escolares realizados por cada uno de los colectivos. Los estudiantes gozaban de la libertad de analizar en el fenómeno los elementos que pudiera dar cuenta de lo observado. En ese orden de ideas, se pueden apreciar las diferencias en la búsqueda de los modelos planteados por cada integrante del colectivo en la búsqueda de sentido para organizar el comportamiento de los fenómenos.

El proceso de la ACE que implica la experimentación, la modelación y la comunicación, resultó ser un diseño que permitió la confrontación de hipótesis y validación de los modelos establecidos. En las distintas actividades que realizaron los colectivos dialogaron acerca de los fenómenos y cuál es la mejor forma de entenderlos. En particular, se favoreció el consenso y enriquecimiento de la actividad científica en el aula. En el proceso de creación de modelos teóricos escolares se requirió por parte de los colectivos la apropiación de conceptos y de las relaciones que se establecieron en el fenómeno, con el propósito de construir una forma o modelo que diera cuenta del mismo.

Para finalizar, se reitera que la pregunta de investigación ¿Cómo las actividades experimentales en un ambiente de modelación posibilitan que los estudiantes generen relaciones entre lo formal y lo fenoménico?, se responde con base en aquellos elementos existentes que se expusieron en el desarrollo del análisis. Estos elementos dan cuenta de que, a partir de dichas actividades experimentales, los estudiantes construyeron y

relacionaron el carácter formal del conocimiento científico y los fenómenos físicos que observaron en el aula de laboratorio.

REFERENCIAS

- Adúriz-Bravo, A., & Izquierdo-Aymerich, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*, 4(3).
- Arcà, M. & Guidoni, P. (1987). *Guardare per sistemi, guardare per variabili*. Turín, Italia, Emme Edizioni.
- Ayala, M. M., Garzón, M. & Malagón, F. (2007). Consideraciones sobre la formalización y matematización de los fenómenos físicos. *Praxis Filosófica*, (25), 39-54.
- Ayala, M. M., Malagón Sánchez, J. F., & Sandoval Osorio, S. (2013). *Construcción de fenomenologías y procesos de formalización: un sentido para la enseñanza de las ciencias*, Bogotá, Colombia, Universidad Pedagógica.
- Chirino, M. V., Carballo, M., Ramírez, I., Nocado, I., & Fundora, C. L. (2009). Actividad científica e investigación educacional en la escuela. *Congreso Internacional de Pedagogía*, curso (Vol. 39).
- García, G. J., & Rentería, R. E. (2011a). Modelización de problemas para desarrollar habilidades de experimentación. *Tecné Episteme Y Didaxis TED*, (29).
- García, G. J., & Rentería, R. E. (2011b). La modelización de experimentos como estrategia didáctica para el desarrollo de la capacidad para resolver problemas. *Uni-pluriversidad*, 11(1).
- Hernández S., R., Fernández C., C., & Baptista L., P. (2006). *Metodología de la investigación* (Vol. 3). México: McGraw-Hill.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 12(3), 299-313.
- Hwang, S. (2008). Utilizing qualitative data analysis software: A review of Atlas. ti. *Social*

Science Computer Review, 26(4), 519-527.

Izquierdo, M. (2007). Enseñar ciencias, una nueva ciencia. *Enseñanza de las ciencias sociales: revista de investigación*, (6), 125-138.

Izquierdo, M. (2013). Consideraciones acerca de la diferencia entre " contexto del alumno" y " contexto de modelización científica escolar" y de las dificultades que de ella se derivan. *Perspectives sobre el context en educació científica: aproximacions teòriques i implicacions per a la pràctica educativa*.

Izquierdo, M., Sanmartí P. N., & Espinet, M.B. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de Ciencias Experimentales. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 17(1), 45-59.

Izquierdo-Aymerich, M., & Adúriz-Bravo, A. (2005). Los modelos teóricos para la ciencia escolar. Un ejemplo de química. *Actas del VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias, Enseñanza de las Ciencias, Número Extra*. Congreso llevado a cabo en Granada, España.

Lawson, R. A., & McDermott, L. C. (1987). Student understanding of the work-energy and impulse-momentum theorems. *American Journal of Physics*, 55(9), 811-817.

Mendoza, G. J. (2015). Otra mirada: la construcción social del conocimiento. *Polis*, 11(1), 83-118.

Ministerio de Educación Nacional. (2016). *Lineamientos curriculares: ciencias naturales y educación ambiental*, Bogotá, Colombia, Magisterio.

Neira, J. M. (2012). Filosofía Hermenéutica y constructivismo: herramientas teóricas para reflexionar sobre el rol docente. *Historia e identidades culturales*, 191-199.

Obregón, D. (2002). La construcción social del conocimiento: Los casos de Kuhn y de Fleck. *Revista colombiana de filosofía de la ciencia*, 3(7), 41-58.

