



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**El trabajo práctico de laboratorio y el papel de los
instrumentos tecnológicos en la enseñanza de la física**

Autor

Jhon Daniel Pabón Rúa

Universidad de Antioquia

Facultad de Educación

Medellín, Colombia

2020



El trabajo práctico de laboratorio y el papel de los instrumentos tecnológicos en la
enseñanza de la física

Jhon Daniel Pabón Rúa

Trabajo de investigación presentado como requisito para optar al título de:

Magíster en Educación en Ciencias Naturales

Asesora:

Dra. Sonia Yaneth López Ríos

Línea de Investigación:

TIC para la Enseñanza de las Ciencias

Grupo de Investigación:

Perspectivas de investigación en Educación en Ciencias (PiEnCias)

Universidad de Antioquia

Facultad de Educación

Medellín, Colombia

2020

AGRADECIMIENTOS

A Dios que, como otra gran muestra de amor en mi vida, propició las condiciones para mantenerme en este proceso y llevar a buen término la investigación.

A mi asesora Sonia Yaneth López Ríos, quien me enseñó que la excelencia debe estar precedida por un ser humano sensible y presto a ayudar a los demás; su excepcional nivel académico e incondicional acompañamiento hicieron que este trabajo fuese una enriquecedora y grata experiencia.

A mi madre, quien sin comprender las dinámicas de la investigación, ni el tema desarrollado en este trabajo, tiene claro que el sentido de la vida se encuentra en el amor a los demás. Siempre preocupada por mi bienestar emocional y físico fue un baluarte que me sostuvo durante todo este proceso.

A mi familia, quienes con paciencia y comprensión hicieron parte de este proceso apoyándome y ayudándome en todo aquello que se encontraba en el marco de sus posibilidades.

Al grupo de investigación Perspectivas de Investigación en Educación en Ciencias (PiEnCias) y al semillero que hace parte de este, por permitirme compartir diferentes espacios de formación científica que fortalecieron mis habilidades como investigador.

A Alfredo Lozada, coordinador académico del Colegio Gimnasio Cantabria en el cual me desempeñé como docente, su constante preocupación por el bienestar del personal que tiene a cargo fue fundamental para llevar a buen término este trabajo.

A mis compañeros de la tercera cohorte de la Maestría en Educación en Ciencias, su alta calidad humana y académica permitieron construir una familia que tuvo como principio fundamental el bienestar común.

A los profesores Consuelo Escudero y Eduardo Jaime de la Universidad de San Juan en Argentina, quienes desde su experticia enriquecieron en gran medida mi comprensión de los fundamentos teóricos en los que se sustenta este trabajo.

A los profesores María Mercedes Narváez, Mónica Eliana Cardona y Luis Felipe Ramírez, sus aportes fueron fundamentales para el desarrollo y culminación de esta investigación.

A Eliana Cuartas, coordinadora de la Licenciatura en Ciencias Naturales de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia, por creer en mí desde las primeras etapas del pregrado y apoyarme incondicionalmente en todo lo que he necesitado.

A mis profesores de colegio Gloria Patricia y Alberto Muñoz; fueron la inspiración inicial para continuar mis estudios e intentar hacer siempre las cosas con amor, quizá sin enterarse me dieron lecciones de vida que siempre llevo grabadas en mi ser.

A mi Alma Mater, la Universidad de Antioquia, institución que me ha brindado múltiples oportunidades y de la cual espero seguir aprendiendo y disfrutando el resto de mi vida.

Al profesor y a los estudiantes del curso de física II del semestre 2019 – 1 del programa de Licenciatura en Ciencias Naturales de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia, por su buena disposición para realizar las actividades propuestas en el desarrollo de la investigación.

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	11
2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
3	OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN	19
3.1	General	19
3.2	Específicos.....	19
4	APROXIMACIONES TEÓRICAS	19
4.1	Revisión de literatura	19
4.1.1	Los trabajos prácticos en física desde la Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud	22
4.1.2	El papel de las herramientas tecnológicas desde la perspectiva de Vygotsky	25
4.1.3	El uso de SAD en la enseñanza de fenómenos oscilatorios y ondulatorios...	28
4.2	Fundamentos teóricos	31
4.2.1	La Teoría de los Campos Conceptuales en la enseñanza de las ciencias.....	31
4.2.2	Los instrumentos tecnológicos desde la perspectiva de Vygotsky.....	34
4.2.3	La Teoría de los Campos Conceptuales y la Teoría Sociocultural de Vygotsky en el marco de esta investigación	39
4.2.4	Los trabajos prácticos en la enseñanza de las ciencias	42
4.2.5	Los Sistemas de Adquisición de Datos en el marco de las TIC	44
5	METODOLOGÍA	46
5.1	Tipo de Estudio.....	47
5.2	Contexto y participantes.....	47
5.3	Técnicas e instrumentos para la recolección de la información	48

5.3.1	Observación participante.....	48
5.3.2	Entrevista Semiestructurada.....	49
5.3.3	Grupos de discusión.....	50
5.3.4	Diario de campo.....	50
5.3.5	Bitácora	51
5.3.6	Informes de las actividades	51
5.4	Propuesta Pedagógico- Didáctica	52
5.5	Técnicas y procedimientos para el análisis de la información	55
5.5.1	Transcripción.....	55
5.5.2	Proceso de triangulación	56
5.5.3	Análisis de contenido, codificación y categorización.....	57
5.6	Categorías para el análisis de la información.....	59
5.6.1	Evolución de los esquemas	60
5.6.2	Características de los SAD como objetos de mediación.....	61
5.6.3	Apreciaciones acerca de la utilización de SAD en la enseñanza de la física .	65
5.7	Aspectos éticos en la recolección y el tratamiento de la información	65
6	RESULTADOS Y ANÁLISIS	66
6.1	Evolución de los esquemas en el transcurso de la propuesta	66
6.1.1	Las ondas transportan energía y no materia	67
6.1.2	El sonido es una onda mecánica que se propaga a través de movimientos oscilatorios de las partículas del aire	70
6.1.3	La longitud de onda es inversamente proporcional a la frecuencia.....	72
6.2	Características de los SAD como instrumentos de mediación cultural en el trabajo experimental en física.....	78
6.2.1	Posibilidades Materiales de los SAD.....	78
6.2.2	Posibilidades Simbólicas de los SAD.....	82

6.3	Apreciaciones acerca de la utilización de SAD en la enseñanza de la física	85
6.3.1	Los SAD como objetos culturales que favorecen la educación científica	85
6.3.2	Dificultades en la utilización de los SAD para la enseñanza de la física	90
7	CONSIDERACIONES FINALES.....	92
7.1	Conclusiones.....	92
7.2	Recomendaciones y perspectivas futuras de investigación.....	94
8	REFERENCIAS	96
9	ANEXOS.....	104

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Número de unidades de análisis encontradas y medio de publicación.....	20
Tabla 2.	Cantidad de unidades de análisis por país.	21
Tabla 3.	Ejes temáticos y autores de las unidades de análisis.	21
Tabla 4.	Campos conceptuales, fenómenos o conceptos abordados, población y elemento teórico analizado desde la teoría de Vergnaud.	23
Tabla 5.	Recursos tecnológicos utilizados como instrumentos de mediación cultural.....	25
Tabla 6.	Los SAD en la enseñanza de fenómenos oscilatorios.	28
Tabla 7.	Fases, situaciones y actividades que hicieron parte de la propuesta.	53
Tabla 8.	Categorías y subcategorías de análisis a partir de los objetivos de investigación.	59
Tabla 9.	Clasificación de los esquemas a partir de la correspondencia de los IO y las RA con el campo conceptual.	60
Tabla 10.	Estructura de la matriz utilizada para analizar la evolución de los esquemas.	61
Tabla 11.	Concepciones de objetos mediacionales desde la teoría de Vygotsky.	62
Tabla 12.	Estructura de la matriz utilizada para caracterizar los SAD como instrumentos de mediación cultural.....	63
Tabla 13.	Evolución de los esquemas relacionados con el principio “las ondas transportan energía y no materia”.	67
Tabla 14.	Evolución de los esquemas relacionados con el principio de propagación del sonido.	70

Tabla 15. Evolución de los esquemas referentes al principio “la longitud de onda es inversamente proporcional a la frecuencia”.	73
---	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diferentes etapas de un sistema de adquisición de datos	45
Figura 2. Representación de los elementos utilizados en la S5.	54
Figura 3. Representación de los elementos utilizados en S6.	54
Figura 4. Representación de algunos de los elementos utilizados en S7.	55
Figura 5. Participantes intentando mover los palillos por medio de ondas sonoras.	70
Figura 6. Participantes determinando la rapidez del sonido con ayuda del SAD.	77
Figura 7. Montaje del SAD para determinar la rapidez del sonido.	77
Figura 8. Tabla construida por E3 y E7 con ayuda un SAD para determinar cinco frecuencias en orden ascendente y las notas asociadas a estas.	79

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Formato preguntas entrevista.	104
Anexo B. Formato preguntas grupo de discusión.	104
Anexo C. Formato diario de campo.	106
Anexo D. Formato bitácoras para los trabajos prácticos.	107
Anexo E. Formato para el desarrollo del trabajo experimental relacionado con la determinación de la rapidez del sonido.	112
Anexo F. Formato para la actividad relacionada con la elaboración del instrumento musical de viento.	114
Anexo G. Evidencia informe determinación de la rapidez del sonido.	115
Anexo H. Evidencia informe instrumento musical de viento.	116
Anexo I. Formato de preguntas y actividades para el diagnóstico.	116
Anexo J. Protocolo consentimiento informado.	128

RESUMEN

Se ha reportado en la literatura que en los trabajos experimentales de física se presenta una clara escisión entre teoría y práctica que da cuenta de una visión distorsionada de la construcción del conocimiento científico. Además, dicha visión ha hecho que se vea desfavorecido el desarrollo de procesos cognitivos de orden superior de los sujetos, por limitar este espacio de aprendizaje al seguimiento de guías pautadas con objetivos preestablecidos. En este sentido, se construyó una propuesta teórico-metodológica fundamentada en la Teoría de los Campos Conceptuales de Gerard Vergnaud, en la que se articulan los trabajos prácticos de laboratorio y el uso de tecnologías para abordar situaciones que favorezcan la conceptualización en física y una visión de la construcción de la ciencia más cercana a las posiciones epistemológicas actuales. La propuesta se implementó con un grupo de futuros maestros del área de ciencias naturales de un programa de Licenciatura (denominación exclusiva para los programas de formación de maestros en Colombia) de la Universidad de Antioquia, con quienes se llevó a cabo un estudio de caso desde una perspectiva cualitativa. Luego de enfrentarse a diferentes situaciones relacionadas con el concepto de ondas sonoras en el contexto de los trabajos prácticos, se observó la evolución de los esquemas de los participantes a partir del enriquecimiento de sus invariantes operatorios y la generación de secuencias de acción pertinentes para las situaciones a las que se enfrentaban; lo cual da cuenta del progresivo dominio del concepto abordado y por tanto de un proceso de conceptualización. Por otra parte, a la luz de la Teoría Sociocultural de Vygotsky, se encontró que los sistemas de adquisición de datos se posicionan como auténticos instrumentos de mediación cultural, tanto desde un punto de vista simbólico como técnico; se pudo evidenciar que los elementos simbólicos ofrecidos por estos dispositivos fueron incorporados progresivamente en las estructuras de pensamiento de los participantes y además, dichos dispositivos les permitieron transformar el entorno en función de los objetivos subyacentes a las situaciones con las que se enfrentaban. Lo anterior permite afirmar que la implementación de la propuesta en cuestión, en cursos de formación inicial y continuada de profesores de ciencias puede contribuir de manera importante a la conceptualización en física, la concepción del trabajo experimental como un espacio en el que confluyen teoría y práctica y la apropiación crítica del uso de tecnologías.

Palabras clave: trabajos prácticos de laboratorio, sistemas de adquisición de datos conceptualización, enseñanza de la física, formación de maestros.

ABSTRACT

It has been reported in the literature that in the experimental works of physics there is a clear split between theory and practice that accounts for a distorted view of the construction of scientific knowledge. In addition, this vision has made the development of higher order cognitive processes of the subjects to be disadvantaged, by limiting this learning space to the follow-up of guidelines guided with pre-established objectives. In this sense, a theoretical-methodological proposal based on Gerard Vergnaud's Conceptual Field Theory was built, in which practical laboratory work and the use of technologies are articulated to address situations that favor the conceptualization in physics and a closer vision of the construction of science to current epistemological positions. The proposal was implemented with a group of future teachers from the natural sciences area of a Bachelor's degree program (exclusive name for teacher training programs in Colombia) at University of Antioquia, with whom a case study was carried out from a qualitative perspective. After facing different situations related to the concept of sound waves in the context of practical work, the evolution of the participant schemes was observed from the enrichment of their operative invariants and the generation of sequences of action that were relevant to the situations they faced; which accounts for the progressive mastery of the concept addressed and consequently, for a process of conceptualization. On the other hand, in the light of Vygotsky's Sociocultural Theory, it was found that data acquisition systems are positioned as authentic instruments of cultural mediation, both from a symbolic and technical point of view; it could be evidenced that the symbolic elements offered by these devices were progressively incorporated into the participants' structures of thought. In addition these devices allowed them to transform the environment based on the objectives underlying the situations they faced. This allows us to affirm that the implementation of the proposal in question, in courses of initial and continuous training of science professors can contribute in a significant manner to the conceptualization in physics, the conception of experimental work as a space in which theory and practice converge and the critical appropriation of the use of technologies.

Key Words: practical laboratory work, data acquisition systems conceptualization, physics teaching, teacher's training.

1 INTRODUCCIÓN

La cultura en la que se vive es compleja y cambia rápidamente; apropiarse de la misma es el problema más importante que tienen los seres humanos. Se trata fundamentalmente de un problema de adaptación (Vergnaud, 1996).

En esta investigación se estudiaron los procesos de razonamiento de un grupo de maestros en formación del área de ciencias naturales, al enfrentar diversas situaciones en el marco del trabajo práctico apoyado en instrumentos tecnológicos. Esto con el fin de identificar elementos que permitan construir ambientes de aprendizaje, en los cuales los sujetos tengan la oportunidad de desarrollar habilidades de pensamiento de orden superior, adaptarse cognitivamente a las circunstancias y apropiarse del acervo cultural que hasta ahora ha construido la humanidad, particularmente del conocimiento científico.

Inicialmente se abordan aquellos factores por los cuales se hace necesario indagar acerca de los procesos de conceptualización en los trabajos prácticos de laboratorio y precisar el papel de los instrumentos tecnológicos en este espacio de aprendizaje. Luego se ofrece un panorama del estado actual de la investigación en este campo, mediante una revisión de literatura en la que se incluyen estudios de varios países. Posteriormente se describen los planteamientos de la Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud y de la Teoría Sociocultural de Vygotsky sobre los cuales se sustenta esta investigación. Seguidamente se expone la perspectiva metodológica desde la que se abordó el objeto de estudio y se presenta el análisis de resultados, a través del cual se evidencian los procesos de razonamiento que los participantes llevaron a cabo en el transcurso de una propuesta de intervención enmarcada en el campo conceptual de la mecánica, específicamente en el

concepto de ondas sonoras. De igual manera, en esta sección se precisa la forma en que los Sistemas de Adquisición de Datos (SAD) permitieron la apropiación de algunos elementos estructurantes del tema en cuestión. El último apartado contempla las conclusiones y recomendaciones, a través de ellas se intenta dar cuenta de los objetivos de este trabajo y se incluyen cuestiones que quedan abiertas para ser abordadas en futuras investigaciones; principalmente aquellas interesadas en indagar por el desarrollo cognitivo de los sujetos en el contexto de los trabajos prácticos de laboratorio y por la apropiación crítica de las actuales tecnologías que acompañan los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El constante cambio de las configuraciones sociales demanda ciudadanos con competencias concretas para fundamentar sus decisiones y maneras de actuar; características esenciales en el desarrollo del pensamiento científico. En este sentido, sectores a nivel local como el Ministerio de Educación Nacional (MEN), y de orden global como la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) pretenden promover en los diferentes centros de formación a nivel escolar y profesional, competencias científicas en los sujetos que den respuesta oportuna a estos requerimientos sociales. Así lo demuestra el compromiso adquirido por el consejo internacional de la ciencia y la UNESCO en 1999. Los países promulgaron un acuerdo en el que establecieron que la educación científica es un imperativo estratégico. Ese consenso partía de una premisa: “la participación plena en la sociedad actual requiere, cada vez más, que los ciudadanos tengan una formación que les permita comprender y actuar sobre un mundo rápidamente cambiante y profundamente impregnado por la ciencia y la tecnología” (Furman, 2016, p. 23).

En este contexto cobra importancia la formación del profesorado, dado el papel que desempeñan los maestros en los índices de calidad educativa y por ende en el cumplimiento de los objetivos de la educación en ciencias, que para el caso del Ministerio de Educación Colombiano significa “contribuir a la formación de ciudadanos y ciudadanas capaces de razonar, debatir, producir, convivir y desarrollar al máximo su potencial creativo (MEN, 2004, p. 6).

Este tipo de habilidades pueden ser desarrolladas a través de diferentes espacios de aprendizaje. Uno de ellos son los trabajos prácticos de laboratorio, cuya definición en esta investigación está en consonancia con los planteamientos de Caamaño (2007), que los considera como una actividad de gran importancia en la enseñanza de las ciencias en la medida que permite

la familiarización, observación e interpretación de los fenómenos que son objetos de estudio en las clases de ciencias, el contraste de hipótesis en los procesos de modelización de la ciencia escolar, el aprendizaje del manejo de instrumentos y técnicas de laboratorio y de campo, la aplicación de estrategias de investigación para la resolución de problemas teóricos y prácticos y, en definitiva, la comprensión procedimental de la ciencia (p. 95).

Respecto a sus ventajas para la educación científica, López y Tamayo (2012) refiriéndose a los trabajos realizados por Hodson y Wellington (2000) señalan que esta estrategia de enseñanza permite

potenciar objetivos relacionados con el conocimiento conceptual y procedimental, aspectos relacionados con la metodología científica, la promoción de capacidades de razonamiento, concretamente de pensamiento crítico y creativo, y el desarrollo de actitudes de apertura mental (p. 146).

Diversas investigaciones muestran que los trabajos prácticos con una adecuada orientación pedagógica, permiten el desarrollo de habilidades cognitivas de orden superior y favorecen la construcción de conceptos (Alís, Gil, Peña y Valdez, 2006; Gil et al., 1999; Caamaño, 2004; Golombek, 2015; Cortés y De la Gándara, 2007; Hodson, 1994, 2000; López y Tamayo, 2012; Pavón, Soto, Prieto y Araque, 2009). Pese a estas virtudes, la forma en que se desarrollan los trabajos prácticos en la educación científica, suele transmitir una imagen de ciencia como un conjunto de verdades absolutas susceptibles de ser verificadas; en este sentido se presenta una clara división entre la teoría y la práctica y, por tanto, una visión distorsionada de la construcción conceptual en la actividad científica (Romero y Aguilar, 2013).

La distinción clásica entre teoría y práctica se fundamenta desde la filosofía de la ciencia. Por un lado, el falsacionismo liderado por Popper, considera que el experimento es el juez de las teorías en la medida que permite verificarlas; y por otro, el positivismo lógico

que, basado en el inductivismo, concibe el experimento como una fuente de conocimiento de la cual se pueden extraer conceptos. Ambas miradas permean los procesos de enseñanza y aprendizaje y han traído consigo importantes implicaciones. Se ha observado que “en algunos currículos el experimento y la teoría tienen espacios diferentes e incluso, en ocasiones, profesores diferentes” (Malagón, Sandoval y Ayala, 2013, p. 127).

Lo anterior da cuenta de cómo una perspectiva deformada de la ciencia puede afectar la manera en que se llevan a cabo los trabajos prácticos de laboratorio en el ámbito de la educación científica. Es necesario orientar esta estrategia de enseñanza desde corrientes epistemológicas actuales, en las cuales se asume que la teoría y la práctica están imbricadas y se constituyen en los pilares sobre los cuales se construye el conocimiento científico (Gil, et al., 1999). En este sentido Alís, et al. (2006) señalan que

en definitiva, el trabajo experimental, no sólo tiene una pobre presencia en la enseñanza de las ciencias, sino que la orientación de las escasas prácticas que suelen realizarse contribuye a una visión distorsionada y empobrecida de la actividad científica. Es preciso, pues, proceder a una profunda reorientación (p. 163).

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, este trabajo centra su interés en indagar por la conceptualización en los trabajos prácticos de laboratorio en la enseñanza de la física en la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad de Antioquia. Allí se ha encontrado que predominan las clases teóricas y que los trabajos prácticos, además de ser poco implementados, están orientados por guías que estipulan un paso a paso de acciones que deben llevar a cabo los estudiantes para verificar una teoría determinada. En este mismo sentido, algunas investigaciones (Cortés y De la Gándara, 2007; Pavón, et al., 2009; López y Tamayo, 2012) revelan que en ocasiones los programas de formación de maestros de ciencias transmiten una imagen de ciencia permeada por una corriente positivista, en la cual la función del trabajo experimental se limita a la verificación de teorías que se han abordado expositivamente en el aula. En consonancia con el planteamiento anterior, Cortés y De la Gándara (2007) advierten que diferenciar “un tiempo para pensar y un tiempo para actuar, como si fueran cosas separables, es contraproducente. En el caso de la formación inicial de maestros, esta separación tiene todavía menos sentido” (p. 447).

Respecto a los planteamientos previamente descritos, Jaime y Escudero (2011) resaltan la necesidad de brindar orientaciones en el trabajo experimental, puesto que “frecuentemente ha sido concebido como un espacio ausente de enseñanza intencional” (p. 378). Ante este panorama, es oportuno tener en consideración un referente teórico que permita fundamentar los trabajos prácticos de laboratorio, específicamente en el área de la física; y la Teoría de los Campos Conceptuales de Gerard Vergnaud (1990) se presenta como una opción para tal fin; proporcionando un marco coherente con gran potencial para “el estudio del desarrollo y del aprendizaje de competencias complejas, especialmente las que se refieren a las actividades científicas y técnicas en el ámbito del laboratorio” (Pesa y Bravo, 2016, p. 69-70). Asimismo, en vista de que Vergnaud (1990) considera que el conocimiento se organiza en torno a campos conceptuales que contemplan situaciones cuyo dominio requiere de la apropiación de varios conceptos, procedimientos y representaciones de distinta naturaleza, esta teoría resulta ser un referente teórico pertinente para este espacio de aprendizaje.

En el abordaje de situaciones propias de un campo conceptual, los sujetos requieren de esquemas específicos que les permitan organizar su conducta de manera pertinente para adaptarse a las circunstancias que se les presentan. En consecuencia, es necesario desarrollar propuestas de enseñanza orientadas a complejizar dichos esquemas mediante la confrontación de los estudiantes a situaciones, que son para Vergnaud (1990), aquellas que le otorgan sentido a los conceptos. De esta manera, se podría evitar que los trabajos prácticos se limiten al seguimiento de guías pautadas que llevan a objetivos predeterminados y a la manipulación al margen de contenidos conceptuales; usualmente la enseñanza en este espacio de aprendizaje está orientada de esta manera (Cortés y De la Gándara, 2006; Gil et al., 1999).

Por otro lado, teniendo en cuenta que en el trabajo práctico se utilizan diversos instrumentos, principalmente de medición; se considera oportuno promover en los estudiantes el desarrollo de esquemas específicos para su adecuada manipulación. Andrés, Pesa y Moreira (2006) indican al respecto la posibilidad de que en el proceso de conceptualización “se requieran conocimientos de otros campos conceptuales demandados por procedimientos experimentales más generales propios del trabajo de laboratorio, como es el caso de los principios de funcionamiento inherentes a los equipos e instrumentos de

medición” (p. 135). Dichos instrumentos traen consigo cargas culturales que dan cuenta de construcciones teóricas en un determinado campo científico. Con referencia a lo anterior, Suárez (2003) resalta que estas herramientas “no pueden distinguirse solo como simples artilugios tecnológicos u objetos impolutos culturalmente, sino que deben estimarse como auténticas estructuras de acción externa, pero, además, como modelos para la reconfiguración de los marcos de pensamiento del sujeto” (p. 1).

El hecho de que estos instrumentos promuevan la reorganización en las estructuras mentales de los sujetos, hace que su papel en los procesos de aprendizaje se torne como un aspecto relevante para investigar.

Es importante aclarar que en consonancia con algunos autores (Bentolila y Clavijo, 2001; Gómez y Mejía, 1999), en el presente trabajo se hace uso indistintamente de los términos instrumentos y herramientas para hacer referencia a los objetos que normalmente se utilizan en el trabajo experimental para medir o para realizar cualquier otra tarea.

Dentro de los posibles instrumentos se encuentran las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), que en la actualidad han permeado diferentes espacios destinados a la educación científica, como es el caso de los trabajos prácticos de laboratorio. En estos el sujeto debe apropiarse del funcionamiento de dispositivos para realizar mediciones, relacionar variables y demás procedimientos que implican su uso. Pérez, Zaldivar y Queipo (2015) manifiestan la pertinencia de la incorporación de la tecnología en el ámbito educativo al afirmar que “el valor pedagógico de las TIC está en su potencialidad mediadora que posibilita promover, desencadenar y acompañar el aprendizaje” (p. 158).

En el marco de las consideraciones anteriores cobran interés los dispositivos tecnológicos que actualmente acompañan el trabajo experimental, pues allí el sujeto tiene la oportunidad de manipular diversos instrumentos físicos para dar cuenta de los fenómenos de estudio y de precisar, modificar y enriquecer sus organizaciones mentales a partir de la interacción con ellos.

Los recursos tecnológicos que pueden ser utilizados en la enseñanza de las ciencias son variados y tienen características específicas atendiendo a los propósitos para los que fueron diseñados. Por ejemplo, las simulaciones y laboratorios virtuales se caracterizan por representar sistemas dinámicos y permitir la manipulación de variables en un determinado fenómeno físico; son pertinentes en actividades que requieren de idealizaciones y reducción

de variables para efectos de análisis e interpretación. Estos recursos son de uso frecuente en el ámbito educativo; no obstante, los Laboratorios Asistidos por Ordenador (LAO) en los cuales se utilizan sistemas de adquisición de datos como apoyo tecnológico en los trabajos prácticos de laboratorio, son menos frecuentes en las actividades propuestas por los maestros (Cardona y López, 2017; Capuano, 2011; Cumbreira, 2007 y Grisolia, 2009).

La incorporación de los SAD en el trabajo experimental adquiere gran importancia pues estos dispositivos “permiten que los estudiantes se relacionen con su propio aprendizaje, desarrollen habilidades metacognitivas, resuelvan situaciones aplicables al contexto al que pertenecen, construyan una interpretación del mundo real, entre otras cosas” (Cardona y López, 2017, p. 2). Además, estas herramientas favorecen los procesos de observación de los fenómenos físicos; por medio de gráficos en la pantalla de un ordenador ofrecen una imagen más clara de los hechos, al mostrar la relación entre las diferentes variables que hacen parte de dichos fenómenos (Pontes, Gavilán, Obrero y Flores, 2006).

A pesar de las importantes posibilidades que ofrecen estos instrumentos como apoyo en los trabajos prácticos, los estudiantes están poco familiarizados con ellos, lo que pone de manifiesto la escasez de propuestas de enseñanza que les permita interactuar con los SAD y apropiarse de la red de significados que traen consigo. En relación con lo anterior, Cardona y López (2017) señalan que después de realizar una búsqueda de estudios que incorporen las TIC en los procesos de enseñanza de la física “el número de trabajos se reduce significativamente cuando el interés se centra de manera específica en aquellos que buscan proponer estrategias didácticas para la implementación de sistemas de adquisición de datos en actividades experimentales (p. 5).

Los argumentos expuestos en párrafos anteriores indican que el desarrollo de destrezas complejas de pensamiento en los trabajos prácticos de laboratorio en física apoyada en los SAD y la formación tecnológica y didáctica del profesorado para utilizar métodos y estrategias que les permita utilizar estos instrumentos de manera crítica, requieren de un análisis reflexivo, de tal forma que su uso genere un verdadero impacto en la educación en ciencias (Pontes, 2005a; 2005b). Esto da cuenta de la necesidad de construir propuestas de enseñanza en el marco de los trabajos prácticos de laboratorio de física, para maestros en formación del área de ciencias, que estén sustentadas tanto teórica como metodológicamente, que permitan la evolución cognitiva de los sujetos y precisen el papel

que desempeñan los actuales dispositivos tecnológicos como los SAD en la educación científica. En virtud de lo anterior, se pretende responder a la siguiente pregunta de investigación: ¿qué procesos de conceptualización llevan a cabo un grupo de maestros en formación del área de ciencias naturales al utilizar SAD en un trabajo práctico de laboratorio de física?

Con el fin de intentar dar respuesta a esta pregunta de investigación, se diseña una propuesta didáctica para abordar el campo conceptual de la mecánica clásica, específicamente el tema relacionado con el concepto de ondas, dado que diversas investigaciones (Bravo, Pesa y Caballero, 2009; Pérez y Esper, 2005; Welty, 2002; Wittmann, Steinberg y Redish, 2003) exponen los problemas de conceptualización que presentan los estudiantes en contextos de educación superior en torno a este tema. Estos estudios resaltan la dificultad para comprender el mecanismo de propagación de la onda y el papel que desempeña el medio a través del cual se da dicha propagación. Puntualmente, Bravo et al. (2009) señalan que estos problemas están relacionados con “la ausencia en sus esquemas de los conceptos de propagación, medio de propagación y propiedades elásticas del medio” (p. 416). Por lo anterior, es necesario construir propuestas de enseñanza en este campo conceptual en las que los estudiantes tengan la oportunidad de enfrentarse a situaciones que promuevan la evolución de sus esquemas, los cuales son para Vergnaud (1997) elementos teóricos que “están en el corazón de la cognición y en el corazón de los procesos de asimilación – acomodación (citado en Palmero y Moreira, 2004, p. 66).

En el presente trabajo se opta por una investigación cualitativa, teniendo en cuenta que según Vidal (2006), algunas investigaciones referentes a los aspectos previamente mencionados se han desarrollado desde una perspectiva cuantitativa. En este orden de ideas propone “llevar a cabo estudios más contextualizados y en profundidad a través de metodologías cualitativas como el estudio de caso y la investigación - acción” (p. 546). Por consiguiente, el presente trabajo está orientado bajo una perspectiva cualitativa en la que el proceso investigativo está mediado por el análisis y la interpretación de las formas en que los sujetos significan y le otorgan sentido a su realidad.

3 OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

3.1 General

- Analizar los procesos de conceptualización en un grupo de maestros de ciencias en formación al utilizar SAD en un trabajo práctico de laboratorio en física.

3.2 Específicos

- Describir la evolución de los esquemas de un grupo de maestros en formación del área de ciencias naturales al desarrollar un trabajo práctico de laboratorio en física.
- Identificar las características que permiten concebir los SAD como instrumentos de mediación en el proceso de aprendizaje de la física.

4 APROXIMACIONES TEÓRICAS

En este apartado se presenta la revisión de literatura que se realizó para identificar el estado actual del tema en cuestión, a fin de conocer perspectivas de investigación y ofrecer un panorama de las contribuciones que se han hecho en torno a los trabajos prácticos en física con el uso de SAD. Asimismo, se exponen los referentes teóricos sobre los cuales se sustenta este trabajo, indicando sus principales características y pertinencia en términos de los objetivos planteados.

4.1 Revisión de literatura

Se presentan aquí los principales resultados de la revisión de literatura en la que se contemplan como ejes temáticos los trabajos prácticos en física desde la Teoría de los Campos Conceptuales, los instrumentos tecnológicos desde la perspectiva Sociocultural de Vygotsky y los SAD utilizados en la enseñanza de los fenómenos oscilatorios.

Se consultaron 35 revistas encontradas en las bases de datos Scielo, Dialnet y Google Scholar en el ámbito de la educación en general, de la educación en ciencias y de la enseñanza de la física, en un rango de 10 años, entre 2008 y 2017. No obstante, se trajeron a colación tres estudios por fuera de este límite temporal por contemplar elementos teóricos y metodológicos relevantes para la investigación.

Se tuvieron en cuenta artículos que presentaran resultados de investigación, propuestas y descripciones de experiencias que consideran la Teoría de los Campos Conceptuales para fundamentar y orientar los trabajos prácticos en física, y que analizaran el papel de los instrumentos tecnológicos utilizados en este espacio de aprendizaje desde la perspectiva Vygotskiana. Fueron descartados aquellos estudios que, si bien contemplaban estos referentes teóricos, hacían alusión al desarrollo de laboratorios virtuales o simulaciones computacionales.

Dado que se encontraron pocos estudios en los que convergían los elementos constituyentes de los ejes temáticos, se incluyeron dos memorias de congresos (Jaime y Escudero, 2013; Andrés, 2011) por considerar que cumplían con las características definidas para la búsqueda. Atendiendo a estos criterios de selección se identificaron 20 unidades de análisis en dos tipos de medios de publicación: 18 de ellas en revistas de diferentes ámbitos y 2 en memorias de congresos. En la tabla 1 se presenta el número de trabajos y se indica el país de procedencia del medio a través del cual fueron publicados.

Tabla 1. *Número de unidades de análisis encontradas y medio de publicación.*

Medios de publicación seleccionados	Número de artículos	País de publicación
Revistas en educación		
Revista Formación Universitaria	1	Chile
Revista de Investigación	1	Venezuela
Revistas en enseñanza de las ciencias		
Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas	2	España
IENCI: Investigações em Ensino de Ciências	2	Brasil
Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências	1	Brasil
Ciencia & Educação	1	Brasil
Revista argentina de enseñanza de la ingeniería	1	Argentina
Revistas enseñanza de la física		
Física na Escola	1	Brasil

Latin American Journal of Physics Education	2	México
Caderno Brasileiro de Ensino de Física	3	Brasil
Revista brasileira de ensino de física	1	Brasil
Revista de enseñanza de la física	2	Argentina
Memorias congresos/seminarios		
Sexto Seminario Internacional de Educación a Distancia.	1	Argentina
I Congreso Internacional de Enseñanza de las Ciencias y la Matemática y II Encuentro Nacional de Enseñanza de la Matemática.	1	Argentina

El análisis se concentra en estas 20 unidades de análisis, publicadas principalmente en revistas de Brasil y Argentina. En la Tabla 2 se presenta el total de publicaciones encontradas y los países donde se llevaron a cabo dichas investigaciones.

Tabla 2. *Cantidad de unidades de análisis por país.*

País	Número de unidades de análisis
Argentina	9
Brasil	4
Venezuela	4
Chile	1
Cuba	1
Canadá	1

El 42% de las investigaciones corresponde a trabajos realizados en Argentina y el 21% en Brasil, este último coincide con el porcentaje de trabajos llevados a cabo en Venezuela. Más de la mitad de las investigaciones se encontraron en estos tres países, por lo que se considera que en ellos los procesos de enseñanza y aprendizaje de la física y su relación con la tecnología se constituye en un campo de investigación relevante en la formación científica en contextos de educación básica, media y superior.

La tabla 3 muestra los ejes temáticos definidos para la revisión de literatura y los autores de las unidades de análisis encontradas para cada uno de ellos.

Tabla 3. *Ejes temáticos y autores de las unidades de análisis.*

Ejes temáticos	Autores
Los trabajos prácticos en física desde la Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud	Andrés y Pesa (2004); Andrés, Pesa y Meneses (2006); Andrés, Pesa y Villagra (2008); Andrés (2011); Cháves y Andrés (2013); Silva y De Souza (2014); Pesa, Bravo, Pérez y Villafuerte (2014);

	Culzoni, Alegre y Fornari (2015); Jaime y Escudero (2011, 2013, 2015); Pesa y Bravo (2016); Huerta y Pantoja (2018)
Las TIC en la enseñanza de la física desde la Teoría Sociocultural de Vygotsky	Ribbota, Pessetti y Pereyra (2009); Llerena y Gonzáles (2010); Novicki, Silveira y Poglia (2011); Culzoni, Alegre y Fornari(2015); García, Dominguez y Spitchich(2017)
La enseñanza de fenómenos oscilatorios con el uso de SAD en educación media y superior	Amrani y Paradis (2010); Da Silva y Gobara (2009); Andrades, Schiappacassa y dos Santos (2013); Culzoni, Alegre y Fornari (2015)

4.1.1 Los trabajos prácticos en física desde la Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud

En relación con este eje temático, se ha encontrado que, por tener en cuenta en el proceso de aprendizaje los conocimientos teóricos, metodológicos y epistemológicos, la Teoría de los Campos Conceptuales de Gerard Vergnaud se sitúa como un referente con gran potencial para estudiar el desarrollo cognitivo de los estudiantes en los trabajos prácticos en física y para plantear secuencias didácticas que favorezcan dicho desarrollo. Esta teoría permite hacer explícitos los conocimientos con los cuales los sujetos se enfrentan a una determinada situación y por ello posibilita identificar las dificultades que presentan estos en la comprensión de ciertos conceptos. De esta manera, ofrece al maestro la oportunidad de obtener los insumos necesarios para seleccionar situaciones que potencien el aprendizaje (Andrés y Pesa, 2004; Andrés, Pesa y Meneses, 2006; Andrés, Pesa y Villagra, 2008; Andrés, 2011; Chávez y Andrés, 2016; Culzoni, Alegre, Fornari, 2015; Jaime y Escudero, 2011, 2015; Heidemann, Araujo y Veit, 2016; Bravo y Pesa, 2016; Pesa, Bravo, Pérez y Villafuerte, 2014; De Aquino y De Souza, 2014; Huerta y Pantoja, 2018). La Teoría de Campos Conceptuales asume que el conocimiento se construye en el marco de situaciones específicas, esto hace que la clásica separación entre teoría y práctica carezca de sentido; el desarrollo cognitivo es moldeado por las acciones de los sujetos en situaciones concretas y por las conceptualizaciones subyacentes a ellas (Vergnaud, 1990). En la tabla 4 se presentan los campos conceptuales, fenómenos o conceptos abordados, la población y el elemento que se analizó desde la Teoría de los Campos Conceptuales para dar cuenta del proceso de aprendizaje en cada una de las investigaciones.

Tabla 4. *Campos conceptuales, fenómenos o conceptos abordados, población y elemento teórico analizado desde la teoría de Vergnaud.*

Autores y año de publicación	Campos conceptuales, fenómenos o conceptos	Población	Elemento analizado desde la TCC
Andrés y Pesa (2004)	Oscilaciones armónicas	Profesores de ciencias en formación	Esquemas
Andrés, Pesa y Meneses (2006)	Ondas Mecánicas	Profesores de ciencias en formación	Invariantes operatorios
Andrés, Pesa y Villagra (2008)	Ondas Mecánicas	Profesores de ciencias en formación	Invariantes operatorios
Jaime y Escudero (2011)	Movimiento bidimensional Movimiento en plano vertical	Estudiantes de Ingeniería	Invariantes operatorios
Andrés (2011)	Superconductividad	Profesores de física en formación	Esquemas
Jaime y Escudero (2013)	Cantidad de movimiento lineal	Estudiantes de primeros niveles universitarios	Esquemas
Cháves y Andrés (2013)	Mecánica Newtoniana	Estudiantes del curso Laboratorio 1 en mecánica clásica	Esquemas
De Aquino y De Souza (2014)	Ondas Electromagnéticas	Curso de nivel medio (Secundaria)	Invariantes operatorios
Pesa, Bravo, Pérez y Villafuerte (2014)	Electromagnetismo Conducción eléctrica	Estudiantes de ingeniería	Esquemas
Culzoni, Alegre y Fornari (2015)	Ondas mecánicas (Sonido)	Secundaria (Media)	Representaciones
Jaime y Escudero (2015)	Conservación de la energía Ímpetu Lineal	Estudiantes de ingeniería	Representaciones
Pesa y Bravo (2016)	Óptica ondulatoria, interferencia y difracción de la luz	Estudiantes de licenciatura en física e ingeniería	Esquemas
Huerta y Pantoja (2018)	Electromagnetismo Inducción electromagnética	Estudiantes de secundaria (Visita al museo)	Invariantes operatorios

De acuerdo con la tabla 4, en el 38,5% de las investigaciones el elemento teórico analizado corresponde a invariantes operatorios y el 46,2% a los esquemas en general; y solamente en el 15,3% de las unidades de análisis abordan las representaciones. Dichos resultados están en consonancia con los fundamentos que la Teoría de los Campos Conceptuales contempla; los procesos de conceptualización se estudian mediante el análisis de la evolución de los esquemas que hacen parte de la estructura cognitiva del sujeto y de los cuales, los invariantes operatorios desempeñan un papel fundamental. Por otra parte, se encontró que el concepto de física abordado con mayor frecuencia es el de ondas (30%), seguido del concepto de cantidad de movimiento que es abordado en el 15,3% de los estudios. El campo conceptual que predomina en las unidades de análisis es la mecánica (61.5%). Con respecto al tipo de población, en el 30,8% de las investigaciones participaron maestros de ciencias en formación, en el 23% estudiantes de ingeniería, el 15,3% correspondía a estudiantes de secundaria y en los demás trabajos no es posible identificar claramente en qué tipo de programa se llevó a cabo el estudio. Los resultados permiten además deducir que este referente teórico puede ser utilizado en contextos no convencionales de educación como los museos de ciencias (Huerta y Pantoja, 2018) y que la mayor parte de las investigaciones se concentra en niveles de educación superior; lo cual expone la necesidad de realizar estudios en contextos de educación básica y secundaria.

Diversas investigaciones (Andrés y Pesa, 2004; Andrés, 2011; Pesa, Bravo, Pérez y Villafuerte, 2014; Bravo y Pesa, 2016) identifican los esquemas mentales y analizan su evolución en el transcurso del trabajo práctico. En estos estudios se ha encontrado que los esquemas iniciales de los estudiantes se fueron complejizando a medida que interactuaban con el profesor y con sus pares, y que buscaban en diferentes fuentes, información relacionada con los modelos teóricos que estaban abordando. Durante este proceso se evidencia una paulatina incorporación de nuevos conceptos y teoremas que modifican y enriquecen sus esquemas, lo cual les confiere a los estudiantes un mayor grado de abstracción y la capacidad de organizar su conducta a partir de la identificación de las metas a alcanzar en cada actividad. El incremento de las reglas de acción que organizan la actividad conlleva a que los sujetos activen mecanismos de adaptación cognitiva cada vez más pertinentes en los que retoman elementos que consideran relevantes para responder a las diferentes situaciones que se les presentan en el marco del trabajo experimental. A partir

de lo anterior puede observarse la importancia que adquieren los esquemas en la Teoría de los Campos Conceptuales. Vergnaud (1997) señala que estos “están en el corazón de la cognición y en el corazón de los procesos de asimilación – acomodación” (citado en Palmero y Moreira, 2004, p. 66).

Otras investigaciones (Jaime y Escudero, 2011; Andrés, Pesa y Villagra, 2008; Huerta y Pantoja, 2018; De Aquino y De Souza, 2014) analizan de manera específica los invariantes operatorios, que hacen parte de los elementos constituyentes de los esquemas y contemplan teoremas en acción y conceptos en acción. Estos autores manifiestan que las tareas propias del trabajo experimental como la búsqueda de información y la realización de observaciones ayudan a precisar, modificar y enriquecer los invariantes operatorios. En consecuencia, el sujeto logra identificar con mayor facilidad conceptos y teoremas propios de la situación en cuestión. Además, la capacidad de hacer inferencias se ve favorecida cuando se complejizan los invariantes operatorios, haciendo que el sujeto logre dar prioridad a ciertas tareas y organice su conducta en función de las metas que se ha trazado.

4.1.2 El papel de las herramientas tecnológicas desde la perspectiva de Vygotsky

En este eje temático se seleccionaron investigaciones en las que se implementaron las TIC en la enseñanza de la física y que tenían como referente cognitivo la Teoría Sociocultural de Vygotsky. En la tabla 5 se describen los campos conceptuales o fenómenos abordados, el tipo de recurso tecnológico que se utilizó y la población con la cual se llevó a cabo el estudio.

Tabla 5. *Recursos tecnológicos utilizados como instrumentos de mediación cultural.*

Autores	Campo conceptual o fenómeno abordado	Recurso Tecnológico	Población
Ribbota, Pessetti y Pereyra (2009)	Cinemática	Data-Studio y VideoPoint	Estudiantes de ingeniería
Llerena y González (2010)	Dinámica Electromagnetismo	Simulaciones virtuales	Estudiantes de ingeniería

Novicki, Silveira y Poglia (2011)	Ondas mecánicas (Sonido)	Micrófono Tarjeta de sonido	Estudiantes de secundaria
Culzoni, Alegre y Fornari (2015)	Ondas mecánicas (Sonido)	Osciloscopio	Estudiantes de secundaria
García, Domínguez y Spitchich (2017)	Mecánica Clásica	Plataforma Moodle Simuladores Applets Videos Cmaptools	Docentes universitarios de física

En cuanto al papel mediador de las TIC desde la Teoría Sociocultural de Vygotsky, los autores resaltan la necesidad de incorporar herramientas tecnológicas en la educación científica en la medida que permiten la creación de espacios de aprendizaje en los que los estudiantes organizan y sistematizan sus conocimientos para interpretar el mundo mediante operaciones lógicas que implican la reestructuración de sus esquemas de pensamiento (Culzoni, Alegre y Fornari, 2015; García, Domínguez y Spitchich, 2017; Llerena y Gonzáles, 2010; Novicki, Silveira y Poglia, 2011; Ribbota, Pessetti y Pereyra, 2009). Lo anterior coincide con los planteamientos de Vygotsky en los cuales asume que el aprendizaje no puede concebirse sin considerar el entorno social en el que se produce; hace hincapié en que este aprendizaje se da gracias a la mediación de instrumentos que han sido construidos dentro de un determinado marco cultural a través de la historia. Novicki, Silveira y Poglia (2011) plantean en este sentido que “el desarrollo cognitivo es la transformación de las relaciones sociales en las funciones mentales a través de la mediación de las herramientas y los signos” (p. 4).

En las investigaciones revisadas se resalta el importante papel de las actuales tecnologías como instrumentos que contribuyen a la circulación de significados en los procesos de enseñanza y aprendizaje y, por tanto, en la apropiación de los elementos estructurantes de la cultura. No obstante, es necesario que los maestros aprendan a utilizar estas herramientas tecnológicas a través de métodos que permitan hacer un uso crítico de estas; es decir, que

favorezcan la movilización del pensamiento de quienes interactúan con ellas. Al respecto Novicki, Silveira y Pogliá (2011) advierten que

es importante tener en cuenta que el maestro debe ser, así como un mediador del proceso de enseñanza-aprendizaje, un motivador en la implementación de nuevas tecnologías en la educación, siempre prestando atención a la metodología utilizada; (...) es en vano su utilización si se mantienen viejos métodos de enseñanza (p. 7).

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede decir que el hecho de incorporar instrumentos tecnológicos sofisticados en las actividades que se llevan a cabo en el aula, no garantiza un ambiente de aprendizaje acorde con las corrientes epistemológicas actuales, en las cuales la ciencia se asume como un constructo social y los sujetos como agentes activos en su proceso de aprendizaje.

Novicki, Silveira y Pogliá (2011) ofrecen un claro ejemplo de cómo incorporar las herramientas tecnológicas de manera crítica en los contextos educativos; este grupo de investigadores llevó a cabo un trabajo práctico de laboratorio referente a la rapidez del sonido con ayuda de un SAD. La población estaba conformada por estudiantes de secundaria y la propuesta estuvo sustentada en los planteamientos Vygotskianos, principalmente aquellos que resaltan la función de los instrumentos en la apropiación por parte del sujeto de los sistemas de signos que hacen parte del entramado cultural. Luego de la intervención, llegaron a la conclusión de que el dispositivo tecnológico utilizado “puede llegar a convertirse en una herramienta de aprendizaje al posibilitar la creación de un ambiente en el cual los estudiantes construyen su interpretación del mundo real mediante la organización y sistematización de sus conocimientos” (p. 4). Lo anterior coincide con los resultados presentados por Ribbota, Pessetti y Pereyra (2009), que después de utilizar las TIC como apoyo para la comprensión de gráficos en cinemática, señalan que este tipo de objetos proporcionados por la cultura tiene el potencial para transformar profundamente los esquemas de pensamiento de los sujetos.

4.1.3 El uso de SAD en la enseñanza de fenómenos oscilatorios y ondulatorios.

En el presente estudio se analizaron los procesos de conceptualización de los maestros en un trabajo práctico de laboratorio apoyado en sistemas de adquisición de datos. El campo conceptual en el que se estudiaron dichos procesos es el de la mecánica clásica, abordándose específicamente el concepto de ondas sonoras. Dado que se encontraban pocos estudios acerca de los fenómenos ondulatorios se amplió la búsqueda a los oscilatorios. En la tabla 6 se muestran los resultados de la revisión de literatura en relación con el uso de SAD en la enseñanza de esta temática, resaltando elementos como el fenómeno estudiado, la población, el *hardware* y *software* utilizado.

Tabla 6. *Los SAD en la enseñanza de fenómenos oscilatorios y ondulatorios.*

Autores	Fenómeno estudiado	Hardware	Software	Población
Amrani y Paradis (2010)	Oscilación sistema Masa - resorte	PASCO Scientific	DataStudio	Maestros de ciencias en formación
Da Silva y Gobara (2009)	Ondas Mecánicas (Sonido)	Micrófono SoundGate	Macromedia Flash	Estudiantes de secundaria
Novicki, Silveira y Poglia (2011)	Ondas mecánicas (Sonido)	Micrófono Tarjeta de sonido	Aplicación Spectrogram®	Estudiantes de secundaria
Culzoni, Alegre y Fornari (2015)	Ondas mecánicas (Sonido)	Osciloscopio	Zelscope	Estudiantes de secundaria
Andrades, Schiappacassa y dos Santos (2013)	Sensor de efecto Hall	Basic	Periodos de oscilación pendular	Estudiantes básica y Media

Las investigaciones en torno a este eje temático coinciden en que los SAD permiten ampliar el espectro de observación y apoyar los procesos de análisis de los fenómenos oscilatorios y ondulatorios. Además, se encontró que los estudiantes de secundaria se posicionan como la población en la que más se ha implementado este tipo de dispositivos. Solo en una de las investigaciones (Amrani y Paradis, 2010), la intervención fue llevada a cabo con un grupo de maestros en formación, lo que pone de manifiesto la falta de estudios

en los que se desarrollen propuestas de enseñanza en el campo de las ondas mecánicas con el uso de SAD en contextos de educación superior, mediante las cuales los maestros en formación del área de ciencias puedan interactuar con estos dispositivos tecnológicos.

Los estudios revisados dan cuenta de que los SAD utilizados en los trabajos prácticos relacionados con los fenómenos oscilatorios y ondulatorios, se posicionan como instrumentos que facilitan algunos procedimientos propios de este espacio de aprendizaje y en este sentido, se generan las condiciones para que los sujetos puedan desarrollar procesos psicológicos complejos, que trascienden el hecho de seguir instrucciones o recopilar datos. Amrani y Paradis (2010) indican en este sentido que

la visualización rápida de los datos les permite realizar cambios en los parámetros experimentales en un intervalo de tiempo razonablemente pequeño. Pasan la mayor parte de su tiempo a la observación de los fenómenos físicos de laboratorio, interpretación, discusión y análisis de los datos (p. 514)

Si bien es cierto que es necesario un marco metodológico apropiado para la utilización de este tipo de herramientas en los trabajos prácticos, se encontró que la sola incorporación de los SAD también modifica en cierta medida las dinámicas de este espacio de aprendizaje al transformar las maneras de proceder y conocer de los sujetos. Haag, Araujo y Veit (2005) plantean al respecto que los SAD pueden

enriquecer las experiencias prácticas y promover nuevos enfoques y entendimientos; permitir la realización de experimentos imposibles manualmente; desarrollar nuevas habilidades y competencias gracias a la reducción del tiempo en la adquisición de los datos; obtener en los experimentos mediciones más precisas (citados en Novicki, Silveira y Poglia, 2011, p. 5).

Los SAD, además de transformar las maneras de proceder y conocer de los sujetos, también modifican las relaciones que se establecen entre ellos. Amrani y Paradis (2010) encontraron que al utilizar estas herramientas tecnológicas “la interacción entre grupos de estudiantes y profesores ha dado lugar a una mayor cantidad de soluciones creativas a problemas experimentales en comparación con el laboratorio tradicional” (p. 514).

Por otra parte, las investigaciones revisadas resaltan otra característica relevante de los SAD y es la posibilidad que ofrecen para relacionar la práctica con la teoría; estos dispositivos permiten identificar, analizar y relacionar en tiempo real las diferentes variables que dan cuenta de un determinado fenómeno físico. Respecto a lo anterior, Amrani y Paradis (2010) manifiestan que este tipo de herramientas brinda la oportunidad de “coleccionar, mostrar y analizar datos en tiempo real [...] ayudando a los estudiantes a visualizar y entender la relación entre la teoría y el comportamiento observado de una manera fácil e intuitiva” (p. 511).

Los SAD están conformados por distintos tipos de *Hardware* y *Software* que son elementos que reciben, procesan y analizan las señales físicas en estudio. Normalmente dichos elementos están separados físicamente uno del otro; sin embargo, en casos como el de las computadoras, hacen parte de un mismo sistema. Lo anterior da cuenta de que, en ocasiones, se pueden llevar a cabo trabajos prácticos de laboratorio con instrumentos comunes que pueden ser sumamente potenciales para la educación científica y que quizá por el desconocimiento de las posibilidades que ofrecen, no son tenidos en cuenta para estos fines.

Algunos de los estudios (Culzoni, Alegre y Fornari, 2015; Amrani y Paradis, 2010) contemplados en este eje temático indican cómo la computadora puede convertirse en un auténtico SAD cuando se instalan en ella *Software* como el Zelescope o DataeStudio que contienen instrucciones y reglas informáticas para ejecutar ciertas tareas relacionadas; en este caso, con fenómenos oscilatorios. Puntualmente, Amrani y Paradis (2010) señalan que “las computadoras pueden servir como una interface con los experimentos, en vez de simplemente jugar un papel pasivo en la adquisición de datos y su análisis” (P. 511).

La revisión y el análisis de las investigaciones contempladas en los tres ejes temáticos permite concluir que la Teoría de los Campos Conceptuales es un referente con un gran potencial para fundamentar y orientar los trabajos prácticos en la enseñanza de la física, dado que permite adecuar este espacio de aprendizaje a enfoques actuales en la educación como el constructivismo; analizar el aprendizaje de los sujetos en términos de su actividad ante determinadas situaciones; identificar los elementos que subyacen a la cognición y

reconocerlos como insumos para la elaboración de propuestas de enseñanza que permitan precisar, modificar y complejizar dichos elementos.

En cuanto a las TIC como objetos de mediación cultural, se puede decir que los estudios revisados dan cuenta de la manera en que estos instrumentos contribuyen a la consecución de objetivos, gracias a las posibilidades técnicas que poseen y a los sistemas de signos que traen consigo. Dichos sistemas son incorporados paulatinamente en las estructuras mentales de los sujetos conforme son necesitados en el marco de situaciones que requieren su uso.

Por su parte, los SAD utilizados para abordar fenómenos oscilatorios y ondulatorios, facilitan aspectos relacionados con la observación y la toma de datos, posibilitando de esta manera que los sujetos tengan más tiempo para interpretar, discutir y analizar los datos en el contexto del trabajo experimental. Además, estos dispositivos hacen que la interdependencia entre teoría y práctica sea más clara; permiten visualizar con facilidad y en tiempo real el comportamiento y las relaciones de las variables implicadas en el fenómeno físico.

4.2 Fundamentos teóricos

A continuación se describen los fundamentos teóricos que sustentaron la presente investigación, referentes a: la Teoría de Campos Conceptuales de Gerard Vergnaud, los trabajos prácticos en la enseñanza de las ciencias y al papel que desempeñan los instrumentos como artefactos culturales que median los procesos de aprendizaje desde la perspectiva Vygotskiana, describiendo además las principales características de los Sistemas de Adquisición de Datos y las posibilidades que estos ofrecen para la enseñanza de la física.

4.2.1 La Teoría de los Campos Conceptuales en la enseñanza de las ciencias

La Teoría de los Campos Conceptuales está sustentada en planteamientos teóricos de Piaget, de quien Vergnaud retoma el concepto de esquema; y desde Vygotsky, en lo relativo al sentido de la mediación a través del lenguaje. Su interés está focalizado principalmente en analizar la forma en que los sujetos construyen conceptos. Palmero y Moreira (2004) puntualizan diciendo que “se trata de una teoría psicológica cognitivista que

se ocupa del estudio del desarrollo y del aprendizaje de conceptos y competencias complejas, lo que permite explicar en este marco el modo en que se genera el conocimiento” (p. 56). Considerar al ser humano como una especie más entre las múltiples existentes en el planeta, implica afirmar que desempeña funciones determinadas en un ecosistema y que, como cualquier otro organismo vivo, está sujeto a procesos de adaptación. Esta forma de adaptarse a los diferentes cambios se da en términos cognitivos mediante procesos de conceptualización; una idea biológica de la cognición heredada de Piaget.

En el ámbito de la educación en ciencias, usualmente se concibe que la apropiación de un concepto se refiere a la capacidad que tiene el sujeto para definirlo en términos científicos, o en el mejor de los casos, de relacionarlo con sus concepciones previas. Desde esta teoría cognitiva, el proceso de conceptualización trasciende notablemente esta noción de aprendizaje. Los conceptos cobran sentido para el sujeto solo cuando son puestos en situaciones que hacen parte de un determinado campo conceptual, que es para Vergnaud (1983)

“un conjunto informal y heterogéneo de problemas, situaciones, conceptos, relaciones, estructuras, contenidos y operaciones del pensamiento, conectados unos a otros y, probablemente, entrelazados durante el proceso de adquisición” (citado en Moreira, 2002, p. 2).