Paz, V. (2009). Un enfoque de trabajo en el aula: la actividad científica escolar. *Enseñanza*

de las Ciencias, Número Extra. VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 2347-2352.

Paz, V. A., Márquez, C., & Adúriz-Bravo, A. (2008). Análisis de una actividad científica escolar diseñada para enseñar qué hacen los científicos y la función de nutrición en el modelo de ser vivo. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos, 4(2).*

Peña, Y., Gamboa, G. M., Díaz, C. R., & Parra, R. J. (2017). El diagnóstico de la función orientadora en la formación inicial del profesional de la educación. *Boletín Redipe, 6(3), 147-171.*

Rodney, C. & Bassanezi, C. (1994). Modelling as a teaching-learning strategy. *For the learning of mathematics, 14(2), 31-35.*

Rodríguez, G. R. & Quiroz Rivera, S. (2016). El rol de la experimentación en la modelación matemática. *Educación matemática, 28(3), 91-110.*

Rodríguez, G. R. (2010). Aprendizaje y enseñanza de la modelación: el caso de las ecuaciones diferenciales. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa, 13(4), 191-210.*

Rolleri, J. L. (2013). ¿Qué son los modelos físicos? *Valenciana, 6(11), 271-288.*

Romero, Á. & Aguilar, Y. (2013). *La experimentación y el desarrollo del pensamiento físico. Un análisis histórico y epistemológico con fines didácticos*, Medellín, Colombia, Editorial Universidad de Antioquia

Romero, A. (2013). Reflexiones acerca de la naturaleza de las ciencias como fundamento de propuestas de enseñanza: el caso de la experimentación en la clase deficiencias. En: Romero, Á., Henao, B. y Barros, J., *La argumentación en la clase deficiencias. Aportes a una educación en ciencias en y para la civilidad fundamentada en reflexiones acerca de la naturaleza de las ciencias*, (pp. 71-98). Medellín, Colombia: Editorial Universidad de Antioquia.

Romero, A. E., Morcillo, C., García, E. G., Tobón, E., Quinto, J. A., Mejía, L. S.,

Amelines, P. A., Giraldo, Y. L. & Aguilar, Y. (2017). *La experimentación en la clase de ciencias*. Medellín, Colombia, Universidad de Antioquia.

Vilches, A., & Gil, D. (2012). El trabajo cooperativo en el aula. *Aula de innovación educativa*, 208, 73-79.

Villa, J. A. (2007). La modelación como proceso en el aula de matemáticas: un marco de referencia y un ejemplo. *TecnoLógicas*, 63-86.

Wainmaier, C., & Fleisner, A. (2015). Interpretación del lenguaje simbólico de la física: Las “lecturas” de los estudiantes. *Latin-American Journal of Physics Education*, 9(2), 5.

ANEXOS

Anexo No. 1. Consentimiento informado

1. PRESENTACIÓN

Sr (a) Estudiante:

Se le está invitado a participar en el desarrollo de una propuesta de investigación liderada por un grupo de estudiantes de la Licenciatura en matemáticas y física que se encuentran en su etapa final de formación. La implementación de la propuesta es acompañada por un profesor asesor, adscrito a la Facultad de Educación.

El desarrollo de este estudio y todo el proceso de recolección de información a través de diferentes instrumentos y técnicas (análisis documental, lista de chequeo, cuestionario y entrevistas semiestructurada) no representan para usted ningún tipo de valoración o seguimiento a su desempeño académico o profesional.

Su participación es de carácter voluntario, lo que significa que, en cualquier momento, usted tiene la libertad de retirarse si así lo considera. Antes de tomar cualquier decisión sobre su participación, tómese el tiempo necesario para que conozca y comprenda todos los aspectos relacionados con el estudio. Siéntase con absoluta libertad para preguntar sobre los diferentes elementos que le ayuden a aclarar sus dudas al respecto.

Una vez que haya comprendido la propuesta y las acciones que se llevan a cabo, y si usted decide participar, se le pedirá que firme esta forma de consentimiento la cual se le entrega una copia firmada y fechada.

2. INFORMACIÓN SOBRE LA INVESTIGACIÓN

2.1. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

La propuesta tiene como propósito fundamental implementar actividades experimentales bajo un diseño no tradicional para dar cuenta de los procesos de modelación y

experimentación como posibilitadores de relaciones entre los fenómenos físicos observados en el laboratorio y el lenguaje formal que los representa.

2.2. BENEFICIOS DE LA INVESTIGACIÓN

En los diferentes estudios relacionados con las prácticas de evaluación de los docentes en la Educación Superior, se consideran diferentes perspectivas para hacer una valoración de la evaluación de los aprendizajes. Lo que si queda claro dentro de esta variedad, es la importancia de este proceso en el desarrollo de la práctica docente lo cual implica tomar en consideración la incorporación de nuevas prácticas de enseñanza y nuevos modelos de evaluación, para que no sólo se ponga a prueba la memoria, sino también las habilidades de comprensión, la aptitud para las labores prácticas y la creatividad de los estudiantes (UNESCO, 2005)

A partir de esta investigación, se pretende indagar y analizar sobre la influencia de la evaluación formativa en el aprendizaje de las ciencias por parte de los estudiantes.