Dado que esta es la forma en que se organiza el conocimiento, el aprendizaje de los sujetos se valora en torno a la apropiación de los diferentes elementos que subyacen a un campo conceptual y a las relaciones entre ellos. En este sentido, Bravo, Pesa y Caballero (2009) señalan que desde esta teoría se “toma como referencia el propio contenido del conocimiento y el análisis conceptual del dominio de ese conocimiento para explicar el funcionamiento cognitivo de los sujetos en una determinada situación” (p. 406).

La Teoría de los Campos Conceptuales comprende un conjunto de elementos que subyacen a la cognición y que ayudan a dar cuenta del proceso de aprendizaje del sujeto. Vergnaud (1990) concibe el concepto como un triplete de tres conjuntos: referente, significado y significante. El referente tiene que ver con aquellas situaciones en las que el concepto está implicado; en esta teoría este solo adquiere sentido para el sujeto si se pone

en juego a través de situaciones en las que sea necesario su uso. Para Vergnaud los sujetos se adaptan o no a las situaciones atendiendo a las características en términos de automatización y eficiencia de las competencias de las que dispongan, o lo que es lo mismo, de los esquemas que hayan desarrollado. Dichas competencias se pueden valorar según la capacidad de un individuo para “diagnosticar y resolver un problema, de realizar un juicio, de analizar y de sintetizar, de seleccionar un curso de acción en situaciones conocidas y en situaciones nuevas” (Otero et al. 2014, p. 21).

Por su parte, el significado tiene que ver con los invariantes operatorios constituidos por conceptos en acción y teoremas en acción. Estos están implicados en la manera en que los sujetos organizan su conducta al momento de llevar a cabo la acción. Específicamente los conceptos en acción se refieren a objetos que el sujeto considera relevantes en el análisis de una determinada situación y los teoremas en acción remiten a aquellas proposiciones que son consideradas como verdaderas y adecuadas. En ambos elementos (teoremas en acción y conceptos en acción) reposa la operacionalidad de los esquemas, estos le posibilitan al sujeto movilizar sus organizaciones mentales atendiendo a los requerimientos del entorno. Es importante aclarar que “los invariantes operatorios son implícitos, y no son equiparables con los conceptos ni con los principios científicos porque estos últimos son explícitos y se puede discutir su pertinencia y su validez (Otero et al. 2014, p. 12). Por último, el significante hace referencia a las representaciones simbólicas por medio de las cuales el sujeto expresa semióticamente el concepto y explicita las propiedades, situaciones, procedimientos y relaciones que le atribuye.

Atendiendo a las circunstancias, los sujetos pueden activar esquemas específicos a fin de dar una solución oportuna a situaciones determinadas; son un medio de adaptación que le permite al sujeto organizar su conducta de manera pertinente (Vergnaud, 1990). La Teoría de los Campos Conceptuales contempla que los esquemas están conformados por cuatro componentes que les otorgan características especiales en los procesos de conceptualización: los invariantes operatorios, las anticipaciones, las reglas de acción y las inferencias o razonamientos. Los invariantes operatorios compuestos por conceptos en acción y teoremas en acción están en la base de la función operativa del esquema, son categorías de pensamiento y proposiciones que le permiten al sujeto delimitar la

información y seleccionar aquella que considera relevante para confrontar una determinada situación (Sureda y Otero, 2011). Las anticipaciones por su parte, establecen una meta que organiza la conducta al focalizarla en torno a un fin específico; la anticipación permite considerar incluso las etapas que se pueden presentar en el transcurso de la actividad. En lo concerniente a las reglas de acción, estas hacen referencia a los condicionales de tipo “si...entonces”; a ellas acude el sujeto para controlar y organizar su accionar de acuerdo con las características de la situación a la que se enfrenta. Por último, las inferencias o razonamientos vinculan los conceptos anteriores; pues permiten calcular y secuenciar las reglas de acción y las anticipaciones partiendo del sistema de invariantes operatorios de los que dispone el sujeto; las inferencias están fundamentadas en esquemas que se han consolidado mediante la confrontación del sujeto con situaciones pasadas. Es decir, hacen parte de la experiencia y ofrecen elementos en la solución de nuevas situaciones (Palmero y Moreira, 2004).

Desde esta perspectiva teórica, es importante someter a los sujetos a situaciones que demanden la activación de esquemas específicos para dar una respuesta oportuna. Esto se dará en la medida que los individuos se vayan apropiando de los diferentes elementos teóricos que hacen parte del campo conceptual en cuestión. Otero et al. (2014) señalan al respecto que “los estudiantes se basan en su conocimiento implícito para reconstruir el conocimiento científico explícito, siendo este un proceso progresivo y a largo plazo” (p. 12).

4.2.2 Los instrumentos tecnológicos desde la perspectiva de Vygotsky

Los sujetos se desarrollan cognitivamente en medio de una sociedad configurada por diversos elementos culturales de los que deben apropiarse para adaptarse a su realidad inmediata. A grandes rasgos, ésta fue una de las grandes contribuciones que Vygotsky hizo al entendimiento de los procesos psicológicos, pues no se había establecido hasta el momento una relación clara entre la interacción social y la mente. No obstante, su teorización sobre los procesos mentales tuvo también un importante impacto en los fundamentos ontológicos, epistemológicos y metodológicos de la psicología; campo del conocimiento que en su época se encontraba en una profunda crisis. Esta ciencia se encontraba dividida en dos proyectos distintos: “uno idealista, de hondas raíces filosóficas,

representado sobre todo por la fenomenología alemana, y otro naturalista, de carácter asociacionista y en definitiva mecanicista, según el cual la psicología debía concebirse como una rama de la fisiología” (Pozo, 1997, p. 193). Vygotsky consideraba que la conciencia, como el proceso mental más complejo, debía estudiarse tanto desde un punto de vista fisiológico como sociohistórico, sin reducir el uno al otro. Además, su perspectiva cognitiva puso en cuestión el paradigma comportamentalista de su época, fundamentado principalmente en los estudios de Pávlov en Rusia y de Skinner en Estados Unidos. Dichas investigaciones le daban un papel secundario a la mente y consideraban que si se suministraba el estímulo correcto se podría producir la respuesta adecuada; por tanto, la atención en los trabajos de campo, estaba focalizada sólo en la actividad del sujeto. Moreira (2009) afirma al respecto que el comportamentalismo

es una postura filosófica que se ocupa de comportamientos observables y medibles del sujeto, o sea, de las respuestas que da a estímulos externos. Se contrapone al mentalismo, al estudio de lo que las personas piensan y sienten: se ocupa de lo que las personas hacen (p. 8).

Vygotsky en contraposición a lo anterior, afirma que dichas respuestas del sujeto a los estímulos están mediadas por instrumentos que producen modificaciones externas e internas. Pozo (1996) señala que dichos instrumentos

transforman la realidad en lugar de imitarla. Su función no es adaptarse pasivamente a las condiciones ambientales sino modificarlas activamente. El concepto Vygotskiano de mediador está más próximo al concepto piagetiano de adaptación como un equilibrio de asimilación y acomodación que al conductismo mediacional (p. 195).

Vygotsky plantea que el desarrollo de las funciones cognitivas superiores está determinado por la apropiación que hace el individuo de los elementos culturales en los que se encuentra inmerso. Dicha apropiación se da mediante la interacción del sujeto con otras personas y con la manipulación de objetos tanto físicos como simbólicos que han sido contruidos a través de la historia de la humanidad; para Vygotsky la interacción del sujeto con los artefactos culturales de la sociedad, desempeña un papel crucial en los procesos de aprendizaje; “no se trata, aun así, de considerar el medio social apenas como una variable

importante en el desarrollo cognitivo. En la perspectiva de Vygotsky, el desarrollo cognitivo es la conversión de relaciones sociales en funciones mentales” (Moreira, 2009, p. 19).

Teniendo en cuenta que para Vygotsky los objetos de la cultura están implicados en el desarrollo cognitivo de los sujetos, su perspectiva teórica se torna pertinente para identificar el papel que juegan las TIC en los procesos de enseñanza y aprendizaje; pues estas son consideradas artefactos que traen consigo una carga cultural y que están involucradas en diversas actividades que llevan a cabo los seres humanos. Moreira (2009) señala al respecto que:

las sociedades construyen instrumentos y sistemas de signos; ambos son contruidos a lo largo de la historia de esas sociedades y modifican e influyen en el desarrollo social y cultural. Es a través de la apropiación (internalización) de esas construcciones socio-históricas y culturales, vía interacción social, como el individuo se desarrolla cognitivamente (p. 19).

Pese a que se han presentado diversas interpretaciones acerca de la forma en que Vygotsky clasifica los objetos de la cultura, hay consenso en que estos instrumentos son de naturaleza física y simbólica, herramientas y signos respectivamente. Vygotsky en *Pensamiento y Lenguaje*, una de sus obras más importantes, describe la manera en que entiende esta diferencia:

La función de la herramienta no es otra que la de servir de conductor de la influencia humana en el objeto de la actividad; se halla externamente orientada y debe acarrear cambios en los objetos. Es un medio a través del cual la actividad humana externa aspira a dominar y triunfar sobre la naturaleza. Por otro lado, el signo no cambia absolutamente nada en el objeto de una operación psicológica. Así pues, se trata de un medio de actividad interna que aspira a dominarse a sí mismo; el signo, por consiguiente, está internamente orientado (Vygotsky, 1978 citado en Pozo, 1997, p. 91).

Tanto las herramientas como los signos son instrumentos que median la relación de los sujetos con su entorno; no obstante, la manera en que influyen en la actividad hace que

adquieran propiedades particulares. Moreira (2009) ejemplifica dicha diferencia de la siguiente manera:

un instrumento es algo que puede ser usado para hacer alguna cosa; un signo es algo que significa alguna cosa. Un arado, por ejemplo, es un instrumento. Los iconos, usados en las computadoras, son signos; las palabras son signos lingüísticos. El lenguaje es un sistema articulado de signos; la matemática también (Moreira, p. 19).

Cabe aclarar que algunos autores, usan indistintamente los conceptos de herramienta e instrumento; no obstante, hacen referencia a lo mismo. Vygotsky utiliza como parámetro principal para clasificar los instrumentos de mediación, el tipo de actividad que hacen posible. Para el caso de las herramientas, son consideradas el tipo de instrumentos más simples, actúan materialmente sobre un determinado estímulo y en este sentido permiten, no solo una respuesta a las circunstancias, sino también la modificación del entorno. Vygotsky retoma este tipo de instrumentos apoyado en los planteamientos de Engels quien resalta la importancia del trabajo en el proceso de hominización y reconoce el significativo papel de las herramientas proporcionadas por la cultura en los procesos adaptativos del sujeto (Gómez y Mejía, 1999).

Desde la perspectiva Sociocultural Vygotskiana se plantean otro tipo de instrumentos que modifican directamente la estructura mental del sujeto. Estos instrumentos son sistemas de signos proporcionados por la cultura que, como las herramientas de naturaleza material, posibilitan la adaptación a circunstancias determinadas. En esta medida, los sujetos deben apropiarse de dichos códigos culturales para poder responder de manera adecuada a las situaciones que se les presente. Pozo (1996) menciona al respecto que el sistema de signos usado con más frecuencia es el lenguaje hablado, pero hay otros muchos sistemas simbólicos que nos permiten actuar sobre la realidad como los sistemas de medición, la cronología, la aritmética, el sistema de lectoescritura, entre otros. Desde esta teoría se concibe el aprendizaje como un proceso en el cual los sujetos asumen una postura activa en la apropiación de contenidos curriculares y en la manipulación de los instrumentos proporcionados por la cultura, ya sean de naturaleza física o simbólica.

Por medio de procesos de internalización, estos instrumentos le permiten al sujeto modificar sus estructuras mentales y el entorno. En esta medida, desempeñan un papel mediador entre el individuo y una realidad susceptible de ser conocida y transformada. Los instrumentos para Vygotsky, según su naturaleza, pueden producir cambios externos en el ambiente e internos en el sujeto. En este sentido, pareciera que las TIC adquieren ambas connotaciones; además de transformar el modo de construir el conocimiento y de interactuar con el ambiente, generan nuevas configuraciones en las estructuras de pensamiento del sujeto, dada la carga simbólica que contienen. El cambio en dichas configuraciones mentales da cuenta de procesos de aprendizaje, ya que es a través de estos instrumentos que el sujeto se adapta a las situaciones que se le presentan. Respecto a lo anterior Moreira (2009) señala que

cuanto más va utilizando signos y sistemas de signos, tanto más se van modificando, fundamentalmente, las operaciones psicológicas que él es capaz. De la misma forma, cuantos más instrumentos va aprendiendo a usar, tanto más se amplía la gama de actividades en las cuales puede aplicar sus nuevas funciones psicológicas (p. 20).

Investigaciones que se han enfocado en el papel mediacional de las TIC en los procesos de aprendizaje, han llegado a la conclusión de que en la interacción con estos instrumentos el sujeto reorganiza y complejiza sus estructuras cognitivas (Miranda, Santos y Stipich, 2010; Pérez, Zaldívar y Queipo, 2015; Salomón, Perkins y Globerson, 1992; Santos y Miranda, 2013; Suárez, 2003). En relación con lo anterior, Suárez (2003) puntualmente afirma que el “marco de la teoría sociocultural, nos lleva a entender que la cognición, nuestra mente, no funciona sólo como una reacción biológica, sino que pasa a ser una entidad ampliada por el elemento cultural que modifica y conforma su estructura interna” (p. 4-5). Se podría decir que las TIC promueven la movilización del pensamiento, median la relación con los fenómenos del mundo y permiten ampliar el espectro de posibilidades de observación y análisis de los sujetos; procedimientos que se pueden enmarcar en las funciones que Vygotsky le atribuye a los instrumentos proporcionados por la cultura. Pérez, et al. (2015) añaden en este sentido que “el valor pedagógico de las TIC está en su potencialidad mediadora que posibilita promover, desencadenar y acompañar el aprendizaje” (p. 158).

Teniendo en cuenta que la presente investigación se desarrolla en el contexto de los trabajos prácticos de laboratorio, los instrumentos tecnológicos de interés son los SAD; los cuales por sus características facilitan diferentes procedimientos que se llevan a cabo en este espacio de aprendizaje. Estos dispositivos han sido construidos con fines determinados y en el marco de campos de conocimiento específicos; por lo tanto, es posible que los sujetos al interactuar con ellos se apropien paulatinamente de los elementos culturales que subyacen a su funcionamiento. La perspectiva Vygotskiana concibe esta “relación entre el sujeto y el objeto como interacción dialéctica donde se produce una mutua transformación” (Pérez et al. 2015, p. 158). En este orden de ideas se posiciona como un fundamento teórico pertinente para estudiar el papel que desempeñan las TIC en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Esto con el fin de brindar orientaciones para intentar utilizarlas de manera acertada en los distintos contextos del ámbito educativo, de manera que se pueda ver favorecido el desarrollo cognitivo de los sujetos a través de la interacción con estos instrumentos.

4.2.3 La Teoría de los Campos Conceptuales y la Teoría Sociocultural de Vygotsky en el marco de esta investigación

La Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud y Sociocultural de Vygotsky se constituyen en los principales referentes teóricos de este trabajo, teniendo en cuenta su pertinencia para fundamentar los trabajos prácticos de laboratorio en física y precisar el papel que desempeñan los instrumentos que se utilizan en este espacio de aprendizaje, respectivamente. Por lo anterior, vale la pena resaltar los puntos relacionales de ambas teorías, particularmente aquellos que hacen referencia al desarrollo cognitivo de los sujetos mediante procesos de enculturación. Con respecto a lo anterior, Vergnaud (1996) señala que la cultura tiene un alto nivel de complejidad y cambia a ritmos vertiginosos y que apropiarse de ésta es el problema más importante que tienen los seres humanos; se trata fundamentalmente de un problema de adaptación (citado en Palmero y Moreira, 2004). Como podrá observarse en los siguientes párrafos, los referentes teóricos en mención centran su interés en los procesos de apropiación de los códigos simbólicos que circulan en la sociedad, por supuesto entre ellos se encuentran aquellos que hacen parte del conocimiento científico.

La Teoría de los Campos Conceptuales está fundamentada en la teoría de Piaget, de quien retoma el concepto de *esquema*, así como en la teoría de Vygotsky al resaltar la importancia del lenguaje en los procesos de conceptualización. Moreira (2002) explica que la relación entre los desarrollos teóricos de Vergnaud y Vygotsky puede percibirse “en la importancia atribuida a la interacción social, al lenguaje y a la simbolización en el progresivo dominio de un campo conceptual por los alumnos” (p. 2).

Desde la perspectiva Vygotskiana los sujetos se desarrollan a nivel cognitivo en la medida que se apropian de los objetos psicológicos y físicos de la cultura. En este sentido, cobran importancia aquellos entes que intervienen como mediadores en dicho proceso de apropiación o internalización. Para el caso de la enseñanza, el profesor es quien actúa como mediador, en la medida que comparte significados que se han construido a nivel social y que les sirven a los estudiantes como medios de adaptación. Respecto a lo anterior Moreira (2009) señala que

el profesor es el participante que ya internalizó significados socialmente compartidos para los materiales educativos del currículo. En un episodio de enseñanza, el profesor, de alguna manera, presenta al alumno significados socialmente aceptados, en el contexto de la materia de enseñanza, para determinado signo – de la Física, de la Matemática, de la Lengua Española, de la Geografía (p. 22).

Los significados que se comparten durante el acto educativo tienen sentido en el marco de situaciones en las que estos pueden ser aplicados. Por lo anterior, para promover el desarrollo cognitivo es necesario que el profesor establezca condiciones de aprendizaje que se caractericen por el abordaje de circunstancias mediante el uso de sistemas de signos propios de los campos disciplinares. Respecto a lo anterior, Moreira (2002) indica que una de las tareas más complejas a las que se enfrenta el profesor, es la de plantear situaciones en las que los estudiantes tengan la oportunidad de desarrollar sus esquemas en la Zona de Desarrollo Próximo (ZDP), la cual es según Vygotsky (1979)

la distancia entre el nivel real de desarrollo, determinado por la capacidad de resolver independientemente un problema, y el nivel de desarrollo potencial, determinado a través de la resolución de un problema bajo la guía de un adulto

o en colaboración con otro compañero más capaz (citado en Carrera y Mazzarella, 2001, p. 43).

La ZDP planteada por Vygotsky guarda cierta similitud con las situaciones cada vez más complejas que la Teoría de los Campos Conceptuales sugiere proponer a los sujetos para favorecer su desarrollo cognitivo. Vergnaud (1990) distingue dos clases de situaciones: aquellas para las cuales, en tiempos determinados de su desarrollo y circunstancias específicas, el sujeto cuenta con las competencias necesarias para enfrentarlas; y aquellas para las cuales no dispone de dichas competencias, lo cual lo lleva a reflexionar y a explorar a partir de sus experiencias previas. En este orden de ideas señala que:

el concepto de esquema es interesante para ambas clases de situaciones, pero no funciona de la misma manera en ambos casos. En el primer caso se va a observar para una misma clase de situaciones, conductas muy automatizadas, organizadas por un esquema único; en el segundo caso, se va a observar el esbozo sucesivo de varios esquemas, que pueden entrar en competición y que, para llegar a la solución buscada, deben ser acomodados, separados y recombinados (Vergnaud, 1990, p. 2).

Podría decirse entonces que la segunda clase de situaciones son aquellas que se sitúan en el nivel de desarrollo potencial. Para el abordaje de dichas situaciones Vergnaud (1990) considera que el individuo debe reorganizar sus estructuras mentales complejizando y movilizándolo sus esquemas; Vygotsky por su parte resalta la necesidad de que el sujeto se apoye en individuos más capaces que le proporcionen los elementos culturales necesarios para enfrentarlas. En este sentido, la interacción social juega un papel importante en el desarrollo cognitivo, en la medida que permite la circulación de significados, contribuye al enriquecimiento de los esquemas de los sujetos y por ende desencadena procesos de conceptualización. Como señala Moreira (2009), este tipo de relaciones pone de manifiesto la fuerte influencia de los planteamientos Vygotskianos en la Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud.

Estas reflexiones se realizan teniendo en cuenta que una de las pretensiones del presente trabajo es otorgar un fundamento teórico que oriente los trabajos prácticos en física, en este

sentido también se considera importante precisar la postura epistemológica y metodológica que se asume de este espacio de aprendizaje para la enseñanza de las ciencias.

4.2.4 Los trabajos prácticos en la enseñanza de las ciencias

Los trabajos prácticos en la enseñanza de las ciencias han sido objeto de múltiples discusiones (Caamaño, 2004; Barbera y Valdés, 1996; Carrascosa, Gil, Vilches, Valdés, 2006; Ferreiros y Ordoñez, 2002; Cortés y De la Gándara, 2007; Hodson 1994; Malagón, Sandoval y Ayala, 2013; Sére, 2002). Los fundamentos ontológicos, epistemológicos y metodológicos de esta estrategia de aprendizaje han ido cambiando a través de las épocas atendiendo al papel que se le ha atribuido en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Una de las corrientes de pensamiento que más influyó en el papel que se le asigna al experimento en la ciencia fue el teoreticismo, dado que le atribuía a este una función subsidiaria de la teoría. Ferreiros y Ordoñez (2002) señalan que “fue un enfoque promovido por científicos como Mach, Boltzmann o Einstein, algunos de ellos grandes experimentadores, pero que hurtaron cualquier discusión sobre las peculiaridades metodológicas y epistemológicas de la actividad experimental” (p. 50). Esta perspectiva en la cual el experimento cumple un papel secundario, contribuyó a que se generara una visión distorsionada de la ciencia.

Diversas investigaciones (Ferreiros y Ordoñez, 2002; Cortés y De la Gándara, 2007; Sére, 2002; Malagón, Sandoval y Ayala, 2013) sustentan que resulta contraproducente y epistemológicamente inadecuado separar los procesos de teorización y experimentación ya que ambos ocupan un nivel de igual importancia en la construcción del conocimiento. El experimento se encuentra enmarcado en una teoría, y la teoría determina la manera de proceder del sujeto en el trabajo experimental. Sére (2002) señala que para alcanzar una comprensión holística de un fenómeno es perentorio que el mundo de los objetos y el mundo de las ideas sean interdependientes. Esta relación es tan fuerte que los experimentos solo tienen sentido a la luz de la teoría de la que dan cuenta, pues son diseñados con fines específicos y traen consigo cargas teóricas de las que no se pueden desligar. En relación con lo anterior, Carrascosa et al. (2006) añaden que “los experimentos vienen cargados conceptualmente y tienen sentido solo a la luz de un marco teórico con formas

determinadas de explicar el mundo, en este sentido carece de sentido distinguir entre teoría y práctica” (p. 177). Desde esta postura se reconoce una profunda relación de interdependencia entre el dominio teórico y experimental, por tanto, no se establece un orden jerárquico entre ellos; adquieren la misma relevancia en la construcción del conocimiento, pues no se posicionan como herramientas de la ciencia sino como los pilares en los que se encuentra cimentada.

Por otra parte, es importante anotar que los trabajos prácticos pueden variar atendiendo a los objetivos que se pretendan alcanzar mediante su implementación. Caamaño (2004) concibe que esta estrategia de aprendizaje puede llevarse a cabo bajo las siguientes modalidades: experiencias, experimentos ilustrativos, ejercicios prácticos e investigaciones. Las experiencias se caracterizan por permitir percibir el fenómeno mediante la interacción sensorial, en ellas el maestro orienta la experiencia indicando al estudiante lo que debe realizar. Los experimentos ilustrativos son realizados por el maestro y tienen como propósito representar el fenómeno y mostrar las variables que intervienen en este, se conocen comúnmente como demostraciones. Los ejercicios prácticos por su parte son utilizados principalmente cuando se pretenden desarrollar ciertas destrezas técnicas, intelectuales o de comunicación en el laboratorio o para validar teorías que se han expuesto previamente en clase; en esta modalidad, el maestro elabora una guía pautada y direcciona las acciones de los estudiantes. Por último, los trabajos prácticos como investigaciones, no requieren de una guía secuenciada de pasos; están enmarcados en la solución de problemas ya sean teóricos o prácticos que se abordan mediante el diseño y construcción de experimentos; lo cual contribuye entre otras cosas a la comprensión de los procesos de la ciencia.

La modalidad de trabajos prácticos como investigación es valorada positivamente por varios autores (Caamaño, 2004; Carrascosa, et al. 2006; Cortés y De la Gándara, 2007), en la medida que permite al estudiante trabajar en torno a la solución de problemas específicos y no mediante una guía predeterminada como suele plantearse normalmente. En el presente estudio se asume esta última modalidad de trabajos prácticos por estar en consonancia con algunos de los planteamientos de la Teoría de los Campos Conceptuales, la cual considera entre otras cosas que los procesos de aprendizaje se llevan a cabo cuando los sujetos ponen

en juego sus esquemas para hacer frente a las situaciones que se les presenta; para este caso dichas situaciones están enmarcadas en el contexto del trabajo práctico de laboratorio.

4.2.5 Los Sistemas de Adquisición de Datos en el marco de las TIC

Las TIC han adquirido gran relevancia para la enseñanza de las ciencias en los diferentes niveles educativos. Esto se ve reflejado en la significativa producción de artículos que se han publicado en este campo y en los diversos congresos donde han sido temática central. Se constituye de esta manera como una de las más importantes líneas de investigación en el campo de la Educación en Ciencias. No obstante, se reconoce que su estado de desarrollo es incipiente tanto a nivel nacional como internacional (Arias, 2016; Zambrano, Salazar, Candela y Villa, 2013).

Los recursos tecnológicos que pueden ser utilizados en la enseñanza de las ciencias son variados y tienen características específicas atendiendo a los propósitos para los que fueron diseñados. Uno de los más importantes tiene que ver con los programas utilizados para la Enseñanza Asistida por Ordenador (EAO). Entre estos se hallan aquellos de uso general como los procesadores de texto, hojas de cálculo, bases de datos, navegadores de internet, entre otros. Los programas específicos de enseñanza de las ciencias constituyen el otro grupo, en este se destacan los programas de ejercitación y autoevaluación, los tutoriales interactivos, las enciclopedias multimedia, los tutores inteligentes, sistemas adaptativos multimedia y los sistemas de autor. También son relevantes en este conjunto de recursos las simulaciones, los laboratorios virtuales y el Laboratorio Asistido por Ordenador (LAO) (Pontes, 2005a).

Los SAD hacen parte de los LAO y adquieren gran importancia en el campo de la física específicamente por la versatilidad que ofrecen para manipular la información, modelar distintos fenómenos físicos y controlar variables según los requerimientos; características pertinentes para el carácter complejo y abstracto de esta ciencia. De esta manera abren un amplio espectro de posibilidades para su implementación en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la física. Por lo anterior, estos recursos tecnológicos se tornan como una potente alternativa para la enseñanza de la física; son dispositivos caracterizados por permitir que “los datos experimentales obtenidos con sensores de diversas magnitudes

físicas sean leídos automáticamente, almacenados y analizados por un ordenador personal” (Gil y Rodríguez, 2001 citado en Pontes et al., 2006).

Los SAD están conformados básicamente por un *hardware*, normalmente constituido por sensores que captan magnitudes físicas de fenómenos externos y las convierten en señales eléctricas que son acopladas al sistema digital, y por un *software* que almacena, procesa, y muestra dichas señales a través de una pantalla. En ella el sujeto puede observar las características y comportamientos de las variables implicadas en el fenómeno. El siguiente esquema representa las diferentes etapas de un SAD.

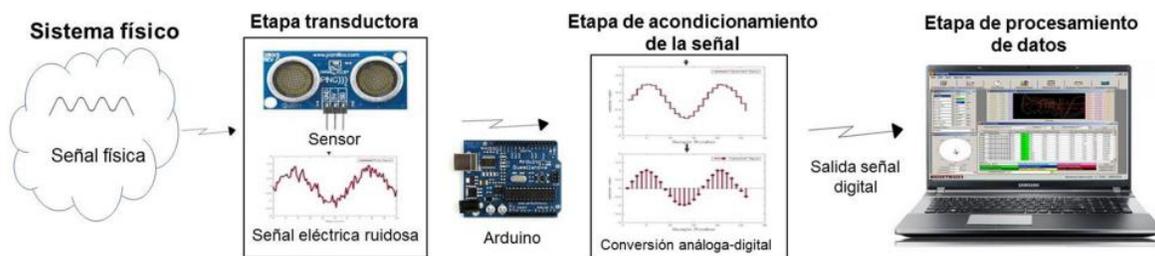


Figura 1. Diferentes etapas de un sistema de adquisición de datos (Cardona y López, 2017).

Estas etapas dan cuenta de la manera en que el SAD permite medir y representar variables de un determinado fenómeno físico. Cardona y López (2017) explican al respecto que

en la etapa transductora, el transductor o sensor, siendo sensible a esta variable, la transforma en una señal eléctrica que luego ingresa a la etapa de acondicionamiento de señal. En esta etapa la señal es amplificada o filtrada en frecuencias, para luego ser llevada al conversor análogo-digital donde es acoplada al sistema digital. Este sistema, que puede ser un microcontrolador como los presentes en las placas Arduino, puede realizar algún procesamiento de señal o solo enviarla al computador donde se realiza toda la etapa de procesamiento numérico correspondiente a cada experimento particular (p. 2).

Las ventajas que ofrecen estos dispositivos hace que el trabajo práctico de laboratorio se convierta en un espacio óptimo de aprendizaje al permitir que los estudiantes enfoquen su

actividad en el desarrollo de habilidades metacognitivas mediante procesos de conceptualización (Cardona y López, 2017; Haag, Araujo y Veit, 2005).

5 METODOLOGÍA

En este apartado se presenta el enfoque y paradigma de esta investigación, se describe el tipo de estudio y el contexto en que se realizó, las técnicas e instrumentos que se utilizaron para la recolección de la información y los procedimientos empleados para el análisis de la misma. Además, se hace referencia a las consideraciones éticas contempladas en el desarrollo de la investigación.

El trabajo se orientó desde un enfoque constructivista enmarcado en el paradigma cualitativo. Bajo esta perspectiva se pretende interpretar la forma en que los sujetos partiendo de sus experiencias le dan sentido a su realidad y a la de otros; es perentorio hacer visible la voz de los actores involucrados en el fenómeno y tratar de comprender la manera en que significan su mundo. Lo anterior está en consonancia con las premisas de la Teoría de los Campos Conceptuales que tiene como propósito “la comprensión sobre los modos de razonamiento de las personas” (Palmero y Moreira, 2004, p. 73).

Se consideró pertinente llevar a cabo una investigación cualitativa en la medida que ofrece condiciones para explicitar dichos razonamientos, entendidos como las formas a través de las cuales los sujetos le dan sentido a la realidad. Maxwell (1996) indica al respecto que los estudios bajo esta perspectiva pueden ser utilizados para distintas finalidades, una de ellas tiene que ver con “comprender un contexto particular en el que los participantes actúan y la influencia que ese contexto ejerce sobre sus acciones” (citado en Vasilachis, 2006, p. 6). En esta investigación dicho contexto corresponde a la conceptualización a través del abordaje de situaciones en los trabajos prácticos de laboratorio en física. Palmero y Moreira (2004) sugieren analizar estos procesos de conceptualización “observando las conductas y los esquemas de los sujetos, de manera que pueda determinarse en qué consisten esos conceptos para los mismos desde el punto de vista cognitivo” (p. 73). La manera en que los sujetos significan sus experiencias es un elemento fundamental en esta teoría; por tanto, serían poco pertinentes estudios cuantitativos en los que no son considerados elementos subjetivos.

La Teoría de los Campos Conceptuales se constituyó así en un referente que orientó algunos aspectos metodológicos en esta investigación, por contemplar elementos teóricos que permiten analizar la forma en que los sujetos razonan y por sugerir técnicas de investigación para dar cuenta de estos procesos de razonamiento.

5.1 Tipo de Estudio

En el marco del paradigma cualitativo en el que se sustenta este trabajo, se selecciona el estudio de caso como método de investigación. Stake (2010) lo define como “el estudio de la particularidad y de la complejidad de un caso singular, para llegar a comprender su actividad en circunstancias importantes” (p. 11). De los diferentes tipos de estudios de caso a los que se refiere el autor, se opta por un estudio instrumental. El interés en este tipo de estudio no está centrado en el caso en sí mismo; es decir, en los participantes; estos actúan como instrumentos, pues a través del análisis de sus expresiones sintácticas y pragmáticas se aborda el fenómeno del que se pretende dar cuenta. Para esta investigación el caso estuvo constituido por un grupo de maestros en formación del área de ciencias naturales, con el cual se estudiaron los procesos de conceptualización al llevar a cabo un trabajo práctico de laboratorio en física haciendo uso de SAD.

5.2 Contexto y participantes

El presente estudio se llevó a cabo en la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia, Colombia, teniendo como participantes un grupo de maestros en formación del área de ciencias que en el semestre 2018-2 se encontraban cursando la asignatura de física II, que hace parte del componente disciplinar de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental y aborda la temática de interés. El curso constaba de 20 estudiantes con edades que oscilaban entre los 19 y 22 años y tenía una intensidad de seis horas semanales (cuatro teóricas y dos prácticas en un espacio de laboratorio). Además de estar cursando la asignatura de Física II, otro de los criterios de selección de los participantes tuvo que ver con la asistencia a la totalidad de las sesiones que hacían parte de la intervención. Por lo anterior, para el análisis de los resultados se eligieron nueve participantes identificados con los códigos E1 a E9.

Los momentos de la propuesta tuvieron lugar durante cuatro semanas en las sesiones de laboratorio; en las demás horas se realizaron clases magistrales por parte del profesor encargado, relacionadas con el campo conceptual en cuestión. Vale la pena aclarar que dichas clases no se tuvieron en consideración para el análisis.

5.3 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

Para analizar los procesos de conceptualización es necesario estudiar las diferentes expresiones de los sujetos; entre ellas las que transmiten por medio de sus acciones, las que verbalizan y las que explicitan a través de representaciones semióticas. En este orden de ideas, las técnicas e instrumentos que se consideraron pertinentes fueron: la observación participante apoyada en un diario de campo y en videograbaciones; la entrevista semiestructurada a través de un protocolo en el cual se formularon preguntas que orientaron el rumbo de la indagación de manera flexible y una grabadora de audio en la que quedaron registradas sus expresiones; y grupos de discusión en los que se utilizaron los mismos instrumentos de la entrevista semiestructurada. La intervención fue diseñada en torno a una propuesta pedagógico - didáctica que contempló en términos generales un diagnóstico inicial de concepciones previas acerca del concepto de ondas sonoras, y situaciones en el contexto del trabajo práctico que implicaran el uso de esquemas relacionados con dicho concepto. A fin de analizar la pertinencia de los instrumentos que hacían parte de la propuesta se llevó a cabo una validación por pares; y a partir de las discusiones que se generaron en este proceso se afinaron los instrumentos, eliminando o modificando preguntas y enunciados que no estaban en coherencia con los objetivos de la investigación.

A continuación, se describen las técnicas e instrumentos utilizados en esta investigación con el fin de mostrar la perspectiva teórica desde la cual se concibieron algunos de ellos y la manera en que se aplicaron.

5.3.1 Observación participante

La Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud contempla que los sujetos activan esquemas cuando necesitan resolver una determinada situación. Dichos esquemas están

conformados por conocimientos que orientan sus acciones en torno a objetivos que subyacen al problema. En este sentido, se torna complejo analizar los procesos de conceptualización en la medida que requiere estudiar las formas en que el sujeto actúa en circunstancias específicas. Pese a esta dificultad para la investigación, Palmero y Moreira (2004) señalan que las “observaciones sobre las acciones en situaciones son muy productivas ya que resultan altamente informativas, dando cierta medida del grado de comprensión” (p. 74).

Por lo anterior, la observación se constituyó en una de las principales técnicas para la recolección de la información; no obstante, es importante aclarar que atendiendo al rol del investigador en campo se pueden asumir distintas modalidades: participante completo, participante observador, el observador completo y el observador participante (Kawulich, 2005). Para este caso, se consideró pertinente tomar la posición de observador participante en la cual el investigador está inmerso en las dinámicas del contexto y puede hacer intervenciones o preguntas cuando lo considere necesario. Esto permitió ahondar en aquellos planteamientos que los participantes hacían y que daban cuenta de los procesos de conceptualización que estaban llevando a cabo.

Como instrumento de esta técnica se utilizó un diario de campo en el que se hizo una descripción detallada sobre los hechos observados y un breve análisis de los mismos. La observación estuvo apoyada en registros de video para captar la mayoría de acciones que daban cuenta de la manera en que los participantes llevaban a cabo procesos de conceptualización.

5.3.2 Entrevista Semiestructurada

La entrevista puede plantearse principalmente en tres modalidades: entrevista estructurada, abierta y semiestructurada. Para esta investigación se consideró pertinente la entrevista semiestructurada puesto que posee un amplio espectro de aplicación y no se somete a limitaciones espacio-temporales debido a que es posible preguntar por hechos pasados y también por situaciones planeadas para el futuro. Además, ofrece la posibilidad de centrar el tema; es decir, de direccionar la conversación al tema de interés (Díaz, Torruco, Martínez y Varela, 2013), que en la presente investigación tiene que ver con la

evolución de los esquemas de los participantes en el contexto de los trabajos prácticos en física. El instrumento desde el que se orientó esta técnica fue el protocolo de entrevista (ver anexo A), el cual contemplaba preguntas intencionadas, de manera que las respuestas de los participantes contribuyeran al cumplimiento de los objetivos de la investigación. Esta técnica fue implementada principalmente para indagar por las características de los SAD como instrumentos de mediación cultural.

5.3.3 Grupos de discusión

Durante el desarrollo de la propuesta, a excepción del diagnóstico, los participantes se enfrentaban de manera grupal a distintas situaciones relacionadas con el campo conceptual de la mecánica clásica, particularmente con el concepto de ondas sonoras. Esta condición de trabajo en equipo, hace que los participantes se vean en la necesidad de llegar a consensos para determinar las maneras en las que podrían proceder ante una situación o para construir conclusiones a partir lo que observaban durante el desarrollo de los experimentos. Por esta razón, se consideró pertinente utilizar los grupos de discusión. Como señalan Mena y Méndez (2009), esta técnica hace emerger en un ambiente de confianza los discursos y las relaciones complejas del sujeto con el tema estudiado que pueden escapar a las preguntas concretas; permite hacer explícitos los significados que los sujetos le atribuyen a la realidad desde sus respectivas subjetividades. Para esta técnica también se utilizó como instrumento un protocolo de preguntas (ver anexo B) que, si bien fue flexible, se construyó con el fin de orientar las discusiones de los diferentes grupos, de manera que los aportes realizados por estos contribuyeran a la comprensión del fenómeno del cual se pretendía dar cuenta. Esta técnica se utilizó después de que los participantes habían abordado algunas de las situaciones que se propusieron, con el fin de analizar los razonamientos que como grupo habían llevado a cabo para enfrentar dichas situaciones.

5.3.4 Diario de campo

Con el fin de analizar los sucesos desde distintas perspectivas, se utilizó también el diario de campo (ver anexo C). Este permite consignar por escrito lo que se observa y hacer

un análisis reflexivo mediante la interpretación de los hechos. Según Alzate y Sierra (2000) este instrumento posibilita hacer un registro continuo y sistemático de la información; es un acopio de apreciaciones, observaciones, sentimientos, opiniones y reacciones sobre el fenómeno que se pretende comprender. Las notas que se registran en el diario de campo deben estar relacionadas con el objeto de estudio (Sampieri, Fernández y Baptista, 2014), de manera que se pueda seleccionar información relevante para la investigación; lo que va a facilitar el posterior análisis de la misma.

5.3.5 Bitácora

Los participantes contaron con una bitácora personal (ver anexo D) que contenía preguntas orientadoras y actividades relacionadas con el concepto de ondas sonoras, de manera que las expresiones y acciones que de allí resultaran, permitieran dar cuenta de los objetivos de la investigación. Dichas preguntas y actividades pretendían indagar por los invariantes operatorios (conceptos y teoremas en acción) de los participantes, por las reglas de acción y por las representaciones que hacían de las situaciones que se les plantearon. La bitácora se constituyó así en un buen instrumento de recolección de la información para analizar los procesos de conceptualización de los participantes durante el desarrollo de la propuesta y precisar el papel de los SAD en el aprendizaje de la física.

5.3.6 Informes de las actividades

Además de la bitácora, de manera grupal los participantes realizaron informes de las dos últimas actividades desarrolladas en la propuesta. Una de ellas referida a la determinación de la rapidez del sonido y otra al diseño de un instrumento musical de viento. Los anexos E y F dan cuenta de las preguntas e indicaciones que hicieron parte de los informes, los cuales se podían entregar de manera física o digital. De igual manera, se presentan dos evidencias de dichos informes; una alusiva a la relación entre longitud de onda y frecuencia (anexo G), y otra a la representación gráfica construida para explicar el fenómeno físico que subyacía al funcionamiento del instrumento musical de viento que habían elaborado (anexo H).

5.4 Propuesta Pedagógico- Didáctica

La propuesta de intervención estuvo dividida en tres momentos: inicialmente se realizó un diagnóstico (ver anexo I) en el que fueron presentadas a los participantes situaciones relativas al concepto de ondas sonoras con el fin de conocer el estado inicial de sus esquemas. En el segundo momento se propusieron tres situaciones experimentales: en la primera los estudiantes disponían de dos copas de cristal y sobre una de ellas se encontraban suspendidos dos palillos de dientes, el objetivo era mover dichos palillos sin hacer contacto con ellos. En la segunda, debían encontrar 5 frecuencias en orden ascendente utilizando tijeras, pitillos (sorbetes) y un teléfono Android con la App Afinador n-Track que mostraba las frecuencias y el tono musical asociado a estas. La tercera consistía en determinar la rapidez del sonido utilizando un SAD conformado por un osciloscopio y un tubo abierto cerrado con un micrófono móvil en su interior; y como fuente de sonido se hizo uso de la App Physics Toolbox. Por último, en el tercer momento de la propuesta los participantes diseñaron diferentes instrumentos de viento y explicaron propiedades de las ondas sonoras a partir de estos.

Es importante resaltar que todas las situaciones planteadas estuvieron basadas en tres principios científicos relacionados con el concepto de ondas sonoras. Tal y como lo plantean Otero et al. (2014), es necesario identificar dichos principios cuando se pretenden estudiar los procesos de conceptualización. Con la propuesta se pretendía que, a medida que los participantes abordaban las distintas situaciones en el marco del trabajo práctico, se apropiaran cada vez más de los elementos teóricos y de las relaciones que hacen parte del campo conceptual. Al respecto, estos mismos autores, citando a Vergnaud (2010) plantean que “es preciso considerar la actividad del sujeto en situación, puesto que los estudiantes se basan en su conocimiento implícito para reconstruir el conocimiento científico explícito, siendo este un proceso progresivo y a largo plazo” (Otero et al. 2014, p. 12).

Los principios científicos que orientaron el diseño de las situaciones y, por tanto, de los que se pretendía que los participantes adquirieran un progresivo dominio fueron: las ondas transportan energía y no materia, el sonido es una onda mecánica que transporta energía

mediante movimientos oscilatorios de las partículas del aire y, la longitud de onda es inversamente proporcional a la frecuencia.

En la tabla 7 se describen detalladamente las fases de la propuesta constituidas por situaciones y actividades.

Tabla 7. *Fases, situaciones y actividades que hicieron parte de la propuesta.*

Fase	Situaciones	Actividades
<p>Diagnóstico (1 sesión de 2 horas)</p> <p>Propósito: Conocer el nivel inicial de los esquemas de los participantes.</p>	<p>Propagación de anillos de agua en un lago (S1): anillos de agua que se propagan por una perturbación que provoca la caída de una roca en este medio.</p> <p>Desplazamiento de una masa de agua (S2): una masa de agua se desplaza desde la cima de una montaña hasta el mar.</p> <p>Sonido que viaja desde un tambor hasta los oídos (S3): al tocar un tambor el sonido viaja desde el instrumento hasta los oídos de una persona.</p> <p>Longitud de los pitillos y variación del sonido (S4): cambios en las características del sonido al soplar por pitillos de distintas longitudes.</p>	<p>Se plantearon cuatro situaciones para ser solucionadas por los participantes. En la bitácora escribían de manera individual, qué creían que sucedía en cada una de ellas. En las situaciones S1 y S2 enunciaban algunas diferencias y semejanzas entre los fenómenos descritos; mientras que en la S3 explicaban cómo creían que el sonido hacía para llegar desde el instrumento hasta los oídos.</p> <p>La S4 fue desarrollada en parejas, utilizaron como materiales unas tijeras y un pitillo (sorbete). Los participantes debían realizar un corte en “V” en uno de los extremos del pitillo y luego soplar a través de este. Posteriormente cortaban pequeñas partes del pitillo por el otro extremo y escuchaban cómo variaba el sonido a medida que cambiaba la longitud.</p>
<p>Actividades experimentales (2 sesiones de 2 horas cada una)</p> <p>Propósitos:</p>	<p>Vibración de cristales por ondas sonoras (S5): vibración de cristales por ondas sonoras para</p>	<p>Esta fase constó de dos sesiones, en ellas se plantearon tres situaciones para abordar por grupos de 3 a 5 participantes.</p> <p>En la primera se realizaron dos actividades experimentales: en una de ellas (S5) disponían de un poco de agua, dos copas de cristal y dos palillos de dientes. Sobre una de las copas se ubicaron los dos palillos, con el fin de moverlos mediante las ondas sonoras que eran generadas al frotar de manera circular el borde de la otra copa.</p>

mover objetos (palillos) a distancia sin hacer contacto con ellos.



Imágenes tomadas de www.flaticon.com

Sesión 1:

Relacionar las ondas sonoras con el transporte de energía y no de materia.

Figura 2. Representación de los elementos utilizados en la S5.

La otra actividad consistía en encontrar cinco frecuencias en orden ascendente, utilizando tijeras, pitillos, un flexómetro y la App para Android Afinador n-Track. Esta aplicación capta las señales sonoras y muestra en la pantalla del celular las frecuencias y el tono musical asociado a estas. En una tabla registraron la longitud del pitillo, las frecuencias alcanzadas, las tonalidades correspondientes y escribieron algunas conclusiones sobre el trabajo.

Sesión 2:

Determinar la rapidez del sonido.

Determinación de frecuencias con la App Afinador n-Track (S6): utilizando una App para Android, encontrar diferentes frecuencias y las notas musicales asociadas a estas al soplar por pitillos de distintas longitudes.



Imágenes tomadas de www.flaticon.com

Figura 3. Representación de los elementos utilizados en S6.

Determinación rapidez del sonido (S7): ondas sonoras al interior de un tubo abierto-cerrado generadas por una App de física para determinar la rapidez del sonido con ayuda de un osciloscopio (S7).

Para la segunda sesión se hizo entrega de un breve texto que explicaba la relación entre los nodos, los antinodos y la longitud de onda. Luego debían discutir en grupos sobre un método para medir la rapidez del sonido. Para ello se les proporcionó un tubo con extremos abierto-cerrado, un micrófono que se podía desplazar en el interior del tubo y un osciloscopio para visualizar la señal captada por el micrófono, el cual detecta los cambios de presión y los traduce a impulsos eléctricos que se pueden visualizar en la pantalla (ver montaje en figura 8). Utilizaron como fuente de sonido un teléfono Android con la aplicación Physics Toolbox instalada. En la función “Generador de tono” fijaban distintas frecuencias que originaban al interior del tubo ondas estacionarias gracias al fenómeno de interferencia. El osciloscopio les permitía identificar los lugares dentro del tubo en los que la amplitud de la onda era mayor (antinodos) y aquellos en los que era nula (nodos). Con esta información calculaban la longitud de onda, y con la frecuencia indicada en la aplicación del celular determinaban la rapidez del sonido. Al final, cada grupo elaboró un informe del trabajo realizado, incluyendo una gráfica que relacionara las frecuencias que utilizaron y las longitudes de onda encontradas; así como algunas conclusiones de la actividad desarrollada.



Imágenes tomadas de www.flaticon.com

Figura 4. Representación de algunos de los elementos utilizados en S7.

<p>Proyecto grupal (1 sesión de 2 horas)</p> <p>Propósito:</p> <p>Aplicar conocimientos adquiridos durante la experiencia.</p>	<p>Diseño instrumento musical de viento (S8): diseño de un instrumento musical de viento a partir del cual se evidencien propiedades de las ondas sonoras.</p>	<p>En grupos de 3 a 5 integrantes, construyeron un instrumento musical de viento con materiales sencillos. Valiéndose de conceptos propios del movimiento ondulatorio, debían explicar a sus compañeros a través de una exposición, las propiedades de las ondas sonoras subyacentes al funcionamiento de este. Como complemento a la exposición, los estudiantes elaboraron un informe que incluía el nombre del instrumento y una explicación física de su funcionamiento mediante una representación tanto proposicional como gráfica.</p>
--	---	---

5.5 Técnicas y procedimientos para el análisis de la información

Para el análisis de la información se llevaron a cabo diferentes técnicas y procedimientos como la transcripción de entrevistas, audios y videos; el análisis de contenido, la categorización y codificación. Además, con el fin de otorgarle validez y credibilidad a la investigación se realizó un proceso de triangulación, tanto entre las diferentes fuentes de información como entre el marco teórico y los datos.

A continuación, se describen dichos procedimientos con el fin de mostrar la perspectiva teórica desde la cual fueron concebidos y la manera en que fueron aplicados en el presente trabajo.

5.5.1 Transcripción

Desde la perspectiva de Gibbs (2012) en el proceso de transcripción es necesario focalizarse en situar los temas más amplios sin perder de vista el contexto en el que se desarrolla la investigación. Además de esto, sugiere realizar la transcripción de manera

literal, de tal forma que se vea reflejado el habla natural de los participantes, las dudas que manifiestan, las expresiones en las cuales son enfáticos y los tonos de voz con los que pretenden dar cuenta de una determinada cuestión. En este mismo sentido, Farías y Montero (2005) señalan que este tipo de procedimientos cualitativos no pueden conformarse con examinar el mero contenido o superficie de lo dicho, dado que se indaga por los significados que los sujetos le asignan a una determinada realidad.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores se transcribieron los audios producto de las entrevistas realizadas, los videos, y los registros escritos de las bitácoras e informes. Específicamente en la transcripción de las grabaciones de audio se empleó el *software* de acceso libre *OTranscribe*, este programa facilitó el proceso al permitir manipular características de los audios como el volumen y la velocidad de reproducción.

5.5.2 Proceso de triangulación

Para el análisis de resultados se hizo una triangulación entre diferentes fuentes de información, lo cual permite demostrar un corpus coherente, que refleja de modo orgánico los resultados de la investigación (Cisterna, 2005). Para ello, en la presentación de los resultados se hace explícito el nombre de los instrumentos a partir de los cuales se obtuvieron los datos.

De la misma manera, se llevó a cabo una triangulación entre los datos y el marco teórico; pues es importante que este último “no se quede solo como un enmarcamiento bibliográfico, sino que sea otra fuente esencial para el proceso de construcción de conocimiento” (Cisterna, 2005, p. 69). En este sentido, se trajeron a colación los aportes realizados desde la Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud y de la Teoría Sociocultural de Vygotsky; estos referentes se pusieron en diálogo con los datos recolectados en campo que daban cuenta de las expresiones y acciones de los participantes durante el desarrollo de la propuesta. Según Cisterna (2005) este tipo de triangulación es la que le “confiere a la investigación su carácter de cuerpo integrado y su sentido como totalidad significativa” (p. 70).

5.5.3 Análisis de contenido, codificación y categorización.

Desde la perspectiva de Piñuel (2002), el análisis de contenido tiene el propósito de “lograr la emergencia de aquel sentido latente que procede de las prácticas sociales y cognitivas que instrumentalmente recurren a la comunicación para facilitar la interacción que subyace a los actos comunicativos concretos y subtiende la superficie material del texto” (p. 4). Por lo anterior, este procedimiento permitió interpretar los significados que los participantes intentaron explicitar en el desarrollo de la propuesta y que fueron registrados en las bitácoras, informes, audios y videos.

El análisis del material recolectado, estuvo acompañado por un proceso de codificación que facilitó la caracterización y clasificación de la información en función de los objetos de indagación del presente trabajo. Para Fernández (2006), dicho proceso permite fragmentar las transcripciones en diferentes categorías con características particulares, que posteriormente se relacionan para dar una explicación integrada del fenómeno del que se pretende dar cuenta. Para ello se hizo necesario el uso de algunos códigos, entendidos como “etiquetas que permiten asignar unidades de significado a la información descriptiva o inferencial compilada” (Fernández, 2006, p. 4).

Como se pudo observar en el apartado referente al marco teórico, Vergnaud utiliza diferentes conceptos para explicar la forma en que razonan los sujetos. En este trabajo fueron de interés las situaciones que se identificaron como S1, S2... S8 y los esquemas, explicitados a partir de los invariantes operatorios y las reglas de acción. Los principios del campo científico que orientaron el diseño de las situaciones fueron codificados como P1, P2 y P3.

Luego de realizar la transcripción a textos en Word, se utilizaron las herramientas de edición que este programa ofrece; en letra cursiva o itálica se identificaron las expresiones de los participantes que hacían alusión a las reglas de acción y las que hacían referencia a invariantes operatorios (teoremas en acción y conceptos en acción) fueron subrayadas. Con el fin de indicar de qué participantes provenían dichas expresiones, estos fueron codificados como E1, E2... E9.

Para señalar el instrumento o técnica a partir de la cual se habían extraído los fragmentos no se utilizó un código específico; el nombre de estos se indicó al final de las expresiones de los participantes. La técnica de grupos de discusión se utilizó en dos oportunidades; una

después de que los estudiantes abordaran las situaciones S5: vibración de cristales por ondas sonoras, S6: determinación de frecuencias con la App Afinador n- Track y otra luego de enfrentar la S7: determinación rapidez del sonido. Para indicar a partir de cuál de ellos se extrajo la información, se codificaron como grupo de discusión I y II. Lo cual no fue necesario para la entrevista, dado que solo se realizó una en la última sesión para indagar por aspectos relacionados con las características de los SAD como instrumentos de mediación cultural y las percepciones del trabajo realizado.

Por otra parte, para denotar si el participante había utilizado alguna expresión en un tono elevado de voz se utilizó letra mayúscula. Esto con el fin de mostrar la carga emocional del participante; en los análisis cualitativos estas manifestaciones subjetivas de los sujetos cobran gran importancia.

El análisis de contenido y la codificación se realizaron teniendo en cuenta la categorización, que se constituye en uno de los procedimientos más importantes en el ámbito de la investigación; dicho procedimiento permite delimitar aquello que se va a observar en medio de una realidad compleja y orienta la manera en que se va a analizar aquello que se observó. Las categorías son una especie de lentes teóricos que le permiten al investigador realizar en campo una observación analítica y reflexiva de los fenómenos que se presentan en un contexto determinado. Alvarado (1993) señala al respecto que las categorías de análisis se constituyen en construcciones para ordenar el mundo vivido y al mismo tiempo ofrecen una visión anticipada de dicho mundo (citado en Galeano, 2005).

En la tabla 8 se presentan los objetivos de la investigación, las categorías y subcategorías definidas para el análisis de la información.

Tabla 8. *Categorías y subcategorías de análisis a partir de los objetivos de investigación.*

Objetivo General	Objetivos específicos	Categorías	Subcategorías
Analizar los procesos de conceptualización en un grupo de maestros en formación del área de ciencias naturales al utilizar dispositivos tecnológicos en un trabajo práctico de laboratorio de física.	Describir la evolución de los esquemas de un grupo de maestros en formación del área de ciencias naturales al desarrollar un trabajo práctico de laboratorio en física.	Evolución de los esquemas en el trabajo práctico de laboratorio de física.	
	Identificar las características que permiten concebir los SAD como instrumentos de mediación en el proceso de aprendizaje de la física.	Los SAD como instrumentos de mediación cultural.	Posibilidades como instrumentos simbólicos. Posibilidades como instrumentos técnicos.
		Apreciaciones acerca de la utilización de SAD en la enseñanza de la física.	Potencialidades de la utilización de SAD. Dificultades en la utilización de SAD.

5.6 Categorías para el análisis de la información

A continuación se describen las categorías que orientaron el análisis de la información en este trabajo. Las dos primeras (expuestas en la tabla 8) fueron apriorísticas en la medida que se derivaron de los referentes teóricos en los cuales se sustenta esta investigación; estas se construyeron a partir de la Teoría de los Campos Conceptuales que estudia los procesos de razonamiento de los sujetos y de los trabajos realizados en el marco de la corriente Vygotskiana que abordan el papel de los objetos de la cultura en el desarrollo cognitivo y por tanto en los procesos de aprendizaje. Sin embargo, luego de revisar los datos se identificó una tercera categoría que emerge de los mismos y fue nombrada *apreciaciones acerca de la utilización de SAD en la enseñanza de la física*.