2.3. PROCEDIMIENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

Dada la complejidad de la temática y la susceptibilidad que puede generar en los participantes, se llevará a cabo una serie de procedimientos que permitirán recoger y analizar las diferentes dimensiones que rodean las prácticas de evaluación de los aprendizajes académicos mediante los siguientes instrumentos y técnicas: el análisis documental, el diligenciamiento de un cuestionario y la lista de chequeo, entrevista semi-estructurada, los cuales permitirán el contraste y confrontación del análisis realizado a partir de los demás procedimientos.

2.4. ACLARACIONES

Su decisión de participar en la investigación es completamente voluntaria, de igual manera toda la información, será de carácter confidencial y estrictamente académico. En caso de no aceptar la invitación, no tendrá consecuencia desfavorable para usted. No recibirá ninguna retribución económica por su participación.

Finalizado el proceso se darán a conocer los resultados y si decide participar en el estudio, aunque tiene la libertad de retirarse, su participación hasta finalizar es de suma importancia para la cualificación de las propuestas de formación.

Muchas gracias por su participación.

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo, _____, identificado con TI. _____, he leído y he sido informado (a) sobre los propósitos, objetivos y procedimientos para la recolección de la información que se ejecutarán en el presente proyecto. He sido informado y entiendo que los datos obtenidos en el estudio pueden ser publicados o difundidos con fines académicos.

Firma del participante

Fecha

TI:

Firma del acudiente responsable

Fecha

CC:

Firma del investigador

CC:

Anexo No. 2. Actividad experimental No. 1

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

**El sonido**

A continuación, se te pedirá que respondas con la mayor profundidad una serie de preguntas sobre el sonido.

1. Explica brevemente qué consideras que es el sonido

2. Elabora una ilustración de cómo sería el sonido si lo pudieras representar gráficamente

3. Enuncia tres situaciones en las que puedas observar cómo el sonido afecta el movimiento o la estructura de los objetos.

4. Con referencia a las anteriores situaciones, ¿cuáles crees que son los factores que hacen que el sonido modifique el estado de los objetos?

5. ¿Existen diferencias entre el sonido percibido en la imagen de la izquierda y el de la imagen de la derecha?, ¿Cuáles identificas?



3. ¿Cuáles factores hacen que en este montaje se produzca sonido?, ¿Por qué?

4. Elaboren un video del montaje, donde se observe su funcionamiento. Envíen el video al correo electrónico fisicallnormalsonido@gmail.com

Anexo No. 4. Actividad experimental No. 3**Conozcamos mejor el sonido**

El colectivo científico debe realizar el montaje del tubo de Kundt. Luego de efectuarlo, respondan las siguientes preguntas:

1. ¿Qué pueden decir del movimiento que observaron en el tubo de Kundt?

2. Elaboren un dibujo del fenómeno que observaron en el tubo de Kundt.



3. El movimiento que observaron en el tubo de Kundt es de tipo ondulatorio. En él, como en todo movimiento de este tipo, se identifican variables que son importantes para su estudio, tales como: la longitud del tubo, la frecuencia, la longitud de las ondas y la velocidad de propagación. Ahora, identifiquen que sucede si modifican la frecuencia sonora por medio del aplicativo Frequency Sound Generator® en el Smartphone. En cada uno de los siguientes enunciados describan el comportamiento que se observa de la variable que se indica.

- La longitud de onda

- La frecuencia de las ondas

4. Entre los colectivos científicos, discutan acerca de lo que identificaron del fenómeno al modificar estas variables. ¿Qué evidencian en común?

5. ¿En qué situaciones de la cotidianidad evidencian movimientos como los que se observan en el tubo de Kuhn?

6. En plenario general discutiremos, entre los colectivos científicos, acerca del fenómeno que observaron en el tubo de Kundt.

7. ¿Por qué las ondas que se generaron en el tubo de Kundt son estacionarias?

Anexo No. 5. Actividad experimental No. 4

Dar forma al fenómeno

Modelemos las ondas sonoras

Su colectivo científico se enfrenta a la tarea de utilizar el montaje del tubo de Kundt para estudiar el movimiento en su interior. El objetivo es observar y describir cómo varían las ondas si se modifican dos de las variables (una por una): la frecuencia y la longitud el tubo. Para esto, deberán efectuar modificaciones y así representar aquello que se observa. Pueden representar a través de gráficos, relaciones matemáticas de proporcionalidad, esquemas, etc.