5.6.1 Evolución de los esquemas

Considerando que se pretendía dar cuenta de la evolución de los esquemas de los participantes en el desarrollo de la propuesta, se vio la necesidad de construir una clasificación de dichos esquemas en función de su pertinencia para el campo conceptual abordado. Estos esquemas fueron valorados a partir de dos elementos que los constituyen: Invariantes Operatorios (IO) y Reglas de Acción (RA). Otero et al. (2014) advierten en este sentido que

por las propias bases desarrollistas de la TCC, no es posible estudiar la conceptualización de un conocimiento sin estudiar su desarrollo. Luego, como la conceptualización empieza con la acción en situación y la formación de invariantes operatorios, estudiar la conceptualización, es analizar la interacción esquema-situación a lo largo de un tiempo determinado (p. 33-34)

Es este sentido, para dar cuenta de la evolución de los esquemas se tuvieron en cuenta las reglas de acción y los invariantes operatorios que utilizaban los sujetos en función de los objetivos subyacentes a las situaciones con las que se enfrentaban.

En la tabla 9 se presenta la clasificación realizada para identificar los estadios iniciales y finales de los esquemas, a partir de la correspondencia de los IO y de las RA con el campo conceptual en cuestión y, por tanto, con la situación presentada.

Tabla 9. *Clasificación de los esquemas a partir de la correspondencia de los IO y las RA con el campo conceptual.*

Clasificación	Invariantes Operatorios (IO)	Reglas de acción
Insuficientes	Los IO no permiten seleccionar información pertinente ni dan cuenta de las relaciones, propiedades y transformaciones de los objetos implicados en la situación planteada.	Las condiciones tenidas en cuenta, la manera de secuenciarlas y el control sobre las mismas no es acorde con las propiedades y características de la situación.
Aceptables	Los IO permiten seleccionar información pertinente, pero dan cuenta parcialmente de las relaciones, propiedades y transformaciones de los objetos implicados en la situación planteada.	Las condiciones tenidas en cuenta, la manera de secuenciarlas y el control sobre las mismas se corresponde de manera parcial con las propiedades y características de la situación.

Pertinentes	Los IO permiten seleccionar información pertinente y dan cuenta de las relaciones, propiedades y transformaciones de los objetos implicados en la situación planteada.	Las condiciones tenidas en cuenta, la manera de secuenciarlas y el control sobre las mismas es acorde con las propiedades y características de la situación.
--------------------	--	--

Haciendo uso de los códigos descritos en párrafos anteriores se construyó una matriz (tabla 10) en la que se organizó la información recogida de tal manera que pudiera identificarse la evolución de los esquemas de los participantes a medida que avanzaba el desarrollo de la propuesta, mediante la transformación de los invariantes operatorios y las reglas de acción.

Tabla 10. *Estructura de la matriz utilizada para analizar la evolución de los esquemas.*

Fase de la propuesta	Situaciones/ principios	Esquemas (<u>Teoremas y conceptos en acción</u> , <u>Reglas de acción</u>)		
		Insuficientes	Aceptables	Pertinentes
Diagnóstico	S1, S2, S3 y S4 / P1, P2 y P3			
Actividades experimentales	S4, S5 y S6/ P1, P2 y P3			
Diseño instrumento de vimiento	S7/ P1, P2 y P3			

Reglas de Acción e Invariantes Operatorios

5.6.2 Características de los SAD como objetos de mediación

Para esta categoría se realizó una búsqueda de las concepciones de algunos autores acerca del concepto de objetos de mediación desde la teoría Vygotskiana, con el fin de caracterizar los SAD en términos de las posturas teóricas encontradas. En la tabla 11 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 11. *Concepciones de objetos mediacionales desde la teoría de Vygotsky.*

Tipo de instrumentos o herramientas	Definición	Autores
Psicológicos o simbólicos (Sistemas de signos)	Un signo es algo que significa alguna cosa.	(Moreira, 2009)
	Instrumentos que sirven para pensar, para codificar la información, o para recordar algo que no estaba presente.	(Bentolila y Clavijo, 2001)
	Son elementos que sirven para ordenar y reposicionar externamente la información de modo que el sujeto pueda escapar de la dictadura del aquí y el ahora y utilizar su inteligencia, su memoria, su atención para representar los estímulos y poder operar con ellos cuando se desee y no solo cuando la vida real lo ofrece.	
	Los sistemas de signos (lenguaje, escritura, numeración) son creados por las sociedades en el curso de la historia humana para cambiar la forma de la sociedad y el nivel de su desarrollo cultural.	(Gómez y Mejía, 1999)
	Instrumento que no modifica materialmente el estímulo, sino que modifica a la persona que lo utiliza como mediador y, en definitiva, actúa sobre la interacción de esa persona con su entorno.	Pozo (1996)
	El signo no cambia absolutamente nada en el objeto de una operación psicológica. Así pues, se trata de un medio de actividad interna que aspira a dominarse a sí mismo; el signo, por consiguiente, está internamente orientado.	(Vygotsky, 1978).
Técnicas (materiales)	Un instrumento es algo que puede ser usado para hacer alguna cosa.	(Moreira, 2009)
	Objetos a través de los cuales el ser humano transforma el entorno físico (realidad externa) y resuelve problemas específicos.	(Bentolila y Clavijo, 2001)
	Medios a través de los cuales el hombre cambia la naturaleza y, al hacer esto, se transforma a sí mismo.	(Gómez y Mejía, 1999)
	Ayudan a obtener resultados que no obtendríamos sin ellas y a la vez transforman la naturaleza de nuestras acciones.	(Martí, 1992)
	Le permiten al individuo modificar su entorno y adaptarse activamente a él.	Pozo (1996)

La función de la herramienta no es otra que la de servir de conductor de la influencia humana en el objeto de la actividad; se halla externamente orientada y debe acarrear cambios en los objetos. Es un medio a través del cual la actividad humana externa aspira a dominar y triunfar sobre la naturaleza. (Vygotsky, 1978)

Puede observarse que los objetos mediacionales pueden ser clasificados como instrumentos o herramientas de naturaleza simbólica y material. En este sentido, se consideró pertinente tomar partido por aquellos aportes que estaban en consonancia con las características y los objetivos de la presente investigación.

Con el fin de organizar los datos correspondientes a esta categoría se organizó una matriz (tabla 12) en la que fueron contempladas las expresiones y acciones de los participantes que daban cuenta de las características de los SAD como instrumentos de mediación cultural, tanto desde el punto de vista técnico como simbólico.

Tabla 12. *Estructura de la matriz utilizada para caracterizar los SAD como instrumentos de mediación cultural.*

Característica de los SAD como instrumentos de mediación cultural	SAD como instrumentos técnicos	SAD como instrumentos simbólicos
Bitácora e informes	Expresión o acción que da cuenta de los SAD como instrumentos técnicos o materiales.	Expresión o acción que da cuenta de los SAD como herramientas que contribuyen a la construcción de instrumentos simbólicos.
Diario de campo		
Entrevista		
Grupos de discusión		

A través de la historia, el ser humano ha construido instrumentos de naturaleza material y simbólica para ayudarse a resolver problemas. Dichos instrumentos traen consigo cargas culturales que son transmitidas de una generación a otra, de manera que puedan ser utilizadas como base para resolver nuevas situaciones que demandan las dinámicas sociales que se complejizan en el transcurso del tiempo.

La mediación desde una perspectiva Vygotskiana, hace referencia a procesos mediante los cuales el ser humano utiliza diferentes medios para adaptarse a las condiciones del contexto en el que se desenvuelve. Tanto instrumento como herramienta son términos que

se utilizan para referirse a objetos de los cuales se vale el ser humano para conseguir fines determinados o para realizar una actividad específica. Por lo anterior, en esta investigación se consideró pertinente utilizar indistintamente los conceptos de instrumento y herramienta para hacer referencia a elementos culturales tanto de naturaleza psicológica o simbólica, como material o técnica. Esta posición se encuentra en consonancia con algunos autores (Bentolila y Clavijo, 2001; Gómez y Mejía, 1999) que, en la literatura, hacen uso indiscriminado de dichos conceptos.

A continuación, se presentan las definiciones de aquello que se entiende en el presente trabajo por instrumento simbólico y material; estas se constituyeron en las subcategorías que permitieron, a partir de los datos recolectados, hacer una valoración de los SAD como objetos de mediación en la enseñanza de la física.

5.6.2.1 Instrumentos simbólicos o psicológicos

Los instrumentos psicológicos hacen referencia a sistemas de signos como el lenguaje, la escritura o la numeración. Estas herramientas de naturaleza simbólica sirven para pensar, ordenar y codificar la información o para representar algo mentalmente y operar con ello cuando se requiera; han sido construidas por las sociedades a lo largo de la historia con el propósito de generar transformaciones en la cultura y en su nivel de desarrollo (Bentolila y Clavijo, 2001; Gómez y Mejía, 1999).

5.6.2.2 Instrumentos técnicos o materiales

Este tipo de instrumentos son herramientas de naturaleza material que sirven de conductor de la influencia humana en el objeto de la actividad e implican una transformación del entorno físico; son elementos culturales que orientan las acciones del sujeto en la solución de problemas específicos y le ayudan a transformar su realidad externa (Bentolila y Clavijo, 2001; Gómez y Mejía, 1999; Martí, 1992; Vygotsky, 1978).

5.6.3 Apreciaciones acerca de la utilización de SAD en la enseñanza de la física

En el análisis de la información se observó que los participantes hacían reiterativos aportes referidos a apreciaciones acerca de los SAD en la educación científica; considerando la recurrencia de estos aportes y el significativo valor de los mismos para el presente trabajo, se optó por definir una categoría emergente que permitiera poner de manifiesto la valoración de estas herramientas por parte de los participantes de la investigación. Sus expresiones giraban en torno a dificultades y potencialidades que observaban en su implementación para la enseñanza de la física.

Por las características identificadas en los datos, la categoría fue nominada como *apreciaciones acerca de la utilización de SAD en la enseñanza de la física* y para su análisis se dividió en dos subcategorías: una de ellas referida a las potencialidades y otra a las dificultades que le atribuían los participantes a su uso.

5.6.3.1 Potencialidades de la utilización de SAD en la enseñanza de la física

En esta subcategoría se tuvieron en cuenta aquellos aportes relativos a los aspectos positivos que los participantes identificaron en la utilización de los SAD para la enseñanza de la física. Principalmente aspectos relacionados con las posibilidades que ofrecen en los trabajos prácticos de laboratorio y la manera en que dinamizan este espacio de aprendizaje.

5.6.3.2 Dificultades de la utilización de SAD en la enseñanza de la física

Para el caso de esta subcategoría, fueron relevantes las dificultades que se percibieron en la utilización de los SAD para la enseñanza de la física. Algunos de los participantes manifestaron la necesidad de aprender a manipular estos dispositivos antes de realizar algún tipo de trabajo práctico, otros pusieron en cuestión su pertinencia frente a los instrumentos que tradicionalmente se han utilizado en las actividades experimentales.

5.7 Aspectos éticos en la recolección y el tratamiento de la información

En la primera sesión de la propuesta se dieron a conocer aspectos generales de la investigación como propósitos y resultados esperados, así como el manejo adecuado y

discrecional de la información que iba a ser recogida. Posteriormente se hizo entrega del consentimiento informado (ver anexo J) a quienes libremente desearon participar de este estudio teniendo en cuenta los compromisos que adquirirían. Dicho documento contenía de manera detallada los aspectos que previamente habían sido explicados de manera verbal, por lo cual se les recomendó hacer una lectura detenida del mismo antes de firmarlo.

6 RESULTADOS Y ANÁLISIS

A continuación, se presentan los principales resultados de esta investigación. En primer lugar, se analiza la evolución de los esquemas de los participantes teniendo en cuenta la transformación de los Invariantes Operatorios (IO) y de las Reglas de Acción (RA). Luego se describen aquellas expresiones y acciones de los participantes que permiten caracterizar los SAD como instrumentos de mediación cultural desde la perspectiva Vygotskiana. Por último, se abordan las potencialidades y dificultades de la utilización de estos dispositivos tecnológicos para la educación científica, específicamente en la enseñanza de la física.

6.1 Evolución de los esquemas en el transcurso de la propuesta

Para el análisis de la evolución de los esquemas se hizo una comparación de los IO y las RA que manifestaron los participantes en un nivel inicial y final. Estos elementos teóricos le permiten a los sujetos seleccionar información relevante para abordar situaciones y organizar la secuencia de acciones para enfrentarlas. En este sentido, al ser explicitados se constituyen en una fuente de información importante para dar cuenta de los esquemas que ponen en juego los sujetos ante circunstancias específicas y, por tanto, del proceso de conceptualización.

Estos esquemas fueron valorados como insuficientes, aceptables o pertinentes atendiendo a la correspondencia que presentaban con los principios que desde el ámbito científico son actualmente aceptados para dichas situaciones, y sobre los cuales se esperaba los participantes adquirieran un progresivo dominio. Como indican Bravo, Pesa y Caballero (2009), para el análisis del desarrollo cognitivo de los sujetos ante una situación específica, es necesario tomar como referencia el propio contenido del conocimiento y el análisis conceptual de este. El proceso de conceptualización se estudió en torno al concepto de

ondas sonoras, el cual hace parte del campo conceptual de la mecánica. Como bien indica Vergnaud (2013) dichos campos se constituyen en

un recurso teórico y metodológico para analizar el desarrollo de las competencias y de las conceptualizaciones del sujeto dentro de los diferentes registros de su actividad, para lo cual es preciso recortar objetos de estudio más pequeños que la experiencia como un todo (citado en Otero et al. 2014, p. 26).

Entre los elementos que conforman los diferentes campos conceptuales se encuentran los principios científicos, los cuales adquieren esta categoría dado que son explícitos y es posible discutir su validez y pertinencia (Otero et al. 2014). Por tal motivo, dichos elementos orientaron la construcción de las situaciones y, por tanto, el análisis del proceso de conceptualización.

A continuación, se presentan los esquemas puestos de manifiesto a partir de los IO y las RA que explicitaron los participantes a través de sus expresiones y acciones, en función de los principios científicos relacionados con el concepto de ondas sonoras. Otero et al. (2014) plantean en este sentido que “los estudiantes se basan en su conocimiento implícito para reconstruir el conocimiento científico explícito, siendo este un proceso progresivo y a largo plazo” (p. 12).

6.1.1 Las ondas transportan energía y no materia

En la tabla 13 se presentan las RA y los IO que dan cuenta de la evolución de los esquemas utilizados por los participantes durante el desarrollo de la propuesta, al enfrentar las situaciones relacionadas con este principio.

Tabla 13. *Evolución de los esquemas relacionados con el principio “las ondas transportan energía y no materia”.*

Estadío	Clasificación	%	Esquemas (explicitados como IO y/o RA)	Algunas evidencias
	Insuficientes	44%	“Las ondas transportan energía y materia” IO	“ambas situaciones (S1: propagación de anillos de agua en un lago y S2: desplazamiento de una masa de agua) presentan propagación y una perturbación, un cambio de estado de movimiento” (E4, bitácora).

Inicial	Aceptables	44%	“Si se origina a partir de una fuente determinada, entonces es una onda” RA	“en ambas situaciones (S1: propagación de anillos de agua en un lago y S2: desplazamiento de una masa de agua) hubo algo que salió de una fuente; ondas en el caso de la piedra que cae en el lago y agua en el caso del nacimiento” (E7, bitácora).
	Pertinentes	11%	“El origen de una onda está determinada por una energía inicial que posteriormente se propaga” IO	“cuando se producen ondas, son gracias a la energía que se produce en el foco de donde empezó y es gracias a la energía en este caso de la piedra y el agua que se da este fenómeno” (E6, bitácora).
	Insuficientes	0%	No fueron identificados	
Final	Aceptables	45%	“El sonido puede hacer que los objetos se muevan” IO	Al preguntarle por las propuestas que habían surgido en el grupo para enfrentar S5: vibración de cristales por ondas sonoras, respondió: “golpear la copita, digamos con una moneda y que emitiera un sonido y así posiblemente hacer mover los palitos (que estaban en la otra copa)” (E2, grupo de discusión I).
	Pertinentes	55%	“Si los objetos se mueven con el sonido, entonces las ondas transportan energía” RA	“las ondas no transportan materia sino energía y ahí estamos viendo que con esa producción de ese sonido no se está generando como algo visible o tangible en sí, pero lo estamos viendo manifestado en el movimiento de los palillos” (E3 y E7, grupo de discusión I).

En relación con este principio, se tuvieron en cuenta las RA y los IO utilizados por los participantes para abordar las situaciones S1: propagación de anillos de agua en un lago, S2: desplazamiento de una masa de agua y S5: vibración de cristales por ondas sonoras. Inicialmente el 88% de los participantes no asociaba las ondas sonoras con el transporte de energía, incluso cuatro de los nueve participantes asumían que las ondas desplazaban materia. Lo anterior coincide con los resultados de otros estudios (Bravo, Pesa y Caballero, 2009; Pérez y Esper, 2005; Welti, 2002; Wittmann, Steinberg y Redish, 2003) en los que se resalta que la ausencia de esta claridad conceptual se ha constituido en un problema en el aprendizaje de las ondas mecánicas.

A la luz de la Teoría de los Campos Conceptuales se encontró que el 44% de los participantes (E2, E3, E4 y E9) utilizó esquemas insuficientes; las RA e IO puestos en juego daban cuenta de que no identificaban relaciones entre conceptos y que sus explicaciones no eran coherentes con el campo conceptual en cuestión. Lo anterior se puede ejemplificar con lo que afirma E4, en cuanto a que “ambas situaciones (S1: propagación de

anillos de agua en un lago y S2: desplazamiento de una masa de agua) presentan propagación y una perturbación, un cambio de estado de movimiento” (bitácora). Al igual que E2, E3 y E9, el participante E4 asume que el transporte de materia puede considerarse una característica de los fenómenos ondulatorios.

Otro 44% de los participantes (E1, E5, E7 y E8) presentó esquemas aceptables; si bien identificaban parcialmente las propiedades, relaciones y transformaciones de los objetos, los conocimientos que ponían en acción no eran necesariamente pertinentes. Por ejemplo,

E7 señala que “en ambas situaciones (S1: propagación de anillos de agua en un lago y S2: desplazamiento de una masa de agua) hubo algo que salió de una fuente; ondas en el caso de la piedra que cae en el lago y agua en el caso del nacimiento” (bitácora). Como puede notarse es una expresión que carece de suficientes argumentos para explicar la diferencia entre estas situaciones en términos de transporte de energía.

El 11% restante (E6), manifestó esquemas pertinentes, debido a que las RA e IO utilizados estaban en consonancia con el campo conceptual abordado: “cuando se producen ondas, son gracias a la energía que se produce en el foco de donde empezó y es gracias a la energía en este caso de la piedra y el agua que se da este fenómeno” (E6, bitácora).

Luego de enfrentarse a las situaciones planteadas, se pudo observar que los participantes (E3, E4, E5, E7 y E9) explicaron el fenómeno del movimiento de los palillos de la copa de cristal en términos de transferencias de energía; específicamente E3 y E7 concluyeron que, si bien no lograban ver la energía que transporta la onda, podían ver la forma en que afecta los objetos: “las ondas no transportan materia sino energía y ahí estamos viendo que con esa producción de ese sonido no se está generando como algo visible o tangible en sí pero lo estamos viendo manifestado en el movimiento de los palillos” (grupo de discusión I). De igual manera, cuando a E2 se le preguntó por las propuestas que habían surgido para resolver la situación respondió que su idea fue “golpear la copita, digamos con una moneda y que emitiera un sonido y así posiblemente hacer mover los palitos (que estaban en la otra copa)” (grupo de discusión I). Aunque se consideró que esta era una RA aceptable, fue relevante en la medida que enriqueció y orientó la discusión al interior del grupo para resolver la situación a la que se enfrentaban (diario de campo).

Luego de abordar las diferentes situaciones propuestas, el 55% de los participantes (E3, E4, E5, E7 y E9) presentó esquemas pertinentes para las situaciones relativas a una de las

principales propiedades de las ondas sonoras: el transporte de energía mediante perturbaciones en las partículas de un medio determinado. Lo anterior es un notable avance al considerar que en la primera fase solo el 11% de los participantes contaba con esquemas pertinentes. Además de los datos recolectados en las bitácoras, las videograbaciones, entrevistas y observaciones registradas en el diario de campo, daban cuenta de la forma en que los participantes se iban apropiando paulatinamente del principio referente al transporte de energía por medio de ondas sonoras.



Figura 5. Participantes intentando mover los palillos por medio de ondas sonoras.

6.1.2 El sonido es una onda mecánica que se propaga a través de movimientos oscilatorios de las partículas del aire

En la tabla 14 se presentan las RA y los IO que dan cuenta de la evolución de los esquemas utilizados por los participantes al enfrentar las situaciones relativas al principio en cuestión.

Tabla 14. *Evolución de los esquemas relacionados con el principio de propagación del sonido.*

Estadío	Clasificación	%	Esquemas (explicitados como IO y/o RA)	Algunas evidencias
	Insuficientes	11%	“Si el sonido se encuentra en el umbral de audición,	“la intensidad del sonido (...) se encuentra en el umbral de audición” (E7, bitácora).

Inicial			entonces puede llegar al oído” RA	
	Acceptables	0%	No fueron identificados	
	Pertinentes	88%	“Las ondas se propagan a través de perturbaciones en las moléculas del aire” IO	“estas vibraciones viajan por el aire a manera de ondas sonoras a través de las partículas hasta llegar al oído” (E3 bitácora). “el sonido es producido por una fuerza ejercida sobre el tambor que produciría una compresión del aire dentro de este que produce una vibración que es devuelta como una onda, es decir una perturbación que se da en el espacio” (E5, bitácora).
Final	Insuficientes	0%	No fueron identificados	
	Acceptables	0%	No fueron identificados	
	Pertinentes	100%	“Las ondas se propagan a través de perturbaciones en las moléculas del aire” IO	“las ondas sonoras, son ondas mecánicas que se generan por vibraciones que cambian como la presión en el instrumento, entonces, al generarse esta presión (...) las moléculas de gas que hay ahí, se van a generar zonas de compresión y rarefacción, donde la presión es la máxima y otra parte donde no hay moléculas” (E7, diseño instrumento musical).

Para este caso, se analizaron las RA y los IO utilizados por los participantes al abordar las situaciones S3: sonido que viaja desde un tambor hasta los oídos y S5: vibración de cristales por ondas sonoras. En cuanto a la manera en que se transporta la energía mediante las ondas sonoras, se pudo observar que en el diagnóstico el 88% de los participantes asociaba este fenómeno a perturbaciones en el aire; lo anterior permite deducir que contaban con esquemas pertinentes. Específicamente los participantes E3, E4, E5 y E9 reconocieron que la energía se transporta mediante el movimiento de partículas del medio; por ejemplo, E3 afirmó que “estas vibraciones viajan por el aire a manera de ondas sonoras a través de las partículas hasta llegar al oído” (bitácora). Lo anterior coincide con lo que afirman E4 y E5 sobre la situación S3: sonido que viaja desde un tambor hasta los oídos: “las vibraciones que genera el tambor viajan por el medio –aire- perturbando sus partículas (...) dichas vibraciones entendidas como ondas llegan al oído” (E4) y “el sonido es producido por una fuerza ejercida sobre el tambor que produciría una compresión del aire dentro de este que produce una vibración que es devuelta como una onda, es decir una

perturbación que se da en el espacio” (E5, bitácora). A partir de esto, se podría afirmar que la mayoría de los participantes utilizaron IO y RA que dan cuenta del uso de esquemas pertinentes para este tipo de situaciones.

En la sesión posterior al diagnóstico, E5 manifestó la explicación que subyacía a la manera en que habían organizado su conducta para abordar la situación S5: vibración de cristales por ondas sonoras: “al hacer vibrar las moléculas que hay aquí (alrededor de las copas), podemos crear ese sonido que necesitamos... esas ondas para hacer mover los palillos” (grupo de discusión I), lo que da cuenta de un progresivo dominio del concepto de ondas sonoras. Además, se pudo observar que en los demás participantes, los esquemas comenzaron a complejizarse con el uso de conceptos en acción (IO) como rarefacción y compresión para explicar las zonas de mayor y menor densidad de partículas dentro de un tubo; este es el caso del participante E7, que inicialmente tenía esquemas insuficientes para comprender la manera en que se transporta una onda sonora; por ejemplo, para explicar cómo llega el sonido producido por un tambor hasta los oídos, argumentaba de manera superficial que “la intensidad del sonido (...) se encuentra en el umbral de audición” (bitácora). No obstante, en la explicación acerca del funcionamiento del instrumento musical de viento que habían construido en grupo expresó: “las ondas sonoras, son ondas mecánicas que se generan por vibraciones que cambian como la presión en el instrumento, entonces, al generarse esta presión (...) las moléculas de gas que hay ahí, se van a generar zonas de compresión y rarefacción, donde la presión es la máxima y otra parte donde no hay moléculas” (exposición instrumento musical).

La observación participante llevada a cabo en la implementación de la propuesta fue una importante fuente de información para analizar el progresivo dominio del principio en cuestión; los registros permitieron evidenciar acciones cada vez más acertadas ante las situaciones a las que los participantes se enfrentaban.

6.1.3 La longitud de onda es inversamente proporcional a la frecuencia

En la tabla 15 se presentan las RA y los IO que dan cuenta de la evolución de los esquemas utilizados por los participantes al enfrentar las situaciones relacionadas con este principio.

Tabla 15. *Evolución de los esquemas referentes al principio “la longitud de onda es inversamente proporcional a la frecuencia”.*

Estadio	Clasificación	%	Esquemas (explicitados como IO y/o RA)	Algunas evidencias
Inicial	Insuficientes	33%	“Si la longitud de onda disminuye, entonces la frecuencia también lo hace” RA	“estamos disminuyendo su longitud (...) lo que hace el sonido sea más grave, ya que la frecuencia es menor” (E1, bitácora). “el sonido se vuelve más agudo cada vez que cortamos el pitillo (...) su longitud de onda se reduce, al igual que la frecuencia” (E9, bitácora).
	Aceptables	44%	“De los cambios en la frecuencia depende que tan grave o agudo sea el sonido” IO	“a mayor frecuencia el sonido es más agudo y a menor frecuencia el sonido es más grave” (E8, bitácora).
	Pertinentes	22%	“La longitud de onda es inversamente proporcional a la frecuencia” IO	“al cortar el pitillo se disminuye la longitud de onda y por ende la frecuencia aumenta generando así un tono más agudo” (E3, bitácora). “a menos longitud del medio por donde se propaga la onda, la frecuencia y amplitud de ésta comienza a aumentar y su longitud de onda a disminuir” (E4, bitácora).
Final	Insuficientes	0%	No fueron identificados	
	Aceptables	0%	No fueron identificados	
	Pertinentes	100%	“Si la frecuencia aumenta, entonces la longitud de onda es menor” RA	“a medida que íbamos aumentando la frecuencia, la longitud de onda encontrada era mucho menor, lo cual es acorde a la teoría, al igual que si aumentábamos la frecuencia la distancia entre el nodo y en antinodo era menor” (E5, E2 y E7, grupo de discusión II). “la relación que presenta la frecuencia y la longitud de onda es inversa, es decir que mientras una aumenta la otra disminuye” (E1, E4 y E9, informe rapidez del sonido).

Respecto a la relación entre frecuencia y longitud de onda, se tuvieron en cuenta las RA e IO utilizados por los participantes para abordar las situaciones S6: determinación de frecuencias con la App Afinador n- Track, S7: determinación rapidez del sonido y S8: diseño instrumento musical de viento. Inicialmente los participantes E1 y E9 presentaban una confusión, pues afirmaban que estas variables eran directamente proporcionales. Por su parte, el participante E6 señaló que la velocidad del sonido aumentaba al disminuir la longitud del pitillo, lo cual es incongruente pues dicha velocidad es una constante, siempre

y cuando la onda se propague por el mismo medio que para este caso era el aire. En este sentido, los esquemas utilizados por los participantes mencionados se clasificaron como insuficientes, pues los IO y las RA explicitadas no estaban en consonancia con los conceptos, transformaciones y relaciones entre las variables del campo conceptual en cuestión.

Si bien en el diagnóstico se identificó que el 44% de los participantes (E2, E5, E7 y E8) lograba establecer una relación adecuada entre frecuencia, tono y longitud del pitillo; al manifestar, por ejemplo, que “a mayor frecuencia el sonido es más agudo y a menor frecuencia el sonido es más grave” (E8, bitácora), o que “entre menos largo sea el pitillo mayor va a ser el sonido emitido ya que el aire recorre menos distancia” (E2, bitácora); no asociaban estas variables con la longitud de onda. Por ello, las expresiones anteriores llevaron a considerar como aceptables los esquemas utilizados por estos participantes.

En el diagnóstico, solo los participantes E3 y E4 utilizaron esquemas pertinentes para las situaciones planteadas; las RA e IO puestos en juego daban cuenta de una relación entre la longitud del pitillo, la longitud de onda, la frecuencia y el tono, correspondiente a los principios del concepto de onda sonora. Lo anterior se puede evidenciar en las siguientes expresiones: “a menos longitud del medio por donde se propaga la onda, la frecuencia y amplitud de ésta comienza a aumentar y su longitud de onda a disminuir” (E4, bitácora) y “al cortar el pitillo se disminuye la longitud de onda y por ende la frecuencia aumenta generando así un tono más agudo” (E3, bitácora).

Después de realizar las últimas dos sesiones en las que se determinó la rapidez del sonido y se diseñaron los instrumentos de viento, la mayoría de los participantes explicitaron esquemas pertinentes, incluso los enriquecieron con nuevos conceptos en acción (IO) como amplitud, nodo y antinodo. Por ejemplo, ante la pregunta por cómo habían determinado la rapidez del sonido, respondieron lo siguiente: “la frecuencia nos la arrojaba el osciloscopio, entonces teniendo en cuenta la distancia que había entre nodo y antinodo, tomamos cuánto era la máxima amplitud y la mínima amplitud y lo multiplicamos por 4 y así nos daba la longitud de onda y después lo multiplicábamos por la frecuencia y hallábamos la velocidad del sonido” (E3 y E6 y E8, grupo de discusión II). De la misma manera otro de los grupos señaló: “a medida que íbamos aumentando la frecuencia, la longitud de onda encontrada era mucho menor, lo cual es acorde a la teoría,

al igual que si aumentábamos la frecuencia la distancia entre el nodo y el antinodo era menor” (E5, E2 y E7, grupo de discusión II).

Los procesos de conceptualización se visibilizaron en las nuevas relaciones que se iban generando a raíz de la necesidad de resolver situaciones novedosas a las que se enfrentaban. En el siguiente diálogo entre el investigador y uno de los participantes (E7) puede observarse la manera en que incorpora y desarrolla nuevos IO y RA en su estructura mental, al no ser suficiente el repertorio de esquemas con el que contaba:

➤ Investigador: ¿Qué propuestas surgieron en el grupo para determinar la rapidez del sonido?

➤ E7: *Pues la idea principal fue buscar alguna fórmula que nos salvara la vida, porque no sabíamos que hacer en sí, y más porque necesitábamos la longitud de onda y no veíamos cómo hallarla con las herramientas que teníamos.*

➤ Investigador: ¿Qué fórmula estaban buscando?

➤ E7: *Estábamos buscando alguna fórmula donde en vez de longitud de onda, encontráramos amplitud porque era otro dato que podíamos obtener fácilmente y no habíamos asociado que a partir de la amplitud también podíamos hallar la longitud de onda, al principio no lo habíamos asociado* (grupo de discusión II).

El grupo conformado por los participantes E5, E2 y E7 logró establecer una clara relación entre la amplitud y la longitud de onda que tuvo sentido en la medida que les permitió resolver la situación referente a la determinación de la rapidez del sonido.

Por otra parte, los participantes E1 y E9 que habían utilizado las siguientes expresiones en el diagnóstico “el sonido se vuelve más agudo cada vez que cortamos el pitillo (...) su longitud de onda se reduce, al igual que la frecuencia” (E9, bitácora) y “estamos disminuyendo su longitud (...) lo que hace el sonido sea más grave, ya que la frecuencia es menor” (E1, bitácora), lograron transformar sus esquemas de insuficientes a pertinentes. Lo anterior se ve evidenciado en una de las conclusiones que hicieron en uno de los informes: “la relación que presenta la frecuencia y la longitud de onda es inversa, es decir que mientras una aumenta la otra disminuye” (E1, E4 y E9, informe rapidez del sonido).

Por lo anterior, en cuanto al dominio de este principio referente a la relación de proporcionalidad inversa entre longitud de onda y frecuencia, se obtuvo que inicialmente el 33% (E1, E6 y E9) de los participantes utilizó esquemas insuficientes, el 44% (E2, E5, E7 y

E8) aceptables y el 22% (E3 y E4) pertinentes. Al final, después de analizar las entrevistas, los audios producto de los grupos de discusión, los informes de los trabajos experimentales y los registros hechos en el diario de campo a partir de las observaciones, el 100% del grupo utilizó IO y RA acordes al campo conceptual y por tanto, esquemas pertinentes para abordar situaciones relacionadas con el cambio de las frecuencias cuando variaba la longitud de onda. Cabe aclarar que las conclusiones de los informes y las propuestas generadas para responder a ciertas situaciones son construidas en grupo; en este sentido, se hace necesario un análisis posterior que permita profundizar en los esquemas de manera particular.

A continuación, se presentan imágenes de los participantes abordando algunas de las situaciones propuestas y del montaje realizado en el trabajo práctico relacionado con la determinación de la rapidez sonido.



Figura 6. Participantes determinando 5 frecuencias en orden ascendente con ayuda de un SAD.



Figura 6. Participantes determinando la rapidez del sonido con ayuda del SAD.

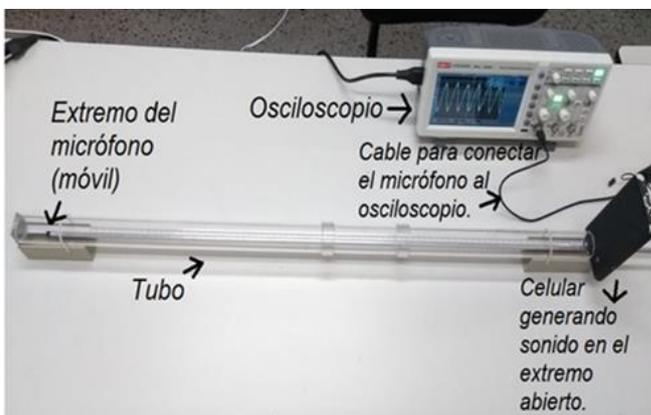


Figura 7. Montaje del SAD para determinar la rapidez del sonido.

A nivel general, se puede concluir que a medida que avanzaba el desarrollo de la propuesta, el grupo de participantes iba complejizando sus esquemas con la incorporación de nuevos teoremas en acción (IO), la inclusión de nuevas categorías de pensamiento (IO) y la generación de secuencias de acción acordes a las situaciones a las que se enfrentaban (RA). Lo anterior da cuenta de una adaptación parcial al campo conceptual y por tanto de un proceso de conceptualización, en el cual desempeñaron un importante papel los instrumentos tecnológicos utilizados en el desarrollo de los trabajos prácticos llevados a cabo.

6.2 Características de los SAD como instrumentos de mediación cultural en el trabajo experimental en física

En este apartado se presentan las evidencias producto de las observaciones y de las expresiones y acciones de los participantes que permiten dar cuenta de las características de los SAD como objetos de mediación cultural, tanto desde el punto de vista físico como simbólico.

6.2.1 Posibilidades Materiales de los SAD

Los instrumentos de carácter técnico se consideran desde la teoría Vygotskiana como los más simples debido a que históricamente se han utilizado para realizar transformaciones básicas en el medio exterior, entre estas se encuentra por ejemplo el martillo u otras herramientas que han sido diseñadas para facilitar actividades de orden antrópico. Con respecto a lo anterior, Bentolila y Clavijo (2001) indican que “inicialmente aparecieron las herramientas que le ayudaron a transformar el entorno físico (realidad externa), con características muy primitivas como pudo ser el uso de algún objeto de la naturaleza para resolver cierto problema” (p. 116). Sin embargo, la interacción con estos instrumentos no solo modifica las condiciones físicas en las que se desenvuelven los sujetos; desde la teoría Vygotskiana la actividad mediada por objetos de la cultura conlleva a una transformación en las estructuras de pensamiento de los sujetos. Vygotsky hereda esta línea de pensamiento del filósofo Engels, el cual plantea que el trabajo y el uso de instrumentos o herramientas son los medios a través de los cuales el ser humano cambia la naturaleza y, al hacer esto, se transforma a sí mismo (Gómez y Mejía, 1999).

En los registros de video y los apuntes del diario de campo se evidenció que los SAD poseen características de instrumentos técnicos en la medida que actuaron como mediadores en el logro de las situaciones que se plantearon durante el desarrollo de la propuesta. Por ejemplo, cuando los participantes estaban abordando la situación S4 en la que debían determinar distintas frecuencias en orden ascendente, utilizaron el SAD conformado por un celular con la aplicación Afinador N- Track instalada; este dispositivo convertía los cambios de presión en el aire, provocados por las ondas sonoras, a impulsos eléctricos que posteriormente se evidenciaban en la pantalla como frecuencias. Lo anterior da cuenta de las posibilidades materiales que les brindó este

instrumento para la consecución de los objetivos trazados. De igual manera, se pudo observar que otra de las características de los SAD como instrumentos de naturaleza material es que posibilitan la modificación del medio externo para dar respuesta a una necesidad específica; estos dispositivos permitieron a los participantes transformar los sonidos provenientes de los pitillos a frecuencias que posteriormente fueron registradas en una tabla como la que se muestra a continuación:

Longitud del tubo en cm	Frecuencia	Tono musical
19.5	239 Hz	Fa#
16.3	296 Hz	Si
14.4	275 Hz	Do#
11.7	339 Hz	Mi
9.5	480 Hz	La#

Figura 8. Tabla construida por E3 y E7 con ayuda un SAD para determinar cinco frecuencias en orden ascendente y las notas asociadas a estas.

Se encontró también que las características intrínsecas del SAD, influenciaron la manera en que los participantes abordaban el problema y por tanto la forma de adaptarse a la situación. Conforme iban recortando el pitillo y soplaban con fuerza a través de él, observaban que la frecuencia que mostraba el SAD iba aumentando, lo cual les indicaba que para hallar una frecuencia más elevada debían hacer un nuevo corte para que esta variable adquiriera cada vez valores más altos (diario de campo).

De la misma manera, se observó cómo el SAD utilizado para determinar la rapidez del sonido, condicionó la organización de la conducta de los participantes al momento de abordar la situación que se les planteaba. El hecho de que no contaran con una guía pauta que especificara los pasos a seguir, hizo que los integrantes de los diferentes grupos se arriesgaran a interactuar con las posibilidades técnicas que ofrecía el instrumento. En principio empezaron a desplazar el micrófono móvil al interior del tubo y a observar cambios en el tamaño de las representaciones de las ondas que aparecían en la pantalla. Con ayuda de una breve descripción de la teoría referente a las características de una onda mecánica; los participantes comenzaron a identificar la

máxima y mínima amplitud de la onda y lo relacionaron posteriormente con los nodos y los antinodos, lo cual les permitió calcular la longitud de onda. Además, mediante este instrumento modificaron la realidad externa al convertir las frecuencias emitidas desde un celular con la aplicación Physics Toolbox Suite instalada, a variables como la amplitud, nodos, antinodos; con el fin de dar respuesta a la situación abordada, que para este caso consistió en determinar la rapidez del sonido.

De igual manera, las expresiones de los participantes registrados en las bitácoras, en la entrevista y en los grupos de discusión, permitieron dar cuenta de las diferentes posibilidades materiales de los SAD. Se encontró que varios integrantes del grupo valoran de manera positiva el hecho de que este tipo de dispositivos permita ampliar el rango de observación del ser humano para fenómenos físicos con un nivel de abstracción como el de las ondas sonoras. Por ejemplo, el participante E1 expresa que los SAD le permitieron “visualizar algo que uno siempre se tiene o que imaginar o que lo ponen en el tablero pero que nunca es como tan claro, en cambio uno ahí sí puede ver en realidad qué es lo que está pasando y cómo se relaciona (para este caso) la frecuencia con la longitud de onda” (entrevista). Asimismo, los participantes E1, E4 y E9 manifestaron que esta herramienta tecnológica posibilitó “hacer un análisis un poco más tangible de los fenómenos ocurridos, y [...] apreciar de manera muy gráfica las ondas, en este caso, sonoras” (informe rapidez del sonido). Los aportes hechos por los participantes están en consonancia con los planteamientos Vygotskianos, los cuales sostienen que la cultura le proporciona a los sujetos las herramientas necesarias para modificar su entorno y en esta medida hacen que se adapten activamente a este (Pozo, 1996).

Otra de las posibilidades materiales de los SAD, está relacionada con la precisión que permitieron en la toma de datos. E8 indica que “una de las ventajas de este tipo de dispositivos es que posibilitan obtener con mayor precisión ciertos datos que, digámoslo, manualmente [...] no se podrían hacer, o [...] sería como más tedioso, más complicado” (entrevista). De la misma manera E7 y E9 coinciden en que los SAD reducen el margen de error ocasionado por las limitaciones de los sentidos en los seres humanos al captar información del medio exterior. E7 afirma que los SAD nos permiten llegar “a un resultado que uno diga que sí es verídico, a diferencia de algo que se hace con nuestros propios cálculos porque por el factor humano pueden fallar, en cambio estos nos permiten llegar a un mejor resultado” (entrevista).

En relación con lo anterior, Marti (1992) plantea que esta clase de herramientas permite obtener resultados que no obtendríamos sin su uso y que simultáneamente, la interacción con ellas transforma la naturaleza de nuestras acciones (citado en Bentolila y Clavijo, 2001). Con referencia a dicha transformación se encontró que algunos de los participantes manifestaron que los SAD orientaban su actividad en función de la situación que estaban abordando. E2, E5 y E7 hacen una descripción que se considera pertinente traer a colación en su totalidad; en ella explicitan la forma en que el SAD utilizado para determinar la rapidez del sonido condicionó la secuencia de acciones que llevaron a cabo:

Dicho sistema, otorgaba los datos experimentales tanto de las variaciones de la amplitud como también de las variaciones de frecuencia que se presentaban al modificar el sonido emitido por parte del celular. Dicha contribución fue vital para la resolución del problema en cuestión, esto puesto que, a partir de las variaciones de la amplitud, y una regla presente en el propio sistema, se pudieron identificar las amplitudes máximas y mínimas que se presentaban en la pantalla y con esto [...] encontrar tanto los nodos como los antinodos de la onda para a partir de ello hallar la longitud de la onda y finalmente, la velocidad experimental del sonido (informe rapidez del sonido).

La característica de los instrumentos de naturaleza técnica de encauzar las acciones del sujeto, está relacionada con las posibilidades materiales que ofrecen en función de las metas que se desean alcanzar.

Hasta ahora se han expuesto algunas características que, desde la perspectiva Vygotskiana, permiten concebir los SAD como instrumentos técnicos que posibilitan la adaptación de los sujetos a situaciones específicas. En este apartado se pudo evidenciar que estos instrumentos permiten obtener un mayor rango de precisión en la toma de datos, orientan la actividad de los sujetos en función de objetivos que subyacen a las situaciones que abordan y posibilitan la transformación de variables físicas del medio externo en símbolos susceptibles de ser interpretados; los SAD desencadenan un proceso de adaptación que implica un cambio del entorno físico y en este proceso, una transformación en las estructuras mentales del sujeto (Moreira, 2002).

Expuestas las posibilidades materiales de los SAD en el trabajo experimental, a continuación, se presentan las características de naturaleza simbólica de estos instrumentos que se pusieron de manifiesto durante el desarrollo de la propuesta.

6.2.2 Posibilidades Simbólicas de los SAD

Los registros de video y los apuntes revisados en el diario de campo permiten dar cuenta de las formas en que los participantes se apropiaban de la carga simbólica de los SAD y en este sentido iban construyendo sistemas de signos a partir de la interacción con estos dispositivos. Dichos sistemas son herramientas de naturaleza psicológica que difieren de los materiales en la forma que afectan la actividad del sujeto; se encuentran implicadas directamente en los procesos de pensamiento. Bentolila y Clavijo (2001) precisan esta diferencia de la siguiente manera:

Así como para cazar un animal el ser humano inventó alguna herramienta material que le facilitara el trabajo (un arma, entre otras) así también, para pensar, para codificar la información, o para recordar algo que no estaba presente inventó herramientas simbólicas o instrumentos psicológicos (p. 117).

Al momento de enfrentarse a las distintas situaciones, los participantes indagaban con sus pares, con el profesor y con el investigador por el funcionamiento los SAD. Además, hacían diferentes ensayos con el fin de analizar qué tipo de tareas era posible llevar a cabo con estos dispositivos; de esta manera se daban cuenta de las formas en que los SAD podrían contribuir al logro de los objetivos que hacían parte las situaciones propuestas (diario de campo).

A los participantes les sorprendía el hecho de poder ver las ondas y sus características en tiempo real a través de las representaciones que hacían los SAD de los cambios de presión provocados por dichas ondas en el medio exterior. Por lo anterior, varios de ellos hacían énfasis en el importante papel de estos dispositivos a la hora de recordar o asimilar mediante estas representaciones las variables implicadas en el fenómeno físico y las relaciones que se podían establecer entre ellas.

La mayor parte de los participantes destacaron de los SAD el hecho de que mostraran de manera clara las variables y relaciones subyacentes al fenómeno físico que se estaba analizando. Las representaciones gráficas de las ondas que aparecían en estos dispositivos les permitían recordar, y por tanto aplicar con mayor facilidad los conceptos implicados en las situaciones abordadas. Con referencia a lo anterior, E3 señala que “la memoria fotográfica ayuda demasiado a que uno por ejemplo pueda entender que una frecuencia alta se refleja de una manera y que una frecuencia baja de otra, o que las longitudes se dan de X o Y manera; por ejemplo, el diagrama que

teníamos en el osciloscopio, las frecuencias que él nos mostraba, uno lo podría relacionar de mejor manera” (entrevista). Como puede observarse, los SAD se constituyeron en herramientas que según E3 le permitían recordar y generar relaciones entre variables con mayor facilidad. En cierta medida las apreciaciones de este participante dan cuenta de la construcción de instrumentos simbólicos, teniendo en cuenta que estos son para Vygotsky

todos aquellos elementos que sirven para ordenar y repositonar externamente la información de modo que el sujeto pueda escapar de la dictadura del aquí y el ahora y utilizar su inteligencia, su memoria, su atención para representar los estímulos y poder operar con ellos cuando se desee y no solo cuando la vida real lo ofrece (Bentolila y Clavijo, 2001, p. 119).

De igual manera, los participantes E2 y E9 resaltan la utilidad de los SAD para observar fenómenos físicos con altos niveles de abstracción como es el caso de las ondas sonoras. E2 señala que la importancia para el aprendizaje a través de estos dispositivos radica en que “hasta que a uno no le muestran, uno como que no entiende bien qué es una onda” (entrevista), haciendo referencia a las representaciones simbólicas del fenómeno físico que aparecían en las pantallas de los SAD. Del mismo modo E9 expresa que por medio de estos instrumentos “uno puede ver más fácil el fenómeno y [...] además la pantalla también te da el movimiento de la onda, TÚ LA PUEDES VER” (entrevista).

Respecto al papel que tuvieron los SAD en el desarrollo del trabajo experimental, E5 indica lo siguiente: “lo que vivimos es como la problematización de estos (de los SAD) porque nos dieron una pregunta [...] de por qué surgía tal cosa, entonces, se nos lanzaban unos datos desde el Sistema de Adquisición, eso nos permitía como mirar bueno, que está pasando aquí, entonces cómo resolvemos esta pregunta desde lo que nos están planteando los SAD” (entrevista). Es importante destacar la relevancia de este fragmento en el que E5 describe la manera en que se ve confrontado ante el sistema de signos que caracteriza el SAD que estaban utilizando, pues según su expresión, era indispensable la apropiación del lenguaje simbólico de dicho sistema, para dar una solución pertinente a la situación que estaban abordando; la interacción con los SAD implicó la modificación de las estructuras de pensamiento en función de las metas establecidas. El planteamiento anterior está relacionado con los postulados de la perspectiva Vygotskiana en la cual se asume que el sujeto “cuanto más va utilizando

signos y sistemas de signos, tanto más se van modificando, fundamentalmente, las operaciones psicológicas que él es capaz” (Moreira, 2002, p. 19).

Ante la misma pregunta, E1 afirma que con el uso de estos dispositivos y con la metodología empleada “a uno se le queda mucho más, por ejemplo, conceptos que de pronto uno tenía un poquito por ahí en el aire se asentaron más con el trabajo experimental. Aprende uno más, yo no sé, como que se le queda más al verlo de verdad y no en un tablero (entrevista). Al parecer E1 utiliza el término “asentar” para hacer referencia al hecho de que, por medio de la carga simbólica de los instrumentos utilizados, pudo darle sentido al concepto de onda sonora. Es importante resaltar este aspecto pues, una de las particularidades de los instrumentos psicológicos desde la perspectiva Vygotkiana es la posibilidad que ofrecen para recordar y ordenar la información en función de una actividad con un objetivo determinado. Con respecto a lo anterior, Gómez y Mejía (1999) señalan que

la idea esencial en el trabajo de Vygotsky es que la inclusión de signos en la acción transforma fundamentalmente a la acción misma. La incorporación de los instrumentos mediadores no simplemente facilita la acción que pudiera haber ocurrido sin ellos; en lugar de eso, Vygotsky notaba que al ser incluidos en el proceso de conducta, las herramientas psicológicas alteran el flujo entero y la estructura de las funciones mentales (p. 2)

Los instrumentos psicológicos son sistemas de signos que el sujeto utiliza para darle sentido a su realidad. Para la comprensión de los fenómenos físicos se requiere del manejo de representaciones simbólicas que hacen parte de dichos fenómenos. Al parecer para el participante E5, no basta con las ecuaciones elaboradas por el profesor en el tablero para comprender bien los conceptos; y al respecto hace referencia a que los SAD le permitieron apropiarse de las representaciones características de las ondas sonoras; pues estos dispositivos tecnológicos le permitían “ver los fenómenos de una manera más tangible” (entrevista).

Las consideraciones previamente descritas dan cuenta de las transformaciones que se desencadenan en las organizaciones mentales de los participantes en la medida que interactúan con estos instrumentos y se apropian de los sistemas de signos que traen consigo. Los razonamientos que se han venido desarrollando permiten caracterizar los SAD como herramientas que favorecen la construcción de instrumentos psicológicos, los cuales le ayudan al sujeto a recordar conceptos, representarlos, codificarlos y utilizarlos en circunstancias específicas; en definitiva, los elementos simbólicos de los

SAD posibilitaron cambios en la estructura cognitiva de los sujetos y de esta manera les ayudaron a adaptarse a las situaciones que enfrentaban.

Si bien estos instrumentos fueron de gran ayuda a la hora de resolver las situaciones que se presentaron en el desarrollo de la propuesta, algunos participantes también manifestaron aspectos relacionados con las dificultades en su utilización; la incorporación de los SAD en el trabajo práctico de laboratorio generó diferentes reacciones que son descritas en el siguiente apartado.

6.3 Apreciaciones acerca de la utilización de SAD en la enseñanza de la física

La manera en que los participantes concibieron la utilización de los SAD para la enseñanza de la física se constituyó en una categoría emergente que contempla una valoración por parte de los participantes, de los SAD como herramientas para la enseñanza de la física. En este apartado se presentan inicialmente los aspectos positivos que resaltaron los participantes acerca del uso de estos dispositivos en la educación científica y posteriormente se abordan algunas dificultades que se pueden encontrar en su implementación.

6.3.1 Los SAD como objetos culturales que favorecen la educación científica

A causa de los acelerados avances tecnológicos, los SAD han ido permeando algunos espacios destinados a la educación científica; en este sentido, es necesario que los maestros en formación del área de ciencias aprendan a manipular este tipo de dispositivos y aún más importante, identifiquen los marcos teóricos y metodológicos bajo los cuales podrían utilizarlos en su práctica docente.

Los participantes en general reconocen las posibilidades materiales y simbólicas de los SAD y mencionan la pertinencia que tendrían para la educación en ciencias. Específicamente E1, E4 y E9 afirman que estos instrumentos “pueden llamar más la atención de los alumnos que herramientas tradicionales de enseñanza; también son muy valiosas ya que estas logran convertir señales que no son interpretables directamente, a señales interpretables, que pueden ser entendidas e interiorizadas por los alumnos” (informe rapidez del sonido). En otras palabras, estos instrumentos desempeñaron un papel fundamental en el proceso de adaptación de los participantes a las situaciones que

abordaban. Respecto a las consideraciones anteriores, Bentolila y Clavijo (2001) señalan que

el ser humano a lo largo de la historia se ha apoyado en diferentes herramientas mediadoras para resolver su adaptación activa al medio, [...] a su vez el uso de estos mediadores fueron transformando el comportamiento del sujeto y su forma de vincularse con el entorno, constituyendo esto un producto cultural transmisible a través de procesos educativos (p. 113).

Respecto a lo anterior, E1 y E2 desde su perspectiva como maestros de ciencias, consideraron que las representaciones simbólicas de los fenómenos físicos ofrecidas por los SAD favorecerían el aprendizaje de sus futuros estudiantes. Puntualmente, E1 plantea que con la implementación de este tipo de dispositivos en la escuela “los niños de bachillerato que muchas veces no se interesan por la ciencia, le cogerían mucho amor, igual que con los laboratorios de química, pues todo con tal que sea más visual me parece muy importante” (entrevista). E5 menciona que a través de estos dispositivos “se pueden observar (...) los fenómenos y comprenderlos de manera mucho más fácil” (entrevista). La importancia que este participante le da a los elementos representacionales ofrecidos por los SAD está en consonancia con los planteamientos de Vygotsky (1978), quien

le atribuye a las tecnologías de la comunicación el carácter de herramientas con las que el ser humano construye realmente la representación del mundo exterior que más tarde se incorporará mentalmente, se interiorizará. Plantea así, que nuestros sistemas de pensamiento son el resultado de la interiorización de procesos de mediación desarrollados por y en nuestra cultura (Bentolila y Clavijo 2001, p. 120).

Los SAD hacen parte de estas tecnologías de la comunicación en la medida que permiten la transformación de señales físicas del medio exterior, en representaciones que hacen parte de la cultura y que son susceptibles de ser interpretadas e interiorizadas por los sujetos.

Por otra parte, el participante E7, para referirse a la importancia que tendrían los SAD en el ámbito escolar, hace referencia a las posibilidades técnicas que estos ofrecen. Indica que la utilización de estos instrumentos para la enseñanza sería “una forma mucho más práctica y mucho más genial de acercar a las personas a la física y entenderla” (entrevista).

En el marco de las consideraciones anteriores se puede decir que, por las posibilidades técnicas de los SAD y de las representaciones que permiten hacer de los fenómenos físicos, la mayoría de los participantes ve pertinente el uso de estas herramientas tecnológicas en los contextos de educación secundaria. Solamente, el participante E8 expuso una opinión contraria; desde su perspectiva este tipo de tecnologías limitan los procesos de pensamiento de los sujetos. No obstante, sus aportes serán descritos y analizados posteriormente en el apartado referente a las dificultades en la utilización de los SAD.

Es evidente entonces que gracias a la naturaleza técnica de los SAD y a la manera en que posibilitan la construcción de sistemas de signos, estos instrumentos se constituyen en herramientas mediadoras con un gran potencial para el aprendizaje de la física, en la medida que le ayudan al sujeto a interiorizar elementos simbólicos de este complejo campo disciplinar. Resulta oportuno traer a discusión los planteamientos de Vygotsky en los cuales expone que los problemas para el aprendizaje de ciertos conceptos están relacionados con la falta de materiales proporcionados por la cultura para comprender mejor un fenómeno determinado: "todo constructor necesita materiales con los que construir...en algunos casos la cultura los provee en abundancia, facilitando así el aprendizaje, ...y en otros casos menos" (Papert, 1981 citado en Bentolila y Clavijo, 2001, p. 131).

Por esta razón, para la educación científica es necesario "ser mejor observador de la cultura, para poder encontrar desde ella, aquellos objetos, elementos, o situaciones, que puedan constituirse en estas semillas tan poderosas que despierten en los sujetos que aprenden, esa fuerza o motivación para hacerlo (Bentolila y Clavijo, 2001, p. 133). Dicha motivación se va a presentar siempre y cuando se establezcan las condiciones para ello, y eso quiere decir, ofrecer ambientes de aprendizaje en los que el sujeto sienta la necesidad de apropiarse de ciertos elementos culturales para responder a las situaciones a las que se enfrente. Para ello, no va a ser suficiente con utilizar la atención o la memoria; la adaptación a la cultura requiere además del desarrollo de habilidades más complejas. Bentolila y Clavijo (2001) plantean en este sentido que "la formación de los procesos psicológicos superiores se da a partir de un proceso de enculturación que se concretiza a través de las prácticas sociales, de la adquisición de la tecnología de la sociedad, sus signos y herramientas" (p. 141). Por lo anterior, es necesario que los maestros, además de aprender a manipular los SAD, se apropien de metodologías que

les posibiliten utilizarlos de manera crítica a fin de que no adquieran una connotación netamente instrumental en la enseñanza de la física.

Normalmente los trabajos prácticos de laboratorio están acompañados de instrumentos con diferentes niveles de sofisticación tecnológica, lo cuales se utilizan principalmente en procesos de medición. Sin embargo, la metodología que orienta la utilización de estos puede ser variada. Como ha podido observarse, en esta investigación el trabajo experimental propuesto contempló el abordaje de situaciones enmarcadas en el concepto de ondas sonoras. Los registros de video y las reflexiones llevadas a cabo en el diario de campo, permitieron identificar que, para responder a dichas situaciones, los participantes discutían con sus compañeros la mejor forma de cumplir con los objetivos trazados haciendo uso de los instrumentos que tenían a disposición. De igual manera, en las entrevistas realizadas se encontraron algunas expresiones que sustentan la importancia de un referente teórico que oriente los aspectos metodológicos en el trabajo práctico. El participante E3 señala que es necesario

resaltar el valor que tienen este tipo de métodos porque tristemente estamos como encerrados [...] en uno que nos está enseñando a plasmar en un papel una idea que ya lleva muchos y muchos y muchos años, es decir, darle una manera más lúdica o innovar en [...] el área de la enseñanza (entrevista).

Por su parte, en uno de los informes que presentaron por equipos, los participantes E2, E5 y E7 manifestaron que

la principal diferencia encontrada entre la forma en que se propuso esta actividad y los demás trabajos de laboratorio es que en éstos últimos se plantea la experimentación como un tipo de “receta de cocina”, en la mayoría de laboratorios de ciencias naturales, no sólo los del área de la física, se realizan los laboratorios con una guía que especifica los pasos a seguir durante la práctica, esta guía generalmente se realiza sin que falte ningún paso y solo nos permite pensar en la problemática del laboratorio desde los pasos que ya se realizaron, para llegar a las conclusiones. A diferencia de estas, la forma en que se propuso esta actividad nos permitió pensar “más allá” de lo que se nos brindó, lo cual correspondía a los instrumentos: el osciloscopio, la aplicación, etc., y una pregunta que permitió analizar todo un fenómeno físico desde una real experimentación y

una real práctica del pensamiento tanto individual como grupal (informe rapidez del sonido).

En consonancia con lo anterior, E5 describe de manera clara su posición frente a las metodologías que normalmente caracterizan los trabajos prácticos. El participante plantea que el aprendizaje de la física en el trabajo experimental “no depende tanto de los SAD sino del uso que le damos a estos en el aprendizaje de la física” (entrevista). Al pedirle a E5 profundizar en este aspecto, argumenta que

generalmente en la física utilizamos estos sistemas o los implementos del laboratorio como si fueran una receta de cocina, entonces es más difícil y más complejo el entendimiento [...], en cambio creo que lo que hicimos fue como problematizar las situaciones y eso fue lo que hizo que nosotros pudiéramos estar mirando y analizar [...] mejor cómo funcionaban estos sistemas de adquisición y problematizar más las situaciones. Mientras que cuando lo hacemos como receta de cocina yo creo que no se logra comprender lo que se está haciendo (entrevista).

A partir de los aportes previamente presentados se puede decir que si bien los participantes reconocen en los SAD características que pueden transformar las dinámicas tradicionales del trabajo práctico en la enseñanza de la física, algunos de ellos advierten la necesidad de un marco metodológico que permita un aprendizaje activo por medio de estos. De lo contrario se constituiría en un espacio en el que se utilizan sofisticados dispositivos tecnológicos, pero bajo una metodología tradicional en la que se sigue una serie de instrucciones que llevan a conclusiones predeterminadas, y en la que se promueve una imagen de ciencia como un conjunto de verdades absolutas que hace que el sujeto asuma un rol pasivo en su proceso de aprendizaje. E5 expresa que lastimosamente esta fue su experiencia con el área de ciencias naturales en la secundaria y en este sentido recomienda no “darla así como se enseña generalmente con puros contenidos y que la mayoría de veces uno no los entiende, por ejemplo, en mi caso personal en el bachillerato eran puros contenidos y contenidos que uno nunca problematizaba” (entrevista).

Una de las principales dificultades que desencadena el hecho de asumir el trabajo experimental como un espacio en el que se llevan a cabo una serie de pasos para demostrar o verificar una teoría, es la visión distorsionada de ciencia que se genera al asumir la teoría separada de la práctica. Al parecer la utilización de SAD bajo una metodología adecuada podría contribuir a disminuir esta brecha.

Los SAD traen consigo un trasfondo científico que subyace a su funcionamiento. Desde esta perspectiva, el trabajo práctico de laboratorio es un espacio en el que los fenómenos observados cobran sentido solo a la luz de la teoría a la cual pertenecen. Con referencia a lo anterior, el participante E7 afirma que los SAD “nos ayudan como a ver de una forma REAL y práctica lo que estamos aprendiendo en clase, para que toda esa teoría tenga sentido (entrevista). Luego de haberse enfrentado a la situación en la que debían determinar la rapidez del sonido, el mismo participante manifestó lo siguiente: “entendí por ejemplo cómo se relacionaban los nodos y los antinodos con la longitud de onda, muchas cosas que aunque hicimos parciales sobre eso, no había logrado entender del todo (entrevista). Es importante reflexionar acerca de este comentario, pues suele pensarse que la garantía de que hubo aprendizaje es el hecho de que un estudiante logre resolver con éxito una prueba. Por el contrario, se puede observar que para este participante los conceptos cobraron sentido cuando fueron puestos en juego en una situación; premisa fundamental en la Teoría de los Campos Conceptuales de Gerard Vergnaud, que se constituye en otro de los principales referentes teóricos de esta investigación.

6.3.2 Dificultades en la utilización de los SAD para la enseñanza de la física

Si bien los SAD pueden ser considerados instrumentos idóneos para enfrentar las situaciones que se abordaban, algunos participantes manifestaron la necesidad de generar un espacio en el que se presente la oportunidad de interactuar previamente con ellos. E5, E7 y E9 señalaron que la explicación y el dominio del funcionamiento de estas herramientas pueden retardar mucho el proceso al momento de iniciar las actividades que se pretenden desarrollar. Las siguientes expresiones de estos participantes dan cuenta de la dificultad que encontraron en relación con el manejo de los SAD: “se puede perder un poco de tiempo tratando de manejar el dispositivo porque muchas veces uno no tiene la destreza en ellos (E7, entrevista), “como desventaja de pronto la falta de familiarización que uno tiene con el instrumento (E9, entrevista) y “una desventaja es que son un poquito complejos, un poquito complejos de manejar” (E5, entrevista).

Con referencia a lo anterior, desde la perspectiva Vygotskiana se plantea que la apropiación de los instrumentos culturales debe estar mediada por la ayuda de personas que tengan el conocimiento requerido acerca de las utilidades y los principios de

funcionamiento de estos: “en la instrucción formal e informal, la información sobre las herramientas y prácticas culturales (como el uso de calculadoras, sistemas de escritura y de matemáticas y estrategias nemotécnicas) son transmitidas por los miembros más expertos a los miembros menos expertos” (Gómez y Mejía, 1999, p. 2).

Si bien en esta investigación, el papel de los sujetos que actúan como mediadores en los procesos de apropiación de instrumentos culturales no se constituye en objeto de indagación; se considera oportuno resaltar la función del profesor o investigador en este proceso, máxime cuando uno de los conceptos base de la teoría Vygotskiana es la interacción social.

Las dificultades hasta ahora presentadas son de orden técnico, en la medida que se refieren a la falta de conocimientos prácticos para la manipulación de estos instrumentos. No obstante, también se presentaron apreciaciones de otra naturaleza que vale la pena analizar.

Los SAD son dispositivos que captan señales físicas del medio, las representan en una pantalla como variables y generan relaciones entre ellas en tiempo real. Según E8, esto se constituye en una desventaja para el aprendizaje, al respecto afirma que los SAD: “en el análisis de los datos, sí pueden ser como de ayuda, pero en cuanto a la observación de pronto hacen que las cosas sean más fáciles entonces el estudiante o la persona no va a estar atento a lo que va a pasar, sino que simplemente va a dejar como que el aparato lo determine (entrevista). Añade en este sentido que una de las desventajas es que estos dispositivos procesan toda la información “entonces uno no va a interiorizar [...] muchos conceptos que pueden quedar ahí como en el aire” (E8). Es importante traer a colación esta reflexión que hace E8 acerca de la implementación de los SAD en el trabajo práctico de laboratorio, pues sus expresiones revelan el papel preponderante que hasta ahora se le han dado a los datos en la educación científica, por encima de procesos cognitivos de orden superior que se pueden llevar a cabo a partir de ellos; al parecer la preocupación ha estado focalizada en la obtención de dichos datos y no en la manera en que el sujeto le da sentido a estos a partir de categorías de pensamiento sobre las cuales construye conocimiento.

7 CONSIDERACIONES FINALES

En este apartado se plantean aspectos conclusivos referentes al proceso de conceptualización y a las características de los SAD como instrumentos de mediación cultural. Además, se presentan posibles campos de estudio y cuestiones que quedan abiertas para futuras investigaciones.

7.1 Conclusiones

La descripción de la evolución de los esquemas de los participantes se realizó a partir del análisis de la transformación de los invariantes operatorios y reglas de acción en el transcurso de la propuesta de intervención. A partir de las expresiones y acciones identificadas, se pudo evidenciar la manera en que los esquemas de los participantes se diversificaban y enriquecían a medida que iban enfrentando situaciones de mayor complejidad relacionadas con el concepto de ondas sonoras. Lo anterior pone de manifiesto la potencialidad de la Teoría de los Campos Conceptuales como referente teórico para orientar los trabajos prácticos de laboratorio e identificar los procesos de conceptualización de los sujetos.

En cuanto a las características de los SAD como instrumentos de mediación cultural, es importante indicar que, hasta el momento el vínculo establecido entre la teoría de Vergnaud y Vygotsky en el campo de la enseñanza ha estado focalizado en los procesos de interacción social; el profesor como mediador provee a los estudiantes de sistemas lingüísticos construidos a nivel social a fin de que estos puedan utilizarlos para resolver problemas específicos. Se resalta de esta manera la importancia del lenguaje y la simbolización en el progresivo dominio de un campo conceptual y por tanto en la apropiación de los elementos de la cultura (Moreira, 2002). No obstante, el papel de los SAD en dichos procesos de enculturación ha sido menos estudiado. A partir de los resultados obtenidos en este trabajo se pueden analizar algunas características de estos dispositivos que permiten identificarlos como auténticos instrumentos de mediación cultural, tanto desde un punto de vista simbólico como técnico.

Se consideran instrumentos de mediación a nivel material, en tanto permitieron la modificación del entorno al transformar las señales físicas del medio externo en representaciones susceptibles de ser interpretadas por los sujetos. Del mismo modo, se observó que a medida que los participantes interactuaban con los SAD se iban

apropiando de los sistemas de signos que estos dispositivos traían consigo. Por lo tanto, si bien no son instrumentos de naturaleza simbólica, contribuyen a la construcción de dichos instrumentos por parte del sujeto.

Durante el desarrollo de la propuesta se pudo evidenciar que los elementos simbólicos ofrecidos por los SAD fueron incorporados progresivamente en las estructuras de pensamiento de los participantes, en consecuencia, se vio afectada la manera en que organizaban su conducta al momento de resolver una situación determinada. En este sentido, se puede afirmar que la interacción con los SAD contribuye al proceso de conceptualización en la medida que permiten ampliar y enriquecer los esquemas de los cuales dispone el sujeto. Tal como indican los postulados Vygotskianos, el ser humano utiliza herramientas para abordar problemas que no sería capaz de resolver sin la ayuda de estas. Cuando lo hace, transforma el medio exterior y este proceso desencadena la producción de nuevas organizaciones mentales mediante las cuales puede enfrentarse a un espectro cada vez más amplio de situaciones.

Además, algunas apreciaciones de los participantes relacionados con la utilización de SAD dieron cuenta de la manera en que estos dispositivos añaden a las prácticas de enseñanza un carácter innovador, contribuyen a la comprensión de los fenómenos físicos y permiten disminuir la brecha entre teoría y práctica, siempre y cuando se utilicen en el marco de paradigmas actuales como el constructivismo. También advirtieron la necesidad de aprender a manipularlos antes de llevar a cabo los trabajos prácticos y cuestionaron su pertinencia para el aprendizaje de la física comparada con los instrumentos que se utilizan tradicionalmente en este ambiente de aprendizaje. Este último aspecto fue interpretado como el resultado de la visión técnico-instrumental del participante que lo manifestó; su inconformidad radicaba en el hecho de que los SAD realizaban procesos que debían ser llevados a cabo por los sujetos. Precisamente se considera esto como una potencialidad, en la medida que puede focalizarse en desarrollar habilidades de pensamiento de orden superior y no, en tareas de orden práctico como la toma de datos.

De otro lado, se considera que el trabajo experimental en la formación de profesores no puede reducirse a prácticas de laboratorio de una sola sesión de pocas horas, en la que escasamente se alcanzan a recolectar datos que luego se utilizan para verificar teorías que son impuestas por el diseño de un programa, en el que no siempre se tiene en cuenta el carácter epistemológico de la ciencia. Por lo cual, el planteamiento de

situaciones puede ser una alternativa para que el estudiante ponga en acción los esquemas que ha construido durante su formación y pueda modificarlos o enriquecerlos en este espacio de aprendizaje.

Se considera que esta investigación hace una importante contribución a la enseñanza de la física desde diferentes perspectivas; la primera de ellas se refiere a los procesos de conceptualización que pueden lograrse en los trabajos prácticos en física a partir de la solución de situaciones novedosas que favorecen diferentes procesos cognitivos. La segunda relacionada con la manera en que este estudio permitió transformar la imagen técnico-instrumental que tenían los participantes del trabajo experimental en física, donde ya no es vista como un espacio que se reduce a la recolección de datos para comprobar una teoría, sino que se constituye en una oportunidad para favorecer la conceptualización en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

Por último, es importante resaltar que un estudio de estas características favorece ampliamente la apropiación crítica del uso de tecnologías. A partir de los resultados del presente trabajo se puede afirmar que los SAD se posicionan como auténticos artefactos culturales que le permiten al sujeto apropiarse de los desarrollos teóricos en un determinado campo disciplinar y que favorecen los procesos de aprendizaje de quienes interactúan con ellos. Estos argumentos permiten trascender la visión instrumentalista que ha predominado sobre las tecnologías en algunos ámbitos destinados a la educación científica.

7.2 Recomendaciones y perspectivas futuras de investigación

Respecto al uso de SAD en los trabajos prácticos, se recomienda realizar inicialmente una sesión de carácter exploratorio, en la que se ilustre su funcionamiento, conexiones, y otros aspectos de carácter técnico que son básicos para su uso. Pues su desconocimiento puede contribuir a continuar con la visión instrumentalista de esta herramienta, generar desinterés y dificultar el normal desarrollo del trabajo experimental que se va a llevar a cabo.

Algunos participantes tuvieron dificultades al referirse a los teoremas y conceptos en acción referentes a las situaciones; lo que se puso de manifiesto en sus respuestas a algunas de las preguntas que hacían parte de la bitácora. Vale la pena señalar que no es fácil hacer explícitos los conocimientos que se requieren al momento de abordar una u otra circunstancia; la mayor parte del tiempo este tipo de razonamientos se hace de

manera inconsciente. En este sentido, se recomienda idear nuevas formas de indagar por los invariantes operatorios, de tal forma que se pueda obtener más y mejor información al respecto.

Como cuestiones abiertas de este trabajo, sería importante estudiar el papel que desempeñan los maestros a través del lenguaje en la apropiación de las características tanto simbólicas como técnicas de los SAD. También se sugiere realizar trabajos prácticos en otros campos conceptuales en física y otras disciplinas bajo la orientación de los planteamientos de Vergnaud y Vygotsky, a fin de continuar analizando su pertinencia para orientar epistemológica y metodológicamente este espacio de aprendizaje.

8 REFERENCIAS

- Alís, J. C., Gil-Pérez, D., Peña, A. V., y Valdez, P. (2006). Papel de la actividad experimental en la educación científica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 23(2), 157-181.
- Alzate, T. y Sierra, J. (2000). El diario de campo. Instrumento de trabajo educativo. *Gaceta didáctica*. 3, 11 – 13.
- Amrani, D. y Paradis, P. (2010). Use of Computer-Based Data Acquisition to Teach Physics Laboratories: Case study-Simple Harmonic Motion. *Latinoamerican Journal of Physics Education*, 4(3), 511-514.
- Andrades, J. C., Schiappacassa, A., y Dos Santos, P. F. (2013). Desenvolvimento de um periodímetro microcontrolado para aplicações em física experimental. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 35(2), 2503.
- Andrés, M. (2004). *Diseño del trabajo de laboratorio con bases epistemológicas y cognitivas: caso carrera profesorado de física*. Tesis Doctoral. Universidad de Burgos, España. Universidad Federal de Rio Grande do Sul, Brasil.
- Andrés, M. (noviembre de 2011). Visión acerca de la actividad experimental construida en cursos de laboratorio desde un campo conceptual. En I. Elichiribehety. Simposio llevado a cabo en el I Congreso Internacional de Enseñanza de las Ciencias y la Matemática y II Encuentro Nacional de Enseñanza de la Matemática. Tandil. Argentina.
- Andrés, M. M., y Pesa, M. (2004). Conceptos-en-acción y teoremas-en-acción en un trabajo de laboratorio de física. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 4(1).
- Andrés, M. M., Pesa, M. A, y Meneses, J. (2006). Conceptos-en-acción y teoremas-en-acción de estudiantes del Profesorado de Física: Ondas Mecánicas. *REVISTAS DE INVESTIGACIÓN*, 30(59).
- Andrés, M. M., Pesa, M. A., y Villagrà, J. Á. M. (2008). Efectividad de un laboratorio guiado por el modelo de aprendizaje matlaf para el desarrollo conceptual asociado a tareas experimentales. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 26(3), 343-358.
- Andrés, M., Pesa, M. y Moreira, M. (2006). El trabajo de laboratorio en cursos de física desde la teoría de los campos conceptuales. *Ciência & educação*, 12(2), 129-142.

- Arias Gil, V. (2016). *Las TIC en la educación en ciencias en Colombia: una mirada a la investigación en la línea en términos de su contribución a los propósitos actuales de la educación científica* (tesis de maestría). Universidad de Antioquía, Colombia.
- Barbera, O., y Valdés, P. (1996). El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 14(3), 365-379.
- Bentolila, S., y Clavijo, P. M. (2001). La computadora como mediador simbólico de aprendizajes escolares. Análisis y reflexiones desde una lectura Vygotskiana del problema. *Fundamentos en humanidades*, 2(3), 77-101.
- Bravo, S. y Pesa, M. A. (2016). Evaluación del aprendizaje de interferencia y difracción de la luz en el laboratorio de física. *Investigações em Ensino de Ciências*, 21(2), 68-104.
- Bravo, S., Pesa, M. A., y Caballero, M. C. C. (2009). Representaciones de alumnos universitarios sobre propagación de ondas mecánicas. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 27(3), 405-420.
- Caamaño, A. (2007). El trabajo práctico en ciencias. En Jiménez, M.P., Caamaño, A., Oñorbe, A. y de Pro Bueno, A. (2007) (pp.95-118). *Enseñar Ciencias*. Barcelona: GRAÓ.
- Caamaño, A. (2004). Experiencias, experimentos ilustrativos, ejercicios prácticos e investigaciones: ¿una clasificación útil de los trabajos prácticos? *Alambique*, 39(8), 19.
- Caamaño, A., Carrascosa, J., y Oñorbe, A. (1992). Los trabajos prácticos en ciencias experimentales. *Aula de innovación educativa*, 9, 61-68.
- Capuano, V. (2011). El uso de las TIC en la enseñanza de las Ciencias Naturales. *Virtualidad, Educación y Ciencia*, 2(2), 79-88.
- Cardona, M. y López S. (2017). Una revisión de literatura sobre el uso de sistemas de adquisición de datos para la enseñanza de la física en la educación básica, media y en la formación de profesores. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 39(4), 1-11.
- Carrascosa, J., Gil, D., Vilches, A. y Valdés, P. (2006). Papel de la actividad experimental en la educación científica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 23(2), 157-165.

- Carrera, B., y Mazzarella, C. (2001). *Vygotsky: enfoque sociocultural. Educere*, 5(13), 41-44.
- Chávez, J. L., y Andrés, M. M. (2016). El uso de videos para la eficiencia en el aprendizaje-en-acción de la física en el laboratorio. *Investigações em Ensino de Ciências*, 18(1), 43-54.
- Chávez, J. y Andrés, M. (2013). El uso de videos para la eficiencia en el aprendizaje en acción de la física en el laboratorio. *Investigações em Ensino de Ciências*, 18(1), 43 - 54.
- Cisterna, F. (2005). Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en la investigación cualitativa. *Revista Theoria*, 14 (1), 61 – 71.
- Cortés, Á. L. y De la Gándara Gómez, M. (2007). La construcción de problemas en el laboratorio durante la formación del profesorado: una experiencia didáctica. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 25(3), 435-450.
- Culzoni, C., Alegre, L., y Fornari, J. (2015). Unidad educativa potencialmente significativa para la enseñanza de sonido incorporando TICS. *Revista de Enseñanza de la Física*, 27(2), 709-715.
- Cumbrera, R. A. (2007). El desarrollo de la actividad experimental en física general y el uso de las TICs en las prácticas de laboratorio. *Pedagogía Universitaria*, 12(5), 33-43.
- Da Silva, E. y Gobara, S. (2009). Soundgate: um dispositivo sonoro para medir períodos. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 26 (2), 379 - 393.
- De Aquino, J. y De Sousa, C. M. S. G. (2014). O modelo ondulatório como estratégia de promoção da evolução conceitual em tópicos sobre a luz em nível Médio. *Ciencia & Educação*, 20(1), 23-41.
- Díaz-Bravo, L., Torruco-García, U., Martínez-Hernández, M., y Varela-Ruiz, M. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico. *Investigación en educación médica*, 2(7), 162-167.
- Da Silva, E.W. y Gobara, S.T. (2009). Soundgate: um dispositivo sonoro para medir períodos. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 26, 379.
- Farías, L. y Montero, M. (2005). De la transcripción y otros aspectos artesanales de la investigación cualitativa. *International Journal of Qualitative Methods*, 4(1), 53-68.

- Fernández, L. (2006). Fichas para investigadores ¿Cómo analizar datos cualitativos? *Butletí LaRecerca*, 1-13
- Ferreirós, J., y Ordóñez, J. (2002). Hacia una filosofía de la experimentación (Towards a Philosophy of Experiment). *Crítica: revista hispanoamericana de filosofía*, 47-86.
- Flores, J., Caballero, M. C., y Moreira, M. A. (2009). El laboratorio en la enseñanza de las ciencias: Una visión integral en este complejo ambiente de aprendizaje. *Revista de investigación*, (68).
- Furman, M. (2016). Educar mentes curiosas: la formación del pensamiento científico y tecnológico en la infancia. *XI Foro Latinoamericano en Educación*. Buenos Aires: Santillana.
- Galeano, M. E. (2003). *Diseño de proyectos en la investigación cualitativa*. Medellín: Universidad Eafit.
- García, D., Domínguez, A., y Spitchich, S. (2017). Trabajo colaborativo para el desarrollo de prácticas innovadoras en la enseñanza de la física universitaria con el uso de tecnologías. *Revista de Enseñanza de la Física*, 29(1), 7-23.
- Gibbs, G. (2012). *El análisis de datos en investigación cualitativa*. Madrid: Ediciones Morata.
- Gil Pérez, D., Furió-Más, C., Valdés, P., Salinas, J., Martínez Torregrosa, J., Guisasola Aranzábal, J., ... y Pessoa de Carvalho, A. M. (1999). ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 311-320.
- Golombek, D. (2015, 7 de julio). “La educación debería fomentar la curiosidad”: Diego Golombek. *El Espectador*. Recuperado de <https://www.elespectador.com/entretenimiento/unchatcon/educacion-deberia-fomentar-curiosidad-diego-golombek-articulo-571028>.
- Gómez, F., y Mejía Arauz, R. (1999). Vygotsky: La perspectiva vygotskyana. *Correo pedagógico*, 4, 3-6.
- Grisolía, M. (2009). Incorporando Tecnologías de la Información y la Comunicación en un curso de Física General. *Latin-American Journal of Physics Education*, 3 (2), 439 - 445.

- Haag, R., Araujo, I. y Veit, E. (2005). Por que e como introduzir a aquisição automática de dados no laboratório didático de física? *Física na escola*, 6 (1), 69-74.
- Heidemann, L. A., Araujo, I. S., y Veit, E. A. (2016). Modelagem Didático-científica: integrando atividades experimentais e o processo de modelagem científica no ensino de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 33(1), 3-32.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández- Collado, C. y Baptista-Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación*. México: Mcgraw Hill/ INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 299-313.
- Hodson, D. (2000). The place of practical work in science education. *Trabalho prático e experimental na educação em ciências*, 29-42.
- Hodson, D. (2015). Trabajo de laboratorio como método científico: tres décadas de confusión y distorsión. *Perspectivas Docentes*, (27).
- Huerta, L., y Cohen-Pantoja, G. (2018). A cognitive approach to the museography of an interactive science museum: a worked example. *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1043, No. 1, p. 012054). IOP Publishing.
- Jaime, E. y Escudero, C. (octubre de 2013). Nuevas prácticas para los aprendizajes en el aula de ciencias con tecnologías: una propuesta de trabajo experimental. La educación en tiempos de convergencia tecnológica. Ponencia llevada a cabo en el Sexto Seminario Internacional de Educación a Distancia, Argentina, Mendoza.
- Jaime, E., y Escudero, C. (2011). El trabajo experimental como posible generador de conocimiento en enseñanza de la física. *Enseñanza de las ciencias*, 29(3), 371-380.
- Jaime, E., y Escudero, C. (2015). Experimentación y principios de conservación: ¿Dependen del tipo de modelado? *Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería*, (9), 1-7.
- Kawulich, B. (2006). La observación participante como método de recolección de datos. *Forum Qualitative Sozialforschung/Forum: Qualitative Social Research [Online Journal]*, 6(2), 82-189. Recuperado de <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0114-fqs0502430>.

- Llerena, D. y González, J. J. (2010). Estudio comparativo de las potencialidades didácticas de las simulaciones virtuales y de los experimentos reales en la enseñanza de la Física general para estudiantes universitarios de ciencias técnicas. *Latin-American Journal of Physics Education*, 4(1), 27.
- López, A. y Tamayo, A. (2012). Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 8(1), 145-166.
- Malagón Sánchez, J. F., Sandoval Osorio, S., y Ayala Manrique, M. M. (2013). La actividad experimental: construcción de fenomenologías y procesos de formalización. *Praxis filosófica*, (36).
- Mena, A y Méndez, J. (2009). La técnica de grupo de discusión en la investigación cualitativa. Aportaciones para el análisis de los procesos de interacción. *Revista Iberoamericana de Educación: organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura*, 1-7.
- Ministerio de Educación Nacional (2004). Formar en ciencias: ¡el desafío! Lo que necesitamos saber y saber hacer. *Serie guía No. 7. Estándares básicos de competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales*. Recuperado de en <http://www.eduteka.org/pdfdir/MENEstandaresCienciasSociales2004.pdf>
- Miranda, A., Santos, G., y Stipcich, S. (septiembre-octubre de 2010). El empleo de herramientas informáticas para evaluar procesos educativos de ciencia con tecnología. *Poder, disciplinamiento y evaluación de saberes*. Simposio llevado a cabo en el Segundo Congreso Internacional de Didácticas Específicas UNSAM, Provincia de Buenos Aires, Argentina.
- Moreira, M. (2002). La teoría de los campos conceptuales de Vergnaud, la enseñanza de las ciencias y la investigación en el área. *Investigaciones en Enseñanza de las Ciencias*, 7 (1), 1-28.
- Moreira, M. A. (2009). *Subsidios teóricos para el profesor investigador en enseñanza de las ciencias*. Porto Alegre, Brasil.
- Novicki, A., da Silveira, E. y Pogliá, R. (2011). Determinação da velocidade de uma fonte sonora através da aquisição automática de dados, baseado no efeito doppler-fizeau. *Física na escola*, 12(1), 4-7.
- Otero, M., Fanaro, M., Sureda, P., Llanos, V. y Arlego, M. (2014). *La Teoría de los Campos Conceptuales y la Conceptualización en el Aula de Matemática y Física*. Argentina: Editorial Dunken.

- Palmero, M y Moreira, M. (2004). *La Teoría de los Campos Conceptuales de Gerard Vergnaud*. Texto de apoyo del Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias (PIDEC).
- Pavón, Z., Soto, J., Prieto, C., y Araque, J. (2009). Las prácticas de laboratorio en la formación del profesorado de Química. Un primer acercamiento. *Diálogos educativos*, (18), 9.
- Pérez, M., y Esper, L. B. (2005). Algunos problemas en la conceptualización de ondas mecánicas. *Enseñanza de las Ciencias*, (Extra), 1-6.
- Pérez, Y. G., Zaldívar, I. E. R., y Queipo, E. A. B. (2015). La mediación con las TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la educación superior. *Revista Didasc@lia: Didáctica y Educación*. 6(6), 155-164.
- Pesa, M. A., del Valle Bravo, S., Pérez, S., y Villafuerte, M. (2014). Las actividades de laboratorio en la formación de ingenieros: propuesta para el aprendizaje de los fenómenos de conducción eléctrica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 31(3), 642-665.
- Piñuel, J. L. (2002). Epistemología, metodología y técnicas del análisis de contenido. *Sociolinguistic Studies*, 3(1), 1-42.
- Pontes, A. (2005a). Aplicaciones de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación en la educación científica. Primera parte: funciones y recursos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y divulgación de las Ciencias*, 2(1).
- Pontes, A. (2005b). Aplicaciones de las tecnologías de la información y de la comunicación en la educación científica. Segunda parte: aspectos metodológicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2 (3), 330-343
- Pontes, A., Gavilán, J., Obrero, M. y Flores, A. (2006). Diseño y aplicación educativa de un programa de simulación para el aprendizaje de técnicas experimentales con sistemas de adquisición de datos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(2), 251-267.
- Pozo, J. I. (1997). *Teorías Cognitivas del aprendizaje (quinta edición)*. España: Ediciones Morata.
- Ribotta, S. L., Pesetti, M. I., y Pereyra, S. N. (2009). Las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) Aplicadas a la Comprensión de Gráficos en Cinemática. *Formación universitaria*, 2(5), 23-30.

- Rodríguez-Llerena, D., y Llovera-González, J. J. (2010). Estudio comparativo de las potencialidades didácticas de las simulaciones virtuales y de los experimentos reales en la enseñanza de la Física general para estudiantes universitarios de ciencias técnicas. *Latin-American Journal of Physics Education*, 4(1), 27.
- Romero, A. y Aguilar, Y. (2013). *La experimentación y el desarrollo del pensamiento físico. Un análisis histórico y epistemológico con fines didácticos*. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia.
- Salomón, G., Perkins, D. N., y Globerson, T. (1992). Coparticipando en el conocimiento: la ampliación de la inteligencia humana con las tecnologías inteligentes. *Comunicación, lenguaje y educación*, 4(13), 6-22.
- Santos, G., y Miranda, A. (2013). Interacciones en procesos educativos con tecnología: algunas consideraciones para TVDi. En I Jornadas Iberoamericanas de Difusión y Capacitación sobre Televisión Digital Interactiva, Tandil, Argentina.
- Séré, M. G. (2002). La Enseñanza en el laboratorio: ¿qué podemos aprender en términos de conocimiento práctico y de actitudes hacia la ciencia? *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 357-368.
- Stake, R. E. (2010). *Investigación con estudio de casos* (5ª ed.). España: Ediciones Morata.
- Suárez, C. (2003). Los entornos virtuales de aprendizaje como instrumento de mediación. *Teoría de la educación: educación y cultura en la sociedad de la información*. Recuperado de http://campus.usal.es/~teoriaeducacion/rev_numero_04/n4_art_suarez.htm.
- Sureda, P. y Otero, M. (2011). Nociones fundamentales de la Teoría de los Campos Conceptuales. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*, 6(1), 124-138.
- Vasilachis de Gialdino, I. (2006). *Estrategias de investigación cualitativa*. Barcelona: Editorial Gedisa.
- Vergnaud, G (1996a). Education: the best part Piaget's heritage. *Swiss Journal of Psychology*, 55(2/3), 112-118.
- Vergnaud, G. (1990). La teoría de los campos conceptuales. *Recherches en didactique des mathématiques*, 10(2), 3.
- Vidal, Ma. P. (2006). Investigación de las TIC en la educación. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 5(2), 539-552. Recuperado de http://www.unex.es/didactica/RELATEC/sumario_5_2.htm.

- Vygotsky, L.S (1978) *Mind in Society. The development of higher psychological process*. Cambridge, Ma.: Harvard University Press. Trad. Cast. De S Furió: *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: crítica, 1979.
- Welti, R. (2002). Concepciones de estudiantes y profesores acerca de la energía de las ondas. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 20(2), 261-270.
- Wittmann, M., Steinberg, R. y Redish, E. (2003). Understanding and affecting student reasoning about sound waves, *International Journal of Science Education*, 25(8), 991-1013.
- Zambrano, A., Salazar, T. I., Candela, B. F., y Villa, L. Y. (2013) Las Líneas De Investigación En Educación En Ciencias En Colombia. *Revista EDUCyT*. 8, 78-109.

9 ANEXOS

Anexo A. Formato preguntas entrevista.

Entrevista acerca de los SAD en los trabajos prácticos en física

- 1) ¿Qué ventajas y desventajas resalta usted de la utilización de Sistemas de Adquisición de Datos (SAD) en el trabajo práctico del laboratorio de física?
- 2) En lo que respecta a los procesos de observación de los fenómenos y al análisis de los datos. ¿Cómo valora usted el uso de los SAD en la actividad experimental en física?
- 3) A partir de su experiencia con los SAD en estas actividades experimentales. ¿Piensa usted que estos dispositivos pueden contribuir al aprendizaje de la física? Sí __ No __ ¿Por qué? ¿Los utilizaría con sus futuros estudiantes? Sí __ No __ ¿por qué?
- 4) ¿Quisiera agregar alguna otra cosa acerca de la utilización de los SAD en la actividad experimental en física? Sí _ No _ ¿Qué?

Anexo B. Formato preguntas grupo de discusión.



Facultad De Educación
Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental
Física Biológica II

PROYECTO: El trabajo práctico de laboratorio y el papel de los instrumentos tecnológicos en la enseñanza de la física

Preguntas orientadoras grupo de discusión después de las actividades experimentales.

1. ¿Qué propuestas surgieron en el grupo para dar solución a la situación planteada?
2. ¿Qué variables estaban implicadas en este trabajo experimental? ¿Había relaciones entre estas? Sí_ No_ ¿Cuáles?
3. ¿Qué conclusiones pueden generar a partir lo observado en este trabajo experimental?

Anexo C. Formato diario de campo.

DIARIO DE CAMPO No. __		
Actividad realizada		Fecha:
Investigador/Observador		Hora de inicio:
Número de asistentes		Duración:
Objetivo de la actividad		
Situaciones significativas		
Descripción de actividades		Consideraciones analíticas con respecto al objetivo o pregunta de investigación
Observaciones generales		
Reflexión y análisis		

Anexo D. Formato bitácoras para los trabajos prácticos.

➤ Formato grupal

 <p>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA 1803</p>	<p>Facultad de Educación Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental Física Biológica II</p>
--	--

PROYECTO: El trabajo práctico de laboratorio y el papel de los instrumentos tecnológicos en la enseñanza de la física.

Nombres de los integrantes del equipo:

Primer trabajo experimental

Esta actividad se debe realizar en equipos de máximo 4 personas.

En la mesa disponen de dos copas de cristal y dos palillos. Una de las copas tiene los palillos suspendidos en el borde de la parte superior. Valiéndose de las propiedades de las ondas sonoras, discutan una idea para hacer mover o tumbar los palillos sin hacer ningún tipo de contacto con ellos. Realicen una videograbación en la que se evidencie que han logrado el objetivo. A continuación, se muestra el posible montaje para el experimento.



➤ Formato individual

 <p>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA 1803</p>	<p>Facultad De Educación</p> <p>Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental</p> <p>Física Biológica II</p>
--	--

PROYECTO: El trabajo práctico de laboratorio y el papel de los instrumentos tecnológicos en la enseñanza de la física

Nombre:	Código:
----------------	----------------

Responder las siguientes preguntas de manera individual antes de la actividad experimental

¿Qué conceptos de física crees que son necesarios para resolver la situación planteada?

¿Qué principios físicos y/o relaciones matemáticas piensas que son necesarios para resolver la situación planteada?

Después del trabajo experimental

Después de realizar la actividad represente mediante un dibujo, una gráfica, un mapa o cualquier otro tipo de esquema, lo que cree que está sucediendo en el fenómeno.

➤ Formato grupal

 <p>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA 1863</p>	<p>Facultad de Educación Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental Física Biológica II</p>
--	--

PROYECTO: El trabajo práctico de laboratorio y el papel de los instrumentos tecnológicos en la enseñanza de la física.

Nombres de los integrantes del equipo:

Segundo trabajo experimental

Ingresa al siguiente enlace <https://lacuerda.net/Recursos/afinador/> en el computador, celular o dispositivo móvil con acceso a internet. También pueden instalar la Aplicación Afinador n-Track. Allí encontrarán un afinador online que muestra las frecuencias y el tono musical que registran distintas ondas sonoras.

En la mesa disponen de 5 pitillos y tijeras. Discutan con su equipo una forma de alcanzar mínimo 5 frecuencias en orden ascendente con distintos pitillos.

En la tabla que aparece a continuación registren, con ayuda del Sistema de Adquisición de Datos (SAD), la longitud del pitillo, las frecuencias alcanzadas y los tonos musicales asociados a dichas frecuencias.

Longitud del tubo en cm	Frecuencia	Tono musical

➤ Formato individual

 <p>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA 1823</p>	<p>Facultad de Educación Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental Física Biológica II</p>
--	--

PROYECTO: El trabajo práctico de laboratorio y el papel de los instrumentos tecnológicos en la enseñanza de la física.

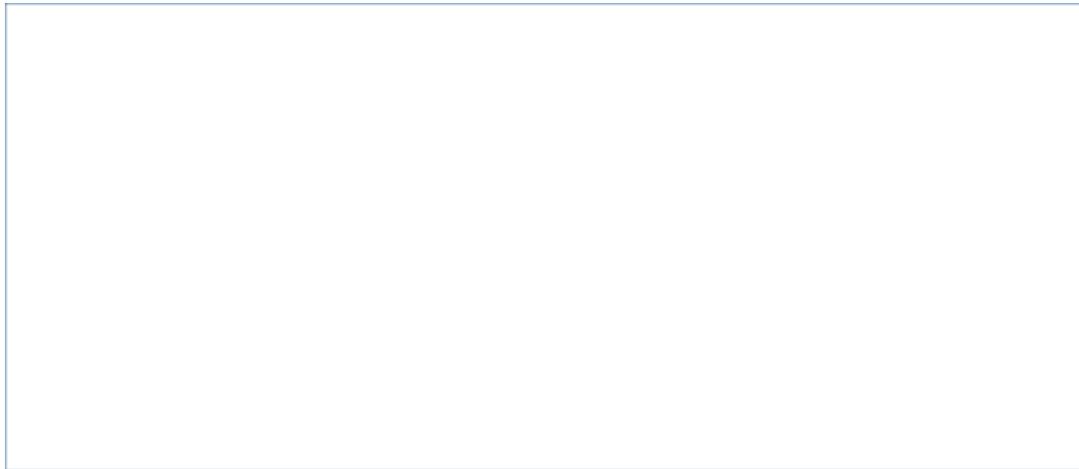
Responder las siguientes preguntas de manera individual antes de la actividad experimental

¿Qué conceptos de física crees que son necesarios para resolver la situación planteada?

¿Qué principios físicos y/o relaciones matemáticas piensas que son necesarios para resolver la situación planteada?

Después del trabajo experimental

Después de realizar la actividad represente mediante un dibujo, una gráfica, un mapa o cualquier otro tipo de esquema, lo que cree que está sucediendo en el fenómeno.



Anexo E. Formato para el desarrollo del trabajo experimental relacionado con la determinación de la rapidez del sonido.

➤ Formato grupal

	<p>Facultad de Educación</p> <p>Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental</p> <p>Física Biológica II</p>
--	--

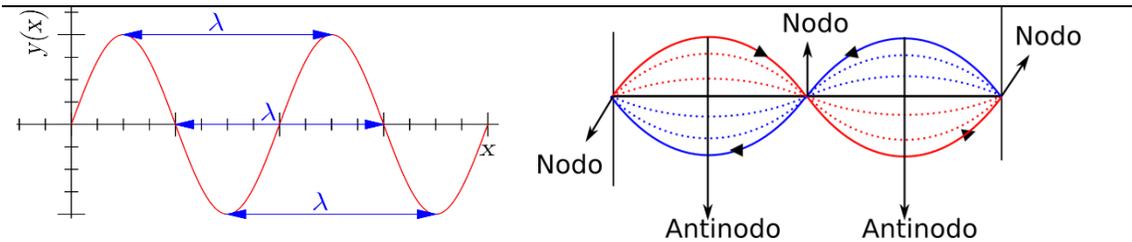
PROYECTO: El trabajo práctico de laboratorio y el papel de los instrumentos tecnológicos en la enseñanza de la física

Descripción de trabajo a desarrollar

En esta actividad se explorará el comportamiento ondulatorio del sonido, generando ondas de diferentes frecuencias en un tubo abierto - cerrado. Las longitudes de onda(λ) asociadas a las frecuencias (f), están dadas por la conocida relación $v = \lambda * f$, siendo (v) la velocidad del sonido.

Tienen a disposición un tubo con extremos abierto-cerrado, un micrófono que se puede desplazar en el interior del tubo y un osciloscopio para visualizar la señal captada por el micrófono, el cual detecta los cambios de presión y los traduce a impulsos eléctricos que se pueden visualizar en la pantalla. Pueden utilizar como fuente de sonido un teléfono Android con la aplicación “Physics Toolbox” instalada. En esta aplicación pueden entrar a la función “Generador de tono” y fijar distintas frecuencias que originen ondas estacionarias al interior del tubo por medio del fenómeno de interferencia.

El osciloscopio permite identificar los lugares dentro del tubo en los que la amplitud de la onda es mayor (antinodos) y aquellos en los que es nula (Nodos).



Longitud de onda entre crestas, valles e intermedios de la onda

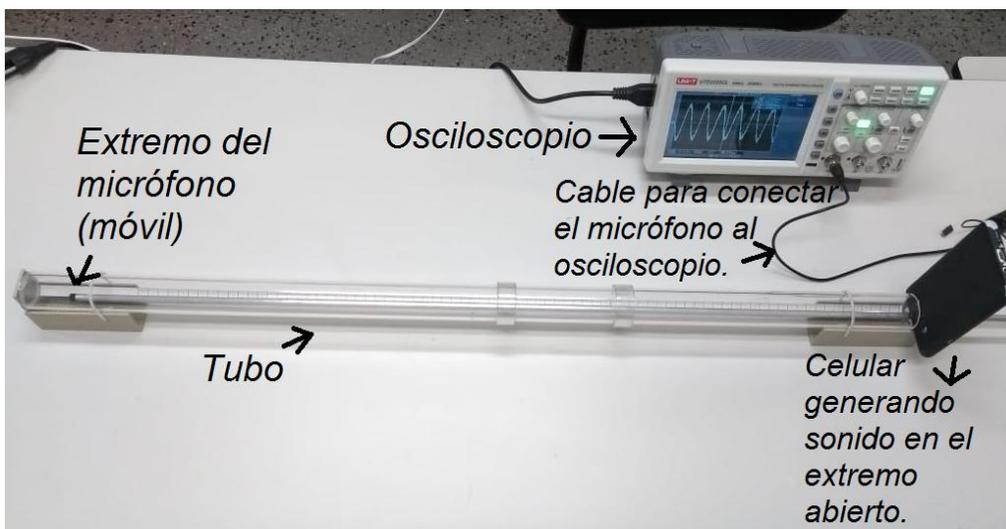
Fenómeno de interferencia que da como resultado la formación de ondas estacionarias con nodos y antinodos. Como puede observarse, la distancia entre un antinodo y un nodo es $1/4$ de la longitud de onda

Teniendo en cuenta lo anterior, discuta con sus compañeros un método para **medir la velocidad del sonido** usando mínimo 5 frecuencias distintas y promediando los datos que encuentren.

Materiales

Tubo con extremos abierto-cerrado (Pasco WA-9612 o similar), osciloscopio, celular o tablet con la aplicación “Physics Toolbox”.

En la siguiente imagen se muestra el montaje para realizar el experimento:



Actividad

1. Realicen una gráfica en Excel en la que relacionen las frecuencias que utilizaron y las longitudes de onda encontradas.
2. Realizar un informe en Word que contenga la siguiente información:
 - Nombre de los participantes
 - Breve descripción de la actividad que se realizó.
 - Conclusiones

Para la elaboración de las **conclusiones** se pueden orientar mediante las siguientes preguntas:

- ¿Qué conclusiones pueden generarse a partir de la gráfica que construyeron?
- ¿Cómo contribuyó el Sistema de Adquisición de Datos utilizado a la solución de la situación planteada?
- ¿Encontraron alguna diferencia entre la manera que se propuso esta actividad experimental y sus experiencias pasadas con los trabajos prácticos? Sí_ No_ ¿Cuáles?
- ¿Qué apreciación hacen de la utilización de los Sistemas de Adquisición de Datos para la enseñanza de la física?

Nota: La gráfica que realicen en Excel la pueden incluir en el documento de Word o enviarla como un archivo aparte.

Anexo F. Formato para la actividad relacionada con la elaboración del instrumento musical de viento.

 <p>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA 1803</p>	<p>Facultad de Educación</p> <p>Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental</p> <p>Física Biológica II</p>
--	--

PROYECTO: El trabajo práctico de laboratorio y el papel de los instrumentos tecnológicos en la enseñanza de la física

Proyecto

Con materiales sencillos y haciendo uso de su creatividad, diseñen un instrumento de viento a partir del cual se puedan observar las principales propiedades de las ondas sonoras. Valiéndose de conceptos propios del movimiento ondulatorio, deben explicar, a través de una exposición, la forma en que funciona el instrumento que construyeron y las propiedades de las ondas sonoras que se pueden evidenciar en este.

La exposición debe ir acompañada de un documento para entregar que contenga lo siguiente:

1. Nombres de los integrantes del grupo
2. Nombre del instrumento
3. Explicación física del funcionamiento del instrumento.
4. Una representación gráfica que muestre lo que ocurre a nivel físico en el funcionamiento del instrumento.

Anexo G. Evidencia informe determinación de la rapidez del sonido.

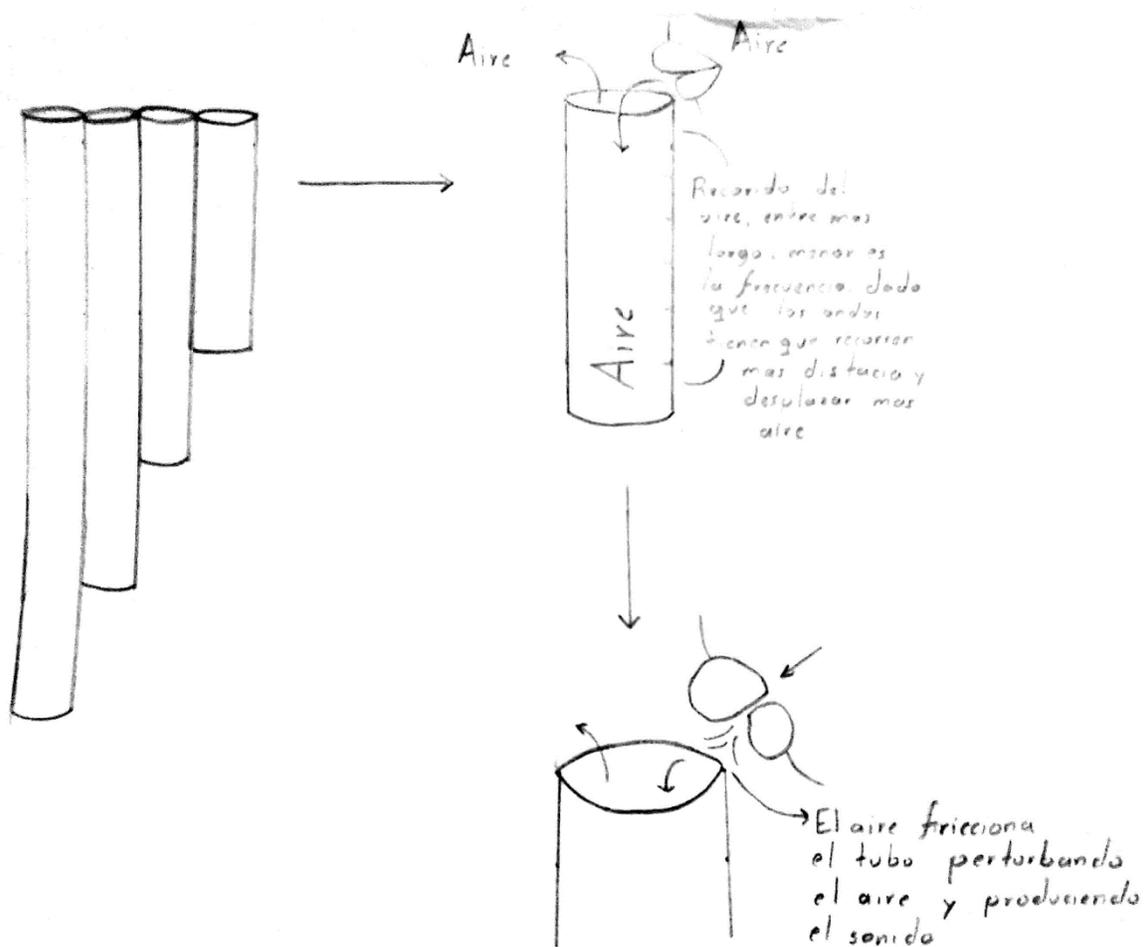
Datos:

Frecuencia(Hz)	longitud de onda (m)	A máxima (m)	A mínima (m)	Velocidad (m/s)
300	1,3	0,37	0,045	390
440	0,83	0,5	0,303	364,3
880	0,296	0,33	0,404	260,48
900	0,396	0,511	0,412	356,4
1200	0,32	0,46	0,38	384

Gráfica:



Anexo H. Evidencia informe instrumento musical de viento.



Anexo I. Formato de preguntas y actividades para el diagnóstico.

 <p>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA 1803</p>	<p>Facultad De Educación</p> <p>Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental</p> <p>Física Biológica II</p>
--	--

Representa mediante un dibujo, una gráfica, un mapa o cualquier otro tipo de esquema las semejanzas o diferencias que crees que hay entre ambas situaciones.



- Imagina que alguien se encuentra a algunos metros de ti tocando un tambor. Explica desde el punto de vista físico cómo crees que el sonido hace para llegar desde el instrumento hasta tus oídos.

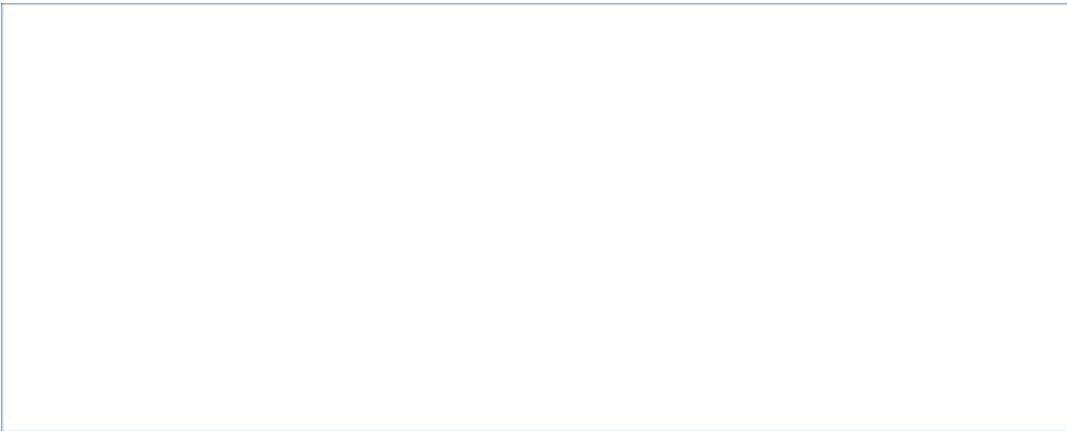
Representa mediante un dibujo, una gráfica, un mapa o cualquier otro tipo de esquema, lo que crees que sucede en este fenómeno desde el punto de vista físico.



➤ **Mapa conceptual**

Utiliza los siguientes términos para elaborar un mapa conceptual explicitando las relaciones entre ellos. Puedes incluir otros conceptos que consideres relevantes sobre la temática.

- Longitud de onda
- Frecuencia
- Tono
- Oscilación
- Periodo
- Onda
- Velocidad del sonido
- Energía
- Movimiento
- Presión



➤ **Trabajo experimental**

Esta actividad se debe realizar en parejas o en tríos. No obstante, deben responder a las preguntas y realizar la representación gráfica de manera individual.

Descripción de la actividad

Tienen a su disposición pitillos y tijeras. Realicen un corte en “V” en uno de los extremos del pitillo. Luego soplen a través del extremo en el cual hicieron el corte y a medida que soplan vayan cortando pequeñas partes del pitillo por el otro extremo.

Desde el punto de vista físico. ¿Qué crees que sucede en el fenómeno?

Representa mediante un dibujo, una gráfica, un mapa o cualquier otro tipo de esquema, lo que crees que sucede en este fenómeno desde el punto de vista físico.

Anexo J. Protocolo consentimiento informado.

Nombre de la Investigación:

El trabajo práctico de laboratorio y el papel de los instrumentos tecnológicos en la enseñanza de la física

Investigadores:

Jhon Daniel Pabón Rúa

Sonia Yaneth López Ríos

Estudiante Maestría en Educación en
Ciencias Naturales

Docente Facultad de Educación

Asesora de investigación

jhon.pabon@udea.edu.co

sonia.lopez@udea.edu.co

Propósito de la investigación: la presente investigación tiene como propósito analizar los procesos de conceptualización en un grupo de maestros en formación del área de ciencias naturales al utilizar dispositivos tecnológicos como instrumentos de mediación en una actividad experimental en física.

Pertinencia de la investigación y beneficios para los participantes: la presente investigación está en el marco de un proyecto de investigación aprobado por el Comité para el Desarrollo de la Investigación (CODI), Universidad de Antioquia.

Para la línea de investigación en TIC y Enseñanza de las Ciencias de la Maestría en Educación en Ciencias Naturales es relevante proponer alternativas para recrear la enseñanza de la Física, partiendo de otros elementos diferentes a las metodologías tradicionales, de tal forma que se permita el desarrollo de capacidades intelectuales, valores y habilidades en el proceso de aprendizaje, que promuevan la implementación de las TIC; además de producir conocimiento académico en este campo, con miras al cumplimiento de los retos de la educación científica. La participación en la intervención tiene como beneficios para los maestros en formación, entre otras cosas, conocer nuevas metodologías para la realización de actividades experimentales en las clases de ciencias y poder interactuar con modernos dispositivos tecnológicos que han ido permeando los contextos de educación científica.

Tiempo requerido: el desarrollo de la investigación está contemplado entre los semestres 2018-1 y 2019-2. No obstante, la intervención y recolección de información se llevará a cabo durante el semestre 2019-1.

Procedimientos para la recolección de información: la recolección de información dentro de la investigación requiere procedimientos propios de la metodología de investigación cualitativa, tales como la observación participante, la entrevista semiestructurada, el registro audiovisual y el desarrollo de actividades propuestas para la intervención. Se espera que los participantes se comprometan voluntariamente a aportar información verídica y pertinente para el desarrollo de la investigación.

Compromisos del participante:

- 1) Participar en las actividades propuestas durante la intervención.

- 2) Hacer un registro anecdótico en una bitácora personal sobre el desarrollo de las actividades.
- 3) Hacer uso adecuado de los equipos utilizados durante las actividades.
- 4) Informar al investigador cualquier eventualidad que pueda surgir durante el proceso.

Compromisos del investigador:

- 1) Estar atento a solucionar dudas e inconvenientes que presenten los participantes durante la intervención.
- 2) Guardar confidencialidad de los datos suministrados por los participantes.
- 3) Informar a los participantes sobre la intencionalidad de cada actividad.
- 4) Hacer una retroalimentación de los resultados obtenidos en la investigación.

Confidencialidad: entendemos como imperativo y deber, hacer uso adecuado y discrecional de la información recolectada en el marco de esta investigación, con el único fin de lograr los objetivos del estudio en cuestión. El uso discrecional y adecuado de la información recogida y de su análisis, implica que la misma sólo será utilizada para los propósitos enunciados en el marco de este trabajo investigativo, que se evitará la alusión a nombres propios y se valorará con respeto y responsabilidad los aportes de cada uno de los participantes. Los análisis y resultados serán dados a conocer en primera instancia a los participantes. Desde esta perspectiva, la persona que firma este documento autoriza a los investigadores para que las fuentes de información como escritos, entrevistas, observaciones, fotos y registros audiovisuales se constituyan en datos para dicha investigación, y puedan ser publicados en el informe final de investigación, así como en cualquier otro medio de divulgación como eventos académicos, publicación en revistas, entre otros. La participación es estrictamente voluntaria; en este sentido, el participante tendrá derecho a retirarse de la investigación en cualquier momento si lo considera pertinente.

Gracias por su atención y colaboración.

Aceptación de la participación:

Después de haber leído y comprendido completamente la información suministrada en este documento, y de que los investigadores han resuelto mis inquietudes, voluntariamente doy mi consentimiento para participar de forma libre y autónoma en la investigación “El trabajo práctico de laboratorio y el papel de los instrumentos tecnológicos en la enseñanza de la física”.

Firma del participante

Fecha

